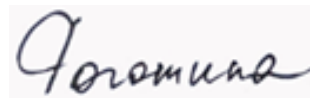


ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. А.Н.КОСЫГИНА
(ТЕХНОЛОГИИ. ДИЗАЙН. ИСКУССТВО)»

На правах рукописи



РОГОЖИНА ЮЛИЯ ВЛАДИМИРОВНА

**РАЗРАБОТКА МЕТОДА КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ШВЕЙНЫХ
ИЗДЕЛИЙ МАШИНЫМ ЗРЕНИЕМ**

Специальность 2.6.16

Технология производства изделий текстильной и легкой промышленности

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
кандидат технических наук, доцент
Гусева М.А.

Москва - 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	4
ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 АНАЛИЗ ПРОЦЕССА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ И ПРИНЦИПОВ РАБОТЫ СИСТЕМ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ.....	15
1.1 Анализ ассортимента технических средств машинного зрения для контроля качества промышленной продукции.....	17
1.2 Анализ опыта применения оптических средств контроля качества в различных отраслях экономики.....	20
1.3 Анализ технических средств контроля качества продукции в швейной промышленности.....	29
1.4 Анализ принципа работы технических средств идентификации на примере программы распознавания лиц "Python"/Haar cascades.....	38
Выводы по главе 1.....	44
2 ИССЛЕДОВАНИЕ И СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ДЕФЕКТОВ ШВЕЙНЫХ ИЗДЕЛИЙ ПО ПРИЧИНАМ ВОЗНИКНОВЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ ПРОИЗВОДСТВА.....	46
2.1 Исследование процесса контроля качества швейной продукции на аутсорсинговых предприятиях.....	47
2.2 Систематизация дефектов швейной продукции по причинам их появления.....	52
2.3 Разработка Баз Данных дефектов швейных изделий.....	58
2.4 Разработка Баз Данных измерений швейных изделий для автоматизированного контроля качества.....	68
Выводы по главе 2.....	78
3 РАЗРАБОТКА МЕТОДА КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ШВЕЙНОЙ ПРОДУКЦИИ МАШИНЫМ ЗРЕНИЕМ....	79
3.1 Разработка рабочего пространства программно-аппаратного комплекса GarmentScanner.....	80
3.2 Разработка колористики фона поверхности столешницы программно-аппаратного комплекса.....	85

3.3	Разработка информационного наполнения GarmentScanner	97
3.4	Разработка архитектуры прототипа программного продукта GarmentScanner.....	104
3.5	Характеристика принципа работы программно-аппаратного комплекса GarmentScanner	112
3.6	Разработка метода контроля машинным зрением качества швейной продукции	120
	Выводы по главе 3.....	126
4	ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА ОЦЕНКИ МАШИНЫМ ЗРЕНИЕМ ДЕФЕКТОВ ШВЕЙНЫХ ИЗДЕЛИЙ.....	128
4.1	Обучение системы машинного зрения.....	128
4.2	Разработка структуры обучающей выборки	136
4.3	Тестирование программного обеспечения GarmentScanner в производственных условиях.....	141
	Выводы по главе 4.....	155
	Выводы по работе.....	156
	Библиографический список.....	159
	Приложение А.....	187
	Приложение Б.....	191
	Приложение В.....	199
	Приложение Г.....	203
	Приложение Д.....	206
	Приложение Е	214

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

АКК – автоматизированный контроль качества

АСК – автоматизированные системы контроля

АШП – аутсорсинговое швейное предприятие

БД – база данных

ВИ – визуальная информация

ЕЦИБ ДШП – Единая Цифровая Информационная База Дефектов Швейной
Продукции

ИИ – искусственный интеллект

ИМ – информационный массив

ИТ – информационные технологии

ИНС – искусственные нейронные сети

КЗ (CV) – компьютерное зрение

МЗ (MV) – машинное зрение

МО (ML) – машинное обучение

НС – нейронные сети

ОТК – отдел технического контроля

ОЭ ИК – оптико-электронные измерительные комплексы

ОЭС – оптико-электронные системы

ПАК – программно-аппаратный комплекс

ПАК МЗ – программно-аппаратный комплекс машинного зрения

ПАС – программно-аппаратные средства

ПИ – пользовательский интерфейс

ПКД – проектно-конструкторская документация

ПО – программное обеспечение

СМЗ – системы машинного зрения

4ПР – четвертая промышленная революция

ИТ – информационные технологии

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы.

Швейная отрасль промышленности является стратегически важной для экономики страны, поскольку ее продукция обеспечивает ежедневные потребности как простых граждан, так и служащих государственных учреждений, силовых ведомств, медицинских учреждений и т.д. Особенность современного этапа развития предприятий легкой промышленности – это сотрудничество с аутсорсинг-подрядчиками, дистанционный товарооборот, частая смена ассортимента производственных партий. Интенсивность труда, монотонность визуальной и аналитической нагрузки, высокая ответственность – факторы, потенциально формирующие у сотрудников отделов технического контроля швейных фабрик развитие синдрома эмоционального и физического выгорания. На определенном этапе инспекции инженер ОТК концентрирует внимание на каких-то определенных дефектах в проверяемой выборке, непроизвольно сужая спектр выявляемых категорий брака. Автоматизацией этапа контроля качества готовых изделий комплексно решается проблема возвратности бракованной продукции на доработку [84].

Контроль качества изготовления швейной продукции машинным зрением особенно актуален на аутсорсинговых производствах, поскольку, помимо языковых барьеров, технолог фирмы-заказчика сталкивается с межнациональными различиями в толковании понятия «качество», часто приводящими к межличностным конфликтам и снижению производственной дисциплины [138-140]. Стремясь сохранить благоприятный коммуникативный климат на производстве, инспектор-технолог может ослабить шкалу требовательности, что, в итоге, приводит к поставкам на российский рынок низкокачественной одежды.

Пережитый мировым сообществом период локдауна показал востребованность полномасштабной цифровизации в легкой промышленности, в том числе автоматизации этапа контроля качества

изготовления продукции. Разработка и внедрение на швейных предприятиях программно-аппаратных комплексов машинного зрения позволит, в том числе дистанционно, полноценно инспектировать аутсорсинговые производства, что формирует потенциал развития новых моделей сотрудничества в отрасли, в том числе на межгосударственном уровне.

Цифровизация экономики в рамках общемировой концепции «Индустрия 4,0» основана на внедрении ИТ-проектов, обеспечивающих реализацию умного производства [67, 101, 102, 146, 148]. Активная разработка научных проектов и прорыв в технологиях распознавания изображений вывели на рынок компьютерные программы, позволяющие машинам обрабатывать визуальную информацию, подобно мыслительной деятельности человека [78, 95-100, 103-109, 166-183]. Результативность работы установленных на конвейерных производствах программно-аппаратных комплексов, оснащенных контролируемыми качеством продукции опτικο-электронными системами, определила будущий этап развития как глобальную автоматизацию производств, повсеместное распространение кибер-физических производственных систем [95-99], управляемых нейронными сетями [168].

Степень научной проработанности проблемы. Совершенствованию качества швейной продукции из текстильных материалов, кожи и меха, и автоматизации процесса контроля посвящены исследования Алаховой С.С., Андреевой Е.Г., Бекк Н.В., Гетманцевой В.В., Григорьевой З.Р., Гореловой А.Е., Гусевой М.А., Демской А.А., Дремлюги О.А., Ершова В.Н., Железнякова А.С., Завзятого В.И., Замышляевой В.В., Золотцевой Л.В., Зуевой Т.В., Карасева А.И., Кисилева Е.В., Коваль Е.А., Костылевой В.В., Кирсановой Е.А., Кобляковой Е.Б., Корниловой Н.Л., Коринтели А.М., Королевой Л.А., Кузьмичева В.Е., Лапшина В.В., Лобацкой Е.М., Луниной Е.В., Махонь А.Н., Медведева В.Ю., Москвина А.Ю., Москвиной М.А., Мишакова В.Ю., Павлова М.А., Петросовой И.А., Подрядчикова В.А., Подшиваловой А.В., Скрыльниковой О.А., Смирновой Н.А., Соколовского А.Р., Старковой Г.П.,

Степанова И.О., Сурженко Е.Я, Сухининой Е.В., Ташпулатова С.Ш., Тихоновой Т.П., Трутневой Н.Е., Тухановой В.Ю., Федотовой И.В., Хромеевой И.А., Черуновой И.В., Шеромовой И.А., Шершневой Л.П. и др. [20, 34, 45, 75, 91-93, 98-100, 104, 110, 111, 133, 143-144, 147, 149-152, 155-159].

Технологии автоматического распознавания изображений востребованы в управлении и разных отраслях экономики. Первенство в формировании теоретических знаний в области компьютерного зрения и нейросетевой теории машинного обучения принадлежит McCulloch & Pitts (1943), Hebb (1949), David Hubel (1959) и Torsten Wiesel. Oliver Gordonovich Selfridge (1955) предложил идею разработки модуля распознавания звука и изображения. Frank Rosenblatt (1958) создал устройство перцептрон (perception — восприятие), моделирующее процесс восприятия изображения человеческим мозгом [87, 88, 233]. Основатель интернета Lawrence Roberts (1960) предложил системы распознавания форм предметов при помощи компьютера. Lawrence Roberts (1970) и Hans Helmut Nagel (1979) разработали теории распознавания трехмерных образов и динамических сцен. Бурное развитие технологий машинного зрения началось с распространением Интернета в 1990-х годах, появления световых сенсоров и разработок в области архитектуры управления системами искусственного интеллекта. Известны свыше 100 компаний, производящих системы машинного зрения, в числе наиболее успешных - Adani, Cognex, ViperImaging, Applied Vision Corporation, Omron [222]. В предложенной D. Marr в 1990 г. парадигме алгоритмической последовательности действий обработки изображений сформулированы атрибуты символического представления визуальной информации. Разработка программного обеспечения для современных комплексов машинного зрения стала возможной благодаря развитию теории сверточных сетей - Hochreiter (1991), Weng (1992); практической апробации алгоритмов распознавания лиц и действий людей - Viola P. & Jones M.J. (2001), Yang (2009); Ciresan, Sermanet (2011), W. Dai, C.Dai, S.Qu, J. Li, S. (2017), Steger C., Ulrich M., Wiedemann C. (2018) [105, 106, 163, 170, 171, 173-180, 194-200].

В настоящее время во многих отраслях экономики РФ накоплен большой опыт по автоматизации производственных процессов и контролю качества продукции машинным зрением. В пищевой отрасли известен вклад Апанасенко С.И., Битюкова В.К., Благовещенской М.М., Благовещенского И.Г., Зубова Д.В., Музыки М.Ю., Краснова А.Е., Прозоровой Г.В., Тусфус М.В. [65, 71, 107, 162, 210, 211].

В научной области внедрения систем машинного зрения для распознавания объектов и логистики автомобильной и железнодорожной инфраструктуры известны работы Волотовского С.Г., Долганова А.В., Казанского Н.Л., Попова С.Б., Хмелёва Р.В., Шаповалова В.В., Шохнина А.С. и др. [73, 97, 161, 212].

Контролю машинным зрением качества продукции на предприятиях точного машиностроения и микроэлектроники посвящены работы Байрак С.А., Бажина В.Ю., Бойкова А.В., Булатова В.В., Гордеева Д.В., Дудкина А.А., Изосимовой Т.А., Инютина А.В., Калабухова Е.В., Кокотт Д., Комарова Т.Ю., Кульчицкого А.А., Максимовой М.В., Михайловой О.В., Садыхова Р.Х., Поденок Л.П., Фомичева В.В. и др. [66, 68, 77, 94, 103, 112].

Вопросы распознавания изображений швейной продукции из текстиля, кожи и меха, дефектов полотна и технологии изготовления освещены в научных исследованиях Андреевой Е.Г., Гетманцевой В.В., Гусевой М.А., Демской А.А., Дремлюги О.А., Ершова В.Н., Железнякова А.С., Завятого В.И., Замышляевой В.В., Ивановского В.А., Калинина Е.Н., Кирсановой Е.А., Козлова А.В., Костылевой В.В., Копылова А.А., Курбатова Е.В., Лапшина В.В., Муртазиной А.Р., Павлова М.А., Петросовой И.А., Подрядчикова В.А., Разина И.Б., Романовского Р.С., Садовского В.В., Смирнова Е.Е., Смирновой Н.А., Соколовского А.Р., Старковой Г.П., Ревякиной О.В., Харахнина К.А., Шеромовой И.А., Ясинского И.Ф. и др. [59-61, 64, 69, 72, 81-85, 122-140, 143, 144, 155-159, 185-193].

Вопросы применения нейросетевой технологии для решения корреляционных задач в сфере конструирования, технологии и распознавания

образов швейных изделий освещены в исследованиях Андреевой Е.Г., Гусевой М.А., Костылевой В.В., Курышевой В.Н., Разина И.Б., Рогожина А.Ю., Романовского Р.С., Петросовой И.А. и др. [56, 69, 114-120].

Анализ накопленной базы знаний в технологиях идентификации машинным зрением отдельных показателей качества текстильных материалов, а также успешный опыт применения машинного зрения для отбраковки некондиции в смежных отраслях промышленности, доказывает актуальность разработки новой технологии выявления технологических дефектов в промышленных партиях одежды с использованием цифрового инструментария и искусственного интеллекта.

Целью работы является разработка метода автоматизированного контроля качества изготовления швейных изделий с использованием системы машинного зрения для идентификации дефектов внешнего вида, приводящих к изменению габаритов, связанных с нарушением технологии раскроя и пошива одежды.

В соответствии с поставленной целью в работе решены следующие **задачи**:

- проведен анализ процесса автоматизированного контроля качества продукции в различных отраслях промышленности;
- изучены принципы работы бесконтактных измерительных приборов и технических средств идентификации некондиционной продукции; проанализирована типовая конфигурация программно-аппаратных комплексов машинного зрения, систематизированы варианты комплектования по задачам распознавания;
- исследованы и систематизированы дефекты внешнего вида швейных изделий по причинам возникновения и проявления в процессе производства;
- разработаны количественные критерии оценки степени весомости идентифицированных машинным зрением дефектов швейной продукции,

обосновывающие решение инспектора ОТК о возвратности партии готовой одежды на переделку;

- разработаны алгоритмы функционирования программного продукта для реализации процесса контроля качества изготовления швейной продукции машинным зрением;

- разработан метод определения машинным зрением дефектов внешнего вида, приводящим к изменению габаритов, связанных с нарушением технологии раскроя и пошива одежды;

- разработаны базы данных для информационного наполнения программной среды программно-аппаратного комплекса GarmentScanner и машинного обучения;

- разработано информационное обеспечение для программно-аппаратного комплекса машинного зрения GarmentScanner;

- проведена апробация работы прототипа программно-аппаратного комплекса машинного зрения GarmentScanner на базе аутсорсинговых швейных компаний «Guangzhou Qingfeng Textile Co., Ltd», «Guangzhou Evergreen Trading Co., Ltd», сотрудничающих с российскими предпринимателями; выявлены недостатки и определены пути совершенствования программного аппарата для реализации задач цифровизации этапа контроля качества готовой швейной продукции.

Объект исследования – швейные изделия и процесс их идентификации машинным зрением.

Предмет исследования – дефекты внешнего вида, возникающие в процессе производства швейных изделий и система требований к процессу их идентификации опико-электронными системами машинного зрения.

Научную новизну исследования составляют:

- разработанные критерии оценки степени выраженности дефектов внешнего вида в готовых швейных изделиях в реальной и цифровой среде;

- новые структуры баз данных дефектов швейной продукции для использования в качестве цифрового инструмента оценки факта наличия или отсутствия дефекта;
- новый метод контроля качества готовой швейной продукции на основе применения машинного зрения и искусственного интеллекта, что обеспечивает рост производительности труда и удовлетворенность потребителей высоким качеством швейной продукции.

Практическая значимость работы подтверждается разработкой:

- баз данных дефектов швейной продукции, определяемых машинным зрением;
- шкал визуальной и метрической информации о степени критичности дефектов внешнего вида в швейной продукции для автоматизации процесса контроля качества продукции;
- инструментария оптико-электронной системы машинного зрения для обнаружения дефектов внешнего вида в промышленных партиях готовой одежды;
- прототипа программного продукта GarmentScanner по обнаружению системой машинного зрения дефектов швейных изделий, связанных с нарушением технологии раскроя и пошива одежды, приводящим к изменению габаритов;
- этапов процесса взаимодействия оператора и программно-аппаратного комплекса машинного зрения при инспектировании качества изготовления швейной продукции.

Личный вклад соискателя состоит в общей постановке задачи, выборе методов и направлений исследования, выполнении научных экспериментов, обработке и интерпретации экспериментальных данных, личном участии в подборе комплектующих и компоновке экспериментального стенда программно-аппаратного комплекса машинного зрения. При непосредственном участии соискателя, согласно плану эксперимента, выполнены все исследования на аутсорсинговых швейных предприятиях,

проведены испытания пригодности разработанного программно-аппаратного комплекса машинного измерения для контроля качества изготовления швейной продукции, подготовлены публикации в зарубежной и отечественной научной печати.

Основные положения, выносимые на защиту:

- метод инспектирования качества изготовления швейной продукции, основанный на выявлении дефектов внешнего вида швейных изделий с помощью систем машинного зрения;
- информационный массив идентифицируемых оптико-электронными системами машинного зрения технологических дефектов;
- критерии оценки степени выраженности дефектов внешнего вида в готовых швейных изделиях в реальной и цифровой среде;
- алгоритм функционирования программно-аппаратного комплекса GarmentScanner для идентификации машинным зрением дефектов изготовления швейных изделий.

Теоретическая значимость работы заключается в разработке метода инспектирования качества швейной продукции, основанного на применении интеллектуальных систем оптического машинного зрения. Бесконтактная параметризация швейной продукции, с применением обучаемых нейронных сетей, позволяет исключить влияние человеческого фактора на процесс контроля качества, с высокой точностью выявить дефекты внешнего вида, сформированные при изготовлении изделий.

Соответствие паспорту специальности 2.6.16: Положения, выносимые на защиту, соответствуют п. 15 «Разработка процессов выбора, примерки, оценки качества ИТЛП и оценки свойств материалов в реальной и цифровой среде», п.17 «Разработка методов автоматизации и оптимизации производств материалов и ИТЛП на основе научного прогнозирования, применения математических методов, нейронных сетей, искусственного интеллекта».

Апробация и реализация результатов. Теоретические положения, практические рекомендации и выводы диссертационной работы опубликованы в 14 печатных работах, 4 из которых – в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК при Минобрнауки РФ, 1 – в журнале из списка ВАК Республики Беларусь, 2 – в периодических журналах входящих в Web of Science и Scopus, 7 – в периодических научных журналах, индексируемых в РИНЦ. Интеллектуальная собственность разработки защищена свидетельствами о государственной регистрации 3 баз данных, 1 программы для ЭВМ.

Результаты диссертационной работы обсуждены и получили положительные отзывы в 2019-2023 гг. на следующих конференциях: SHS Web Conf. International Scientific and Practical Conference on Social Sciences and Humanities: Scientific Challenges of the Development of Modern Society (SHCMS, Грозный, 30.03.2023), Proceeding of the International Science and Technology Conference "FarEastCon 2021" (7.10.2021, ДВФУ, Владивосток), International Siirt Conference on Scientific research (5-7.10. 2021, Siirt University, Turkey), II International WORLD Women Conference (11-12.02.2021, Azerbaijan), V International scientific and practical conference «Education and science in the 21st century» (21.10.2020, Витебск, Беларусь), «Moda industriyasida innovatsiya va zamonaviy texnologiyalar» (23.11.2019, Ташкент, Узбекистан), «Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности» (16.11.2022, РГУ им. А.Н. Косыгина, Москва); Всероссийской научной конференции молодых ученых «Инновации молодежной науки» (18-22.04.2022, СПбГУПТИД, Санкт-Петербург); Международный научно-технический симпозиум «Современные инженерные проблемы в производстве товаров народного потребления» III Международного Косыгинского Форума «Современные задачи инженерных наук» (20-21.10.2021 г., РГУ им. А.Н. Косыгина, Москва), Международном молодёжном конкурсе научных проектов «Стираем границы» (21.10. 2021 г., РГУ им. А.Н. Косыгина, Москва), Социально-гуманитарные проблемы образования и

профессиональной самореализации (06-10.12.2021, 07.12.2020, 10-13.12.2019, РГУ им. А.Н. Косыгина, Москва); Международном научно-практическом форуме Smartex-2020 (20-23.10.2020. ИвГПУ, Иваново), «Молодые ученые - развитию Национальной технологической инициативы (ПОИСК)» (27-29.04.2021, ИвГПУ, Иваново), Международном форуме «Инновационное развитие легкой и текстильной промышленности» (18-20.04.2022, 12-15.04.2021, 14-16.2020, РГУ им. А.Н. Косыгина, Москва); Всероссийской научной конференции молодых исследователей с международным участием «Экономика сегодня: современное состояние и перспективы развития» (25.05.2021, РГУ им. А.Н. Косыгина, Москва); Международной научной конференции «Церевитиновские чтения 2022» (01.04.2022, РЭУ им Г.В. Плеханова, Москва), Международной научной конференции, посвященной 150-летию со дня рождения профессора Н.А. Васильева (26.05.2021, РГУ им. А.Н. Косыгина, Москва).

Структура и объем работы. По своей структуре научно-квалификационная работа (диссертация) состоит из введения, четырех глав, выводов по каждой главе, общих выводов по работе, списка литературы, приложений. Работа изложена на 186 страницах машинописного текста, содержит 66 рисунков, 30 таблиц. Список литературы включает 251 библиографических и электронных источников. Приложения представлены на 30 страницах.

1 АНАЛИЗ ПРОЦЕССА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ И ПРИНЦИПОВ РАБОТЫ СИСТЕМ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ

В утвержденной Распоряжением Правительства РФ Национальной Программы «Цифровая экономика РФ» сформулированы основные задачи и меры господдержки в реализации государственной политики в направлении перевода экономики страны в цифровой формат. Целью поставленных задач является укрепление национального суверенитета, повышение конкурентоспособности экономики за счет внедрения в бизнес-проекты высокотехнологичной среды, улучшение качества труда и жизни населения [18]. В рамках Программы реализуются сквозные технологии, в числе которых, использование в промышленности искусственного интеллекта (ИИ) для оценки соответствия готовой продукции эталону и техническим условиям, качества упаковки и маркировки товара. Современные технологии искусственного интеллекта становятся стратегическими, поскольку их применение оказывает значительное влияние на деятельность человека [67, 68]. Одной из типовых задач, которые решает искусственный интеллект – это распознавание и анализ визуальной информации (ВИ). С термином «искусственный интеллект» связаны такие понятия как «автоматизированный контроль качества», «обучающие алгоритмы нейронных сетей», «машинное обучение», «программно-аппаратные средства, реализующие задачи на основе нейросетевых моделей обработки информации» и т.п.

Причинами широкого практического проецирования технологий ИИ в процесс контроля качества выпускаемой промышленной продукции являются экономическая целесообразность, оперативность, высокая производительность и результативность в сравнении с ручным трудом. В отличие от трудового потенциала человека, автоматизированный контроль качества продукции и обработка машинным зрением визуальной и

метрической информации об изделиях – это непрерывный процесс, зависящий от программного кода, ресурсных параметров оборудования и потока энергии. Причем на эффективность и качество выходных данных не влияют время суток, сезонность, монотонность трудовых операций и другие факторы, присущие человеческой деятельности. Скорость обработки визуальной информации системами машинного зрения – до 20 тысяч кадров в секунду, в то время как человек способен адекватно воспринять за одну секунду всего 24 кадра [90]. Незаменимы автоматизированный контроль и компьютерная обработка визуальной информации в потоковых производствах, при анализе дорожного движения, в криминалистике, банковском деле и других сферах экономики и управления [63, 76, 87-90, 94, 97, 105-109, 141, 142, 154].

Результативность научных исследований в направлении интеллектуализации с применением компьютерных технологий способствовала автоматизации на швейных предприятиях подготовительно-раскройного этапа [48, 49, 55], процесса проектирования конструкций [50, 51, 53, 56, 58, 59], технологической подготовки производства [57, 86, 96, 110], конфекционирования [98, 111, 143, 144], отдельных операций отшива [57, 92, 100, 125], а контроль качества изготовления полуфабрикатов и готовой продукции по-прежнему выполняется вручную и зависит от влияния человеческого фактора [45, 122, 123], выражающегося в постепенном снижении аналитических способностей у контролера ОТК на фоне эмоционального выгорания [26] от монотонности операций (органолептическое и визуальное восприятие инспектируемых объектов) [139].

Понятие «качество» включает в себя множество смыслов. Толкование «качества» можно описать с позиций экономики, философии, права, социального ракурса, технических условий [21]. В швейной отрасли «качество продукции» несет практическую смысловую расшифровку, связанную с принятием потребителями выставленного на рынок товара [124, 136]. Базовыми показателями совокупного качества швейного изделия являются качество материала, качество конструкторско-технологической документации,

дизайн модели, качество швов, отделки и др. На современном рынке швейных товаров представлен разнообразный ассортимент. Растущие потребительские потребности в модной одежде сформировали устойчивый сегмент Fast fashion (быстрая мода) [164, 166], задающий высокий темп для смены стилей и модных образов. В связи с учащенной сменяемостью модельного ряда ускоряется и темп производства [84, 85, 127, 191], что, порой, негативно сказывается на качестве труда швей и контролеров ОТК [127, 131, 134, 186, 188].

Внедрение программно-аппаратных комплексов машинного зрения (ПАК МЗ), идентифицирующих и анализирующих качество готовой швейной продукции на этапе финальных инспекций – перспективное направление развития отрасли. Внедрение на производствах ПАК МЗ, в особенности на аутсорсинговых предприятиях, привлекающих иностранных подрядчиков, значительно повысит производительность, исключит влияние такого субъективного фактора, как национальные особенности толкования понятия «качество».

Анализ опыта разработки и применения в различных отраслях промышленности программно-аппаратных комплексов машинного зрения для оценки качества готовой продукции позволит выявить потенциально применимые в швейном производстве способы бесконтактного контроля и получения метрической информации об объектах.

1.1 Анализ ассортимента технических средств машинного зрения для контроля качества промышленной продукции

Развитие методологии контроля качества продукции машинным зрением сосредоточено на разработке автоматизированных систем, которые могут точно и эффективно оценить качество продукции без участия человека. Этот процесс имеет важное значение в различных областях экономики.

Машинное зрение (Machine Vision), или компьютерное зрение (Computer Vision) – это технология автоматической фиксации и компьютерной обработки визуальной информации (обнаружение, отслеживание, параметризация, идентификация и т.д.) [78]. Старт развитию этих технологий был дан в 1960-х годах, а с изобретением цифровых камер и высокоскоростных процессоров внедрение МЗ в технологические промышленные процессы получило новый импульс. Аппараты машинного зрения установлены в госучреждениях, бизнес-офисах, банках, в учебных учреждениях, больницах, на предприятиях, в инфраструктурных системах, на беспилотной технике. Обработка фото- и видеопотока изображений востребована в системах охранного видеонаблюдения (перемещение во времени и пространстве) [226], при выявлении мошенничества в торговых зонах, в видео-аналитике при расчете потоков мобильных объектов (дорожное движение, поезда, транспортная логистика) [214, 229, 238] и субъектов (людей) [63, 228], при дефектоскопии на конвейерных линиях [216], для подсчета выработки каждого сотрудника предприятия [215].

Выделяют две разновидности алгоритмов компьютерного зрения:

1) классическое, основанное на простой обработке снимков, анализе контуров и сравнении с шаблоном формализуемых характеристик – цвет, геометрия и т.д.;

2) системы машинного обучения, выполняющие глубокий анализ, аналогично мыслительной деятельности человека (нейронные сети). Компьютерные программы, реализующие такие алгоритмы, выполняют «смешивающие параллельные и последовательные вычисления» [77, 78], анализируя сложную визуальную информацию (например, с нечеткими границами, с искаженной геометрией, частично нечитаемую и т.п.).

Программно-аппаратные комплексы (ПАК) машинного зрения подразделяют на работающие с:

- серией снимков (видеопотоком),
- единичным снимком.

Минимальная комплектация программно-аппаратных комплексов машинного зрения включает: видеокамеру; источники освещения; программное обеспечение; рабочее пространство (поверхность, угол обзора и т.п.).

Важный аспект автоматизированного контроля – это использование бесконтактных систем идентификации и измерительных приборов [52, 54, 64, 66, 71, 91, 93, 94, 96, 99, 103, 110].

Рассмотрим некоторые типы этих устройств и принципы их работы:

1. *Оптические приборы.* Оптические системы используют лазеры или структурированный свет, для анализа поверхности, размеров или других характеристик изделия. Оптические измерительные устройства включают в себя:

- системы машинного зрения, которые используют специализированное программное обеспечение и видео камеры для осмотра поверхностей изделий, обнаружения дефектов или считывания штрих - или QR-кодов;

- лазерные сканеры или профилометры, которые могут с высокой точностью измерять размеры и проверять рельеф поверхности изделий;

- оптические компараторы, проецирующие изображение продукта на экран и сравнивающие его с эталонным изображением или шкалой для того, чтобы определить на соответствие техническим требованиям.

2. *Электромагнитные приборы* – системы использующие электромагнитные волны для оценки свойств продукта или их идентификации. Устройства включают в себя:

- системы RFID (радиочастотной идентификации), использующие радиоволны для передачи данных между биркой-этикеткой на изделии и считывающим устройством, что помогает отслеживать и идентифицировать продукцию на протяжении всего процесса производства;

- вихретоковые датчики, использующие электромагнитные поля для измерения толщины или определения состава материала, а также обнаружения дефектов поверхности;

3. *Ультразвуковые приборы.* Ультразвуковые системы задействуют высокочастотные звуковые волны для измерения различных свойств изделий: толщину, плотность и наличие дефектов. Такие системы обычно включают в себя передатчик, излучающий звуковые волны, и приемник, который обнаруживает их отражения от изделия;

4. *Рентгенография и компьютерная томография.* Эти системы используют рентгеновское излучение для создания детальных изображений внутренней структуры изделия, для обнаружения дефектов или проверки сборки сложных компонентов.

При внедрении на предприятиях автоматизированных систем контроля качества продукции выбирают соответствующие бесконтактные измерительные приборы и технологии идентификации, исходя из конкретных требований области применения, используемых материалов и желаемого уровня точности [123]. Кроме того, очень важно интегрировать эти системы в более широкую систему управления, которая включает программное обеспечение для анализа данных, принятия решений и обратной связи для оптимизации производственного процесса.

Для нужд предприятий швейной промышленности в комплектации ПАК машинного зрения приемлемы оптические сканирующие устройства.

1.2 Анализ опыта применения оптических средств контроля качества в различных отраслях экономики

В РФ наиболее бурно развивались технологии машинного зрения в первых декадах 21 века. Контроль качества продукции с помощью оптических программно-аппаратных комплексов машинного зрения успешно зарекомендовал себя в автомобилестроении, машиностроении, самолетостроении, микроэлектронике, робототехнике, в добывающей отрасли, на пищевом производстве, в фармацевтике и других производствах.

В микроэлектронике с помощью оптических ПАК контролируют наличие и расположение элементов топологии на платах и выступов у них, наличие вырывов и проколов на проводниках [66, 103, 112, 170]. Каждое сканированное изображение контролируемого участка подвергается предварительной обработке [94, 95]. Для этого выполняют бинаризацию снимков, масштабирование, поворот на необходимый угол [99]. Далее подготовленный объект сравнивается с эталоном, например, для анализа потенциала наличия дефектов используют компьютерные программы с операторами математической морфологии на основе алгоритма Вейлера-Азертона и Маргалита-Кнотта [153]. Все найденные отклонения кодируют (рис. 1.1), параметризуют (площадь, длина, ширина, высота, угловые характеристики), формируют векторное и текстовое описания.

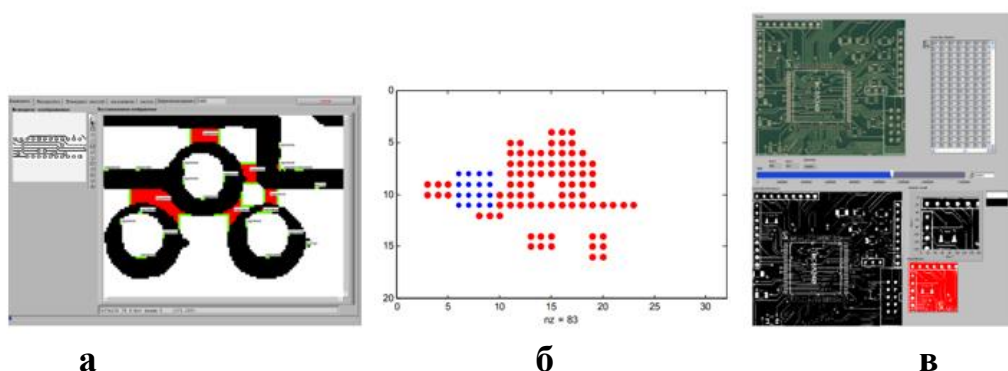


Рисунок 1.1 – Примеры работы виртуальных измерительных инструментов в оценке качества элементов топологии плат: а) фрагмент работы программы [77], б) преобразование фрагмента дефекта в четырехпиксельную структурную схему [94], в) бинаризация изображения в распознавании дефектов топологии [99]

Неразрушающий контроль машинным зрением применяется для поиска поверхностных дефектов сварных соединений [103]. Алгоритм распознавания брака реализован на платформе NI Vision Builder for Automated Inspection (AI), включающей монохромную смарт-камеру, подсветку, испытательный стенд, программное обеспечение. После фильтрации шумовых помех и бинаризации изображения компьютерная программа анализирует медианным фильтром степень яркости реперных точек, определяет предельный порог яркости исследуемого участка, разделяя зоны объекта и фона. Итогом таких

морфологических операций становится четкое определение границ исследуемой области. Выделением участков перепада яркости устанавливается наличие дефектов – трещин и кратеров на сварных швах.

Разработаны системы машинного зрения, контролируемые на металлургических предприятиях разнообразные технологические параметры и работу оборудования. Оптико-электронные системы технического зрения (СТЗ) способны обнаружить дефекты листового стекла (царапина, камень, пузырь, глубина залегания дефекта) с точностью до 0,2 мм [52], что значительно повышает конкурентоспособность отечественной продукции из стекол (стеклопакеты). В металлургии с помощью оптико-электронных СТЗ распознают степень зашлакованности расплава алюминия, контролируют состояние стержней электролизеров, цвет пламени анодных газов и др.

Применение систем машинного зрения в логистическом регулировании перемещения автомобильного и железнодорожного транспорта позволило значительно снизить последствия ошибок, связанных с человеческим фактором. Считывание номеров с поверхности вагонов, контейнеров, цистерн усложнено условиями съемки [97, 161]. Влияющими факторами являются изменение освещенности подвижного состава в разное время суток, разнообразное цветовое решение фона, наличие загрязнений на поверхности вагонов, искажение изображения из-за конфигурации цистерн, неоднозначность позиционирования номеров на объектах (могут располагаться сверху, внизу, по центру контейнера, вагона и т.п.), нестандартное начертание символов. Зарубежные СТЗ регламентируют точность считывания 90-98% [238], отечественные разработки гарантируют 90-95% точности [214, 229]. Типовая комплектация площадки видеонаблюдения следующая: 1) две видеокамеры, фиксирующие покадрово с двух сторон перемещения вагонов, 2) специально расположенный щит, на фоне которого происходит регистрация железнодорожного состава, 3) программное обеспечение (ПО), анализирующее видеоданные (направление движения поезда, считывание номеров вагонов, формирование повагонной

карты). Программное обеспечение, основанное на искусственных нейронных сетях персептронного типа, выполняет следующие задачи: 1) вычисление в кадре области с локализацией номерного знака, 2) удаление помех («шумов») на анализируемом участке изображения, 3) сегментация (разбиение) номерного знака на символы [161], 4) коррекция алфавитно-цифровой информации в случае ее искажения и сравнение объекта с эталоном (шаблоном) [73], 5) итоговое вычисление – распознавание номера на поверхности вагона. Обученные нейронные сети способны распознавать наклонно начертанные и хаотично-позиционированные номера, частично загрязненные и плохо освещенные цифровые символы.

Выявление с помощью систем машинного зрения брака в потоковом производстве обусловлено широкой автоматизацией технологических процессов. Так, в пищевом производстве применение автоматизированного контроля позволило снизить субъективность оценки качества конечных продуктов, основанных на органолептических способностях человека (обонянии, осязании, зрении) [65]. Высокоинтеллектуальные технологии современных бесконтактных измерительных средств на основе компьютерного зрения позволяют определить физические параметры объектов (размеры, площадь, объем тары и содержимого в ней), наличие/отсутствие маркировок/этикеток на предметах (например, на бутылке), наличие/отсутствие объекта в упаковке (например, конфеты в коробке), выполнять идентификацию (считывать коды), оценивать соответствие нормативным требованиям (цвет, размер, чистота упаковки, разборчивость маркировки, гомогенность структуры и т.п.). Для обработки изображений в ПАК для пищевых производств применяют методы считывания и подсчета пикселей на изображении, выделения связанных областей, преобразование в черно-белый формат (бинаризация), сегментация (разбиение на участки с похожими характеристиками для распознавания объекта), считывание штрих-кодов и символов, измерение геометрических

параметров, сравнение (на основе сопоставления с шаблонами), обнаружение особенностей (инвариантность), восстановление формы и т.д.

Комплектация ПАК для пищевых производств типовая:

- цифровая видеокамера с фиксированным фокусным расстоянием или ручной настройкой фокуса (для покадровой съемки объектов на конвейере),
- подсветка (светодиодная с высокой яркостью),
- программное обеспечение (действия: захват изображения, удаление «шумов», бинаризация, текстурирование, измерения, сравнение с эталоном, отбраковка, сигнал на удаление объекта с конвейера) [71].

Отдельные конвейерные производства в пищевой отрасли оснащены робототехническими комплексами с высокими степенями свободы в кинематике роботов, например, на участках розлива жидкостей в стеклотару. В производственном процессе случаются сбои в траекториях перемещения агрегатов. Размещение камеры на движущемся элементе робота-манипулятора позволило разработчикам объединить системы управления и распознавания в единый программно-аппаратный комплекс, синхронно контролирующей движение на конвейере *цветных* объектов, качество процедуры розлива и маркировки готовой продукции. В основу алгоритма работы ПАК положено распознавание оптической системой машинного зрения «динамически движущихся объектов путем расчета координат «х, у» в пикселях от опорной точки обнаружения по пути отслеживания на основе его цветового шаблона» [162].

Интересны исследования возможности применения системы технического зрения Хрестіа (фирма Omron), оснащенной оптическими датчиками, регистрирующей и распознающей цветовую информацию, выполняющей трехмерную и двухмерную параметризацию объектов. Монохромные и цветные фотокамеры с разрешением светочувствительной матрицы от 0,3 Мп (640×480) до 2 Мп (1600×1200) позволяют работать с любой зоной обзора [107]. Комплектация из трех видеодатчиков позволяет поставить каждой камере свою задачу: первая камера оцифровывает

изображение, вторая – запрограммирована на обнаружение объекта и маркировки, третья – фиксирует пространственное положение бутылки на конвейерной ленте, контроль качества маркировки (рис. 1.2).

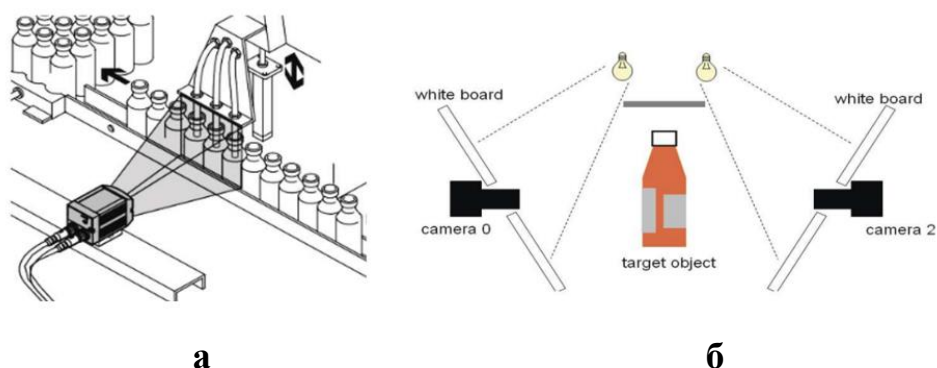


Рисунок 1.2 – Контроль качества розлива кефира машинным зрением: а) фрагмент конвейерной линии, б) расположение видеодатчиков [107, 162]

Для осуществления цифрового контроля на изображение наносится пиксельная сетка (рис. 1.3), анализируя параметры которой, программное обеспечение переводит объемное изображение в плоское и вычисляет необходимые параметры для отбраковки (высота и угол исходного изображения, положение оси вращения и т.д.).

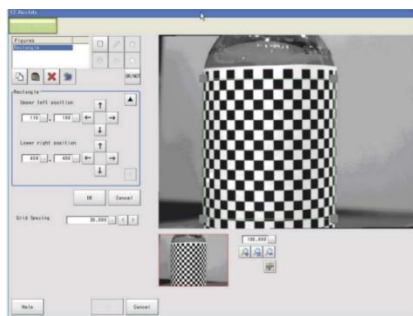


Рисунок 1.3 – Интерфейс программы Xrestia в работе [107]

В зависимости от сложности задачи, конвейерная линия пищевого производства сканируется различным количеством камер. Так, на ПАО «Группа Черкизово», разработанная для бренда «Петелинка» система машинного зрения, укомплектована пятью мультикамерами [109], сканирующими объекты на конвейере, для обнаружения таких дефектов, как отклонение от эталона по форме, цвету, размерам и т.д. Причем, каждая из

пяти камер выдает по восемь изображений объектов с разных углов обзора (рис. 1.4).



Рисунок 1.4 – Фрагмент установки контроля качества продукции машинным зрением на ПАО «Группа Черкизово» [109]

Особенностью автоматизированного контроля качества продукции в фармакологии является отслеживание трех компонентов: качества продукта, упаковки, наличия маркировки [87]. Для контроля маркировки фармпрепаратов оптические контролеры считывают графические коды, выполняют верификацию символов и качество печати. При анализе качества продукта отслеживают наличие посторонних включений, геометрию таблеток и капсул, целостность объектов. На стадии фасовки контролируют наполненность упаковок (блистеров, ампул, флаконов), наличие всех элементов (крышки, фиксаторы), целостность (вмятины, замины). В качестве оптических приборов используют цифровые видео- и фотокамеры, смарт-камеры, лазерные датчики. Процесс дефектации (сканирование, распознавание, вычисление параметров, сравнение с эталоном) обеспечивается соответствующим программным обеспечением (рис. 1.5). Базовым требованием, предъявляемым к комплектации систем машинного зрения, применяемым для фармакологических производств, является подбор цифровых камер. Это должны быть устройства с высококачественной оптикой, учитываются такие характеристики, как размер матрицы, разрешение, светосила объектива и т.д. Требования к дополнительным источникам освещения – это стабильность светового потока, интенсивность, низкое тепловыделение. Разработчиками ПАК для фармакологии установлено, что оснащение участка съемки несколькими камерами повышает адекватность выходной информации вычислительной платформы, а поскольку при съемке

неприемлемо затенение, источников освещения должно быть несколько [87]. Как правило, если система машинного зрения обнаружила какое-либо несоответствие в фармпродукте (упаковка, кодирование, качество), то на выходе (после обработки визуальной и метрической информации) конвейерная линия получает сигнал на остановку, или выполняется дискретная отбраковка (удаление объекта с конвейера).



Рисунок 1.5 – Контроль сборки пробирки [87]

Анализ принципов работы систем машинного зрения, сканирующих разнообразную промышленную продукцию, показал важность правильного выбора оборудования для специализированной подсветки. Установлены следующие причины:

1) даже комбинированное освещение - естественное (через окна) и общее (ламповое) - не обеспечивает нужной интенсивности для получения качественного изображения объектов фотосъемкой;

2) наличие частоты мерцания (50 Гц) и невозможность корректировки угла падения лучей общего (потолочного) освещения создает теневые помехи, причем даже яркое солнечное освещение может дать помехи, поскольку «влияет на итоговое количество светового потока, воспринимаемого матрицей камеры» [87].

В зависимости целей, поставленных перед СМЗ, применяют следующие конфигурации дополнительного освещения:

– *заднее*, когда подсветкой проецируется равномерное освещение объекта сзади, выделяя силуэт (рис. 1.6 а), используется для обнаружения наличия/отсутствия отверстий и зазоров, измерения или проверки формы контура [224];

– *локализованное*, создает равномерную полосу света на объекте или вдоль его края (рис. 1.6 б), применяется для добавления контраста матовым поверхностям, таким, как бумага или картон, для определения краев или выделения элементов на поверхности;

– *разносторонне- направленное*, обеспечивает свет под небольшим углом к объекту (рис. 1.6 в), за счет преломления светового потока делает яркими любые неровности на поверхности, при этом сама поверхность объекта остается темной; используется для обнаружения трещин, царапин, зазубрин [54, 224];

– *купольное* (рис. 1.6 г), создает равномерное диффузное освещение объекта, исключает блики и тени, применяют при распознавании блестящих или зеркальных объектов [224; 231];

– *рассеянное купольное* (рис. 1.6 д), уменьшает блики на отражающих свет поверхностях, может быть скомбинировано со всеми видами освещения, применяют, если нужно значительно снизить помехи («шумы») на изображениях [54, 224];

– *кольцевое* (рис. 1.6 е), универсально, обеспечивает хорошую контрастность изображения за счет полного исключения теней [224].

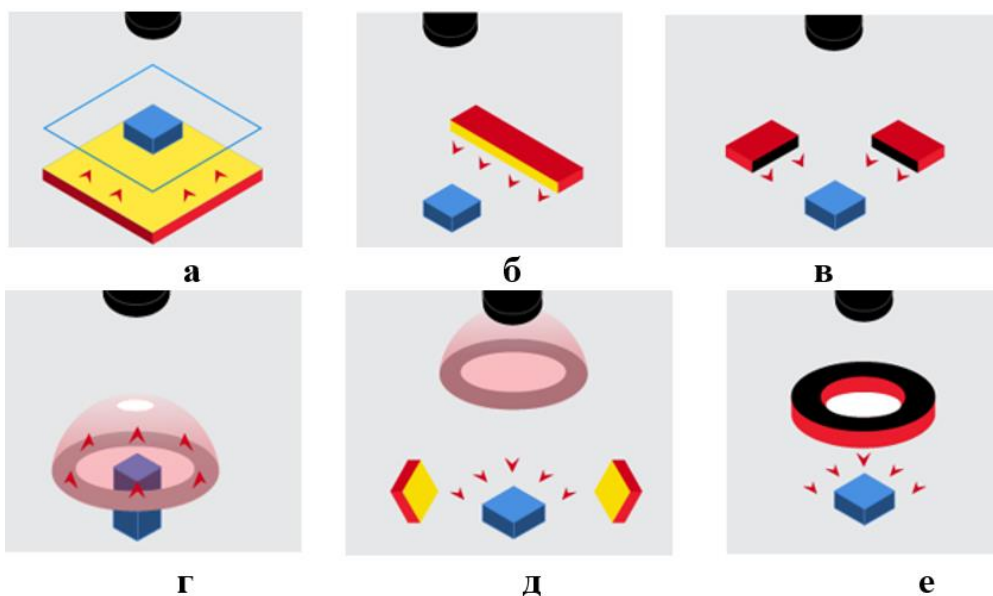


Рисунок 1.6 – Конфигурации систем дополнительного освещения:
а) заднее, б) локализованное, в) разносторонне направленное;
г) купольное, д) рассеянное купольное; е) кольцевое [224]

Проведенный анализ используемых в отечественной промышленности оптических ПАК МЗ показал, что типовая комплектность включает:

1) сканирующие устройства (видеокамера, фотокамера, смарт-камера, веб-камера); причем, их количество и расположение относительно исследуемых объектов зависит от решаемых задач;

2) дополнительные источники освещения (преимущественно светодиодные), их количество и расположение определяется условиями съемки (дискретная, непрерывная круглосуточная, в помещении при дневном или искусственном освещении, на улице и т.д.),

3) один или несколько компьютеров со специальным программным обеспечением, решающим задачи распознавания объекта на изображении, удаление помех («шумов») для определения границ объекта, вычисление операторов математической морфологии (размерность объекта, цветовые параметры, степень яркости, однородность и т.д.) и сравнение параметров с эталоном для заключительного отчета о необходимости отбраковки изделия.

1.3 Анализ технических средств контроля качества продукции в швейной промышленности

В швейной промышленности контроль качества изделий имеет решающее значение для обеспечения удовлетворенности клиентов и поддержки репутации бренда.

В настоящее время для контроля качества в отрасли используют следующую номенклатуру ключевых технических средств:

1. Оборудование для промера тканей и наличия дефектов полотна.

Машины позволяют проводить тщательный осмотр тканей на предмет обнаружения дефектов, таких, как пятна, дыры или цветовые вариации [221, 223].

