

УДК 687.1
DOI 10.47367/0021-3497_2024_2_149

**МЕТОДИКА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПОСАДКИ ОДЕЖДЫ НА ФИГУРЕ
С ПОМОЩЬЮ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

**METHOD FOR ASSESSING THE QUALITY OF CLOTHES FIT
ON THE FIGURE USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE**

И.А. ПЕТРОСОВА, Е.Г. АНДРЕЕВА, Е.А. ШИПИЛОВА, Д.Н. ГОГУЗЕВ

I.A. PETROSOVA, E.G. ANDREEVA, E.A. SHIPILOVA, D.N. GOGUZEV

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

(Kosygin Russian State University)

E-mail: 76802@mail.ru

В статье рассмотрены существующие способы применения искусственного интеллекта в легкой промышленности. Проведен обзор областей применения нейронных сетей, таких как создание творческих эскизов, виртуальная примерка, выдача рекомендаций по формированию гардероба, поиск подходящей готовой одежды по заданному изображению, выбор готовой одежды на основании выполненных покупок и т.д. Показана эффективность применения сверточных нейронных сетей для анализа изображений и фотографий одежды, одетой на фигуру человека, в том числе для определения стилевого решения или поиска предметов одежды, сочетающихся друг с другом по заданным признакам. Выявлена актуальность разработки экспертной системы, способной определять качество посадки изделия на фигуре с помощью количественной оценки дефектов.

Определены десять базовых типов дефектов, таких как наклонные, угловые, горизонтальные, вертикальные складки, нарушение балансовых характеристик. Разработана нейронная сеть для распознавания дефектов на фото- и видеоизображениях одежды. Создана база данных фото- и видеоизображений, содержащих указанные дефекты. Проведена маркировка изображений с указанием конкретной области и типа дефекта на изображении. Проведена кластеризация данных: сходные изображения выделены в группы (кластеры) – мужская одежда, женская одежда. На каждом кластере данных обучена отдельная нейронная сеть. Выявлено, что на обучение одной базовой нейронной сети при разных граничных условиях принятия данных не уходит много времени и труда.

The article discusses existing methods of using artificial intelligence in light industry. A literature review was carried out, which examined such methods of using neural networks as: creating creative sketches; virtual fitting; issuing recommendations for building a wardrobe; search for suitable ready-made clothing based on a given image, selection of ready-made clothing based on completed purchases, etc. The effectiveness of using convolutional neural networks for analyzing images of clothing and clothing worn on a person's figure is shown, including for determining style decision or search for items of clothing that match each other according to given characteristics. The urgency of developing an expert system capable of determining the quality of the fit of a product on a figure using a quantitative assessment of the presence or absence of defects has been revealed.

The following research was carried out. Ten basic types of defects have been identified, such as inclined, angular, horizontal, vertical folds, and violation of balance characteristics. A neural network has been developed to recognize defects in photo and video images of clothing. A database of photo and video images containing these defects has been created. Images were marked indicating the specific area and type of defect in the image. Data clustering was carried out: similar images were separated into groups (clusters) - men's clothing, women's clothing. A separate neural network was trained on each data cluster. The study showed that training the same basic neural network under different boundary conditions for accepting data for network training does not take much time and labor.

Ключевые слова: дефекты посадки, соответствие одежды фигуре, виртуальная примерка, трехмерное сканирование, проектирование одежды, техническое зрение, контроль качества.

Keywords: fit defects, clothing fit, virtual fitting, three-dimensional scanning, mass personalization, clothing design, technical inspection, quality control.

Введение

Потребность в одежде – одна из главных потребностей человека. С увеличением качества жизни она трансформируется в потребность в красивой и хорошо сидящей на фигуре одежде. Проблема состоит в том, что не всегда понятно, что такое красота и гармоничность для конкретного человека и какую одежду ему предлагать для покупки.

В обычных магазинах, где ассортимент изделий невелик, покупатель сам может просмотреть все предложения и выбрать оптимальный для себя вариант. В интернет-магазинах, где количество предлагаемых изделий в разы больше, поиск среди всего ассортимента может утомить покупателя, привести к тому, что нужное изделие будет пропущено или не найдено. А когда вы-

брано нужное изделие, основной проблемой остается оценка качества конструкции посадки. В этом случае традиционно потребитель вынужден опираться на собственное понимание хорошей посадки одежды на фигуре или верить отзыву продавца, который зачастую заинтересован в продаже изделия и не дает объективной оценки.

