

УДК 687.016

DOI 10.47367/0021-3497_2022_5_146

**НОВАЯ МЕТОДИКА ИДЕНТИФИКАЦИИ ДЕФЕКТОВ
НА ВИРТУАЛЬНЫХ ДВОЙНИКАХ ОДЕЖДЫ***

**NEW METHOD OF DEFECT IDENTIFICATION
ON VIRTUAL CLOTHING TWINS**

С. ВАН, В.Е. КУЗЬМИЧЕВ

S. WAN, V.E. KUZMICHEV

(Ивановский государственный политехнический университет)

(Ivanovo State Polytechnical University)

E-mail: wkd37@list.ru

Проведено исследование качества посадки виртуальных рукавов женских классических жакетов с известными конструктивными параметрами чертежей. Виртуальные рукава оценивали дважды: визуально по методу сенсорного анализа (субъективный подход) и путем сравнения с поверхностью эталонного рукава с применением технологии градиента серого цвета (объективный подход). Установлена зависимость между двумя массивами независимых оценок и показана возможность применения технологии измерения интенсивности серого цвета для идентификации складок на поверхности виртуальных рукавов.

The quality of virtual sleeves of classic women jackets with known pattern making parameters was investigated. Virtual sleeves were evaluated twice: firstly, visually by using the sensory analysis method (subjective approach) and, secondly, by comparing with the surface of the reference sleeve using gray scale technology (objective approach). The relationship between two arrays of independent assessments was established and the possibility of using grey scale technology to identify folds on the surface of virtual sleeves was shown.

Ключевые слова: виртуальный двойник, женский жакет, рукав, посадка, оценка, серый цвет.

Keywords: virtual twin, women jacket, sleeve, fit, evaluation, grey scale.

Индустрия 4.0 включает много принципиально новых компонентов, предлагаемых современными технологиями. Важнейшей задачей их рационального использования является интегрирование огром-

ного объема человеческих знаний, накопленного к этому времени в узких профессиональных сферах, к которым относят конструирование одежды, в компьютерные технологии. Многие программные про-

* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Ивановской области в рамках научного проекта № 20-47-370006.

дукты в сфере индустрии моды являются не только прикладными, но и выполняют функции мощного исследовательского инструмента. Программные продукты Assyst, CLO Virtual Fashion, FNXTECH, Gerber Technology, OPTITEX, Shima Seiki, tg3d, CentricSoftware, Browzwear, Buyi и другие широко используют для генерирования виртуальных двойников одежды на разных этапах жизненного цикла продукции. Именно с этими продуктами связывают фундаментальные изменения в методах традиционного дизайна и проектирования одежды, в частности, экономию трудовых и материальных затрат, улучшение качества всех проектных работ [1].

Особенно перспективным является изыскание таких возможностей в современных САПР, которые позволили бы прогнозировать появление дефектов одежды из-за просчетов в конструкторских решениях на этапе их визуализации виртуальных двойников. Понятно, что их нынешнее информационное наполнение пока не позволяет визуализировать все ошибки конструктора, но в случае формализации всех экспериментальных данных такие сценарии будут реальными.

Представляет особый интерес разработки такого сценария для проектирования виртуальной системы "пройма-рукав" для женского классического жакета с прогнозируемыми показателями качества посадки рукава. Возникновение дефектов посадки (наличие складок вдоль оката и на рукаве,

антропоморфное несоответствие) может быть вызвано многими факторами, относящимися к конструктивным решениям проймы и рукава, конфекционированию материалов, а потому их идентификация на виртуальном двойнике рукава интересна с практической и научной точек зрения [2].

В данной статье рассмотрен алгоритм идентификации дефектов, возникающих в виртуальных двойниках рукавов женских классических жакетов, под влиянием конструктивных особенностей чертежей рукавов.

1. Методы и средства исследований

1.1. Объекты исследования

В качестве объектов исследования взяты рукава женских классических жакетов и чертежи конструкций, использованные для генерирования виртуальных двойников. Чертежи разработаны для размерного варианта женской фигуры 160-84-64 [3].

1.2 Методы исследования и программное обеспечение

В исследовании использованы методы измерения интенсивности серого цвета на виртуальных жакетах, экспертной оценки, квалитметрии и сравнения с эталоном.