Известны исследования по дистанционному определению техническим зрением дефектов полотна на ткацких станках [93] и мерильно-браковочном

оборудовании с применением нейросетевой системы распознавания (рис. 1.7а) [64]. Однако, высокая стоимость оборудования ограничивает их широкое применение [93]. Удешевлению процесса способствует применение оптоэлектронных систем для распознавания дефектов полотна, программный аппарат которых разработан на языке Python на базе библиотек OpenCV и Tkinter. Комплектация таких систем включает микропроцессор, видеокамеру и светодиодную подсветку [96]. ПАК распознает масляные пятна, разрывы (рис. 1.7 б), рассчитывает размеры дефектов. В процессе поиска дефектов в программу заложены варианты действий: 1) выделение в прямоугольную область, 2) выделение в прямоугольную область с учетом наклона, 3) выделение дефекта обводкой. Полученное изображение анализируется покадрово в цветовом диапазоне HSV. Дефекты распознаются в сравнении колористических характеристик с базовой маской.

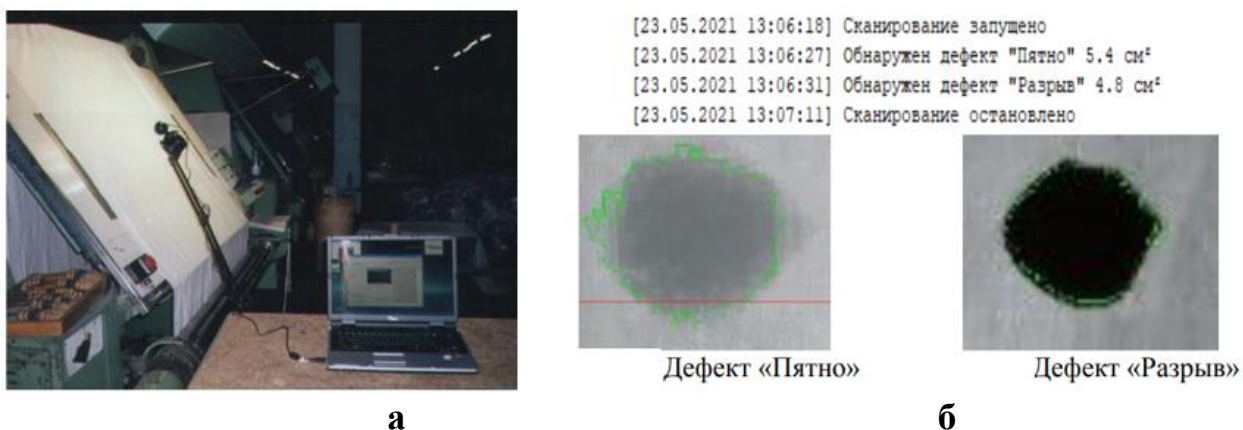


Рисунок 1.7 – Идентификация дефектов полотна: а) нейросетевая система распознавания [64]; б) визуализация на экране дисплея [96]

2. Шкафы для оценки цвета (*light box*).

Световые шкафы обеспечивают стандартизированные условия освещения для точности оценки цветовой гаммы и однородности цвета материалов и готовой одежды в производственных партиях [225, 230].

3. Машины для испытания на растяжение и разрывную прочность.

С помощью этих машин проверяют прочность тканей и швов, прикладывая усилие до момента разрыва [234]. Полученные данные помогают

оценить потенциал долговечности изделий и соответствие требованиям стандартов.

4. Машины для испытания на истирание и отслаивание.

С помощью данного оборудования оценивают стойкость тканей к истиранию и пиллингуемость [203-207], тестированием определяют эксплуатационные характеристики ткани при нормальных условиях использования.

5. Испытание на стабильность размеров.

Тестирование стабильности размеров оценивает степень, в которой ткань сохраняет свои первоначальные размеры после стирки, сушки или воздействия высокой температуры. Это особенно важно для обеспечения стабильности формы одежды, сохранности первоначального качества посадки и внешнего вида после многократных стирок.

6. Машины для обнаружения игл и металлов.

Эти машины сканируют готовую одежду на предмет обнаружения сломанных игл или других металлических загрязнений, случайно оставшихся в процессе производства [236]. Этап имеет решающее значение для обеспечения безопасности потребителей.

7. Проверка качества швов и строчек.

Проверка швов гарантирует, что швы одежды сшиты точно и последовательно, предотвращая возможные сбои или дефекты [155, 157]. Визуальный осмотр с помощью увеличительного оборудования и дополнительного освещения используется для проверки качества и консистенции стежка.

Классический способ оценки качества ниточных соединений в виде подсчета количества прорубленных нитей на участке шва в 5 см с помощью оптической линзы низко производителен, к тому же, при визуальном осмотре высока вероятность субъективности восприятия [203-207]. С целью оптимизации процесса контроля раздвигаемости нитей в тканых полотнах и замены классического органолептического способа оценки на бесконтактный,

исследователями [192, 193] разработан компьютеризированный экспресс-метод оценки показателей. Комплекующим звеном платформы программно-аппаратного комплекса выбрана веб-камера, устройство подсветки увеличивает контрастность изображения для усиления информативности при расшифровке кадров программным обеспечением [203]. Для восприятия оптическим устройством информации о повреждаемости нитей разработана система маркировки – считывая определенные метки компьютерная программа анализирует параметры раздвигаемости на участке [204]. Преимуществом компьютерной технологии является объективность [157], надежность хранения информации в базе системы, а степень точности оценки и погрешность измерений настраиваются калибровкой сканирующего оборудования (рис.1.8).



Рисунок 1.8 – Интерфейс платформы оценки качества ниточных соединений [203]

Преимуществом системы визуального сканирования швов в одежде [203-207] является цифровая обработка данных в режиме реального времени.

Распознают следующие виды дефектов:

- 1) нарушения петлеобразования стежка;
- 2) стянутость шва;
- 3) искривление шва.

Для контроля качества строчки на швейную машину устанавливается специальный модуль, состоящий из системы визуального наблюдения (веб-

камера и устройство подсветки) [204]. При выполнении швейной операции в режиме онлайн в компьютер поступает информация о качестве строчки для последующей обработки в специальной программе. Разработчики ПО, для маркировки каждого вида строчки и искомого дефекта, разработали кодировку (рис. 1.9) в виде клеточной графики, где дефектный стежок выделен контрастным цветом, а размер дефектного участка задается количеством ячеек (пикселей) [157-159]. Программное обеспечение анализирует входящую кодированную информацию и выдает заключение о наличии дефекта на каком-либо участке строчки.

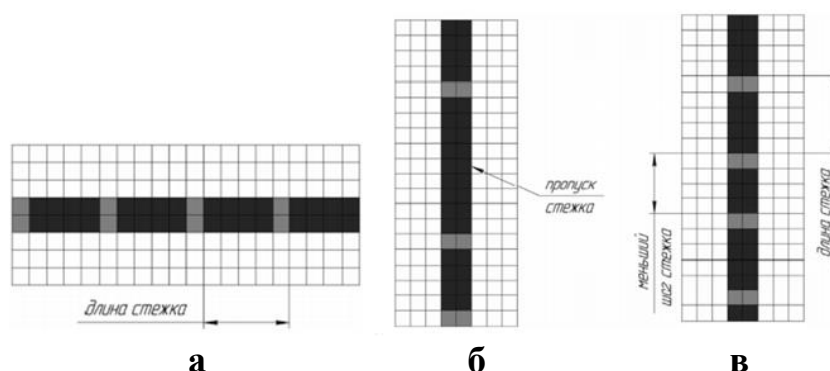


Рисунок 1.9 – Графическое кодирование швейных строчек: а) идеальная; б) с отсутствием стежков, в) неравномерная [157]

Программное обеспечение так же выявляет дефекты отклонения строчки от правильной траектории (рис. 1.10). Графическое кодирование позволяет рассчитать величины смещений.

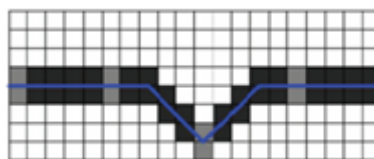


Рисунок 1.10 - Условное изображение искривления шва [157]

8. Измерение и примерка одежды.

Оптические сканирующие системы оценки качества посадки готовой одежды по своему действию схожи с распространенными в 21 веке бодисканерами (бесконтактными антропометрическими инструментами). 3D-сканеры выдают трехмерное изображение тела человека с использованием различных методов, таких, как структурированный свет, лазер или

фотограмметрия. Современные 3D-сканеры используются в фитнесе и индустрии развлечений, в медицине, швейной отрасли, для таких приложений, как создание одежды на заказ, отслеживание изменений формы тела [59, 181], создание 3D-моделей для анимации или персонализированных аватаров.

На точность результатов сканирования влияют как настройки оборудования, так и статичность позы субъекта. Обычно 3D-сканеры собирают данные, проецируя на тело световой поток, испускаемый лазером или делая несколько фотографий человека под разными углами. Наиболее распространенными технологиями являются:

- *Структурированный свет.* Сканер проецирует световой узор (обычно сетку или серию линий) на тело человека, а камера фиксирует, как деформируется рисунок на теле, информация используется для восстановления 3D-формы.

- *Лазерное сканирование.* Сканер использует один или несколько лазерных датчиков, излучающих лучи света, проходящие по телу человека. Когда луч отражается от тела, датчики измеряют время, необходимое для возвращения света, что позволяет программному обеспечению вычислять расстояния и восстанавливать 3D-форму.

- *Фотограмметрия.* Камера делает несколько фотографий человека с разных ракурсов. Анализируя различия между изображениями и используя триангуляцию, ПО может реконструировать 3D-модель тела человека. Исходная визуальная информация со сканера обрабатывается с помощью специализированного программного обеспечения, которое выравнивает, объединяет и очищает захваченные данные для создания бесшовной и точной 3D-модели. Этот шаг может включать в себя устранение погрешностей, заполнение пробелов или сглаживание поверхности модели. В зависимости от приложения может потребоваться дальнейшая обработка, например, настройка 3D-модели для анимации, создание 2D-шаблонов для одежды или извлечение конкретных измерений для отслеживания физической формы. Окончательная 3D-модель или извлеченные данные экспортируются в

подходящем формате для использования в различных приложениях, таких, как 3D-печать, программное обеспечение для анимации, или инструменты для проектирования моделей одежды. 3D-сканеры обеспечивают быстрый, неинвазивный и точный способ получения детальных 3D-моделей тела человека в одежде и без нее, что делает их ценными инструментами для различных отраслей промышленности и приложений. Измерение и примерка производственных образцов помогает проверить размер и общую посадку готовой одежды. Эти процессы помогают гарантировать, что одежда соответствует заданным техническим характеристикам и обеспечивает удобную посадку конечному потребителю.

Проведенный анализ преимуществ использования технических средств для контроля качества показывает, что подобная автоматизация позволяет в целом поддерживать удовлетворительный уровень качества продукции, в том числе и в швейной промышленности. Однако, для целей инспекции качества готовой одежды из промышленных партий, требуется особый подход. Основную информацию о тестируемом объекте (одежде) контролер ОТК (рис. 1.11) получает визуально, контактно (тактильно ощущениями пальцев рук) и через вербальную характеристику (описательную) [69]



Рисунок 1.11 – Иллюстрация процесса контактной проверки качества готовой продукции в отделе ОТК швейной фабрики

Выборку изделий из промышленных партий инспектор, в соответствии с ГОСТ 4103-82 «Изделия швейные. Методы контроля качества» [12], контактно проверяет на соответствие габаритов в диапазоне размеро-ростов, указанных в Табеле мер Технического описания [217]. Перед отправкой партии на реализацию проверяется присутствие таких технологических дефектов, как разнооттеночность, неровнота строчек, дефекты швов, дыры, грязь и масляные пятна и др. Монотонность трудовых операций негативно сказывается на восприятии визуальной информации [122, 123]. Кроме того, труд швей в потоке тоже отличается монотонностью, а большая нагрузка часто приводит человека к физическому и моральному истощению, что непосредственно отражается на качестве производимых изделий. Однако, даже средняя и малая нагрузка на работника не гарантирует того, что производимая им продукция будет абсолютно идентичной. Согласно Аристотелю, «каждый отдельно взятый предмет одного рода и характеристик не будет сходным с другим аналогичным, а будет качественно отличаться» [22]. Целью процесса массового производства швейной продукции является изготовление партий товара с набором свойств, максимально приближенных к эталонному образцу. И, до настоящего времени, спектр этих свойств оценивался контролерами ОТК *субъективно*.

За рубежом известны IT-разработки [241, 242], обеспечивающие визуальный контроль за процессом изготовления (рис. 1.12 а) и инспектирования качества швейной продукции [244]. Данное программное обеспечение нацелено на дистанционное отслеживание цепочки поставок по типу ERP. Инспектор отдела ОТК вручную, контактным способом (рис. 1.12 б), проверяет выборку изделий из промышленной партии, программное обеспечение в онлайн-режиме фиксирует этот процесс (рис. 1.12 в). Представители заказчика и управляющий персонал фабрики могут контролировать процесс посредством непрерывного мониторинга веб-камерой зоны рабочего пространства. Инспектор вносит в электронную форму количество выявленных дефектов, результаты измерений, а программное

обеспечение формирует отчет, который сразу же выводится на экран заказчику (рис. 1.12 г).

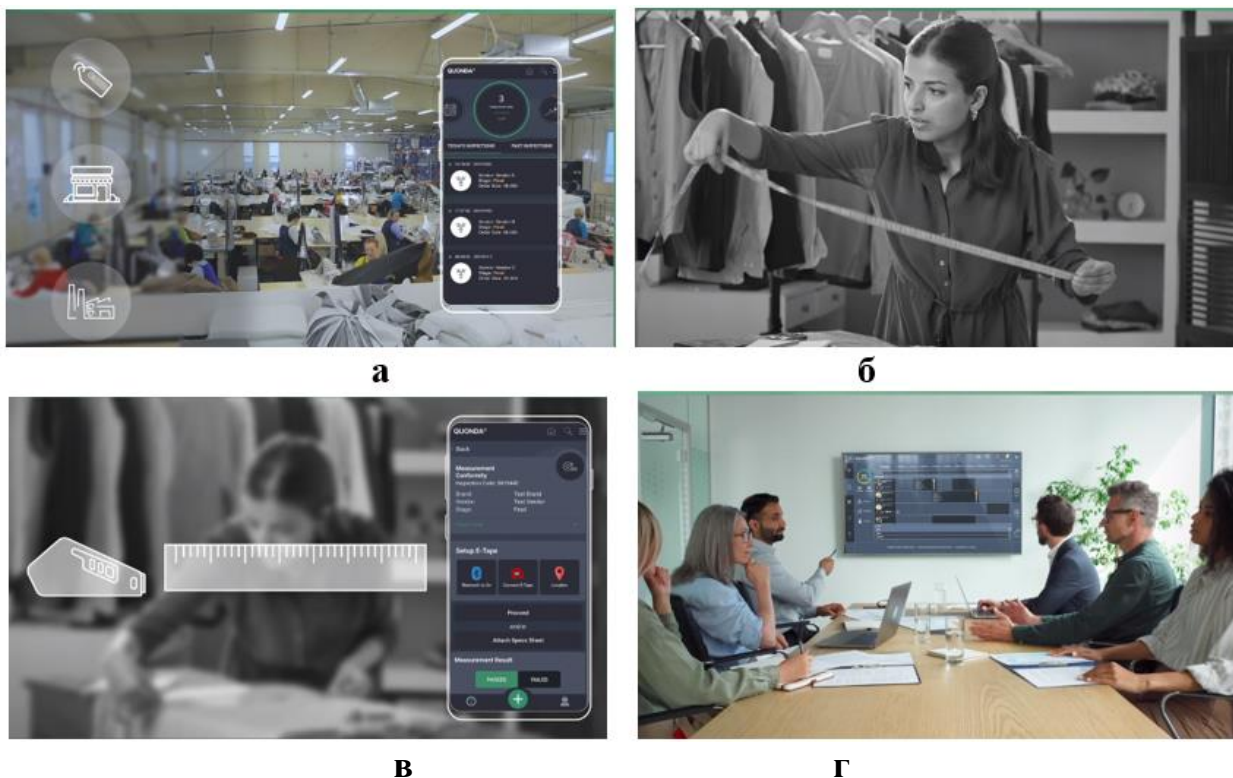


Рисунок 1.12 – Иллюстрация возможностей системы дистанционного мониторинга процесса изготовления и контроля качества швейной продукции [241]

На современном этапе развития техники возможно внедрение цифрового контроля качества швейных изделий с помощью оптических программно-аппаратных комплексов машинного зрения, как частично, так и полностью заменяющих контактный способ измерений объектов и оценку внешнего вида изделий зрением человека.

Наиболее приемлемой технологией обработки машинным зрением визуальной информации об объектах швейной отрасли является способ распознавания образов на основе каскадов Хаара (Haar cascades), применяемый в системах визуального наблюдения для идентификации лиц, автомобилей и автомобильных номеров и др.

1.4 Анализ принципа работы технических средств идентификации на примере программы распознавания лиц Python/Haar cascades

Обзор программных платформ, используемых в системах машинного зрения, показал, что наиболее приемлемым пакетом математических алгоритмов анализа визуальных объектов для целей контроля качества швейной продукции является платформа OpenCV с открытым исходным кодом [105] и язык программирования C++, применяемые в программах Python, Java, Matlab и др. [165]. В настоящее время на базе программного аппарата Python с использованием алгоритма «каскады Хаар (Haar)» реализован принцип обнаружения и распознавания объектов по двумерным цветным и черно-белым изображениям: распознавание лиц [95, 142], автомобильных номеров [180], первичная [184] и повторная идентификация автомобилей [108] и др. Способ включает в себя обучение классификатора с использованием положительных и отрицательных изображений. Позитивные изображения содержат интересующий объект, а негативные – нет [233].

Основная идея каскадов (признаков) Хаара заключается в использовании функций Хаар для определения присутствия объекта на изображении. Объекты Хаар — это простые прямоугольные объекты (рис. 1.13), которые могут интерпретировать разницу в интенсивности яркости визуала между соседними областями на изображениях [195, 196].

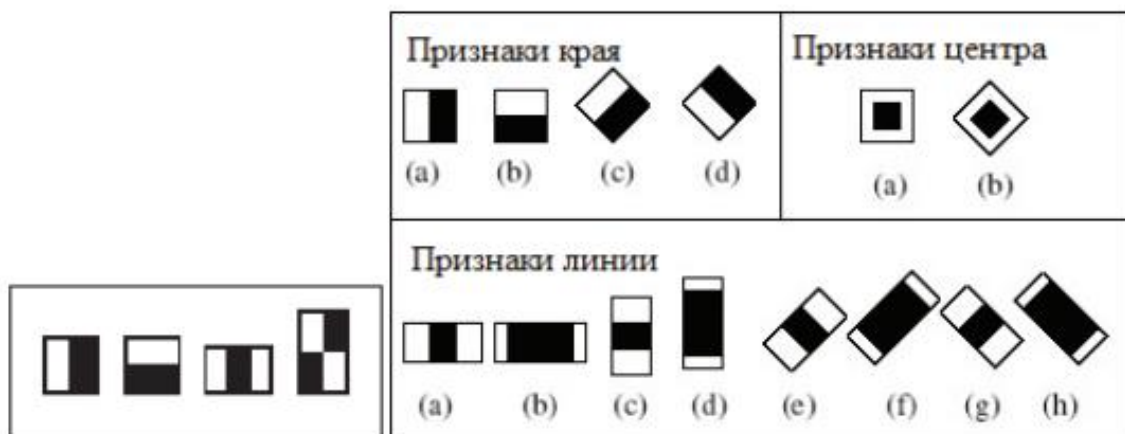


Рисунок 1.13 – Варианты признаков Хаар [70]

В процессе распознавания, признаки накладываются на визуальный объект «в различных позициях и различных масштабах, значение признака определяется как разность сумм пикселей из областей» [95]. Типовые формулы расчета признаков Хаара для изображения [70, 195] следующие:

$$a_i = \sum_{j=y_{a_i}}^{y_{a_i}+h_{a_i}-1} \sum_{k=x_{a_i}}^{x_{a_i}+w_{a_i}-1} v_{jk}, \quad b_i = \sum_{j=y_{b_i}}^{y_{b_i}+h_{b_i}-1} \sum_{k=x_{b_i}}^{x_{b_i}+w_{b_i}-1} v_{jk},$$

$$h(u) = \sum_{i=1}^{N_a} a_i - \sum_{i=1}^{N_b} b_i, \quad (1)$$

где v_{jk} – яркость пиксела с координатами $[j, k]$, a_i – сумма яркостей пикселей в i -й области первой группы, b_i – сумма яркостей пикселей в i -й области второй группы, h – значение признака Хаара для этого изображения, h_{a_i} , w_{a_i} , h_{b_i} и w_{b_i} – высота и ширина i -х областей первой и второй групп соответственно; y_{a_i} и x_{a_i} , y_{b_i} и x_{b_i} – смещения по оси y и x i -х областей первой и второй групп, а N_a и N_b – количество областей в первой и второй группах.

В программах распознавания лиц [142, 182, 243] эти функции помогают идентифицировать черты лица (рис. 1.14) и персонифицированные признаки (разрез и цвет глаз, форма носа, подбородка, надбровных дуг, лба и т.д.).

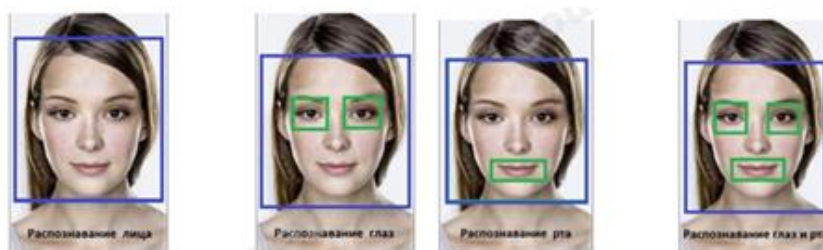


Рисунок 1.14 – Пример выделения участков распознавания на изображении в программе Python [243]

Типовой алгоритм распознавания искомым признаков на изображениях включает следующие действия:

- 1) с помощью web-камеры фиксируется образ, данные передаются по интерфейсу, через USB, для загрузки в модуль приема видеопотока [154],
- 2) необработанные кадры (raw data) отправляются в модуль предобработки,
- 3) выделение кадров для обработки и поиска интересов (Region of Interest);

- 4) осуществление поиска признаков локальных бинарных шаблонов (Local Binary Patterns) для классификации [226];
- 5) заключение: распознано – «да», не распознано – «нет».

В программе Python, перемещающимся по изображению прямоугольным окном (см. рис. 1.13), фиксируются светлые и темные области, характерные для черт лица, считываются координаты характерных антропометрических точек (рис. 1.15) для расчета индивидуальных характеристик [240].

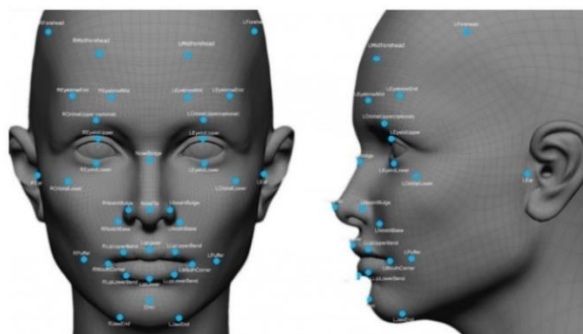


Рисунок 1.15 – Типовые антропометрические точки на модели лица для распознавания личности [240]

Поскольку ракурсы съемки неидеальны – подавляющее большинство кадров имеет искажения, возникающие из-за смещения угла съемки, поворота субъектов и т.п., то для работы программного аппарата требуется обучение.

Процесс обучения СМЗ включает в себя:

1. сбор большого набора данных положительных и отрицательных изображений;
2. преобразование изображений в оттенки серого, поскольку каскады Хаар работают с одноканальными изображениями;
3. вычисление характеристик Хаар для всех изображений в наборе данных;
4. обучение каскадного классификатора с использованием алгоритмов машинного обучения, таких как AdaBoost (Adaptive Boosting).

Процедура Adaptive Boosting (адаптивный бустинг) используется для выстраивания композиции алгоритмов машинного обучения (цепочки, или

каскадов, классификаторов), позволяющих на каждой последующей стадии расчетов исключить недостатки предыдущей ступени [142, 174].

Процедура обучения с использованием примитивов заключается в их наложении на эталонное изображение и определении обобщенной характеристики анизотропии [105, 179] выделенной области N :

$$N = Q - V \quad (2)$$

где Q , V — суммарное количество яркостей точек, закрываемых соответственно светлыми и черными пикселями в примитивах, расположенных в выделенной области изображения [105].

Итоговый каскад выстраивается на основе классификаторов с наиболее эффективными примитивами, при этом «каждый последующий элемент содержит большее количество примитивов, занесенных туда на этапе машинного обучения» [105]. Как только классификатор обучен, его можно использовать для обнаружения объектов на новых фотоизображениях.

Таким образом, процесс обнаружения объекта на изображении включает:

1. преобразование входного изображения в оттенки серого;
2. масштабирование изображения до разных размеров (пирамида изображения) для реализации многомасштабного обнаружения;
3. просмотр окон и перекрестных изображений для обнаружения интересующего объекта, применение метода Виолы-Джонса (каскады Хаара);
4. применение обученного классификатора к каждому окну, определение присутствия объекта;
5. точная настройка с использованием таких методов, как «pop-maximum suppression», уменьшающих в алгоритме количество ложных срабатываний.

Несмотря на бурно развивающиеся технологии распознавания объектов машинным зрением, в швейной отрасли до сих пор не автоматизирован процесс приемки готовой продукции из-за трудной формализуемости признаков дефектов изделий [83]. Для осуществления предпочтительного выбора метода обнаружения дефектов швейных изделий для разрабатываемого программно-аппаратного комплекса проведена сравнительная оценка положительных и

отрицательных характеристик изученных технических систем идентификации (табл. 1.1).

Таблица 1.1 - Сравнительный анализ технических систем идентификации

№	Вид	Принцип работы	Положительные характеристики	Отрицательные характеристики
1	программа по распознаванию лиц на базе «Python»	программа выделяет определенные участки на изображениях лиц и сравнивает их с имеющимися в базе данных, хранящейся на сервере	можно «обучать» программу посредством расширения баз данных	необходимо дорогое оборудование, оптика с высоким разрешением
2	комплекс для определения качества ниточного соединения и степени повреждаемости материала при пошиве швейных изделий	использование оптической линзы при прямом визуальном подсчете количества прорубленных нитей, образующихся на 5 см швейной строчки	достоверность определения поврежденных участков ниточного соединения на швейном изделии	низкая производительность, субъективность оценки, недостаточная информативность оценок и ограниченные технологические возможности
3	экспресс-метод оценки показателей раздвигаемости нитей в тканых полотнах	веб-камера по определенным меткам считывает величину перемещения нитей и деформацию упругих звеньев, выполняющих заданные функции	возможность формирования базы данных на электронных носителях информации	погрешность оценки значений параметров зависят от точности калибровки оборудования и измерения
4	контроль качества выполнения операций в рабочей зоне швейной машины	веб-камера фиксирует изображение швейной строчки, программный аппарат обрабатывает и выдает заключение.	непосредственно в процессе изготовления оперативно выявляет отклонения параметров швейной строчки от заданных значений.	необходимо значительное количество времени на отслеживание качества строчки и регулирования оборудования; в большинстве случаев швея видит дефект строчки.

Проведенный анализ показал, что для осуществления цели, поставленной в диссертационной работе, перспективно применение систем машинного зрения, включающих оптико-электронные устройства, способные адекватно фиксировать изображения дефектов, а для разработки программного обеспечения, распознающего брак, применимы алгоритмы Haar cascades, используемые в программе Python.

Следовательно, для цифровизации этапа инспекции качества швейной продукции необходимо:

- разработать базы данных дефектов внешнего вида, составить их описательные и количественные характеристики для последующей формализации,
- разработать алгоритмы идентификации по визуальным изображениям швейных изделий технологических дефектов, связанных с нарушением технологии раскроя и пошива одежды, приводящим к изменению габаритов,
- разработать шкалы отличительных признаков технологических дефектов для сопоставления характеристик с эталонами,
- разработать процедуру сканирования швейных изделий,
- обосновать комплектность и собрать опытный образец испытательной установки – прототипа программно-аппаратного комплекса машинного зрения,
- обосновать условия съемки объектов,
- разработать прототип программного обеспечения для функционирования программно-аппаратного комплекса,
- провести опытные испытания программно-аппаратного комплекса, выявить недостатки, обосновать перспективы дальнейшего развития.

Выводы по главе 1

1. Проведен анализ опыта применения машинного зрения в различных отраслях промышленности для идентификации объектов и оценки качества готовой продукции. Исследован ассортимент технических средств машинного зрения. Определено, что для целей швейной промышленности наиболее рациональна комплектация программно-аппаратных комплексов машинного зрения оптическими системами, включающими цифровые фотокамеры и источники дополнительного освещения.

2. Исследован принцип работы систем машинного зрения. Установлено, что процесс дефектоскопии машинным зрением единичных изделий и потока продукции на конвейерных линиях имеет схожие характеристики; полученное растровое изображение объектов анализируют покадрово.

3. Установлено, что машинным зрением по изображениям объектов определяют форму и геометрические характеристики (площадь, длина, ширина, высота, глубина, угловые характеристики), оптические свойства (блеск, прозрачность), цветовое соответствие, при этом все искомые параметры кодируют, переводят в векторный формат и рассчитывают отклонения координат «х, у» от опорной точки.

4. Проанализирован типовой алгоритм идентификации объектов машинным зрением. Установлено, что программное обеспечение обеспечивает следующие действия: захват изображения, удаление помех, бинаризация, текстурирование, измерения, сравнение с эталоном, заключение (идентификация, отбраковка, приемка), запись в базу данных.

5. Исследован опыт анализа дефектов материалов и дефектов швов в одежде с применением оптико-электронных систем контроля. Установлено, что для внедрения способа бесконтактного инспектирования качества одежды на обнаружение дефектов, сформированных при изготовлении швейной продукции, целесообразно разработать комплексную технологию их

распознавания машинным зрением. По визуальным изображениям можно идентифицировать объект (швейное изделие), обнаружить дефект и рассчитать с высокой точностью величины отклонений в размерах изделия и его частей от эталонных параметров.

6. Проанализированы основные алгоритмы работы известной программы Python, положенной в основу технологии распознавания лиц и автомобильных номеров. Выявлено, что программное обеспечение для программно-аппаратного комплекса, идентифицирующего технологические дефекты в промышленных партиях швейной продукции, может быть разработано на базе платформы OpenCV с открытым исходным кодом на языке программирования C++. Проанализирован популярный алгоритм распознавания визуальных изображений, основанный на вычислении признаков Хаара. Определено, что каскады Хаара применимы для программного обеспечения разрабатываемого программно-аппаратного комплекса. В качестве обучающего каскадного классификатора выбран Adaptive Boosting.

7. Выявлено, что для перевода процесса инспекции качества изготовления швейной продукции в цифровой формат необходимо:

- разработать базы данных дефектов, составить их описательные и количественные характеристики для последующей формализации,
- разработать шкалы отличительных признаков технологических дефектов для сопоставления характеристик с эталонами,
- разработать алгоритмы идентификации по визуальным изображениям швейных изделий технологических дефектов, связанных с нарушениями технологии раскроя и пошива одежды, приводящими к изменению габаритов,
- разработать техническое задание на разработку прототипа программного обеспечения для анализа качества одежды;
- собрать экспериментальный образец программно-аппаратного комплекса и провести опытные испытания, выявить недостатки, обосновать перспективы дальнейшего развития.

2 ИССЛЕДОВАНИЕ И СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ДЕФЕКТОВ ШВЕЙНЫХ ИЗДЕЛИЙ ПО ПРИЧИНАМ ВОЗНИКНОВЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ ПРОИЗВОДСТВА

По мнению многих исследователей, качество – понятие субъективное [160] и для каждого конкретного изделия необходимо соотносить его качественные характеристики и временной диапазон использования. Аристотель, в IV веке н.э., толковал понятие «качество» как «неколичественные свойства предметов» [22]. Г.Гегель расширил философский ракурс и предложил определять качество «через признаки и взаимодействие с другими объектами определенным образом» [28]. Ф.Энгельс обосновал принадлежность качества к каждой конкретной вещи [46]. В словаре С.И. Ожегова размещено следующее толкование: «качество – это совокупность существенных признаков, свойств, особенностей, отличающих предмет или явление от других и придающих ему определенность; то или иное свойство, достоинство, степень пригодности кого-чего-нибудь» [37]. Согласно В.И. Даля, «качество – это свойство или принадлежность, все что составляет сущность лица или вещи» [30]. По мнению У. Шухарт (W. Shewhart, 1931), качественный товар – это «добротный, соответствующий стандартам» [47]. Японский философ и специалист по качеству Исикава К. (Ishikawa K.) утверждает, что качество имеет объективные (соответствие чему-то) и субъективные параметры («насколько вещь хороша») [32]. В XX веке, с формированием потребительского общества, оформились понятия разных категорий качества, была введена количественная оценка качественных показателей. При этом, в каждой категории, какое-либо отклонение от принятых стандартов трактуется, как дефект изделия, и подлежит либо исправлению, либо отбраковке [20, 160].

Вопросам разработки нормативно-технических показателей качества продукции и управления ими уделено широкое внимание. С советских времен

в швейной отрасли РФ разрабатывают и совершенствуют систему контроля качества изделий промышленных партий и единичных образцов. Конкурентоспособность швейного товара определяют: соответствие моде (покрой, цветовая гамма), свойства материалов и отделки, качество пошива изделий. Правовое регулирование качества продукции в отрасли обеспечивают следующие виды стандартов: международные (ИСС), межгосударственные (ГОСТ), государственные РФ (ГОСТ Р), отраслевые (ОСТ), республиканские (РСТ), стандарты предприятий (СТП), технические условия (ТУ) [1-17].

2.1 Анализ процесса контроля качества швейной продукции на аутсорсинговых предприятиях

Для швейной индустрии РФ понятие «качество» регламентировано в: ГОСТ 15467-79 «Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения», ГОСТ 4103-82 «Изделия швейные. Методы контроля качества», ГОСТ 4.45-86 «Система показателей качества продукции. Изделия швейные бытового назначения. Номенклатура показателей», ГОСТ 24103-80 «Изделия швейные. Термины и определения дефектов», ГОСТ Р ИСО 3635–99 «Одежда. Размеры. Определения, обозначения и требования к измерению», ГОСТ Р 51303—2013 Торговля. Термины и определения», ГОСТ Р ИСО 9000-2015 «Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь» и др.

Согласно ГОСТ 15467-79, под термином «*качество продукции*» понимают «совокупность свойств продукции, обуславливающих ее пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее названием» [6]. *Показателем качества продукции* является «количественная характеристика одного или нескольких свойств продукции, входящих в ее качество, рассматриваемая применительно к определенным условиям ее создания и эксплуатации или потребления [6].

Поскольку качество швейной продукции формируют показатели, закладываемые на всех этапах проектирования и изготовления (сырье, материалы, конфекционирование изделий, проектирование конструкций, раскрой, оборудование, процесс изготовления и отделки), то для оценки качества готовых изделий выбирают комплексный подход. При этом комплексный показатель качества определяют как «показатель качества продукции, характеризующий несколько ее свойств» [6].

В диссертационной работе анализ процесса контроля качества швейной продукции проведен на базе российско-китайских аутсорсинговых швейных предприятий (АШП) «Guangzhou Qingfeng Textile Co., Ltd», «Guangzhou Evergreen Trading Co.,Ltd» и фабрике «FarEast Co., Ltd», выпускающих для российского рынка недорогую одежду категории Fast fashion (быстрая мода) [131, 178]. Определено, что российские бизнесмены сотрудничают с зарубежными АШП, специализирующимися как на отдельных этапах производства, так и с полноцикловыми фабриками. Установлено, что в аутсорсинге распространена кооперация нескольких предприятий в один подряд: подготовительный этап декатировки материалов выполняют на одной фабрике, раскрой материалов - на втором предприятии, отшив изделий - на третьем, а финальный этап отделки - на четвертом, или сочетая несколько этапов. Для выявления влияния вида аутсорсинговой кооперации на контроль качества одежды, выполнена классификация АШП по четырем признакам: по циклу производства, по объемам производства, по видам деятельности, по территориальной расположенности (табл. 2.1). Установлено, что основная совокупность дефектов, обнаруженных технологом-инспектором на крупных швейных полноцикловых предприятиях, исправляется непосредственно на этапах производства, а количество обнаруженных во время инспекций дефектов укладывается в допустимые нормы. Аутсорсинг-подрядчикам, скооперировавшимся с компаниями-партнерами, при частых перевозках продукции с одной фабрики на другую, требуется больше времени на производство. На таких предприятиях не применяют межэтапный контроль

качества продукции [185], поэтому, дефекты можно обнаружить только при приемке готовых изделий, поскольку у контролеров фирм-заказчиков нет доступа к полному циклу производства [122, 124, 135-140].

Таблица 2.1 – Матрица классификационных признаков аутсорсинговых швейных предприятий

Классификационные признаки	по циклу производства	полноцикловые фабрики
		специализирующиеся на одном виде деятельности
	по объемам производства	крупные
		малые
	по видам деятельности	подготовительный этап декатировки материалов
		раскрой
		отшив изделий
		финальная отделка
	по трерриториальной расположенности	на единой территории
		территориально рассредоточенные
		временно арендующие помещения

Проведенными ранее исследованиями установлено [147, 149-151, 158], что наибольшее число дефектов выявляют в швейном производстве (62%) и на фабриках, специализирующихся на этапе раскроя (25%).

Анализ показал востребованность в аутсорсинге следующих видов контроля продукции, исполнения деталей и узлов: *сплошной* (для изделий высокого качества), *выборочный*, *инспекционный*.

Установлено, что для осуществления процедуры *контроля качества* одежды, сотрудники отделов ОТК аутсорсинговых фабрик проводят проверки соответствия показателей качества изделий требованиям, изложенным в нормативно-технической документации. Определено, что как и на российских предприятиях, *должностными инструкциями* в аутсорсинге предусмотрен контроль соответствия внешнего вида каждой вещи образцу-эталону (в целом и отдельных частей), проверка конфекционирования, влажно-тепловой обработки, посадки, наличия пороков материала, исполнения отдельных узлов и деталей (в том числе стежки, строчки, швы), симметричности, расположения деталей [12, 217]. Несоответствие продукции установленным требованиям признается *дефектом* [11]. На этапе ОТК выявляют *явные, скрытые,*

критические, значительные, малозначительные, устранимые, неустраняемые дефекты. Продукция с неисправимыми дефектами признается *браком*, и, согласно ГОСТ 15467-79, не может быть передана через торговую сеть потребителям.

Анализ процедур, выполняемых сотрудниками ОТК на аутсорсинговых фабриках показал, что качество готовой продукции контролируют с использованием технических средств измерений (согласно ГОСТ 15467-79) [6], на горизонтальной поверхности (столе), на манекенах и человеке, на специальных формах (согласно ГОСТ 4103-82) [12]. В ходе приемки партий готовой швейной продукции инженеры ОТК, определяют *уровень качества*, сравнивая значения измеряемых показателей с базовыми, определяемыми в нормативных документах, технических условиях и т.д. Используемые при этом методы:

- *измерительный*, основной инструментарий – линейки, рулетки, лупы;
- *органолептический*, осуществляемый путем восприятия информации через органы чувств (в процессе контроля качества швейной продукции контролер использует зрение – визуальный, и осязание – тактильный), органолептически проводят сопоставление параметров с эталонным образцом, на соответствие внешнего вида требованиям НТД (рис. 2.1).



а

б

Рисунок 2.1 – Отделы ОТК на аутсорсинговых швейных фабриках, контактная проверка качества готовой продукции:

а) в КНР, б) в Бангладеш

Мониторинг укомплектованности отделов ОТК сотрудниками и анализ должностных инструкций показал влияние национального менталитета на количество сотрудников ОТК и вид их деятельности (табл. 2.2).

Таблица 2.2 – Сравнительный анализ укомплектованности отделов ОТК аутсорсинговых швейных предприятий

Вид проверки	Отделы технического контроля			
	Китай		Бангладеш	
	количество сотрудников	обязанности	количество сотрудников	обязанности
проверка на линии	1-2	проверка качества, промеры	2	проверка качества
			2-3	промеры
проверка полуфабрикатов	1	проверка качества, промеры	2	проверка качества
			2-3	промеры
итоговая проверка	1	проверка качества, промеры	1	проверка лейблов
			1-2	промеры
			1	осмотр снаружи
			1	осмотр внутри

Анализ показал, что сжатые производственные сроки, сложные условия труда, в плане преодоления языкового барьера при особых межнациональных и межличностных отношениях, формируют, как у проверяющего инспектора-технолога, так и у сотрудников ОТК АШП информационные и физические перегрузки [173], мешающие адекватно инспектировать качество изготовления производственных партий одежды. В ходе исследования установлены причины, непосредственно стимулирующие у работников швейных производств проявление «синдрома выгорания» [26], выражающегося в снижении самоконтроля и мотивации к качественному труду – это условия найма (временная работа со сдельной оплатой), низкая квалификация и малый опыт работы; национальный менталитет в вопросе толкования понятия «качество швейных изделий».

Внедрение технологии машинного зрения позволяет устранить влияние большинства субъективных факторов на результативность процесса контроля качества изготовления швейной продукции. Для перевода процесса инспекции качества изготовления швейной продукции в цифровой формат проведена систематизация дефектов швейной продукции по причинам их появления на аутсорсинговых производствах и разработаны значимые показатели дефектов, влияющие на решение о возврате партии готовых изделий на переделку.

2.2 Систематизация дефектов швейной продукции по причинам их появления

Анализ категорий дефектов, выявляемых на аутсорсинговых швейных производствах, показал, что цифровым инструментарием могут быть идентифицированы технологические дефекты разной степени критичности (явные, скрытые, значительные, критические), влияющие на сортность продукции (по ГОСТ 12566) и возврат партий готовой продукции на переделку (малозначимые, устранимые) или отбраковку (неустраняемые дефекты, неисправимый брак).

В алгоритм программного продукта необходимо заложить информацию о видах дефектов и весомости обнаруженных отклонений от эталонных образцов. Установлено, что из всей совокупности выявляемых технологом ОТК дефектов одежды (табл. 2.3), в каждой партии готовой продукции присутствует часть товара низкого качества [135].

Таблица 2.3 - Классификация дефектов производственных партий

Группы дефектов	Виды дефектов	Этап производства, на котором выявляется дефект
дефекты материала	дефекты полотна	подготовительный
	колористика	подготовительный, отшив изделия
		окончательная отделка
	пятна	подготовительный, раскрой
отшив изделия		
окончательная отделка		
технологические	дефекты строчек	отшив изделия
	дефекты швов	отшив изделия
конструктивные	дефекты модельной конструкции	подготовка ПКД, отшив изделия
	дефекты лекал	

Снижение качества, и соответственно, сортности готовой продукции [5, 9], происходит под воздействием ограниченного числа причин [218], стимулирующих условия проявления брака. С целью выявления наиболее весомых дефектов, снижающих качество внешнего вида швейной продукции, проведен опрос специалистов швейной отрасли. В качестве объекта

мониторинга выбран ассортимент трикотажных футболок, как наиболее распространенный вид заказа одежды категории Fast fashion, производимой на АШП. Для систематизации дефектов в выборку включены следующие виды: технологические, материала, проектно-конструкторской документации (ПКД). В таблице 2.4 представлены причины возникновения двадцати наиболее распространенных технологических дефектов.

Таблица 2.4 – Систематизация потенциальных причин возникновения технологических дефектов швейной продукции [137]

Причины возникновения дефектов	Технологическая операция	Технологический дефект
разная длина плечевых швов	стачивание плечевых швов	сборка по плечевому шву
отсутствие сопряжения в уголках припусков плечевого шва		искривленная горловина
отсутствие сопряжения в уголках припусков по шву втачивания рукава в пройму, отсутствие контрольных надсечек	втачивание рукавов в проймы	положение рукава смещено в пройме относительно правильного положения
		наличие сборки по пройме или окату рукава
		перепутано положение рукавов (правый/левый)
низкая квалификация швей; неправильное прикрепление лапки для обработки подгибки; плохо отрегулировано перемещение зубчатой рейки	выполнение подгибки: - низа изделия, - низа рукавов	искривленная траектория строчки
		искривленный низ
		неравномерная ширина подгибки низа
		вытянутость шва
в ПКД не предусмотрены вспомогательные лекала	термофиксация декоративных деталей на изделии	несимметричность в расположении декора
не выдержан температурный режим прессования		низкое качество приклеивания декора (отстают края, воздушные пузырьки и т.п.)
несоразмерность длин горловины и обтачки (или бейки)	обработка горловины (обтачкой, бейкой)	сборка горловины под обтачкой (или бейкой)
несовмещение (отсутствие) надсечек по соединяемым контурам		неравномерность ширины обтачки (или бейки)
не отрегулировано оборудование для ВТО (температурный режим, настройка вакуумного насоса), низкая квалификация работников участка ВТО	внутри процессная и итоговая влажно-тепловая обработка	ласы по внешней стороне изделия
		вытянутая горловина
		кривая горловина
		вытянутая пройма
		разная длина боковых швов
		разная длина и ширина рукавов
вытянутая и искривленная линия низа изделия		

Для определения наиболее значимых дефектов, влияющих на решение о приемке партии готовых изделий, проведен мониторинг их встречаемости на аутсорсинговых швейных предприятиях Китая и Юго-Восточной Азии [124]. Экспертами приглашены 20 специалистов, это:

- сотрудники швейных фабрик (технологи; конструкторы, работники отделов технического контроля),
- менеджеры и владельцы компаний, занимающихся производством и реализацией одежды.

Поскольку привлеченные респонденты – представители России, Китая, стран Европы и Азии, то вопросы в экспертных анкетах были сформулированы на двух языках (русский и английский).

Интервьюированием выбраны 10 наиболее значимых дефектов, меняющих визуальные характеристики вещей и снижающих качество. Помимо технологических дефектов (см. табл. 2.5), в выборку включены отмеченные респондентами дефекты материала.

Перечень отобранных для мониторинга дефектов:

- 1) не соответствие габаритов изделий эталону (отклонения в величинах измерений параметров);
- 2) несимметричность горловины (искривление, растянутость);
- 3) искривление низа, растянутость;
- 4) несимметричность в длине рукавов (укорочение/удлинение одного из рукавов);
- 5) кривая строчка;
- 6) прерывистая строчка;
- 7) пятна грязи;
- 8) дефекты материала (дыры, разнооттеночность, прохождение клея и т.д.);
- 9) разная длина боковых швов (укорочение/удлинение одного из швов);
- 10) несимметричность (или искривление) расположения принта.

В таблице 2.5 представлен пример Анкеты.

Таблица 2.5 - Форма опросника на выявление значимых показателей дефектов (на примере футболки) [124]

Дефекты, влияющие на принятие решений о приемке партии готовой одежды		
Defects, affecting decisions on the acceptance of ready production		
	Наименование дефекта / Defect name	Баллы / Points number
1	Несоответствие параметров изделий, влияющих на посадку изделия/ Inconsistency of product parameters affecting the fit of the product	
2	Искривление линии горловины / Curvature of the neckline	
3	Искривление линии низа / Curvature of the bottom	
4	Разная длина рукавов / Different sleeves length	
5	Искривление траекторий строчек/ Curvature of stitch trajectories	
6	Разрывы строчек / Broken stitch	
7	Пятна грязи на поверхности / Dirty spots	
8	Дефекты на поверхности материала/ Defects fabric	
9	Разная длина боковых швов / Different length of side seams	
10	Искривление (несимметричность) принта /Asymmetric print	

Эксперты выполнили ранжирование дефектов по степени критичности, используя 10-бальную систему оценивания. Максимальный балл (10) соответствовал максимальному проявлению дефекта. Степень критичности дефектов, оцениваемая баллами в диапазоне от 5 до 10, обосновывает решение технолога о возврате промышленных партий на переделку. Результаты ранжирования представлены в таблице 2.6 и на рисунке 2.2.

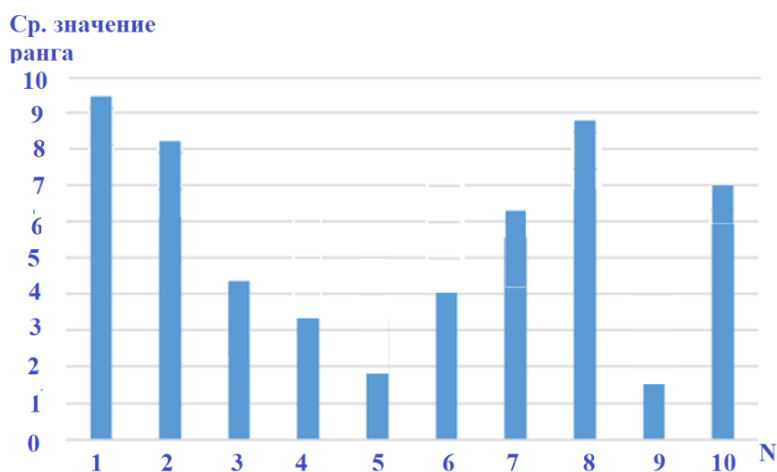


Рисунок 2.2 – Диаграмма рангов дефектов по степени влияния на возвратность партии готовой продукции на переделку

Таблица 2.6 - Результаты мониторинга значимых показателей

№ эксперта	Единичные показатели									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	10	6	3	4	2	5	8	9	1	7
2	8	9	3	5	2	4	6	10	1	7
3	10	8	5	4	1	3	7	9	2	6
4	9	10	4	5	3	1	6	8	2	7
5	10	7	5	3	1	4	6	9	2	8
6	10	9	4	1	2	5	7	8	3	6
7	8	9	3	4	2	6	5	10	1	7
8	10	7	5	4	2	3	6	9	1	8
9	10	8	4	5	1	3	6	9	2	7
10	10	9	5	3	2	4	6	8	1	7
11	10	7	4	2	3	5	6	9	1	8
12	9	8	6	4	2	3	5	10	1	7
13	10	8	4	5	2	3	6	9	1	7
14	10	9	5	4	3	2	6	8	1	7
15	10	7	5	3	2	4	6	9	1	8
16	10	9	4	3	2	5	7	8	1	6
17	10	8	3	4	1	5	6	9	2	7
18	9	8	4	2	1	5	6	10	3	7
19	10	8	3	4	2	5	6	9	1	7
20	10	8	4	3	2	5	7	9	1	6
Среднее значение ранга	9,65	8,1	4,15	3,6	1,9	4,0	6,2	8,95	1,45	7,0

В число наиболее весомых дефектов, с суммарной ранговой оценкой свыше 5 баллов (рис. 2.2), включены:

- 1) дефект № 1 - не соответствие габаритов изделий эталону (ранг 9,65),
- 2) дефект № 8 – дефекты материала (ранг 8,95),
- 3) дефект № 2 – искривление и растянутость горловины (ранг 8,1);

4) дефект № 10 - несимметричность (или искривление) расположения принта (ранг 7,0);

5) дефект № 7 - пятна грязи на материале (ранг 6,2).