Решение по оценке качества посадки одежды лежит в области интеллектуализации, когда на помощь приходят системы рекомендации одежды на основе нейронных сетей. Для того чтобы система рекомендации одежды могла дать потребителю персональную рекомендацию, она должна сначала распознать и «усвоить» изображения предметов одежды, из которых происходит выбор.

Анализ существующих систем распознавания одежды

Распознавание изображений с помощью нейронных сетей – тема для многих исследований. Рассмотрим те из них, которые посвящены конкретно распознаванию и классификации изображений одежды.

Статьи [1...4] описывают выполнение классификации изображений с помощью различных программных вариантов нейронных сетей. Для обучения сетей и проверки результатов обучения используются уже существующие базы данных ModaNet, DeepFashion и Fashion-MNIST, в которых изображения классифицируют по видам изделий. Например, база Fashion-MNIST относит изображения к одной из десяти категорий, среди которых платья, пальто, блузки, сумки и т. д. В рассматриваемых работах не предлагается иных признаков классификации, в них изучается лишь сравнительная точность классификации разных вариантов нейронной сети.

Работа [5] посвящена классификации изображенной одежды по стилям. В отличие от существующих алгоритмов распознавания, которые сравнивают новые изображения с известными по цветовым составам пикселей на определенных участках, авторы предлагают придавать изображению семантические признаки, присущие тому или иному стилю. По мнению авторов, к одному и тому же стилю могут принадлежать

изделия, сильно отличающиеся друг от друга по цвету, форме и деталям, поэтому сравнивать изображения с похожими, чтобы определить стиль, нецелесообразно. Конкретный стиль включает в себя сложную совокупность семантических признаков, отражаемую специально разработанным графом, в котором узлы отображают элементы дизайна изделия, а линии – связь между элементами для определенного стиля. По мнению авторов, этим их алгоритм отличается от предыдущих алгоритмов распознавания одежды по семантическим признакам, которые предполагают простое сопоставление признаков в каждом стиле.

В работе представлены изображения и графы как исходных платьев отдельных стилей, так и нескольких распознаваемых изделий, при этом указываются совпадающие участки графов, что позволяет примерно рассортировать платья по стилям, таким как «ретро», «кукольный», «тропический» и т. д. Одна из иллюстраций к статье, на которой изображено платье «розового» стиля и соответствующий ему граф, представлена на рис. 1.

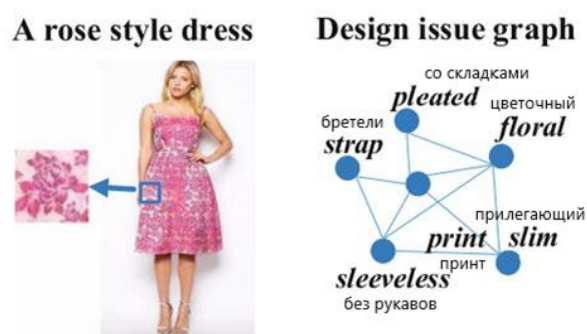


Рис. 1

Еще одна подобная система, названная авторами ShirtNet, нацелена на классификацию по стилям с использованием графов, но уже не всех изделий, а конкретно мужских сорочек и женских блузок. Система, рассмотренная в работе [6], призвана определять стиль изделия по цвету, виду принта, виду воротника и другим признакам. Среди шести стилей, к одному из которых относится изделие, можно найти «официальный», «учебный», «модный» и другие.

Система распознавания изображений, также определяющая их признаки, но не комполюющая их в графы, представлена в статье [7]. В отличие от двух предыдущих систем, призванных с помощью сходства графов выбрать стиль из конечного числа возможных вариантов, данная система по первичным признакам определяет возможную эмоциональную оценку изделия потребителем. С помощью нейронной сети совокупность распознанных признаков формы изделия, его материала, принта трансформируется во вторичные признаки, относящиеся к стилю, полу и возрасту потребителя, его телосложению и т. п. На основе совпадения вторичных признаков исходного и предлагаемого изделия предполагается производить рекомендацию.