Использовали программное обеспечение различного целевого назначения: ET-CAD (Китай) для построения и модификации чертежей; 3DCLO (Корея) для получения виртуальных двойников жакетов; Excel (США) для статистической обработки результатов; ImageJ (США) для графоаналитического анализа образов рукавов.

Т а б л и ц а 1

Конструктивные параметры, единица измерения	Интервал, шаг изменения параметра	Условия моделирования чертежа рукава	Виды проекций рукава для анализа	Критерии оценки качества посадки
Высота оката рукава ВОР, см	[-3.... 2], ± 1	1. Параллельное увеличение и уменьшение обоих параметров 2. Сохранение постоянной длины линии проймы 49 см	Фронтальный (П). Профильный (Б). Сзади (З). Изнутри (И)	1. Количество и глубина складок (субъективная оценка) 2. Шкала серого цвета (объективная оценка)
Ширина рукава ШОР, см	[-4....6], ±2			
Наклон рукава ниже линии локтя Eb, °	[-9....9], ±3			
Наклон рукава Sb: °	[-6....6], ±2			

1.3 Приемы модификации чертежей рукавов

Для воспроизведения дефектов посадки рукавов в пройме проверенные исходные чертежи модифицировали путем изменения конструктивных параметров, ответственных за возникновение дефектов. Перечень четырех изменяемых параметров и условия их варьирования показаны в табл.1.

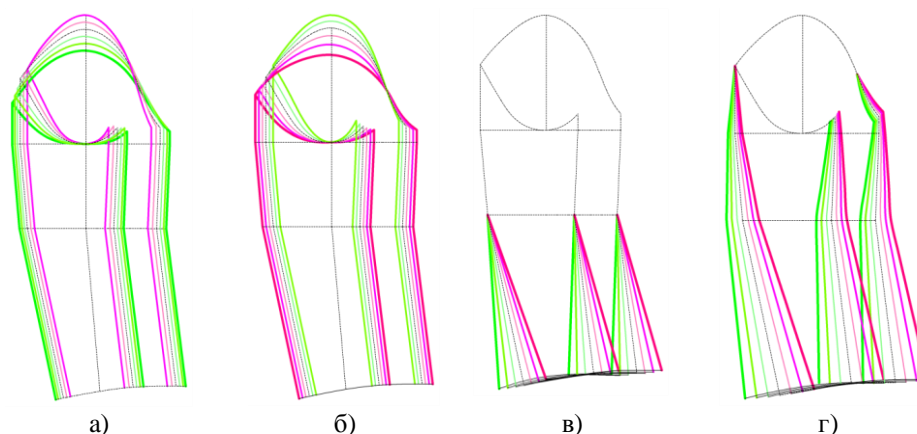


Рис. 1

1.4. Генерирование виртуальных рукавов и методика оценки состояния их поверхности

Виртуальные двойники женских жакетов генерировали с помощью программы 3DCLO (Корея) на аватаре женской фигуры 160-84-64, но без верхних конечностей. Использовали виртуальный двойник ткани Melton (50% шерстяное волокно, 50% акриловое волокно, толщина 1.4 мм, цвет – оливковый зеленый, поверхностная плотность 490 г/м²) из библиотеки Clo3D со следующими относительными значениями показателей (от максимальных), %: растяжимость по основе и утку 55...57, сопротивление сдвигу 27, жесткость при изгибе 63...65. После получения жакета удаляли стан и эксперимент продолжали с правым рукавом.

Оценку ровноты поверхности рукавов проводили двумя способами: оценивали субъективно с привлечением экспертов (сенсорный анализ) и измеряли интенсивность серого цвета по длине и ширине рукава в сравнении с эталонным рукавом, имеющим высокое качество посадки. Метод серого цвета является популярным ме-

тодом для анализа изображений (ранее этот метод был успешно применен для квалитметрии фотоизображений рукавов [4]).

Сенсорный анализ качества рукавов включал осмотр виртуальных двойников спереди, сбоку, сзади и изнутри и выставление оценки посадки по трехуровневой шкале: 1 – плохая, 2 – удовлетворительная, 3 – отличная. Для проведения сенсорного анализа были привлечены специалисты швейной промышленности, обладающие достаточным опытом и проинструктированные относительно требований к качеству посадки [5].

