

НОВЫЙ АЛГОРИТМ ИДЕНТИФИКАЦИИ ДЕФЕКТОВ НА ВИРТУАЛЬНЫХ ДВОЙНИКАХ ОДЕЖДЫ*

NEW ALGORITHM OF DEFECT IDENTIFICATION ON VIRTUAL CLOTHING TWINS

СИДА ВАН, В.Е. КУЗЬМИЧЕВ

SIDA 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 grey 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 огромного объема человеческих знаний, накопленному к этому времени в узких профессиональных сферах, к которым относят конструирование одежды, в компьютерные технологии. Многие программные про-

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.

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

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 разработка 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 Приемы модификации чертежей рукавов

Для воспроизведения дефектов посадки рукавов в пройме проверенные исходные чертежи модифицировали путем изменения конструктивных параметров, ответственных за возникновение дефектов. Следующие параметры были постоянными, см: длина оката рукава 48, 93; длина нижней части рукава 34,89; ширина рукава внизу 12,91; величина переднего переката 3,0. Перечень четырех изменяемых параметров и условия их варьирования показаны в табл.1.

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	$[-3... 2], \pm 1$	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	$[-4... 6], \pm 2$			
Наклон рукава ниже линии локтя Еб, °	$[-9... 9], \pm 3$	1. Параллельное увеличение или уменьшение обоих параметров		
Наклон рукава Sb: °	$[-6... 6], \pm 2$			

Графическая схема изменения конструктивных параметров показана на рис.1 (схемы моделирования чертежей рукавов для получения дефектов посадки: а – ВОР, б – ШОР, в – Еб, с – Sb. Увеличение пара-

метра показано фиолетовым цветом, уменьшение – зеленым).

1.3 Программное обеспечение

Использовали программное обеспечение различного целевого назначения: ЕТ-

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.

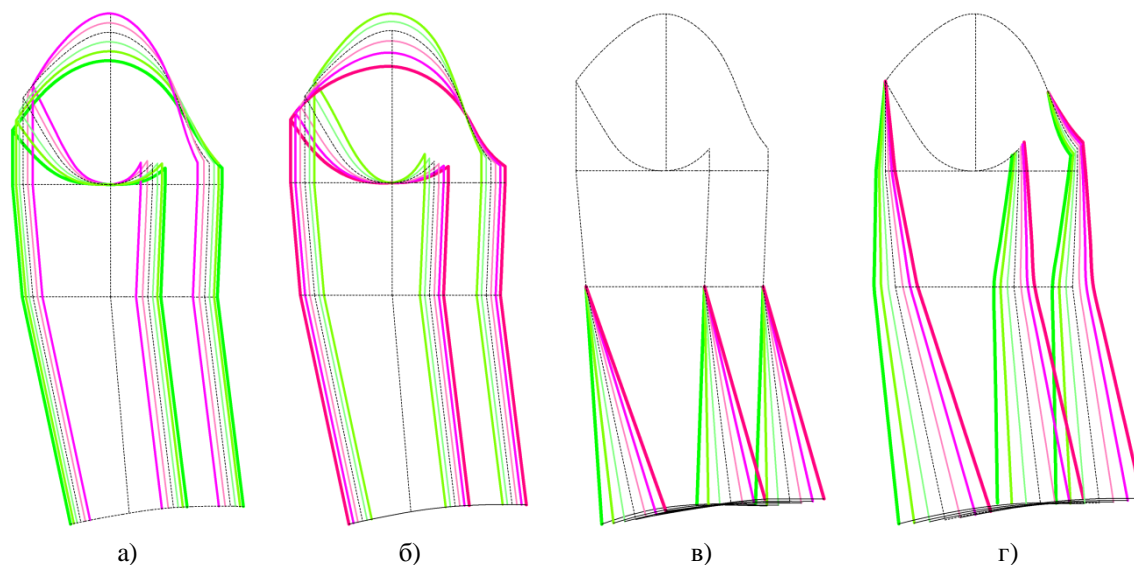


Рис. 1

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 (100% шерстяное 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 методом 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.

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 (схема разметки контрольного виртуального рукава с идеальной посадкой Pfs (а) и его варианты после увеличения контрастности (б, в, г, д)) показаны проекции контрольного рукава с идеальной посадкой и положение линий Sw и Ff, вдоль которых измеряли интенсивность серого цвета.