Достоверность результатов оценена с помощью онлайн сервиса math.semestr.ru [245]. Для определения степени согласованности мнений экспертов рассчитан коэффициент конкордации (*Приложение Г*). Коэффициент конкордации составил $W_1=0,92$, что говорит о наличии высокой степени согласованности мнений экспертов, участвующих в опросе.

Разрабатываемая нами технология выявления дефектов швейной продукции машинным зрением – это объективный и точный инструмент, своеобразная «техническая помощь машины человеку» [136], нивелирующая влияние человеческого фактора. Для наполнения пилотной версии программного продукта ПАК МЗ входной информацией, из выделенной совокупности выбраны следующие группы дефектов:

1) соответствие качества материала образцу-эталону по эстетическим свойствам и наличию дефектов на поверхности (цвет, пятна, грязь и т.д.),

2) технологические дефекты строчек (неровнота, пропуски стежков),

3) несимметричность:

- формы (растянутая горловина и т.п.),

- в длинах срезов,

- угловых параметров (наклоны плечевых срезов и т.п.).

Анализ показал, что некоторые дефекты внешнего вида, причина которых заключена в низком качестве конструкции и ПКД, а именно: ошибки при оформлении уголков лекал и отсутствие сопряжений линий в лекалах деталей кроя, могут быть распознаны машинным зрением (*БД «Цифровые шкалы конструктивных дефектов швейных изделий, определяемых техническими средствами идентификации», Св-во № 2020622293*) [202].

Для реализации процесса идентификации дефектов швейной продукции машинным зрением и машинного обучения необходимо сформировать Базы

Данных дефектов, а для адекватности работы программного аппарата необходимо критичности каждого дефекта присвоить цифровой индекс.

2.3 Разработка Баз Данных дефектов швейных изделий

Установлено, что на аутсорсинговых швейных фабриках, где процесс мониторинга качества продукции выполняется вручную на столе, высока вероятность влияния человеческого фактора (эмоциональная и физическая усталость, национальный менталитет и др.) на заключение экспертизы. Поэтому, для сравнения визуальных и метрических характеристик каждого из выявленных дефектов, целесообразна разработка *Единой Цифровой Информационной Базы Дефектов Швейной Продукции (ЕЦИБ ДШП)*, которая будет пополняемой и включать несколько баз. Доступ к *ЕЦИБ ДШП* должен быть открыт в соответствии с соглашениями сотрудничающих в производстве сторон, что способствует повышению качества производственных партий швейной продукции благодаря своевременному выявлению дефектов, и, соответственно, позволит снизить у сотрудников проявление синдрома выгорания на производстве. В настоящее время для надежного хранения информации в памяти компьютера используют приложения - Базы данных, т.е. специально организованные наборы информации [18, 19, 33, 35].

Для версии, предназначенной к использованию программной средой разрабатываемого программно-аппаратного комплекса машинного зрения, атрибутами БД в *ЕЦИБ ДШП* выбраны:

- визуальная информация (фотографии, скан-копии),
- вербальные характеристики (описание),
- числовые характеристики (шкалы критичности дефектов).

При создании базы данных «*Базовые цифровые шкалы технологических дефектов швейных изделий, определяемых техническими средствами идентификации*» (Св-во №2020621712) [208], входящей в *ЕЦИБ ДШП* нами использована реляционная модель, включающая прямоугольные таблицы,

каждая строка которых отражает «один конкретный экземпляр сущности объекта» [35]. Информационные объекты БД имеют связи «многое к многим», т.е. «каждому единичному дефекту из группы дефектов (А) могут соответствовать несколько дефектов групповых (Б) и единичных (В) [35]. Причем, в одном изделии могут присутствовать сразу несколько видов дефектов: технологические, конструктивные, дефекты материала (табл. 2.7). Для наполнения баз данных визуальной информацией выполнено фотографирование швейных изделий веб-камерой с последующей обработкой фотоснимков. Перед фотографированием каждый объект располагали на ровной горизонтальной поверхности, обязательным этапом было расправление случайных складок, создающих теневые помехи на изображениях. Для повышения качества фотоснимков, помимо вспышки веб-камеры, использовано дополнительное освещение. Во избежание искажений, объектив веб-камеры располагался перпендикулярно поверхности с изделием, проекция центра объектива соответствовала примерному центру снимаемого участка (рис. 2.3). Для исключения смещения, веб-камера была закреплена на штативе. Расстояние от объектива до поверхности изделия выбиралось эмпирически, на основании «полезности» кадра, т.е. визуально оценивался масштаб изображения и четкость визуализации дефектов.



Рисунок 2.3 – Пример расположения веб-камеры над изделием

Таблица 2.7 – Информационное наполнение БД

Виды дефектов	Классификационный признак	
	Групповые	Единичные
дефекты материала	дефекты полотна	пятна плесени на лицевой поверхности
		складки полотна
		раздвижки нитей полотна
		отсутствие нитей в структуре полотна
		утолщение/утонение нитей
		дыры
		полосы (непрокрас) лицевой поверхности
	колористика	изменение тона окраски после декатирования
		потеря интенсивности расцветки
		дефекты принтирования
	пятна	грязь
		масло
		ржавчина
		от маркера
		от клея
технологические	дефекты строчек	разрыв строчек
		пропуск стежков
		видимые внутренние строчки
		слабое скрепление
	дефекты швов	перекрученность
		несовместимость уровней
		складка шва
		несимметричность вытачек
конструктивные	дефекты модельной конструкции	
	дефекты лекал	отсутствие сопряженности
		дефекты уголков лекал
		несоответствие длин срезов

В классификационной структуре единичные дефекты дополнены разновидностями (табл. 2.8).

Таблица 2.8 – Пример разновидностей дефектов принтирования материала

Описание дефекта	Визуализация
не удалена вспомогательная разметка на поверхности принта	
растяжение (повреждение) принта	

Информационные массивы базы данных «*Базовые цифровые шкалы технологических дефектов швейных изделий, определяемых техническими средствами идентификации*» (Св-во №2020621712) [208] содержат визуальную и метрическую информацию о дефектах, которые могут быть выявлены с помощью технических средств идентификации на различных этапах швейного производства. Примеры собранной информации представлены в таблицах 2.9 - 2.11.






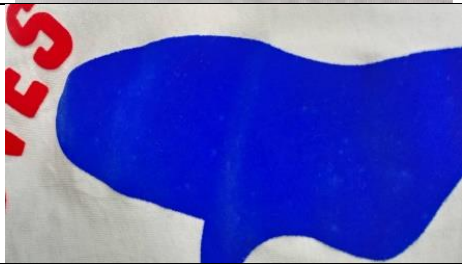
Выявление подобных дефектов служит обоснованием возврата готовых изделий на переделку из-за низкого качества конечного продукта.

Каждая таблица БД содержит следующие поля:

- описание дефекта,
- визуализация,
- балл.

Критичность дефектов оценена по десятибалльной шкале. Баллы в диапазоне выше среднего (6-10) соответствуют высоким степеням проявления дефектов и обосновывают причины возвратов на переделку. Баллы в диапазоне 1-5 указывают на незначительное влияние выявленного дефекта на качество внешнего вида изделия. Шкала баллов согласована с экспертами.

Таблица 2.9 – Фрагмент информационного массива дефектов на материале

Описание дефектов	Визуализация	Балл
1	2	3
Шкала оценки дефектов полотна		
лицевая поверхность с пятнами непрокраса		10
отсутствие нитей / или их разрыв		10
лицевая поверхность с пятнами плесени		9
утонение / или утолщение нитей		6
Шкала дефектов принтирования		
низкое качество принта		10
неравномерное покрытие принта		7

Окончание таблицы 2.9

1	2	3
Шкала дефектов пятен на материале		
пятна ржавчины		10
пятна от клея		9
масляные пятна		7
пятна от маркера		6
Шкала оценки внешнего вида материала в готовом изделии		
Разнотон		10
Низкое качество влажно-тепловой обработки		7
Пятна от влажно-тепловой обработки		6

В таблице 2.10 представлен фрагмент «Базовые цифровые шкалы технологических дефектов швейных изделий, определяемых техническими средствами идентификации» (Св-во №2020621712) [208], иллюстрирующий разновидности дефектов строчек и швов.





Таблица 2.10 – Фрагмент информационного массива дефектов строчек и швов

Описание дефектов	Визуализация		Балл
1	2		3
Шкала качества строчек			
разрывы строчек			10
пропуск стежков			9
плохое натяжение нитей в строчке			8
Шкала дефектов швов			
складка по шву			10
перекрученный шов			9
несовмещенные швы			8
искривление линии вытачки			7

Наличие в готовой одежде дефектов внешнего вида, приводящих к изменению габаритов, связано с нарушениями технологии раскроя и пошива. Одним из проявлений таких дефектов становится несимметричность изделий. В таблице 2.11 представлен фрагмент БД «Базовые цифровые шкалы

технологических дефектов швейных изделий, определяемых техническими средствами идентификации» (Св-во №2020621712) [208], иллюстрирующий проявление несимметричности в одежде. Критичность дефектов оценена по десятибалльной шкале. Баллы в диапазоне выше среднего (6-10) соответствуют высоким степеням проявления дефектов и обосновывают причины возвратов на переделку. Баллы в диапазоне 1-5 указывают на незначительное влияние выявленного дефекта на качество внешнего вида изделия. Шкала баллов согласована с экспертами.

Таблица 2.11 – Фрагмент шкалы несимметричности в одежде

Описание дефектов	Визуализация	Балл
1	2	3
<i>шкала несимметричности в плечевом изделии</i>		
несимметричность формы горловины		10
разные углы наклона плечевых швов		9
разная длина рукавов		8
разная длина плечевых швов		7

Окончание таблицы 2.11

1	2	3
разная ширина рукавов		6
разная длина боковых швов		5
<i>шкала несимметричности в поясном изделии</i>		
не отцентровано месторасположение декора		9
вытянутый шов притачивания ластовицы		8
искривление линии шва притачивания ластовицы шва		7
разная длина боковых швов		5
разный прогиб левой и правой сторон передней и задней половинок		5

Таким образом, информационные массивы базы данных «*Базовые цифровые шкалы технологических дефектов швейных изделий, определяемых техническими средствами идентификации*» [208] включают визуальные характеристики дефектов и количественные показатели – шкалы баллов.

В процессе инспектирования качества швейной продукции, помимо сопоставления визуальных параметров объектов с эталонными образцами (соответствие внешнего вида, конфекционирования, наличие пороков материала, качество влажно-тепловой обработки, технологического исполнения деталей и узлов), контролеры ОТК выполняют сравнение геометрии изделий (ГОСТ 4103-82), для чего оценивают ровноту контуров, симметричность формы и расположения деталей. Для извлечения количественных параметров, сотрудники отделов ОТК выполняют *прямые* измерения швейных изделий контактным способом, используя линейки, рулетки, уголки, а для адекватности восприятия визуальной информации – увеличительные лупы. Известно, что количественные параметры объекта, полученные с применением натурального инструментария, могут сопровождаться погрешностью. *Инструментальная* погрешность определяется несовершенством инструмента (калибровка, разность цены деления в шкалах). *Методическая* погрешность возникает при несовершенстве методики (например, специалист ОТК вместо положенных двух-трех измерений выполнит его одноразово). *Субъективная* погрешность проявляется из-за невнимательности человека, несоблюдения точности промеров [36]. Повысить уровень точности измерений и многократно уменьшить проявление субъективного фактора можно заменой контактных обмеров швейной продукции виртуальным инструментарием машинного зрения. Для информационного наполнения процесса автоматизированного обмера образцов одежды необходимо разработать базы данных измерений, содержащих визуальную и метрическую информацию для выполнения данной процедуры в автоматизированном режиме.

2.4 Разработка Баз Данных измерений швейных изделий для автоматизированного контроля качества

Номенклатура базовых измерений швейных изделий и методика проведения представлены в ГОСТ 4103-82 «Изделия швейные. Методы контроля качества» [12]. В зависимости от сложностей модельного решения, на швейном предприятии разрабатывают *Технические описания* на каждую модель одежды [217], где в документе *Табель мер* регламентируют величины контролируемых параметров и допустимые отклонения.

Поскольку разрабатываемый в диссертационной работе программно-аппаратный комплекс машинного зрения является пилотным продуктом, то для апробации способа и машинного обучения выбраны швейные изделия плоских форм – футболки, майки, трусы. Футболки являются разновидностью фуфаяк, согласно ГОСТ Р 54393-2011, это «трикотажная плечевая одежда, покрывающая туловище частично или полностью, надеваемая на корсетное изделие или непосредственно на тело» [14]. Майка характеризуется как «трикотажная плечевая одежда, без рукавов и застежки, покрывающая туловище частично или полностью, надеваемая непосредственно на тело» [14, 15]. Трусы – «швейная или трикотажная поясная одежда бельевого ассортимента, покрывающая нижнюю часть туловища, ... надеваемая непосредственно на тело» [13-15].

Выбор ассортимента обусловлен легкостью трансформации оболочек изделий в плоские объекты для позиционирования на поверхности испытательного стенда. Кроме того, модельные особенности футболок и трусов, в подавляющем большинстве случаев, не изменяют гладкость поверхности изделий, что важно для адекватности распознавания их изображений.

Процесс распознавания плоских тел достаточно широко освещен в научной литературе, имеется богатый опыт идентификации объектов по плоским изображениям (см. пп. 1.2, 1.3). На скан-копии плоского объекта и его

визуализированном контуре средствами машинной графики не сложно нанести контрольные точки, вспомогательные уровни и разнонаправленные линии для проведения обмеров виртуальным измерительным инструментом. Плоский объект с гладкой поверхностью адекватно распознается машинным зрением, а измерение габаритов по изображению дает достоверные результаты.

Для информационного наполнения Базы Данных «*Цифровые шкалы измерений швейных изделий для автоматизированного контроля качества*» (Св-во № 2020622292) [201], входящей в ЕЦИБ ДПП, разработан перечень измерений швейной продукции для идентификации габаритов виртуальным измерительным инструментом (табл. 2.12).

Таблица 2.12 – Классификация измерений плечевых швейных изделий виртуальным измерительным инструментом

Групповой классификационный признак		Единичный классификационный признак
1		2
<i>длины</i>		
длины участков по становой части изделий	по переду	посередине
		от вершины горловины до низа
		от линии поперечного членения до низа
	по спинке	посередине
		от вершины горловины до низа
		от линии поперечного членения до низа
сбоку	длина бокового шва	
длины участков по рукавам		посередине рукава
		по нижнему срезу рукава
измерения по кокетке		посередине кокетки переда
		посередине кокетки спинки
<i>ширины</i>		
ширины участков по становой части изделий	по переду	по линии груди
		по линии талии
		по линии бедер
		по линии низа
	по спинке	по линии груди
		по линии талии
		по линии бедер
		по линии низа
участков по рукавам		ширина рукава вверху
		ширина рукава внизу
<i>проекционные измерения</i>		
по горловине		ширина горловины
		высота горловины переда
		высота горловины спинки

Окончание таблицы 2.12

1	2
расстояния	расстояние от края детали до расположения отделки
<i>угловые измерения</i>	
основные детали	наклон плечевого среза
отделочные детали	углы между сторонами в отделочных деталях (пояса, клапаны, паты, карманы)
<i>размеры отделочных деталей</i>	
длины	длина участка отделочной детали
ширины	ширина участка отделочной детали
<i>размеры криволинейных участков изделий</i>	
длины участков	горловины переда / по линии притачивания бейки
	горловины спинки /по линии притачивания бейки

Таким образом, для информационного наполнения базы данных программно-аппаратного комплекса машинного зрения, выбраны измерения, потенциально выполнимые виртуальным инструментом, это:




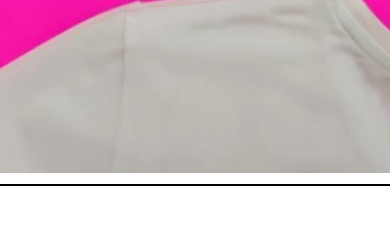
- линейные параметры (длины, ширины),
- угловые характеристики (углы наклонов, углы между сторонами),
- проекционные параметры (расстояния между точками, уровнями),
- длины криволинейных участков.

Для информационного наполнения базы данных выполнена систематизация визуальной и метрической информации о швейных изделиях [191]. Поскольку ПАК МЗ предстоит выполнять измерения объектов в автоматизированном режиме, техническими средствами идентифицировать и оценить дефекты, снижающие товарные свойства одежды, то на каждом изображении изделий выбранного ассортимента (футболки, майки, трусы), средствами машинной графики нанесены линии, по которым виртуальный инструмент будет проводить измерения.

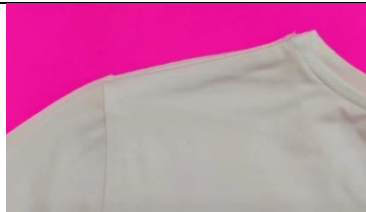





В разработанной базе данных «*Цифровые шкалы измерений швейных изделий для автоматизированного контроля качества*» (Св-во № 2020622292) [201] по каждому дефекту представлена: визуальная информация (фото), описание, графическая информация (траектория измерения), допустимое отклонение (см), балл (согласно разработанной шкале критичности).

Критичность дефектов оценена по десятибалльной шкале. Баллы в диапазоне выше среднего (6-10) соответствуют высоким степеням проявления дефектов и обосновывают причины возвратов швейной продукции на переделку. Баллы в диапазоне 1-5 указывают на незначительное влияние выявленного дефекта на качество внешнего вида изделия. В таблице 2.13 представлен пример шкалы балльной оценки дефекта «Разница в длине плечевых швов», проявляющегося в несимметричности изделия на соответствующем участке. Для разрабатываемого ПАК МЗ планируемая точность измерений виртуальным инструментом составляет 0,1 см, поэтому для степени критичности дефекта установлено следующее соответствие - отклонение параметра в 0,1 см снижает балл на единицу.

Таблица 2.13 – Фрагмент информационного массива шкалы критичности дефекта

№	Описание дефекта	Величина отклонения, см	Допустимое отклонение, см	Изображение	Балл
1	2	3	4	5	6
1	разница в длине плечевых швов	1,0	0,5		10
2	разница в длине плечевых швов	0,9	0,5		9
3	разница в длине плечевых швов	0,8	0,5		8
4	разница в длине плечевых швов	0,7	0,5		7

Окончание таблицы 2.13

1	2	3	4	5	6
5	разница в длине плечевых швов	0,6	0,5		6
6	разница в длине плечевых швов	0,5	0,5		5
7	разница в длине плечевых швов	0,4	0,5		4
8	разница в длине плечевых швов	0,3	0,5		3
9	разница в длине плечевых швов	0,2	0,5		2
10	разница в длине плечевых швов	0,1	0,5		1

В таблицах 2.14-2.16 представлены информационные массивы базы данных [201], включающие описание дефекта, визуализацию траектории измерения параметра швейного изделия виртуальным инструментом, допустимые отклонения в длине измеряемого участка и шкалу баллов для определения критичности проявления дефекта. Величины допустимых отклонений выбраны нами в соответствии с рекомендациями ГОСТ 23193-78 «Изделия швейные бытового назначения. Допуски» [10]. Например, в

готовом изделии ассортимента трусов для участка бокового шва рекомендованная величина допуска не должна превышать 0,3 см, а в плечевой одежде минимально допустимая величина отклонения от эталонного измерения предусмотрена на участке ширины спинки – 0,5 см. Шкала баллов согласована с экспертами (см. табл. 2.11, 2.13).

Таблица 2.14 – Фрагменты информационного массива шкалы измерений поясных изделий для автоматизированного контроля качества







Описание дефекта	Изображение	Допустимое отклонение, см	Балл
1	2	3	4
<i>шкала измерений швейных изделий по длине</i>			
длина передней половинки		0,5	10
длина задней половинки		0,7	10
<i>шкала измерений швейных изделий по ширине</i>			
ширина ластовицы задней половинки (по шву)		0,5	6
ширина бейки по низу		0,1	4
<i>шкала измерений швейных изделий по криволинейным контурам</i>			
длина по краю до линии низа передней половинки		0,7	7
длина верхнего края		0,7	9

Таблица 2.15 – Фрагменты информационного массива шкалы измерений плечевых изделий для автоматизированного контроля качества

Описание измерения	Визуализация	Допустимое отклонение, см	Балл
1	2	3	4
<i>шкала оценки измерений швейных изделий по длине</i>			
длина плечевых швов		0,7	7
длина переда от горловины сбоку до низа		1,0	6
длина боковых швов		1,0	5
<i>шкала измерений швейных изделий по ширине</i>			
ширина переда в узком месте		0,5	10
ширина изделия внизу		1,0	9
<i>шкала измерений швейных изделий по криволинейным контурам</i>			
длина горловины переда		1,0	9
длина горловины спинки		0,5	9

Окончание таблицы 2.15

1	2	3	4
<i>шкала оценки измерений швейных изделий по проекционным измерениям</i>			
ширина горловины		0,5	9
глубина горловины переда		0,7	8
<i>шкала оценки измерений швейных изделий по угловым измерениям</i>			
угол наклона рукавов		0,5	8

Для визуальной и количественной оценки несимметричности формы швейных изделий, снижающей визуальные характеристики продукции, разработаны информационные массивы БД, содержащие оценочные шкалы (табл. 2.16). Критичность дефектов оценена по десятибалльной шкале. Баллы в диапазоне выше среднего (6-10) соответствуют высоким степеням проявления дефектов и обосновывают причины возвратов швейной продукции на переделку. Баллы в диапазоне 1-5 указывают на незначительное влияние выявленного дефекта на качество внешнего вида изделия. Разработанные шкалы баллов согласованы с экспертами. Использование контролерами ОТК информационных массивов (ИМ), сравнение визуальной и метрической информации об объектах анализа позволит объективно обосновать низкое качество изготовления швейной продукции и критичность дефектов внешнего вида изделий.

Таблица 2.16 – Фрагменты информационного массива измерений и оценки асимметрии в швейной продукции [201]

Описание измерения	Визуализация	Допустимое отклонение, см	Балл
1	2	3	4
<i>плечевые изделия</i>			
несимметричность горловины		0,2	10
разные углы наклона плечевых швов		0,7	9
разная длина рукавов		0,7	8
разная ширина рукавов		1,0	6
разная длина боковых швов		1,0	5
<i>поясные изделия</i>			
асимметрия правой и левой сторон (по передней половинке)		0,7	10
асимметрия правой и левой сторон (по задней половинке)		0,7	10
растянутый шов притачивания ластовицы		0,2	8
кривая линия шва притачивания ластовицы		0,2	7

Разработанные шкалы позволяют количественно оценить обнаруженные отклонения в обязательных измерениях изделий, дефекты с высокими баллами снижают товарные свойства одежды, что служит обоснованием возврата партии готовой продукции на переделку.

Таким образом, в диссертационной работе для модернизации процедуры контроля качества изготовления швейной продукции предложен прогрессивный подход, основанный на использовании машинного зрения. Для разрабатываемого метода идентификации дефектов виртуальным инструментом предложена организация *Единой Цифровой Информационной Базы Дефектов Швейной Продукции*, выполнено информационное наполнение баз данных технологических и конструктивных дефектов на примере изделий плоских форм (футболка, майка, трусы).

В Базы Данных включены группы дефектов внешнего вида швейной продукции с высоким потенциалом идентификации виртуальным инструментарием – это дефекты материала, технологические дефекты строчек и швов, несимметричность формы и участков изделий. Атрибутами БД выбраны: визуальная информация (изображение изделия), вербальные характеристики (описание), числовые характеристики (десятибалльные шкалы критичности дефектов).

Для обучения программного аппарата ПАК МЗ распознавать критичность дефектов внешнего вида, связанных с нарушением технологии раскроя и пошива одежды, приводящих к изменению габаритов, разработаны Базы Данных измерений швейных изделий с указанием допустимых отклонений. Виртуальный измерительный инструмент после процедуры обмера объектов должен будет сравнить полученные величины участков с аналогичными на эталоне, соотнести полученные отклонения с допустимыми и выдать заключение о необходимости возврата изделия на переделку и вердикт отбраковки.

Выводы по главе 2

1. Определено, что основополагающим признаком, положенным в основу толкования качества, является выявление отклонений характеристик объекта от стандартов, т.е. выявление дефектов и брака. Установлено, что при существующем уровне развития оптико-электронных измерительных устройств, метрический и органолептический контроль качества швейной продукции плоских форм можно заменить виртуальным инструментарием.

2. Систематизированы дефекты, выявляемые технологом-инспектором при приеме партий готовой продукции, производимой на зарубежных аутсорсинговых швейных предприятиях, сотрудничающих с российскими бизнесменами. Определено, что на территориально рассредоточенных фабриках-подрядчиках, специализирующихся на отдельных производственных этапах, внедрение технологии выявления дефектов машинным зрением наиболее перспективно.

3. Выявлены значимые показатели дефектов, влияющие на решение отбраковки промышленных партий одежды. Систематизированы визуальные, описательные и числовые характеристики дефектов с высоким потенциалом идентификации машинным зрением на примере швейной продукции плоских форм – футболки, майки, трусы. Выбор ассортимента обусловлен легкостью трансформации оболочек изделий в плоские объекты для позиционирования их на поверхности испытательного стенда комплекса машинного зрения.

4. Разработаны и зарегистрированы в ФИПС базы данных, определяемых машинным зрением дефектов внешнего вида, возникающих в процессе производства швейных изделий. Разработана и зарегистрирована в ФИПС база данных измерений швейных изделий для автоматизированного контроля качества. Получены патенты. Целевое назначение баз данных состоит в информационном обеспечении процесса контроля машинным зрением качества изготовления производственных партий швейной продукции.

3 РАЗРАБОТКА МЕТОДА КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ШВЕЙНОЙ ПРОДУКЦИИ МАШИНЫМ ЗРЕНИЕМ

В настоящее время во многих отраслях промышленности для контроля качества выпускаемой продукции и выявления дефектов применяют автоматизированные системы контроля (АСК). Задачами АСК являются: распознавание образов объектов на изображениях, определение количественных и/или качественных характеристик объектов.

Старт научному направлению, изучающему свойства изображений и их преобразования, был дан в 60-е годы прошлого века. В научной литературе используют синоним «иконика», в переводе с греческого «eikon» [41], к терминам «изображение», «образ», «визуал». Высокотехнологичное оптико-электронное оборудование, выполняющее координатные (линейные, угловые) измерения иконок, обеспечивает новый уровень точности, практически 100%-ный контроль параметров, при этом «погрешность измерений соизмерима с технологически достижимой и может быть уменьшена калибровкой» [52]. Оптико-электронные измерительные устройства многофункциональны, выдают достоверные результаты измерений небольших и крупных (1 метр и более) объектов [52], что актуально при параметризации одежды.

Типовая комплектность систем машинного зрения с оптическими устройствами включает:

- 1) рабочее пространство для идентификации и измерения объектов (стол, конвейер, стенд и т.д.);
- 2) одну или несколько цифровых фото- или видеомер;
- 3) датчики контроля;
- 4) источники дополнительного освещения;
- 5) компьютер со специально разработанным программным обеспечением [52, 54, 64, 81, 203, 209, 210-212].

Поскольку, в швейной отрасли для оценки качества принят визуальный и прямой измерительный контроль неподвижных объектов, то для целей, поставленных в диссертационной работе, комплектность программно-аппаратного комплекса машинного зрения (ПАК МЗ) упрощена за счет исключения датчика контроля, что соответствует минимальному набору компонентов любой системы МЗ [90]. Для идентификации и параметризации объектов (швейных изделий с дефектами) по изображениям достаточно получить их скан-копии цифровыми фотокамерами, с последующей загрузкой в компьютер для просмотра на экране монитора, или передачу по сетям, при этом качество кадров может быть заранее избрано – оно зависит от свойств фотоматрицы и количества пикселей, «участвующих в регистрации изображения» [222, 233].

Разрабатываемый в диссертационной работе метод автоматизированного контроля качества изготовления швейных изделий основан на использовании виртуального измерительного инструмента, программный аппарат которого реализует задачи распознавания и измерений объектов с помощью машинного зрения. Опытный образец ПАК назван *GarmentScanner*.

3.1 Разработка рабочего пространства программно-аппаратного комплекса *GarmentScanner*

В соответствии с рекомендациями ГОСТ 4103-82 «Изделия швейные. Методы контроля качества» [12], рабочее пространство для контроля качества изделий программно-аппаратным комплексом машинного зрения должно включать устойчивую горизонтальную поверхность, на которой будут расположены исследуемые объекты. В комплект оборудования ПАК *GarmentScanner* [81] включены:

1) столешница (1) со стойками (2) и креплениями (3, 4) для веб-камеры (рис. 3.1 а);

- 2) дополнительные источники освещения,
- 3) веб-камера,
- 4) компьютер.

Габариты столешницы (1) выбраны размерами 2050x1450 мм (рис. 3.1б), что обусловлено продольными и поперечными параметрами одежды исследуемого ассортимента.

Высота крепления веб-камеры переменная, эмпирически установлен диапазон 760-1100 мм, который зависит от размеров исследуемого изделия и характеристик сканирующего устройства [69, 81], а именно, формы пикселей выдаваемого изображения (прямоугольные или квадратные).

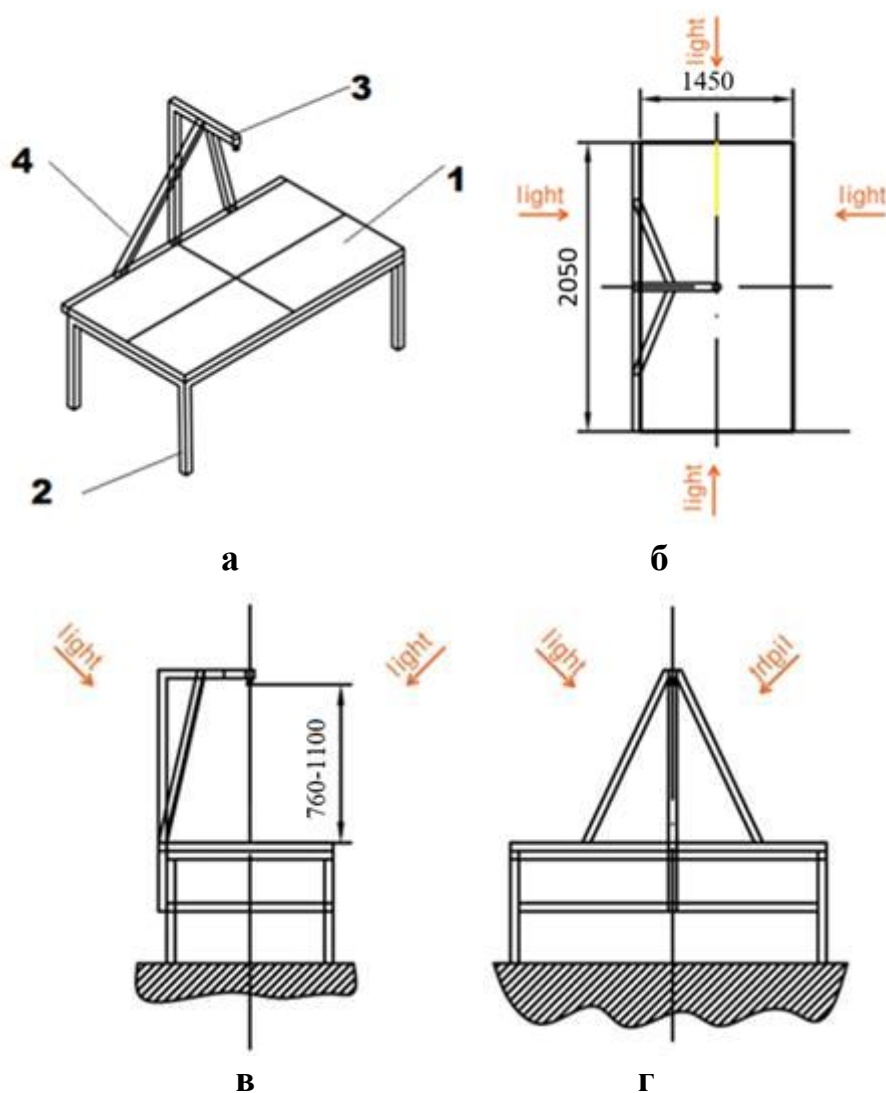


Рисунок 3.1 – Схема столешницы с креплениями: а) общий вид; б) горизонтальная проекция; в) профильная проекция; г) вертикальная проекция

Экспериментально установлено, что количество искусственных источников света должно быть не менее двух, поскольку для адекватности восприятия объекта машинным зрением необходимо, помимо дневного света, освещающего поверхность столешницы, направить световой поток на исследуемое изделие, с противоположных сторон (см. пп. 1.2). Для экспериментального образца ПАК GarmentScanner использован *разносторонне направленный тип освещения* (см. пп. 1.2), осветительная система включает четыре бестеневых светодиодных прожектора типа Volpe ULF-Q511 (рис. 3.2 а, б) с минимальной мощностью 10W, установленных по четырем сторонам стола под углом от 30 до 60 градусов, в зависимости от основного освещения. Веб-камера (рис. 3.2 в) с разрешением 4096x2158 пикселей закреплена перпендикулярно поверхности столешницы (рис. 3.3).



Рисунок 3.2 – Сканирующее и осветительное оборудование ПАК:
 а) светодиодный прожектор, вид лицевой поверхности; б) светодиодный прожектор, вид задней поверхности; в) - е) модельный ряд веб-камер [221]

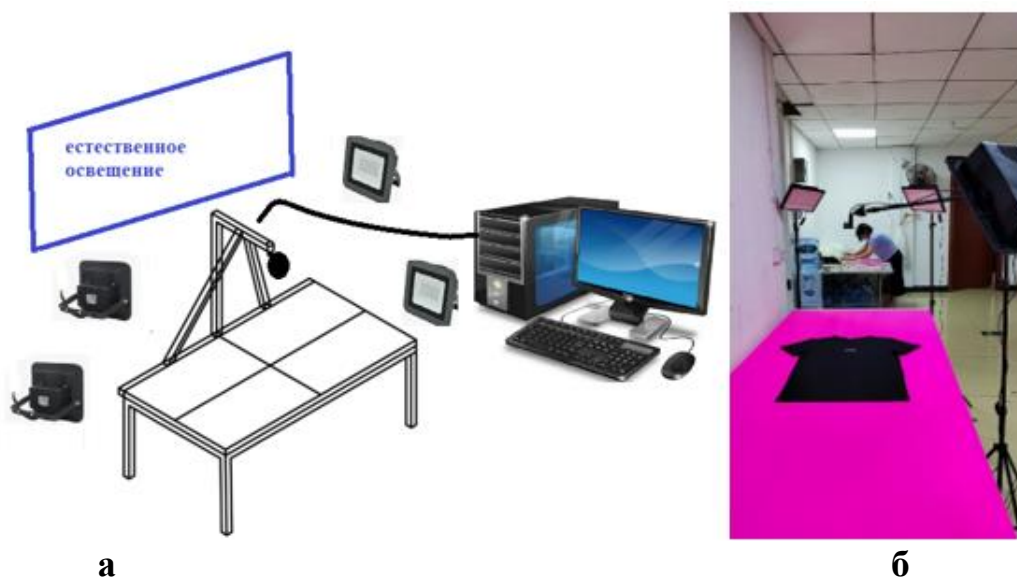


Рисунок 3.3 – Организация рабочего пространства ПАК GarmentScanner: а) схема, б) общий вид

По итогам экспериментального тестирования ПАК определено, что для адекватности позиционирования объектов на поверхности стола необходимы дополнительные элементы - съемные направляющие, позиционирующие периметр обзора камеры над стендом, не допускающие просмотр фона за их пределами [120, 132, 187, 188]. Кроме того, прямоугольный контур, ограничивающийся направляющими, оператор ПАК использует перед запуском системы для ее калибровки. Размеры направляющих устанавливаются в зависимости от габаритов исследуемого швейного изделия. Так, например, при тестировании женских футболок эмпирически определено расположение камеры на высоте 760 мм от поверхности стенда и размеры направляющих 1300x800 мм. На рисунке 3.4 представлена зона обзора камерой, ограниченная направляющими в виде уголков красного цвета.



Рисунок 3.4 – Расположение уголков-направляющих относительно исследуемого изделия

Экспериментально определены условия калибровки камеры (регулирование высоты и ее расположения в зависимости от габаритов сканируемых изделий). Для полноценного захвата объекта сканирующим устройством и исключения искажений изображения, он должен входить в зону видимости. Для расчета высоты камеры использован способ, предложенный Н.В. Денисенко [88], в решении геометрической задачи по определению хода лучей в тонкой линзе оптики (рис. 3.5). Математическая зависимость между параметрами определяется по формуле:

$$h = d \times \frac{H}{f} - H \quad (3)$$

где, d - высота камеры, f - фокусное расстояние объектива, h – продольный размер швейного изделия, H - размер объекта на изображении.

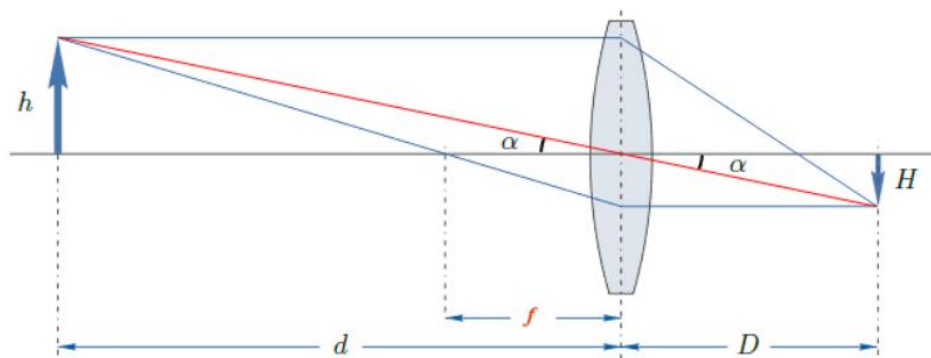


Рисунок 3.5 – Геометрия хода лучей в тонкой линзе объектива камеры [88]

Определены характеристики позиционирования камеры, зависящие от параметров одежды (табл. 3.1). Помимо высоты, учитывались наклон камеры (t , рад), потенциально сформированный крен (r , рад), фокусное расстояние (f , пиксел) [63]. С изменением размеров объекта возможно изменение условий расположения камеры.

Таблица 3.1 – Матрица характеристик калибровки камеры

Параметр	Высота камеры, d (мм)	Фокусное расстояние, f (пиксел).	Наклон камеры, t (рад)	Крен камеры, r (рад)	Размер объекта, см
минимум	760	0	0	$-\pi/6$	25
максимум	1100	5000	$\pi/2$	$\pi/6$	120

Проведен эксперимент по подтверждению достоверности выбора условий калибровки камеры (рис. 3.6).



Рисунок 3.6 – Оценка качества визуализации иконки изделия при различной высоте крепления камеры: а) 76 см; б) 96 см

Классической задачей машинного зрения является обработка изображений, эффективность решения которой зависит от положения объекта относительно камеры, освещенности его и фона. Применительно к изображению, качество оценивают с двух позиций: как меру близости реального и идеального изображения, или преобразованного и исходного [41]. Субъективное оценивание человеком качества изображения – это, как правило, экспертное заключение (в баллах) о правильности цветопередачи, отсутствии искажений, чистоте тонового перехода [39, 43].

Компьютерные системы могут оценивать качество кадров только с объективной позиции, посредством математических вычислений. Любое изображение, получаемое оптико-электронным устройством (камерой), сопровождается помехами («шумами»), причем, фон, тоже является помехой [41]. Исключают «шумы» фильтрацией – особым программным алгоритмом. Поэтому на этапе разработки рабочего пространства программно-аппаратного комплекса машинного зрения важно исключить такие помехи как «сигнал/шум», потенциально формируемые неправильно подобранным цветом фона столешницы.

3.2 Разработка колористики фона поверхности столешницы программно-аппаратного комплекса

Цвет объекта несет информацию об отражательных свойствах его поверхности. Цифровые изображения – это матрицы с фиксированным количеством столбцов и строк – пикселей (pixels) – кодирующих в числовом диапазоне (часто от 0 до 255) яркость образа (иконики) [43]. Одним из этапов обработки изображений является сегментация – определение границ (контура) объекта и деталей (углы, точки, форма и т.п.) [52]. Согласно заложенному алгоритму, прототип компьютерной программы GarmentScanner должен будет последовательно вычислять, какие точки и сегменты изображения являются важными и должны быть исследованы. На начальном этапе полученное

цифровое изображение разделяется на множество пикселей, далее пиксели со схожими визуальными характеристиками маркируются одинаковыми метками [52, 105]. Результат – на изображении объединяются похожие по цвету, текстуре и яркости участки, а на выходе получают упрощенный аналог с явно читаемыми контуром, *с резким переходом контрастности на его границе*. Для процесса оценивания качества изготовления швейной продукции машинным зрением, распознавание границ изделия – это важная задача, поскольку от четкости полученного на изображении контура зависит достоверность расчета параметров объекта (определение линейных размеров, угловых характеристик и т.д.).

На начальном этапе исследования нами сформулировано предположение *предпочтительного контрастирования* цвета фона и изделия: для белых и светлых изделий фон предположительно должен быть черный, а для черных и темных моделей – белый, поскольку ахроматическое оформление фона столешницы не сопровождается поиском нужного цветового оттенка в случае замены комплектующих элементов ПАК. Однако, установлено, что постоянная смена фона столешницы требует дополнительной настройки оборудования и программного обеспечения, а возникающие при этом сбои могут негативно отразиться на работе программно-аппаратного комплекса и производства.

Целью эксперимента стал поиск универсального колористического решения фона столешницы. Условием эксперимента выбрано недопущение совпадения цвета столешницы и изделия из-за высокого потенциала не распознавания объекта камерой ПАК и формирования помех («шумов») [41, 43] при считывании изображения.

В качестве покрытия столешницы выбран текстильный материал с шероховатой матовой поверхностью, что исключит блики и тени от падающего светопотока, исходящего от источников освещения (лучи света, попадая на шероховатую поверхность, отражаются под разными углами и

диффузно рассеиваются [44]) и позволит выровнять цвет столешницы по светлоте для адекватности распознавания машинным зрением.

Известно, что человек воспринимает цветовую палитру субъективно, поскольку разграничение спектра на области зависит от индивидуального строения глаза и обусловлено генетически [29]. Колориметрическая насыщенность цвета характеризуется *чистотой* - «долей чистого спектрального цвета в его общей яркости» [44]). Согласно теории цветоведения и колористики, вся цветовая палитра разделена на:

- основные, чистые цвета (желтый, синий, красный), не имеющие посторонних оттенков (рис. 3.7 а-в);
- производные (оранжевый, зеленый, фиолетовый), получаемые при смешивании основного цвета с каким-либо дополнительным (рис. 3.7 г-е);
- дополнительные, получаемые пропорциональным смешиванием двух основных [44].

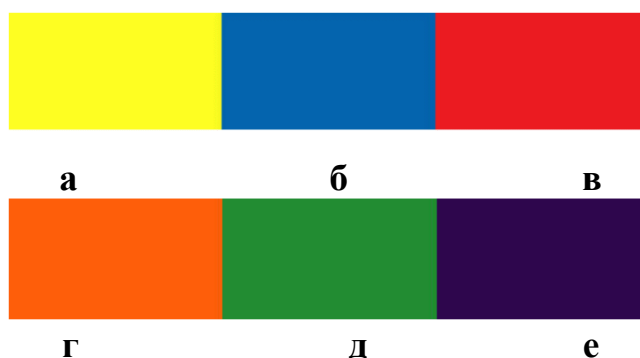


Рисунок 3.7 – Основные и дополнительные цвета: а) желтый; б) синий; в) красный; г) оранжевый; д) зеленый; е) фиолетовый

Согласно физической теории, человеческий глаз способен различить 120 цветов, формируемых в органе зрения от воздействия электромагнитной энергии света, излученного в волновом диапазоне от 380 н.м. до 760 н.м., а яркость различима человеком до 600 градаций [44].

В графических компьютерных системах применяется цветовая модель RGB (от англ. Red красный, Green - зелёный, Blue - синий) [29, 41, 43, 44], которая содержит 16,7 миллионов различных цветов и оттенков (рис. 3.8). В каждом цвете RGB-матрицы заложено 256 вариантов (от 0 до 255). R (красный)

закодирован как (255, 0, 0), G (зеленый) как (0, 255, 0), B (синий) как (0, 0, 255). Следовательно, можно получить из спектра $256 \times 256 \times 256 = 16777216$ вариантов цвета с различными оттенками. Цвета с равными компонентами – это полутоновые оттенки, в матрице их количество равно 256. В RGB-модели цвета получают суммированием основных цветов с черным [44].

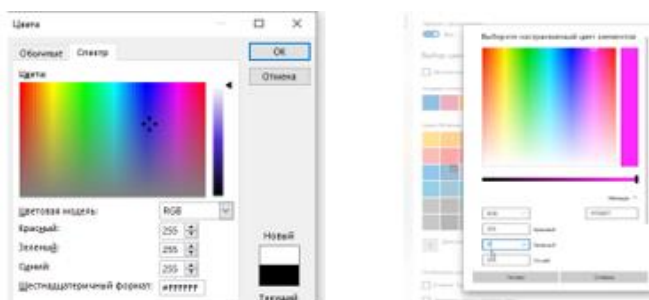


Рисунок 3.8 – Выбор цвета в RGB-матрице различных программных продуктов

Учесть в процессе распознавания машинным зрением тон и яркость цветного объекта позволяет HSV-матрица (англ. Hue – цветовой тон, например, с использованием RGB-матрицы; Saturation – насыщенность; Value – значение цвета или Brightness – яркость) (рис. 3.9).

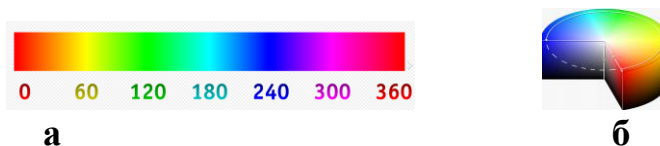


Рисунок 3.9 – Шкалы цветового тона (Hue): а) линейная; б) трехмерная

Для выбора предпочтительного цвета столешницы изучены варианты цветового круга, включающие 12, 24, 48 и более секторов (рис. 3.10), демонстрирующих различную насыщенность, яркость, оттенки, плавный и ступенчатый переходы от периферии к центру.

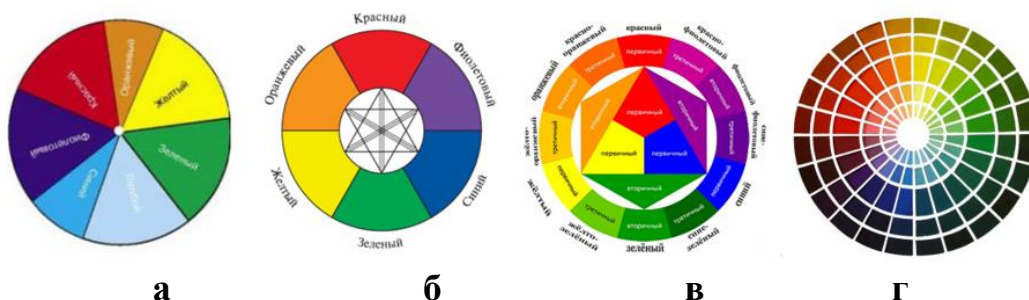






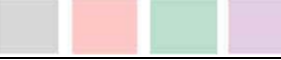





Рисунок 3.10 – Цветовые круги: а) Ньютона; б) Гёте; в) И. Иттена; г) 24-частный пятиступенчатый [44]

Анализом цветовых кругов, RGB- и HSV-матриц установлено, что вариантность цветовых решений, как фона, так и объекта может быть практически безграничной, обусловлена смешиванием в разных пропорциях белого, черного и какого-либо спектрального цвета (табл. 3.2).