Для измерения интенсивности серого цвета исходный виртуальный имидж модифицировали путем автоматического изменения контрастности изображения в программе ImageJ и на поверхности рукава наносили три линии: Sw – линия ШОР, Ff – линия переднего сгиба, Fe – линия переднего шва. На рис. 2 показаны проекции контрольного рукава с идеальной посадкой Pfs (а) и положение линий Sw и Ff, вдоль которых измеряли интенсивность серого цвета (б, в, г, д – варианты после увеличения контрастности).

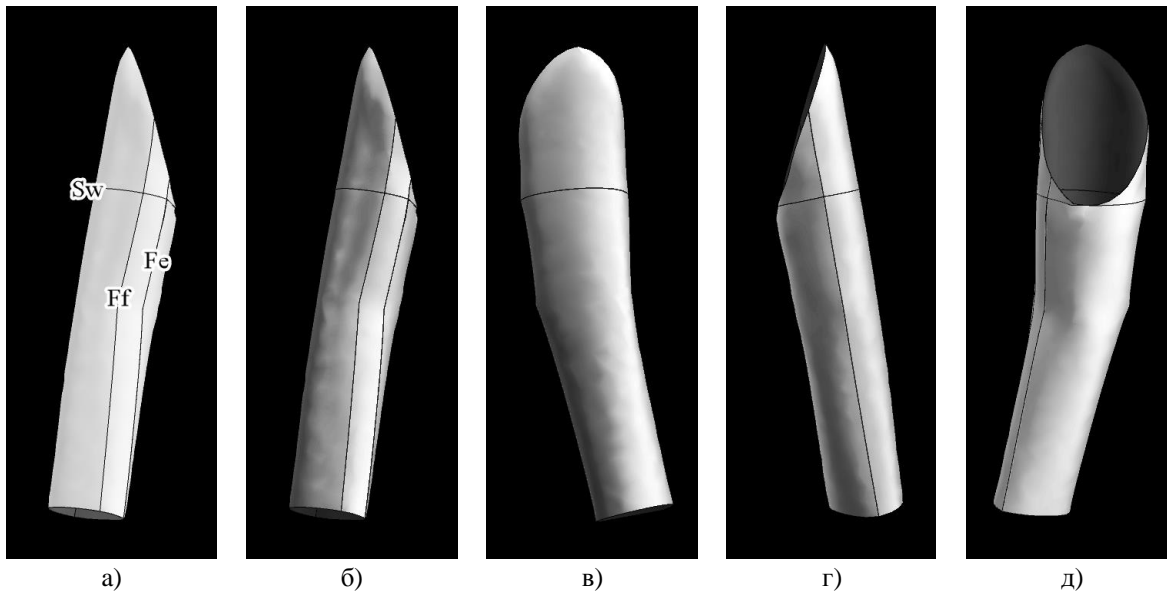


Рис. 2

Рис. 3 (виртуальный рукав (а) и шкала серого цвета вдоль зеленой линии на рукаве (б), полученная в программе ImageJ.

По длине рукава выбрано количество пикселей 700) показывает изменение интенсивности серого цвета (Gray Value) вдоль зеленой линии Ff, обозначенной зеленым цветом. По рис. 3 можно определить наличие и локацию складок, около которых происходит резкое изменение интенсивности. В данном примере складка расположена на расстоянии 25 и 100 пикселей от линии оката или 25 и 100 мм, если количество пикселей вдоль зеленой линии приравнять к длине рукава.

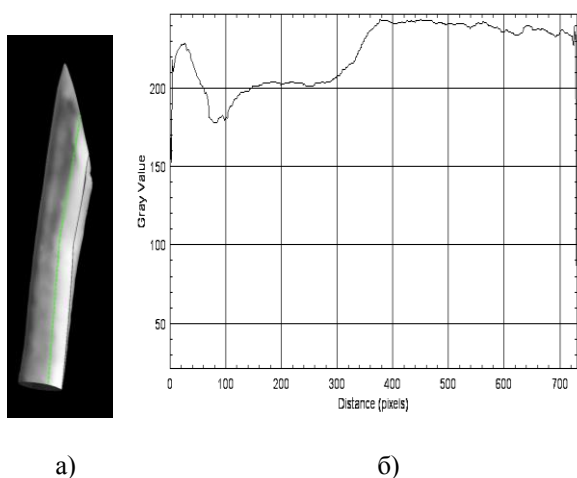


Рис. 3

2. Результаты и обсуждение

2.1 Формирование обучающей выборки

Обучающая выборка была сформирована из визуальных образов экспериментальных рукавов, сгенерированных согласно схеме эксперимента из табл.1. В табл.2 приведены изображения виртуальных рукавов, на которых видны места локаций складок, возникших под влиянием изменения каждого конструктивного параметра.