Системы рекомендации одежды на основе различных факторов в настоящее время – важнейшая часть крупных интернет-магазинов одежды, таких, например, как Amazon. От систем распознавания изображений они отличаются тем, что учитывают реальную или предполагаемую оценку конкретного пользователя, выраженную в факте покупки предыдущего изделия, в поставленных отметках «нравится» в социальных сетях и т. п., тогда как системы распознавания изображений – это некий «теоретический сборник» мнений разработчиков системы, экспертов и иногда потенциальных пользователей о соответствии изображенного изделия интересам некоего абстрактного, предполагаемого покупателя.

В настоящее время широко распространены системы, позволяющие рекомендовать покупателю интернет-магазина одежду на основе предполагаемой положительной оценки покупателем похожих изделий. По мнению разработчиков подобных систем, факт покупки похожего изделия или простое выражение желания его купить свидетельствует о положительной оценке изделия, а значит, и его основных характеристик, на основании сходства которых и производится рекомендация.

Одна из таких систем, основанная на эстетических характеристиках изделий, предложена в работе [8]. Эстетические характеристики, по мнению авторов, – совокупность

признаков, по которым изделие внешне нравится потребителю определенного пола и возраста. Например, дети предпочитают яркие и красочные изделия, взрослые же выбирают те, которые позволят им выглядеть зрелыми и элегантными [8, с. 2].

Сами эстетические характеристики выводятся из первичных признаков изделия, таких как его силуэт, форма деталей, фактура материала и прочие объективные признаки. Совокупность определенных первичных признаков позволяет нейронной сети трансформировать их в признаки более высокого уровня вроде «элегантный», «хорошие пропорции», «простой дизайн» – в общем, в вероятное субъективное восприятие внешнего вида.

Авторы системы, представленной в работе [9], предлагают использовать как исходное изделие не изображение из базы данных интернет-магазина (купленный или просматриваемый товар), а любое изображение одежды, загруженное в систему пользователем. Это может быть фотография из интернета или сделанная самим пользователем. Загруженное изображение понимается как желаемый пользователем товар, и система рекомендации при помощи нейронной сети подбирает в базе данных магазина изделия, сходные с желаемым по наибольшему количеству признаков внешнего вида – силуэту, принту и т. п. Конечный список рекомендаций состоит из пяти изделий, ранжированных по степени сходства.

Авторы системы, представленной в статье [10], признают удобной рекомендацию одежды по истории просмотра и покупок в интернет-магазине, но в то же время отмечают, что такой способ не подойдет для новых пользователей магазина, не имеющих ни покупок, ни обширной истории просмотра. Для новых пользователей предлагается брать исходную информацию не из базы данных интернет-магазина, а из внешних источников – конкретно из социальных сетей. Система мониторит отметки «нравится», поставленные пользователем изображениям одежды на страницах друзей и остальных пользователей, и берет такие изображения в качестве исходных для последующей рекомендации как подобных

изделий, так и изделий другого вида, подходящих к исходным по стилю.

Система, представленная в работе [11], берет в качестве основания для оценки выражение лица пользователя при виде конкретного изделия. В ходе эксперимента авторы показывали пользователям видео со специально подобранной последовательностью женских пальто и параллельно снимали на видео лица пользователей камерой высокого разрешения. На основе этих видеороликов выражения лиц пользователей при помощи нейронной сети разделили на шесть категорий в соответствии с выражаемой эмоцией при виде того или иного изделия (радость, грусть, отвращение, испуг, гнев, удивление, отсутствие эмоции). Также авторы предложили способ определять по выражению лица степень выраженности эмоции. Положительная или отрицательная оценка изделия потребителем определяется из сочетания эмоции и степени ее выраженности. При этом авторы предлагают оценивать таким образом не изделие в целом, а его отдельные характеристики, такие как цвет, стиль, фактуру и цену.

Остается непонятным, как подобная система может использоваться в реальных интернет-магазинах, так как исходная информация берется не из цифровых источников, а напрямую из реального мира. Также неясно, на основе каких изделий будет анализироваться оценка – будет ли это специальный видеоролик, как в эксперименте, или просто просматриваемые товары.