Таблица 3.2 – Примеры характеристик спектральных цветов

Светлота (яркость)	Насыщенность
Оттенки чистого цвета при смешивании с белым 	Одинаковая насыщенность цвета различного тона 
Оттенки чистого цвета при смешивании с черным 	Контраст насыщенности цвета одинакового тона 
Оттенки чистого цвета при смешивании с серым 	Высокая цветность («кислотность») 
Низкая яркость 	Средний уровень цветности 
Контраст яркости 	Бесцветность 

На качество распознавания сканированного изображения влияет наличие контраста в цветовом сочетании фона и объекта [29]. В бодисканировании для color-решения фона выбирают основные или дополнительные цвета. Так, в системах бесконтактной 3d антропометрии человека распространен синий цвет [59], что обусловлено резким контрастированием цвета кожи человека (в основном, для представителей европеоидной расы) и цвета стены сканирующей кабины. Такое сочетание позволяет программному продукту бодисканера выстроить на полученном изображении четкий контур вокруг скан-аватара, что гарантирует получение точных результатов измерений.

Согласно закону Г. Грассмана (1853 г.), к любому цвету «можно подобрать бесконечно близкий цвет» [44]. Поэтому, для адекватного распознавания машинным зрением швейных изделий, изготовленных из материалов различной окраски, для пары «фон-изделие» необходимо наличие:

- контрастности границ фона столешницы и изделия (цвета являются контрастными, если на цветовом круге между ними расположено три промежуточных цвета),

- разницы в тоне, насыщенности, светлоте (исключение соседства в цветовом ряду).

В отличие от цвета кожи человека, колористические характеристики текстильных изделий разнообразны, кроме того, на цветовой тон материалов в каждый конкретный момент времени воздействуют факторы, потенциально изменяющие насыщенность (близость цвета к спектральному) и яркость (насколько цвет близок к ахроматическому). Например, под воздействием солнечного излучения, влаги, изменения температуры окружающей среды текстильные материалы могут потерять первоначальную хроматическую окраску. Кроме того, в разных производственных партиях текстиля также наблюдаются различия в color-палитре, обусловленные нарушением технологии окрашивания, или другими причинами [121, 132].

В промышленных коллекциях одежды редко представлены изделия, color-фактор которых соответствует 100% спектральной чистоте цвета. Как правило, для окрашивания текстильных материалов модные оттенки получают смешиванием чистого цвета с ахроматическими белым и черным, или другими цветами спектра. Кроме того, на рынке присутствуют как одноцветные изделия, так и полицветные, и модели с принтами, что усложняет процесс распознавания машинным зрением образа одежды по изображению.

На этапе разведывательного эксперимента исключены варианты с черным, синим и зеленым фоном столешницы. Установлено, что в современных коллекциях одежды каждый модный сезон, обязательно, во всех ассортиментных группах присутствуют изделия черного цвета и спектральных оттенков синего и зеленого [81, 82]. Кроме того, черное покрытие создает наибольшие блики при дополнительном освещении поверхности.

На рисунке 3.11 представлен пример совпадения цвета в паре «фон-изделие» по спектральным характеристикам. Подобное сочетание снижает

адекватность работы ПАК МЗ, проявляющуюся в ошибках выстраивания контура объекта распознавания.



Рисунок 3.11 – Примеры близкого цветового решения фона столешницы и изделия

Для адекватности восприятия машинным зрением изображения швейного изделия необходимо наличие резкого изменения цвета на границе «контур-фон». В алгоритме распознавания иконки объекта заложена процедура сегментации – разбиения на множество областей для вычисления характерных признаков (см. пп. 1.2-1.4), при этом смежные области сегментированного цветного изображения должны *существенно различаться* по значению таких признаков, как цвет, тон, интенсивность [41, 43]. В случае отсутствия искомой резкости наблюдаются помехи, вызванные увеличением ширины полосы изменения яркости пикселей пограничного участка «фон-изделие». Согласно исследованиям [29, 39, 41, 43] световые волны различной длины преломляются линзой камеры в разной степени, «поэтому световые волны от точечного элемента сцены после преломления могут попасть сразу на несколько соседних пикселей, давая при этом эффект размытия» (рис. 3.12).

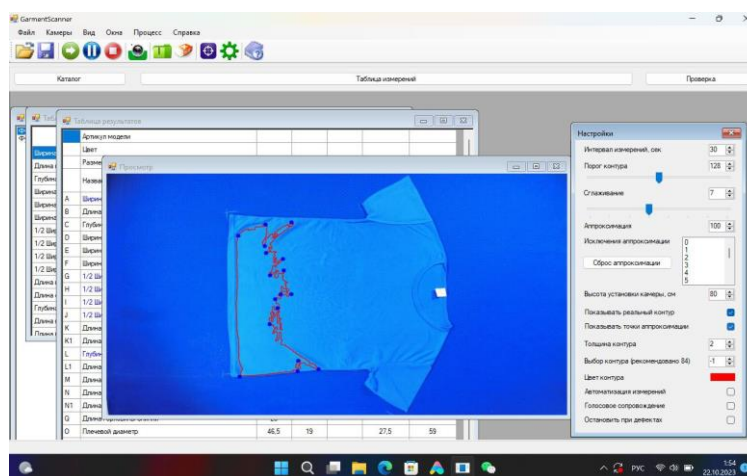


Рисунок 3.12 – Иллюстрация помех выстраивания контура иконки при совпадении цвета фона и объекта

На следующем этапе проведен анализ color-палитры модных цветовых сочетаний, рекомендованных Институтом цвета PANTONE [251] за исследуемый период 2020-2023 гг. (табл. 3.3) и color-композиции одежды промышленных коллекций. Установлено, что крайне редко встречаются ярко розовые, не разбеленные оттенки, так называемые «кислотные» [79].

Таблица 3.3 – Матрица модной цветовой палитры по рекомендациям PANTONE [251]

Сезон	Модная цветовая палитра
2000-2017	
2018	
2019	
2020	
2021	
2022	
2023	

Для выбора искомого оттенка покрытия столешницы проведен анализ палитры розового цвета, предложенного он-лайн ресурсом GET-COLOR.RU [239]. Из общего спектра розовых вычленены наиболее яркие тона, ассоциирующиеся с резкостью окраски ее экспрессивно-эмоционального восприятия человеком (рис. 3.13).



Рисунок 3.13 – Варианты оттенков ярко-розового цвета [239]

Для определения востребованности оттенков розового цвета в предметах гардероба привлечены эксперты, в число которых приглашены специалисты швейной отрасли, работники торговли, потребители. Проведен мониторинг. Наименее востребованными, с точки зрения респондентов, оказались оттенки:

- HEX:#FF00CC,RGB:255.0.204 - 94% (цвет № 9),
- HEX:#FC0FC0,RGB:252.15.192 - 86% (цвет № 7);

- HEX:#EF0097,RGB:239.0.151 - 84% (цвет № 4);
- HEX:#FF47CA,RGB:255.71.202 - 82% (цвет № 3);
- HEX:#FE28A2, RGB:254.40.162 - 72% (цвет № 6).

По итогам исследования для фона столешницы выбран ярко-розовый цвет HEX:#FF00CC,RGB:255.0.204 (цвет № 9), поскольку данный оттенок отклонен подавляющим большинством респондентов, и максимально исключает повторение color-палитры промышленных коллекций в основном ассортименте одежды, изредка встречается в моделях детских и женских купальных костюмов [121, 132].

Для определения степени согласованности мнений экспертов рассчитан коэффициент конкордации ($W_2=0,81$), что выше средней степени согласованности мнений экспертов, участвующих в опросе. При этом нами учтен факт субъективного восприятия респондентами предложенной цветовой палитры, обусловленный индивидуальными особенностями строения глаза. Установлено, что отдельные эксперты не увидели разницы при сравнении некоторых вариантов оттенков розового (см. рис. 3.13).

Для подтверждения правильности выбора цвета фона, в качестве альтернативы ярко-розовому, для светлых изделий решено протестировать два варианта: коричневый и черно-белый с дополнительной разметкой. В качестве альтернативных вариантов светлого фона для темных изделий выбраны белый, серый и черно-белый с дополнительной разметкой.

Таким образом, для экспериментального тестирования выбраны пять вариантов фона:

- 1) черно-белый, с разметкой на квадраты 1 см x 1 см с диагональным разделением (рис. 3.14 а);
- 2) белый (рис. 3.14 б);
- 3) серый (рис. 3.14 в),
- 4) коричневый (рис. 3.14 г),
- 5) ярко-розовый.



**Рисунок 3.14 – Примеры подбора фона столешницы для тестирования:
а) черно-белый; б) белый; в) серый; г) коричневый**

На столешницах каждого цветового варианта тестировали изделия из промышленных коллекций, представленные в широкой колористической палитре (от 5 до 12 вариантов), в том числе в близких по тону вариантах.

По итогам эксперимента для покрытия столешницы были исключены черно-белый, белый, серый, коричневый цвета. Анализ адекватности восприятия сканирующим устройством первого варианта фона (черно-белый, с разметкой на квадраты 1см x 1см) показал наличие множественных помех при расшифровке изображения [120, 121, 132].

Установлены основные причины некорректного восприятия камерой изображений объектов, размещенных на столешницах вариантов (2), (3), (4):

- 1) неконтрастность в цвете фона и изделия, проявляется в не распознавании контуров изделия (рис. 3.15 а),
- 2) совпадение (или близкий вариант в палитре) цвета фона и декоративной отделки изделия, воспринимается как часть изделия (рис.3.15 б);

3) серый фон воспринимается как неравномерный, что влечет появление помех («шумов»), снижая качество изображения (рис. 3.15 в).

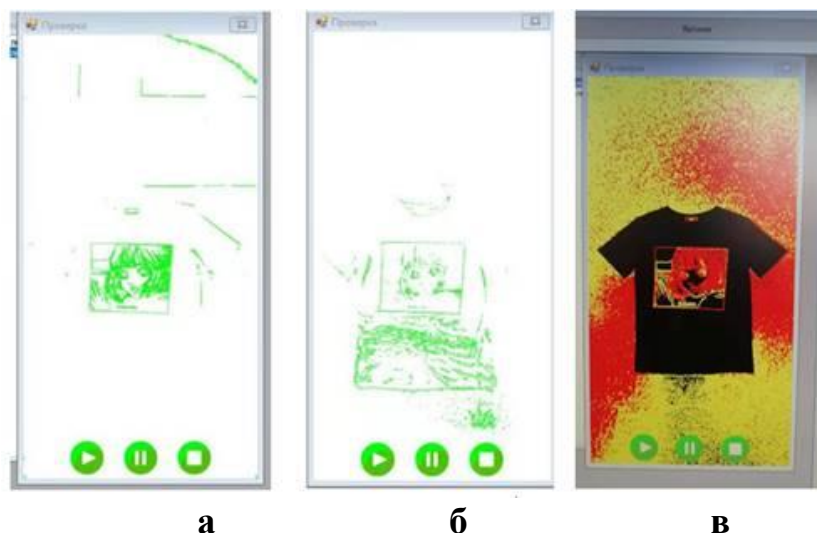


Рисунок 3.15 – Визуализация «шумов», попавших в область захвата камерой изображения

Анализ результатов эксперимента показал, что наиболее приемлемым color-фоном столешницы должен быть ярко-розовый (рис. 3.16), поскольку данный вариант сочетания создает необходимую контрастность на границах объекта (швейного изделия) и фона столешницы [121, 132], при этом максимально исключено повторение цвета, как в основном материале изделия, так и в отделке, что минимизирует вероятность возникновения помех при распознавании изображений.



Рисунок 3.16 – Варианты цветовых сочетаний «фон – изделие» для распознавания изображений машинным зрением GarmentScanner

Таким образом, экспериментально установлено, что для адекватного распознавания изображения швейного изделия машинным зрением недостаточно простого контрастирования в колористике фона и изделия. Механизм распознавания объекта компьютерной программой не допускает

интуитивной составляющей, присущей восприятию цветных объектов человеком. От тщательности подготовки исходной информации зависит качество визуализации исследуемых образцов одежды на экране монитора и результативность работы программного продукта (расчета геометрических параметров изделий).

3.3 Разработка информационного наполнения GarmentScanner

Для пилотной версии (прототипа) GarmentScanner выбраны следующие действия программы:

- 1) распознавание объектов (швейных изделий),
- 2) идентификация объектов по ассортименту, покрою,
- 3) расчет геометрических параметров изделий, выявление несовпадений.

Реализация этих задач позволит автоматизировать процессы контроля:

- симметричности формы, размеров деталей,
- расположения деталей в соответствии с образцом-эталоном,
- формы и ровноты краев деталей изделия,
- соответствия размерных и геометрических параметров изделия образцу-эталоноу.

Идентификация дефектов материала, дефектов конструкции и проектной документации, технологических дефектов строчек и швов планируется как дальнейшее развитие исследований.

В соответствии с поставленной задачей разработана методика информационного наполнения прототипа GarmentScanner входной информацией. Для автоматизированного анализа, в кадре иконки швейных изделий представляются, как вектора в некотором линейном пространстве. В каждой точке цифрового изображения вычисляются значения заданных признаков, в перечень которых включены отклонения по размерам, положению, форме и т.д. В диссертационной работе представлены

иллюстрации, раскрывающие сущность метода, на примере швейного изделия - футболка.

В эксперименте участвовали нераспашные трикотажные футболки (ГОСТ Р 54393-2011) с короткими рукавами (рис. 3.17), причем, выбраны модели с максимально простой конфигурацией контуров, оболочки которых при выкладывании на плоскость не образовывали (или незначительно образовывали) заломов и складок на поверхности. В соответствии с ГОСТ 4103-82, выбраны параметры для исследования габаритов изделий, симметричности формы и ровноты краев деталей и изделий.

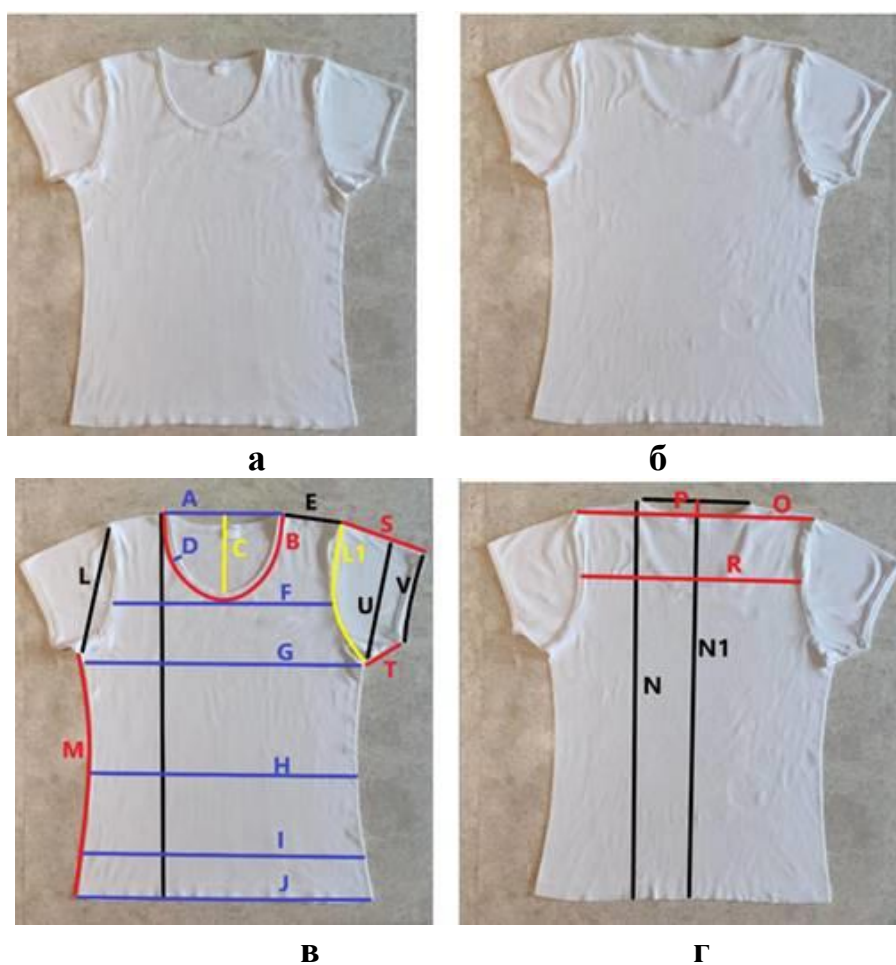


Рисунок 3.17 – План расчета векторов: а) изделие, вид спереди, б) изделие, вид сзади; в) разметка на изображении, вид спереди; г) разметка на изображении, вид сзади

Методика расчета векторов, определяющая искомые параметры швейного изделия системой машинного зрения, представлена в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Методика расчета векторов [69]

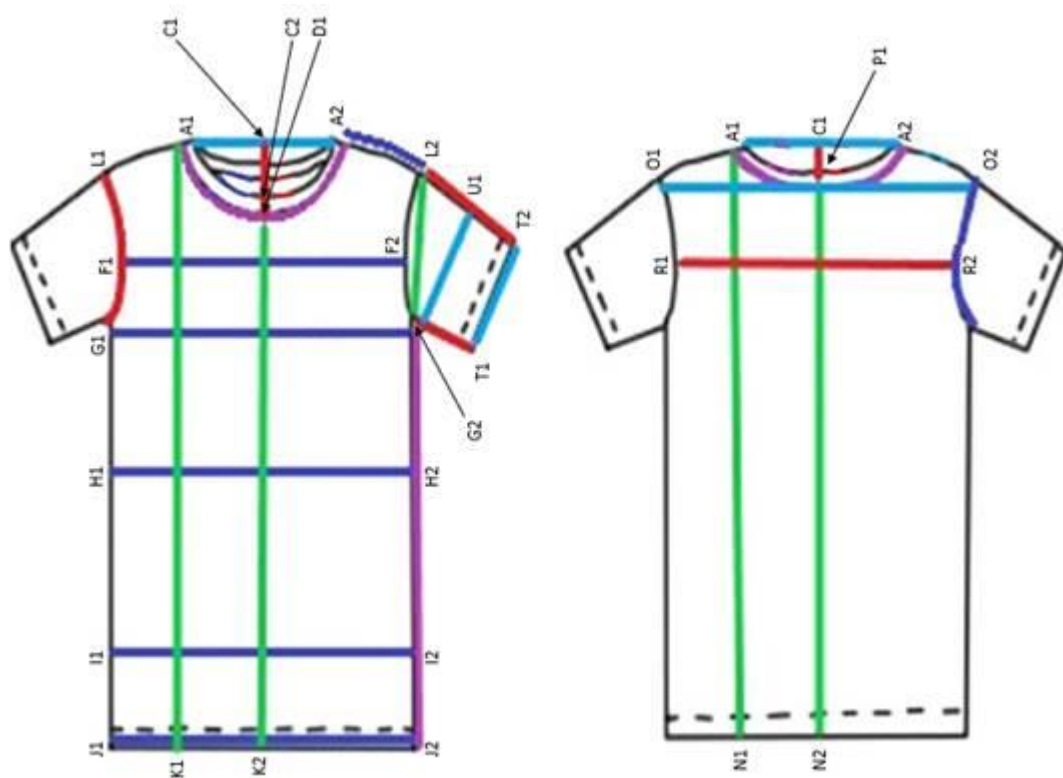
Вектор	Название	Методика расчёта
1	2	3
A	Ширина горловины между плечевыми швами	Отрезок между точками A1 и A2
B	Длина горловины переда	Расстояние по контуру горловины переда между точками A1 и A2
C	Глубина горловины переда	Отрезок между точками C1 и C2
D	Ширина бейки горловины	Отрезок между точками C2 и D1
E	Длина плечевого шва	Расстояние по контуру между точками A2 и L2
F	Ширина переда в узком месте	Отрезок между точками F1 и F2
G	Ширина переда под проймой	Отрезок между точками G1 и G2, разделить на 2
H	Ширина переда по линии талии	Отрезок между точками H1 и H2, разделить на 2
I	Ширина переда по линии бёдер	Отрезок между точками I1 и I2, разделить на 2
J	Ширина переда по линии низа	Отрезок между точками J1 и J2, разделить на 2
K	Длина переда от вершины плечевого шва	Отрезок между точками A1 и K1
K1	Длина переда посередине	Отрезок между точками D1 и K2
L	Глубина проймы	Отрезок между точками G2 и L2
L1	Длина проймы переда	Расстояние по контуру проймы (красный) между точками G1 и L1
M	Длина бокового шва	Отрезок между точками G2 и J2
N	Длина спинки от вершины плечевого шва	Отрезок между точками A1 и K1
N1	Длина спинки посередине	Отрезок между точками P1 и K2
Q	Длина горловины спинки	Расстояние по контуру горловины спинки (фиолетовый) между точками A1 и A2
O	Плечевой диаметр	Отрезок между точками L1 и L2
P	Глубина горловины спинки	Отрезок между точками C1 и P1
R	Ширина спинки в узком месте	Отрезок между точками R1 и R2
S	Длина рукава	Отрезок между точками L2 и T2
T	Длина нижнего шва рукава	Прямое расстояние между точками G2 и T1
U	Ширина рукава вверху (в сложенном виде)	Отрезок между точками G2 и U1
V	Ширина рукава внизу (в сложенном виде)	Отрезок между точками T1 и T2

Поскольку объектами исследования являются текстильные изделия плоских форм, то при выкладывании изделий на столешницу происходит полное/частичное совпадение отдельных участков, что формирует общность

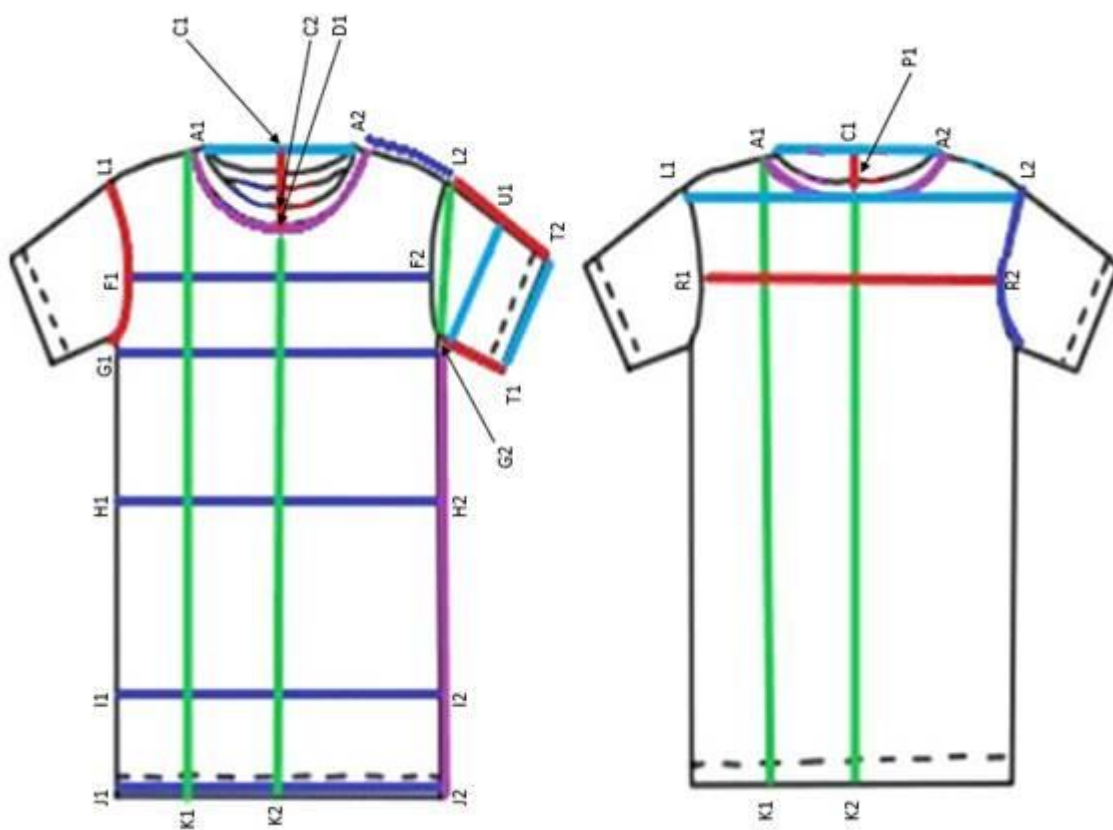
некоторых реперных точек и измеряемых участков. Так, в сложенном виде, конец левого плечевого шва спинки (O_1) перекрывает аналогичную точку, расположенную спереди (L_1). Аналогично, на плечевом участке с правой стороны, точка O_2 перекрывает точку L_2 . По низу изделий наблюдалось совпадение точек N_1 и N_2 , расположенных на контуре спинки с K_1 и K_2 , размеченными на передё (рис. 3.18 а). С целью упрощения процесса оцифровки, во избежание переворачивания изделий, уточнены количество векторов и методика расчета (табл. 3.5), и количество информативных точек на контуре изделия (рис. 3.18 б).

Таблица 3.5 – Методика расчёта координат информативных точек [69]

Точка	Методика расчёта	
	X	Y
A1	Находится точка с максимальной координатой X и координатой Y менее MidY, если таковой не существует уменьшаем координату X на 1 и повторяем поиск	
A2	Находится точка с максимальной координатой X и координатой Y более MidY, если таковой не существует уменьшаем координату X на 1 и повторяем поиск	
C1	$(A1.X + A2.X) / 2$	$(A1.Y + A2.Y) / 2$
C2	vorot2Box.Location.X	C1.Y
D1	vorot1Box.Location.X	C1.Y
F1	Находится точка в контуре proima1 с максимальной координатой Y	
F2	Находится точка в контуре proima2 с минимальной координатой Y	
G1	Находится точка в контуре proima1 с минимальной координатой X	
G2	Находится точка в контуре proima2 с минимальной координатой X	
H1	MidX	Минимальный Y в этой колонке пикселей
H2	MidX	Максимальный Y в этой колонке пикселей
I1	SsX	Минимальный Y в этой колонке пикселей
I2	SsX	Максимальный Y в этой колонке пикселей
J1	MinX	Минимальный Y в этой колонке пикселей
J2	MinX	Максимальный Y в этой колонке пикселей
K1	MinX	A1. Y
K2	MinX	C1. Y
L1	Находится точка в контуре proima1 с максимальной координатой X	
L2	Находится точка в контуре proima2 с максимальной координатой X	
P1	Находится точка с максимальной координатой X и координатой Y равной C1. Y	
R1	Находится точка в контуре proima1 с максимальной координатой Y	
R2	Находится точка в контуре proima2 с минимальной координатой Y	
T1	Находится точка с минимальной координатой X и координатой Y более H2 и менее G2	
T2	Находится точка с координатой Y, равной MaxY	
U1	$(L2.X + T2.X) / 2$	$(L2.Y + T2.Y) / 2$



а



б

Рисунок 3.18 – Параметры футболки для распознавания габаритов машинным зрением: а – базовый; б – упрощенный

Для расчета прямых расстояний (в пикселах) между информативными точками разработана формула:

$$\text{Distance} = \sqrt{(\text{BeginPoint.X} - \text{EndPoint.X})^2 + (\text{BeginPoint.Y} - \text{EndPoint.Y})^2} \quad (4)$$

где Distance – величина измеряемого участка изображения, в пикселах;

BeginPoint.X – координата проекции начальной точки измеряемого участка на ось X;

EndPoint.X – координата проекции конечной точки измеряемого участка на ось X,

BeginPoint.Y – координата проекции начальной точки измеряемого участка на ось координат проекции начальной точки измеряемого участка на ось Y,

EndPoint.Y – координата проекции конечной точки измеряемого участка на ось координат проекции начальной точки измеряемого участка на ось Y.

Поскольку в швейной отрасли принято измерять длины участков в метрической системе СИ, а расчеты GarmentScanner выполняет по изображению, используя пиксельную форму, то для перевода результата вычислений (Distance) из пиксельной формы в метрическую систему СИ, выполняют пересчет [247], с использованием формулы:

$$L = k \times \text{Distance} / p \quad (5)$$

где Distance – величина участка в пикселах, p – плотность пикселей на дюйм, $k = 2,54$ – коэффициент перевода дюймов в сантиметры.

Учитывая плотность пикселей, заложенную в характеристиках применяемого оборудования, выполнена оптимизация расчета и предложена новая формула перевода:

$$L = \text{Distance} / a \quad (6)$$

где коэффициент $a = 3,3$ [209].

В соответствии с алгоритмом *Viola-Jones* (признаки Хаара) [195, 196], применяемым в программах, реализующих каскадный принцип распознавания объектов, разработана методика для расчета координат базовых точек прямоугольного перемещающегося окна (contour Box), вписываемого в контур

(contour) изделия (табл. 3.6). За начало координат принят левый верхний угол иконки изделия. В расчетах все числа округлены до целого.

Таблица 3.6 – Матрица расчёта координат перемещающегося окна

Точка	Координаты точек в декартовой системе	
	X	Y
MaxX	<code>contourBox.location.X + contourBox.location.Width - 1</code>	-
MinX	<code>contourBox.location.X</code>	-
MidX	$(\text{MinX} + \text{MaxX}) / 2$	-
SsX	$(\text{MaxX} - \text{MinX}) / 6 + \text{MinX}$	-
MaxY	-	<code>contourBox.location.Y + contourBox.location.Height - 1</code>
MinY	-	<code>contourBox.location.Y</code>
MidY	-	$(\text{MinY} + \text{MaxY}) / 2$
SsY	-	$(\text{MaxY} - \text{MinY}) / 6 + \text{MinY}$

Разработанная методика цифрового кодирования контура швейных изделий реализует информационное наполнение БД программного аппарата входными данными (информативными точками) для каскадной модели анализа изображений машинным зрением (распознавания, измерения параметров, классификации).

Поскольку программно-аппаратный комплекс машинного зрения работает с цветными объектами, то в кодировочную систему включены цветовые составляющие. Согласно рекомендациям проведенных ранее исследований [24, 29, 39, 41, 43, 44, 52, 63, 64, 74, 76-78, 90, 93, 95, 105, 108, 142, 145, 154], для цветовых индикаторов востребованы основные (красный и синий) и дополнительный (зеленый) цвета из спектра RGB-матрицы. Цветовые переменные в последующих версиях программного продукта будут использованы для идентификации дефектов материала.

В итоге, координаты каждой точки (пиксела) иконки швейного изделия заданы пятью переменными:

- тремя цветовыми составляющими: красная (r), зелёная (g), синяя (b);
- двумя декартовыми координатами, определяющими положение пиксела относительно базовой (нулевой точки): координата x, координата y.

Тогда, например, за точкой A_1 , расположенной на контуре объекта, будут закреплены параметры $A_1 = (r_1, g_1, b_1, x_1, y_1)$, а точка A_2 кодируется как $A_2 = (r_2, g_2, b_2, x_2, y_2)$.

Расстояния между точками A_1 и A_2 можно описать формулой:

$$R(A_1, A_2) = f(x_1 - x_2, y_1 - y_2) * \exp(1/\delta \sqrt{(r_1 - r_2)^2 + (g_1 - g_2)^2 + (b_1 - b_2)^2}) \quad (7)$$

где функция $f(x, y)$ — геометрически характеризует взаимоотношенность двух точек x и y [69, 180].

После обнаружения (локализации) объекта на поверхности столешницы алгоритмом программы предусмотрено сравнение формы и габаритов каждого образца с шаблонами.

На выходе пользователь получает заключение о соответствии или несоответствии параметров [69, 83].

3.4 Разработка архитектуры прототипа программного продукта GarmentScanner

Процесс разработки программного обеспечения всегда социально направлен. Взаимодействие человека с компьютерной программой осуществляется посредством пользовательского интерфейса (ПИ). Типовое наполнение ПИ – это меню, формы для диалога, справочные данные, сообщения об ошибках [38].

Специалисты швейной отрасли имеют навыки работы с программными продуктами, поэтому при разработке интерфейса для ПО GarmentScanner использовались привычные названия иконок-пиктограмм и логика группировки панелей на экране, знакомые средства навигации и ориентации, способ ввода данных.

Архитектура программного обеспечения [23] (структура и взаимосвязь компонентов ПО) GarmentScanner состоит из взаимосвязанных блоков - модулей, отражающих логику работы программы.

В соответствии с разработанным алгоритмом, на вход в видеопотоке поступают изображения швейных изделий. В базе GarmentScanner сформирован пополняемый каталог моделей, где изделия классифицированы по типу моделей, артикулу, параметрам, размерно-ростовому ряду.

После фотографирования, программа сравнивает тип изделия с выбранным типом из каталога. Если изделие не опознано, то алгоритм программы возвращает пользователя к началу, и процедура идентификации выполняется заново.

В случае распознавания изделия, программа выполняет измерение объекта и сравнивает с эталонными параметрами из Табеля мер.

Если обнаружено несоответствие, и отклонения превышают допустимые значения, то измерения, выполненные виртуальным измерительным инструментом, подсвечиваются красным цветом и принимается решение о возврате конкретного изделия на переделку.

Если габариты изделия укладываются в допустимые, то следующим шагом является проверка симметричности, а далее – сравнение внешнего вида с базой данных дефектов.

В случае отсутствия дефектов, программа выдает заключение о приемке партии, в случае наличия дефектов – о возврате партии (рис. 3.19).

Таким образом, на выходе программа выдает систему цветовых индикаторов о соответствии качества продукции эталонным образцам, величины отклонений и вердикт о целесообразности принятия изделия в конечную партию или возврате на переделку с целью устранения выявленных дефектов [185-188].

Открытость базы данных ПАК МЗ GarmentScanner позволяет наполнять систему новой информацией и тестировать, как комплекс в целом, так и отдельные модули.

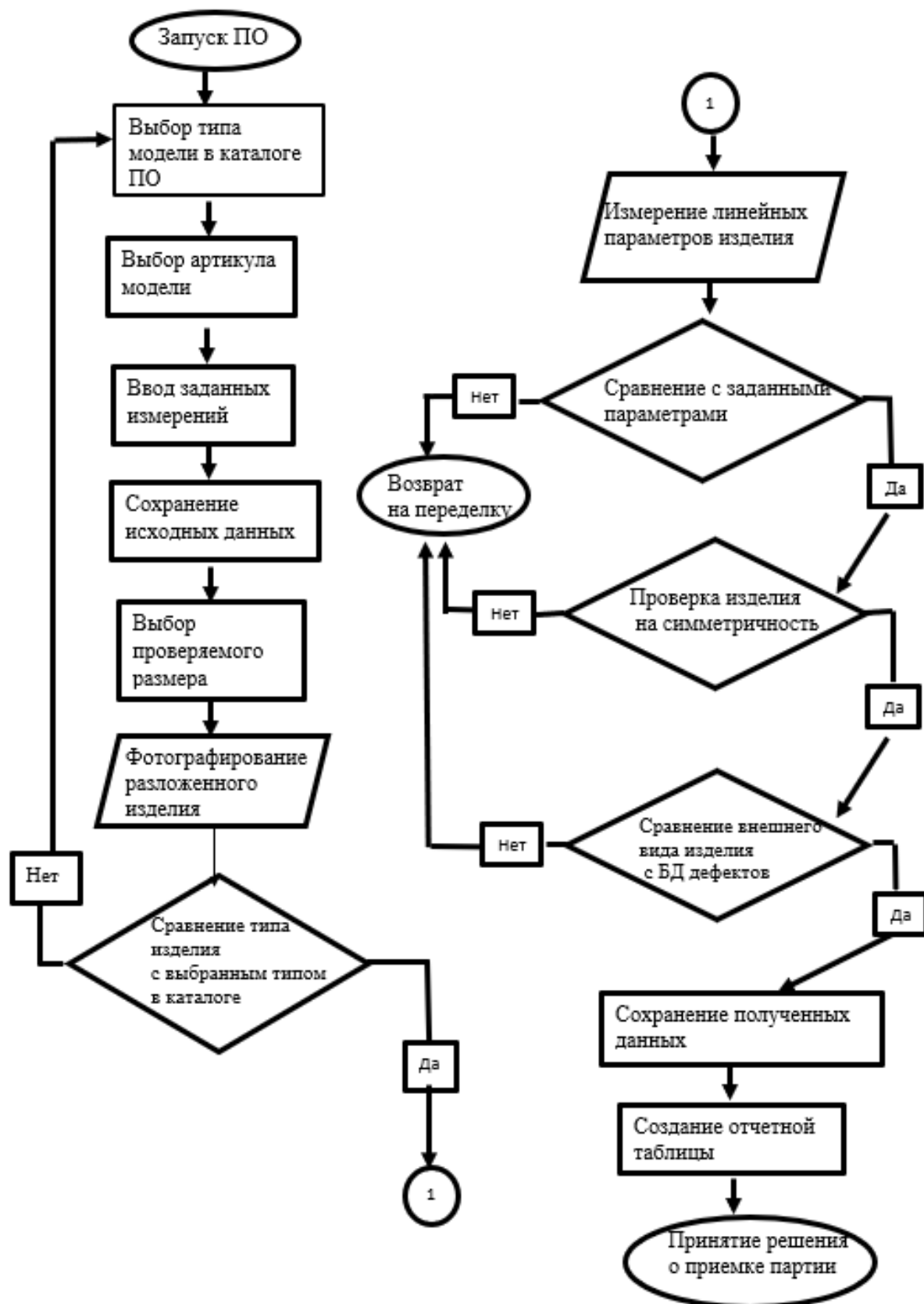


Рисунок 3.19 – Блок-схема алгоритма GarmentScanner

Программисты, в процессе работы над программным продуктом GarmentScanner, использовали алгоритмы вычисления перцептивного хэша и свободно распространяемую библиотеку OpenCV в её реализации для платформы .NET – EMGU (*Программа для ЭВМ GarmentScanner. Св-во о регистрации №2021617946*) [209].

Программу GarmentScanner можно установить на персональном компьютере, ноутбуке или другом типе рабочей станции под управлением операционной системы Windows 10 с установленным компонентом .NET Framework 4.6.1 или выше. Объём оперативной памяти рекомендуется не ниже 16 Гб. Объём жёсткого диска – не менее 1 Гб свободного места наличие и usb-канала для видеокмеры. Разработчик ПО рекомендует использовать процессоры Intel (кроме линейки Celeron) в связи с лучшей их работой с используемыми в программе алгоритмами (*Приложение В*).

Дизайн интерфейса GarmentScanner ориентирован на задачи пользователей (Task Centered Design), основное окно содержит кнопки выбора режима: «Каталог», «Таблица измерений», «Проверка», которая отражает результаты проверки (рис. 3.20).

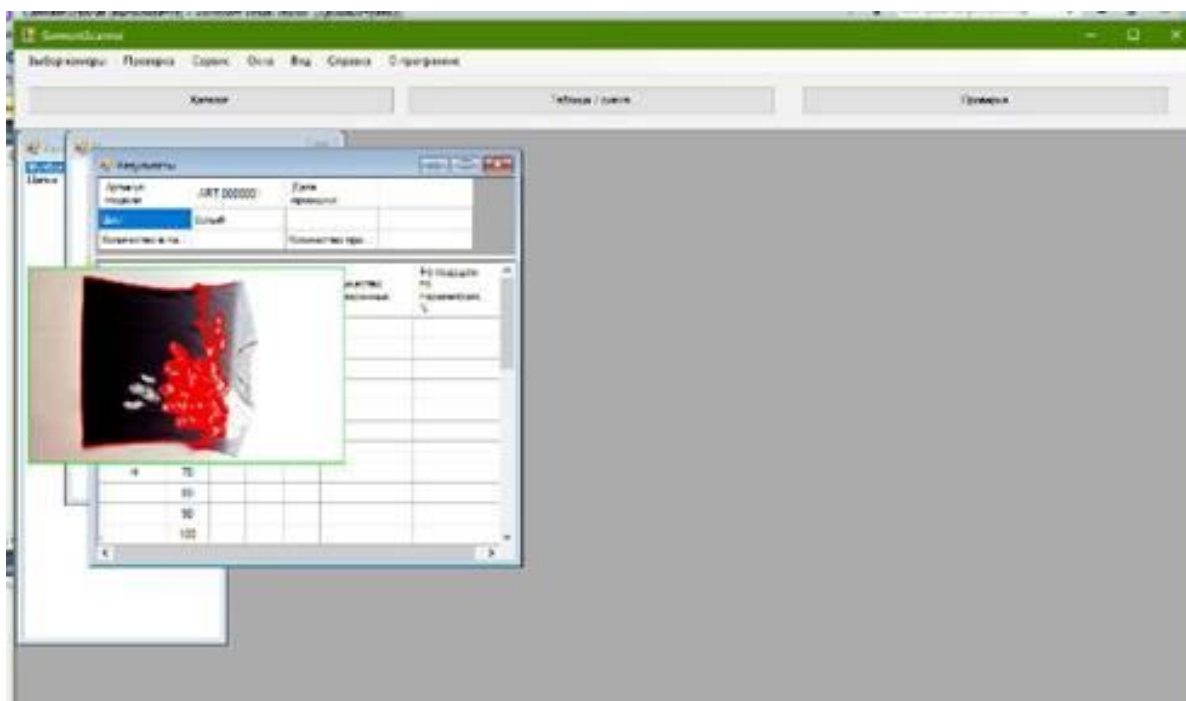


Рисунок 3.20 – Основное окно GarmentScanner

В соответствии с ГОСТ Р 8.654-2009 «Требования к программному обеспечению средств измерений. Основные положения», команды и данные, введенные через интерфейс, однозначно инициируют функции программного обеспечения.

Технологу-инспектору, работающему с прототипом ПАК GarmentScanner доступны:

- 1) артикул модели;
- 2) цифровой код цвета изделия;
- 3) многомерный массив параметров, характеризующий габариты изделия;
- 4) фотошаблон эталонной модели и ее частей (для сравнения его с аналогами).

В сценарии программы заложена система цифрового кодирования каждого исследуемого изделия в соответствии с иерархической схемой классификации дефектов (технологические, дефекты конструкторской документации, материала), которые могут быть обнаружены и идентифицированы бесконтактно.

Цифровые шкалы дефектов имеют границы критичности, после обнаружения которых система сигнализирует о невозможности сертификации данного объекта.

Вызов дочернего окна происходит при нажатии кнопки «*Каталог*».

В данном хранилище технолог работает с:

- списком изделий, сохраненных в базе системы,
- визуальной характеристикой объектов (фото),
- описательной характеристикой моделей,
- метрической характеристикой (числовые параметры) объектов (рис.

3.21).

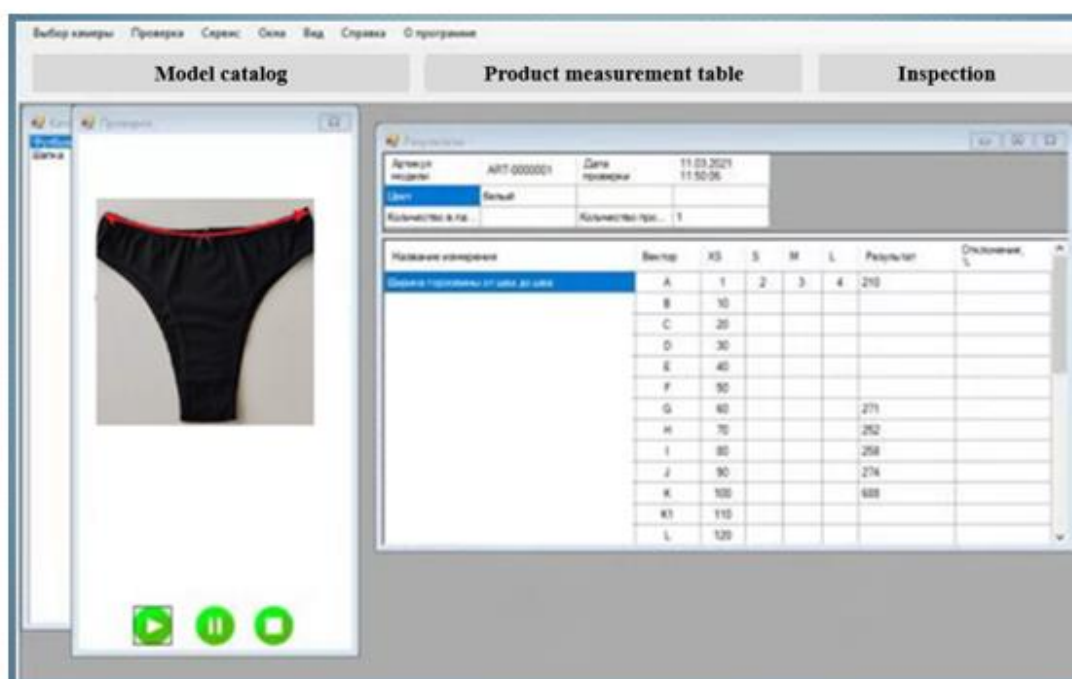
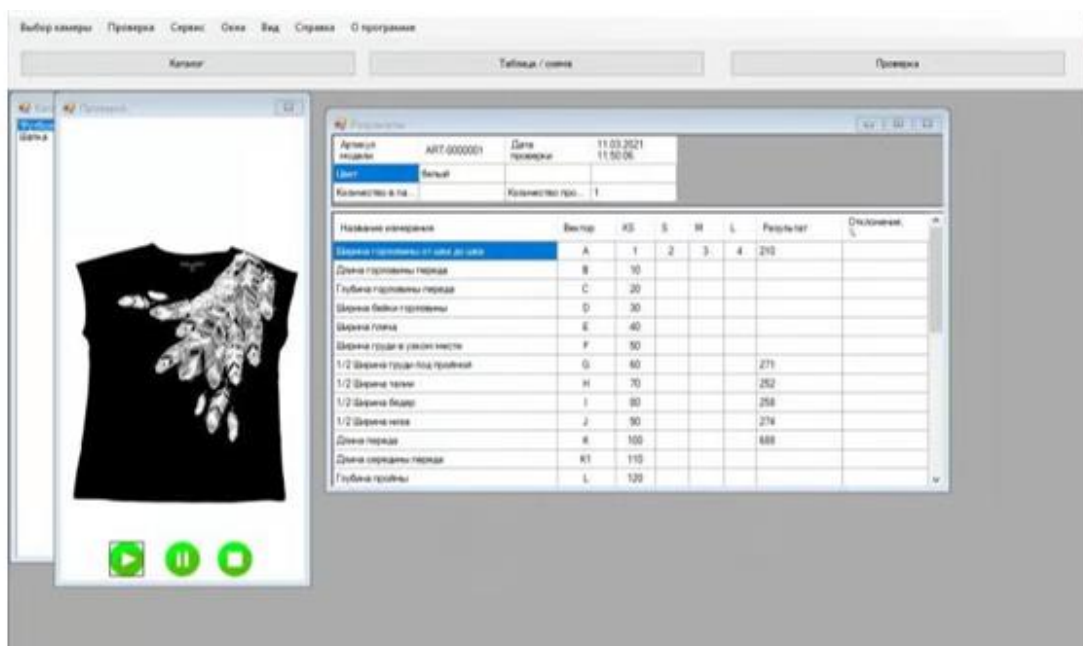


Рисунок 3.21 – Интерфейс программы. Примеры моделей из «Каталога»

База «Таблица измерений» содержит схемы и таблицы величин измерений (рис. 3.22), в соответствии с которыми проверяются изделия. Каждая таблица БД, идентифицирующая эталонные габариты одежды, наполняется *предварительно* и может быть отредактирована вручную, содержит числовые параметры по каждой группе размеро-роста из производственной партии.

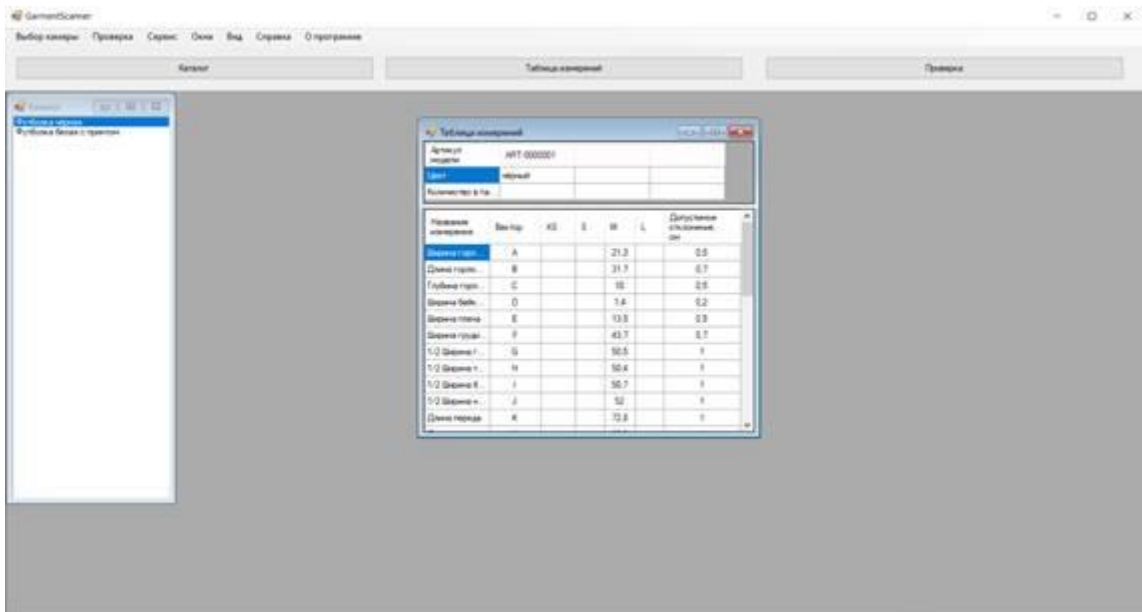


Рисунок 3.22 – Интерфейс программы. База «Таблица измерений»

Для специалиста-технолога важным в работе с программным обеспечением является удобство и легкость использования программы. Все необходимые инструменты должны находиться в поле видения и предъявлять результаты проверки по первому требованию. Из-за ограниченного размера поля экрана, не предоставлялось возможным установить названия всех опций на экране. В процессе тестирования, принято решение, преобразовать часть названий кнопок в виде графических указателей (рис. 3.23).