Из табл. 2 видно, что с увеличением ВОР складки преимущественно возникают на внешней поверхности (верхней части); уменьшение ВОР приводит к появлению складок на внутренней поверхности (нижней части рукава). Изменение ШОР сопровождается противоположными эффектами: при увеличении ширины складки возникают на нижней части, а при уменьшении – на передней.

Причиной появления складок вдоль локтевого сгиба, как видно из табл.2, является несоответствие между конструкцией рукава ниже линии локтя и положением предплечья руки. Такие складки возникают при увеличенном отведении нижней части переднего среза вперед.

Перемещение всего переднего среза вперед или назад также деформирует части рукава: нижнюю под проймой – при отве-

дении назад, верхнюю в области локтевого шва – при отведении назад.

Таким образом, сформированная обуча-

ющая выборка в виде виртуальных рукавов с разными видами дефектов является базой для их дальнейшей квалиметрии.

Таблица 2

Изменяемый конструктивный параметр	Внешний вид виртуальных рукавов						
ВОР, см							
		-3	-2	-1	0	+1	+2
ШОР							
		-4	-2	0	+2	+4	+6
Угол Ев, °							

	-9	-6	-3	0	+3	+6	+9
Угол Sb, °							
	-6	-4	-2	0	+2	+4	+6

Вдоль выделенных линий Ff и Sw были измерены величины интенсивности серого цвета. На рис. 4 (изменение интенсивности серого цвета под влиянием изменения ВОР Sch согласно рис.1-а: а – изменение единичных показателей вдоль переднего сгиба Ff; б – интервальные значения; в – изменение единичных показателей вдоль линии Sw; г – интервальные значения. Фиолетовый цвет соответствует увеличению параметра, зеленый – уменьшению) показаны графики изменения интенсивности серого цвета под влиянием конструктивного параметра ВОР, а также под влиянием сгруппированных значений, когда параметр убывает или возрастает.

Рис. 4 – а,б показывают, что увеличение или уменьшение ВОР приводит к возникновению разного количества складок на разных участках и варьированию их глубины.

2.2 Параметризация субъективной и объективной оценок качества рукавов

Количественную оценку перепадов интенсивности серого цвета для каждого экспериментального рукава проводили путем его сравнения с контрольным рукавом, обладающим отличной посадкой, по формуле:

$$G_o = \frac{\sum_i |P_i - D_i|}{n}, \quad (1)$$

где G_o – среднее значение разности пикселей между качественным и экспериментальным рукавом; P_i – значение i -го пикселя качественного рукава; D_i – значение i -го пикселя экспериментального рукава из обучающей выборки; n – количество пикселей на вдоль линий Ff или Sw, $n = 500$.

