Научный журнал «Костюмология» / Journal of Clothing Science https://kostumologiya.ru

2022, №1, Том 7 / 2022, No 1, Vol 7 https://kostumologiya.ru/issue-1-2022.html

URL статьи: https://kostumologiya.ru/PDF/02TLKL122.pdf

Ссылка для цитирования этой статьи:
Разина, Е. И. Концепция интеграции эскизного и конструкторского автоматизированного проектирования / Е. И. Разина, В. В. Костылева // Костюмология. — 2022. — Т. 7. — № 1. — URL: https://kostumologiya.ru/PDF/02TLKL122.pdf

For citation:
Razina E.I., Kostyleva V.V. The concept of integrating sketches the structure computer-aided design. *Journal of Clothing Science*, 1(7): 02TLKL122. Available at: https://kostumologiya.ru/PDF/02TLKL122.pdf. (In Russ., abstract in Eng.).

УДК 685.34.016

ГРНТИ 64.01.77; 64.01.85; 64.41.14; 64.41.71

ББК 37.255

Разина Екатерина Игоревна
ФГБОУ ВО «Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва, Россия
Старший преподаватель
E-mail: razina-ei@rguk.ru

Костылева Валентина Владимировна
ФГБОУ ВО «Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва, Россия
Заведующая кафедрой
Доктор технических наук, профессор
E-mail: kostyleva-vv@rguk.ru
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=353612

Концепция интеграции эскизного и конструкторского автоматизированного проектирования

Аннотация. Проектирование — это один из наиболее сложных видов интеллектуальной работы. В производственной практике объектом автоматизации проектирования является совокупность действий конструктора, разрабатывающего изделие, результатом которых является конструкторско-технологическая документация. При проектировании обуви различные проектные операции многократно повторяются. Это связано с тем, что проектирование представляет собой закономерно развивающийся процесс, состоящий из этапов и операций, которые можно описать с помощью определенных математических методов и определить инструментальные средства для их автоматизации. Начинается он с выработки общей концепции проектируемой конструкции — эскизного проекта. Процесс разработки эскизного проекта в разных САПР осуществляется по-разному. Для всех этапов проектирования обуви и технологии ее изготовления можно выделить следующие основные типовые операции обработки информации:

- поиск и выбор из различных источников нужной информации;
- анализ выбранной информации;
- выполнение расчетов;
- принятие проектных решений;

- оформление проектных решений в виде, удобном для дальнейшего использования на последующих стадиях проектирования и изготовлении изделия. Поэтому авторы в своем решении исходили из того, что на стадии эскизной разработки следует оперировать информацией, которая допускает выполнение расчетов, призванных, с одной стороны, повысить объективность принимаемых проектных решений, с другой — обеспечить цифровизацию модуля «Разработка эскизов» САПР обуви.

Целью исследования является связать эскизное плоскостное проектирование с автоматизированным конструированием путем установления соответствия между эскизом детали и контуром этой детали на чертеже конструктивной основы верха обуви. Это позволит при наложении деталей в процессе создания эскиза автоматически подготовить предварительный чертеж новой модели. Предлагаемые алгоритмы и математические выкладки могут быть использованы как в 2D так и 3D автоматизированных системах проектирования. Такой подход реализуется в рамках диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук Разиной Е.И. и предполагается к использованию в учебном процессе кафедр «Художественное моделирование, конструирование и технология изделий из кожи», «Информационные технологии» РГУ имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство).

Ключевые слова: системы автоматизированного проектирования; конструктивная основа верха обуви; эскизное проектирование; кусочно-линейное описание; алгоритм

Актуальность

Автоматизация процессов производства, в частности эскизного проектирования — одно из наиболее актуальных направлений современных научных исследований. Несмотря на большое количество САПР, имеющих модуль эскизного проектирования, не решена проблема гармоничных соотношений элементов формы. Основная причина — сложность формализации эстетических понятий. С развитием компьютерной графики в дизайне появились новые методы проектирования, связанные с переходом от эмпирического анализа и синтеза объектов проектирования к теоретическому, формализованному, отвечающему уровню современной науки. Такой переход стал возможен благодаря учету геометрических особенностей объектов дизайн-проектирования. Это позволяет говорить об отдельном классе задач, которые можно назвать геометрическими задачами эскизного проектирования, при условии формализации эстетико-геометрической информации. Успешная реализация задачи формализации формы допускает использование компьютерных технологий в эскизном проектировании обуви не только в качестве универсального инструмента построения и визуализации объектов, но и как средство создания высокоэстетичных, конкурентоспособных изделий [1–4]. Это отвечает Стратегии развития легкой промышленности в Российской Федерации на период до 2025 года, в которой одним из приоритетов выделено «Развитие национальных брендов в области одежды и обуви» [5].

Кроме того, предлагаемые авторами решения открывают возможности интеграции эскизного и конструкторского проектирования, как части общей цифровой системы управления и производства обувного предприятия будущего. Таким образом, рассматриваемая в статье проблема является актуальной.

Концепция интеграции эскизного и конструкторского проектирования

Наиболее эффективным с позиций автоматизации является процесс синтеза новых моделей путем комбинаций деталей, разработанных ранее для различных моделей на базе

02TLKL122
Издательство «Мир науки» \ Publishing company «World of science» http://izd-mn.com

одной и той же конструктивной основы верха. В этом случае при создании новой модели в соответствии с идеями модельера-конструктора коррекции будут подвергаться детали, на которые накладываются другие.

