

**ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ
В ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ГОТОВОЙ ШВЕЙНОЙ ПРОДУКЦИИ**

**ARTIFICIAL INTELLIGENCE
IN QUALITY ASSESSMENT OF FINISHED SEWING PRODUCTS**

В.С. БЕЛГОРОДСКИЙ, М.А. ГУСЕВА, Е.Г. АНДРЕЕВА, Ю.В. РОГОЖИНА

V.S. BELGORODSKY, M.A. GUSEVA, E.G. ANDREEVA, YU.V. ROGOZHINA

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

(Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art))

E-mail: guseva_marina67@mail.ru

Для оценки качества изготовления швейной продукции перспективно использование систем машинного зрения, одна из которых представлена в статье. Для изучения габаритных размеров исследуемых изделий выполняется их автоматизированное бесконтактное сканирование, распознавание цифровых изображений и их сопоставление с заданными параметрами эталонных образцов. Авторами предложен программно-аппаратный комплекс "GarmentScanner", решающий задачи распознавания двумерных цифровых изображений изделий и объективного анализа таких параметров, как ровность строчек, симметричность изделия и его габаритные размеры.

To assess the quality of manufacturing of sewing products, the use of machine vision systems is promising, one of which is presented in the article. To study the overall dimensions of the products under study, their automated contactless scanning, digital image recognition and their comparison with the specified parameters of reference samples are performed. The authors have proposed a hardware and software complex "Garmentscanner", which solves the problems of recognizing two-dimensional digital images of products and objective analysis of such parameters as the evenness of the lines, the symmetry of the product and its overall dimensions.

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

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

Основной задачей идеологии четвертой промышленной революции (Индустрии 4,0) является тотальное изменение философии трудовой деятельности, выражающе-

ся в максимальной замене умственного труда вычислительными операциями цифровых комплексов, программный аппарат которых называют искусственным интел-

лектом. Термин *искусственный интеллект* связывают со способностью компьютерных программ выполнять свойственные человеку аналитические способности по распознаванию образов и синтезированию вербальных и визуальных характеристик. Одним из научных направлений развития Индустрии 4.0 на предприятиях швейной отрасли признана максимальная замена компьютерными технологиями операций деятельности человека таких, как сбор, анализ, сортировка информации о выпускаемой продукции. Основную информацию о швейной продукции человек получает зрением (визуальная), контактными ощущениями пальцев рук (тактильная) и через вербальную характеристику (описательная). В настоящее время в различных отраслях промышленности, где важна абсолютная идентичность эталонным параметрам у каждого экземпляра выпускаемого изделия, широко применяются современные технологии анализа качества выпускаемой продукции компьютерными программами, использующими машинное зрение. Так, компьютерное зрение для контроля производственного процесса внедрено в автомобиле- и приборостроении, пищевой и фармацевтической промышленности. Оптико-электронные системы анализа геометрических параметров объектов позволяют на основе выходных импульсов программ распознавания изображений сортировать продукцию и извлекать роботами-манипуляторами брак из конвейерного потока [1]. На предприятиях швейной промышленности компьютерное зрение применяют для исследования качества ниточных соединений [2] по оценке петлеобразования стежков и прямолинейности строчек.

Автоматизация этапов производственного цикла на швейных предприятиях связана с внедрением компьютерного инжиниринга [3]. Проведение отраслевой цифровизации позволяет интегрировать в швейное производство комплексы машинного зрения и автоматизировать неформализуемый ранее процесс контроля качества полуфабрикатов и готовой продукции. На результативность труда контролера отдела техниче-

ского контроля (ОТК) значительное влияние оказывает физическая и эмоциональная нагрузка [4], возникающая при выявлении бракованной продукции и оформления соответствующей документации. При оценивании контрольных параметров швейной продукции машинным зрением значительно повышается скорость и точность операций в сравнении с аналогичными действиями, выполняемыми человеком [5].

