

МЕТОДИКА РАЗМЕЩЕНИЯ ШАБЛОНОВ ДЕТАЛЕЙ ОБУВИ С УЧЕТОМ КОНТУРА РАСКРАИВАЕМОЙ КОЖИ

METHOD OF PLACEMENT OF SHOE PART TEMPLATES ACCORDING TO THE CONTOUR OF THE LEATHER TO BE CUT

С.Д. ТАРАСОВ

S.D. TARASOV

(Костромской государственный университет)

(Kostroma State University)

E-mail: ooo-kk-44@list.ru

В статье предложена новая методика размещения шаблонов деталей обуви с учетом контура кожи. Методика основана на последовательном поиске площади размещения и геометрической разности. Компьютерная модель методики реализована на языке программирования Python. Произведена оценка эффективности результатов применения предложенной методики. Компьютерная модель предложенной методики может быть интегрирована в компьютерную систему управления раскройного станка «АРК1500». Предложенная методика позволила отказаться от использования иностранных программных продуктов в проекте разработки программного обеспечения для раскроя. Это способствует решению задачи импортозамещения программ для процесса раскроя кожи и других материалов при производстве обуви.

The article proposes a new technique for placing of shoe parts templates taking into account the leather contour. The technique is based on a sequential search for the placement area and geometric difference. To test the hypothesis, the computer modeling method of the proposed technique was used. The computer model of the technique is implemented in the Python programming language. An assessment of the effectiveness of the results of applying the proposed technique was made. The computer model of the proposed technique can be integrated into the computer control system of the ARK1500 cutting machine. The proposed method eliminated the need for foreign software products in the cutting software development project. This contributes to solving the problem of import substitution of programs for the process of cutting leather and other materials in shoe manufacturing.

Ключевые слова: кожа, контур кожи, процент использования площади материала, последовательный поиск, геометрическая разность, центр симметрии, анизотропия, методика.

Keywords: leather, leather contour, percentage of material area utilization, sequential search, geometric difference, center of symmetry, anisotropy, methodology.

Современные технологии раскроя материалов требуют разработки специальных программных средств.

В проекте разработки программного обеспечения для организации процесса раскроя кожи на раскройном станке "АРК1500"

созданы два метода размещения шаблонов деталей обуви: квадратомический [1] и прямолинейно-поступательный [2, 3].

Прямолинейно-поступательный метод обладает большей гибкостью и адаптивностью по сравнению с квадратомическим, поскольку дает возможность изменять множество параметров для размещения шаблонов: угол поворота одного шаблона относительно другого, ориентацию шаблонов по вертикали или горизонтали, размещение набора шаблонов в один или несколько рядов, привязку размещения к заданной точке на координатной плоскости [4]. Пример размещения набора шаблонов деталей для четырех пар обуви по данному методу представлен на рис. 1.

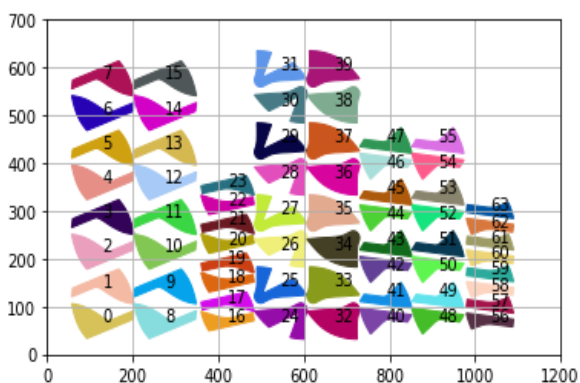


Рис. 1

Несмотря на перечисленные преимущества программной реализации прямолинейно-поступательной системы, ее непосредственное использование для организации автоматизированного раскроя ограничено по причине невозможности учета контура кожи.

Для решения задачи размещения шаблонов с учетом контура раскраиваемой кожи предложена методика размещения на основе геометрической разности и последовательного поиска. Методика включает в себя несколько последовательных этапов.

На первом этапе необходимо совместить центры симметрии контура раскраиваемой кожи и набора шаблонов, размещенных по прямолинейно-поступательной системе. Вычисление центра симметрии контура кожи производится по формулам:

$$X_{ц} = X_{min} + \frac{X_{max} - X_{min}}{2}, \quad (1)$$

$$Y_{ц} = Y_{min} + \frac{Y_{max} - Y_{min}}{2}, \quad (2)$$

где $X_{ц}, Y_{ц}$ – координаты центра симметрии контура; $x_{min}, x_{max}, y_{min}, y_{max}$ – минимальные и максимальные координаты контура.