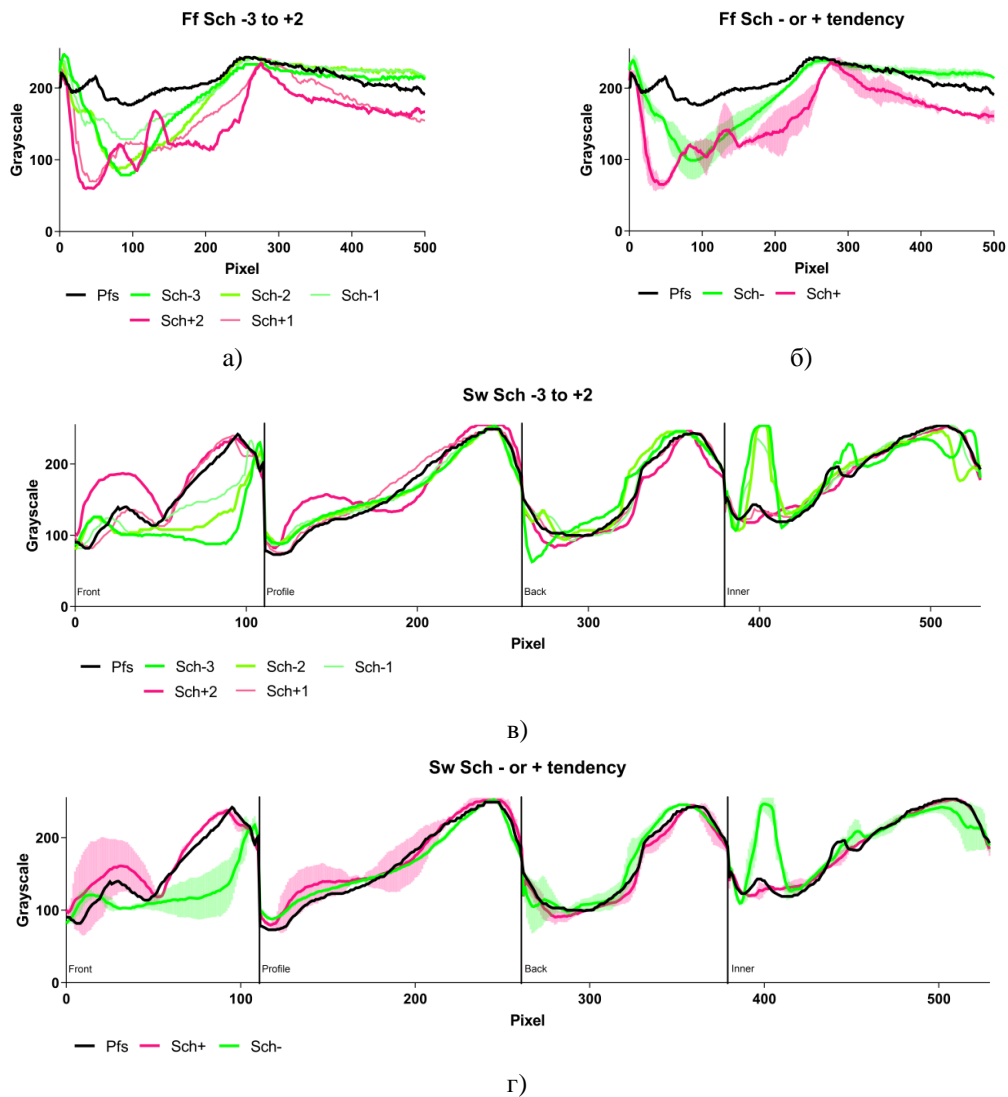


Рис. 4

После измерения пяти средних значений разностей на проекциях спереди (вдоль Sw и Ff), сбоку (вдоль Sw), сзади (вдоль Sw) и изнутри (вдоль Sw) была рассчитана взвешенная разность между контрольным и экспериментальным рукавами. Вклад дефектов на разных проекциях в общее впечатление от рукава был оценен следующим весом, %: дефекты на виде спереди были оценены 50, сбоку 30, сзади 15, изнутри 5.

Взвешенная субъективная оценка была рассчитана как среднее арифметическое оценок, полученных для четырех проекций. Результаты расчетов и измерений приведены в табл.3 (показатели объективной (по шкале серого цвета) и субъективной (сенсорной) оценок экспериментальных рукавов из обучающей выборки).

После обработки результатов табл.3 экспериментальные рукава были объединены в три группы согласно установленной шкале качества посадки и измеренным значениям серого цвета. На рис.5 (диаграмма различий между контрольным рукавом и экспериментальными рукавами по шкале серого цвета в зависимости от качества посадки. Различия вычислены для проекций спереди (Ff_F , Sw_F), сбоку (Sw_P), сзади (Sw_B) и изнутри (Sw_I) для рукавов с отличной (Perfect), удовлетворительной (Moderate) и плохой (Poor) посадкой) показаны диаграммы различий между проекциями контрольных и экспериментальных рукавов, идентифицированных как плохие (Poor), удовлетворительные (Moderate) и отличные (Perfect) в зависимости от их показателей серого цвета (Grayscale offset).