В процессе финального контроля производимых швейных изделий оценивают их габаритные параметры относительно эталонного образца и табеля измерений в диапазоне размеро-ростов, разработанного для промышленной партии. В соответствии с техническими условиями на изготовление одежды для приемки производственных партий контролеры ОТК контактным способом проводят обмер готовых изделий [6]. Для сокращения трудоемкости этого процесса авторами предлагается бесконтактный способ контроля качества готовой продукции по цифровым изображениям изделий с использованием компьютерной программы *GarmentScanner*, алгоритм работы которой основан на анализе соответствия параметров исследуемых объектов характеристикам заданного шаблона [7] и расположения их ключевых точек [8]. На уровень качества анализа входной визуальной информации о швейном изделии влияют технические характеристики сканирующих устройств, среди которых можно выделить камеры линейного сканирования, передающие несжатые фото- и видеок cadры с сохранением качества изображения. В связи с традиционным наличием окон в зданиях швейных фабрик и изменением свойств светового потока в течение суток важное значение имеет специализированная подсветка при выполнении съемки оцениваемых швейных изделий. Поскольку контроль качества изготовления полуфабрикатов и готовой одежды проводится как на плоскости, так и трехмерном пространстве, можно рекомендовать для включения в комплекс машинного зрения светодиодные светильники, удобные для формирования гибких аппаратных конструкций и для со-

хранения на изображении реального спектра цвета тестируемого объекта, что особенно важно при выявлении таких дефектов, как разнооттеночность деталей или наличие пятен на материале [9].

В качестве программного обеспечения комплексов машинного зрения широко используют различные виды искусственного интеллекта, включая нейронные сети [10], помогающие имитировать алгоритм анализа человеческим мозгом визуальной и метрической информации [11], отличающиеся адаптируемостью [12] и обучаемостью [13]. Входную информацию, загружаемую с помощью фото- и видеосъемки анализируемых объектов, предварительно разделяют на блоки и множественные слои [14], чтобы провести комплексную оценку различных параметров.

Методика исследования

В статье представлен принцип работы программно-аппаратного комплекса GarmentScanner для измерения машинным зрением габаритных размеров швейной продукции, оценки симметричности изделий и качества швов (кривизны и ровности строчки). Представляемый научному сообществу ПАК GarmentScanner является пилотным продуктом и в настоящее время не имеет аналогов на территории России. Алгоритм работы программного продукта написан программистами С и VB, скомпилирован на платформе .NET, которая также используется программой Python, применяемой в системах обнаружения объектов и распознавания образов (лиц, автомобильных номеров и др.).

В качестве инструмента для бесконтактного анализа габаритов швейных изделий выбран метод распознавания объектов по изображениям, основанный на принципе работы каскадов Хаара [15]. Предлагаемый принцип работы нейросетевой модели распознавания образов машинным зрением основан на: 1) выборе системой из видеопотока одного или нескольких наиболее представительных кадров, 2) анализе снимков при сравнении с эталонным изображением из базы данных; 3) оценке полезности изображений и устранении "шумов" (некачественных снимков); 4) выполнении стати-

стических расчетов (определении средних значений, медианы выборки, максимального и минимального отклонений и т.д.); 5) агрегировании результатов.

В основу функционирования GarmentScanner заложен принцип анализа цифрового изображения на основе вейвлетов Хаара. Обученный каскад Хаара определяет характеристики искомым объектов, предварительно классифицируя заданные свойства и сравнивая их с параметрами из базы данных системы. Обученный каскад Хаара имеет хорошую скорость выполнения задачи, устойчивость к отклонениям, так называемым "шумам". Программы распознавания на основе каскадов Хаара хорошо зарекомендовали себя в задачах идентификации лиц, номеров и марок машин, в обработке медицинских снимков, при контроле рельефа поверхности изделий в машиностроении и приборостроении и др.

Для дальнейшего машинного обучения планируется создание нейронных сетей, позволяющих выполнять сопоставление множества характеристик объектов видеоряда с шаблонами. Шаблоном для определения ровноты строчек являются геометрические характеристики теневых контуров изделий. Для этого на каждой скан-линии программа, в соответствии с алгоритмом, расставляет опорные точки (ОТ), и на основании анализа местоположения ОТ, выполняет классификацию объектов.

Шаблоном для определения симметричности изделия является система из опорных точек контура скан-копии изделия, программа рассчитывает положение оси симметрии объекта и выполняет сравнение равноудаленности каждой ОТ от оси.

Для определения габаритных размеров изделия разработана и зарегистрирована база данных измерений [16] и разработан алгоритм распознавания контуров изделия на основе методики расчета векторов и координат информативных точек.