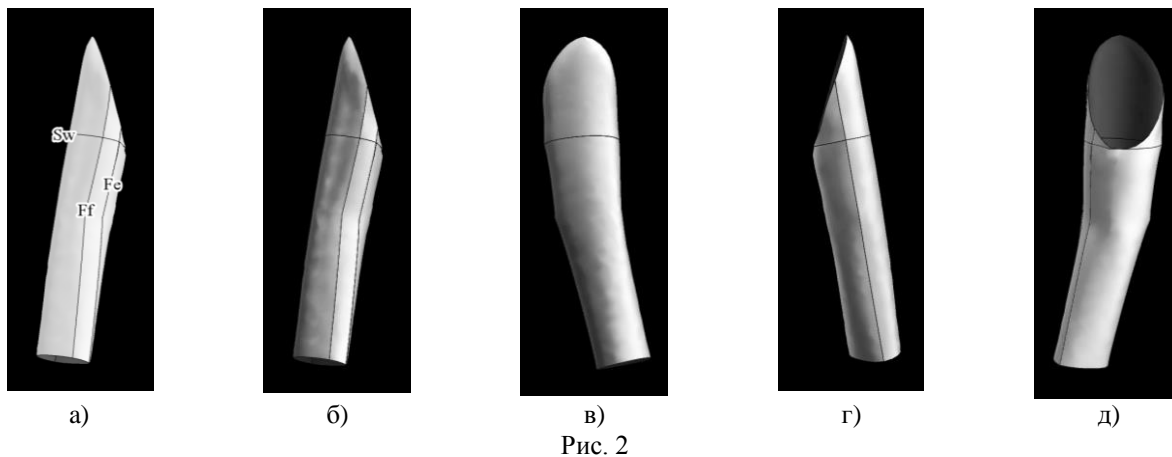


Рис. 2

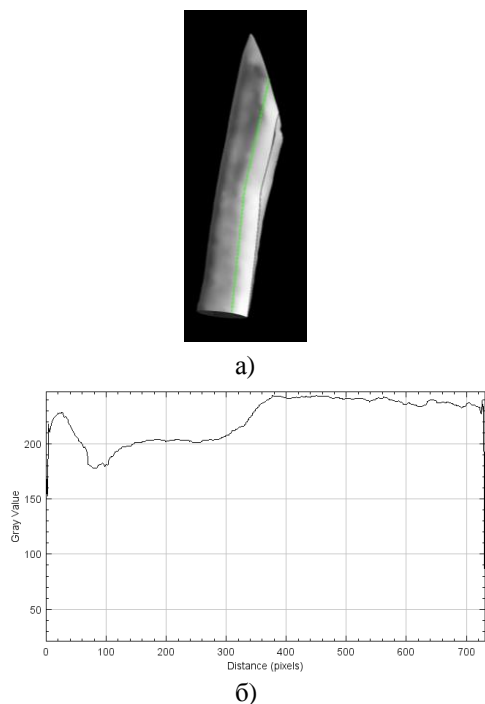


Рис. 3

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.

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 локации складок, возникших под влиянием изменения каждого конструктивного параметра.

Таблица 2

Изменяемый конструктивный параметр	Внешний вид виртуальных рукавов					
ВОР, см						

		-3	-2	-1	0	+1	+2
ШОП							
		-4	-2	0	+2	+4	+6
Угол Eb, °							
		-9	-6	-3	0	+3	+6
		+9	+6	+3	0	-3	-6

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

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

Таким образом, сформированная обучающая выборка в виде виртуальных рукавов с разными видами дефектов является базой для их дальнейшей квалиметрии.

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:

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

где G_0 – 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, $n = 500$.