В отличие от систем, рассмотренных выше, которые предлагают купить изделия, подобные тем, что уже оценил или купил потребитель, системы рекомендации сочетающейся одежды нацелены на желание покупателя не только приобрести какое-то изделие, а за короткое время создать гардероб из сочетающихся друг с другом моделей, обычно плечевых изделий с поясными. Одна из таких систем, рассмотренная в статье [12], называется «How To Wear Beautifully» («Как одеваться красиво»). Система предлагает рекомендацию одежды, которая подходит по сочетаемости и по стилю к товарам, уже купленным потребителем. Что подразумевается под сочетаемостью, авторы

не объясняют, но утверждают, что научили нейронную сеть распознавать сочетающиеся и несочетающиеся пары изделий. Также нейронная сеть определяет стиль исходного и рекомендуемых изделий на основе визуального сходства с изделиями, отношение которых к тому или иному стилю отмечено при обучении нейронной сети. Совпадение наибольших значений сочетаемости и сходства по стилю с уже купленными товарами определяет изделия, наиболее подходящие для рекомендации.

Другая подобная система представлена в работе [13]. Для рекомендации одежды в исходном и рекомендуемом изделии должно быть высокое значение сочетаемости, которое понимается как сходство по форме, фактуре и другим параметрам. От предыдущей данная система отличается способом подбора исходных изделий – анализируется вся история покупок и выбирается совокупность товаров, купленных недавно от времени рекомендации, а значит, интересных потребителю именно в данный период времени. Этим авторы системы учитывают изменчивость интересов потребителя и рекомендуют сочетания не к любому купленному изделию, а только к значимым на данный момент.

Система подбора комплектов одежды, разработанная компанией ASOS, занимающейся электронной продажей одежды, обуви и аксессуаров, представлена в статье [14]. Каждый товар в интернет-магазине является не единичным изделием, а частью модного образа или нескольких образов, созданных профессиональными стилистами компании. В базе данных магазина каждый товар связан с остальными частями образа. С помощью нейронной сети на странице товара, который просматривается пользователем (включая страницы уже купленных товаров), система подбирает изделия, входящие в комплект с исходным изделием, на основе сходства со связанными частями целостного образа. При этом можно подобрать комплект максимально из четырех видов изделий (верх, низ, обувь, сумка), подходящих друг к другу.

Выполненный обзор литературы показывает, что широко распространены сис-

темы рекомендации одежды, основанные на предполагаемой оценке потребителями, системы, рекомендуемые другие виды изделий с учетом сочетания с исходным по определенным характеристикам. Однако системы, выполняющие экспертную оценку качества посадки одежды на фигуре и способные определить наличие дефектов посадки в виде складок или угловых заломов, пока не нашли достаточного отражения в научной литературе. Поэтому исследование в области интеллектуализации процесса определения гармоничности посадки изделия на фигуре с помощью количественной оценки дефектов посадки являются актуальными и востребованными как производителями, так и ритейлерами.

Перспективные высокотехнологические решения в этом направлении видятся в следующем: 1) автоматизированное выявление визуальных дефектов посадки модели на фигуре клиента; 2) разработка систем искусственного интеллекта, способных распознавать заданные типы дефектов; 3) демонстрация дефектов покупателю во время примерки и выдача рекомендаций.

Методы исследования

Для проведения исследований выбран фреймворк глубокого обучения PyTorch на языке Python. В качестве основной технологии ИИ для имплементации нейронной сети использована сверточная нейронная типа CNN (Convolutated Neural Network). В качестве архитектуры нейронной сети использована модель YoLo v5.0, обеспечивающая высокую точность и скорость распознавания.

Для реализации описанного подхода предложена следующая методика:

- Определены пять базовых типов дефектов: наклонные, угловые, горизонтальные складки, а также балансовые нарушения, регистрируемые на изображении одежды как нарушение горизонтальности линии низа спереди, сбоку и сзади.
- Собрано более 5000 фото- и видеоизображений, содержащих указанные дефекты.
- Проведена маркировка изображений с указанием конкретной области и типа де-

фекта на фотографии; маркировку проводили эксперты, способные распознать конструктивный дефект на изображении.

- Данные для обучения нейронной сети разделены на два подмножества – для обучения и тестирования.
- Проведена кластеризация данных: выделены в группы (кластеры) аналогичные изображения – мужская одежда, женская одежда, одежда оверсайз и другие.
- Разработана нейронная сеть для распознавания дефектов на фотографиях и видео одежды.
- Для каждого кластера на обучающем наборе данных натренирована нейронная сеть, распознающая дефекты.
- На тестовом наборе данных проведена проверка работоспособности нейронной сети и способности достичь установленных критериев.