С целью повышения качества анализа предложено разбивать полученные видеок кадры на множество кластеров с составлением набора словарей и алгоритмов для машинного обучения [17], а также выполнять бинарное кодирование, учитывающее ра-

курс съемки, освещение и визуализацию возможных допустимых отклонений от эталона [18].

Разработанный авторами программно-аппаратный комплекс включает программный продукт *GarmentScanner* [19] и испытательный стенд (рис. 1). Рабочее пространство для сканирования изделий представляет собой ровную поверхность белого (для сканирования темных изделий) или черного (для сканирования светлых изделий) цвета. Такое различие необходимо для контрастирования изделий на фоне и подбора порога чувствительности программы. При тестировании *GarmentScanner* использовали три искусственных источника света (светодиодные прожекторы типа *Volpe ULF-Q511 10W*), направленных со стороны горловины и рукавов изделий. Со стороны низа изделия и правого рукава изделия поступал дневной свет из окна (снизу под углом 60 градусов, справа – под углом 35 градусов). Свет от прожекторов в оптимальном положении ложился под углом 10...15 градусов со стороны горловины и левого рукава и 45 градусов справа. Камера во время тестирования располагалась на высоте 760 мм. Размер стендовой поверхности зависит от габаритов изделий, так, например, для футболок рекомендуемый размер столешницы составляет 1500x800 мм.

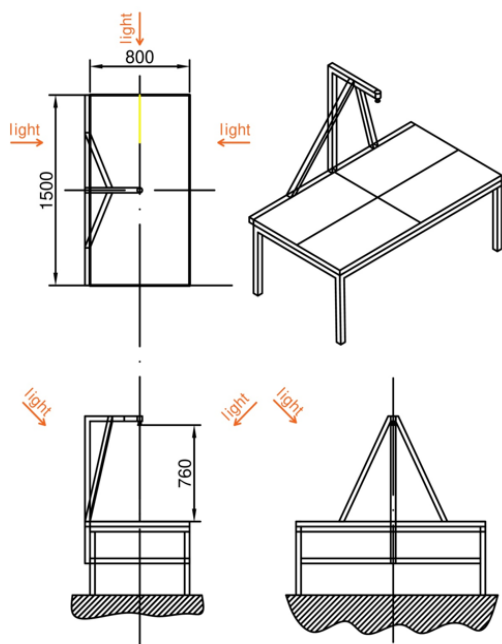


Рис. 1

В процессе тестирования *GarmentScanner* выяснилось, что изделия свободного покроя с втачными рукавами не умещаются полностью в зону видимости камеры и требуется перерасчет новой высоты камеры. На высоту установки камеры влияет также форма пикселей (прямоугольник, квадрат) изображения, выдаваемого камерой. Эмпирически установлено, что для бесконтактного измерения женской футболки размера 46 с коротким рукавом оптимальная высота камеры 96 см.

На рабочей поверхности тестового стола изделие располагают горизонтально, без специальной центровки изделия относительно камеры (рис. 2-а, общий вид). Стенд оборудован съемными направляющими, которые показаны на рис. 2-б красным цветом (расположение в кадре). Камера с разрешением 4096 x 2158 пикселей располагается над стендом так, чтобы направляющие были полностью видны, но не допускали просмотра фона за их пределами. Размерность расположения направляющих устанавливается эмпирически в зависимости от габаритов швейного изделия. Так, например, для оценки качества футболок рекомендовано расположение направляющих на расстоянии 124 x 64 см при позиционировании камеры на высоте 76 см от поверхности стенда.



а)



б)

Рис. 2

После запуска процесса сканирования в окне программы отображается мигающий стилизованный контур желтого цвета. При старте автоматического процесса сканирования программное обеспечение осуществляет последовательное фотографирование поверхности стенда с периодичностью 0,5 с для попадания исследуемого изделия в фокус камеры. В неавтоматизированном режиме производится однократное фотографирование объекта для последующего анализа изображения.

