

Научная статья

УДК 687.021

DOI: <https://doi.org/10.24866/VVSU/2949-1258/2023-4/164-174>

Исследование цветового сочетания «фон – изделие» в конфигурации программно-аппаратного комплекса машинного зрения GarmentScanner

Гусева Марина Анатольевна

Рогожина Юлия Владимировна

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

Москва, Россия

***Аннотация.** Технологии распознавания техническим зрением объектов по изображениям востребованы в различных отраслях экономики, здравоохранении, охранных системах безопасности, криминалистике, биометрической идентификации, аналитике дорожного движения, логистике и др. В швейной отрасли внедрение машинного зрения началось с бесконтактной антропометрии и оцифровки шаблонов лекал швейной продукции. Результаты исследований в области автоматизированного распознавания дефектов полотна и дефектов швов в одежде способствовали расширению сферы научных разработок. С внедрением на швейных предприятиях оптико-электронных систем контроля качества изготовления полуфабрикатов и готовой продукции начнется новый виток развития в направлении цифровой дефектоскопии. В РГУ им. А.Н. Косыгина разработана система компьютерного зрения, идентифицирующая в промышленных партиях одежды дефекты внешнего вида. На итоговые результаты процесса распознавания образцов швейной продукции влияет множество факторов, одним из которых является цветовое сочетание в паре «фон – изделие», задающее точность генерирования программой контура иконки изделия. В статье представлены результаты эксперимента по выбору цветового решения фона столешницы программно-аппаратного комплекса машинного зрения GarmentScanner, разработанного как виртуальный инструмент измерения габаритов готовой швейной продукции плоских форм.*

***Ключевые слова:** машинное зрение, сканирование, распознавание, цветовое сочетание.*

***Для цитирования:** Гусева М.А., Рогожина Ю.В. Исследование цветового сочетания «фон – изделие» в конфигурации программно-аппаратного комплекса машинного зрения GarmentScanner // Территория новых возможностей. Вестник Владивостокского государственного университета. 2023. Т. 15, № 4. С. 164–174. DOI: <https://doi.org/10.24866/VVSU/2949-1258/2023-4/164-174>*

Original article

Study of the “background – product” color combination in the configuration of the GarmentScanner machine vision software and hardware complex

Marina A. Guseva

Yuliya V. Rogozhina

The Kosygin State University of Russia

Moscow, Russia

© Гусева М.А., 2023

© Рогожина Ю.В., 2023

Abstract. *Technical vision technologies for recognizing objects from images are in demand in various sectors of the economy, healthcare, security systems, forensics, biometric identification, traffic analytics, logistics, etc. In the clothing industry, the introduction of machine vision began with non-contact anthropometry and digitization of patterns for sewing products. The results of the research in the field of automated recognition of fabric defects and seam defects in clothing contributed to the expansion of the scope of scientific developments. With the introduction of optical-electronic systems for quality control of semi-finished and finished products at sewing enterprises, a new advance in digital flaw detection will take place. At RSU named after. A.N. Kosygin a computer vision system that identifies defects in industrial batches of clothing is developed. Many factors influence the final result of the process of recognizing garment samples. One of these factors is the color combination in the “background – product” pair, which determines the accuracy of the program’s generation of the product’s icon outline. The article presents the results of an experiment on choosing a color scheme for the tabletop background of the GarmentScanner computer vision software and hardware complex. It was developed as a virtual tool for measuring the dimensions of finished flat-shaped garment products.*

Keywords: *computer vision, scanning, recognition, color combination.*

For citation: *Guseva M.A., Rogozhina Yu.V. Study of the “background – product” color combination in the configuration of the GarmentScanner machine vision software and hardware complex // The Territory of New Opportunities. The Herald of Vladivostok State University. 2023. Vol. 15, № 4. P. 164–174. DOI: <https://doi.org/10.24866/VVSU/2949-1258/2023-4/164-174>*

Введение

Распознавание образов – ежедневная деятельность мозга человека [1, с. 5]. В задачи распознавания входят:

- выделение ряда признаков на объектах исследования в соответствии с определенной классификацией;
- сопоставление характеристик (размеры, форма, пропорции, цвет и др.);
- описание индивидуальных ощущений;
- принятие решений.