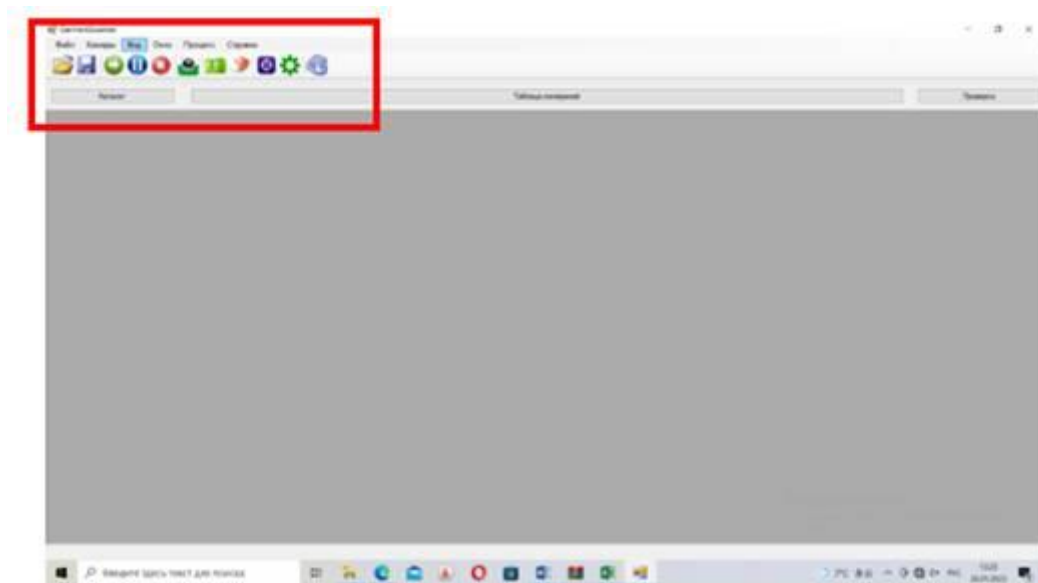


Рисунок 3.23 - Дополненный интерфейс ПО, содержит часть кнопок в виде графических указателей

С нажатием кнопки «Проверка» программа переходит в рабочий режим. GarmentScanner, в соответствии со сценарием выполняет действия:

- 1) обнаружение на рабочем столе швейного изделия, находящегося в поле видимости камеры;
- 2) идентификация объекта с требуемым ассортиментом;
- 3) поиск реперных точек на изображении изделия, измерение объекта по заложенной методике, сравнение габаритов конкретного образца с табелем мер;
- 4) анализ конфигурации срезов изделия на симметричность и соответствие форме контуров эталонного образца.

В режиме «Проверка» окно списка заменяется областью просмотра. Таблица данных заменяется таблицей для проведения измерений с указанием данных нормативов параметров и данных, полученных в результате сканирования с автоматическим вычислением погрешности. Для получения информации о результатах проверки оператор переводит программу из рабочего режима в режим просмотра параметров с сокрытием окна просмотра и показом таблицы измерений (рис. 3.24).

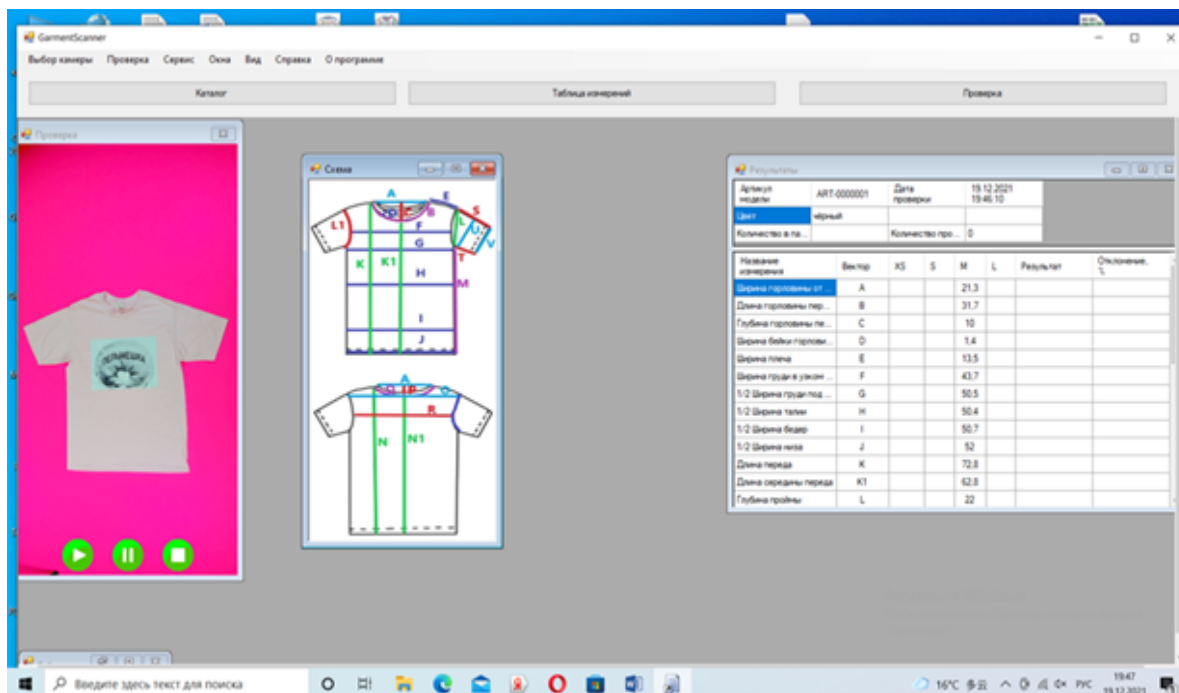


Рисунок 3.24 – Работа в окне «Проверка»

В окне «Проверка» оператор получает подробную информацию об итогах сканирования каждого объекта, идентификации его параметров в сравнении с параметрами эталонного образца, расчет погрешности измерений посредством «Таблицы результатов» (рис. 3.25).

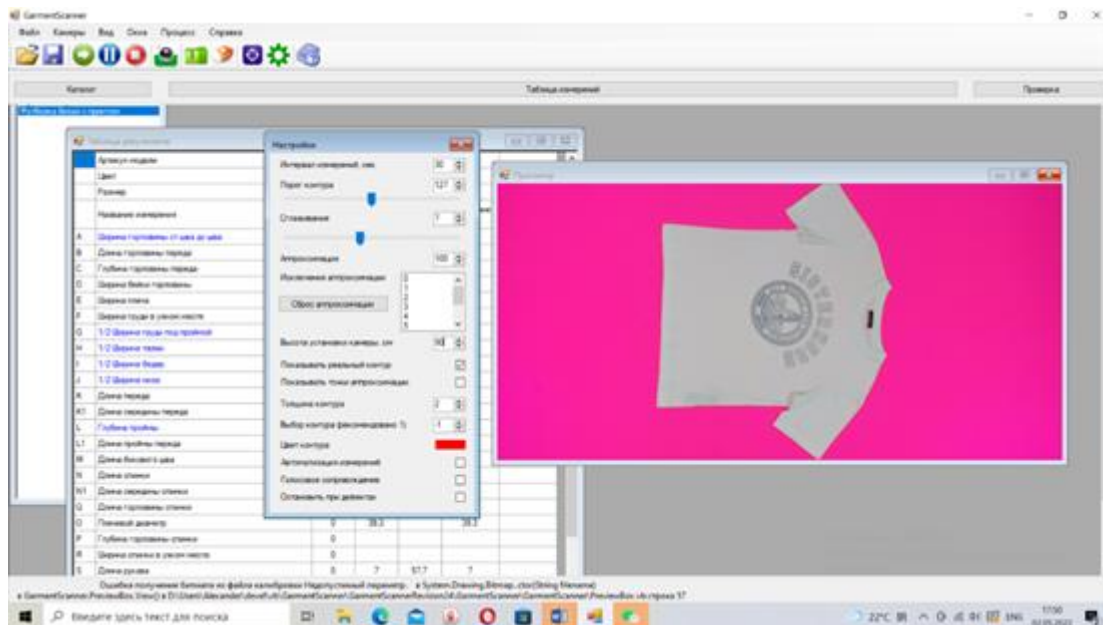


Рисунок 3.25 – Таблица результатов в окне «Проверка»

3.5 Характеристика принципа работы программно-аппаратного комплекса GarmentScanner

Прототип программно-аппаратного комплекса GarmentScanner является новым продуктом и не имеет аналогов на территории России. Программный продукт GarmentScanner разработан программистами на языке C и VB, скомпилирован на платформе .NET, применяемой в программе Python для обнаружения и распознавания объектов [212]. В алгоритме анализа изображений применены вейвлеты Хаара [42, 195, 196], выполняющие классификацию иконок по заданным свойствам и сравнение характеристик с шаблонами из базы данных (см. пп. 1.4).

На первом этапе контролер ОТК располагает швейное изделие на столе, расправляя все складки и замины, пока поверхность одежды не станет гладкой.

Далее необходимо подготовить освещение с возможностью изменять угол падения светового потока.

С запуском программы контролер ОТК выбирает автоматический или неавтоматический режим сканирования (*Приложение В*). В автоматическом режиме камера фотографирует зону видимости с периодичностью в 30 сек. В лабораторных условиях размещение швейных изделий на поверхности столешницы выполнялось вручную, поэтому и фотографирование объекта однократное. С переходом в режим сканирования, открывается окно настроек программы. Пользователь устанавливает чек-боксы «Показывать реальные контуры» и нажимает кнопку «Калибровка». Процесс калибровки начинается с размещения в поле видимости камеры калибровочной геометрической фигуры, обрамленной направляющими, размер которых первоначально устанавливается в соответствии с кодировочным прямоугольником - 10x10 см (рис. 3.26).

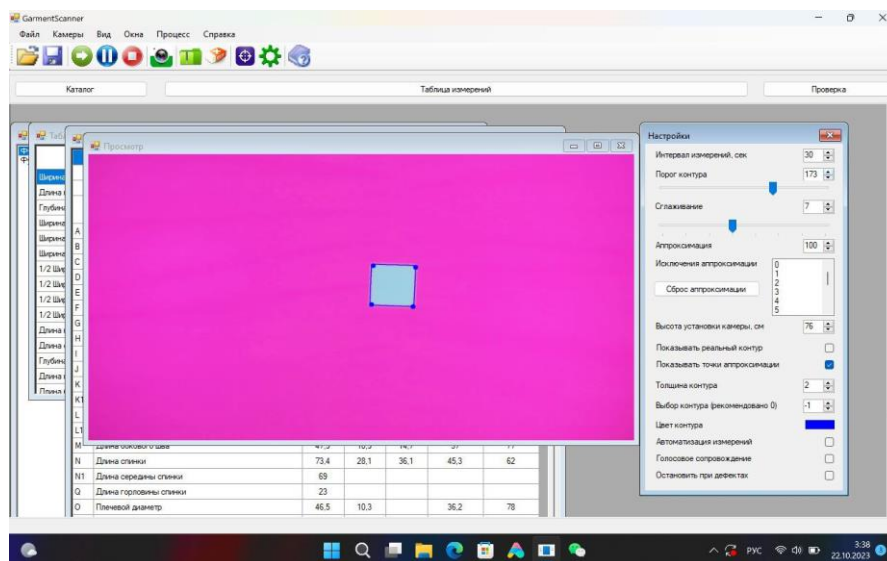


Рисунок 3.26 – Калибровка системы

Для расчета коэффициента масштабирования изображений проведена визуальная фиксация камерой калибровочного квадрата на нескольких высотах: а) 76 см; б) 86 см; в) 96 см; г) 100 см; д) 105 см; е) 110 см. Последующее масштабирование выполняется системой автоматически.

Далее технолог разводит в стороны уголки направляющих, в зависимости от габаритов швейного изделия (см. пп. 3.1), для ограничения периметра обзора камеры над стендом.

После фотографирования изделия, полученную иконку программа подвергает предварительному общему контурному анализу – на снимке классифицируются все приграничные к объекту зоны, в том числе, включающие «шумовые» помехи. Математическими методами на изображении программа выделяет участки с резкой сменой яркости и выстраивает графическими примитивами периметр предварительного контура (рис. 3.27), и аппроксимирует его.

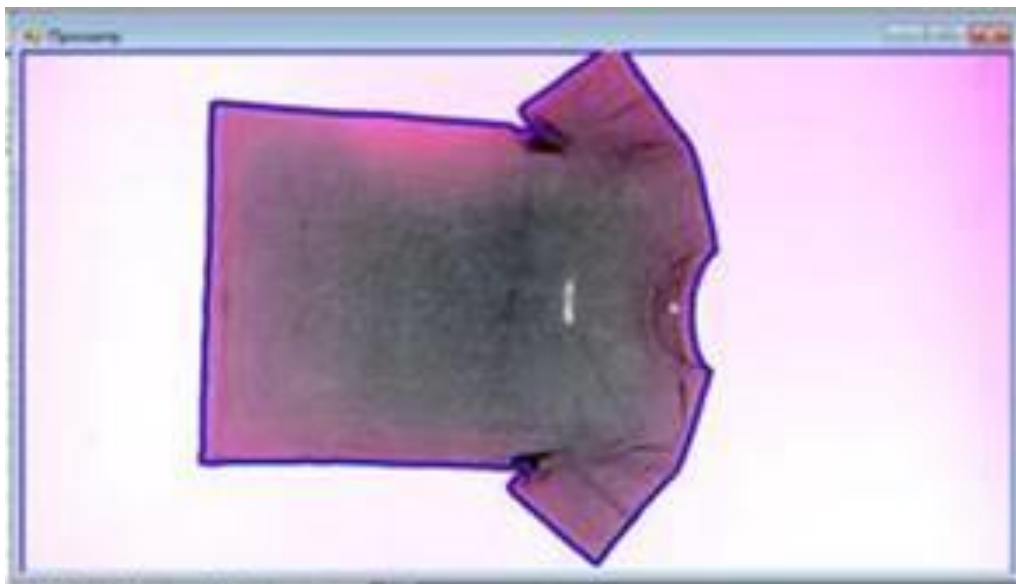


Рисунок 3.27 – Предварительная идентификация контура

Адекватность выстроенного программой контура изображения изделия оценивается технологом-оператором, для выравнивания конфигурации предусмотрены настройки аппроксимации, толщины и цвета линий (рис. 3.28). Доступна регулировка интервала измерений (в секундах) для удобства восприятия и оценки информации пользователем. Предусмотрено изменение высоты камеры, позволяющее изменить периметр захвата камерой при коррекции потока «шумов».

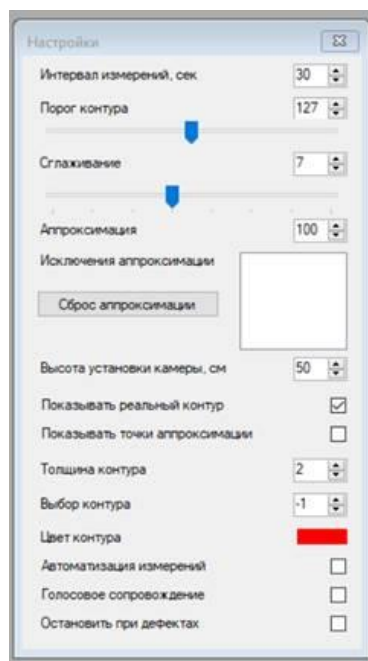


Рисунок 3.28 – Окно настроек

С помощью настроек инструментария ПАК технолог добивается отчетливой визуализации всех необходимых контуров иконки объекта. При необходимости, можно изменить угол падения света от дополнительных источников. Предусмотрена настройка чувствительности системы опознавания объектов и цветовой гаммы (см. рис. 3.28). Согласно проведенным ранее исследованиям [39, 41, 43, 76-78, 87, 95-97, 105, 142], объекты разных цветов и одинаковой формы могут быть признаны программным аппаратом системы МЗ *одинаковыми (подобными)*. Поэтому, для адекватности работы GarmentScanner, технологу необходимо тщательно подобрать рекомендуемое цветовое решение для фона столешницы (см. пп. 3.2). Если изделие не будет распознано, то не произойдет обработка и расчёт размеров. Для распознавания объектов в GarmentScanner используется файл-шаблон model.jpg.

Поскольку для каждого исследуемого изделия должны быть выполнены параметризация эталонных изделий и загрузка результатов в базу данных программы, технолог предварительно заносит характеристики эталонного образца модели швейного изделия, измеренные в соответствии с *ГОСТ 4103-82* и *Табелем мер*, представленным в *Техническом описании*.

После перехода в рабочий режим ПАК МЗ отсканирует изделие и перейдет в режим ожидания. В начале процесса сканирования программа активирует окно поиска (scan window), которое перемещается по всей площади фотоснимка, выполняя процедуру сравнения фрагментов иконки с эталоном (см. пп. 3.4) на основе классификационных признаков Хаара [195], т.е. выполняется детекция объекта по классификации «наличие - отсутствие» («истина/ложь» false/true).

Каждое изображение программа GarmentScanner кодирует буквенно-цифровым маркером. В массив входных/выходных данных входят цвет, координаты точек, вектора, габариты объекта. Вся информация преобразуется в битовую строку установленной длины, т.е. рассчитывается *хэш-функция* (ГОСТ 34.11-2018) и автоматически размещается в матрице оперативной памяти. Для генерации сравниваемых характеристик, программный продукт кодирует свойства изображения объекта (контур и другие значимые параметры) в виде так называемого «индивидуального» отпечатка (по терминологии ИТ - реализуется функция *перцептивного хэша*). Каждый индивидуальный снимок тестируемых изделий и его математическое описание программа сравнивает с эталонным, предварительно загруженным в базу данных системы.

Обработку изображения GarmentScanner производит с использованием вейвлет-преобразований – математических алгоритмов, минимизирующих проявление «шумовых» зон [41, 42, 43], в том числе при распознавании швейной продукции с локальными и многозональными принтами, цвет которых близок к color-решению цифрового фона.

Далее выполняется анализ габаритов изделия. Согласно разработанному алгоритму (см. рис. 3.19), программа после обработки иконки объекта проецирует на нее эталонный каркас из контура и линий (см. рис. 3.18). При этом, каждый пиксел обработанной иконки, согласно каскадному алгоритму *Viola-Jones*, анализируется как вектор в линейном пространстве.

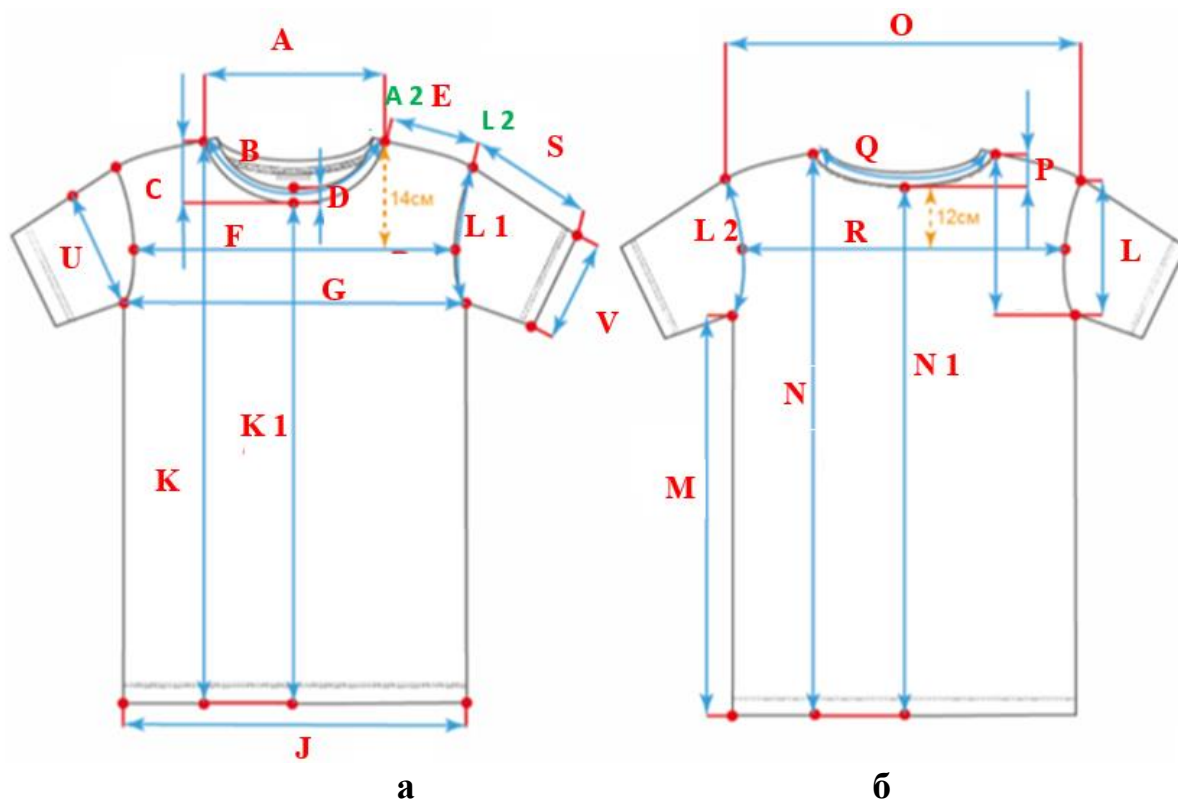
Технолог получает информацию от программы о координатах информативных точек исследуемого объекта и величины отклонений по размерам, положению, форме. Расчет производится в декартовой системе координат.

На примере изделия *футболка* для реализации алгоритма разработано кодирование контура, представленное в таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Архитектура кодировки контуров

Контур	Назначение
contur	определяет главный внешний контур изделия, служит основой для расчета базовых точек
vorot 1	определяет внутренний контур горловины переда
vorot 2	определяет внешний контур горловины переда
vorot 3	определяет внутренний контур горловины спинки
proima 1	определяет контур проймы переда
proima 2	определяет контур проймы спинки

Используя матрицу расчёта координат на контуре изделия (см. табл. 3.5) и универсальный набор параметров (см. рис. 3.18), в зависимости от модельного решения изделия формируется индивидуальный набор кодов точек и уровней (рис. 3.29) для параметризации объекта машинным зрением. Так, например, для измерения участка плечевого шва (рис 3.29 а) на обработанном изображении изделия программа идентифицирует участок F. Для этого рассчитываются координаты точек A_2 и L_2 (обозначены зеленым цветом на рис. 3.29 а). При этом точка A_2 принадлежит контуру vorot1 (внутренний контур горловины спереди), а точка L_2 – контуру proima1 (пройма переда) с максимальной координатой X. Для нахождения координаты точки L_2 программа выполняет поиск реперной точки с максимальной координатой X, при этом координата Y подбирается более MidY. В случае отсутствия искомой реперной точки на контуре алгоритм запускает повторный поиск, при этом параметр X уменьшается на единицу [81]. После идентификации опорных точек A_2 и L_2 программа измеряет длину участка плечевого шва, рассчитывая векторную разницу.



**Рисунок 3.29 – Кодирование контура изделия:
а) перед; б) спинка**

Аналогично выполняется расчет координат всех информативных точек и соответствующих векторов. Итоговые расчетные параметры визуализируются в соответствующем окне программы (рис. 3.30). Оператору доступна опция настройки точности измерений посредством варьирования параметров аппроксимации контура иконки.

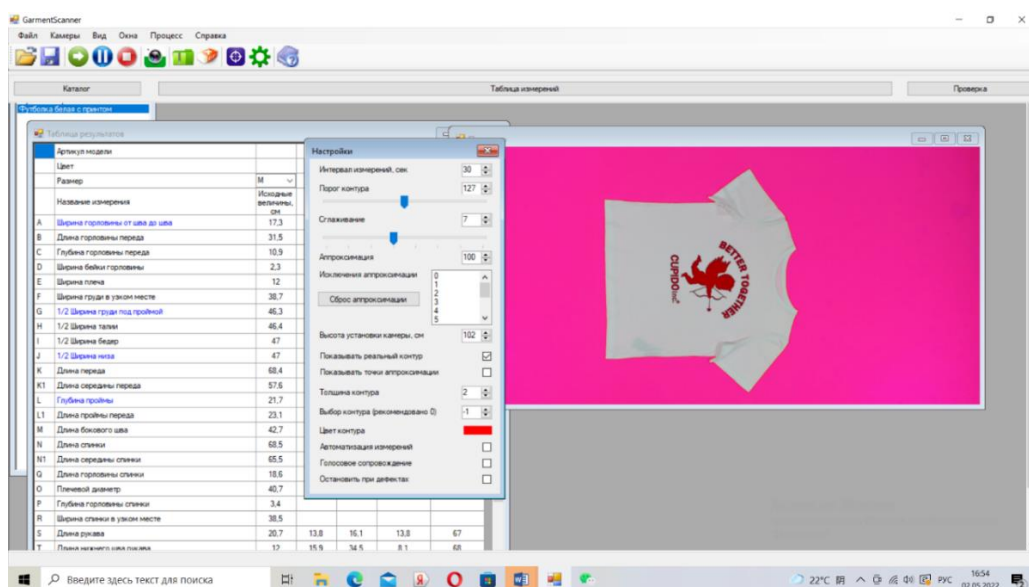


Рисунок 3.30 – Окно с параметрами исследуемого изделия

Для выявления нарушения симметричности изделия GarmentScanner выполняет расчеты координат информативных точек относительно оси симметрии объекта - сравнивает равноудаленность реперных точек на всех уровнях от оси. Планируемая точность измерений объектов по изображениям прототипом программного аппарата GarmentScanner – 0,1 см, а погрешность – 0,1 мм, что сопоставимо с измерениями линейкой при контактном способе [248]. «Предельная погрешность металлических линеек при измерении длины до 500 мм равна 0,1 мм, до 1000 мм – 0,2 мм; у деревянных линеек длиной до 300 мм предельная погрешность равна 0,1 мм, до 1000 мм – 0,5 мм. Для пластмассовых линеек допускается погрешность 1 мм» [249].

Все числовые характеристики программа сравнивает с допустимыми погрешностями, выдает заключение (false/true). Если рассчитанные программой параметры конкретного изделия соответствуют эталонным, то сигнал false означает истина, если параметры не соответствуют эталону (ложь - true) и отклонения превышают допустимую погрешность, то в таблице значения высвечиваются красным цветом и меняется цвет контура (рис. 3.31).

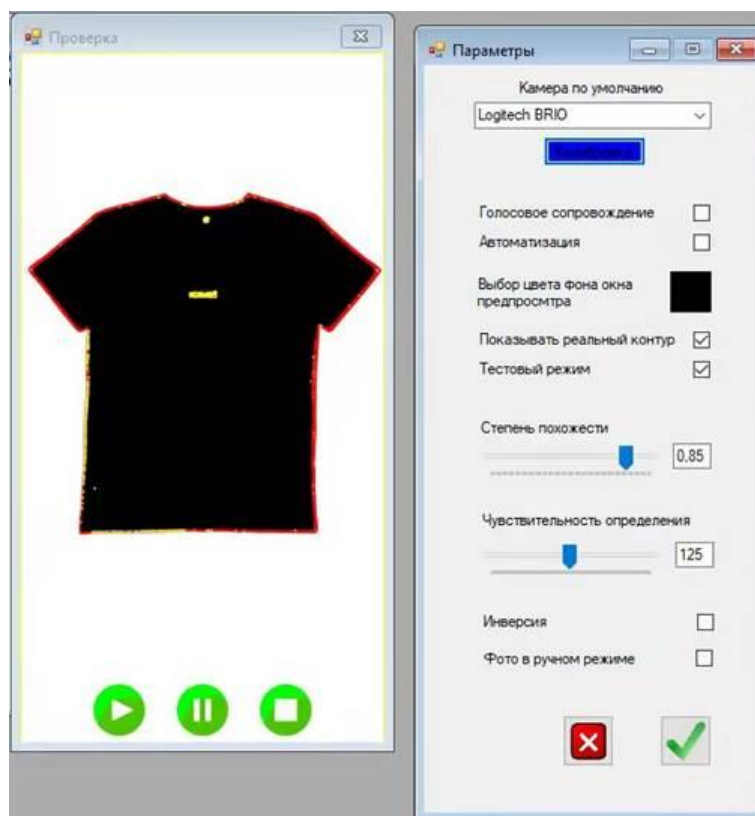


Рисунок 3.31 – Визуализация красного контура на изображении

Если изделие не опознано, то продолжает индицироваться мигающий контур жёлтого цвета. При этом технолог принимает решение о новом фотографировании объекта и перезапуске программы или проводит поиск ошибок ПО. Все полученные во время процесса фотографирования данные сохраняются внутри программы с возможностью выгрузки в файл формата MS Excel.

В дальнейшем, для реализации масштабируемого интерфейса, рекомендуется разработать серверную часть программного комплекса, предназначенную для хранения информации об изделиях, а также для длительного хранения с возможностью быстрого поиска информации о проведённых сканированиях и измерениях.

3.6 Разработка метода контроля машинным зрением качества швейной продукции

Обобщенное понятие «цифровые технологии» объединяет такие IT-разработки, как машинное зрение, искусственный интеллект, дистанционный мониторинг, человеко-машинные интерфейсы, цифровые двойники [85]. На государственном уровне представляется важным разработка и внедрение в экономику отечественных IT-продуктов. Использование технологии машинного зрения для оценки качества изготовления швейной продукции по визуальной информации позволит замкнуть цепочку цифровой трансформации в швейной отрасли.

Согласно разработанному методу автоматизированного контроля качества швейной продукции визуальная и метрическая составляющие процесса передаются виртуальному инструменту – GarmentScanner, использующему машинное зрение. Программно-аппаратный комплекс GarmentScanner способен при бесперебойном функционировании объективно обработать значительное количество визуальной информации.

Предлагаемая технология обнаружения дефектов швейной продукции машинным зрением может быть применена, как на этапе финальной инспекции промышленных партий, так и при отслеживании потенциала формирования брака на полуфабрикатах. Для иллюстрации концепции метода разработана логическая модель контроля качества изготовления швейной продукции машинным зрением (рис.3.32).

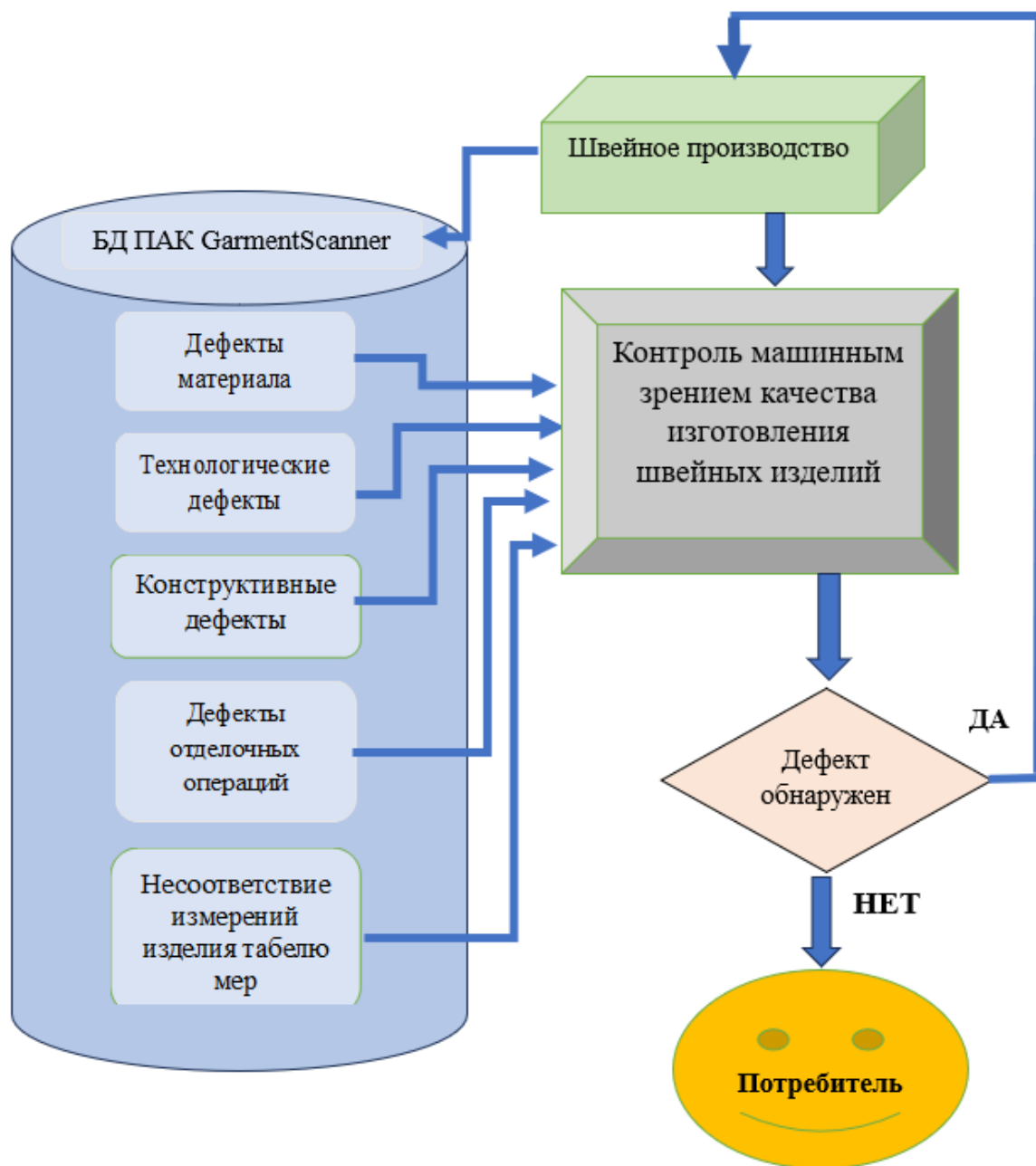


Рисунок 3.32 – Логическая модель контроля качества изготовления швейной продукции машинным зрением

Концепция подразумевает использование цифрового контроля на этапах:

- разбраковки материалов,
- при анализе продукции раскройного цеха,
- для поиска технологических дефектов (несоответствие габаритов изделия эталону; наличие перекосов, неровностей краев, несимметричность формы, деталей, принтов; ненадлежащее исполнение строчек и швов);
- при анализе качества финальной отделки.

В соответствии с концепцией, для процедуры цифрового контроля необходима пополняемая Единая Цифровая Информационная База Дефектов Швейной Продукции. ЕЦИБ ДШП составляет информационную основу программно-аппаратного комплекса машинного зрения.

Контроль качества швейной продукции машинным зрением основан на использовании программного продукта, идентифицирующего визуальную и метрическую информацию об объекте на основе математических вычислений и сопоставления иконки объекта с шаблонами.

Сущность метода соответствует принятой в отрасли методике контроля качества и отраженной в нормативно-технической документации.

Визуальная и метрическая информация о шаблоне-эталоне изделий формируется заранее технологом-оператором ПАК GarmentScanner. Эталонное изделие отшивается лаборантом, фотографируется и параметризуется программным продуктом.

Вся информация об эталоне кодируется системой (артикул, ассортимент, цвет, размеро-рост, габариты в целом и отдельных частей, величины допустимых отклонений) и записывается в базу данных в виде многомерного массива.

Дополнительно технолог формирует фотошаблоны отдельных частей образца-эталона (горловина, пройма, низ, декоративные элементы и т.п.) для адекватности распознавания системой иконки объектов и сопоставления с эталоном характеристик каждого исследуемого изделия.

После сканирования единичного объекта программа обработки GarmentScanner выполняет очистку фона от помех, распознает объект на принадлежность к ассортиментной группе, классифицирует изделие по крою. Для выполнения перечисленных процедур применен способ перемещающегося окна (scan window).

На каждой иконике сканированного швейного изделия программой выстраивается каркас из точек, линий и векторов для расчета параметров, которые сравниваются с эталонными, а найденные отклонения – с допустимыми.

Для оценки весомости найденных дефектов разработаны цифровые шкалы критичности (см. п. 2), хранящиеся в базе данных системы в виде визуальной и метрической информации.

В настоящее время в программном продукте GarmentScanner реализованы этапы распознавания объектов и идентификации.

Инструментарий параметризации, выявления дефектов материалов, последствий нарушения режимов отделочных операций и обнаружение дефектов строчек и швов находится в разработке (на рис. 3.33 соответствующие этапы выделены рамкой оранжевого цвета).

Разработанный метод оценки машинным зрением качества промышленной швейной продукции может быть усовершенствован, поскольку с появлением на рынке нового оборудования и программных продуктов потенциально формируется необходимость наращивания нового функционала виртуального инструментария.

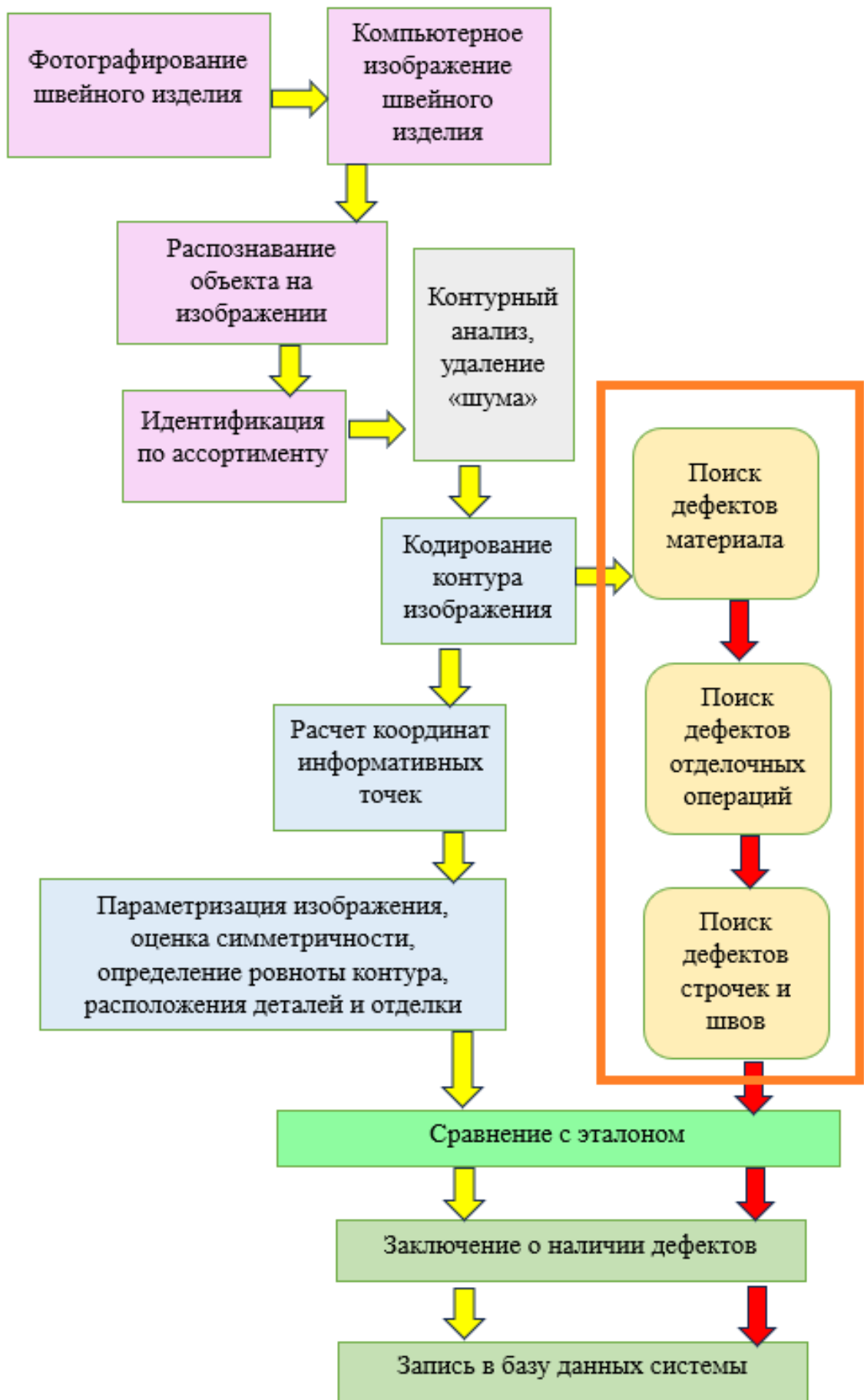


Рисунок 3.33 – Схема функционирования GarmentScanner

Следующий этап развития программного продукта GarmentScanner планируется посвятить разработке алгоритмов распознавания дефектов:

- материала в готовом изделии (складки, дыры, раздвижки нитей, отсутствие нитей в структуре, утолщение/утонение нитей),
- колористики материала (разнотон, изменение тона окраски после декатирования, потеря интенсивности расцветки, пятна после ВТО),
- принтирования (поврежденная поверхность принта после растяжения, видимые вспомогательные линии на поверхности, неравномерное покрытие принта),
- пятен (ржавчины, от клея, грязь, масляные, от маркера),
- строчек (разрывы, пропуски стежков, слабое скрепление и т.д.),
- швов (перекрученность, несовместимость уровней, несимметричность).

Новая функциональность ПАК GarmentScanner, реализующего метод оценки машинным зрением качества готовой одежды промышленных партий, достигается разработкой нейросети и ее обучением на выборках положительных и отрицательных изображений дефектов швейных изделий.

Поскольку доступ к сети будет открыт для специалистов отрасли, то перед разработчиками сети стоит задача гарантировать достоверность информации.

Такую гарантию может дать технология блокчейн (Blockchain) – распределенная база данных, хранящая информацию в виде блоков одновременно в множестве узлов сети, где внесение каких-либо изменений возможно лишь после подтверждения их легитимности участниками сети, для швейных предприятий – это технологи, конструкторы, маркетологи [85].

Выводы по главе 3

1. Разработан метод контроля машинным зрением качества швейной продукции. Для реализации метода разработан прототип программно-аппаратного комплекса машинного зрения GarmentScanner. Определены комплектность и габариты ПАК GarmentScanner. В состав ПАК включены рабочее пространство для сканирования швейных изделий, веб-камера, источники искусственного освещения, компьютер, программное обеспечение.

2. Экспериментально определено универсальное цветовое решение столешницы, минимизирующее формирование помех на скан-изображениях швейных изделий. Предложены параметры калибровки веб-камеры, зависящие от параметров исследуемой одежды. Для оптимизации процесса сканирования объектов предложено оснастить рабочее пространство измерительного модуля съемными направляющими, фиксирующими периметр обзора камеры над стендом, не допуская просмотр фона за их пределами.

3. Разработана методика наполнения GarmentScanner входной информацией об исследуемых объектах. Для исследования по изображениям изделий геометрических параметров и выявления машинным зрением несовпадений с эталонными габаритами предложен метод кодирования и расчета координат информативных точек на контуре иконки. В соответствии с алгоритмом каскадного принципа распознавания объектов разработана методика расчета векторов в линейном пространстве с использованием координат базовых точек прямоугольника (contour Box), вписываемого в контур (contour) изделия.

4. Разработана архитектура программно-аппаратного комплекса GarmentScanner, отражающая логику работы программы. Интерфейс программного продукта социально ориентирован, основные режимы работы реализуются через взаимосвязанные модули «Каталог», «Таблица измерений», «Проверка». Алгоритм прототипа программы разработан программистами на

языке C и VB. Программный продукт зарегистрирован в ФИПС, получено Свидетельство интеллектуальной собственности.

5. Разработана логика функционирования ПАК GarmentScanner. Согласно заложенному алгоритму, компьютерная программа после распознавания на изображении швейного изделия формирует на иконике объекта контур для параметризации; сформированный в результате последовательных вычислений многомерный массив параметров характеризует габариты изделия и используется программой для сопоставления с эталоном; сравнение расчетных величин отклонений с допустимыми из шкал критичности дефектов, размещенных в базе данных, служит основанием для формирования сигнала о найденном дефекте. Вся информация об исследуемых швейных изделиях хранится в базе системы. Каждое изображение программа GarmentScanner кодирует буквенно-цифровым маркером. В массив входных/выходных данных входят цвет, координаты точек, вектора, габариты объектов.

6. В настоящее время прототип ПАК GarmentScanner распознает швейные изделия на изображениях, идентифицирует контуры объектов, рассчитывает числовые параметры участков в соответствии с Табелем мер.

7. Для дальнейшего развития GarmentScanner необходимо машинное обучение, создание нейронных сетей, позволяющих сопоставлять изображения объектов видеоряда с шаблонами и анализировать множество характеристик, присущих технологическим дефектам швейной продукции, в числе которых выявление асимметрии, разнооттеночность, грязь, дыры, дефекты строчек и швов, некачественное принтирование.

4 ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА ОЦЕНКИ МАШИНЫМ ЗРЕНИЕМ ДЕФЕКТОВ ШВЕЙНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Поскольку ПАК GarmentScanner в настоящее время существует в единственном экземпляре, то апробация измерительного процесса, положенного в основу разработанного метода оценки машинным зрением дефектов швейных изделий, относится к категории испытаний. В соответствии с ГОСТ 16504-81 «Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения» [7], *моделями для испытаний* выбраны:

- программный продукт GarmentScanner,
- иконки (фотоизображения) швейной продукции,
- процесс идентификации дефектов швейной продукции машинным зрением.

В процессе тестирования программного продукта GarmentScanner возникла необходимость разработки требований к нейронной сети, обучающей программу идентифицировать разнообразные дефекты швейной продукции, проявляющиеся в комплексе. Обработать новые потоки данных GarmentScanner сможет при условии пополнения системы обучающими выборками в виде баз данных положительных и отрицательных изображений дефектов.

4.1 Обучение системы машинного зрения

Создание нейронной сети для GarmentScanner рассматривается нами как вектор развития разработанного метода оценки машинным зрением качества изготовления швейной продукции.

Нейрокомпьютинг, или машинное обучение (Machine Learning, ML) – сравнительно новая область научных знаний. Машинное обучение связано с

нейровычислениями (искусственными нейронными сетями, ИНС), т.е. самонастраивающимися алгоритмами, организованными по типу функционирования биологических нейронов [182].

Согласно определению, искусственный нейрон – это узел искусственной нейронной сети; математически – это нелинейная функция (активации, передаточная и т.п.), описывающая комбинации входных сигналов [40].

Каждый нейрон ИНС обрабатывает определенный, предназначенный только ему, сигнал, и периодически посылает результат другим нейронам. Каждому нейрону соответствует его весовой коэффициент, характеризующий его связи с другими нейронами. Вес связи (весовой коэффициент, импульс) определяет необходимость усиления или ослабления сигнала, передаваемого по каждой цепочке [27]. Нейроны и их весовые коэффициенты кодируются числами. Информация, заключенная в каждом нейроне, кодируется на входе и выходе, так же кодируется связь между нейронами. В итоге для передачи сигнала от первого нейрона ко второму необходимо умножить значение сигнала на выходе первого нейрона на вес связи [27]. Передаточные связи нейронов (веса) динамичны и уточняемы [24].

Соединенные в большую сеть нейроны способны выполнять сложные задачи по распознаванию образов. «Обучение нейронных сетей — это многопараметрическая задача нелинейной оптимизации. Процесс обучения нейронных сетей заключается в нахождении коэффициентов связей между нейронами» [40]. Важным свойством ИНС является способность к обобщению после обучения системы, выражающаяся в нечувствительности к малым «шумам» (вариации образов входных сигналов). На выходе пользователь будет получать правильный результат.

Простейший нейрокомпьютинг был предложен в 1943 году. McCulloch W.S. и Pitts W. [182]. Сущность такой ИНС заключается в анализе множества входных параметров ($x_1, x_2, x_3, x_4 \dots x_n$) для реализации на выходе суммарного импульса (w), преобразованного (функцией ϕ) в выходной параметр a (рис. 4.1).

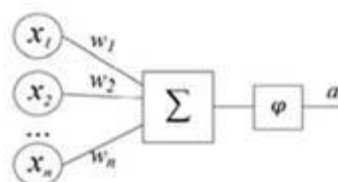


Рисунок 4.1 – Простейшая искусственная нейронная сеть McCulloch [27]

Важное свойство нейрокомпьютинга – параллельность обработки информации, т.е. все нейроны сети работают одновременно и одновременно обмениваются информацией [165], связывают с увеличением производительности компьютеров. Классификация нейронных сетей по структуре представлена на рис. 4.2.



Рисунок 4.2 – Классификация нейронных сетей по структуре [40]

В системах компьютерного зрения для распознавания образов применяют ИНС прямого распространения (FF), где каждый нейрон входного слоя связан с каждым нейроном следующего слоя, ответственного за анализ визуальной информации (рис. 4.3 а) и сверточные (CNN) ИНС (рис. 4.3 б), многократно участвующие в обработке данных.

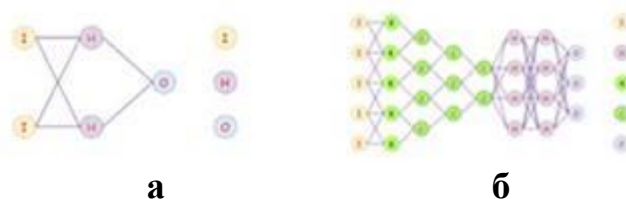


Рисунок 4.3 – Примеры сложноорганизованных нейронных сетей: а) многослойная, б) сверточная [240]

Искусственные нейронные сети работают в двух режимах:

- 1) обучение (происходит формирование логических цепочек – связей),
- 2) распознавание (определяет принадлежность образа к какому-либо классу из БД) [24].
- 3) Обучающие алгоритмы основаны на применении так называемых «возбуждающих функций», реализующих прохождение сигналов через сеть.