Программно-аппаратный комплекс GarmentScanner производит однократное фотографирование изучаемого изделия и выполняет сопоставление полученного изображения с параметрами моделей, имеющих в базе данных. Для ускорения работы GarmentScanner применен метод Виолы-Джонса, основанный на динамическом перемещении прямоугольных областей по скан-копии объекта при синхронном расчете признаков Хаара. Для идентификации каждой скан-копии GarmentScanner маркирует буквенно-цифровым кодом контур объекта и сравнивает его хеш с хешем скана образца-эталона. Все точки контура автоматически заносятся в матрицу оператив-

ной памяти. Каждая точка контура маркируется как false/true (истина/ложь). После нахождения искомого соответствия программным обеспечением осуществляется процесс анализа фотографического изображения, при этом, когда на экране монитора обрамляющий изображение желтый контур прекращает мигать, пользователь оповещается об окончании этапа обработки изображения.

В каждой точке цифрового изображения исследуемого изделия проводится автоматизированный анализ кадра как вектора в некотором линейном пространстве, вычисляются значения заданных признаков, например, отклонений по размерам, положению, форме и т.д. Каскадная модель анализа изображений позволяет последовательно запустить различные классификаторы, чтобы оценить рассматриваемые образы и отклонить те кадры, где отсутствует изображение исследуемого объекта. С помощью программы GarmentScanner выполнен анализ габаритов изделия (рис. 2) по внешнему и внутреннему контурам (табл. 1 – архитектура нейронной сети GarmentScanner для распознавания контуров).

Таблица 1

Контур	Назначение
contour	Определяет главный внешний контур изделия, служит основой для расчета базовых точек
vorot1	Определяет внутренний контур горловины спереди
vorot2	Определяет внешний контур горловины спереди
vorot3	Определяет внутренний контур горловины спинки
proima1	Определяет контур проймы переда
proima2	Определяет контур проймы спинки

Для расчета координат базовых точек (рис. 3 – набор точек для анализа параметров футболки: а) – базовый вариант; б) – оптимизированный вариант) использованы параметры прямоугольника (contour Box) [15], в который вписан контур (contour) изделия, получаемый камерой при сканировании (табл. 2 – методика расчета координат контура). Все числа округляются до целого, за точку отсчета принят левый верхний угол сканированного изделия.

Результаты исследования

Поскольку изделие, расположенное на плоскости, имеет несколько общих для зад-

ней и передней части точек, предложено не проводить их отдельного расчета для каждой стороны. Так, например, при анализе сканированного изображения изделия в сложенном виде точка O1 совпадает с точкой L1, точка O2 – с точкой L2, N1 с K1, а N2 с K2 (рис 3-а). Для оптимизации работы программы в алгоритме вычислений GarmentScanner уточнено количество векторов (рис. 3-б), разработаны методики расчета векторов (табл. 3) и координат информативных точек (табл. 4).

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

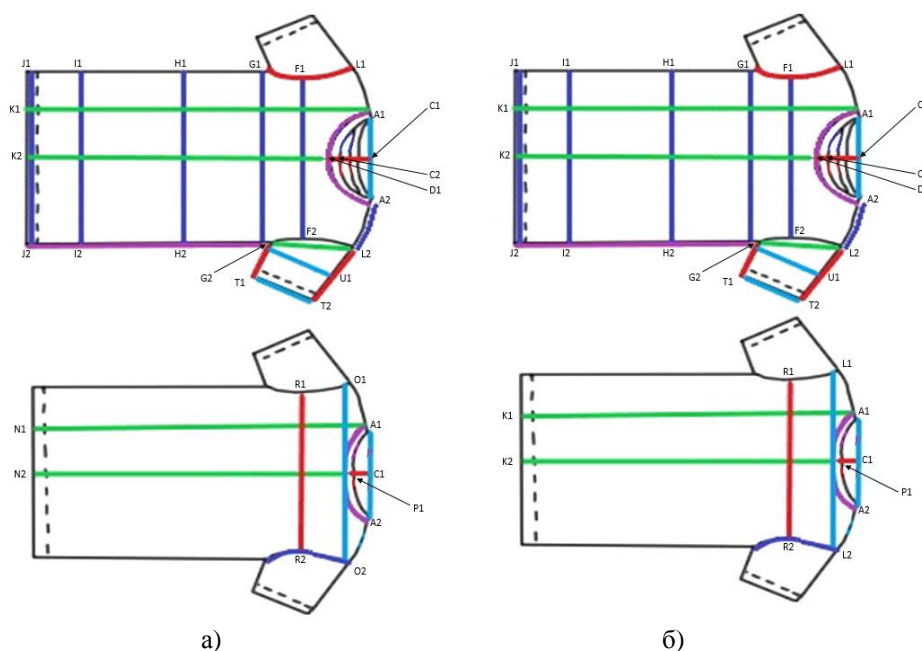


Рис. 3

Вектор	Название	Методика расчета
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 бедер	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