Процедуру распознавания и измерения габаритов объектов промышленного производства до недавнего времени выполняли контактным способом специально подготовленные сотрудники предприятий. С ростом мощности компьютеров, появлением цифровых способов обработки и передачи изображений задачи распознавания и параметризации образов одежды стали решать с помощью ИТ-технологий. Системы машинного зрения, в отличие от органов зрения человека, анализируют количественные и качественные характеристики объектов на икониках (изображениях) посредством математических вычислений. Обобщенный алгоритм процесса распознавания включает следующие действия:

- сканирование;
- обработку кадров изображения;
- генерирование контура исследуемого объекта;
- сравнение с эталоном;
- кодирование полученной информации;
- обучение системы распознавания для извлечения итоговых результатов с минимальной ошибкой [2].

ИТ-специалисты, работая над программными продуктами, закладывают в алгоритмы различные вычислительные процедуры, позволяющие операторам программно-аппаратных комплексов машинного зрения получать информацию о размерах, форме, пропорциях и расположении отдельных частей исследуемых

предметов и т.д. На весомость ошибок вычислений влияет правильность выстраивания компьютерной программой контура, описывающего границы объекта. Наиболее важной составляющей процесса генерирования контура является наличие цветового контраста между фоном и сканируемым объектом [3]. Отсутствие на икониках явно читаемых границ накладывает ряд ограничений на результативность работы систем машинного зрения, чем снижается адекватность распознавания – на изображении возникают помехи («шумы»).

Исследование проблемы и постановка задачи

В швейной отрасли контроль размерности объектов и четкости границ швейных изделий выполняется на этапе технического контроля сотрудниками ОТК вручную, с применением измерительных инструментов [4] согласно ГОСТ 4103–82 «Изделия швейные. Методы контроля качества». На основании проведенных нами исследований установлено, что ежедневная многочасовая контактная проверка швейной продукции изнуряет технолога-контролера, причем после инспектирования выборки из трех сотен единиц работник сосредотачивается на каких-то отдельных дефектах, не замечая другие, не менее значимые [5]. Замена визуально-контактного контроля качества изготовления одежды на идентификацию и измерение программно-аппаратными комплексами машинного зрения позволяет не только повысить качество процедуры инспектирования, но и снизить эмоциональную напряженность в трудовых коллективах, вызванную внеплановой необходимостью исправления швеями выявленных дефектов [6].

Особенности процесса распознавания образов в швейной отрасли апробированы на бесконтактной антропометрии и оцифровке лекал. В 3D-антропометрии при сканировании субъектов приемлемое цветовое сочетание «фон – фигура» задается контрастностью обнаженного (или в натальном белье) человека и стены кабины измерительной системы. Так, например, в мобильном комплексе 3D-сканирования, разработанном в РГУ им. А.Н. Косыгина, применен синий цвет стены сканирующей кабины [7], что контрастирует с цветом кожи человека европеоидной расы. При этом разработчики инструктируют респондентов о необходимости исключения повтора в color-решении натального белья с цветом стены кабины. Близкие по цвету сочетания пары «фон – фигура» формируют множественные помехи на изображении (рис. 1) [8, 9].

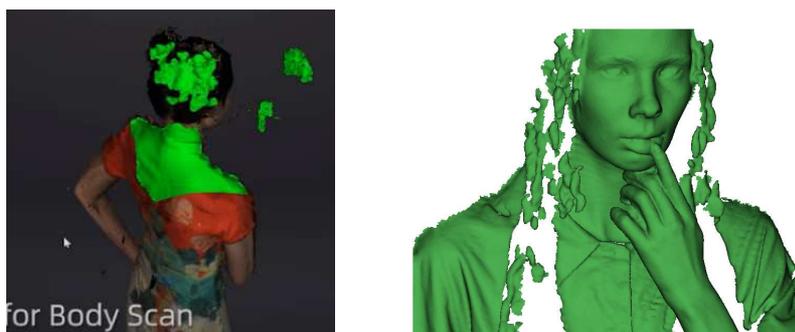


Рис. 1. Примеры помех («шумов») в body-сканировании

В процессе оцифровки лекал шаблоны располагают на столешнице, стене или на полу, цвет которых контрастирует с цветом бумаги для лекал, что гарантирует качество распознавания объектов сканирования (рис. 2) [10].