Результаты и их обсуждение

Осуществлен сбор данных для обучения нейросети. В первую партию данных включались любые изображения людей в одежде без ограничений: с высоким и низким разрешением, с фоном или без, модели, сидящие и стоящие. Результаты обучения получились очень посредственными. На рис. 2 приведено неудачное изображение, где сеть распознала дефект на фоне. Как можно видеть на рис. 2, самый левый и самый правый дефекты принадлежат фону, а не одежде. Поэтому было принято решение изображения с богатым фоном в обучающие наборы изображений не включать.



Рис. 2

Разрешающая способность изображений оказалась важным параметром. Если натренировать сеть на распознавание изображений с разрешающей способностью 400x500, а потом предъявить ей изображения 1000x1000, то у сети могут быть проблемы, так как в процессе обучения она собирала банк примитивных элементов, мало похожих на примитивы 1000x1000 (рис. 3). По результатам эксперимента было принято решение установить минимальный порог разрешающей способности в размере 600x900.



Рис. 3

Далее проанализированы позы моделей на изображениях. Закатанные рукава, сидячая поза, нога на ногу, совершенно неестественный живот у молодой девушки с хорошей фигурой – все это не дефекты посадки, а динамичная поза, в которой одежда принимает форму, по которой оценивать дефекты невозможно (рис. 4).

В набор критериев подбора изображений в обучающую и тестовую базы данных добавлено требование, чтобы модель стояла по возможности прямо, а все сидячие и другие позы должны быть исключены.

Последний фактор, влияющий на качество обучения и распознавание, – это количество образцов различных типов дефектов в обучающей выборке. Если брать все данные,

то отдельные типы дефектов «забывают» числом другие и сеть получает для обучения разбалансированный набор данных.



Рис. 4

Анализ частоты встречаемости типов дефектов в обучающей выборке данных показал, что гораздо чаще встречаются разного рода складки и угловые заломы. Например, дефект типа «балансовое нарушение» на одном изображении может быть один, в то время как наклонных складок легко может быть более десяти (рис. 5).



Рис. 5

Проблема многократного распознавания одного и того же дефекта легко решается учетом показателя *confidence* (процент «уверенности» сети в правильности распознавания этого дефекта) и геометрии расположения дефекта на изображении. Из всех претендующих на этот дефект объектов выбирается тот, в котором сеть уверена больше всего, остальные отбрасываются (рис. 6).



Рис. 6

Эти мелкие проблемы приводят к разбалансированным обучающим наборам данных для тренировки сети. Разбалансированные данные негативно сказываются на качестве, аккуратности и точности предсказаний нейронной сети. Поэтому в кластеры необходимо собирать не только изображения одежды, но и изображения дефектов по типам.

На рис. 7 показана динамика изменения показателя точности (precision) в процессе обучения нейронной сети: слева первоначальный отчет без применения критериев, справа – с применением. Видно, что на графике слева среднее квадратичное значение (mean) больше, а среднеквадратичное отклонение существенно больше. На практике это означает, что нейронная сеть будет низкого качества с большим разбросом в предсказаниях. При использовании критериев сходимость сети есть, показатели стабильны в правильных числовых диапазонах и т. д.

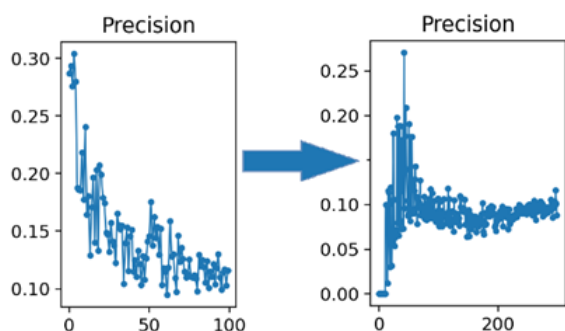


Рис. 7

Основной проблемой применения данной сети в швейной отрасли является

оценка на практике точности распознавания в условиях, когда на одном изображении может быть десяток дефектов в одном узле (например, наклонных складок на жакете (см. рис. 5)). При распознавании этих дефектов сетью что считать успешным распознаванием: правильную классификацию одной складки из «десяти» или всех? С позиции здравого смысла достаточно указать на наличие дефекта в конкретном месте, а так как обучающий набор данных маркирован экспертами, то нейронная сеть на порядок быстрее и точнее определит дефекты, чем человек.