Т а б л и ц а 4

Точка	Методика расчета координат в декартовой системе	
	X	Y
A1	Находится точка с максимальной координатой X и координатой Y менее MidY, если таковой не существует, то уменьшаем координату X на 1 и повторяем поиск	
A2	Находится точка с максимальной координатой X и координатой Y более MidY, если таковой не существует, то 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	$(L2.X + T2.X) / 2$	$(L2.Y + T2.Y) / 2$

После распознавания объекта Garment-Scanner выстраивает графическими примитивами уникальный контур (на рис. 4-а показано красным цветом). Далее программа выполняет анализ габаритов исследуемого изделия, автоматически считывает координаты расположения ключевых точек (рис. 4-б) и швов для сравнения их с данными из массива баз данных системы с учетом допустимой погрешности. На рис. 4 представлены окна GarmentScanner: а – распознава-

ние объекта; б – расчет векторов и координат информативных точек. Если характеристики исследуемого изделия соответствуют параметрам эталонного образца, то желтый цвет обрамляющего контура выделяемого изображения преобразуется в зеленый. В случае отклонения анализируемых параметров на величину, превышающую допустимую погрешность, желтый цвет контура преобразуется в красный.

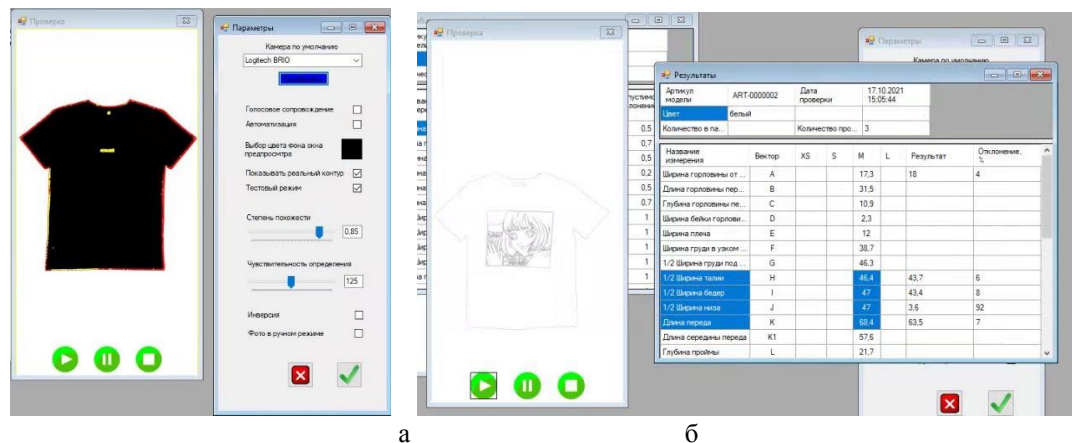


Рис. 4

Во входном слое формируемой нейросети GarmentScanner задает *три* координаты каждой точки по цветовым составляющим: красная $r(x)$, зеленая $g(x)$, синяя $b(x)$ и *две* координаты (x, y) – для позициониро-

вания единичного пикселя на изображении относительно базовой (нулевой точки). Расстояния между точками $A_1=(r_1, g_1, b_1, x_1, y_1)$ и $A_2=(r_2, g_2, b_2, x_2, y_2)$ программа определяет по формуле [20]:

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

где функция $f(x, y)$ — зависит от геометрической взаиморасстоянности двух точек X и Y друг от друга.

В выходном слое формируемой нейросети заложено два нейрона, так как сеть выдает один из классификационных признаков – схожесть/различие параметров двух точек изображения. GarmentScanner в каждой прямоугольной области последовательно перебирает пиксели из множества, формирует входной вектор нейросети. На выходе – каждый сегмент изображения идентифицирован и всем пикселям присвоены метки. По факту формируется матрица 4096×4096 , каждая ячейка которой истинна – если принадлежит контуру, и ложна – если не принадлежит.