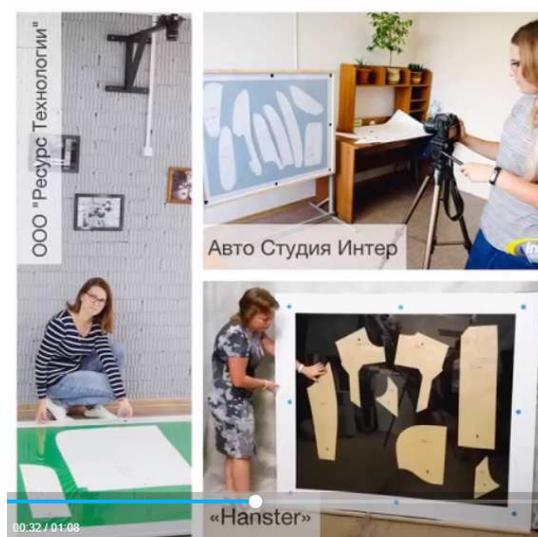


Рис. 2. Сочетание «фон – шаблоны» для оцифровки лекал

Швейные изделия изготавливают из текстильных материалов различной расцветки. Разработчики модной цветовой гаммы ежегодно представляют дизайнерам швейных предприятий актуальные color-палитры. Сезонным изменениям подвержены чистота и оттенки цвета, яркость и насыщенность.

Цель исследования – подбор цветового решения фона столешницы для программно-аппаратного комплекса машинного зрения GarmentScanner, разработанного как виртуальный инструмент для оценки качества изготовления готовой швейной продукции плоских форм.

Основная часть

Способы распознавания характеристик объектов с использованием цветовых индикаторов используются в различных областях знаний технических наук. Метки в виде спектральных цветов применяют при моделировании «деформационных характеристик движущихся волокнистых материалов» [11], при определении степени давления изделия на тело человека [12–14] и др.

Результаты исследований в области автоматизированного распознавания дефектов полотна и дефектов швов в одежде позволили говорить о внедрении в отрасли систем цифрового контроля качества изготовления полуфабрикатов и готовой продукции [15] с помощью оптико-электронных систем.

Эксперимент по тестированию цветового решения фона столешницы для разработанного на кафедре ХМКиТШИ РГУ им. А.Н. Косыгина программно-аппаратного комплекса машинного зрения GarmentScanner [16] проведен на базе аутсорсинговых швейных предприятий Китая «Guangzhou Qingfeng Textile Co.,

Ltd», «Guangzhou Evergreen Trading Co., Ltd», сотрудничающих с российскими предпринимателями. Аутсорсинг-подрядчики более пятидесяти лет успешно выполняют заказы ведущих мировых модных брендов [17].

В качестве объектов исследования выбраны швейные изделия – футболки, что связано с легкостью трансформации их в плоские предметы, чем облегчается процесс распознавания иконки. Обработка программой изображения плоского изделия имеет преимущества: достаточно комплектовать программно-аппаратный комплекс одной цифровой камерой и расположить ее перпендикулярно поверхности столешницы (рис. 3) [18].



Рис. 3. Расположение камеры и источников освещения над столешницей экспериментальной установки GarmentScanner

Современные футболки – это устойчивый ассортимент [19] сегмента Fast Fashion одежды [20], заказываемой российскими предпринимателями китайским аутсорсинг-подрядчикам. Анализ модных тенденций в цветовом решении исследуемых изделий показал, что на отечественном рынке представлены модели:

- 1) однотонные;
- 2) многоцветные;
- 3) с локальными принтами;
- 4) с отделочными деталями, выполненными в цветовой гамме, отличающейся от основного цвета изделия.

С точки зрения физики цвет объекта образуется направленным на него световым потоком с разной длиной волн [21]. В соответствии с известными классификациями [21, 22] разделяют следующие цвета:

- основные, в которых нет посторонних оттенков: желтый, синий, красный;
- дополнительные; при смешивании двух основных цветов получены оранжевый, фиолетовый и зеленый;
- производные, полученные смешиванием основного цвета с каким-либо дополнительным.

Каждый цвет характеризуется оттенками, насыщенностью, яркостью. По результатам многолетних научных исследований специалистами-цветоведами систематизированы характеристики цвета в различных моделях цветовых кругов, где упорядочены цветовые переходы (рис. 4) [22].