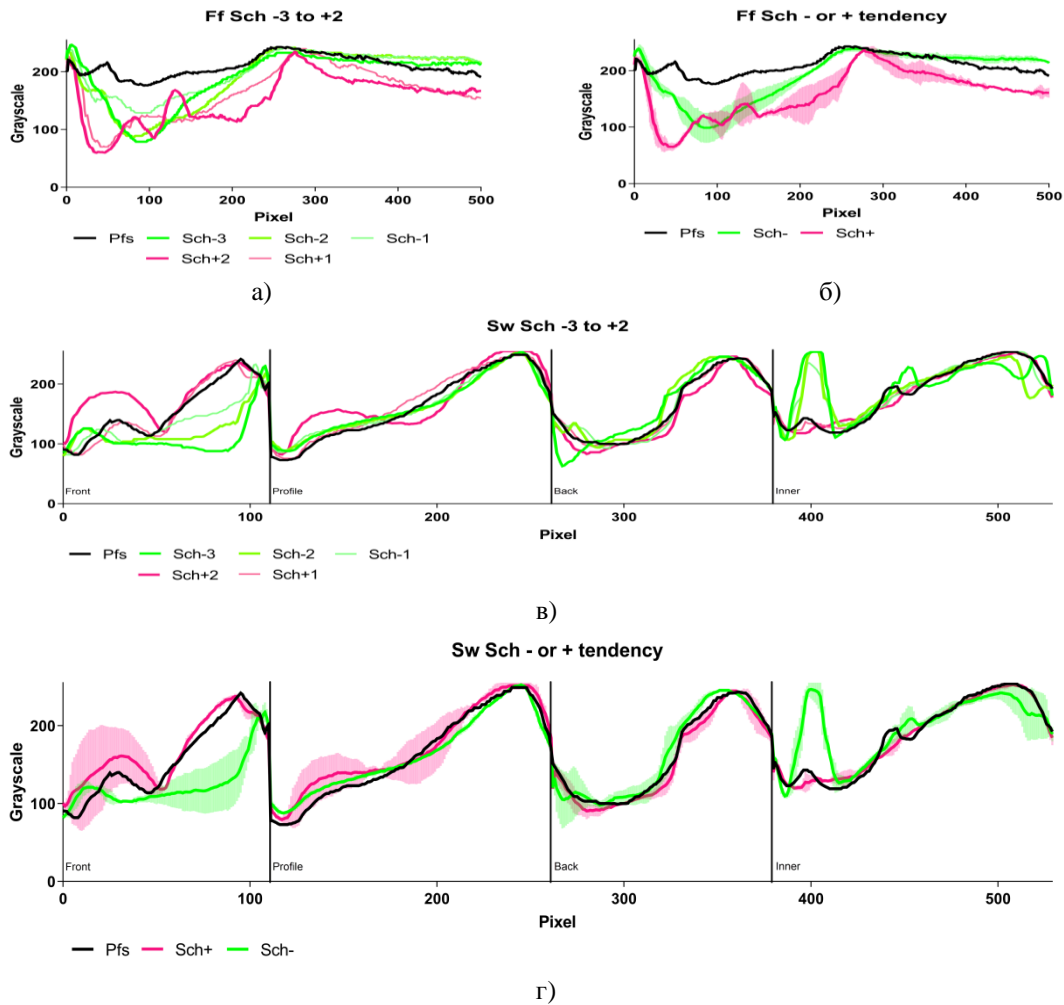


Рис. 4

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 экспериментальными 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 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	
		FfF	SwF	SwP	SwB	SwI						
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
Еб, 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 .

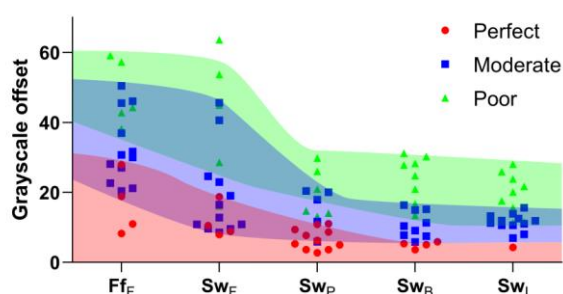


Рис. 5

Как видно из рис. 5 (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 пло-

хой (Poor) посадкой), 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 приведена регрессия, аппроксимируемая уравне-

нием между взвешенной 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 $r^2 = 0,79$.

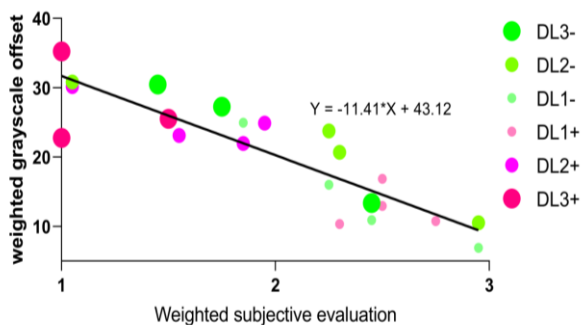


Рис. 6

Как видно из рис.6 (зависимость между показателями субъективной $Sc(w)$ (Weighted subjective evaluation) и объективной $Go(w)$ (Weighted grayscale offset) оценок экспериментальных рукавов из обучающей выборки), низкая субъективная оценка экспериментальных рукавов соответствует высоким значениям разности между рукавами по шкале серого цвета, то есть 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. Кузьмичев В.Е., Янь Ц., Ся П., Ван С. Цифровое дизайн-проектирование и оценка виртуальной одежды: перспективы развития после Fhub congress Ivanovo // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX). – 2020, №1. С.56...63.
2. Wan S., Kuzmichev V. Automatic Evaluation of Sleeve Pattern for Classical Women Jacket // DEStech Transaction on Materials Science and Engineering. – 2021, V. 13, №1. P.36...42.
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.

REFERENCES

1. Kuzmichev V.E., Yan C., Xia P., Wang S. Digital design and evaluation of virtual clothing: prospects for development after Fhub congress Ivanovo // Physics of fibrous materials: structure, properties, high technologies and materials (SMARTEX). - 2020, No. 1. P.56...63.
2. Wan S., Kuzmichev V. Automatic Evaluation of Sleeve Pattern for Classical Women Jacket // DEStech Transaction on Materials Science and Engineering. - 2021, V. 13, No. 1. P.36...42.
3. Van S., Kuzmichev V.E. Creation of digital twins of the "armhole-sleeve" knot for classic women's jackets // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. - 2020, No. 1. S. 177 ... 184.

4. Lo Yun. Design of virtual systems "female figure-clothing" with different volume-silhouette form: Dis ... cand. tech. Sciences. – Ivanovo, 2011.

Статья опубликована по материалам Косыгинского форума. Поступила 04.10.21.
