

Научная статья

УДК 687.021

DOI: <https://doi.org/10.24866/VVSU/2073-3984/2022-3/168-177>

Разработка инструментария компьютерного зрения для обнаружения дефектов изготовления швейных изделий на аутсорсинговых фабриках

Гусева Марина Анатольевна

Андреева Елена Георгиевна

Рогожина Юлия Владимировна

Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)
Москва, Россия

Аннотация. *Всемирная стратегия развития промышленных предприятий предполагает создание новейших цифровых платформ, объединяющих всех участников производственных циклов, в том числе занимающихся реализацией готовой продукции потребителям. В российской швейной отрасли исторически сложились крепкие производственные связи с аутсорсинговыми фирмами Юго-Восточной Азии, приоритетными из которых являются фабрики Китая. Опыт функционирования бизнес-проектов по производству швейной продукции в содружестве с аутсорсинг-подрядчиками показал, что в условиях геополитических ограничений наиболее эффективные результаты получены компаниями, использующими преимущества промышленного интернета. В период пандемии усилились трудности взаимодействия между заказчиками и исполнителями, как на межгосударственном уровне, так и внутри стран-подрядчиков. На швейных предприятиях наиболее не приспособленным к бесперебойному функционированию в условиях ограничений оказался этап технологического контроля. Классический подход к оценке уровня изготовления одежды основан на контактных измерениях полуфабрикатов и готовых изделий. До настоящего времени в отрасли отсутствовал опыт дистанционных инспекций качества изготовления швейной продукции с помощью компьютерного зрения. В статье представлены инновационные разработки авторов из ФГБОУ ВО «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)» по оптимизации процесса контроля качества изготовления швейной продукции с использованием систем компьютерного зрения на этапе финального контроля. Апробация предложенного способа проводится на аутсорсинговых предприятиях Китая.*

Ключевые слова: сканирование, машинное зрение, качество швейной продукции.

Для цитирования: Гусева М.А., Андреева Е.Г., Рогожина Ю.В. Разработка инструментария компьютерного зрения для обнаружения дефектов изготовления швейных изделий на аутсорсинговых фабриках // Территория новых возможностей. Вестник Владивостокского государственного университета экономики и сервиса. 2022. Т. 14, № 3. С. 168–177. DOI: <https://doi.org/10.24866/VVSU/2073-3984/2022-3/168-177>.

© Гусева М.А., 2022

© Андреева Е.Г., 2022

© Рогожина Ю.В., 2022

Original article

Development of computer vision tools for detecting defects in garment manufacturing in outsourcing factories

Marina A. Guseva

Elena G. Andreeva

Iuliya V. Rogozhina

The Kosygin State University of Russia

Moscow, Russia

Abstract. *The global strategy for the development of industrial enterprises involves the creation of the latest digital platforms that unite all participants in production cycles, including those involved in the sale of finished products to consumers. The Russian apparel industry has historically developed strong production links with outsourcing firms in Southeast Asia, of which China factories are a priority. The experience of sewing business projects in cooperation with outsourcing contractors has shown that in the context of geopolitical constraints the most effective results are obtained by companies that use the advantages of the industrial Internet. During the pandemic, the difficulties of interaction between customers and contractors increased, both at the interstate level and within the contractor countries. At sewing enterprises, the stage of technological control turned out to be the most unsuitable for uninterrupted functioning under conditions of restrictions. The classic approach to evaluating the level of clothing manufacturing is based on contact measurements of semi-finished products and finished products. Until now, the industry lacked experience in remote inspection of garment manufacturing quality using computer vision. The article presents innovative developments of the authors from The Kosygin Russian State University to optimize the quality control process of garment production using computer vision systems at the stage of final inspection. The proposed method has been tested at outsourcing enterprises in China.*

Keywords: *scanning, machine vision, quality of sewing products.*

For citation: *Guseva M.A., Andreeva E.G., Rogozhina Yu.V. Development of computer vision tools for detecting defects in garment manufacturing in outsourcing factories // The Territory of New Opportunities. The Herald of Vladivostok State University of Economics and Service. 2022. Vol. 14, № 3. P. 168–177. DOI: <https://doi.org/10.24866/VVSU/2073-3984/2022-3/168-177>.*

Введение

Аутсорсинговое сотрудничество российских дизайн-бюро со швейными предприятиями Юго-Восточной Азии имеет почти пятидесятилетнюю историю. Бурное развитие аутсорсинга началось с середины XX века. Размещение заказов на производственных мощностях взаимовыгодно всем сотрудничающим сторонам [1]. Российская сторона бизнеса заинтересована в поставках на отечественный рынок модной швейной продукции широкого ассортимента, а сторона аутсорсинг-подрядчиков получает гарантированную занятость населения, новые рабочие места, развитие парка оборудования швейных предприятий и смежных отраслей [2].

