

УДК 687.016

DOI 10.47367/0021-3497_2022_2_134

**ПОЛУЧЕНИЕ ПЛОСКИХ РАЗВЕРТОК
ДЕТАЛЕЙ СКАНИРОВАННОЙ КОНИЧЕСКОЙ ЖЕНСКОЙ ЮБКИ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ 3D-СКАНИРОВАНИЯ**

**OBTAINING FLAT PATTERNS
OF A SCANNED CONICAL WOMEN'S SKIRT USING 3D SCANNING
TECHNOLOGY**

Н.А. ЗАМОТИН, А.С. ДЯГИЛЕВ

N.A. ZAMOTIN, A.S. DYAGILEV

(Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь)

(Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus)

E-mail: ni-ko-lay@mail.ru; dyagilev@vstu.by

В статье описан процесс построения чертежа модельной конструкции конической женской юбки на основе данных 3D-модели, полученной в результате ее сканирования. Предложен итерационный алгоритм, позволяющий в автоматическом режиме воспроизводить параметры, необходимые для реконструкции чертежа модельной конструкции, и разделять коническую женскую юбку на детали пояса и юбки. Описан разработанный программный модуль для системы автоматизированного проектирования Rhinoceros 7.

The article is devoted to the process of constructing of a model design drawing of a conical women's skirt based on the data obtained as a result of its 3D scanning. An iterative algorithm is proposed that allows to automatically reproduce the parameters necessary for the reconstruction of the model design drawing and divide the conical women's skirt into belt and skirt parts automatically. The developed software module for the computer-aided design system Rhinoceros 7 is described.

Ключевые слова: 3D-сканирование, виртуальное проектирование, виртуальная примерка, конструктивные параметры.

Keywords: 3D scanning, virtual design, virtual fitting, constructive parameters.

Введение

В настоящее время все большую популярность для измерения размерных признаков фигуры человека получают 3D-сканеры [1...3] – устройства, позволяющие с помощью оптических датчиков создать трехмерную компьютерную модель тела человека. Одно из перспективных направлений использования трехмерных моделей тела человека – это создание виртуальных примерочных, позволяющих производить подбор одежды, отвечающей анатомическим особенностям человека, без реальной примерки [4], [5].

Для осуществления виртуальной примерки необходимы как 3D-скан фигуры человека, так и 3D- модель примеряемого изделия. 3D-модель швейного изделия может быть построена на основе информации о геометрических размерах его составных деталей (чертежа модельной конструкции) [6]. Такая информация является частью конструкторской документации, которая, как правило, является коммерческой тайной производителя, и торговые сети ей не располагают. При этом торговые предприятия располагают большим количеством готовых швейных изделий, которые представляют интерес для виртуальной примерки. Таким образом, является актуальной задача создания цифровых компьютерных моделей швейных изделий на основе готовых образцов, содержащих информацию о необходимых геометрических размерах. Эта задача может быть решена с помощью 3D-сканирования готовых швейных изделий и измерения геометрических размеров на полученной 3D-модели.

В рамках данной работы проводилось исследование возможностей построения цифровой компьютерной модели женской юбки. Отличительной особенностью конической женской юбки является: равномерное расширение юбки по всей длине; линии верхнего и нижнего срезов юбки в развернутом виде являются секторами окружностей; отсутствие вытачек по талии. Данный тип юбок удерживается на линии талии и опирается на тазобедренный пояс.

На рис. 1 приведен внешний вид конической женской юбки, промаркированной

размером **XS**, надетой на манекен 44-46 размерного ряда (обхват груди 89 см; обхват талии 70 см; обхват бедер 95 см; вторая полнотная группа).



Рис. 1

Данное изделие состоит из двух деталей – пояса и юбки. Согласно методике конструирования пояс строится на основе прямоугольника, а юбка – на основе радиусов (рис. 2).