Для того, чтобы понять адекватность модели, сформирован искусственный информационный шум, объединяющий в сегменты параметры из соседних множеств признаков. Обучающая выборка сформирована эмпирически – проведена идентификация признаков на промышленной партии из 500 ед. в 10 разновидностях моделей. Для реализации алгоритма сравнения габаритов швейных изделий и определения принадлежности объектов к той или иной модели в базу данных системы GarmentScanner загружены фотошаблоны эталонных образ-

цов в формате JPG/BMP. Для анализа качества оцениваемых изделий по ключевым точкам и швам используют фотошаблоны отдельных частей эталонных образцов, таких как горловина, пройма и т.п. Данные об эталонных образцах и исследуемых изделиях хранятся в базе данных GarmentScanner в виде многомерного массива и могут быть выгружены в отдельный файл формата XLS в соответствии с пожеланиями пользователя.

Тестирование пилотного продукта GarmentScanner на предприятиях Китая показало адекватность оценки машинным зрением качества изготовления швейной продукции плоских форм (майки, трусы, футболки). Дальнейший вектор развития данного научного направления может быть направлен на создание нейронных сетей для автоматизированной оценки качества изготовления изделий с более сложной пространственной конфигурацией. Обучение нейросети будет основано на классификации полутонов и теневых помех и анализе сложной рельефности, возникающих при расположении объемной одежды на поверхности для распознавания компьютерным зрением цифровых скан-копий одежды с конструктивными средствами формообразования (вытачки, швы). Дан-

ный этап формирования научных знаний – процесс, затратный по длительности и материальным вложениям.

В Ы В О Д Ы

Разработанный программно-аппаратный комплекс GarmentScanner применим для автоматизированной оценки качества изготовления образцов готовой одежды с помощью механизма компьютерного зрения. Для развития метода бесконтактной оценки габаритов одежды сложного кроя предполагается проводить дальнейшее обучение нейронных сетей программного обеспечения с применением метода аппроксимации линейных подпространств в аффинные, с последующим анализом угловых параметров трехмерных моделей изделий. Программно-аппаратный комплекс GarmentScanner позволяет в дистанционном режиме достоверно оценивать качество готовой швейной продукции путем сопоставления ряда заданных параметров исследуемых изделий с эталонными образцами, что имеет важное практическое значение при приемке партий продукции, отшитых в режиме аутсорсинга в различных регионах мира.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Дятлов Е.И. Машинное зрение (аналитический обзор)// Информации и телекоммуникационные технологии. – 2013, № 2. С 32...40.
2. Шеромова И.А., Старкова Г.П., Дремлюга О.А. Применение компьютерных технологий при оценке качества ниточных соединений// Современные наукоемкие технологии. Технические науки. – 2016, №12. С.299...303.
3. Корнилова Н.Л., Салкуцан С.В., Болсуновская М.В., Горелова А.Е., Васильев Д.А. Отдельные аспекты PLM-систем для создания цифровых фабрик в швейной промышленности// Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2018, №4. С.103...106.
4. 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. – 2020, №75 (117). С.36...44.
5. Steger C., Ulrich M., Wiedemann C. Machine Vision Algorithms and Applications. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH, 2018.

6. ГОСТ 4103–82 Изделия швейные. Методы контроля качества. – М.: Изд-во стандартов, 2001.

7. 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.

8. Форсайт Д., Понс Ж. Компьютерное зрение. Современный подход. – М.: Вильямс, 2018.

9. 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/ Св-во о регистрации БД №2020621712 RUS.; зарег.18.09.2020.

10. Yosinski J., Clune J., Nguyen A., Fuchs T., Lipson H. Understanding neural networks through deep visualization// Proceedings of International Conference on Machine Learning - Deep Learning Workshop, 2015. P.12.

11. Dai W., Dai C., Qu S., Li J., Das S. 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.

12. Hopfield J.J. Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities// Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. – 1982. Vol.79. Is.8. P.2554...2558.

13. Рогожин А.Ю., Гусева М.А., Андреева Е.Г. Имитационная модель процесса формообразования поверхности одежды// Дизайн и технологии. – 2017, №63. С.47...57.

14. Brown L. A survey of image registration techniques// Proceedings of ACM Computing Surveys. – 1992. Vol.24, №1. P.325...376.