Исследование показало, что обучение одной и той же базовой нейронной сети при разных граничных условиях принятия данных не составляет большого труда и не занимает много времени. В результате вместо одной громоздкой и неэффективной сети можно получить множество эффективных специализированных нейронных сетей с одинаковой базой, но натренированных на данных конкретного кластера. Такие исследования будут проведены в будущем и опубликованы в последующих статьях.

ВЫВОДЫ

1. Сформулированы требования к обучающему набору данных.
2. Установлено, что эффективным является использование множества специализированных нейронных сетей с одинаковой базой, но натренированных на данных конкретного кластера.

ЛИТЕРАТУРА

1. Gao Z., Han L. Clothing image classification based on random erasing and residual network // Journal of Physics: Conference series. 2020, 1634. – DOI: 10.1088/1742-6596/1634/1/012136.
2. Hong Y., Lv C. Research on clothing classification based on convolutional neural network // IOP Conference series: Materials science and engineering. 2020, 768. – DOI: 10.1088/1757-899X/768/7/072026.
3. Ji S., Han R., Wei J., Wang R. Clothing image detection and recognition based on faster R-CNN // IOP Conference series: Materials science and engineering. 2019, 790. – DOI: 10.1088/1757-899X/790/1/012141.
4. Tan Z., Hu Y., Luo D., Hu M., Liu K. The clothing image classification algorithm based on the improved Xception model // International Journal of Computa-

tional Science and Engineering. 2020, 3, № 3. – DOI: 10.1504/ijcse.2020.10033504.

5. Yue X., Zhang C., Fujita H., Lv Y. Clothing fashion style recognition with design issue graph // Applied Intelligence. 2021, 51, № 6. P. 3548...3560. – DOI: 10.1007/s10489-020-01950-7.

6. Qiu B., Liu X., Shi Y., Xin B. Shirt semantic classification based on convolutional neural network // Journal of Physics: Conference series. 2021, 1790, № 1. – DOI: 10.1088/1742-6596/1790/1/012097.

7. Guan C., Qin S., Long Y. Apparel-based deep learning system design for apparel style recommendation // International Journal of Clothing Science and Technology. 2019, 31, № 2. – DOI: 10.1108/IJCST-02-2018-0019.

8. Yu W., Zhang H., He X., Chen X., Li X., Qin Z. Aesthetic-based clothing recommendation // Proceedings of the 2018 World Wide Web Conference. Geneva, 2018. P. 649...658. – DOI: 10.1145/3178876.3186146.

9. Sridevi M., Manikya Arun N., Sheshikala M., Sudarshan E. Personalized fashion recommender system with image based neural networks // IOP Conference series: Materials science and engineering. 2020, 981. – DOI: 10.1088/1757-899X/981/2/022073.

10. Sun G.-L., Cheng Z.-Q., Wu X., Peng Q. Personalized clothing recommendation combining user social circle and fashion style consistency // Multimedia Tools and Applications. 2018, 77, № 6. P. 17731...17754. – DOI: 10.1007/s11042-017-5245-1.

11. Su X., Gao M., Ren J., Li Y., Rättsch M. Personalized clothing recommendation based on user emotional analysis // Discrete Dynamics in Nature and Society. 2020. – DOI: 10.1155/2020/7954393.

12. Liu Y.-J., Gao Y.-B., Bian L.-Y., Wang W.-Y., Li Z.-M. How to Wear Beautifully? Clothing Pair Recommendation // Journal of Computer Science and Technology. 2018, 33, № 3. P. 522...530. – DOI: 10.1007/s11390-018-1836-1.

13. Lei Y., Chen L., Guan Z. Cloth recommender system based on item matching // IOP Conference series: Materials science and engineering. 2019, 533. – DOI: 10.1088/1757-899X/533/1/012044.

14. Bettaney E.M., Hardwick S.R., Zisimopoulos O., Chamberlain B.P. Fashion outfit generation for E-commerce // Lecture Notes in Computer Science. 2021, 12461. – DOI: 10.1007/978-3-030-67670-4_21.

15. Petrosova I.A., Andreeva E.G., Guseva M.A. The system of selection and sale of ready-to-wear clothes in a virtual environment // International science and technology conference "EastConf". Vladivostok, 2019. P. 1...5. – DOI: 10.1109/EastConf.2019.8725390.