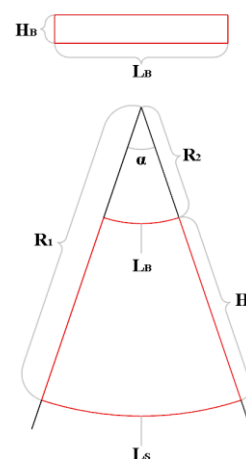


Рис. 2

Через величину длины юбки (H_S), длин верхнего (L_B) и нижнего (L_S) срезов юбки можно выразить значения величин угла α :

$$\alpha = \frac{180(L_S - L_B)}{\pi H_S}, \quad (1)$$

и радиуса R_2 :

$$R_2 = \frac{H_S}{\frac{L_S}{L_B} - 1}. \quad (2)$$

Таким образом, для построения основы чертежа конической женской юбки необходимо знать: ширину (H_B) и длину (L_B) поя-

са, длину юбки (H_S), длину верхнего (L_B) и нижнего (L_S) среза юбки.



Рис. 3

С помощью технологии 3D-сканирования можно получить 3D-модель поверхности швейного изделия (рис. 3). В рамках данной работы использовался 3D-сканер [7], состоящий из стойки с закрепленными на ней четырьмя сенсорами Kinect [8...10] и поворотной платформы.

Обработка полученных при сканировании данных осуществлялась с использованием системы автоматизированного проектирования Rhinoceros 7 [11]. Для автоматизации процесса измерения геометрических размеров трехмерной модели в среде графического редактора алгоритмов Grasshopper [12] был разработан специализированный модуль (рис. 4).

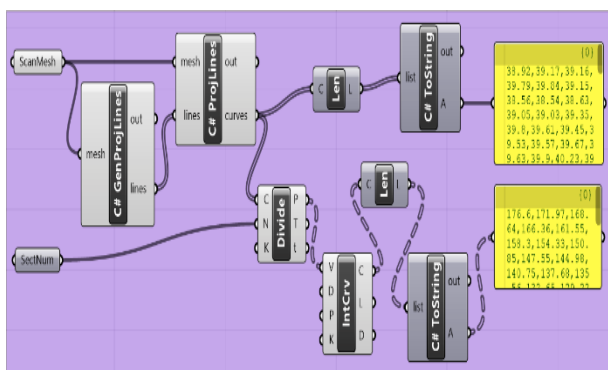


Рис. 4

Разработанный алгоритм содержит как стандартные модули преобразования данных (Len, Divide, IntCrv), так и модули обработки данных, реализованные на языке C# (C# GenProjLines, C# ProjLines, C# ToString).

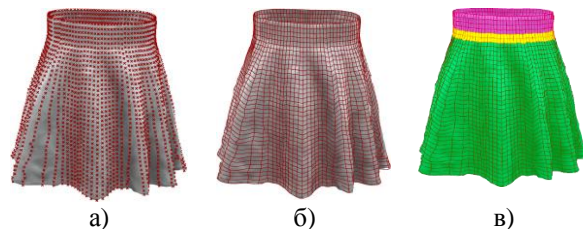


Рис. 5

На рис. 5-а приведено облако точек на поверхности 3D-модели, полученное в результате обработки данных трехмерного сканирования конической женской юбки (рис. 2) с помощью специализированного модуля обработки данных (рис.4). По внешней поверхности 3D-модели (рис.5-б) спроецировано 90 вертикальных линий (шаг 4 градуса). Каждая вертикальная линия разделена на 39 секторов. Точки деления секторов с одинаковыми порядковыми номерами соединены горизонтальными линиями, образующими замкнутые контуры. На рис. 5-в обозначены детали пояса (отмечена розовым цветом), юбки (отмечена зеленым цветом), а также область, в которой находится шов стачивания (отмечена желтым цветом).

С целью повышения точности вычислений при обработке данных количество вертикальных линий и разделяющих их секторов может быть увеличено.

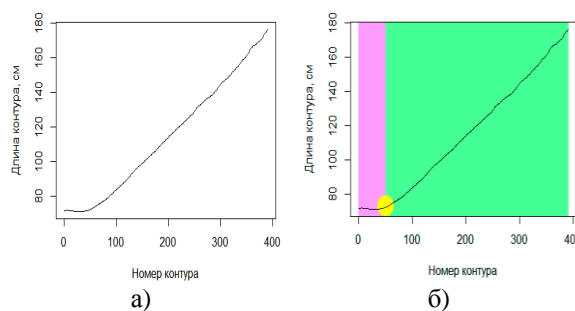


Рис. 6

На рис. 6-а приведен график изменения длин контуров, полученных в результате построения облака точек с помощью 360 вертикальных линий (шаг 1 градус) и 390 секторов.