Особенность аутсорсинга – это дистанционное взаимодействие и документооборот между заказчиками (дизайн-бюро) и подрядчиками (швейными фабриками). Кроме того, частым явлением в аутсорсинговом швейном бизнесе при-

зано территориальное разделение участников производственного цикла не только в межгосударственном масштабе, но и внутри сотрудничающих стран. Поэтому для обеспечения межличностных и межкультурных коммуникаций среди партнеров-аутсорсеров необходимо знание иностранных языков, владение «профессионально-нравственными нормами международного бизнеса на фоне национального менталитета» [3].

Многолетний опыт авторов статьи, сотрудничающих с аутсорсинговыми бизнес-партнерами, показал, что деловая культура способна адаптироваться к быстроменяющимся геополитическим условиям. Изоляция государств в условиях пандемии негативно сказалась на развитии бизнеса в швейной отрасли. Однако предприниматели из Китая не утратили производственных связей как с заказчиками из России, так и с европейскими партнерами. Особенностью развития промышленных предприятий Китая является быстрое внедрение и адаптация новейших технологий. Поэтому полный перевод швейного производства в цифровой формат [4], вероятнее всего, произойдет именно на территории КНР.

Мировой экономический кризис эпохи пандемии негативно повлиял на развитие модного бизнеса. Отличительной особенностью современного периода стала апробация в обществе новой виртуальной реальности – наличия у потребителей цифрового гардероба. Факторами стимуляции к покупке уже являются не биологические причины [5], основанные на таких чувствах, как осязание и обоняние, а нейротехнологии визуального мерчандайзинга [6], использующие программы-визуализаторы образа человека и программы-симуляторы примерок одежды. С ослаблением пандемийных ограничений обществом не отвергнут цифровой формат общения, а наоборот, цифровизации подвергнуты такие этапы производства и жизненного цикла швейной продукции, которые ранее не планировалось формализовать. Например, в таких отраслях промышленности, как автомобиле-, авиа- и приборостроение, микроэлектроника и фармацевтика, автоматизация производства логично завершается цифровым контролем качества готовой продукции [7]. В швейной отрасли до сих пор неавтоматизированным остается этап контроля качества изготовления одежды. Проблема поставок на российский рынок бракованной продукции, изготовленной с нарушениями стандартов предприятий и ГОСТ, актуальна до сих пор. При ненадлежащем контроле в партиях готовой продукции выявляются изделия с такими дефектами, как разнооттеночность материалов, наличие дыр и пропусков стежков, кривые строчки и швы, несимметричность, криволинейность нижних срезов и горловины, несоответствие габаритов изделий нормативным параметрам и др. Установлено, что большинство из перечисленных дефектов не ассоциируется рабочими аутсорсинговых фабрик как брак, что связано с привлечением работников низкой квалификации для экономии на производстве.

Авторами исследованы причины формирования брака на аутсорсинговом швейном производстве и предложены следующие варианты, не допускающие отгрузку бракованной продукции заказчикам:

1) организовать тотальную инспекцию на фабриках подрядчиков, затратную по времени и по материальным средствам;

2) обеспечить автоматизированный контроль качества продукции на всех этапах производства.

Целью исследования является разработка нового способа контроля качества швейной продукции компьютерным зрением, основанного на апробации известных методик распознавания образов по фотоизображениям.

Основная часть

В качестве известных аналогов технических средств идентификации выбрана программа по распознаванию лиц «Python», применяемая службами безопасности. Алгоритм работы программы основан на предложенном Viola-Jones [8] методе идентификации в видеопотоке изображений с помощью расчета суммарной яркости пикселей в произвольных прямоугольных областях (каскады Хаара, вейвлет-преобразования). С помощью технологии каскадов Хаара выполняют поиск искомым плоских объектов, классификацию «свой-чужой», измерение габаритов изделий, выявляют брак. Программы идентификации образов обучаемы [9], т.е. при правильно составленном алгоритме, основанном на извлечении информации из множества баз данных (нейросетей), виртуальный инструмент способен выполнять действия, сопоставимые с простейшей мыслительной деятельностью человека.