Существуют модели ИНС, где величина возбуждения всегда равна единице, а отсутствие возбуждения – ноль [24]. Есть модели с отрицательной величиной возбуждения. Процесс обучения ИНС (Encoding-Decoding) – это тренировка на максимальное возбуждение нужного нейрона выходного слоя, выдающего достоверную информацию. Алгоритмы настройки нужного режима прохождения возбуждения называются алгоритмами обучения нейросети. Переход от режима обучения в режим распознавания осуществляется после достижения сетью требуемого уровня «узнавания» [24].

Поскольку при обучении GarmentScanner распознавать образы дефектов предполагается использовать большой массив данных (см. п. 3.6) и множество критериев отбора, в качестве структуры выбрана *сеть прямого распространения- многослойный персептрон*, именуемый (Convolved Neural Network (CNN) (рис. 4.4).

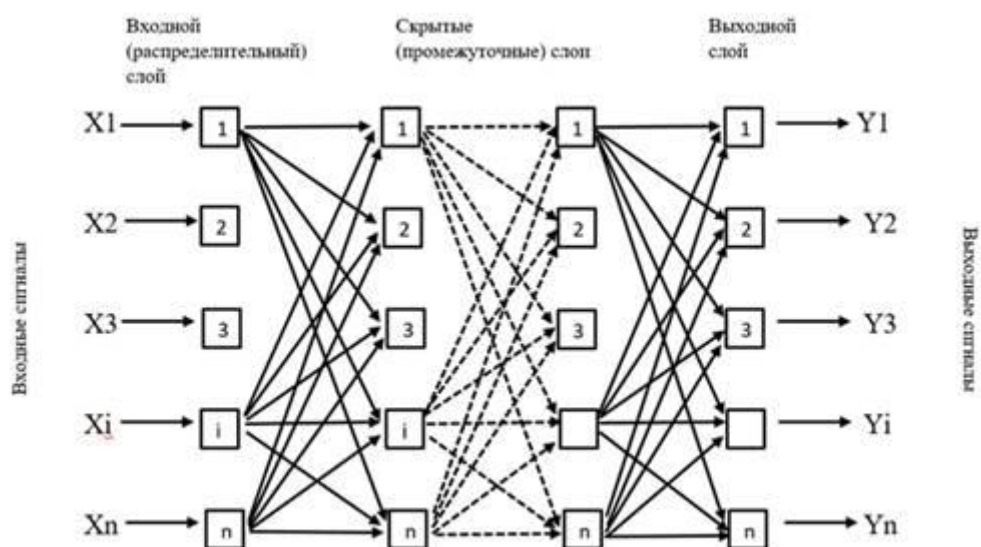


Рисунок 4.4 – Схема многослойного персептрона CNN [240]

Преимуществом многослойного персептрона является простота реализации и гарантированный ответ сети. Основным недостатком выражается в сложности обучения сети, большое количество нейронов и масштабность подготовки входной информации. Однако, большое количество нейронов оправдано многофакторностью современной моды, быстрой сменой модных тенденций, разнообразной цветовой палитрой материалов. Нейросети GarmentScanner предстоит работать не только с изображениями объектов, но и с характеристиками информации, представленными во входном векторе.

Например, при распознавании пятен на материале изделия нейросеть должна будет:

- 1) определить характер загрязнения (грязь, масло, следы маркера и т.д.),
- 2) установить этап технологической операции, когда потенциально сложились условия для формирования пятна,
- 3) исключить вероятность «помех» (возможное затенение участка изделия случайно образованной складкой, разнооттеночность, непрокрасы, уплотнения на материале и т.д.),
- 4) выстроить иерархию выводов (предложить типовые выводы и новые, которые можно будет скорректировать, внося поправки в процесс обучения);
- 5) на выходе, ИНС сформирует решение (выходной вектор) – правильный ответ.

Для процесса обучения ИНС GarmentScanner выбран способ «обучение с учителем», т.е. каждый входной вектор в итоге выдает целевой выходной вектор, формируется «обучающая пара», и на выходе ИНС вычисляет «выход сети» и сравнивает полученную функцию с соответствующим целевым вектором. Для минимизации ошибок выполняют расчет весов. «Векторы обучающего множества предъявляются последовательно, вычисляются ошибки и веса подстраиваются для каждого вектора до тех пор, пока ошибка по всему обучающему массиву не достигнет приемлемого уровня» [25, 27].

На первом этапе нейросеть GarmentScanner обучается распознавать на изображениях швейные изделия заданного ассортимента (футболки, майки, трусы). Во входном слое НС координаты каждой точки (пиксели) иконки заданы пятью переменными: тремя цветовыми составляющими и двумя декартовыми координатами (см. пп. 3.3). Для того, чтобы сеть по окончании алгоритма распознавания объекта выдала правильный выходной сигнал, в выходном слое заложено два нейрона, задачей передаточной связи для GarmentScanner будет расчет классификационных признаков «схожесть/различие параметров» для двух точек изображения.

Окно поиска (scan window), последовательно перебирает пиксели иконки в каждой прямоугольной области, сравнивая участки с эталоном. По окончании сканирования GarmentScanner формирует матрицу 4096x4096, каждый участок изображения закодирован и идентифицирован – принадлежность к контуру кодируется, как истина (false), не принадлежность – ложь (true).

Для обучения нейросети GarmentScanner подготовлена выборка изображений швейной продукции с визуальными признаками технологических дефектов. Вся выборка разделена на два блока – положительные и отрицательные визуалы. Для распознавания признаков дефектов применены алгоритмы каскадов Хаара. Математическое описание процесса обучения, по аналогии с нейросетями, распознающими лица, представляет мультиномиальную логистическую функцию потерь [105, 108]:

$$-\frac{1}{M} \sum_{m=1}^M \log[P(y = y_m | x_m, \theta)] \longrightarrow \min_{\theta}, \quad (8)$$

где x_m – иконика объекта (швейного изделия), y_m – идентификатор объекта, θ – обучаемые параметры модели.

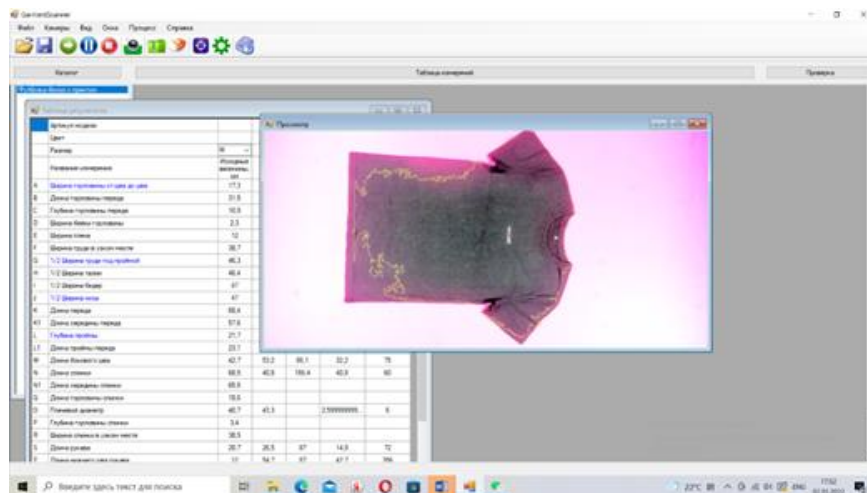
Поскольку обработка изображений швейных изделий промышленных партий сопровождалась «зашумленными» сигналами, то программистами использована современная техника анализа вейвлетами (wavelets) –

функциями с некоторыми свойствами локализации. На практике используют вейвлет-коэффициенты – интегральные преобразования сигнала: интеграл функции $\psi(x)$ равен нулю и интеграл по всему пространству от модуля этой функции сходится [25], то есть выполнены соотношения:

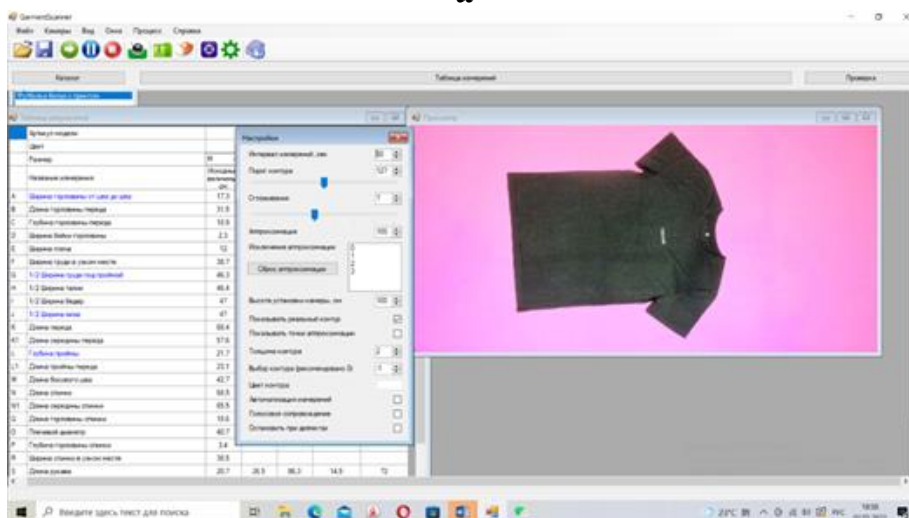
$$\int \psi(x) dx = 0, \int |\psi(x)| dx < \infty \quad (9)$$

где интегралы взяты по всей оси.

На рисунке 4.5 представлен пример подавления нейросетью помех, образующихся при неотрегулированном освещении. Поверхность объекта ахроматического черного цвета потенциально создает дополнительные «шумы» на изображении (рис. 4.5 а), из-за отсутствия излучаемого светового потока и высокой поглощающей способности.



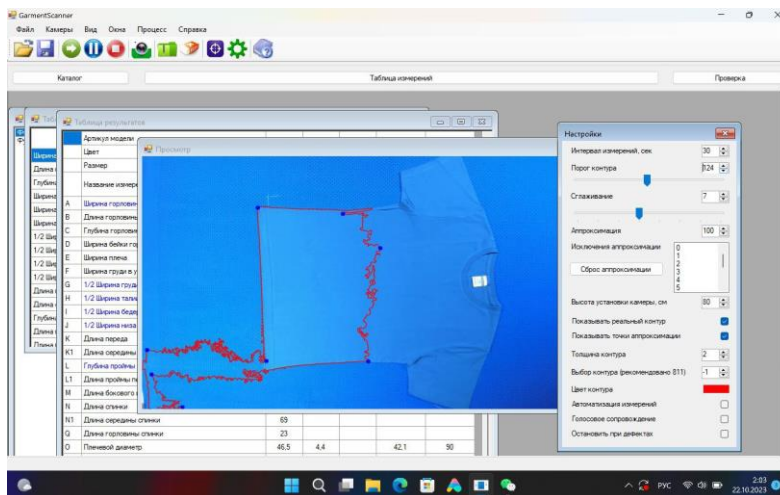
а



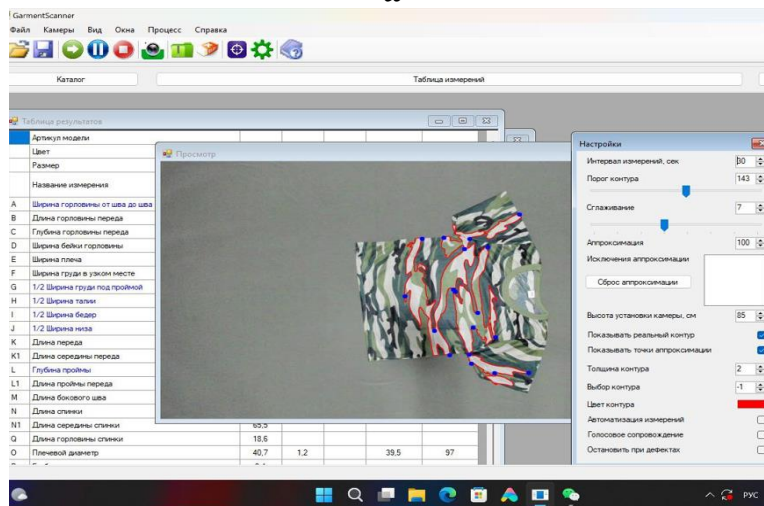
б

Рисунок 4.5 – Подавление шумовых помех нейросетью: а) с помехами, б) обработанное изображение

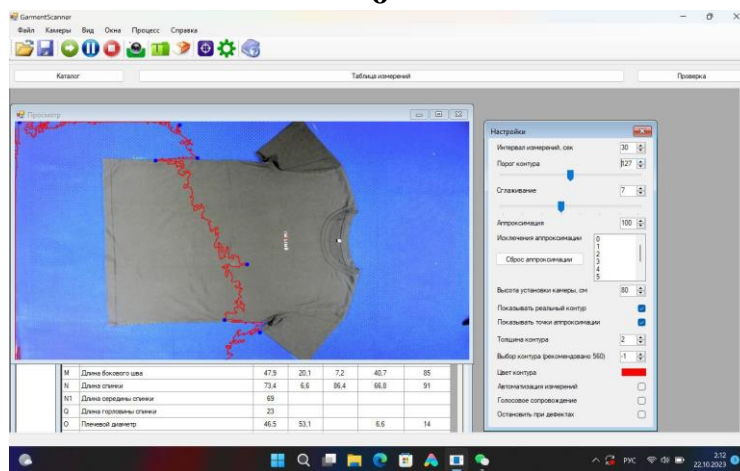
Поскольку работа ПАК GarmentScanner связана с обработкой изображений, включающих «шумы», то этот усложняющий фактор потенциально тормозит работу системы (рис. 4.6).



а



б



в

Рисунок 4.6 – Визуализация шумовых помех при совпадениях цвета фона столешницы и: а) цвета изделия, б) отделки; в) соседства по светлоте и насыщенности в цветовом ряду

Одним из решений выявленной проблемы является формирование нейросети обучающих выборок, состоящих из баз данных положительных и отрицательных изображений, регламентирующих закономерности идентификации дефектов.

4.2 Разработка структуры обучающей выборки

Обучению классификаторов нейронных сетей посвящено множество научных публикаций. К настоящему времени установлено, что если нейросеть обучена только на идеальных изображениях, то крайне высока вероятность ошибочных заключений при обработке искаженных, деформированных, разного рода «зашумленных» иконок и несущих неверную информацию [76]. Такое «переобучение» модели возникает при недостатке данных.

Для обучения нейросети необходимо подготовить базы положительных и отрицательных изображений объектов. К положительным относят изображения, содержащие объекты, которые необходимо идентифицировать с помощью разработанного классификатора. К отрицательным – изображения, не содержащие признаков объектов, которые необходимо обнаружить классификатором [76, 77]. Согласно определению, «классификатор – это сгруппированный по различным признакам перечень наименованных объектов, где каждому из них присвоен уникальный код, в соответствии с их общими признаками или различиями. Классификаторы применяются для упрощения работы по сбору информации и систематизации данных, а также используются для указания кодов в различных унифицированных документах» [250].

Выбранный нами для обучения GarmentScanner метод AdaBoost основан на применении больших баз «слабых» классификаторов для создания «сильного». Согласно алгоритму AdaBoost, для идентификации дефектов на изображениях применены фильтры, отсеивающие иконки объектов с визуальными признаками дефектов. По различным данным, многослойный

персептрон, структура которого выбрана нами в диссертационной работе, выдает точность анализа 78-89 % [27, 31, 62, 80, 145, 163, 179, 199].

Для обучения нейросети, потребовалось сформировать новую классификацию дефектов швейной продукции, объединив выборки в определенные группы положительных (табл. 4.1) и отрицательных изображений.

Таблица 4.1 – Сводная матрица положительных изображений дефектов

Описание дефекта	Визуализация	Описание дефекта	Визуализация
1	2	3	4
<i>дефекты кривизны горловины</i>		<i>плечевой участок и проймы</i>	
кривизна линии горловины переда (справа/слева)		сборка по плечевому шву	
кривизна линии горловины спинки (справа/слева)		искривление плечевого шва (справа/слева)	
неравномерность ширины бейки горловины переда/спинки (справа/слева)		разный наклон плечевых швов	
кривизна отделочной строчки по горловине		сборка по пройме + сборка по горловине	
сборка по горловине переда		искривление проймы (слева/справа)	

Окончание таблицы 4.1

1	2	3	4
<i>по боковым швам</i>		<i>по рукавам</i>	
смещение боковых швов (справа/слева)		искривление линии низа рукава (справа/слева)	
искривление линии бокового шва (справа/слева)		растянутость низа рукава	
<i>декор</i>		перекрученность низа рукава	
искривление в расположении декора		заломы по окату рукава (справа/слева)	
<i>дефекты по низу изделия</i>			
кривой низ		вытянутый низ изделия	
перекрученный низ изделия (справа/слева)		сборка по строчке	

Валидация модели нейросети выполнена на промышленной партии из 950 ед. в 5 модельных вариантах. Нейросеть тренировали на:

- идентификацию объекта по ассортименту,

- сравнение габаритов швейных изделий из промышленных партий с эталонами,

- принадлежность иконки к базе данных системы.

Фотошаблоны эталонных моделей были предварительно загружены в базу данных системы GarmentScanner в формате JPG/BMP. Для проверки адекватности модели искусственно сформировали информационный шум, для чего в выборку включили модели с разнотипными дефектами, т.е. включающими параметры из соседних множеств признаков. Например, на рисунке 4.7 представлен фрагмент изображения футболки с тремя разновидностями дефектов: 1) сборка по горловине; 2) сборка по пройме переда; 3) растянута бейка горловины на участке спинки.



Рисунок 4.7 – Пример фрагмента футболки с разнотипными дефектами

Проведено исследование зависимости результативности обучения нейросети от количества ее слоев. Тренировка сети из двух слоев показала способность распознавать единичный дефект (связанный с определением контура), после 120 обучающих циклов (N) при желаемой ошибке (E) в 5%, а при желаемой ошибке в 1% понадобилось 155 циклов (рис. 4.8 а). При анализе «зашумленных» изображений, включающих несколько дефектов, длительность обучения возросла до 750 циклов (ошибка 5%) и 820 циклов (ошибка 1%) (рис. 4.8 б).

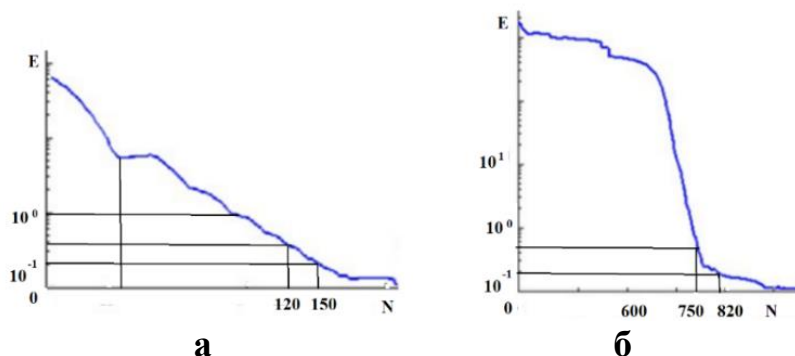


Рисунок 4.8 – График ошибки выхода нейросети при обработке изображений: а) с единичным дефектом; б) «зашумленных»

На повышение адекватности обучения нейросети GarmentScanner направлено пополнение базы данных полноформатных изображений швейных изделий фотошаблонами отдельных участков эталонных образцов. Для моделей футболок информативны горловина, пройма, низ изделия, низ рукава (ракурсы спинка/перед, слева/справа).

Анализ полученной информации показал, что швейному предприятию, использующему ПАК GarmentScanner для оценки качества швейной продукции машинным зрением, необходимо, помимо непрерывной тренировки нейросети, решить проблему индексации данных. В процессе работы нейронная сеть накапливает как нужную, так и лишнюю информацию. Технически, индексация – это перемещение данных в оперативную память с диска для ускорения работы системы. Хранение базы визуальной информации требует огромных объёмов оперативной памяти. Например, сравнение полноцветного пиксельного изображения с разрешением 640x480 пикселей, требуется объём памяти компьютера в 600 Кбайт. Но даже в обычных базах данных «индекс» зачастую не один, встречаются по 2-3 и больше в каждой таблице n-го количества. Поэтому хранить информацию целесообразно на сервере. Самый дорогой сервер стандартных конфигураций на сегодняшний день - хостинг провайдера FirstVDS, у которого оперативная память составляет 16 Гб. Существуют специальные сервера со 128 Гб оперативной памяти, стоимость которых очень высокая. Таким образом, для организации хорошей нейронной сети придётся объединять несколько компьютеров.

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что хранить большие объёмы данных в памяти не конструктивно. Поэтому собранные данные необходимо оптимизировать. В программном продукте GarmentScanner для оптимизации выбран инструмент «хэш» – уникальная последовательность знаков ASCII (система кодирования символов, принятая в информационных технологиях), которая вычисляется по определённому алгоритму из обработанной последовательности информации. Хеш удобен тем, что, если два изображения после одинакового алгоритма обработки дают в результате один и тот же хэш, вероятность идентичности изображений - 99%. При этом хэш занимает незначительно память компьютера. Например, кодировка хэш изображения размером 640x480 пикселей сжимает объем до 32 байта, что почти в 30 тысяч раз меньше, чем само изображение.

Таким образом, по мере роста объёма информации необходимо подключение дополнительных рабочих серверов и серверов распределения нагрузки (отправляющих поток информации на хранение).

Дальнейший вектор развития нейросети GarmentScanner - автоматизированная оценка качества изготовления одежды сложной геометрии и пространственной конфигурации.

Для обучения нейросети необходимы классификаторы, кодирующие теневые помехи и полутона, возникающие на икониках объектов сложной рельефности:

- 1) с конструктивными средствами формообразования (вытачки, швы),
- 2) при наличии сборок, драпировок и т.д.

4.3 Тестирование программного обеспечения GarmentScanner в производственных условиях

Тестирование прототипа программно-аппаратного комплекса машинного зрения GarmentScanner проведено на базе аутсорсинговых швейных компаний «Guangzhou Qingfeng Textile Co., Ltd», Guangzhou

Evergreen Trading Co.,Ltd» и фабрике «FarEast Co., Ltd», сотрудничающих с российскими предпринимателями; выпускающих для российского рынка недорогую одежду категории Fast fashion (быстрая мода).

Перед тестированием GarmentScanner проведено исследование хронометража трудовой деятельности контролеров ОТК в течение рабочего дня при нормальных условиях организации труда и соответствия технике безопасности.

Согласно Должностных инструкций предприятий, в обязанности сотрудников отделов технического контроля входит:

- подготовка рабочего места в начале и конце смены,
- ознакомление с технической документацией на изделия, инструктаж,
- контроль готовых изделий,
- заполнение талонов на переделку,
- заполнение документации.

На обслуживание рабочего места сотрудник тратит не более 30 минут в смену. Основное время работы, как правило, регламентировано [250].

В ходе контактной проверки контролер ОТК визуально осматривает изделие:

- на наличие пороков текстильных материалов, отделки, фурнитуры;
- выявляет разнооттеночность (рис. 4.9),
- оценивает ровноту строчек, качество стежков, ширину швов,
- проверяет качество соединения деталей,
- отслеживает ровноту краев деталей и симметричность (рис. 4.10),
- выполняет контрольные измерения, согласно Табелю мер.

При обнаружении исправимых дефектов заполняет талон на переделку, а изделие возвращается в швейный цех.



Рисунок 4.9 – Визуальный осмотр швейной продукции



**Рисунок 4.10 – Контактный контроль качества продукции.
Проверка симметричности**

Условно, процесс проведения инспекции можно разделить на 5 этапов:

1. Ознакомление с техническим заданием (ТЗ). В среднем, длительность периода - 10-15 мин.

2. Измерение первых образцов из производственной партии.

Согласно требованиям большинства заказчиков, в отделе ОТК проверка качества изготовления швейной продукции промышленных партий проводится на 4-5 размерах из размерной линейки, при этом для инспектирования выбирают не менее 4-5 изделий каждого размера. В среднем,

хронометраж промера одного изделия контактным способом составляет 4,5-5 минут с учетом самостоятельной записи контролером результатов измерений.

Если в отделе ОТК аутсорсингового предприятия принят бригадный способ инспектирования (один контролер измеряет, второй помогает в осмотре и ведет записи), то длительность процесса инспектирования качества одного изделия сокращается до 3,5 минут.

Таким образом, контролер ОТК контактно измеряет выборку из партии готовой продукции за 80-120 минут (в зависимости от количества образцов).

3. Проверка на соответствие материалов заявленным требованиям. На данном этапе выполняют следующие виды работ: проверка плотности, цветостойкости, коэффициент отклонения долевой нити, коэффициент влажности. Проверка упаковки и соответствия маркировки.

4. Проверка качества производственных образцов согласно международному стандарту по AQL (от англ.: Acceptable Quality Level - приемлемый уровень качества). Норматив AQL для производственной партии в 1200-3000 шт. требует проверить 125 единиц изделий выборки.

5. Посещение производственных цехов и коммуникация с производственными мастерами с целью устранения обнаруженных дефектов.

6. Составление полного отчета с указанием и описанием результатов вышеперечисленных пунктов, комментариями по обнаруженным дефектам и способам их устранения.

Средняя продолжительность проведения инспекции технологом или сотрудником отдела ОТК производственной партии одного артикула занимает около 4 часов. За одно посещение фабрики, технолог-инспектор успевает проверить максимум 2 артикула.

Из-за территориальной рассредоточенности аутсорсинг-подрядчиков, у инспектора, порой, не остается времени на посещение производственных цехов и встречи с мастерами производственных линий, что отражается на качестве швейной продукции.

В таблице 4.2 представлен перечень стандартных должностных видов работ, выполняемых в течение рабочего дня технологом-инспектором аутсорсингового предприятия.

Таблица 4.2 – Перечень стандартных трудовых операций технолога-инспектора аутсорсингового предприятия

№	Действие	Описание	Трудозатраты	
1	2	3	4	
1	дорога на фабрику	заказ ж/д билета		
		дорога до вокзала	0,4-1,0 часа	
		покупка билета	0,1-0,3 часа	
		ж/д дорога до пункта назначения	0,3-4 часа	
		автопоездка до ж/д вокзала до фабрики	0,2-4 часа	
		итого	2-6 часов	
2	проведение инспекции	знакомство с ТЗ		
		сделать фото изделия с лицевой и с изнаночной сторон, а также следующих участков: горловина переда, горловина спинки, плечевые швы, пройма, рукава, низ рукава, низ изделия, общий вид изделия, декор.	около 100 фотографий	
		сделать фото изделия на модели: вид спереди, сзади, справа, слева		
		сделать фото всех лейблов		
		проверить информацию на лейблах и этикетках, просканировать, сделать фото		
		сделать фото упаковки		
		сделать фото производства		
		сделать фото изделия с образцом эталоном		
		сделать тесты: проверить плотность, влажность, цветостойкость		
		измерить готовые изделия согласно размерному ряду, 2-5 изделий на размер.		6-25 изделий выборки
		проверить отшиваемые изделия на производстве и выявить дефекты.		
		проверить необходимое количество согласно AQL		80-200 изделий
		дать рекомендации по устранению дефектов производителю		
3	оформление отчета	вставить в отчет все фотографии с комментариями к дефектам	1,5-2 часа	
4	дорога обратно	транспорт	2-6 часов	

Задачей программно-аппаратного комплекса GarmentScanner является объединение четырех операций процесса инспектирования:

- 1) поиск дефектов и пороков материала,
- 2) контрольные измерения, согласно табелю мер;
- 3) оценка соответствия параметров образцу эталону;
- 4) запись параметрической информации.

Сравнительный анализ оперативного времени на контроль качества изготовления швейного изделия (на примере футболки) представлен в таблице 4.3. Установлено, что контактная проверка единичного изделия занимает в пять раз больше времени, чем контроль машинным зрением.

Таблица 4.3 - Сравнительный анализ оперативного времени на контроль качества изготовления швейного изделия (на примере футболки)

Наименование трудовой операции	Среднее время, мин	
	Контактная проверка	GarmentScanner
Раскладка изделия на столе	0,5	0,5
Осмотр изделия на наличие дефектов, пороков материала	1,0	0,5
Контрольные измерения, согласно табелю мер	2,5	
Соответствие образцу-эталону	0,5	
Запись дефектов, заполнение талонов на переделку	0,5	
Итого	5,0	1,0

Контактную параметризацию стандартной выборки в 8-25 изделий инспектор-технолог осуществляет за 40-125 мин. Бесконтактные измерения аналогичной по численности выборки ПАК МЗ проведет за 8-25 мин.

Проверка качества по международному стандарту AQL инспектором занимает 1-2 мин, включая визуальную фиксацию всех обнаруженных дефектов. На оформление отчета необходимо 1.5-2 часа. Таким образом, на проверку 125 шт. изделий и составление отчета инспектор затратит около 4 часов. Проверка посредством ПАК займет 2 ч и отчет сформируется автоматически.

Своевременное получение отчета от инспектора-технолога и принятие быстрого решения крайне важно для компаний, размещающих заказы на

аутсорсинговых предприятиях. Иногда задержка отчета на несколько часов отражается на задержке получения партии на несколько дней, что в условиях сезонности является первостепенным. Каждая фирма заинтересована в проведении 100% проверки, этим обеспечивается гарантия отгрузки заказчику продукции высокого качества. Для осуществления такого дорогостоящего вида инспекции компании-заказчику необходимо отправить на предприятия-подрядчики несколько технологов, при этом длительность проверки увеличится до двух-трех дней. Подобная масштабная инспекция проводится только по необходимости, если производственная партия не прошла инспекцию по международному стандарту AQL.



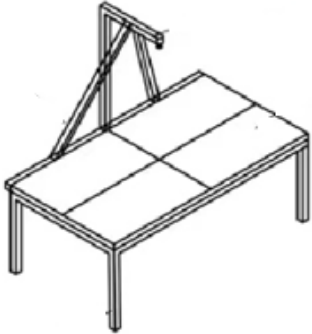
Мониторинг эффективности контактных проверок [133, 135, 136, 138-140] показал, что после проверки свыше 300 изделий, технолог-инспектор фокусируется на наиболее часто встречающемся дефекте и перестает замечать остальные, что неизбежно влечет за собой ухудшение качества процесса проверки. Посредством GarmentScanner можно проводить 100% инспекции без выезда инспекторов на фабрики и контролировать результативность работы ПАК посредством автоматически сформированного отчета, избегая влияния человеческого фактора на принятие решения о результатах проверки.

Сравнительный анализ рабочего пространства, занимаемого сотрудниками типового отдела ОТК и ПАК GarmentScanner, показал преимущества оснащения производства программно-аппаратным комплексом (табл. 4.4).

Техническое оснащение рабочего места контролера ОТК включает рабочий стол, стеллажи, измерительный инструментарий, мелки, шаблоны, приспособления для подсчета количества стежков в 10 мм строчки, ножницы, журналы, штампы, ручки, карандаши, блокноты, техническое описание на модель, образец-эталон, стандарты и др.

Рабочее пространство одного сотрудника может занимать до 1,5 м², а общая площадь отдела – свыше 10 м².

Таблица 4.4 - Матрица параметров рабочего пространства в отделах ОТК

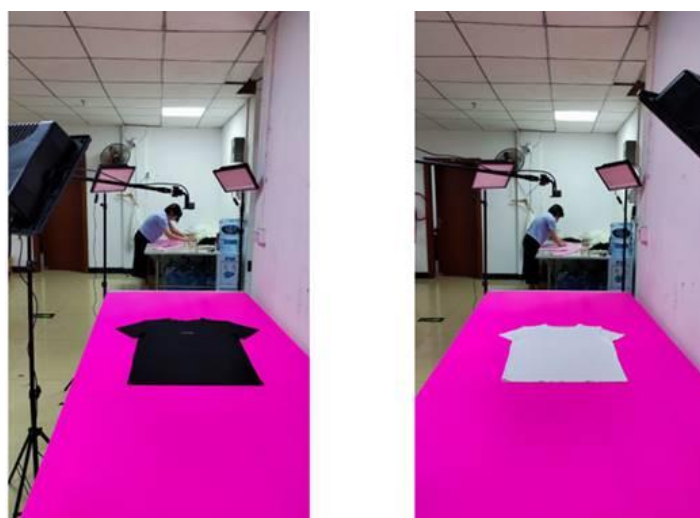
Рабочее место	Размеры одного рабочего места, см	Изображение	Количество работников, человек
1	2	3	4
отдел технического контроля на небольшой фабрике	540*180		5-10
отдел технического контроля на крупной фабрике	140 *100		от 10 выше
GarmentScanner	205*145 + рабочее место с компьютером		раскладчик-1 инспектор-1

Опытный образец программно-аппаратного комплекса GarmentScanner был установлен, по согласованию с руководством компаний «Guangzhou Qingfeng Textile Co., Ltd», Guangzhou Evergreen Trading Co., Ltd», на швейных предприятиях в соседних помещениях с отделами ОТК (рис. 4.11).



Рисунок 4.11 – Тестирование работы ПАК GarmentScanner

В качестве экспериментальных образцов для тестирования этапа измерения изделий выбраны два варианта футболок одинакового размера в черном и белом цвете (рис. 4.12).



а

б

Рисунок 4.12 – Вид установки в тестовых режимах: а) тестирование в черном цвете; б) тестирование в белом цвете

В таблицах 4.5 и 4.6 представлены результаты измерений.

Таблица 4.5 – Параметры изделия (белый)

		Артикул модели	Дата проверки	
		Цвет		
		Количество в партии		
№	Название измерения	L	Допустимое отклонение, в см	
A	Проекционная ширина горловины от шва до шва	20,5	0,5	
B	Длина горловины переда	40,2	0,7	
C	Глубина горловины переда	14,5	0,5	
D	Ширина бейки горловины	1,2	0,2	
E	Ширина плеча	10,3	0,3	
F	Ширина переда в узком месте	38	0,7	
G	1/2 Ширина под проймой	48	1	
H	1/2 Ширина по линии талии	45,5	1	
I	1/2 Ширина по линии бедер	47,5	1	
J	1/2 Ширина по линии низа	50	1	
K	Длина переда	67,2	1	
K1	Длина по середине переда	52,8	1	
L	Глубина проймы	24	1	
L1	Длина проймы переда	25,5	0,7	
M	Длина бокового шва	42,5	0,7	
N	Длина спинки	67,8	1	
N1	Длина середины спинки	65,5	1	
Q	Длина горловины спинки	22	0,7	
O	Плечевой диаметр	40,2	1	
P	Глубина горловины спинки	2,3	0,5	
R	Ширина спинки в узком месте	37	0,7	
S	Длина рукава	16,5	1	
T	Длина нижнего шва рукава	7,5	0,7	
U	1/2 Ширина рукава	21,5	1	
V	1/2 Ширина низа рукава	16,2	1	
X1	М.р. уровня Ширина груди в узком месте	17		
X2	М.р. уровня Ширина спины в узком месте	12		
X3	М.р. уровня 1/2 Ширина талии	40		
X4	М.р. уровня 1/2 Ширина бедер	60		
X5	М.р. уровня 1/2 Ширина рукава	11		

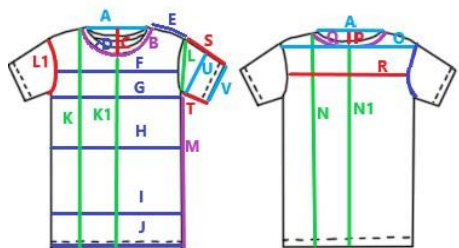
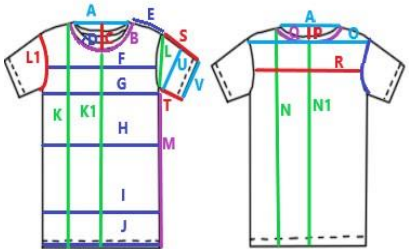


Таблица 4.6 – Параметры изделия (черный)

		Артикул модели		Дата проверки	
		Цвет			
		Количество в партии			
		№	Название измерения	L	Допустимое отклонение, в см
	A	Проекционная ширина горловины от шва до шва	20,5	0,5	
	B	Длина горловины переда	40,2	0,7	
	C	Глубина горловины переда	14,5	0,5	
	D	Ширина бейки горловины	1,2	0,2	
	E	Ширина плеча	10,3	0,3	
	F	Ширина переда в узком месте	38	0,7	
	G	1/2 Ширина под проймой	48	1	
	H	1/2 Ширина по линии талии	45,5	1	
	I	1/2 Ширина по линии бедер	47,5	1	
	J	1/2 Ширина по линии низа	50	1	
	K	Длина переда	67,2	1	
	K1	Длина по середине переда	52,8	1	
	L	Глубина проймы	24	1	
	L1	Длина проймы переда	25,5	0,7	
	M	Длина бокового шва	42,5	0,7	
	N	Длина спинки	67,8	1	
	N1	Длина середины спинки	65,5	1	
	Q	Длина горловины спинки	22	0,7	
	O	Плечевой диаметр	40,2	1	
	P	Глубина горловины спинки	2,3	0,5	
	R	Ширина спинки в узком месте	37	0,7	
	S	Длина рукава	16,5	1	
	T	Длина нижнего шва рукава	7,5	0,7	
	U	1/2 Ширина рукава	21,5	1	
	V	1/2 Ширина низа рукава	16,2	1	
	X1	М.р. уровня Ширина груди в узком месте	17		
	X2	М.р. уровня Ширина спины в узком месте	12		
	X3	М.р. уровня 1/2 Ширина талии	40		
X4	М.р. уровня 1/2 Ширина бедер	60			
X5	М.р. уровня 1/2 Ширина рукава	11			

Сравнительный анализ величин измерений, выполненных программой, показал идентичность параметров, что говорит об адекватности распознавания ПАК GarmentScanner визуальной информации, четкости аппроксимации контуров футболок в разных цветовых вариантах изделий и расстановки на контурах информативных точек.

По результатам апробации прототипа ПАК GarmentScanner сформулированы следующие рекомендации, повышающие результативность работы ПО:

1. С целью повышения точности измерений, необходимо сместить уровень измерения «ширина изделия по линии груди» на 3-5 см ниже вершины бокового шва (рис. 4.13), поскольку на нижнем участке проймы формируется складка, нарушающая гладкость поверхности и порождающая помехи («шумы») в распознавании иконки.



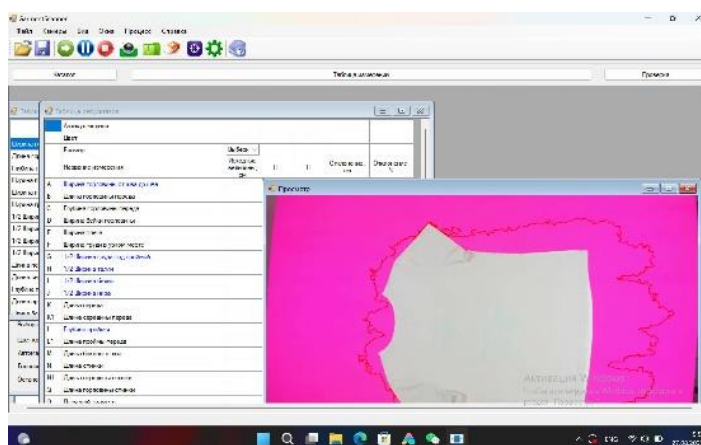
Рисунок 4.13 – Схема расположения нового уровня измерения

2. Изделия, изготовленные из материалов с разными свойствами (плотность, драпируемость и т.д.), необходимо проверять машинным зрением со стороны более плотного материала (рис. 4.14 а), что позволит избежать формирование на поверхности незапланированных заломов и складок, возникающих со стороны более легкого материала (рис. 4.14 б), исключив тем самым помехи («шумы») в распознавании иконки.

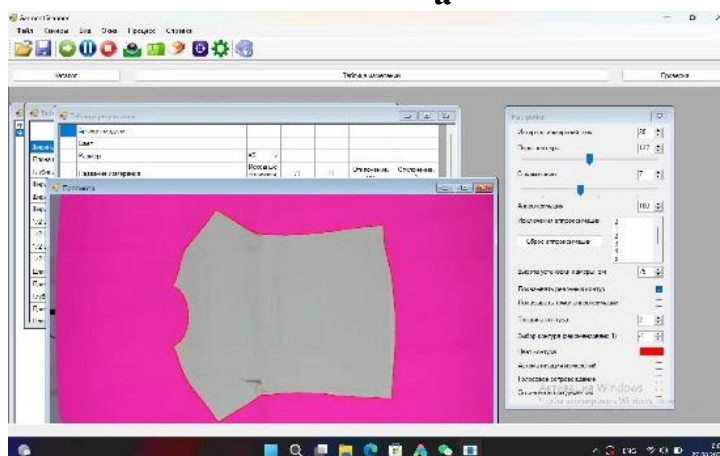


Рисунок 4.14 – Вид поверхности изделия из материалов с разными свойствами: а) спинка, б) перед

3. Установлена необходимость этапа настройки интенсивности дополнительного освещения. Пренебрежение данной корректировкой сказывается на адекватности формы контура изделия на иконике (рис. 4.15 а). Комбинирование в помещении основного освещения и правильно настроенного дополнительного повышает точность аппроксимации контура (рис. 4.15 б).



а



б

Рисунок 4.15 – Визуализация помех при выстраивании контура: а) с помехами; б) без помех

Таким образом, тестирование работы прототипа ПАК GarmentScanner показало, что применение машинного зрения для контроля качества швейной продукции оптимизирует производственный процесс в следующих направлениях:

- 1) повышается качество контроля за счет исключения субъективной погрешности,
- 2) увеличивается результативность процесса проверки, включающего визуальный осмотр и извлечение метрической информации,
- 3) формируется возможность реорганизации рабочего пространства цехов за счет уменьшения площади отдела ОТК и численности персонала.

На начальном этапе внедрения цифрового контроля требуется оператор (сотрудник ОТК), выполняющий размещение швейных изделий (объектов оцифровки) на поверхности столешницы ПАК.

С установкой автоматического укладчика время на раскладку изделий может быть снижено до 5-10 секунд.

Выводы по разделу 4

1. Разработаны требования к нейросети GarmentScanner для процесса идентификации дефектов швейной продукции машинным зрением. В качестве прототипа выбрана сеть CNN прямого распространения – многослойный персептрон.

2. Разработано кодирование информации об объектах на входном слое CNN. Выбрана кодировка из пяти переменных, включающая три цветовых индикатора и две декартовых координаты.

3. Установлено, что фактором, снижающим эффективность, является «зашумленность» визуальных образов и присутствие нескольких дефектов в одном изделии. Для повышения адекватности выходной информации разработаны обучающие выборки положительных и отрицательных изображений дефектов, регламентирующих закономерности их идентификации.

4. Проведена промышленная апробация работы прототипа ПАК GarmentScanner на швейных аутсорсинговых предприятиях Китая. Установлена эффективность применения системы машинного зрения на этапе контроля качества продукции. Сравнительный анализ оперативного времени, затрачиваемого на контроль качества изготовления швейной продукции показал, что длительность процедуры измерительного контроля единичного изделия, на примере футболки, в 5 раз короче, чем инспектирование изделий контактным способом.

5. Сформулирован вектор дальнейшего развития нейросети ПАК GarmentScanner, направленный на разработку классификаторов, кодирующих теневые помехи и полутона, возникающие на икониках объектов со сложной рельефностью.

Выводы по работе

1. Предложен метод контроля качества швейных изделий, основанный на применении машинного зрения. Определено, что использование виртуального инструментария, распознающего по изображениям дефекты внешнего вида швейных изделий, позволит объективно осуществлять инспектирование производства, отслеживать сформированные и потенциальные дефекты непосредственно на фабриках и дистанционно, что способствует развитию новых моделей сотрудничества в отрасли, в том числе на межгосударственном уровне.

2. Проанализирована общемировая практика применения систем машинного зрения для выявления бракованной продукции в различных отраслях экономики. Разработан метод контроля машинным зрением качества швейной продукции, основанный на использовании программного продукта, идентифицирующего визуальную и метрическую информацию об объектах на основе математических вычислений и сопоставления изображений объектов с шаблонами.

3. Определена конфигурация программно-аппаратного комплекса машинного зрения, включающая; 1) рабочее пространство – столешницу для расположения швейных изделий; 2) сканирующее устройство – веб камеру, 3) систему дополнительного освещения - бестеневые светодиодные лампы, размещенные с разных сторон от объекта; 4) один или несколько компьютеров со специальным программным обеспечением, решающим задачи распознавания объекта на изображении, удаление помех для точного определения границ объекта, вычисление операторов математической морфологии (размерность объектов, наличие дефектов) и сравнение параметров с эталоном для заключительного отчета о необходимости отбраковки изделия, 5) два сервера для хранения и сопровождения процесса идентификации.

4. Определена предпочтительная IT-платформа для реализации способа контроля качества швейной продукции машинным зрением, апробированная на общемировом уровне в распознавании объектов разнообразными системами компьютерного зрения, функционирующими с применением нейросетевых технологий. В качестве алгоритма распознавания визуалов выбран математический аппарат на основе каскадов Хаара - перемещающегося по изображению окна, выявляющего набор признаков для идентификации объекта, и обучающего каскадного классификатора.

5. Проанализирован потенциал идентификации виртуальным инструментарием системы машинного зрения швейных изделий с дефектами внешнего вида, сформированными при изготовлении изделий. Определено, что машинным зрением распознаваемы дефекты поверхности материала, дефекты строчек и швов, несимметричность формы и принтов в одежде, несоответствие габаритов изделий эталону; наличие перекосов, неровностей краев. Виртуальный измерительный инструмент применим для вычисления геометрических характеристик одежды плоских форм.

6. Предложена организация пополняемой Единой Цифровой Информационной Базы Дефектов Швейной Продукции, включающей базы различных дефектов, для обучения нейросети программно-аппаратных комплексов машинного зрения, идентифицирующих дефекты швейных изделий. Для информационного наполнения Базы Данных разрабатываемой системы машинного зрения проанализированы и систематизированы визуальные и метрические характеристики швейных изделий с технологическими дефектами и дефектами от несовершенства проектно-конструкторской документации; разработаны базы данных, получены свидетельства интеллектуальной собственности. Разработана и зарегистрирована в ФИПС база данных измерений швейных изделий для контроля качества машинным зрением.

7. Разработан прототип программно-аппаратного комплекса GarmentScanner для реализации метода контроля машинным зрением

технологических дефектов в промышленных партиях одежды. Экспериментально подобран цвет столешницы, максимально минимизирующий проявление помех на изображениях. Разработаны архитектура программного продукта, интерфейс, алгоритм взаимодействия системы машинного зрения и технолога-оператора. Зарегистрирован в ФИПС прототип программы для ЭВМ, реализующий функционал GarmentScanner.

8. Разработаны методики расчета векторов в информативных точках и их координат для параметризации GarmentScanner визуального аналога одежды. Для реализации функционала идентификации швейных изделий с дефектами с помощью алгоритма Viola-Jones, апробированного в известных системах машинного зрения, разработана методика расчета координат базовых точек перемещающегося по изображению прямоугольного распознающего окна, вписываемого в контур изделия. Разработано кодирование буквенно-цифровым маркером изображения швейного изделия; в массив входных/выходных данных входят цвет, координаты точек, вектора для расчета габаритов объекта. Разработана логическая модель процесса контроля качества изготовления швейной продукции машинным зрением. Предложен цифровой контроль с применением GarmentScanner на этапе промежуточного контроля полуфабрикатов и для инспекции партий готовой одежды.

9. Проведена промышленная апробация работы прототипа программно-аппаратного комплекса машинного зрения GarmentScanner на швейных аутсорсинговых предприятиях Китая. Установлена эффективность применения системы машинного зрения на этапе контроля качества готовой продукции. Сравнительный анализ оперативного времени, затрачиваемого на контроль качества изготовления швейной продукции показал, что длительность процедуры измерительного контроля единичного изделия, на примере футболки, в 5 раз короче, чем инспектирование изделий контактным способом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Нормативно-правовые акты

1. ГОСТ 4.45-86 Система показателей качества продукции. Изделия швейные бытового назначения. Номенклатура показателей. – М.: Изд-во стандартов. – 2001. – 6 с.
2. ГОСТ Р 8.596–2002 Государственная система обеспечения единства измерений. Метрологическое обеспечение измерительных систем. Основные положения. – М.: Стандартинформ. – 2008 – 15 с.
3. ГОСТ 8.654-2009 Требования к программному обеспечению средств измерений. Основные положения. – М.: Стандартинформ. – 2011 – 16 с.
4. ГОСТ 34.11-2018 Информационная технология. Криптографическая защита информации. Функция хэширования – М.: Стандартинформ – 2018. – 23 с.
5. ГОСТ 12566 Изделия швейные бытового назначения. Определение сортности. – М.: Стандартинформ – 2006. – 16 с.
6. ГОСТ 15467-79 Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения. – М.: Стандартинформ – 2009. – 22 с.
7. ГОСТ 16504-81. Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения. – М.: ИПК Издательство стандартов. – 2004. – 24 с.
8. ГОСТ 22977-89. Детали швейных изделий. Термины и определения. – М.: Изд-во стандартов. – 1999. – 11 с.
9. ГОСТ 22851-77 Выбор номенклатуры показателей качества промышленной продукции. – М.: Изд-во стандартов. – 1978. – 12 с.
10. ГОСТ 23193-78 Изделия швейные бытового назначения. Допуски. – М.: Издательство стандартов. – 1985. – 7 с.
11. ГОСТ 24103-80. Изделия швейные. Термины и определения дефектов. – М.: Изд-во стандартов. – 1991. – 7 с.