Параметр, единица измерения	Величина изменения	Показатели серого цвета на проекциях рукавов					Взвешенная разность между рукавами по шкале серого цвета $Go(w)$	Показатели субъективной оценки рукавов на проекциях				Средняя арифметическая субъективная оценка экспериментального рукава $Sc(w)$
		П		Б	З	И		П	Б	З	И	
		Ff_F	Sw_F	Sw_P	Sw_B	Sw_I						
ВОР, см	-3	27.3	53.7	10.9	16.4	25.9	27.3	Po	Pe	Mo	Po	1.75
	-2	30.0	40.7	11.0	11.3	21.7	23.8	Mo	Pe	Mo	Po	2.25
	-1	21.2	24.7	8.7	7.81	15.7	16.0	Mo	Pe	Mo	Po	2.25
	+1	45.5	9.7	7.7	3.6	4.3	16.9	Mo	Pe	Pe	Pe	2.5
	+2	57.3	28.6	21.0	13.4	8.1	30.2	Po	Po	Po	Mo	1.05
ШОР, см	-4	59.1	16.2	29.9	16.8	10.6	30.8	Po	Po	Po	Mo	1.05
	-2	50.5	10.9	20.4	21.0	7.0	25.0	Mo	Mo	Po	Mo	1.85
	+2	8.3	18.7	6.3	7.5	20.1	10.8	Pe	Pe	Mo	Po	2.75
	+4	28.1	45.7	11.6	10.4	28.1	24.9	Mo	Mo	Mo	Po	1.95
	+6	38.2	63.6	14.7	27.8	23.9	35.3	Po	Po	Po	Po	1
Eb, град	-9°	31.7	9.6	5.0	5.9	13.2	13.4	Mo	Pe	Pe	Mo	2.45
	-6°	18.9	10.6	5.3	5.7	15.6	10.5	Pe	Pe	Pe	Mo	2.95
	-3°	11.0	8.0	2.7	5.1	11.9	6.9	Pe	Pe	Pe	Mo	2.95
	+3°	22.7	8.6	3.7	5.8	11.3	10.3	Mo	Pe	Mo	Mo	2.3
	+6°	27.1	16.5	20.1	30.2	10.7	22.0	Mo	Mo	Po	Mo	1.85
	+9°	30.7	19.0	26.1	31.2	11.6	25.5	Mo	Po	Po	Po	1.5
Sb, град	-6°	42.8	45.0	18.0	15.0	17.6	30.5	Po	Mo	Mo	Po	1.45
	-4°	37.0	23.0	9.4	15.2	12.0	20.7	Mo	Pe	Mo	Mo	2.3
	-2°	20.4	12.9	3.7	6.3	11.1	10.9	Mo	Pe	Pe	Mo	2.45
	+2°	28.0	8.9	5.9	9.1	12.5	13.0	Pe	Mo	Mo	Mo	2.5
	+4°	46.1	10.9	13.1	28.3	13.9	23.1	Mo	Po	Po	Mo	1.55
	+6°	44.3	12.8	14.1	24.8	11.4	22.8	Po	Po	Po	Po	1

Примечание. 1. Проекция рукавов: П - спереди, Б - сбоку, З - сзади, И - изнутри. 2. Измерения интенсивности серого цвета по ШОР на проекциях: спереди Sw_F , сбоку Sw_P , сзади Sw_B , изнутри Sw_I .

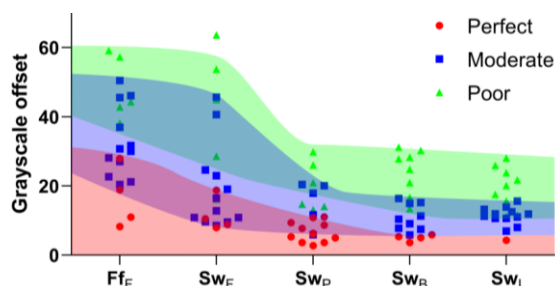


Рис. 5

Как видно из рис.5, ввиду некоторой условности субъективных оценок происходит перекрытие диаграмм: особенно активно происходит размывание границ субъективных оценок при оценке рукава на проекции спереди. Очевидно, что такой подход не может быть принят в качестве основного. Поэтому в качестве дополнительного

или альтернативного был выбран метод оценки с использованием шкалы серого цвета.