Для контроля качества швейных изделий плоских форм авторами разработан программно-аппаратный комплекс (ПАК) GarmentScanner [10], включающий испытательный стенд с комплектом сканирующего оборудования, компьютер с программным обеспечением. Функционирование GarmentScanner обеспечивают базы данных дефектов [11], систематизированных по причинам их проявления и определению условий их возникновения. Цифровая камера, входящая в комплект ПАК, производит однократное фотографирование размещенных на столешнице испытательного стенда швейных изделий. Далее скан-образ каждого образца классифицируется на идентичность эталонному образцу. Для этого по всей площади изображения программа перемещает scan window, маркирует контур объекта буквенно-цифровым кодом (рис. 1), а для идентификации false/true в каждом его фрагменте выполняет расчет признаков Хаара. Для параметризации изделий бесконтактным измерительным инструментом разработана методика виртуального обмера, где в том числе систематизированы разнообразные дефекты, возникающие из-за нарушений режимов технологии изготовления [12].

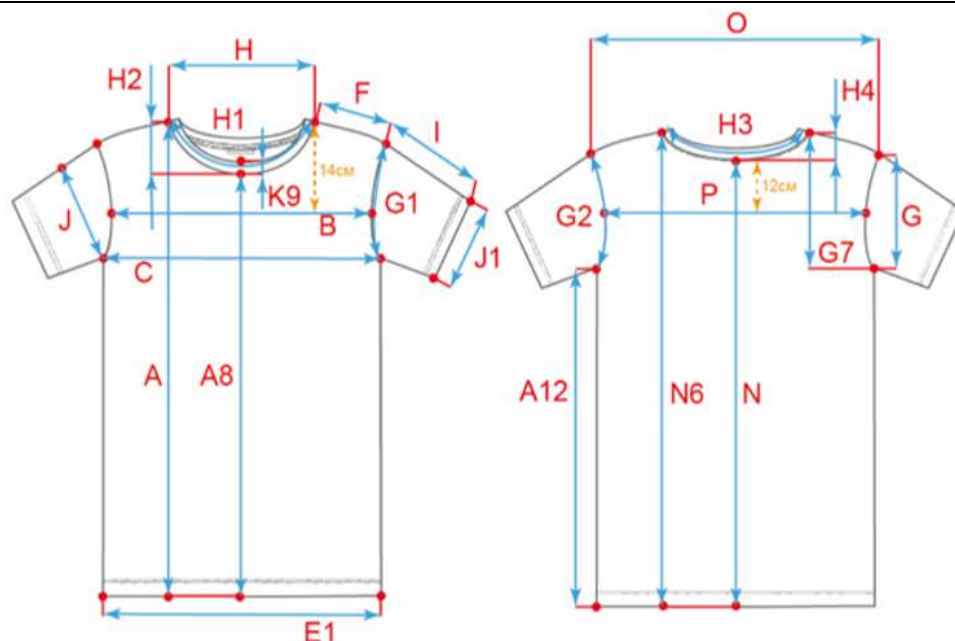


Рис. 1. Схема параметризации футболки для контроля габаритов с помощью ПАК GarmentScanner

В алгоритм работы GarmentScanner включены следующие действия:

- 1) распознавание внешнего контура;
- 2) расчёт координат базовых и ключевых точек на контуре;
- 3) расчёт величин векторов (в соответствии с таблицей мер модели, представленной в нормативной документации на изготовление изделий).

Тестирование работы ПАК GarmentScanner проводится на аутсорсинговом швейном предприятии «Far East» (Китай). Апробацией установлено, что важным условием бесперебойной работы ПАК является правильный выбор цвета столешницы. Выбор цветового решения фона изображения должен быть согласован с индексированной палитрой, близкой по своим характеристикам со стандартной цветовой палитрой системы RGB, при этом фон должен иметь спектральные отличия для четкого восприятия программой контура объекта. Тестирование различных вариантов окрашивания фона показало, что наибольшая вероятность возникновения «шумов» возникает в монохромной интерпретации при использовании коричневого, серого, синего и других цветов. Подобные помехи в аналитике визуальной информации (рис. 2) возникают из-за идентичности цветового решения фона и изделия (либо отделочных деталей в изделии) [13].