Вычисление центра симметрии набора шаблонов также производится по формулам (1) и (2). Для применения указанных формул к набору шаблонов их координатные списки необходимо объединить. Совмещение центров симметрии контура кожи и набора шаблонов производится путем суммирования координат шаблонов и координатной разницы между центрами симметрии набора шаблонов и контура кожи. Результат совмещения набора шаблонов и контура кожи представлен на рис. 2.

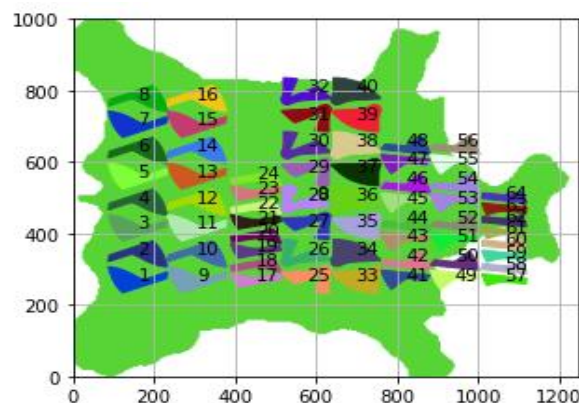


Рис. 2

На рисунке видно, что некоторые детали из набора не разместились в пределах контура кожи.

На втором этапе производится разделение исходного набора шаблонов на два множества: размещенные шаблоны и неразмещенные шаблоны. Во множество размещенных шаблонов входят только те из них, которые размещены на коже и не выходят за ее контур. Математическим критерием принадлежности шаблона к множеству размещенных шаблонов является выполнение равенства:

$$S_{ш} = S_{п}, \quad (3)$$

где $S_{ш}$ – площадь шаблона; $S_{п}$ – площадь пересечения кожи и шаблона.

Шаблоны, для которых равенство (3) не выполняется, попадают во множество неразмещенных шаблонов. Также производится геометрическое вычитание множества размещенных шаблонов из полигона, образованного контуром кожи. Величина площадей из равенства (3) и геометрическая разность между размещенными шаблонами и полигоном контура кожи вычисляются посредством функций `area` и `difference` библиотеки `shapely` для языка Python.

На третьем этапе производится размещение неразмещенных шаблонов на коже. Для этого используется последовательный поиск, который реализуется следующим образом:

1. Вычисляются минимальные и максимальные координаты контура кожи $x_{min}, x_{max}, y_{min}, y_{max}$.

2. Центр симметрии шаблона из множества неразмещенных шаблонов совмещается с точкой (x_{min}, y_{min}) .

3. Осуществляется поиск свободной площади для размещения шаблона. Движение шаблона во время последовательного поиска имитирует движение челнока. Из точки (x_{min}, y_{min}) шаблон последовательно перемещается по оси X с шагом h_x до тех пор, пока его центр симметрии не достигнет линии $x = x_{max}$. После этого шаблон перемещается в точку $(x_{min}, y_{min} + h_y)$, где h_y – шаг по оси Y. Затем снова сдвигается по шагам до линии $x = x_{max}$. На каждом шаге производится проверка равенства (3). Движение шаблона осуществляется до тех пор, пока не будет найдена свободная площадь на коже для размещения шаблона (истинность равенства (3)) или центр симметрии шаблона не достигнет точки (x_{max}, y_{max}) . Величины шагов по осям координат h_x, h_y подбираются экспериментально. Процент использования площади материала находится в обратной зависимости от значений h_x, h_y .

4. Если свободная площадь на коже для размещения шаблона найдена, геометрическое положение шаблона фиксируется, шаблон помещается во множество размещенных шаблонов, вычисляется геометри-

ческая разность между полигоном контура кожи и данным шаблоном. Вычисление геометрической разности между полигоном контура кожи и размещенными шаблонами необходимо для исключения наложения размещаемых шаблонов на ранее размещенные шаблоны.

5. Если свободная площадь не найдена, шаблон достигает точки (x_{max}, y_{max}) и остается во множестве неразмещенных шаблонов.