12. ГОСТ 4103-82 Изделия швейные. Методы контроля качества. – М.: Стандартиформ. – 2011. – 23 с.
13. ГОСТ Р 51303-2013 Торговля. Термины и определения. – М.: Стандартиформ. – 2014. – 25 с.
14. ГОСТ Р 54393-2011 Изделия швейные и трикотажные. Термины и определения. – М.: Стандартиформ. – 2014. - 16 с.
15. ГОСТ 17037-2022 Изделия швейные и трикотажные. Термины и определения. – М.: Российский институт стандартизации. – 2022 – 40 с.
16. ГОСТ Р ИСО 3635–99 Одежда. Размеры. Определения, обозначения и требования к измерению. – М.: Изд-во стандартов. – 2000. – 8 с.
17. ГОСТ Р ИСО 9000-2015 Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь – М.: Стандартиформ. – 2014. – 53 с.
18. Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации. «Цифровая экономика РФ». Программа. Утв. протоколом заседания президиума Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам от 4 июня 2019 г. № 7.
19. «О правовой охране программ для электронных вычислительных машин и баз данных». Закон РФ № 3523-1 от 23.09.92.

Книги, монографии, учебные пособия

20. Алахова С.С. Технология контроля качества производства швейных изделий: учебное пособие/ С.С. Алахова, Е.М. Лобацкая, А.Н.. Махонь – Минск: ВГТУ, 2014. – 287 с.
21. Антология русского качества / под ред. Б.В. Бойцова, Ю.В. Крянева. – 3-е изд., доп. – М.: Стандарты и качество, 2000. – 432 с.
22. Аристотель. Категории // Аристотель. Этика. Политика. Риторика. Поэтика. Категории. – Минск: Литература, 1998. – 1391 с.
23. Баночкин П.И. Проектирование программных приложений. Учебное пособие/ П.И. Баночкин, Г.П. Цапко – Томск. НИТПУ, 2012. – 92 с.

24. Барский А.Б. Нейронные сети: распознавание, управление, принятие решений. – М.: Финансы статистика, 2004. – 176 с.
25. Вакуленко С.А. Практический курс по нейронным сетям/ С.А. Вакуленко, А.А. Жихарева – СПб: Университет ИТМО, 2018. – 71 с.
26. Водопьянова Н. Е. Синдром выгорания: диагностика и профилактика. / Н.Е. Водопьянова, Е.С. Старченкова – СПб.: Питер, 2008. – 336 с.
27. Гафаров Ф.М. Искусственные нейронные сети и приложения: учеб. пособие / Ф.М. Гафаров, А.Ф. Галимянов. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2018. – 121 с.
28. Гегель Г. Наука логики: в 3 т. Т 1. – М.: Мысль, 1970.
29. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений: Пер. с англ./ Под ред. Чочиа П.А. – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с
30. Даль В.И. Толковый словарь живого великорусского языка: в 4 т. М.: Рус. яз., 1998.
31. Заенцев И.В. Нейронные сети: основные модели. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1999. – 76с.
32. Исикава К. Японские методы управления качеством. – М.: Экономика, 1998. – 199 с.
33. Карпова И.П. Базы данных. Курс лекций и материалы для практических заданий. – М.: Питер, 2013. – 240 с.
34. Конструирование одежды с элементами САПР: учебник/ Е.Б. Коблякова, Г.С. Ивлева, В.Е. Романов и др.; под ред. Е.Б. Кобляковой. – М.: Легпромбытиздат, 1988. – 464 с.
35. Кузин А.В. Базы данных. Учебное пособие – М.: Издательский центр «Академия». 2012. – 320 с.
36. Неверов А.Н. Основы теории погрешностей. Учебное пособие – М.: МАДИ, 2021. – 58 с.
37. Ожегов С.И. Словарь русского языка. 10-е изд. – М. : Сов. энцикл., 1984. – 797 с.

38. Спицына И.А. Применение системного анализа при разработке пользовательского интерфейса информационных систем: учебное пособие./ И.А. Спицына, К.А. Аксенов – Екатеринбург : Урал.Унив-т., 2018. – 100 с.
39. Певзнер Б.М. Качество цветных телевизионных изображений. – М.: Радио и связь, 1988. 2-е изд., доп. и перераб. – 224 с.
40. Ростовцев В.С. Искусственные нейронные сети. Учебник. – Киров: Изд-во ВятГУ, 2014. – 208 с.
41. Фисенко В.Т. Компьютерная обработка и распознавание изображений: учеб. пособие./ В.Т. Фисенко, Т.Ю. Фисенко – СПб: СПбГУ ИТМО, 2008. – 192 с.
42. Чуи К. Введение в вэйлеты: Пер. с англ. – М.: Мир, 2001. – 412 с.
43. Шапиро Л. Компьютерное зрение/ Шапиро Л., Стокман Дж.: Пер. с англ. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 752 с.
44. Шайхлисламов А.Х. Цветоведение и колористика. Учебное пособие. – Елабуга. Центр оперативной печати: Абак, 2020. – 113 с.
45. Шершнева Л.П. Качество одежды. – М.: Легпромбытиздат, 1985. – 192 с.
46. Энгельс Ф. Диалектика природы // Сочинения / К. Маркс, Ф. Энгельс. 2-е изд. – М.: 1955 – 1981. Т. 20. – 858 с.
47. Экономика качества. Основные принципы и их применение / под ред. Дж. Кампанеллы; пер. с англ. А. Раскина. – М.: РИА «Стандарты и качество», 2005. – 230 с.

Диссертации, авторефераты

48. Арчинова Е.В. Совершенствование методики автоматизированного проектирования технологических процессов подготовительно-раскройного производства: дисс.. канд. техн. наук, спец. 05.19.04 – М.: 2001. – 156 с.
49. Бондарева М.В. Совершенствование процессов технологической подготовки производства новых моделей в среде единой информационной системы швейного предприятия.: автореферат канд. техн. наук спец. 05.19.04. – Санкт-Петербург: 2003. – 17 с.

50. Гетманцева, В.В. Научные основы интеллектуализации виртуального проектирования конструкции и технологии изготовления одежды: дис... докт. техн. наук. спец. 05.19.04 – М.: 2020. – 476 с.
51. Гетманцева В.В. Разработка методов интеллектуализации процесса автоматизированного проектирования женской одежды: дис... канд. техн. наук. спец. 05.19.04. – М.: 2006. – 168 с.
52. Голыгин Н.Х. Разработка научно-технической базы создания оптико-электронного комплекса для исследований мобильных координатных средств измерений: дисс... докт. техн. наук, спец. 05.11.07 – М.: 2022. – 249 с.
53. Гусева М.А. Совершенствование метода трёхмерного проектирования элементов конструкции плечевой одежды: дис. канд. техн. наук, спец. 05.19.04. – М.: МГУДТ, 2007. – 172 с.
54. Дзинь Ба Минь Исследование многоканальной оптико-электронной системы обеспечения сепарации фруктов сложной формы.: автореферат дисс. канд. техн. наук, спец. 05.11.07. – Санкт-Петербург. 2022. – 18 с.
55. Завзятый В.И. Совершенствование технологии и информационно-технического обеспечения подготовительно-раскройных процессов в производстве одежды: дисс... канд. техн. наук, спец. 05.19.04 – Владивосток, ВГУЭС, 2011.- 18 с.
56. Курышева В.Н. Разработка эмпирического метода одевания трёхмерной поверхности тканью. - дис... канд. техн. наук. спец. 05.19.04 – М.: МГУДТ, 2006. – 145 с.
57. Легких С.А. Автоматизация компоновки и размещения оборудования при технологической подготовке производства швейных изделий: автореферат дисс. канд. техн. наук, спец. 05.19.04 – Омск, 2006. – 18 с.
58. Подшивалова А.В. Совершенствование автоматизированного проектирования одежды на основе интеллектуализации процесса конфекционирования материалов: автореферат дис. канд. техн. наук спец. 05.19.04 – Владивосток, ВГУЭС, 2011. – 18 с.

59. Петросова И.А. Разработка методологии проектирования внешней формы одежды на основе трехмерного сканирования: дис. док. техн.наук, спец. 05.19.05 -Москва, 2014. – 522с.
60. Ревякина О.В. Разработка диалоговой системы проектирования одежды на основе использования средств визуального программирования.: дис.канд.техн.наук. спец. 05.13.12. – Омск, 2004. –144 с.
61. Романовский Р.С. Разработка метода автоматизированного проектирования швейных изделий в условиях массовой кастомизации на основе применения трехмерного сканирования фигуры человека.: дис.канд.техн.наук. спец. 05.19.04. – М., 2022 –256 с.
62. Сидоров С.Г. Разработка ускоренных алгоритмов обучения нейронных сетей и их применение в задачах автоматизации проектирования: автореф. дисс. физ-мат. наук: 05.13.11 – Иваново, 2003. – 24 с.
63. Шальнов Е.В. Исследование и разработка методов сопровождения людей и частей их тела в видеопоследовательности. дисс.. канд.техн. наук 05.13.12 – М., 2017. - 115 с.
64. Ясинский И.Ф. Разработка нейросетевой системы для обнаружения и классификации дефектов ткани на мерильно-браковочном оборудовании: автореферат дис... канд. техн. наук: 05.02.13 – Иваново, 2007. – 20 с.

Российская периодическая литература

65. Аль Балуши И. Изучение влияния использования технического зрения на показатели качества оманской халвы./ Аль Балуши И., И.Г. Благовещенский, [и др.]// Health, Food & Biotechnology. – 2019. – № 1(4). – с. 39-52.
66. Байрак С.А. Система контроля топологии печатных плат/ С.А. Байрак, А.А. Дудкин, А.В. Инютин, [и др.]// Искусственный интеллект. – 2009. – № 7. – С. 242–247.
67. Балацкий Е.В. Глобальные вызовы четвертой промышленной революции // Современная экономическая теория. – 2019. – № 17(2). – с. 6-22.
68. Балухто А.Н., Романов А.А. Искусственный интеллект в космической технике: состояние, перспективы развития // Ракетно-космическое

- приборостроение и информационные системы. – 2019. – Т. 6. – вып. 1. – с. 65–75.
69. Белгородский В.С, Гусева М.А., Андреева Е.Г., *Рогожина Ю.В.* Искусственный интеллект в оценке качества готовой швейной продукции // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2022. – №2 (398). – С.168-177.
70. Белых Е.А. Обучение каскадов Хаара // Вестник Сыктывкарского университета. Сер. 1: Математика. Механика. Информатика. – 2017. – Вып. 1 (22). – С. 41-53.
71. Благовещенский И.Г. Использование системы компьютерного зрения для контроля в режиме онлайн качества сырья и готовой продукции пищевой промышленности // Пищевая промышленность. – 2015. – № 6. – С. 9-14.
72. Бодрякова Л.Н. Совершенствование цифровизации процессов подготовительно-раскройных операций скорняжного производства./ Л.Н. Бодрякова, П.И. Михайлов, Е.А. Кирсанова, [и др.]// Дизайн и технологии. – 2020. – № 79 (121). – С. 25-33.
73. Волотовский С.Г. Система технического зрения для распознавания номеров железнодорожных цистерн с использованием модифицированного коррелятора в метрике Хаусдорфа/ С.Г. Волотовский. Н.Л. Казанский, С.Б. Попов, [и др.]// Компьютерная оптика. – 2005. – Вып. 27. – С. 177-184.
74. Гайер А.В., Шешкус А.В., Чернышова Ю.С. Аугментация обучающей выборки «на лету» для обучения нейронных сетей // Труды ИСА РАН. Спецвыпуск. – 2018. – С. 150-157.
75. Гетманцева В.В., Гусева М.А., Андреева Е.Г., Горковенко Л., Копылова М.Д., *Рогожина Ю.В.* Этапы проектирования персонифицированного сценического костюма // Костюмология. – 2020. – Том 5. – №1.
76. Глумов Н.И. Метод быстрой корреляции с использованием тернарных шаблонов при распознавании объектов на изображениях/ Н.И. Глумов, Е.В. Мясников, [и др.]// Компьютерная оптика. – 2008. – Т. 32. – № 3. – С. 277–282.

77. Гордеев Д.В. Применение машинного зрения для поиска и обнаружения поверхностных дефектов сварных соединений // Technical and Computer Science. Juvenis scientia. – 2018. – № 3. – С. 4-6.
78. Горячкин Б.С., Китов М.А. Компьютерное зрение // E-SCIO. – 2020. – № 9 (48). – С. 317-345.
79. Грибер Ю.А. Хроматические характеристики кислотного цвета // Бюллетень науки и практики. – 2017. – № 10. – С. 318-327.
80. Гусева М.А., **Рогожина Ю.В.** Опыт и перспективы цифровой трансформации швейной отрасли // Костюмология. – 2023. – Том 8. – №3.
81. Гусева М.А., Андреева Е.Г., **Рогожина Ю.В.**, Программно-аппаратный комплекс GarmentScanner для цифрового контроля качества швейной продукции// Дизайн и технологии. – 2022. – № 89 (131). – С. 36-46.
82. Гусева М.А., Андреева Е.Г., **Рогожина Ю.В.**, Чистякова А.И. Автоматизированный отбор моделей швейных изделий к запуску в массовое производство // Территория новых возможностей. Вестник Владивостокского государственного университета экономики и сервиса. – 2021. – Т. 13. – № 1. – С. 152–162.
83. Гусева М.А., В.С. Белгородский, Андреева Е.Г., **Рогожина Ю.В.** Автоматизация контроля качества одежды путем цифровизации конструктивных и технологических дефектов // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы. – Иваново: ИВГПУ. – 2020.– С. 373-377.
84. Гусева М.А., Гетманцева В.В., Андреева Е.Г., **Рогожина Ю.В.**, Смирнов В.Б. Цифровизация дефектов одежды для оптимизации аутсорсингового изготовления «Fast fashion» коллекций // Дизайн и технологии. – 2019. – № 75 (117). - с. 43-48.
85. Гусева М.А., **Рогожина Ю.В.** Опыт и перспективы цифровой трансформации швейной отрасли // Костюмология. – 2023. – Том 8. – №3.
86. Данилов А.А., Елтышева В.А., Железняков А.С. Нейронные сети в задачах оценки качества швейных строчек. // В сборнике: Материалы докладов

- 48-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов, посвященной 50-летию университета. в 2 т. – Витебский государственный технологический университет. – 2015. – С. 43-45.
87. Дворецкий Н. Системы машинного зрения в фармацевтической промышленности // CONTROL ENGINEERING РОССИЯ. – 2018. – № 5 (77). – С. 65-69.
88. Денисенко Н.В. Обзор алгоритмов для решения задачи измерения высоты объекта на изображении // Молодой исследователь Дона. – 2018. – № 3(12). – 53-57.
89. Дударев Д.С., Дударев К.С., Мотайленко Л.В. Ретроспектива компьютерного зрения // Столыпинский вестник. – 2023. – № 2. – С. 901-913.
90. Дятлов Е.И. Машинное зрение (аналитический обзор) // Математические машины и системы. – 2013. – № 3. – С. 32- 41.
91. Железняков А.С., Веретено В.А., Соколовский А.Р. Экспресс - метод оценки повреждаемости текстильных материалов при изготовлении швейных изделий. Экспресс - метод оценки повреждаемости текстильных материалов при изготовлении швейных изделий. // В сборнике: Материалы докладов 48 Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов, посвященной 50-летию университета. в 2 т. – Витебский государственный технологический университет. – 2015. – С. 263-265.
92. Зуева Т.В., Сурженко Е.Я., Медведев В.Ю. Выбор показателей для оценки качества специальной одежды// Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 1999. – №5. – С.132.
93. Ивановский В.А. Дистанционное обнаружение дефектов ткани // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2010. – № 5 (326). – С. 124-126.
94. Изосимова Т.А., Максимова М.В., Михайлова О.В. Разработка автоматизированной системы управления диагностикой печатных плат на основе машинного зрения // Вестник НГИЭИ. – 2018. – № 1 (80). – С. 7–18.

95. Исаев А.Л., Газаров Д.А., Евсеев С.Д. Распознавание лиц по изображениям // Международный научный журнал «Символ науки» – 2017. – № 04-2. – С. 70-77.
96. Казначеева А.А. Разработка автоматизированной системы обнаружения дефектов на ткани с применением компьютерного зрения/ А.А. Казначеева, С.В. Захаркина, О.М. Власенко, [и др.]// Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона». – 2021. – № 12.
97. Казанский Н.Л., Попов С.Б. Распределённая система технического зрения регистрации железнодорожных составов // Компьютерная оптика. – 2012. – т. 36 – № 3. – С. 419-428.
98. Кирсанова Е.А., Павлов М.А., Демская А.А. Идентификация элементов баз данных и производственных задач конфекционирования материалов для женских жакетов // Дизайн и технологии. – 2016. – № 55 (97). – С. 46-51.
99. Кокотт Д., Фомичев В. Безопасное обнаружение скрытых дефектов // Технологии в электронной промышленности. – 2015. – № 1 (77). – С. 57-59.
100. Коринтели А. М., Черунова И.В. Разработка и исследование структуры соединительного герметичного шва с повышенной устойчивостью к разрыву // Костюмология. – 2023. – Т 8 – №2.
101. Корнилова Н.Л. Отдельные аспекты PLM-систем для создания цифровых фабрик в швейной промышленности/ Н.Л. Корнилова, Салкуцан С.В., [и др.]// Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2018. – № 4 (376). – С.103-106.
102. Корнилова Н.Л. Основные подходы к созданию цифровых фабрик в индустрии моды/ Н.Л. Корнилова, С.В. Салкуцан, А.Е. Горелова, [и др.]// Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX). – 2018. – № 1-1. – С. 39-45.
103. Кульчицкий А.А. Применение систем технического зрения для контроля технологических параметров и оборудования на производстве/ А.А. Кульчицкий, В.В. Булатов, [и др.]// Новые информационные технологии в автоматизированных системах. – 2017. – № 20 – С. 17-22.

104. Лапшин В.В. Решение проблем улучшения оценки качества материалов за счет автоматизированных устройств к стандартному оборудованию/ В.В. Лапшин, Н.А. Смирнова, В.В. Замышляева, [и др.]// В сборнике: Современные инженерные проблемы ключевых отраслей промышленности. Сборник научных трудов Международного научно-технического симпозиума III Международного Косыгинского Форума «Современные задачи инженерных наук». – М. – 2021. – С. 121-125.
105. Локтев А.А., Алфимцев А.Н., Локтев Д.А. Алгоритм распознавания объектов // Вестник МГСУ. – 2012. – № 5. – С. 194-201.
106. Мынбаев М.Т. Внедрение швейного робота с искусственным интеллектом в промышленное производство изделий/ М.Т. Мынбаев, А.С. Бутабекова, Н.А. Юлдашева, [и др.]// Вестник Казахского гуманитарно-юридического инновационного университета. – 2018. – № 1 (37). – С. 145-149.
107. Музыка М.Ю. Оценка возможности использования системы технического зрения для контроля маркировки готовой молочной продукции/ М.Ю. Музыка, М.М. Благовещенская, И.Г. Благовещенский, [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2021. – №4 – С. 187-205.
108. Немцев Н.С. Подход для повторной идентификации модели транспортного средства по его изображению // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2019. – Т. 19. – № 4. – С. 722–729.
109. Нефедов И.Ю., Орлова Е.А. Контроль качества птицеводческой продукции с помощью машинного зрения // Электронный научный журнал «ВЕКТОР ЭКОНОМИКИ». – 2020. – № 6.
110. Подрядчиков В.А., Железняков А.С., Соколовский А.Р. Автоматизация процесса определения раздвигаемости нитей текстильных материалов // Материалы докладов 55-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов. в 2 т. – Витебск. – 2022. – С. 55-57.

111. Подшивалова А.В., Королева Л.А., Андреева Е.Г. Интеллектуализация процесса конфекционирования в рамках интегрированной САПР одежды // Дизайн и технологии. – 2013. – № 34 (76). – С. 43-50.
112. Прозорова Г.В. Анализ пустотного пространства пород по цифровым фотографиям керна с использованием алгоритмов компьютерного зрения// Вестник Российского нового университета. Серия: Сложные системы: модели, анализ и управление. – 2021. – № 4/1. – С. 48-57.
113. Ревякина О.В. Совершенствование технологической подготовки производства на основе анализа трудовых функций специалистов швейного предприятия/ О.В. Ревякина, О.А. Рашева, Г.М. Андросова, [и др.]// Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. – 2021. – Т. 54. – № 4. – С. 100-104.
114. Рогожин А.Ю., Гусева М.А. Имитационное моделирование процесса проектирования одежды // Сборник научных трудов Международного научно-технического симпозиума «Современные инженерные проблемы промышленности товаров народного потребления» Международного научно-технического Форума «Первые международные Косыгинские чтения» (11-12 октября 2017 года) – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина». – 2017. – Том 1. – С. 151-155.
115. Рогожин А.Ю., Гусева М.А. Концепция идеальной системы автоматизированного проектирования одежды // Дизайн и технологии. – 2016. – № 52. – С. 67-75.
116. Рогожин А.Ю., Гусева М.А. Применение метода эвристической самоорганизации для решения прямой и обратной задач проектирования одежды // Сборник научных трудов Международного научно-технического симпозиума «Современные инженерные проблемы промышленности товаров народного потребления» Международного научно-технического Форума «Первые международные Косыгинские чтения» (11-12 октября 2017 года).– М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина». – 2017. – Том 1. – С. 125-128

117. Рогожин А.Ю., Гусева М.А., Андреева Е.Г. Имитационная модель процесса формообразования поверхности одежды // Дизайн и технологии. - 2017. – № 63. – С. 47-57.
118. Рогожин А.Ю., Гусева М.А., Андреева Е.Г. Моделирование процесса формообразования поверхности одежды. // Дизайн и технологии. – 2017. – № 60. – С. 25-34.
119. Рогожин А.Ю., Гусева М.А., Усков А.Ю. Разработка методики извлечения информации о геометрических параметрах из объемной формы узла «пройма - рукав» плечевого изделия и его плоской развертки для целей визуализации образа в САПР с элементами 3-D графики // Швейная промышленность. – 2006. – № 5. – С. 31-32.
120. **Рогожина Ю.В.** Измерительный инструмент «MACHINE VISION» бесконтактного контроля качества изготовления одежды // В сборнике: Исследования ВКР - в практику профессиональной жизни. Сборник материалов III Международной научно-практической межвузовской конференции. М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина». – 2023. – С. 166-169.
121. **Рогожина Ю.В.** Исследование цветового сочетания «изделие-фон» для распознавания швейной продукции машинным зрением // В сборнике: Инновационные текстильные технологии. Перспективы развития. Сборник материалов IV Всероссийская научная студенческая конференция с международным участием. – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина». – 2023. С. 38-39.
122. **Рогожина Ю.В.**, Глебова Т.Г., Гусева М.А., Андреева Е.Г. Особенности организации труда технолога предприятия аутсорсинговой компании // Инновационное развитие легкой и текстильной промышленности. (ИНТЕКС-2020). Сборник материалов Всероссийской науч. конф. молодых исследователей с международным участием, посвящ. Юбилейному году в ФГБОУ ВО РГУ А.Н. Косыгина – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина». – 2020. – Ч.3. – С. 159-163.

123. **Рогожина Ю.В.**, Гусева М.А. Анализ уровня автоматизации производства аутсорсинговых швейных предприятий // Инновационное развитие легкой и текстильной промышленности. (ИНТЕКС-2021). – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина». – 2021. – Ч.1. – С.239-243.
124. **Рогожина Ю.В.**, Гусева М.А. Систематизация значимых дефектов швейной продукции для цифровизации контроля качества // Инновационное развитие легкой и текстильной промышленности. (ИНТЕКС-2022). – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина». – 2022. – Ч.2. – С. 96-99.
125. **Рогожина Ю.В.**, Гусева М.А. Инновационные технологии обработки моделей одежды из каучуковых материалов // Сборник научных трудов Международной научной конференции, посвященной 150-летию со дня рождения профессора Н.А. Васильева (26 мая 2021 г.). Часть 2. – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина. – 2021. – С. 96-100.
126. **Рогожина Ю.В.**, Гусева М.А., Андреева Е.Г. Автоматизированный контроль качества изготовления швейной продукции в цифровой системе организации производства // Всероссийская научная конференция молодых исследователей с международным участием «Экономика сегодня: современное состояние и перспективы развития» (Вектор-2021): сборник материалов / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство). – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», – 2021. – Часть 4 – С. 257-261.
127. **Рогожина Ю.В.**, Гусева М.А., Андреева Е.Г. Влияние fast fashion на композицию и конструктивно-технологическое решение моделей одежды, выпускаемых на аутсорсинговых предприятиях // «Мода индустриясида инновация ва замонавий технологиялар». Сборник трудов Международной модной конференции. – Узбекистан, Ташкент, ТИТЛП. – 2019. – С. 35-37.
128. **Рогожина Ю.В.**, Гусева М.А., Андреева Е.Г. Качество ниточных соединений швейного изделия в цифровой системе контроля // Молодые

ученые - развитию Национальной технологической инициативы (ПОИСК). – 2021. – № 1. – С. 847-849.

129. **Рогожина Ю.В.**, Гусева М.А., Андреева Е.Г. Машинное зрение для бесконтактного способа оценки качества изготовления швейной продукции // Международный молодежный конкурс научных проектов «Стираем границы»: сборник материалов / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство). – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», – 2021. – С. 235-239.

130. **Рогожина Ю.В.**, Гусева М.А., Андреева Е.Г. О перспективах применения машинного зрения для оценки симметричности швейных изделий // Вестник Молодых ученых, СПбГУТиД. – 2021 – №1 – С.47-52.

131. **Рогожина Ю.В.**, Гусева М.А., Андреева Е.Г. О проблемах качества Fast Fashion одежды, производимой в условиях аутсорсинга // «Научные исследования и разработки в области дизайна и технологий»/ материалы Всероссийской научно-практической конф. (г. Кострома, 20.03.2020) – Кострома: ФГБОУ ВО КГУ. – 2020. – Ч.2. – С. 54-57.

132. **Рогожина Ю.В.**, Гусева М.А., Андреева Е.Г. Распознавание образов одежды машинным зрением // Вестник Молодых ученых, СПбГУТиД. – 2022. – №1 – С. 87-93.

133. **Рогожина Ю.В.**, Гусева М.А., Андреева Е.Г. Цифровизация контроля качества продукции как позитивный коммуникативный инструмент в деятельности аутсорсингового швейного предприятия // «Социально-гуманитарные проблемы образования и профессиональной самореализации «Социальный инженер-2020»: сборник материалов Всероссийской конференции молодых исследователей – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина». – 2020. – Ч. 3. – С. 134-136.

134. **Рогожина Ю.В.**, Гусева М.А. Исследование цветового сочетания «фон - изделие» в конфигурации программно-аппаратного комплекса машинного зрения GarmentScanner // Территория новых возможностей. Вестник

Владивостокского государственного университета. – 2023. – Т. 15. – № 4 (68).
– С. 164-174.

135. **Рогожина Ю.В.**, Гусева М.А., Андреева Е.Г. Технология Machine Vision для контроля качества изготовления одежды // В сб. Церевитиновские чтения - 2022. Материалы VIII Международной научно-практической конференции. М. – 2022. – С. 3-5.

136. **Рогожина Ю.В.**, Гусева М.А., Андреева Е.Г., Белгородский В.С. Машинное зрение как эффективный инструмент контроля качества швейной продукции // Сборник научных трудов Международного научно-технического симпозиума «Современные инженерные проблемы в производстве товаров народного потребления» III Международного Косыгинского Форума «Современные задачи инженерных наук» (20-21 октября 2021 года). - М.: «РГУ им. А.Н. Косыгина» – 2021. – С. 216-219

137. **Рогожина Ю.В.**, Гусева М.А., Андреева Е.Г., Гетманцева В.В. Систематизация технологических дефектов для прогнозирования и контроля качества швейной продукции аутсорсинговых предприятий // Вестник Молодых ученых, СПбГУТиД. – 2020 – №1 – С. 104-109.

138. **Рогожина Ю.В.**, Гусева М.А., Кашеев О.В. Обзор деятельности аутсорсинговых швейных производств // Всероссийская конференция молодых исследователей с международным участием «Социально-гуманитарные проблемы образования и профессиональной самореализации» (Социальный инженер-2019): сборник материалов. – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина» – 2019. – Ч. 3 – С. 282-284.

139. **Рогожина Ю.В.**, Калинина Н.В., Глебова Т.Г. Факторы, влияющие на эмоциональное выгорание технолога швейного производства // Всероссийская конференция молодых исследователей с международным участием «Социально-гуманитарные проблемы образования и профессиональной самореализации» (Социальный инженер-2019): сборник материалов.– М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина» – 2019. – Ч. 1. – С. 275-278.

140. *Рогожина Ю.В.*, Яковлева Л.Е., Гусева М.А., Андреева Е.Г. Национальная специфика деловой культуры россиян и ее проявление в условиях аутсорсинговых швейных производств // Образ русского мира в междисциплинарном дискурсе: межвузовский сборник статей/ под общей редакцией Л.Е. Яковлевой. – Москва: Изд-во РГУ им. А.Н. Косыгина – 2020. – С. 72-79.
141. Садовский В.В., Козлов А.В. Разработка оптического метода для исследования структурных показателей при деформации трикотажного полотна. // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2001. – №4. – С.92-95.
142. Сергеев А.Е., Конушин А.С., Конушин В.С. Подавление ложноположительных обнаружений лиц в видеопотоках систем видеонаблюдения // Компьютерная оптика – 2016. – Т. 40 – № 6. – С. 958-967.
143. Смирнова Н.А. Компьютерные технологии в конфекционировании материалов/ Н.А. Смирнова, В.С. Белгородский, Е.Г. Андреева, [и др.] // В сборнике: Энергоресурсоэффективные экологически безопасные технологии и оборудование. сборник научных трудов Международного научно-технического симпозиума «Вторые международные Косыгинские чтения, приуроченные к 100-летию РГУ имени А. Н. Косыгина» на Международном Косыгинском Форуме-2019 «Современные задачи инженерных наук». – 2019. – С. 180-186.
144. Смирнова Н.А., Лапшин В.В., Замышляева В.В. Цифровизация конфекционирования на базе создания интеллектуальных систем // В сборнике: Фундаментальные и прикладные проблемы создания материалов и аспекты технологий текстильной и легкой промышленности. Сборник статей Всероссийская научно-техническая конференция. под. ред. Л.Н. Абуталиповой. – 2019. – С. 270-276.
145. Созыкин А.В. Обзор методов обучения глубоких нейронных сетей // Вестник ЮУрГУ. Серия: Вычислительная математика и информатика. – 2017. – Т. 6. – № 3. – С. 28–59.

146. Спартак А.Н. Четвертая промышленная революция и международная торговля // Международная торговля и политика. – 2018. – № 2 (14). – С. 7-24.
147. Стахейко М.В. К вопросу контроля качества швейных изделий // В сборнике: Качество продукции: контроль, управление, повышение, планирование. Сборник научных трудов 7-й Международной молодежной научно-практической конференции. – 2020. – С. 249-253.
148. Тарасов И.В. Технологии Индустрии 4.0: влияние на производительность промышленных компаний // Стратегические решения и менеджмент. – 2018. – № 2 (107). – С. 62-69.
149. Томасова Д.А. Мониторинг отклонений качества инновационной продукции в швейном производстве // Наука и бизнес: пути развития. – 2018. – № 11 (89). – С. 30-35.
150. Туханова В.Ю. Проектирование качества швейных изделий с применением искусственного интеллекта // Костюмология. – 2021. – №2.
151. Туханова В.Ю. Управление качеством проектирования изделий легкой промышленности через конфекционирование материалов в цифровой среде // Костюмология. – 2022. – Т. 7. – № 1.
152. Туханова В.Ю., Тихонова Т.П., Федотова И.В. Инженерное конфекционирование материалов в системе цифровой трансформации легкой промышленности // Дизайн и технологии. – 2018. – № 63 (105). – С. 50-64.
153. Ченцов О.В., Скворцов А.В. Обзор алгоритмов построения оверлеев многоугольников // Вестник Томского государственного университета. – 2003. – № 280. – С. 338-345.
154. Чуйков А.В., Вульфин А.М. Система распознавания жестов // Вестник УГАТУ. – 2017. – Т. 21. – № 3 (770). – С. 119-122.
155. Шеромова И.А., Железняков А.С. Исследование повреждаемости нитей при механическом соединении швейных деталей с использованием элементов искусственного интеллекта // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. – 2019. – Т. 45. – № 3. – С. 10-13.

156. Шеромова И.А., Железняков А.С. Компьютеризации экспресс- метода оценки показателей раздвигаемости нитей в тканых полотнах. //Технология текстильной промышленности. – 2018. – №3. – С.55-57
157. Шеромова И.А., Железняков А.С. Оценка качества швейных изделий с использованием автоматизированных методов контроля // Территория новых возможностей. Вестник Владивостокского государственного университета экономики и сервиса. – 2016. – №4. – С. 211–219.
158. Шеромова И.А., Старкова Г.П., Дремлюга О.А. Применение компьютерных технологий при оценке качества ниточных соединений // Современные наукоемкие технологии. – 2016. – № 12. – С.299-301.
159. Шеромова И.А., Старкова Г.П., Железняков А.С. Оценка качества швейных изделий с использованием автоматизированных методов контроля // Территория новых возможностей. Вестник Владивостокского государственного университета экономики и сервиса. – 2016. – №4. – С. 211–219.
160. Шиндряева И.В. Эволюция подходов к определению понятия «качество» // Электронный научно-образовательный журнал ВГСПУ «Грани познания». – 2012. – №1 (15). – С. 1-3.
161. Шохнин А.С., Долганов А.В. Система распознавания номеров железнодорожных цистерн на нефтеналивных терминалах// Вестник технологического университета. – 2015. – Т. 18. – №5 – С. 329-332
162. Эраки Э.М.Т.Х. Контроль качества розлива и маркировки пищевых продуктов с использованием интеллектуальных технологий. / Эраки Э.М.Т.Х., И.Г. Благовещенский, В.Г. Благовещенский, [и др.]// Health, Food & Biotechnology. – 2020. – № 2(1). – С. 112-121.

Зарубежные книги

163. Harris R. M. Using Artificial Neural Networks for Forensic File Type Identification. – West Lafayette: Purdue University, 2007. – 66 p.
164. Is apparel manufacturing coming Home? – McKinsey Apparel, Fashion@Luxury Group. 2018. – 32 p.

165. Rosenblatt F. Principles of neurodynamics. New York: Spartan Books., 1962. – 65 p.

Зарубежные статьи

166. Bhardwaj V., Fairhurst A. Fast fashion: response to changes in the fashion industry// The International Review of Retail, Distribution and Consumer Research. – 2010. – Vol.20. – Is.1. – P.165-173.

167. Bradski G. The OpenCV Library // Dr Dobb's Journal of Software Tools. – 2000.

168. Dai W., C.Dai, S.Qu, J. Li, S. Das Very deep convolutional neural networks for raw waveforms // Proceedings of the 2017 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing. – 2017. – P.421-425.

169. Degtyarev N., Seredin O. Comparative testing of face detection algorithms // Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics). Springer Berlin Heidelberg. – 2010. – Vol. 6134 LNCS. – P. 200 – 209.

170. Elias N. Malamas, Euripides G. M. Petrakis, Michalis Zervakis, Laurent Petit, Jean-Didier Legat. A survey on industrial vision systems, applications, tools // Image Vision Computing. – 2003. – Vol. 21, Issue 2. – P. 171-188.

171. Fan K.C. Strategic planning of developing automatic optical inspection (AOI) technologies in Taiwan / K.C. Fan, C. Hsu // J. Phys.: Conf. – 2005. – Ser. 13. – P. 394-397.

172. Fengyi, Liu; Liu, Siru 3D Garment Design Model Based on Convolution Neural Network and Virtual Reality// Computational Intelligence and Neuroscience – Jun 27. – 2022. – Vol.2.

173. Freudenberger H. J. Staff burn-out // Journal of Social Issues. – 1974. – Vol. 30. – P. 159–165.

174. Freund Y., Schapire R. E. Decision-Theoretic Generalization of On-Line Learning and an Application to Boosting // Journal of computer and system sciences. – 1997. – № SS971504. – P. 119–139.

175. Cao, Chunnan Research and Application of 3D Clothing Design Based on Deep Learning// *Advances in Multimedia*. Apr 29. – 2022 – Vol.2.
176. Cheng, Victor S. Design of a synchronized scanning system for size measurement of human body// *Proceedings of SPIE* – Feb 10. – 2005. – Vol. 5638 (1). – P.146-154.
177. Dai W., C.Dai, S.Qu, J. Li, S. Das Very deep convolutional neural networks for raw waveforms // *Proceedings of the 2017 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing*. – 2017. – P.421-425.
178. Joy A. Fast Fashion, Sustainability, and the Ethical Appeal of Luxury Brands/ A. Joy, J.F. Sherry, A. Venkatesh, J. Wang, R.Chan // *Fashion Theory*. – 2012. – Vol.16 – Is.3. – P.273-295.
179. Hinton G.E., Osindero S., Teh Y.-W. A Fast Learning Algorithm for Deep Belief Nets.// *Neural Computing*. – 2006. – Vol. 18, No. 7. – P. 1527–1554.
180. Liu H. Deep relative distance learning: Tell the difference between similar vehicles/ H. Liu, Y. Tian, Y. Wang, L. Pang, T. Huang// *Proc. IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition*. Las Vegas, USA. – 2016. – P. 2167–2175.
181. Liu, Xing; He, Dong; Hu, Hao; Liu, Lixin. Fast 3D Surface Measurement with Wrapped Phase and Pseudorandom Image// *Sensors (Basel, Switzerland)* – 2019. – Sep 26 – Vol. 19.
182. McCulloch W.S., Pitts W. A Logical Calculus of the Ideas Immanent in Nervous Activity. // *The Bulletin of Mathematical Biophysics*. – 1943. – Vol. 5. – No. 4. – P. 115–133.
183. Newman M.E.J. Mixing patterns in networks // *Phys. Rev. E*. – 2003. – V. 67. – P. 026126
184. Pan X., Lyu S. Region duplication detection using image feature matching // *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*. – 2010. – Vol. 5. – No 4. – P. 857–867.
185. **Rogozhina Iu.**, Guseva, M., Andreeva, E. Application of Measuring Instruments with Elements of Artificial Intelligence to Optimize Cross-Cultural

Communications of Personnel of Outsourcing Sewing Enterprises // SHS Web Conf. International Scientific and Practical Conference on Social Sciences and Humanities: Scientific Challenges of the Development of Modern Society (SHCMS 2023) – 2023. – Vol. 172

186. **Rogozhina Iu.**, Guseva, M., Andreeva, E. Assessment of the quality of garment manufacture through non- contact method of machine vision// INTERNATIONAL SIIRT CONFERENCE ON SCIENTIFIC RESEARCH, Siirt University, November 5-7. – 2021. – Part. 2. – P. 462-466

187. **Rogozhina Iu.**, Guseva, M., Andreeva, E. Garment Production Quality Evaluation Using Machine Vision. // Proceeding of the International Science and Technology Conference "FarEastCon 2021". Part "Smart Innovation, Systems and Technologies" – 2022. – Vol 275. – P. 309-318.

188. **Rogozhina Iu.**, Guseva M., Andreeva E. Machine vision digital technology for non-contact quality control of garment manufacturing // Витебск, «Вестник Витебского государственного технологического университета». – 2022. – №2 (43). – С. 10-18.

189. **Rogozhina Iu.**, Guseva M., Andreeva E. Specificity of women's labor at a sewing outsourcing factory // В Сборнике II. INTERNATIONAL WORLD WOMEN CONFERENCE February 11-12, 2021 / AZERBAIJAN. – 2021 – С. 924-928.

190. **Rogozhina I.V.**, Guseva M.A. Andreeva E.G., Nikolaeva E.V. Description of the process of designing clothes for women of category «plus size» // «Мода индустриясида инновация ва замонавий технологиялар». Сборник трудов Международной модной конференции, Узбекистан, Ташкент, ТИТЛП. – 2019. – С. 156-159.

191. **Rogozhina Iu.V.**, Guseva M.A., Andreeva E.G., Getmantseva V.V. Systematization of technological defects for quality control of products of outsourcing sewing companies // V International scientific and practical conference "Education and science in the 21st century". Vitebsk. – 2020 – С. 20-24

192. Sheromova I.A., Zheleznyakov A.S., Sokolovsky A.R. Technical and technological aspects of assessing the quality characteristics of thread compounds in products from fibrous materials // В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Сер. "International Science and Technology Conference "Earth Science" – 2021. – P. 012132.
193. Sheromova I.A., Zheleznyakov A.S. Development of methodological support for the study of materials' air permeability // Materials Science Forum. – 2019. – Vol. 945. – P. 938-943.
194. Steger C., Ulrich M., Wiedemann C. Machine Vision Algorithms and Applications. - Weinheim: Wiley -VCH Verlag GmbH/ – 2018. – P. 516.
195. Viola P., Jones M.J. Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features // Proceedings IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR 2001). – 2001.
196. Viola P., Jones M.J. Robust real-time face detection. International Journal of Computer Vision – 2004. – Vol.57(2). – P. 137-154.
197. Xhimitiku I. 3D shape measurement techniques for human body reconstruction/ Iva Xhimitiku, Giulia Pascoletti, Elisabetta Zanetti, M. Rossi // ACTA IMEKO – May 4 – 2022. – Vol. 11. – No.2.
198. Yueqi Zhong; Bugao Xu. Automatic segmenting and measurement on scanned human body// International Journal of Clothing Science and Technology – Jan 1, 2006. – Vol.18(1). – P. 12.
199. Zhang M, He R, Cao D, Sun Z, Tan T. Simultaneous feature and sample reduction for image-set classification // Proceedings of Thirtieth AAAI Conference on Artificial Intelligence. – 2016 – Vol.30. – No.1. – P.1401-1407.
200. Wei, Pengcheng; Jiang, Jiao; Li, Li The application of image analysis technology in the extraction of human body feature parameters// EURASIP Journal on Image and Video Processing – Oct 30. – 2018. – Vol. 1.

Патенты, свидетельства

201. Гусева М.А., *Рогожина Ю.В.*, Андреева Е.Г., Белгородский В.С., Глебова Т.Г. Цифровые шкалы измерений швейных изделий для

автоматизированного контроля качества/ Свидетельство о регистрации базы данных № 2020622292. опубл. 16.11.2020. бюл. № 11.

202. Гусева М.А., **Рогожина Ю.В.**, Андреева Е.Г., Белгородский В.С., Глебова Т.Г. Цифровые шкалы конструктивных дефектов швейных изделий, определяемых техническими средствами идентификации/ Свидетельство о регистрации базы данных № 2020622293. опубл 16.11.2020. Бюл. № 11.

203. Железняков А.С., Шеромова И.А., Старкова Г.П. Оптоэлектронное устройство для оценки параметров раздвигаемости нитей текстильных материалов. / Патент на изобретение RU 2602766 С1, 20.11.2016. Заявка № 2015127519/12 от 08.07.2015.

204. Железняков А.С., Шеромова И.А., Старкова Г.П. Устройство для измерения параметров раздвигаемости нитей текстильных материалов / Патент на изобретение RU 2552317 С1, 10.06.2015. Заявка № 2014129351/15 от 16.07.2014.

205. Железняков А.С., Шеромова И.А., Старкова Г.П., Данилов А.А., Малько Т.В. Устройство для оценки повреждаемости нитей текстильных материалов при шитье / Патент на изобретение RU 2516894 С1, 20.05.2014. Заявка № 2013110275/15 от 07.03.2013.

206. Железняков А.С., Шеромова И.А., Старкова Г.П. Устройство для измерения параметров раздвигаемости нитей текстильных материалов / Патент на полезную модель RU 149029 U1, 20.12.2014. Заявка № 2014129386/12 от 16.07.2014.

207. Железняков А.С., Шеромова И.А., Старкова Г.П., Данилов А.А., Малько Т.В. Устройство для оценки повреждаемости нитей текстильных материалов при шитье / Патент на полезную модель RU 131193 U1, 10.08.2013. Заявка № 2013110267/15. Опубл. 07.03.2013.

208. **Рогожина Ю.В.**, Гусева М.А., Андреева Е.Г., Белгородский В.С., Глебова Т.Г. Базовые цифровые шкалы технологических дефектов швейных изделий, определяемых техническими средствами идентификации/

Свидетельство о регистрации базы данных № 2020621712. опубл. 18.09.2020. Бюл. № 9.

209. **Рогожина Ю.В.**, Гусева М.А., Андреева Е. Г., Белгородский В.С., Данильченко А. О., Слободян М. В. Программа для ЭВМ GarmentScanner/ Свидетельство о регистрации №2021617946 RU; опубл. 20.05.2021. Бюл. № 5.

210. Трусфус М.В. Программа для обнаружения склеротиниоза тыквы на основе компьютерного зрения / Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2022615359, опубл. 30.03.2022. бюл. № 4

211. Трусфус М.В. Программа для обнаружения мучнистой росы вишни на основе компьютерного зрения / Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2022615751, 01.04.2022. Бюл. № 4.

212. Хатламаджиян А.Е., Шаповалов В.В., Николаев И.С., Гуров Ю.И. Бортовая система технического зрения. Подсистема машинного зрения / Свидетельство регистрации программы для ЭВМ. № 2022685975. Опубл. 30.12.2022. бюл. №1.

213. Ясинский И.Ф., Харахнин К.А. Устройство для обнаружения и регистрации дефектов на движущейся ткани // Свидетельство на изобретение № 2296991. Опубл. 10.04.2007. бюл. № 10.

Электронные ресурсы

214. Автоматизированная система взвешивания и идентификации железнодорожных вагонов. // SHTRIH-M.RU. / URL http://www.shtrih-m.ru/production/produce_658.html (дата обращения 12.11.2019).

215. Видеоаналитика CVC на производстве. // CVC. / URL: https://cvc.ai/videoanalitika-na-proizvodstve?utm_source=eLama-yandex&utm_medium=cpc&utm_campaign=Videoanalitika+Seach&utm_content=cid|49345477|gid|4687558197|aid|11143667732|adp|no|dvc|desktop|pid|33929411796|rid|33929411796|did|33929411796|pos|prem (дата обращения 12.12.20).


216. Двухмерные системы технического зрения. // ПРОФКОМФОРТ. / URL: https://promfort.com/catalog/mashinnoe_zrenie/dvukhmernye_sistemy_tekhnicheskogo_zreniya/ (дата обращения 20.03.2020).

217. Должностная инструкция технолога швейного производства. // PROM-Nadzor.RU / URL.: <http://prom-nadzor.ru/content/dolzhnostnaya-instrukciya-tehnologa-shveynogo-proizvodstva> (дата обращения 28.10.2019).
218. Закон Парето // Википедия / URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%BD_%D0%9F%D0%B0%D1%80%D0%B5%D1%82%D0%BE (дата обращения 02.11.2020).
219. Инспекционная машина для тканей с платформой ESCA 835 45 (Россия). // Direct industry. / URL: <https://www.directindustry.com.ru/proizvoditel-promyshlennyj/> (дата обращения 22.10.2021).
220. Испытательные машины. // РСЦИМ. URL: <https://rscim.ru/> (дата обращения 20.05.2020).
221. Камеры сканирования Basler. // BASLERWEB. / URL: <http://www.baslerweb.com/A600-4398.html>. (дата обращения 17.02.20).
222. Краткая история машинного зрения. // Научно-производственная компания «НИРМЕХ». URL: <https://nirmech.ru/> (дата обращения 17.02.20).
223. Мерильно-браковочная машина PP-3L AURORA (Польша). // Швейное оборудование. PROFIT. / URL: <https://shvey-profit.ru/cat/promerochnobrakovochnoe-oborudovanie/> (дата обращения 20.11.2019).
224. Освещение // COGNEX. / URL: <https://www.cognex.com/ru-ru/what-is/machine-vision/components/lighting> (дата обращения 23.05.2020).
225. Просмотровая (световая) кабина P60+. // ОРБИС. Контроль качества. / URL: <https://orbiscorp.ru/prosmotrovaya-svetovaya-kabina> (дата обращения 23.05.2021).
226. Применение локальных бинарных шаблонов к решению задачи распознавания лиц // НАБРАНАБР. / URL: <https://habrahabr.ru/post/193658/> (дата обращения 23.03.2020).
227. Программно-аппаратный комплекс AxxonNext. // AxxonNext. / URL: <http://www.axxonnext.com>. (дата обращения 23.01.2020).


228. Программно-аппаратный комплекс подсчета пассажиров DL-Bus // DATALINK. / URL: <http://datalink.ua>. (дата обращения 23.01.2020).
229. Распознавание номеров вагонов. // ITV. / URL: http://www.itv.ru/products/intellect/additional_modules/rw/ (дата обращения 20.03.2020).
230. Световой кабинет SN300A/B/CT Color Light Box. // ОЛЛЕНПРО. / URL: <https://ollen.pro/shop/shtern/sn300abct-color-light-box/>? (дата обращения 18.10.2020).
231. Светодиодное освещение для задач машинного зрения Latab. // LATAB. / URL: <http://www.latab.net>. (дата обращения 20.05.2020).
232. Цифровой фотоаппарат. // Википедия. / URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/> (дата обращения 21.02.2020).
233. Шалагинов А. История компьютерного зрения. // Telecom & IT. / URL: <https://shalaginov.com/2020/05/16/computer-vision-history/> (дата обращения 20.01.2020).
234. Электромеханические разрывные машины. // МЕТРОТЕСТ. / URL: <https://metrotest.ru/ispitatelnye-mashiny/> (дата обращения 17.02.2020).
235. Cascade classifier // DOCS.OPENCV / URL: http://docs.opencv.org/trunk/d7/d8b/tutorial_py_face_detection.html (дата обращения 22.10.2020).
236. 05 Jindu - машины детекторы игл и металлических предметов в одежде // Made-in-China. / URL: https://ru.made-in-china.com/co_jindumachine/ (дата обращения 22.01.2021).
237. Платформа для решения задач на базе искусственного интеллекта. // NEURUS. / URL: <https://neurus.ru/> (дата обращения 22.01.2021).
238. Train OCR Portal // URL: <http://www.camco.be/camco/en/products/train-ocr-portal> (дата обращения 22.01.2021).
239. GET-COLOR.RU Розовые цвета и оттенки / URL: <https://get-color.ru/pink/> (дата обращения 22.10.2020).
240. PYTHON-SCHOOL / URL: <https://python-school.ru/blog/types-of-neural-nets/> (дата обращения 15.11.2020).