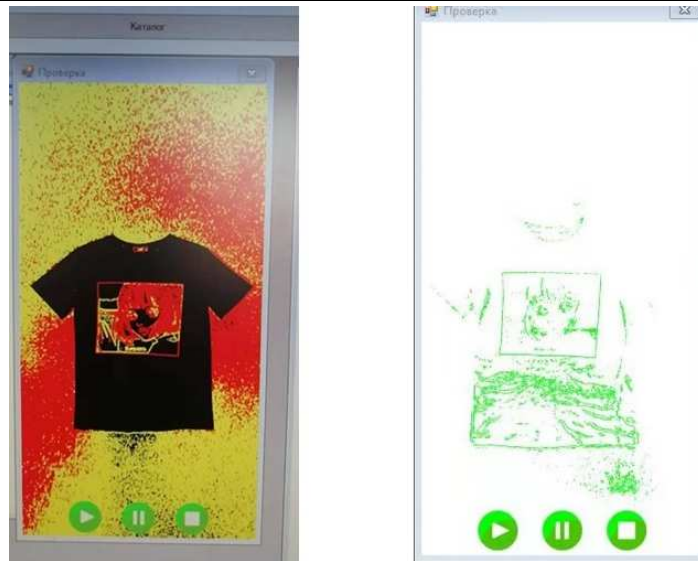


Рис. 2. «Шумы» при распознавании изображений

В условиях современной моды наименее востребованным цветом в одежде является кислотно-розовый. Данный оттенок применяют для отделки изделий спортивного назначения или в материалах для купальников. Поэтому окрашивание фона изображений в кислотно-розовый признано наиболее приемлемым (рис. 3).

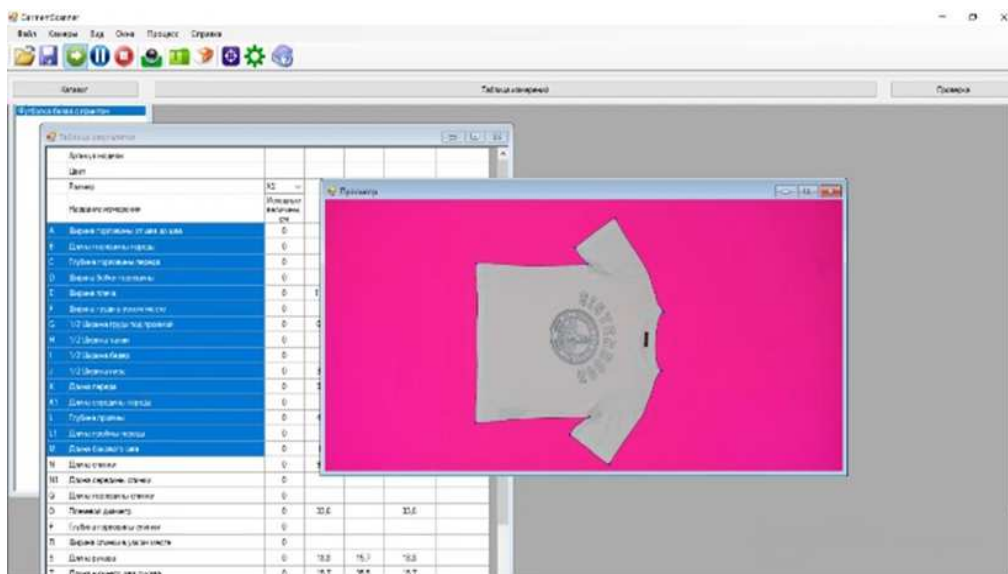


Рис. 3. Интерфейс GarmentScanner с визуализацией изделия

Критерием успешной работы бесконтактных измерительных инструментов, использующих компьютерное зрение, является удобный интерфейс программы. Интерфейс GarmentScanner адаптирован под особенности работы технолога-инспектора отдела ОТК. Из-за ограниченного размера поля экрана не представлялось возможным установить названия всех опций на экране. В процессе тестирования ПАК принято решение преобразовать часть названий кнопок в виде графических указателей (рис. 4).

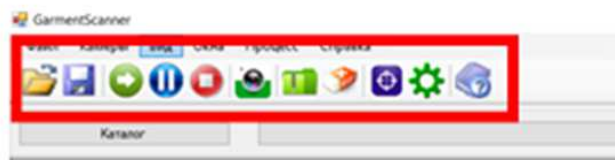


Рис. 4. Графические указатели интерфейса

Интерфейс основного окна содержит кнопки выбора режима отображения: «Каталог», «Таблица измерений», «Проверка» и «Результаты проверки». Кнопкой «Каталог» пользователь открывает дочернее окно в основном интерфейсе программы, содержащее список изделий из хранилища данных системы. База «Таблица измерений» содержит схемы и таблицы величин измерений, в соответствии с которыми проверяются изделия. Эмпирическая информация о числовых параметрах заносится специалистами-технологами предприятий в таблицы баз данных программы вручную для каждого размера-роста изделий производственных партий.