Схема движения шаблона при осуществлении последовательного поиска показана на рис. 3, а. Иллюстрация геометрической разности между полигоном контура кожи и размещенными на ней шаблонами представлена на рис. 3, б.

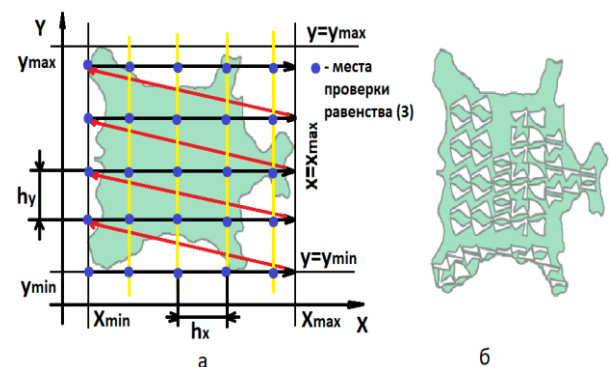


Рис. 3

Предложенная методика может быть модифицирована для размещения набора шаблонов путем простого заполнения контура кожи. Для этого из методики необходимо исключить первый и второй этапы, поместив все шаблоны во множество неразмещенных шаблонов. По модифицированной методике можно размещать шаблоны с большей плотностью по сравнению с исходной методикой. Результат размещения набора шаблонов по исходной методике представлен на рис. 4, а, по модифицированной методике – на рис. 4, б.

С использованием предложенной методики можно сохранять исходную угловую ориентацию размещаемых шаблонов, что необходимо, если требуется разместить шаблоны на анизотропном участке кожи, например, на полах кожи, вдоль которых проходят линии наименьших удлинений.

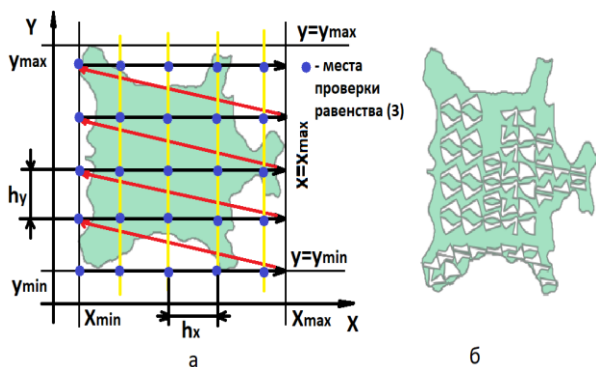


Рис. 4

Эффективность результатов размещения можно оценить по двум критериям – учет анизотропии кожи и процент использования площади материала. Размещение по исходной методике (рис. 4, а) учитывает анизотропию кожи, поскольку основная доля шаблонов размещена по прямолинейно-ступенчатой системе и находится на чепрачной части. Размещение по модифицированной методике (рис. 4, б) может не учитывать анизотропные свойства кожи, если кожа предварительно не разделена на участки качества и шаблонам не задан нужный угол поворота. Расчетный процент использования площади материала P_p при размещении по исходной методике меньше, чем при размещении по модифицированной методике. Значение P_p для размещения на рис. 4, а составляет 52%, для размещения на рис. 4, б – 68%. Методика оценки значения P_p приведена в [5]. Разброс значений P_p позволяет сделать вывод о зависимости процента использования площади материала от наличия учета анизотропии кожи при применении методики.

Контур кожи, представленный на рисунках, выделен с помощью программных методов [6] из схематичного изображения.

Задача считывания контура раскраиваемой кожи на раскройном столе с помощью машинного зрения вынесена за рамки статьи.

Разработка методики размещения шаблонов с учетом контура кожи позволила устранить следующие проблемы, которые существовали в проекте разработки программного обеспечения для раскройного станка:

1. Использование иностранного программного обеспечения. В библиотечной системе языка Python, на котором ведется разработка проекта, не существует программного решения размещения полигонов внутри сложного контура. По этой причине существовала необходимость использования различных сторонних программ, интеграция с которыми сложна и не надежна. При интеграции с данными программами возникали такие ошибки, как зеркальное отражение и геометрическое смещение размещенных шаблонов.

2. Невозможность сохранения исходной угловой ориентации шаблонов при использовании других методов и программ. Как правило, эти методы основаны на сложных оптимизационных алгоритмах, которые направлены на создание размещения с наибольшим процентом использования площади материала и могут произвольно изменять исходный угол шаблона [7].