На рис. 6-б отмечена область, в которой находится контур, разделяющий детали пояса и юбки. Горизонтальная линия соответ-

ствуется области пояса, наклонная линия соответствует области юбки. На основании данных о зависимости длин контуров трехмерной модели от номера контура необходимо в автоматическом режиме определить номер контура, разделяющего детали пояса и юбки.

На графике 6-б длины контуров 3D-модели, относящиеся к детали пояса, могут быть описаны линией, параллельной оси абсцисс, длины контуров, относящиеся к детали юбки, могут быть описаны линейной моделью, содержащей угловой коэффициент. Описанные линии будут пересекаться в точке, соответствующей номеру контура, разделяющего детали пояса и юбки. Система уравнений, описывающая зависимость длин контуров трехмерной модели от их номера, имеет вид:

$$\begin{cases} L_{DS} = b_0 + b_1 N \\ L_{DB} = a_0 \end{cases}, \quad (3)$$

где L_{DS} – длина контура юбки, см; N – номер контура; b_0 , b_1 – коэффициенты регрессионной модели [13], описывающей зависимость длины контура от номера контура в юбке; L_{DB} – длина контура пояса, см; a_0 – коэффициент, описывающий среднее значение длины контура в поясе.

Приравняв L_{DS} и L_{DB} (3), найдем номер контура N , разделяющего детали пояса и юбки:

$$N = \frac{a_0 - b_0}{b_1}. \quad (4)$$

Вычисление значения N , согласно (4), требует знания величин коэффициентов b_0 , b_1 , a_0 , что предполагает известность значения N . Таким образом, для вычисления номера контура разделяющей детали пояса и юбки N был разработан итерационный алгоритм.

1. Нахождение номера контура N как величины, делящей трехмерную модель на две примерно равные части (с погрешностью шага между контурами) (пунктирная линия на рис.7-а).

2. Сохранение в буферной переменной значения номера контура $N_{buff} = N$.

3. Оценка параметров a_0 , b_0 , b_1 для линейных моделей (3) с помощью метода наименьших квадратов [13].

4. Оценка номера контура N , разделяющего детали пояса и юбки (4) (положение черной вертикальной пунктирной линии на рис.7-б).

5. В случае если значение N (черная пунктирная линия на рис. 7-б) не отличается от сохраненного значения N_{buff} (серая пунктирная линия на рис. 7-б), процесс поиска завершается (рис.7-в), в противном случае переходим к пункту 2.

На рис. 7 приведены этапы процесса поиска номера контура разделяющей детали пояса и юбки.