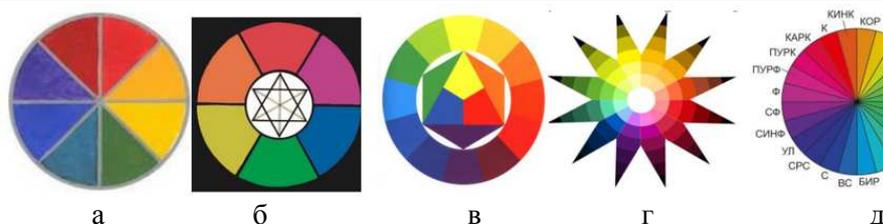


Рис. 4. Модели цветовых кругов: а – Гроссмана; б – Гете; в – Иттена; г – Рунга; д – Освальда

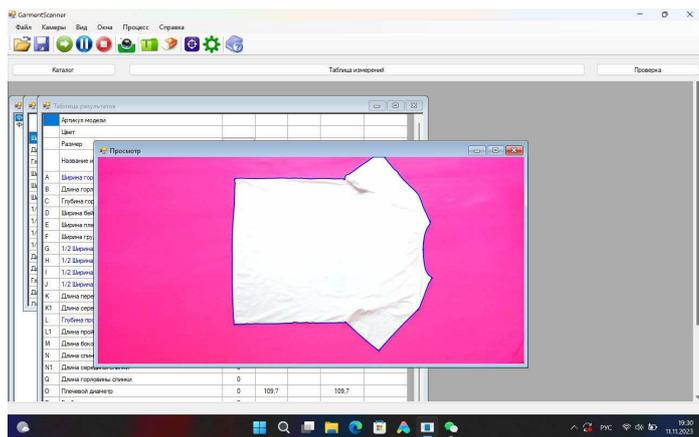
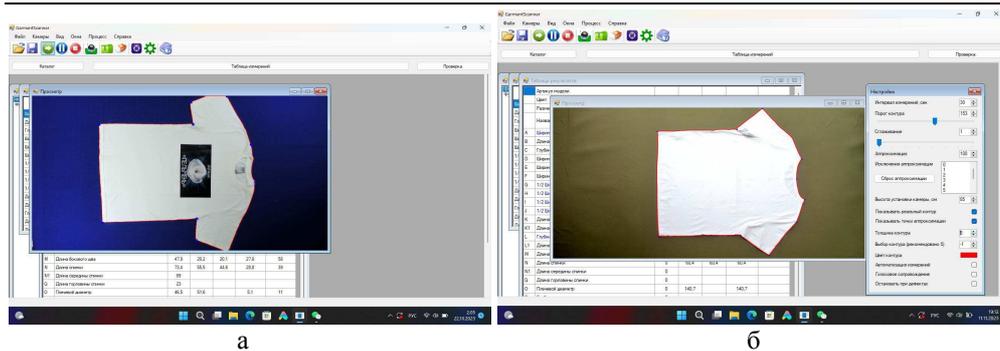
Производители швейной продукции согласовывают выбор цветовой палитры выпускаемых изделий с рекомендацией Института цвета PANTONE [23]. Анализ модных цветовых оттенков показал, что основные и дополнительные цвета востребованы в одежде ежегодно, а из производных наименее распространены ярко-розовый (оттенок кислотный) (рис. 5).



Рис. 5. Фрагмент матрицы модных цветов от PANTONE

В алгоритме функционирования GarmentScanner заложен этап генерации (выстраивания) контура изделия на иконике (изображении объекта). От точности определения границ объекта (silhouette tracking) зависит результативность распознавания [24] и дальнейшая параметризация швейного изделия. Поскольку каждый спектральный цвет существует во множестве оттенков [21], то для адекватности работы комплекса машинного зрения важна контрастность на границе объекта и фона.

Для эксперимента выбраны несколько цветовых решений фона столешницы (синий, зеленый, ярко-розовый). Тестирование футболок белого цвета показало удовлетворительную генерацию программой контура иконок (рис. б). На икониках объектов программа выстроила контур, конфигурация которого не требовала дополнительной аппроксимации.