3. Невозможность использования указанных программ и методов на управляющем компьютере раскройного комплекса, поскольку эти программы и методы имеют сложную математическую структуру [8, 9, 10], в то время как ресурсы управляющего компьютера очень ограничены.

Предложенная методика открывает следующие перспективы при разработке проекта:

1. Осуществление размещения шаблонов деталей обуви на разных участках кожи. Контур кожи может быть программно разделен на различные участки (чепрачная часть, полы, вороток). На наиболее качественном участке (чепрак) можно размещать ответственные детали обуви, на полах – наименее ответственные. Для этого к каждому набору шаблонов и каждому участку применяется разработанная методика.

2. Учет пороков кожи. Внутри контура можно поместить полигон, охватывающий порок на коже. Далее вычислить геометрическую разность между кожей и пороком и применить к коже с вырезанным пороком разработанную методику.

3. Возможность размещения шаблонов на другом материале (например, экокожа),

лист которого имеет форму, отличную от прямоугольника.

4. Разработка программного комплекса раскроя, не использующего иностранное программное обеспечение. Это позволяет решить задачу импортозамещения программного обеспечения для раскроя кожи.

ВЫВОДЫ

1. Подтверждена возможность предложенной методики размещать шаблоны деталей обуви внутри сложного контура раскраиваемой кожи.

2. Предложенная методика позволила устранить основную проблему проекта – размещение шаблонов с учетом сложного контура кожи без использования других программ.

3. Произведена оценка эффективности предложенной методики по двум критериям – учет анизотропии кожи и расчетный процент использования площади материала.

4. Выявлена зависимость между учетом анизотропии кожи и процентом использования площади материала при применении предложенной методики.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Тарасов С.Д., Староверов Б.А., Лапшин В.В.* Итерационный алгоритм квазиоптимального раскроя кожи и текстильного материала квадратомическим методом // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2024. № 2. С. 193...199.

2. *Узакова Л.П.* Исследования оптимальных методов размещения шаблонов при раскрое материалов деталей обуви // Международный научный журнал "Вестник науки". 2023. № 2. Т. 3. С. 249...256.

3. *Тарасов С.Д., Староверов Б.А., Лапшин В.В., Левыкин М.П.* Методика размещения шаблонов деталей обуви для раскройного комплекса АРК 1500 с оценкой процента использования площади материала // Технологии и качество. 2024. № 2. С. 13...17.

4. *Muhammad Naimul Hasan, Md Elias Uddin, Anower Jahan Tamanna.* Mathematical model for footwear upper material consumption estimation // Heliyon. 2024. № 10. e31046.

5. *Фурашова С.Л., Милушкова Ю.В.* Технология раскроя и основы рационального использования материалов: лаб. практикум. Витебск: ВГТУ, 2020. С. 8...12.

6. *Massimo Pacella, Antonio Grieco, Marzia Blaco.* Machine vision based quality control of free-form profiles in automatic cutting processes //

Computers & Industrial Engineering. July 2017. Volume 109. P. 221...232.

7. *Chernov N., Stoyan Yu., Romanova T.* Mathematical model and efficient algorithms for object packing problem // Computational Geometry: Theory and Applications. 2010. № 43. P. 535...553.

8. *Kirolos Abdou, Nina Schaaf, Frederick Struckmeier and others.* Nestability: A deep learning oracle for nesting scrap prediction in manufacturing industry // Resources, Conservation & Recycling. 2024. № 205. 107540.

9. *Paulo Jorge Nascimento, Cristovao Silva, Carlos Henggeler Antunes, Samuel Moniz.* Optimal decomposition approach for solving large nesting and scheduling problems of additive manufacturing systems // European Journal of Operational Research. 2024. № 317. P. 92...110.

10. *Dongmok Sheen, Yoonho Seo.* Nesting and berth allocation by an expert system using heuristic search // Journal of Software Engineering and Applications. 2024. № 10. P. 311...323.

REFERENCES

1. *Tarasov S.D., Staroverov B.A., Lapshin V.V.* An iterative algorithm for quasi-optimal cutting of leather and textile material by quadratic method // Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti. Ivanovo, 2024, P. 193...199.