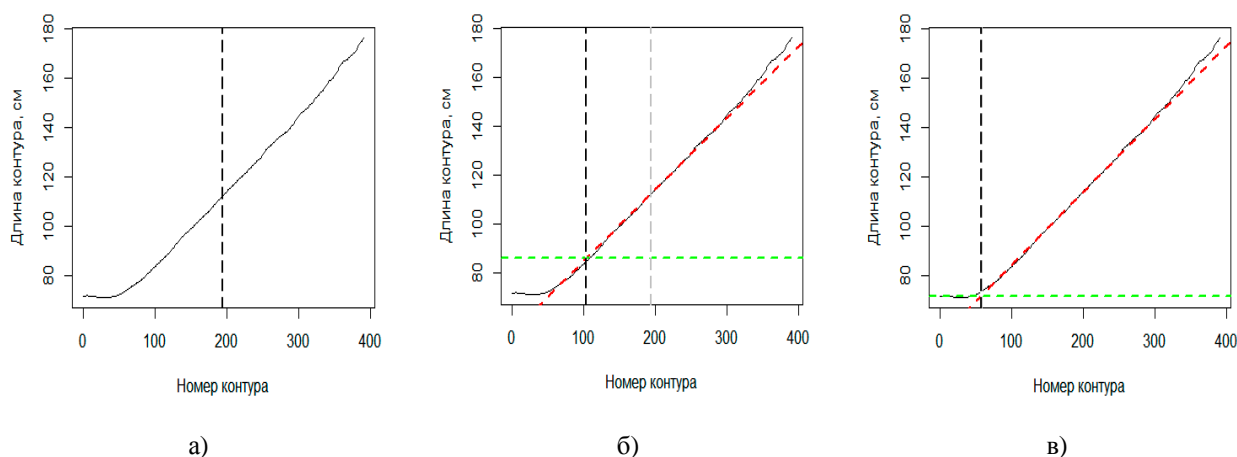


Рис. 7

На рис. 8 приведена 3D-модель конической женской юбки с обозначенным контуром, разделяющим детали пояса и юбки,

найденным с помощью описанного алгоритма в автоматическом режиме.



Рис. 8

После разделения 3D-модели конической женской юбки на две части необходимо измерить линейные размеры каждой детали.

Конструктивные параметры: высота пояса H_B и высота юбки H_S (рис. 2) могут быть найдены как медианные значения вертикальных линий соответствующих деталей, измеренных по 3D-модели (рис. 8-а, 8-б). Конструктивные параметры длина пояса L_B , длина верхнего среза юбки L_B и длина нижнего среза юбки H_S могут быть вычислены по модели (3) с коэффициентами, полученными на этапе поиска контура, разделяющего детали пояса и юбки. Подставив полученные значения в формулы (1) и (2), можно вычислить угол α и величину радиуса R_2 .

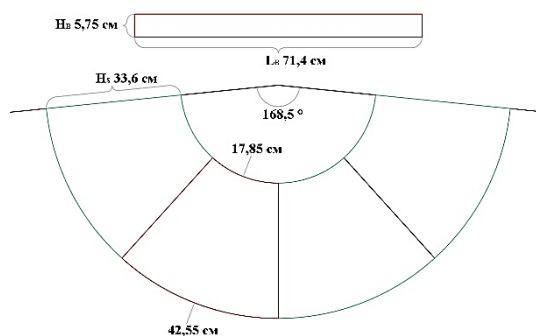


Рис. 9

На рис. 9 приведен чертеж исходной модельной конструкции конической женской юбки, построенной по данным, измеренным на 3D-модели. Сплошной зеленой линией обозначена площадь полотнища

юбки; исследуемая модель конической женской юбки является четырехшовной и состоит из четырех равных клиньев; сплошной красной линией обозначена плоская развертка одного клина.

Конструктивные параметры конической женской юбки также были измерены контактным методом с помощью сантиметровой ленты: высота пояса H_B : 72 см; длина пояса L_B : 5,8 см и высота юбки H_S : 34 см. Как видно на рис. 9, суммарная погрешность 3D-сканера и разработанных алгоритмов не превышает 1,5%.

ВЫВОДЫ

Разработан программный продукт, позволяющий с использованием системы автоматизированного проектирования Rhinoceros 7 на основе данных, полученных в результате сканирования готового швейного изделия с помощью 3D-сканера, построить чертеж исходной модельной конструкции конической женской юбки.

Предложен итерационный алгоритм, позволяющий в автоматическом режиме находить номер контура 3D модели разделяющего детали пояса и юбки женской конической юбки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Daanen H.A.M., Ter Haar F.B. 3D whole body scanners revisited // Displays. – 2013. Т. 34. №4. P.270...275.
2. Alfredo Ballester, Ana Piérola, Eduardo Parrilla, Jordi Uriel, Ana V. Ruescas, Cristina Pérez, Juan V. Durá, Sandra Alemany. 3D Human Models from 1D, 2D & 3D Inputs: Reliability and Compatibility of Body Measurements // 9th Int. Conference and Exhibition on 3D Body Scanning and Processing Technologies. – Lugano, Switzerland, 2018.
3. Georgii Molyboga, Ivan Makeev. Statistical Model for Human Body Measurements // 9th Int. Conference and Exhibition on 3D Body Scanning and Processing Technologies. – Lugano, Switzerland, 2018.
4. Mengna Guo, Kuzmichev V.E., Adolphe D.C. Human-friendly design of virtual system “female body-dress” // AUTEX Research Journal. – 2015. Vol. 15. №1.
5. Mengna G., Kuzmichev V.E. Pressure and comfort perception in the system “female body-dress” // AUTEX Research Journal. – 2013. Vol. 13. № 3.
6. Кузьмичев В.Е., Ахмедулова Н.И., Юдина Л.П. Конструирование швейных изделий: системное проектирование. – М., 2018. С. 392.