в

Рис. 6. Тестирование белого изделия на столешницах с различным цветовым покрытием:
а – на синем; б – на зеленом; в – на кислотно-розовом

Тестирование изделий, цвет которых совпадал полностью или в отделке с цветом столешницы, показало наличие помех («шумов») на икониках (рис. 7). Помехи в распознавании объекта выражаются в неадекватности выстраивания программой его контура. На рисунке 7а приведен пример «шумов контура» при сканировании синего изделия на синем фоне (траектория красной линии). Несмотря на то, что цвет столешницы был более насыщенным в сравнении с цветом материала футболки, для программного продукта машинного зрения оказалась недостаточной имеющаяся контрастность на границе «фон – изделие». На рисунке 7б проиллюстрированы помехи в нанесении контура (траектория красной линии) поверх серого изделия, расположенного на синем фоне. Контрастность цвета на границе «фон – объект» оказалась недостаточной ввиду близкого соседства оттенков по светлоте и насыщенности в цветовом ряду. Установлено, что даже частичное совпадение с color-решением столешницы цвета в фрагментах принта формирует помехи при выстраивании программой контура объекта на иконике (красная линия на рис. 7в, желтая линия на рис. 7г).

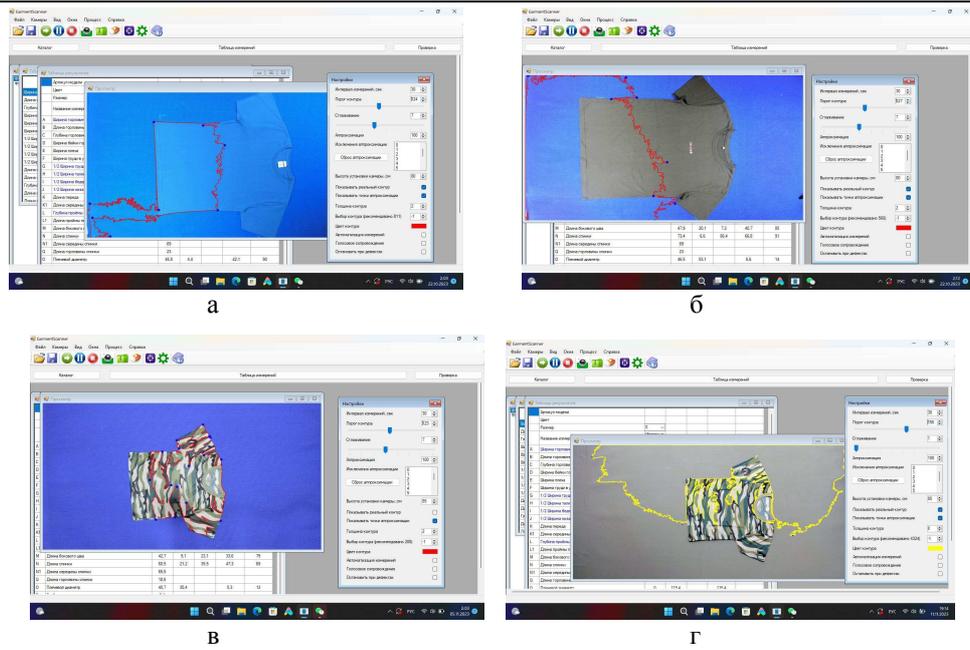
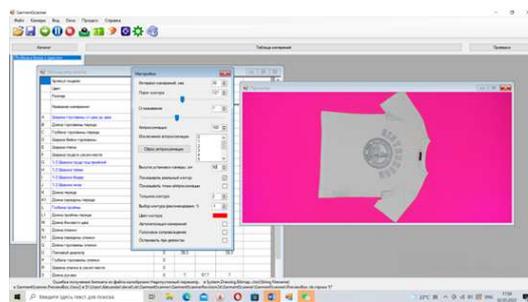


Рис. 7. Тестирование цветовых сочетаний в паре «фон – изделие»

По итогам эксперимента в качестве приемлемого цвета столешницы выбран кислотно-розовый, позволяющий получить резкую контрастность на границе объекта и фона при максимально-возможном сочетании в паре «фон – изделие» (рис. 8).



а



б

Рис. 8. Контрастность границ в паре «фон – изделие»: а – матрица вариантов; б – вид рабочего окна программы

Заключение

Разнообразная и изменяющаяся в модных сезонах цветовая гамма швейной продукции усложняет процесс распознавания образов изделий на изображениях. Частая смена цвета фона столешницы требует дополнительной настройки как оборудования, так и программного обеспечения. В результате высока вероятность возникновения сбоев в работе программно-аппаратного комплекса, что негативно скажется на ритме функционирования производства. Использование редко встречающегося ярко-розового кислотного цвета в качестве покрытия столешницы позволит минимизировать вероятность дополнительных настроек программно-аппаратного комплекса машинного зрения.