При рассмотрении возможных вариантов хранения информации был предложен вариант хранения в файлах формата MS Excel с импортом данных в программу при её запуске. Данные в файл вносятся пользователем вручную. В каждом файле на разных листах содержится информация о списке изделий, включая данные о листе книги MS Excel, на котором размещен листинг о параметрах изделий и координатах исходных точек для снятия параметров.

Заключение

Преимуществом использования GarmentScanner на этапе финальной инспекции является обезличенный контроль, что востребовано в условиях аутсорсингового сотрудничества. С применением компьютерного зрения значительно ускоряется процесс параметризации швейных изделий [14].

Функционал GarmentScanner обеспечивает управление каталогом качества швейной продукции, сбор и хранение статистики брака на аутсорсинговом предприятии. Автоматизация процесса выявления в производственном потоке бракованных изделий позволяет в бесконтактном режиме в условиях удаленного взаимодействия заказчиков из дизайн-бюро, технологов-инспекторов и исполнителей-аутсорсеров в максимально сжатые сроки обнаружить бракованную продукцию, выявить дефекты системной критичности, доказательно обосновать необходимость возврата партии одежды на переделку.

Вектором дальнейшего развития функционала ПАК GarmentScanner является формирование нейросети, предназначенной для обучения программного обеспечения распознавать и идентифицировать дефекты, обнаруженные в швейных изделиях сложных форм. Открытость архитектуры GarmentScanner позволяет наполнять базу системы новой информацией.

С внедрением в производственный цикл изготовления одежды технологии контроля ее качества компьютерным зрением на отечественный рынок начнет поступать швейная продукция высокого качества, что позволит говорить о полном переводе швейных предприятий в режим цифровых фабрик.

Список источников

1. McKinsey. Is apparel manufacturing coming Home? Apparel, Fashion@Luxury Group. 2018. 32 p.
2. Цифровизация дефектов одежды для оптимизации аутсорсингового изготовления «Fast Fashion» коллекций / М.А. Гусева, В.В. Гетманцева, Е.Г. Андреева [и др.] // Дизайн и технологии. 2020. № 75 (117). С. 36–44.
3. Очиров О.Р. Деловая культура Китая // Ученые записки Забайкальского ГГПУ им. Н.Г. Чернышевского. 2009. С. 101–104.
4. Отдельные аспекты PLM-систем для создания цифровых фабрик в швейной промышленности / Н.Л. Корнилова, С.В. Салкуцан, М.В. Болсуновская [и др.] // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2018. № 4 (376). С. 103–106.
5. Camerer C., Loewenstein G., Preles D. Neuroeconomics: How Neuroscience Can inform Economics // J. Economic Literature. 2005. № 43. P. 9–64.
6. Панасенко С.В., Рамазанов И.А. Нейротехнологии визуального мерчандайзинга в розничной торговле // Российское предпринимательство. 2018. Т. 19, № 3. С. 657–670.
7. Steger C., Ulrich M., Wiedemann C. Machine vision algorithms and applications. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH, 2018. 516 p.
8. Viola P., Jones M. Rapid object detection using a boosted cascade of simple features // Proceedings of Proceedings of IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2001. Vol. 1. P. 511–518.
9. Nazil P., Darshan K., Ishan B. An overview on template matching methodologies and its applications // International Journal of Research in Computer and Communication Technology. 2013. Vol. 2, № 10. P. 988–995.
10. GarmentScanner / Ю.В. Рогожина, М.А. Гусева, Е.Г. Андреева [и др.] // Св-во о регистрации программы для ЭВМ; № 2021617946 RUS.; зарег. 20.05.2021.
11. Базовые цифровые шкалы технологических дефектов швейных изделий, определяемых техническими средствами идентификации / Ю.В. Рогожина, М.А. Гусева, Е.Г. Андреева [и др.] // Св-во о регистрации БД; № 2020621712 RUS.; зарег. 18.09.2020.
12. Цифровые шкалы измерений швейных изделий для автоматизированного контроля качества / М.А. Гусева, Ю.В. Рогожина, Е.Г. Андреева [и др.] // Св-во о регистрации базы данных; № 2020622292 RUS.; зарег. 16.11.2020, Бюл. № 11.
13. Rogozhina Iu., Guseva M., Andreeva E. Garment Production Quality Evaluation Using Machine Vision // Proceeding of the International Science and Technology Conference "FarEastCon 2021". Серия: "Smart Innovation, Systems and Technologies". Springer, Singapore. 2022. Vol. 275. P. 309–318. https://doi.org/10.1007/978-981-16-8829-4_27

14. Искусственный интеллект в оценке качества готовой швейной продукции / В.С. Белгородский, М.А. Гусева, Е.Г. Андреева [и др.]. // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2022. № 2 (398). С. 168–177.