Для нахождения зависимостей между объективными и субъективными показателями качества посадки рукавов был использован метод линейной регрессии. Все варианты исследованных рукавов были объединены в семь групп по величине деформации исходного конструктивного параметра DL3-, DL2-, DL1-, DL1+, DL2+, DL3+ и статистически обработаны. На рис.6 (зависимость между показателями субъективной $Sc(w)$ (Weighted subjective evaluation) и объективной $Go(w)$ (Weighted grayscale offset) оценок экспериментальных рукавов из обучающей выборки) приведена регрессия, аппроксимируемая уравнением между взве-

шенной объективной оценкой и средней арифметической субъективной оценкой:

$$Go(w) = 43,1 - 11,4 Sc(w), \quad (2)$$

где $Go(w)$ – взвешенная объективная оценка по шкале серого цвета; $Sc(w)$ – средняя арифметическая оценка результатов сенсорного анализа. Коэффициент корреляции составил $r^2 = 0,79$.

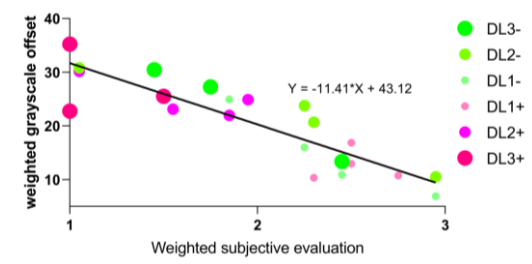


Рис. 6

Как видно из рис.6, низкая субъективная оценка экспериментальных рукавов соответствует высоким значениям разности между рукавами по шкале серого цвета, т.е. рукава с низким качеством (DL3-, DL3+, DL2-, DL2+) посадки имеют на поверхности много мелких или крупные складки. Такие сочетания расположены преимущественно в левой стороне графика. И наоборот, в правой стороне графика расположены оценки для более качественных рукавов.

Таким образом, доказана возможность параллельного использования результатов сенсорного анализа и количественного определения различий между контрольным рукавом и вновь проектируемым виртуальным рукавом. Такой результат открывает возможность для автоматической оценки качества виртуальных двойников рукавов без привлечения экспертов.

ВЫВОДЫ

В концепции Индустрии 4.0 разработан алгоритм квалиметрии виртуальных двойников рукавов женских классических жакетов с использованием шкалы серого цвета.

Алгоритм основан на сравнении контрольного рукава с вновь спроектированным. Алгоритм может быть использован не только для квалиметрии качества проектирования рукавов, но и для прогнозирования мест возникновения дефектов после разработки математических моделей, объединяющих конструктивные параметры и показатели, измеренные по диаграммам серого цвета.

ЛИТЕРАТУРА

1. Petrak S., Mahnić N.M., Rogale D. Computer technology in fashion design and product development // Bulletin of the Croatian Academy of Engineering. – 2018, 13(2). P.22...24.
2. Zakaria N., Gupta D. Anthropometry, apparel sizing and design (second edition) // Woodhead Publishing. – 2020.
3. Ван С., Кузьмичев В.Е. Создание цифровых двойников узла "пройма-рукав" для классических женских жакетов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2020, №1. С. 177...184.
4. Ло Юнь. Проектирование виртуальных систем "женская фигура-одежда" с разной объемно-силуэтной формой: Дис...канд. техн. наук. – Иваново, 2011.
5. What factors affecting good fit and reasons for poor fitting? //URL:www.technologygmt.com/post/what-factors-affecting-good-fit-and-reasons-for-poor-fitting (дата обращения: 26.04.2022).

REFERENCES

1. Petrak S., Mahnić N.M., Rogale D. Computer technology in fashion design and product development // Bulletin of the Croatian Academy of Engineering. – 2018, 13(2). P.22...24.
2. Zakaria N., Gupta D. Anthropometry, apparel sizing and design (second edition) // Woodhead Publishing. – 2020.
3. Wan S., Kuzmichev V.E. Digital twins of "arm-hole - sleeve-in" junctures // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2020, №1. P. 177...184.
4. Luo Yun. Design of virtual systems "female figure-clothes" with different volume-silhouette form: Dis...cand. tech. Sciences. – Ivanovo, 2011.
5. What factors affecting good fit and reasons for poor fitting? //URL:www.technologygmt.com/post/what-factors-affecting-good-fit-and-reasons-for-poor-fitting (дата обращения: 26.04.2022).

Рекомендована кафедрой конструирования швейных изделий. Поступила 20.06.22.