Список источников

1. Чабан Л.Н. Теория и алгоритмы распознавания образов. Москва: МИИГАиК, 2004. 70 с.
2. Садыков С.С., Кульков Я.Ю. Алгоритм распознавания отдельных плоских объектов в составе наложенного на основе цепных кодов их контуров // Труды Международного симпозиума «Надежность и качество». 2018. Т. 1. С. 47–49.
3. Горячкин Б.С., Китов М.А. Компьютерное зрение // E-SCIO. 2020. № 9 (48). С. 317–345.
4. Туханова В.Ю. Управление качеством проектирования изделий легкой промышленности через конфекционирование материалов в цифровой среде // Костюмология. 2022. Т. 7, № 1.
5. 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.
6. Автоматизация контроля качества одежды путем цифровизации конструктивных и технологических дефектов / М.А. Гусева, В.С. Белгородский, Е.Г. Андреева, Ю.В. Рогожина // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы. Иваново: ИВГПУ, 2020. С. 373–377.
7. Петросова И.А., Андреева Е.Г. Анализ методов измерений фигуры человека и систем трехмерного сканирования в легкой промышленности // Дизайн и технологии. 2012. № 30 (72). С. 59–64.
8. Обзор 3D-сканера EinScan H2. URL: <https://www.shining3d.ru/blog/obzor-3d-skanera-einscan-h/>
9. THOR3D. URL: <https://calibry3d.ru/areas-of-use/skanirovanie-tela/>
10. Фотодигитайзер Ассоль. Оцифровка лекал. URL: <https://assol.pro/fd> (дата обращения: 03.02.2021).
11. Шеромова И.А., Завятый В.И., Железняков А.С. Использование компьютерных технологий для моделирования деформационных свойств легкодеформируемых материалов // Современные наукоемкие технологии. 2016. № 11. С. 326–331.
12. Ицзя Я., Аньхуа Ч., Кузьмичев В.Е. Совершенствование конструкции трикотажных брюк для женщин с различными выступами живота на основе комфортного давления // Молодые ученые – развитию Национальной технологической инициативы (ПОИСК). 2022. № 1. С. 599–607.
13. Multi-purpose three-dimensional body form / S.M. Park, K.M. Choi, Y.J. Nam, Y.-A. Young-A Lee // International Journal of Clothing Science and Technology. 2011. Vol. 23, is. 1. P. 8–24.
14. Zhu S., Mok P.Y., Kwok Y.L. An efficient human model customization method based on orthogonal-view monocular photos // Computer-Aided Design. 2013. Vol. 45, is. 11. P. 1314–1332.

15. 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.
16. 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.
17. McKinsey. Is apparel manufacturing coming Home? Apparel, Fashion@Luxury Group. 2018. 32 p.
18. Исаев А.Л., Газаров Д.А., Евсеев С.Д. Распознавание лиц по изображениям // Символ науки. 2017. № 04-2. С. 7–77.
19. Автоматизированный отбор моделей швейных изделий к запуску в массовое производство / М.А. Гусева, Е.Г. Андреева, Ю.В. Рогожина, А.И. Чистякова // Территория новых возможностей. Вестник Владивостокского государственного университета экономики и сервиса. 2021. Т. 13, № 1. С. 152–162.
20. 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.
21. Рац А.П. Основы цветоведения и колористики. Цвет в живописи, архитектуре и дизайне. Москва: МГСУ, 2014.
22. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений: пер. с англ. / под ред. П.А. Чочиа. Москва: Техносфера, 2005. 1072 с
23. PANTONE. URL: <https://www.pantone.com/eu> (дата обращения: 03.03.2023).
24. Alper Y., Omar J., Mubarak S. Object tracking: A Survey // ACM Computing Surveys (CSUR). 2006. Vol. 38, is. 4. Art. № 13.