16. Петросова И.А., Шанцева О.А., Андреева Е.Г. Оценка соответствия готовой одежды фигуре потребителя в трехмерной среде // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2017. № 5 (371). С. 139...142.

REFERENCES

1. Gao Z., Han L. Clothing image classification based on random erasing and residual network // Journal

of Physics: conference series. 2020, 1634. – DOI: 10.1088/1742-6596/1634/1/012136.

2. Hong Y., Lv C. Research on clothing classification based on convolutional neural network // IOP Conference series: Materials science and engineering. 2020, 768. – DOI: 10.1088/1757-899X/768/7/072026.

3. Ji S., Han R., Wei J., Wang R. Clothing image detection and recognition based on faster R-CNN // IOP Conference series: Materials science and engineering. 2019, 790. – DOI: 10.1088/1757-899X/790/1/012141.

4. Tan Z., Hu Y., Luo D., Hu M., Liu K. The clothing image classification algorithm based on the improved Xception model // International Journal of Computational Science and Engineering. 2020, 3, № 3. – DOI: 10.1504/ijcse.2020.10033504.

5. Yue X., Zhang C., Fujita H., Lv Y. Clothing fashion style recognition with design issue graph // Applied Intelligence. 2021, 51, № 6. P. 3548...3560. – DOI: 10.1007/s10489-020-01950-7.

6. Qiu B., Liu X., Shi Y., Xin B. Shirt semantic classification based on convolutional neural network // Journal of Physics: Conference series. 2021, 1790, № 1. – DOI: 10.1088/1742-6596/1790/1/012097.

7. Guan C., Qin S., Long Y. Apparel-based deep learning system design for apparel style recommendation // International Journal of Clothing Science and Technology. 2019, 31, № 2. – DOI: 10.1108/IJCST-02-2018-0019.

8. Yu W., Zhang H., He X., Chen X., Li X., Qin Z. Aesthetic-based clothing recommendation // Proceedings of the 2018 World Wide Web Conference. Geneva, 2018. P. 649...658. – DOI: 10.1145/3178876.3186146.

9. Sridevi M., Manikya Arun N., Sheshikala M., Sudarshan E. Personalized fashion recommender system with image based neural networks // IOP Conference series: Materials science and engineering. 2020, 981. – DOI: 10.1088/1757-899X/981/2/022073.

10. Sun G.-L., Cheng Z.-Q., Wu X., Peng Q. Personalized clothing recommendation combining user social circle and fashion style consistency // Multimedia Tools and Applications. 2018, 77, № 6. P. 17731...17754. – DOI: 10.1007/s11042-017-5245-1.

11. Su X., Gao M., Ren J., Li Y., Rättsch M. Personalized clothing recommendation based on user emotional analysis // Discrete Dynamics in Nature and Society. 2020. – DOI: 10.1155/2020/7954393.

12. Liu Y.-J., Gao Y.-B., Bian L.-Y., Wang W.-Y., Li Z.-M. How to Wear Beautifully? Clothing Pair Recommendation // Journal of Computer Science and Technology. 2018, 33, № 3. P. 522...530. – DOI: 10.1007/s11390-018-1836-1.

13. Lei Y., Chen L., Guan Z. Cloth recommender system based on item matching // IOP Conference series: Materials science and engineering. 2019, 533. – DOI: 10.1088/1757-899X/533/1/012044.

14. Bettaney E.M., Hardwick S.R., Zisimopoulos O., Chamberlain B.P. Fashion outfit generation for E-commerce // Lecture Notes in Computer Science. 2021, 12461. – DOI: 10.1007/978-3-030-67670-4_21.

15. Petrosova I.A., Andreeva E.G., Guseva M.A. The system of selection and sale of ready-to-wear

clothes in a virtual environment // International science and technology conference "EastConf". Vladivostok, 2019. P. 1...5. – DOI: 10.1109/EastConf.2019.8725390.

16. *Petrosova I.A., Shantseva O.A., Andreeva E.G.* Assessment of a right size ready-to-wear clothes to the consumer's figure in the three-dimensional system // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya*

Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2017. № 5 (371). P. 139...142.

Рекомендована кафедрой художественного моделирования, конструирования и технологии швейных изделий РГУ им. А.Н. Косыгина. Поступила 03.04.24.