Приложение А – Акты апробации и внедрения диссертационной работы

«УТВЕРЖДАЮ»
Генеральный директор
广州清风纺织品有限公司
Anna Sinitskaya



«30» мая 2023г.



Акт

О внедрении БД цифровых шкал технологических дефектов швейных изделий, определяемых техническими средствами идентификации.

Настоящий акт составлен комиссией в составе представителей компании «广州清风纺织品有限公司» в том, что в условиях производства проведено внедрение цифровых шкал технологических дефектов швейных изделий для автоматизированного контроля качества.

Внедрение проведено на этапе «инлайн» инспекции партии женских футболок.

Для целей апробации в производственный цех представлены:

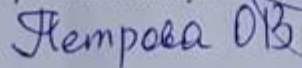
1. Программное обеспечение
2. Видеокамера
3. Фон
4. Дополнительное освещение
5. БД цифровых шкал технологических дефектов швейных изделий, определяемых техническими средствами идентификации.


Комиссия отмечает простоту и удобство использования БД в производственных условиях. БД включает наиболее часто встречающиеся на производстве технологические дефекты, необходимые для проверки на инлайн и финальных инспекциях.

Использование БД позволяет быстро проверить изделия на соответствие удовлетворительного качества и принять решение об отгрузке готовой продукции.

Внедрение БД в условиях массового производства позволит сократить время на проверку изделий и значительно улучшить работу отдела контроля качества.

Представители компании «广州清风纺织品有限公司»

Генеральный директор: Anna Sinitskaya
Главный технолог 



«УТВЕРЖДАЮ»

Генеральный директор
广州清风纺织品有限公司

Anna Sinitskaya

«30» мая 2023г.



Акт

О внедрении БД Цифровых шкал измерений швейных изделий для автоматизированного контроля качества

Настоящий акт составлен комиссией в составе представителей компании «广州清风纺织品有限公司» в том, что в условиях производства проведено внедрение цифровых шкал измерений швейных изделий для автоматизированного контроля качества.

Внедрение проведено на этапе финальной инспекции партии женских футболок. Для целей апробации в производственный цех представлены:

1. Программное обеспечение
2. Видеокамера
3. Фон
4. Дополнительное освещение
5. БД Цифровых шкал измерений швейных изделий для автоматизированного контроля качества

Комиссия отмечает простоту и удобство использования БД в производственных условиях. БД включает все основные измерения, необходимые для проверки на илайн и финальных инспекциях.

Использование БД позволяет быстро проверить изделия на соответствие требуемых измерений и принять решение об отгрузке готовой продукции.

Внедрение БД в условиях массового производства позволит сократить время на проверку изделий и значительно улучшить работу отдела контроля качества.

Представители компании «广州清风纺织品有限公司»

Генеральный директор: Anna Sinitskaya

Главный технолог

Александрова ОВ



«УТВЕРЖДАЮ»

Генеральный директор

广州永菁贸易有限公司

TERENTYEVA NATALIA



«28» апреля 2023г.

Акт

апробации прототипа программного обеспечения «GarmentScanner» в условиях производства компании «广州永菁贸易有限公司»

Настоящий акт составлен комиссией в составе представителей компании «广州永菁贸易有限公司» в том, что в условиях производства проведена промышленная апробация прототипа программного обеспечения «GarmentScanner».

Апробация проведена на этапе финальной инспекции партии готовых женских футболок.

Для целей апробации в производственный цех представлены:

1. Программное обеспечение
2. Видеокамера
3. Фон
4. Дополнительное освещение
5. БД Цифровых шкал измерений швейных изделий для автоматизированного контроля качества

Комиссия отмечает простоту и удобство использования ПО в производственных условиях.

Использование ПО позволяет быстро проверить изделия на соответствие требуемых измерений и принять решение об отгрузке готовой продукции.

Разработка и внедрение ПО в условиях массового производства позволит значительно улучшить работу отдела контроля качества, сократить время на проверку изделий, повысить качество выпускаемой продукции.

Представители компании «广州永菁贸易有限公司»

Генеральный директор TERENTYEVA NATALIA

Главный технолог



«УТВЕРЖДАЮ»

Генеральный директор

广州永菁贸易有限公司

TERENTYEVA NATALIA



«28» апреля 2023г.

Акт

О заинтересованности в программном обеспечении «GarmentScanner» в условиях промышленного производства

Настоящий акт составлен комиссией в составе представителей компании «广州永菁贸易有限公司», в том, что в условиях производства проведена промышленная апробация прототипа ПО «GarmentScanner» на примере женских футболок.

Рассматривая процесс проведения проверки, выделены базовые блоки, охватывающие все части проверки:

1. Измерение изделий и сопоставление с заявленными величинам.
2. Проверка на симметричность.
3. Проверка на видимые дефекты.

Разработка и внедрение программного обеспечения в производственные процессы позволит увеличить количество проверяемой продукции за единицу времени, сократить производственные затраты, значительно повысить качество продукции, нарастить производственные мощности.

Представители компании «广州永菁贸易有限公司»

Генеральный директор: TERENTYEVA NATALIA

Главный технолог



Приложение Б – Документы интеллектуальной собственности

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО
о государственной регистрации базы данных
№ 2020622293

Цифровые шкалы конструктивных дефектов швейных изделий, определяемых техническими средствами идентификации

Правообладатель: *федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)» (RU)*

Авторы: *Гусева Марина Анатольевна (RU), Рогожина Юлия Владимировна (RU), Андреева Елена Георгиевна (RU), Белгородский Валерий Савельевич (RU), Глебова Татьяна Геннадьевна (RU)*

Заявка № **2020622192**
Дата поступления **09 ноября 2020 г.**
Дата государственной регистрации
в Реестре баз данных **16 ноября 2020 г.**



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

 **Г.П. Изrael**



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
ГОСУДАРСТВЕННАЯ РЕГИСТРАЦИЯ БАЗЫ ДАННЫХ, ОХРАНЯЕМОЙ
АВТОРСКИМИ ПРАВАМИ

<p>Номер регистрации (свидетельства): 2020622293 Дата регистрации: 16.11.2020 Номер и дата поступления заявки: 2020622192 09.11.2020 Дата публикации и номер бюллетеня: 16.11.2020 Бюл. № 11 Контактные реквизиты: 119071, г. Москва, ул. Малая Калужская д. 1 ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», отдел НИР Клочкова О.В. E-mail: ovkloc@staff.msta.ac.ru Номер телефона (495) 955-33-16</p>	<p>Автор(ы): Гусева Марина Анатольевна (RU), Рогожина Юлия Владимировна (RU), Андреева Елена Георгиевна (RU), Белгородский Валерий Савельевич (RU), Глебова Татьяна Геннадьевна (RU) Правообладатель(и): федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)» (RU)</p>
---	---

Название базы данных:

Цифровые шкалы конструктивных дефектов швейных изделий, определяемых техническими средствами идентификации

Реферат:

База данных предназначена для хранения и использования данных, необходимых для автоматизированного контроля качества изготовления одежды. База данных содержит систематизированную информацию о дефектах, возникающих на разных этапах процесса проектирования швейных изделий. Систематизация охватывает визуальную и метрическую характеристику конструктивных дефектов по видам и степени проявления в изделии. В качестве таблиц выступают информационные массивы данных для обеспечения автоматизации деятельности конструктора-технолога швейного предприятия, инспектирующего качество изготовления производственных партий швейных изделий. База данных состоит из 7 таблиц, между таблицами базы данных существуют связи «один ко многим» по ключевому полю. Выбранные элементы можно использовать в электронной среде при работе с графическими редакторами или распечатать в качестве исходных данных для обеспечения автоматизированного контроля качества изготовления швейных изделий. База данных обеспечивает работу специалиста конструктора-технолога швейного предприятия информацией для автоматизированного контроля качества изготовления одежды. Тип ЭВМ: IBM PC-совмест. ПК; ОС: Windows 8.1.

Вид и версия системы управления базой данных: Word 97-2004

Объем базы данных: 1142 КБ

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации базы данных

№ 2020621712

**Базовые цифровые шкалы технологических дефектов
швейных изделий, определяемых техническими средствами
идентификации**

Правообладатель: *федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования «Российский
государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии.
Дизайн. Искусство)» (RU)*

Авторы: *Рогожина Юлия Владимировна (RU), Гусева Марина
Анатольевна (RU), Андреева Елена Георгиевна (RU), Белгородский
Валерий Савельевич (RU), Глебова Татьяна Геннадьевна (RU)*

Заявка № 2020621588

Дата поступления 10 сентября 2020 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре баз данных 18 сентября 2020 г.

*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

 Г.П. Ивлиев





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
**ГОСУДАРСТВЕННАЯ РЕГИСТРАЦИЯ БАЗЫ ДАННЫХ, ОХРАНЯЕМОЙ
АВТОРСКИМИ ПРАВАМИ**

<p>Номер регистрации (свидетельства): 2020621712 Дата регистрации: 18.09.2020 Номер и дата поступления заявки: 2020621588 10.09.2020 Дата публикации и номер бюллетеня: 18.09.2020 Бюл. № 9 Контактные реквизиты: 119071, Москва, ул. Малая Калужская, 1, ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», отдел НИР, Клочкова О.В., E-mail: ovkloc@staf.msta.ac.ru, (495) 955-33-16</p>	<p>Автор(ы): Рогожина Юлия Владимировна (RU), Гусева Марина Анатольевна (RU), Андреева Елена Георгиевна (RU), Белгородский Валерий Савельевич (RU), Глебова Татьяна Геннадьевна (RU) Правообладатель(и): федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)» (RU)</p>
---	---

Название базы данных:

Базовые цифровые шкалы технологических дефектов швейных изделий, определяемых техническими средствами идентификации

Реферат:

База данных предназначена для хранения и использования данных, необходимых для автоматизированного контроля качества изготовления одежды. Содержит систематизированную информацию о дефектах, возникающих на разных этапах процесса изготовления швейных изделий. Систематизация охватывает визуальную и метрическую характеристику дефектов по видам и степени проявления. В качестве таблиц выступают информационные массивы данных для обеспечения автоматизации деятельности технолога швейного предприятия, инспектирующего качество изготовления производственных партий швейных изделий. База данных состоит из 12 таблиц, между таблицами базы данных существуют связи «один ко многим» по ключевому полю. Выбранные элементы можно использовать в электронной среде при работе с графическими редакторами или распечатать в качестве исходных данных для обеспечения автоматизированного контроля качества изготовления швейных изделий. База данных обеспечивает работу специалиста-технолога швейного предприятия информацией для автоматизированного контроля качества изготовления одежды. Тип ЭВМ: IBM PC-совмест. ПК. ОС: Windows 8.1.

Вид и версия системы управления базой данных: Word 97-2004

Объем базы данных: 833 Кб

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации базы данных

№ 2020622292

**Цифровые шкалы измерений швейных изделий для
автоматизированного контроля качества**

Правообладатель: *федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)» (RU)*

Авторы: *Гусева Марина Анатольевна (RU), Рогожина Юлия Владимировна (RU), Андреева Елена Георгиевна (RU), Белгородский Валерий Савельевич (RU), Глебова Татьяна Геннадьевна (RU)*

Заявка № 2020622191

Дата поступления 09 ноября 2020 г.

Дата государственной регистрации
в Реестре баз данных 16 ноября 2020 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

 Г.П. Налиев





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
ГОСУДАРСТВЕННАЯ РЕГИСТРАЦИЯ БАЗЫ ДАННЫХ, ОХРАНЯЕМОЙ
АВТОРСКИМИ ПРАВАМИ

<p>Номер регистрации (свидетельства): 2020622292 Дата регистрации: 16.11.2020 Номер и дата поступления заявки: 2020622191 09.11.2020 Дата публикации и номер бюллетеня: 16.11.2020 Бюл. № 11 Контактные реквизиты: 119071, г. Москва, ул. Малая Калужская д. 1 ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», отдел НИР Клочкова О.В. E-mail: ovkloc@staff.msta.ac.ru Номер телефона (495) 955-33-16</p>	<p>Автор(ы): Гусева Марина Анатольевна (RU), Рогожина Юлия Владимировна (RU), Андреева Елена Георгиевна (RU), Белгородский Валерий Савельевич (RU), Глебова Татьяна Геннадьевна (RU) Правообладатель(и): федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)» (RU)</p>
---	---

Название базы данных:

Цифровые шкалы измерений швейных изделий для автоматизированного контроля качества

Реферат:

База данных предназначена для хранения и использования данных, необходимых для автоматизированного контроля качества изготовления одежды. База данных содержит систематизированную информацию о выдержанных измерениях швейных изделий, определяемых техническими средствами идентификации. Систематизация охватывает визуальную и метрическую характеристику измерений по видам и ассортименту изделий. В качестве таблиц выступают информационные массивы данных для обеспечения автоматизации деятельности технолога швейного предприятия, inspectирующего качество изготовления производственных партий швейных изделий. База данных состоит из 9 таблиц, между таблицами базы данных существуют связи «один ко многим» по ключевому полю. Выбранные элементы можно использовать в электронной среде при работе с графическими редакторами или распечатать в качестве исходных данных для обеспечения автоматизированного контроля качества изготовления швейных изделий. База данных обеспечивает работу специалиста-технолога швейного предприятия информацией для автоматизированного контроля качества изготовления одежды. Тип ЭВМ: IBM PC-совмест. ПК; ОС: Windows 8.1.

Вид и версия системы управления базой данных: Word 97-2004

Объем базы данных: 535 КБ

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2021617946

GarmentScanner

Правообладатель: *федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)» (RU)*

Авторы: *Рогожина Юлия Владимировна (RU), Гусева Марина Анатольевна (RU), Андреева Елена Георгиевна (RU), Белгородский Валерий Савельевич (RU), Данильченко Александр Олегович (RU), Слободян Марк Викторович (RU)*

Заявка № 2021616837

Дата поступления 30 апреля 2021 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ 20 мая 2021 г.



*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

Г.П. Илиев



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
ГОСУДАРСТВЕННАЯ РЕГИСТРАЦИЯ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ЭВМ

<p>Номер регистрации (свидетельства): 2021617946</p> <p>Дата регистрации: 20.05.2021</p> <p>Номер и дата поступления заявки: 2021616837 30.04.2021</p> <p>Дата публикации и номер бюллетеня: 20.05.2021 Бюл. № 5</p> <p>Контактные реквизиты: 119071, Москва, ул. Малая Калужская, 1 ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», ОНИР Управления науки Клочкова О.В., onir@rgbk.ru, 8(495)951-09-46</p>	<p>Автор(ы): Рогожина Юлия Владимировна (RU), Гусева Марина Анатольевна (RU), Андреева Елена Георгиевна (RU), Белгородский Валерий Савельевич (RU), Данильченко Александр Олегович (RU), Слободян Марк Викторович (RU)</p> <p>Правообладатель(и): федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)» (RU)</p>
---	--

Название программы для ЭВМ:
GarmentScanner

Реферат:

Программа для ЭВМ предназначена для бесконтактного контроля качества изготовления одежды и позволяет автоматизировать процесс контроля качества сборки полуфабрикатов и готовой швейной продукции несложного кроя. Программа обеспечивает специалистов ОТК виртуальным измерительным инструментом для оценки симметричности изделий, их габаритов, качества строчек и швов. Основные функции: идентификация каждого размещенного на стенде швейного изделия, изображение которого получено посредством видеокамер; разбиение каждого кадра из видеопотока на блоки в соответствии с методикой контроля; сравнение параметров каждого образца с эталонным изделием, информация о котором хранится в базе данных в виде многомерного массива; оценка критичности выявленных отклонений с допустимой погрешности. Функционал программы обеспечивает управление каталогом качества швейной продукции, сбор и хранение статистики брака на предприятии. Тип ЭВМ: IBM PC-совместимый, ПК на базе процессора Intel/AMD; ОС: Windows 7 и выше.

Язык программирования: Visual Basic.NET в среде Visual Studio 2017

Объем программы для ЭВМ: 540 МБ

Приложение В - Фрагменты документации программы для ЭВМ [209]
 (Рогожина Ю.В., Гусева М.А., Андреева Е. Г., Белгородский В.С.,
 Данильченко А. О., Слободян М. В. Программа для ЭВМ GarmentScanner/
 Свидетельство о регистрации №2021617946 RU; опубл. 20.05.2021. Бюл. № 5.)

Таблица В1 – Используемые библиотеки


































Название	Версия	Описание	Лицензия
DirectShowLib	2005	Библиотека для работы с устройствами, поддерживающими стандарты DirectShow	Свободная
Emgu	2.4	Библиотека компьютерного зрения проекта OpenCV для платформ .NET	Свободная
Microsoft Excel 12.0 Object Library	1.6	Библиотека поддержки объектов Microsoft Excel	В составе Microsoft Office
Microsoft Office 12.0 Object Library	2.4	Библиотека поддержки объектов Microsoft Office	В составе Microsoft Office

Таблица В2 – СОМ-компоненты

Название	Описание	Источник
Microsoft Excel 12.0 Object Library	Компонент для работы с Microsoft Excel 12.0 Object Library	Microsoft Office 12.0 Object Library
Microsoft Office 12.0 Object Library	Компонент для работы с Microsoft Office 12.0 Object Library	Microsoft Office 12.0 Object Library
Microsoft Visual Basic for Applications Extensibility 5.3	Компонент расширения приложений	В составе Microsoft Visual Studio

Таблица В3 - Ресурсы

Имя	Тип	Источник
icon_close	Изображение	icon_close.png
icon_ok	Изображение	icon_ok.png
icon_pause	Изображение	icon_pause.png
icon_pause_white	Изображение	icon_pause_white.png
icon_start	Изображение	icon_start.png
icon_start_white	Изображение	icon_start_white.png
icon_stop	Изображение	icon_stop.png
no_image	Изображение	no_image.jpg
file_help	Текстовый файл в формате HTML	filehelp_ru.html
pause_voice	Звук	pause_voice.wav
start_voice	Звук	start_voice.wav
stop_voice	Звук	stop_voice.wav
success_voice	Звук	success_voice.wav
wait_voice	Звук	wait_voice.wav

Имя	Дата изменения	Тип	Размер
 About.Designer	02.04.2021 11:21	Microsoft Edge P...	144 КБ
 AboutCode	02.04.2021 11:15	Microsoft Edge P...	43 КБ
 AboutRes	02.04.2021 11:21	Microsoft Edge P...	278 КБ
 AppConfigCode	02.04.2021 11:19	Microsoft Edge P...	43 КБ
 CameraCode	02.04.2021 11:16	Microsoft Edge P...	171 КБ
 Catalog.Designer	02.04.2021 11:21	Microsoft Edge P...	124 КБ
 CatalogCode	02.04.2021 11:16	Microsoft Edge P...	46 КБ
 CatalogRes	02.04.2021 11:21	Microsoft Edge P...	141 КБ
 GarmentScannerProj	02.04.2021 11:22	Microsoft Edge P...	163 КБ
 Help.Designer	02.04.2021 11:22	Microsoft Edge P...	124 КБ
 HelpCode	02.04.2021 11:16	Microsoft Edge P...	43 КБ
 HelpRes	02.04.2021 11:23	Microsoft Edge P...	141 КБ
 MainFormRes	02.04.2021 11:23	Microsoft Edge P...	141 КБ
 MainScanner.Designer	02.04.2021 11:23	Microsoft Edge P...	166 КБ
 MainScannerCode	02.04.2021 11:16	Microsoft Edge P...	114 КБ
 MainScannerRes	02.04.2021 11:24	Microsoft Edge P...	171 КБ
 Preview.Designer	02.04.2021 11:24	Microsoft Edge P...	134 КБ
 PreviewCode	02.04.2021 11:17	Microsoft Edge P...	49 КБ
 PreviewRes	02.04.2021 11:24	Microsoft Edge P...	141 КБ
 ProcessorCode	02.04.2021 11:17	Microsoft Edge P...	96 КБ
 Result.Designer	02.04.2021 11:25	Microsoft Edge P...	128 КБ
 ResultCode	02.04.2021 11:17	Microsoft Edge P...	50 КБ
 ResultRes	02.04.2021 11:25	Microsoft Edge P...	141 КБ
 Schema.Designer	02.04.2021 11:25	Microsoft Edge P...	127 КБ
 SchemaCode	02.04.2021 11:17	Microsoft Edge P...	48 КБ
 SchemaRes	02.04.2021 11:25	Microsoft Edge P...	141 КБ
 SettingCode	02.04.2021 11:18	Microsoft Edge P...	47 КБ
 Settings.Designer	02.04.2021 11:26	Microsoft Edge P...	149 КБ
 SettingsRes	02.04.2021 11:26	Microsoft Edge P...	141 КБ
 Table.Designer	02.04.2021 11:26	Microsoft Edge P...	127 КБ
 TableCode	02.04.2021 11:18	Microsoft Edge P...	52 КБ
 TableRes	02.04.2021 11:26	Microsoft Edge P...	141 КБ
 VoiceCode	02.04.2021 11:18	Microsoft Edge P...	41 КБ

1. About. Designer

```
1 <Global.Microsoft.VisualBasic.CompilerServices.DesignerGenerated()> _
2 Partial Class About
3     Inherits System.Windows.Forms.Form
4
5     'Форма переопределяет dispose для очистки списка компонентов.
6     <System.Diagnostics.DebuggerNonUserCode()> _
7     Protected Overrides Sub Dispose(ByVal disposing As Boolean)
8         Try
9             If disposing AndAlso components IsNot Nothing Then
10                components.Dispose()
11            End If
12        Finally
13            MyBase.Dispose(disposing)
14        End Try
15    End Sub
16
17    Friend WithEvents TableLayoutPanel As System.Windows.Forms.TableLayoutPanel
18    Friend WithEvents LogoPictureBox As System.Windows.Forms.PictureBox
19    Friend WithEvents LabelProductName As System.Windows.Forms.Label
20    Friend WithEvents LabelVersion As System.Windows.Forms.Label
21    Friend WithEvents LabelCompanyName As System.Windows.Forms.Label
22    Friend WithEvents TextBoxDescription As System.Windows.Forms.TextBox
23    Friend WithEvents OKButton As System.Windows.Forms.Button
24    Friend WithEvents LabelCopyright As System.Windows.Forms.Label
25
26    'Является обязательной для конструктора форм Windows Forms
27    Private components As System.ComponentModel.IContainer
28
29    'Примечание: следующая процедура является обязательной для конструктора форм
30    Windows Forms
31    'Для ее изменения используйте конструктор форм Windows Form.
32    'Не изменяйте ее в редакторе исходного кода.
33    <System.Diagnostics.DebuggerStepThrough()> _
34    Private Sub InitializeComponent()
35        Dim resources As System.ComponentModel.ComponentResourceManager = New
36        System.ComponentModel.ComponentResourceManager(GetType(About))
37        Me.TableLayoutPanel = New System.Windows.Forms.TableLayoutPanel()
38        Me.LabelProductName = New System.Windows.Forms.Label()
39        Me.LabelVersion = New System.Windows.Forms.Label()
40        Me.LabelCopyright = New System.Windows.Forms.Label()
41        Me.LabelCompanyName = New System.Windows.Forms.Label()
42        Me.TextBoxDescription = New System.Windows.Forms.TextBox()
43        Me.OKButton = New System.Windows.Forms.Button()
44        Me.TableLayoutPanel.SuspendLayout()
45        CType(Me.LabelProductName, System.ComponentModel.ISupportInitialize).BeginInit()
46        Me.SuspendLayout()
47        'TableLayoutPanel
48        '
49        Me.TableLayoutPanel.ColumnCount = 2
50        Me.TableLayoutPanel.ColumnStyles.Add(New System.Windows.Forms.ColumnStyle(
51        System.Windows.Forms.SizeType.Percent, 33.0!))
52        Me.TableLayoutPanel.ColumnStyles.Add(New System.Windows.Forms.ColumnStyle(
53        System.Windows.Forms.SizeType.Percent, 67.0!))
54        Me.TableLayoutPanel.Controls.Add(Me.LabelProductName, 1, 0)
55        Me.TableLayoutPanel.Controls.Add(Me.LabelVersion, 1, 1)
56        Me.TableLayoutPanel.Controls.Add(Me.LabelCopyright, 1, 2)
57        Me.TableLayoutPanel.Controls.Add(Me.LabelCompanyName, 1, 3)
58        Me.TableLayoutPanel.Controls.Add(Me.TextBoxDescription, 1, 4)
59        Me.TableLayoutPanel.Controls.Add(Me.OKButton, 1, 5)
60        Me.TableLayoutPanel.Dock = System.Windows.Forms.DockStyle.Fill
61        Me.TableLayoutPanel.Location = New System.Drawing.Point(9, 9)
62        Me.TableLayoutPanel.Name = "TableLayoutPanel"
63        Me.TableLayoutPanel.RowCount = 6
64        Me.TableLayoutPanel.RowStyles.Add(New System.Windows.Forms.RowStyle(
65        System.Windows.Forms.SizeType.Percent, 10.0!))
66        Me.TableLayoutPanel.RowStyles.Add(New System.Windows.Forms.RowStyle(
67        System.Windows.Forms.SizeType.Percent, 10.0!))
68        Me.TableLayoutPanel.RowStyles.Add(New System.Windows.Forms.RowStyle(
69        System.Windows.Forms.SizeType.Percent, 10.0!))
70        Me.TableLayoutPanel.RowStyles.Add(New System.Windows.Forms.RowStyle(
71        System.Windows.Forms.SizeType.Percent, 10.0!))
72        Me.TableLayoutPanel.RowStyles.Add(New System.Windows.Forms.RowStyle(
73        System.Windows.Forms.SizeType.Percent, 10.0!))
74        Me.TableLayoutPanel.RowStyles.Add(New System.Windows.Forms.RowStyle(
75        System.Windows.Forms.SizeType.Percent, 10.0!))
76    End Sub
```

2. About Code

```
1 Public NotInheritable Class About
2
3     Private Sub About_Load(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles MyBase.Load
4         Dim ApplicationTitle As String
5         If My.Application.Info.Title <> "" Then
6             ApplicationTitle = My.Application.Info.Title
7         Else
8             ApplicationTitle = System.IO.Path.GetFileNameWithoutExtension(My.Application.Info.AssemblyName)
9         End If
10        Me.Text = String.Format("О программе {0}", ApplicationTitle)
11        Me.LabelProductName.Text = My.Application.Info.ProductName
12        Me.LabelVersion.Text = String.Format("Версия {0}", My.Application.Info.Version.ToString)
13        Me.LabelCopyright.Text = My.Application.Info.Copyright
14        Me.LabelCompanyName.Text = My.Application.Info.CompanyName
15        Me.TextBoxDescription.Text = My.Application.Info.Description
16    End Sub
17
18    Private Sub OKButton_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles OKButton.Click
19        Me.Close()
20    End Sub
21
22 End Class
23
```

Приложение Г – Оценка согласованности мнений экспертов при ранжировании

В систему [243] загружены данные исследования: число факторов $n = 10$, число экспертов $m = 20$

Таблица Г1 - Матрицы ранжирования [243]

Факторы	Эксперты																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	10	8	10	9	10	10	8	10	10	10	10	9	10	10	10	10	10	9	10	10
2	6	9	8	10	7	9	9	7	8	9	7	8	8	9	7	9	8	8	8	8
3	3	3	5	4	5	4	3	5	4	5	4	6	4	5	5	4	3	4	3	4
4	4	5	4	5	3	1	4	4	5	3	2	4	5	4	3	3	4	2	4	3
5	2	2	1	3	1	2	2	2	1	2	3	2	2	3	2	2	1	1	2	2
6	5	4	3	1	4	5	6	3	3	4	5	3	3	2	4	5	5	5	5	5
7	8	6	7	6	6	7	5	6	6	6	6	5	6	6	6	7	6	6	6	7
8	9	10	9	8	9	8	10	9	9	8	9	10	9	8	9	8	8	10	9	9
9	1	1	2	2	2	3	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	3	1	1
10	7	7	6	7	8	6	7	8	7	7	8	7	7	7	8	6	7	7	7	6

Системой [243] проанализирована матрица (см. табл. Г1). Выполнено переформатирование (табл. Г2) с целью исключения повторов.

Таблица Г2 – Новые ранги

Номера мест в упорядоченном ряду	Расположение факторов по оценке эксперта	Новые ранги
1	1	1
2	2	2
3	3	3
4	4	4
5	5	5
6	6	6
7	7	7
8	8	8.5
9	8	8.5
10	10	10

Системой [243] сформированы новые матрицы (табл. Г3 и табл. Г4)

Таблица Г3 – Новая матрица

Факторы	Эксперты																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	10	8	10	9	10	10	8	10	10	10	10	9	10	10	10	10	10	9	10	10
2	6	9	8	10	7	9	9	7	8	9	7	8	8	9	7	9	8.5	8	8	8
3	3	3	5	4	5	4	3	5	4	5	4	6	4	5	5	4	3	4	3	4
4	4	5	4	5	3	1	4	4	5	3	2	4	5	4	3	3	4	2	4	3
5	2	2	1	3	1	2	2	2	1	2	3	2	2	3	2	2	1	1	2	2
6	5	4	3	1	4	5	6	3	3	4	5	3	3	2	4	5	5	5	5	5
7	8	6	7	6	6	7	5	6	6	6	6	5	6	6	6	7	6	6	6	7
8	9	10	9	8	9	8	10	9	9	8	9	10	9	8	9	8	8.5	10	9	9
9	1	1	2	2	2	3	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	3	1	1
10	7	7	6	7	8	6	7	8	7	7	8	7	7	7	8	6	7	7	7	6

Таблица Г4 – Итоговая матрица

N	Результаты статистических расчетов																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Сумма рангов	d	d ²
x ₁	10	8	10	9	10	10	8	10	10	10	10	9	10	10	10	10	10	9	10	10	193	83	6889
x ₂	6	9	8	10	7	9	9	7	8	9	7	8	8	9	7	9	8.5	8	8	8	162.5	52.5	2756.25
x ₃	3	3	5	4	5	4	3	5	4	5	4	6	4	5	5	4	3	4	3	4	83	-27	729
x ₄	4	5	4	5	3	1	4	4	5	3	2	4	5	4	3	3	4	2	4	3	72	-38	1444
x ₅	2	2	1	3	1	2	2	2	1	2	3	2	2	3	2	2	1	1	2	2	38	-72	5184
x ₆	5	4	3	1	4	5	6	3	3	4	5	3	3	2	4	5	5	5	5	5	80	-30	900
x ₇	8	6	7	6	6	7	5	6	6	6	6	5	6	6	6	7	6	6	6	7	124	14	196
x ₈	9	10	9	8	9	8	10	9	9	8	9	10	9	8	9	8	8.5	10	9	9	178.5	68.5	4692.25
x ₉	1	1	2	2	2	3	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	3	1	1	29	-81	6561
x ₁₀	7	7	6	7	8	6	7	8	7	7	8	7	7	7	8	6	7	7	7	6	140	30	900
Σ	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	1100		30251.5

$$d = \sum x_{ij} - \frac{\sum \sum x_{ij}}{n} = \sum x_{ij} - 110$$

где

(10)

Система [243] проверила правильность составления матрицы на основе исчисления контрольной суммы:

$$\sum x_{ij} = \frac{(1+n)n}{2} = \frac{(1+10)10}{2} = 55$$

(11)

Вывод системы: Сумма по столбцам матрицы равны между собой и контрольной суммы, значит, матрица составлена правильно.

Системой [243] сгенерирован анализ значимости исследуемых факторов (табл. Г5).

Таблица Г5 - Расположение факторов по значимости

Факторы	Сумма рангов	Факторы	Сумма рангов
x ₉	29	x ₇	124
x ₅	38	x ₁₀	140
x ₄	72	x ₂	162.5
x ₆	80	x ₈	178.5
x ₃	83	x ₁	193

Для оценки средней степени согласованности мнений всех экспертов система [243] рассчитала коэффициент конкордации:

$$W = \frac{S}{\frac{1}{12} \cdot m^2(n^3 - n) - m \cdot \sum T_i}$$

(12)

где S = 30251.5, n = 10, m = 20.

$$T_i = \frac{1}{12} \cdot \sum (t_l^3 - t_l)$$

(13)

L_i - число связей (видов повторяющихся элементов) в оценках i-го эксперта,

t_l - количество элементов в l-й связке для i-го эксперта (количество повторяющихся элементов).

$$T_{17} = [(2^3 - 2)]/12 = 0.5.$$

$$\sum T_i = 0.5 = 0.5.$$

$$W = \frac{30251.5}{\frac{1}{12} \cdot 20^2(10^3 - 10) - 20 \cdot 0.5} = 0.92$$

Полученное значение коэффициента конкордации W = 0.92 говорит о наличии высокой степени согласованности мнений экспертов.

Приложение Д – Фрагменты баз данных

Таблица Д 1 – Фрагменты базы данных «Цифровые шкалы измерений швейных изделий для автоматизированного контроля качества»

Описание измерения	Визуализация	Допустимое отклонение, см	Балл
1	2	3	4
Плечевые изделия			
Длина плечевых швов		0,5	7
Длина переда от горловины сбоку до низа		1,0	6
Длина переда посередине		1,0	6
Длина спинки сбоку от горловины до низа		1,0	6
Длина спинки посередине		1,0	6
Длина боковых швов		1,0	5

Продолжение таблицы Д1

1	2	3	4
Длина переда посередине		0,5	4
Шкала оценки измерений швейных изделий по ширине			
Плечевые изделия			
Ширина переда в узком месте		0,5	10
Ширина изделия под проймой		1,0	10
Ширина изделия на уровне талии		1,0	10
Ширина изделия по линии бедер		1,0	10
Ширина изделия внизу		1,0	10
Ширина спинки в узком месте		0,5	9

Продолжение таблицы Д1

1	2	3	4
Ширина рукава вверху		0,5	7
Ширина рукава внизу		0,5	7
Поясные изделия			
Ширина изделия вверху талии		0,7	9
Ширина изделия по линии бедер		0,7	9
Ширина ластовицы (по шву) передней детали		0,5	6
Ширина ластовицы (по шву) задней детали		0,5	6
Ширина бейки по верхнему шву		0,1	3
Ширина бейки по низу		0,1	2

Продолжение таблицы Д.1

1	2	3	4
Длина передней половинки		0,5	10
Длина задней половинки		0,7	10
Длина бокового шва		0,3	5
Длина ластовицы задней половинки		0,3	4
Шкала оценки измерений швейных изделий по дуговым измерениям			
Плечевые изделия			
Длина горловины переда (по краю)		1,0	9
Длина горловины переда по линии притачивания бейки		1,0	9
Длина горловины спинки (по краю)		0,5	9
Длина горловины спинки по линии притачивания бейки		0,5	9

Продолжение таблицы Д.1

1	2	3	4
Длина проймы переда		0,7	6
Поясные изделия			
Длина по краю до линии низа передней половинки		0,7	7
Длина по краю до линии низа задней половинки		0,7	7
Шкала оценки измерений швейных изделий по проекционным измерениям			
Плечевые изделия			
Ширина горловины		0,5	9
Глубина горловины переда		0,7	8
Глубина горловины спинки		0,5	8
Плечевой диаметр		0,7	8






Продолжение таблицы Д.1

1	2	3	4
Шкала оценки измерений швейных изделий по угловым измерениям			
Плечевые изделия			
Разные углы наклона плечевых швов		0,7	9
Месторасположение и угол наклона декоративных деталей (принт, карман, застежка, кокетка)		0,5	10
Угол наклона рукавов		0,5	8
Шкала оценки измерений рукавов			
Ширина рукававерху		0,5	7
Ширина рукававнизу		0,5	7
Длина рукава		1,0	5

Окончание таблицы Д.1

1	2	3	4
Длина нижнего шва рукава		0,7	5

Таблица Д.2 – Фрагменты информационных массивов оценки несимметричности швейной продукции

Описание дефекта	Визуализация	Допустимое отклонение, см	Балл
1	2	3	4
Плечевые изделия			
несимметричность горловины		0,2	10
месторасположение и угол наклона декоративных деталей (принт, карман, застежка, кокетка)		0,5	10
разные углы наклона плечевых швов		0,7	9
разная длина рукавов		0,7	8
разная длина плечевых швов		0,7	7

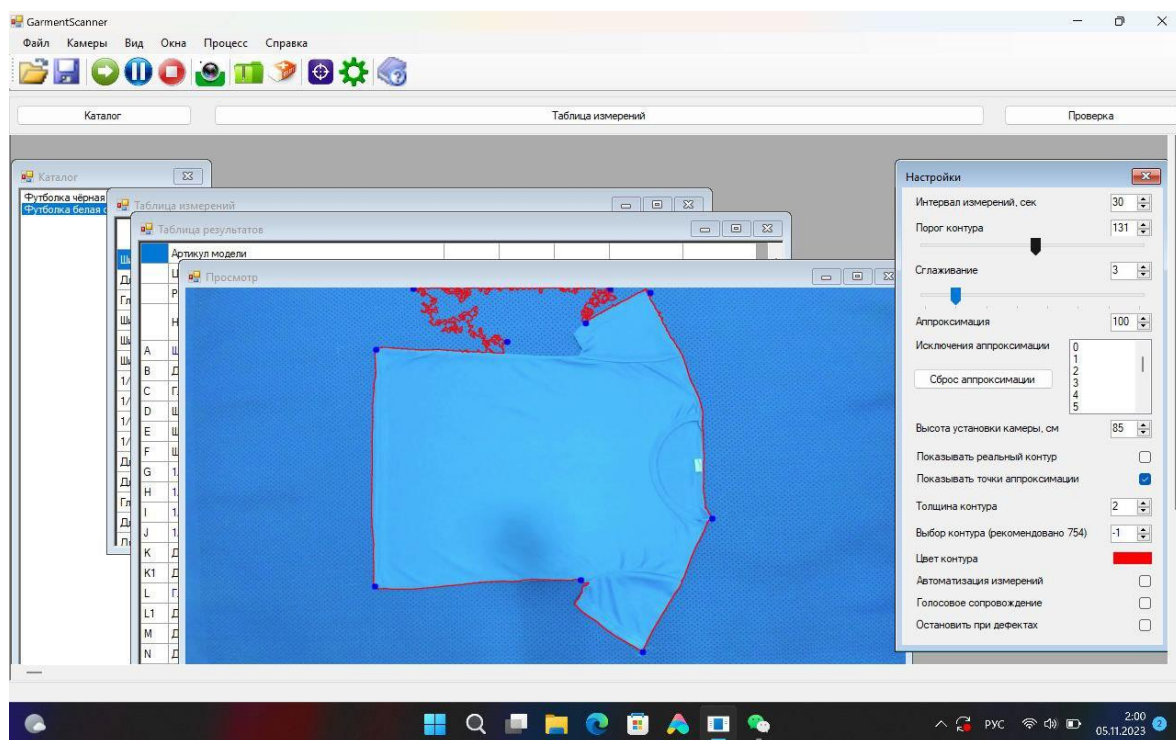
Продолжение таблицы Д.2

1	2	3	4
разная ширина рукавов		1,0	6
разная длина боковых участков		1,0	5
растянутая и неровная линия низа		0,5	4
кривизна отделочных строчек		0,1	3
ширина отделочных строчек		0,1	3
Поясные изделия			
несимметричные формы правой и левой сторон передней половинки		0,7	10
несимметричные формы правой и левой сторон задней половинки		0,7	10

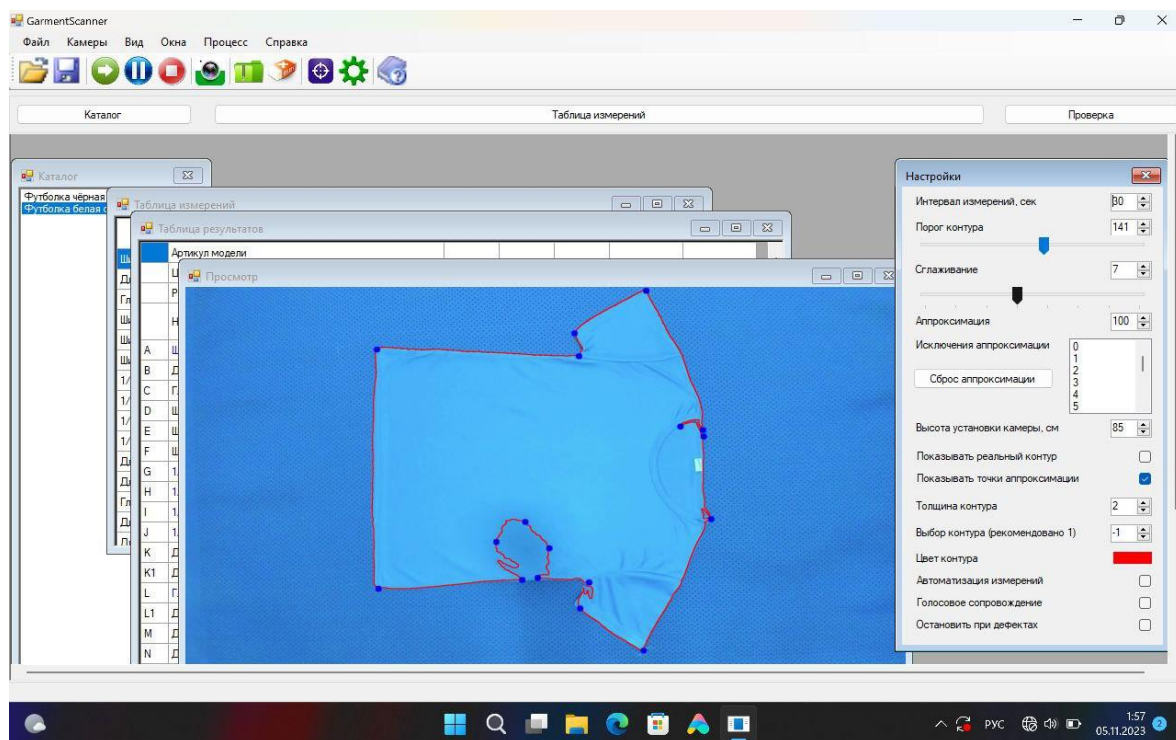
Окончание таблицы Д.2

1	2	3	4
разная длина боковых швов		0,3	6
растянутый шов притачивания ластовицы		0,2	8
декоративная отделка несимметрично расположена		0,2	9
негоризонтальная линия шва притачивания ластовицы		0,2	7

Приложение Е – Примеры шумовых помех при распознавании образов швейной продукции

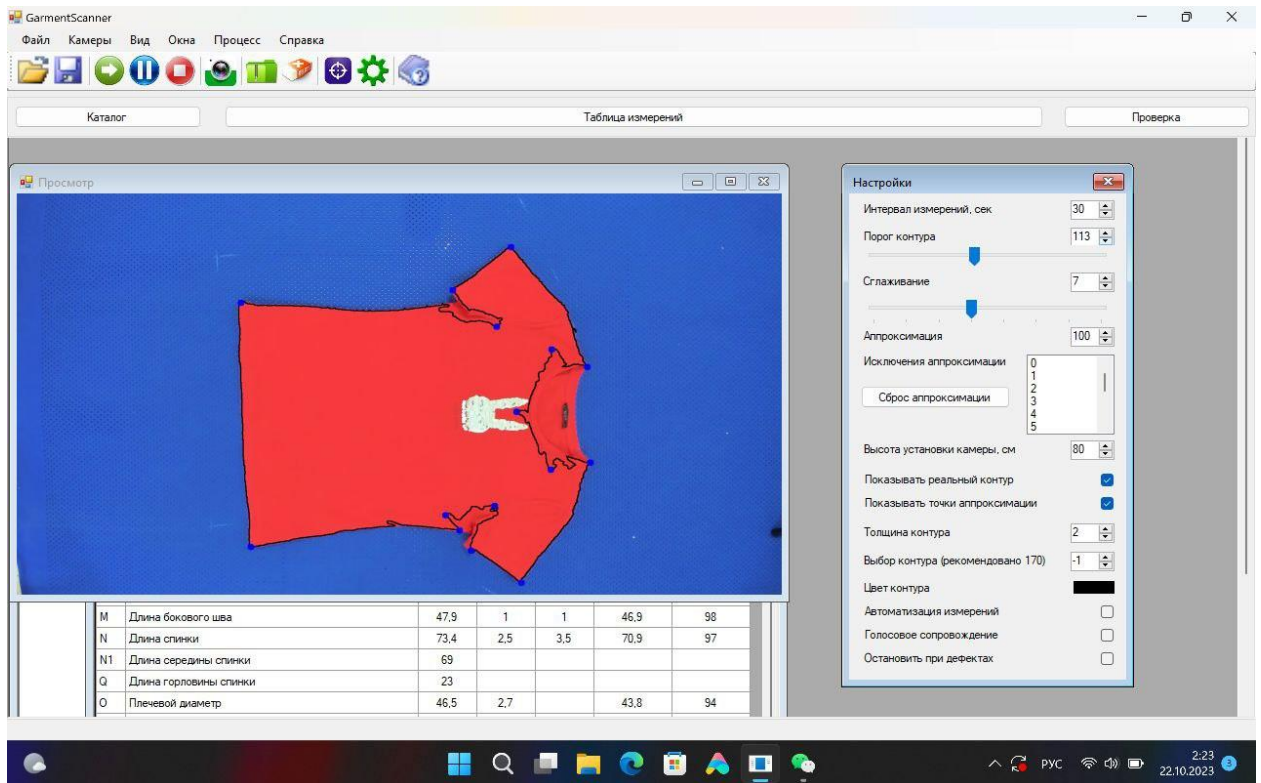


а

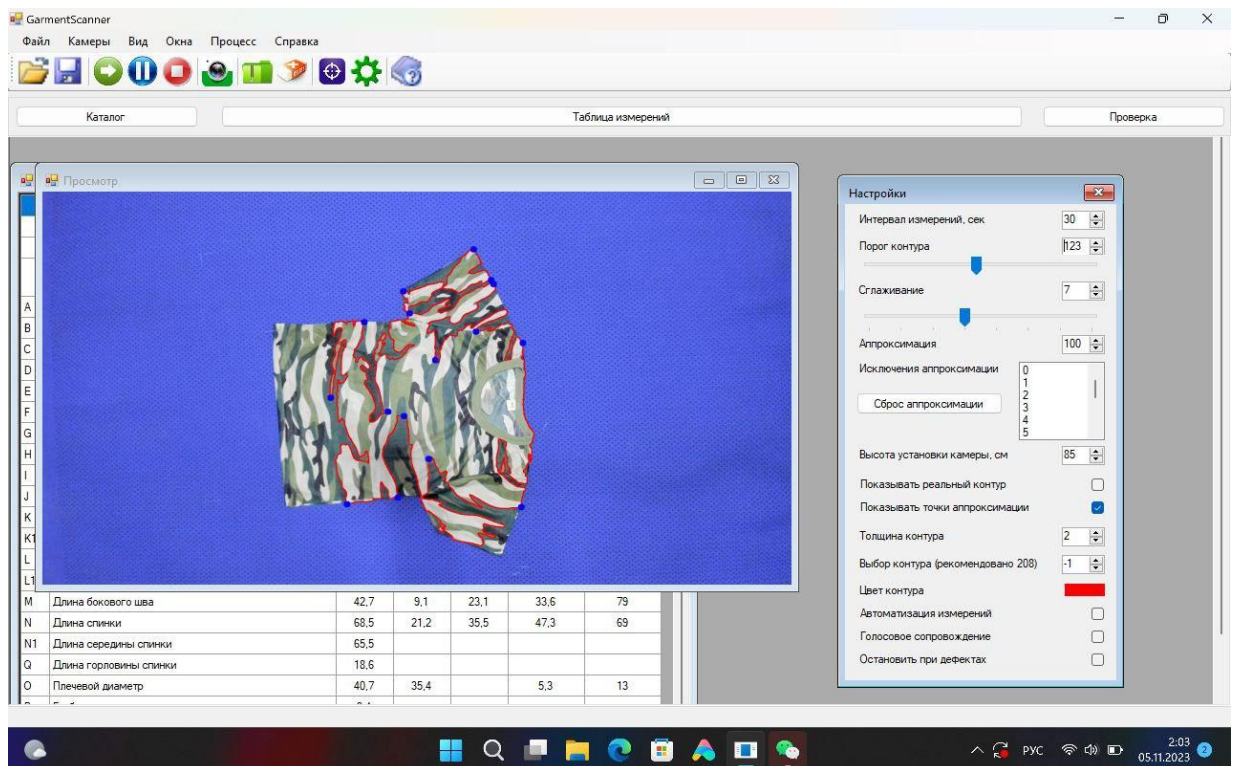


б

Рисунок Е1 – Помехи в распознавании объекта при совпадении цвета столешницы и изделия



а



б

Рисунок E2 - Помехи в распознавании объекта при совпадении цвета столешницы и отделки в изделии