2. *Uzakova L.P.* Research of optimal methods of template placement when cutting materials for shoe parts // International scientific journal "Vestnik nauki". 2023. № 2. Volume 3. P. 249...256.

3. *Tarasov S.D., Staroverov B.A., Lapshin V.V., Levykin M.P.* Method for placing shoes parts templates for the ark 1500 cutting complex with assessment of the percentage of material area use // Tekhnologii i kachestvo. 2024. № 2(64). P. 13...17.

4. *Muhammad Naimul Hasan, Md Elias Uddin, Anower Jahan Tamanna.* Mathematical model for footwear upper material consumption estimation // Heliyon. 2024. № 10. e31046.

5. *Furashova S.L., Milyushkova Yu.V.* Cutting technology and basics of rational use of materials: laboratory workshop. Vitebsk: Vitebsk State Technological University", 2020. P. 8...12.

6. *Massimo Pacella, Antonio Grieco, Marzia Blaco.* Machine vision based quality control of free-form profiles in automatic cutting processes // Computers & Industrial Engineering. July 2017. Volume 109. P. 221...232.

7. *Chernov N., Stoyan Yu., Romanova T.* Mathematical model and efficient algorithms for object packing problem // Computational Geometry: Theory and Applications. 2010. № 43. P. 535...553.

8. *Kirolos Abdou, Nina Schaaf, Frederick Struckmeier and others.* Nestability: A deep learning oracle for nesting scrap prediction in manufacturing industry // Resources, Conservation & Recycling. 2024. № 205. 107540.

9. Paulo Jorge Nascimento, Cristovao Silva, Carlos Henggeler Antunes, Samuel Moniz. Optimal decomposition approach for solving large nesting and scheduling problems of additive manufacturing systems // European Journal of Operational Research. 2024. № 317. P. 92...110.

10. Dongmok Sheen, Yoonho Seo. Nesting and berth allocation by an expert system using heuristic search //

Journal of Software Engineering and Applications. 2024. № 10. P. 311...323.

Рекомендована кафедрой автоматизации, микропроцессорной техники и технологии машиностроения КГУ. Поступила 12.11.24.

УДК 687.394

DOI 10.47367/0021-3497_2025_4_203

ЗАЩИТА ОТ ТРАВМАТИЗМА ЛЮДЕЙ С НАРУШЕНИЕМ РАВНОВЕСИЯ И КООРДИНАЦИИ ДВИЖЕНИЯ*

PROTECTING PEOPLE WITH BALANCE AND COORDINATION IMPAIRMENTS FROM INJURY

З.Р. ГРИГОРЬЕВА¹, О.Н. БУДЕЕВА¹, Т.С. СОЛОДУШЕНКОВА¹, Т.В. МИНАСОВ², Н.М. БЛИНОВА²

Z.R. GRIGORIEVA¹, O.N. BUDEEVA¹, T.S. SOLODUSHENKOVA¹, T.B. MINASOV², N.M. BLINOVA²

(¹Уфимский государственный нефтяной технический университет,

²Башкирский государственный медицинский университет)

(Ufa State Petroleum Technical University,
Bashkir State Medical University)

E-mail: zarema_grigoreva@inbox.ru, olga.budeeva@yandex.ru

Изучены существующие разработки по элементам защиты шейки бедра от перелома. Несомненная значимость создания элементов защиты от травматизма, применяемых в повседневной жизни пожилого человека, стала целью создания швейного изделия, встраиваемого в одежду. Определены основные требования и рассчитаны технические характеристики проектируемых изделий. Разработана технология изготовления защитных элементов одежды. Проведены экспериментальные исследования прочностных характеристик трехмерных моделей бедренных костей в области шейки бедра, накрытых защитным элементом. Получены положительные результаты испытаний. Тем самым определены лучшие виды материалов и трикотажных переплетений для создания защиты от травматизма людей с нарушением равновесия и координации движения.

The existing developments on elements of protection of the femoral neck from fracture have been studied. The undoubted importance of creating injury protection elements used in the daily life of an elderly person has become the goal of creating a sewing product embedded in clothing. The basic requirements were defined and the technical characteristics of the designed products were calculated. The technol-

* Работа выполнена при финансовой поддержке Стратегического проекта «Новая среда жизни» программы развития ФГБОУ ВО УГНТУ на 2021-2030 годы в соответствии с программой стратегического академического лидерства «Приоритет-2030».