15. Viola P., Jones M. Rapid object detection using a boosted cascade of simple features// Proceedings of IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. – 2001. Vol.1. P.511...518.

16. Гусева М.А., Рогожина Ю.В., Андреева Е.Г., Белгородский В.С., Глебова Т.Г. Цифровые шкалы измерений швейных изделий для автоматизированного контроля качества // Св-во о регистрации базы данных № 2020622292 RUS. 16.11.2020 Бюл. № 11.

17. Chen Y-C, Patel VM, Phillips PJ, Chellappa R. Dictionarybased face recognition from video// Proceedings of European Conference on Computer Vision. – 2012. P.766...779.

18. 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, №1. P.1401...1407.

19. Рогожина Ю.В., Гусева М.А., Андреева Е.Г., Белгородский В.С., Данильченко А.О., Слободян М.В. GarmentScanner/ Св-во о регистрации программы для ЭВМ №2021617946 RUS. 20.05.2021.

20. Newman M.E.J. Mixing patterns in networks // Phys. Rev. E. – 2003. V. 67. P. 026126.

REFERENCES

1. Dyatlov E.I. Machine vision (analytical review)// Information and telecommunication technologies. - 2013, No. 2. From 32 ... 40.
2. Sheromova I.A., Starkova G.P., Dremlyuga O.A. Application of computer technologies in assessing the quality of thread connections// Modern high technologies. Technical science. - 2016, No. 12. S.299...303.
3. Kornilova N.L., Salkutsan S.V., Bolsunovskaya M.V., Gorelova A.E., Vasiliev D.A. Some aspects of PLM-systems for creating digital factories in the clothing industry // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. - 2018, No. 4. P.103...106.
4. Guseva M.A., Getmantseva V.V., Andreeva E.G., Rogozhina Yu.V., Smirnov V.B. Digitalization of clothing defects to optimize the outsourcing production of "Fast Fashion" collections// Design and technology. - 2020, No. 75 (117). P.36...44.
5. Steger C., Ulrich M., Wiedemann C. Machine Vision Algorithms and Applications. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH, 2018.
6. GOST 4103-82 Sewing products. Quality control methods. - M.: Publishing house of standards, 2001.
7. 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, No. 10. P.988...995.
8. Forsythe D., Pons J. Computer vision. Modern approach. - M.: Williams, 2018.
9. Rogozhina Yu.V., Guseva M.A., Andreeva E.G., Belgorodskii V.S., Glebova T.G. Basic digital scales for technological defects in garments determined by technical means of identification / Certificate of registration DB No. 2020621712 RUS.; registered on 09/18/2020.
10. Yosinski J., Clune J., Nguyen A., Fuchs T., Lipson H. Understanding neural networks through deep visualization// Proceedings of International Conference on Machine Learning - Deep Learning Workshop, 2015. P.12.
11. Dai W., Dai C., Qu S., Li J., Das S. 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.
12. Hopfield J.J. Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. - 1982. Vol.79. Is.8. P.2554...2558.
13. Rogozhin A.Yu., Guseva M.A., Andreeva E.G. Simulation model of the process of shaping the surface of clothing// Design and technology. - 2017, No. 63. P.47...57.
14. Brown L. A survey of image registration techniques// Proceedings of ACM Computing Surveys. - 1992. Vol.24, No. 1. P.325...376.
15. 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.
16. Guseva M.A., Rogozhina Yu.V., Andreeva E.G., Belgorodskii V.S., Glebova T.G. Digital measurement scales for garments for automated quality control // Certificate of registration of the database No. 2020622292 RUS. 16.112020 Bull. No. 11.
17. Chen Y-C, Patel VM, Phillips PJ, Chellappa R. Dictionary based face recognition from video// Proceedings of European Conference on Computer Vision. - 2012. P.766...779.
18. 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.
19. Rogozhina Yu.V., Guseva M.A., Andreeva E.G., Belgorodsky V.S., Danilchenko A.O., Slobodyan M.V. GarmentScanner/ Certificate of registration of the computer program No. 2021617946 RUS. 05/20/2021
20. Newman M.E.J. Mixing patterns in networks // Phys. Rev. E. - 2003. V. 67. P. 026126.

Рекомендована кафедрой художественного моделирования, конструирования и технологии швейных изделий Поступила 01.10.21.