7. *Zamotin N.A., Dyagilev A.S.* Разработка 3D-сканера для сканирования фигуры человека // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2020, № 6. С. 139...146.

8. Microsoft Kinect [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.xbox.com/en-us/kinect>. – Дата доступа 13.05.2017

9. *Yin Chen, Gang Dang, Zhi-Quan Cheng, Kai Xu* Fast capture of personalized avatar using two Kinects // Journal of Manufacturing Systems. – 2014. Т. 33. №1. С. 233...240.

10. *Maués C.P.R., Casagrande M.V.S., Almeida R.C.C., Almeida M.A.O., Carvalho F.A.R.* Three-dimensional surface models of the facial soft tissues acquired with a low-cost scanner // International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery. – 2018.

11. Rhinoceros [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.rhino3d.com/>. – Дата доступа 02.08.2019.

12. Grasshopper. Algorithmic modeling for rhino [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.grasshopper3d.com/>. – Дата доступа 02.08.2019.

13. *Дягилев А.С., Коган А.Г.* Методы и средства исследований технологических процессов. – Витебск, 2012.

REFERENCES

1. Daanen H.A.M., Ter Haar F.B. 3D whole body scanners revisited // Displays. – 2013. Т. 34. №4. P.270...275.

2. *Alfredo Ballester, Ana Piérola, Eduardo Parrilla, Jordi Uriel, Ana V. Ruescas, Cristina Pérez, Juan V. Durá, Sandra Alemany.* 3D Human Models from 1D, 2D & 3D Inputs: Reliability and Compatibility of Body Measurements // 9th Int. Conference and Exhibition on 3D Body Scanning and Processing Technologies. – Lugano, Switzerland, 2018.

3. *Georgii Molyboga, Ivan Makeev.* Statistical Model for Human Body Measurements // 9th Int. Conference and Exhibition on 3D Body Scanning and Processing Technologies. – Lugano, Switzerland, 2018.

4. *Mengna Guo, Kuzmichev V.E., Adolphe D.C.* Human-friendly design of virtual system “female body-dress” // AUTEX Research Journal. – 2015. Vol. 15. №1.

5. *Mengna G., Kuzmichev V.E.* Pressure and comfort perception in the system “female body-dress” // AUTEX Research Journal. – 2013. Vol. 13. № 3.

6. *Kuzmichev V.E., Akhmedulova N.I., Yudina L.P.* Designing garments: system design. - M., 2018. S. 392.

7. *Zamotin N.A., Dyagilev A.S.* Development of a 3D scanner for scanning a human figure // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2020, No. 6. S. 139...146.

8. Microsoft Kinect [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.xbox.com/en-us/kinect>. – Access date 05/13/2017

9. *Yin Chen, Gang Dang, Zhi-Quan Cheng, Kai Xu* Fast capture of personalized avatar using two Kinects // Journal of Manufacturing Systems. - 2014. V. 33. No. 1. pp. 233...240.

10. *Maués C.P.R., Casagrande M.V.S., Almeida R.C.C., Almeida M.A.O., Carvalho F.A.R.* Three-dimensional surface models of the facial soft tissues acquired with a low-cost scanner // International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery. – 2018.

11. Rhinoceros [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.rhino3d.com/>. – Access date 08/02/2019.

12. Grasshopper. Algorithmic modeling for rhino [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.grasshopper3d.com/>. – Access date 08/02/2019.

13. *Diaghilev A.S., Kogan A.G.* Methods and means of research of technological processes. – Vitebsk, 2012.

Рекомендована кафедрой математики и информационных технологий. Поступила 11.04.22.