References

1. Shepherd L.N. Theory and algorithms for pattern recognition. Moscow: МИГАiK; 2004. 70 p.
2. Sadykov S.S., Kulkov Ya.Yu. Algorithm for recognizing individual flat objects as part of a superimposed one based on chain codes of their contours. *Proceedings of the International Symposium "Reliability and Quality"*. 2018; (1): 47–49.
3. Goryachkin B.S., Kitov M.A. Computer vision. *E-SCIO*. 2020; 9 (48): 317–345.
4. Tukhanova V.Yu. Quality management of the design of light industry products through the configuration of materials in a digital environment. *Costumology*. 2022; 7 (1).
5. Rogozhina Yu.V., Guseva M.A., Andreeva E.G. On the prospects of using machine vision to assess the symmetry of garments. *Bulletin of Young Scientists, St. Petersburg State University of Technology and Technology*. 2021; (1): 47–52.
6. Automation of quality control of clothing through digitalization of design and technological defects / M.A. Guseva, V.S. Belgorodsky, E.G. Andreeva, Yu.V. Rogozhina. *Physics of fibrous materials: structure, properties, high technology and materials*. Ivanovo: IVGPU; 2020. P. 373–377.
7. Petrosova I.A., Andreeva E.G. Analysis of methods for measuring the human figure and three-dimensional scanning systems in light industry. *Design and technology*. 2012; 30 (72): 59–64.
8. Review of the 3D scanner EinScan H2. URL: <https://www.shining3d.ru/blog/obzor-3d-skanera-einscan-h/>
9. THOR3D. URL: <https://calibry3d.ru/areas-of-use/skanirovanie-tela/>
10. Photodigitizer Assol. Digitization of patterns. URL: <https://assol.pro/fd> (access date: 02.03.2021).

11. Sheromova I.A., Zavzyaty V.I., Zheleznyakov A.S. The use of computer technologies for modeling the deformation properties of easily deformable materials. *Modern science-intensive technologies*. 2016; (11): 326–331.
12. Yijia Y., Anhua Ch., Kuzmichev V.E. Improving the design of knitted trousers for women with different abdominal protrusions based on comfortable pressure. *Young scientists – development of the National Technology Initiative (SEARCH)*. 2022; (1): 599–607.
13. Multi-purpose three-dimensional body form / S.M. Park, K.M. Choi, Y.J. Nam, Y.-A. Young-A Lee. *International Journal of Clothing Science and Technology*. 2011; 23 (1): 8–24.
14. Zhu S., Mok P.Y., Kwok Y.L. An efficient human model customization method based on orthogonal-view monocular photos. *Computer-Aided Design*. 2013; 45 (11): 1314–1332.
15. Sheromova I.A., Zheleznyakov A.S. Assessing the quality of garments using automated control methods. *Territory of new opportunities. Bulletin of Vladivostok State University of Economics and Service*. 2016; (4): 211–219.
16. Artificial intelligence in assessing the quality of finished garment products / V.S. Belgorodsky, M.A. Guseva, E.G. Andreeva [et al.]. *News of higher educational institutions. Textile industry technology*. 2022; 2 (398): 168–177.
17. McKinsey. Is apparel manufacturing coming Home? Apparel, Fashion@Luxury Group; 2018. 32 p.
18. Isaev A.L., Gazarov D.A., Evseev S.D. Face recognition from images. *Symbol of Science*. 2017; (04-2): 7–77.
19. Automated selection of models of garments for launch into mass production / M.A. Guseva, E.G. Andreeva, Yu.V. Rogozhina, A.I. Chistyakova. *Territory of new opportunities. Bulletin of Vladivostok State University of Economics and Service*. 2021; 13 (1): 152–162.
20. Bhardwaj V., Fairhurst A. Fast fashion: response to changes in the fashion industry. *The International Review of Retail, Distribution and Consumer Research*. 2010; 20 (1): 165–173.
21. Rat A.P. Fundamentals of color science and coloristics. Color in painting, architecture and design. Moscow: MGSU; 2014.
22. Gonzalez R., Woods R. Digital image processing: Transl. from English / Ed. P.A. Chochia. Moscow: Tekhnosphere; 2005. 1072 p.
23. PANTONE. URL: <https://www.pantone.com/eu> (access date: 03.03.2023).
24. Alper Y., Omar J., Mubarak S. Object tracking: A Survey. *ACM Computing Surveys (CSUR)*. 2006; 38 (4). Art. № 13.

Информация об авторах:

Гусева Марина Анатольевна, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры художественного моделирования, конструирования и технологии швейных изделий. Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), guseva_marina67@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3491-6132>

Рогожина Юлия Владимировна, аспирант кафедры художественного моделирования, конструирования и технологии швейных изделий. Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство) iulia3008@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6815-3853>

DOI: <https://doi.org/10.24866/VVSU/2949-1258/2023-4/164-174>

Дата поступления:
16.11.2023

Одобрена после рецензирования:
29.11.2023

Принята к публикации:
30.11.2023