References

1. McKinsey. Is apparel manufacturing coming Home? Apparel, Fashion@Luxury Group; 2018. 32 p.
2. Digitalization of clothing defects for optimization of outsourcing manufacturing of "Fast Fashion" collections / М.А. Гусева, В.В. Getmantseva, Е.Г. Андреева [et. al.]. *Design and technology*. 2020; 75 (117): 36–44.
3. Ochirov O.R. China's business culture. *Scientific notes of the Trans-Baikal University named after N.G. Chernyshevsky*. 2009; 101–104.
4. Some aspects of PLM-systems for creating digital factories in the garment industry / N.L. Kornilova, S.V. Salkutsan, M.V. Bolsunovskaya [et. al.]. *Proceedings of higher education institutions. Textile industry technology*. 2018; 4 (376): 103–106.
5. Camerer C., Loewenstein G., Preles D. Neuroeconomics: How Neuroscience Can inform Economics. *J. Economic Literature*. 2005; (43): 9–64.
6. Panasenko S.V., Ramazanov I.A. Neurotechnologies of visual merchandising in retail. *Russian entrepreneurship*. 2018; 19 (3): 657–670.
7. Steger C., Ulrich M., Wiedemann C. Machine vision algorithms and applications. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH; 2018. 516 p.
8. Viola P., Jones M. Rapid object detection using a boosted cascade of simple features. *Proceedings of Proceedings of IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. 2001; (1): 511–518.
9. Nazil P., Darshan K., Ishan B. An overview on template matching methodologies and its applications. *International Journal of Research in Computer and Communication Technology*. 2013; 2 (10): 988–995.
10. GarmentScanner / Yu.V. Rogozhina, M.A. Guseva, E.G. Andreeva [et. al.]. *Certificate of registration of computer programs; № 2021617946 RUS; 20.05.2021*.
11. Basic digital scales of technological defects of garments determined by technical means of identification / Yu.V. Rogozhina, M.A. Guseva, E.G. Andreeva [et. al.]. *Certificate of registration of the database; № 2020621712 RUS; 18.09.2020*.
12. Digital measurement scales for garments for automated quality control / М.А. Гусева, Yu.V. Rogozhina, E.G. Andreeva [et. al.]. *Certificate of registration of the database; № 2020622292 RUS; 16.11.2020, Bull. № 11*.
13. Rogozhina Yu., Guseva M., Andreeva E. Garment Production Quality Evaluation Using Machine Vision. *Proceeding of the International Science and Technology Conference "FarEastCon 2021". Series: "Smart Innovation, Systems and Technologies"*. Springer, Singapore. 2022; (275): 309–318. https://doi.org/10.1007/978-981-16-8829-4_27
14. Artificial intelligence in quality assessment of finished sewing products / V.S. Belgorodsky, M.A. Guseva, E.G. Andreeva [et. al.]. *Proceedings of higher education institutions. Textile industry technology*. 2022; 2 (398): 168–177.

Информация об авторах:

Гусева Марина Анатольевна, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры художественного моделирования, конструирования и технологии швейных изделий, г. Москва. E-mail: guseva_marina67@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3491-6132>

Андреева Елена Георгиевна, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры художественного моделирования, конструирования и технологии швейных изделий, г. Москва. E-mail: elenwise@mail.ru. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1464-0450>, ResearcherID: Q-1132-2015

Рогожина Юлия Владимировна, аспирант кафедры художественного моделирования, конструирования и технологии швейных изделий Российского государственного университета им. А.Н. Косыгина, г. Москва. E-mail: arsenevae@mail.ru

DOI: <https://doi.org/10.24866/VVSU/2073-3984/2022-3/168-177>

Дата поступления:
15.04.2022

Одобрена после рецензирования:
04.05.2022

Принята к публикации:
11.05.2022