Применение разработанных ранее форм деталей и их комбинирование в новых моделях связано с задачей отсечения объектов по отношению друг к другу.

При эскизном и конструкторском проектировании в настоящее время широко используется различные методы и математический аппарат описания контуров и поверхностей [6–11]. В большинстве из них основное внимание уделяется кубическим параметрическим кривым. Однако, решать задачи отсечения [12–14], а также расчета конструктивно-технологических параметров деталей (площадь детали, длина контуров и т. п.) при таком описании достаточно затруднительно. Поэтому требуется предварительно описать контуры в виде, приемлемом для решения таких задач. Наилучшем вариантом такого описания является представление детали в виде замкнутого многоугольника, т. е. требуется провести кусочно-линейную интерполяцию кубических параметрических кривых с заданной точностью.

Процесс перехода от эскиза к предварительному чертежу модели, по нашему мнению, состоит из следующих этапов:

- выделение деталей, участвующих в создании новой модели;
- представление контуров деталей в виде кусочно-линейного описания;
- отсечение участков наложений;
- замена контура отсеченного участка на новый;
- передача предварительного чертежа в модуль «САПР-конструктор».

В настоящей статье детально представлены первые две позиции.

Выделение деталей, участвующих в создании новой модели, осуществляется путем обработки запросов к базе данных графического описания деталей в модулях различных САПР. Запросы формируются в модуле эскизного проектирования. Организация взаимодействия модулей зависит от форм хранения информации в них. Так, в случае файловой структуры хранения геометрических изображений эскизов и реляционной базы цифровых описаний деталей формируются таблицы соответствия. Работа с таблицами (заполнение данными и установление соответствия) осуществляется макросами или процедурами, используемыми как надстройки в модулях САПР. Макросы и процедуры для работы с таблицами соответствия уникальны и зависят от принятых форм хранения данных в модулях.

Представление контуров деталей в виде кусочно-линейного описания является основополагающим для реализации последующих этапов.

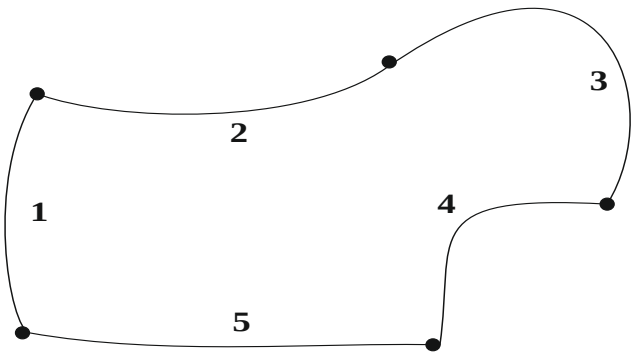

Рисунок 1. *Представление детали — берца 5 сегментами (авторский)*

02TLKL122
Издательство «Мир науки» \ Publishing company «World of science» http://izd-mn.com

Пусть деталь задана сегментами кубического параметрического вида (рис. 1).

Для изображения детали в виде замкнутого k-угольника необходимо провести линейную интерполяцию каждого сегмента с требуемой точностью $\delta_з$ (для обувных деталей $\delta_з \pm 0{,}5$ мм).

Рассмотрим сегмент (рис. 2), который описан кубической параметрической кривой вида:

$$\overline{r}^i(u) = \overline{a}_0^i + \overline{a}_1^i * u + \overline{a}_2^i * u^2 + \overline{a}_3^i * u^3,$$

где:

$$0 \le u \le 1,\ i = \overline{1, N};$$

$\overline{r}(u) = (x(u), y(u))$ — вектор координат точки кривой параметра u;

$\overline{r}(0) = (x(0), y(0)), \overline{r}(1) = (x(1), y(1))$ — векторы начала и конца кривой;

$\overline{a}_j^i = \left(a_{jx}^i, a_{jy}^i\right)$ — векторы коэффициентов кривой, имеющие конкретные цифровые значения, $j = \overline{0,3}$.

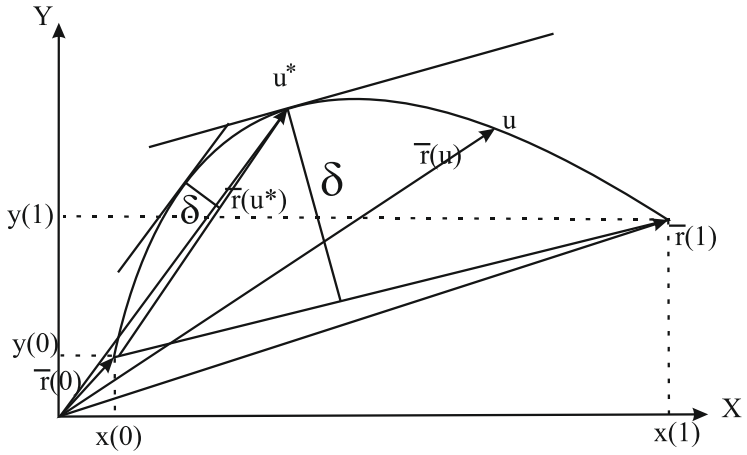

Рисунок 2. *Сегмент контура, описанный кубической параметрической кривой (авторский)*

Рассмотрим итерационный процесс, обеспечивающий минимизацию числа точек при рациональной линейной интерполяции.

Попытаемся заменить весь сегмент отрезком прямой, соединяющей его начальную и конечную точки с координатами (x(0),y(0)) и (x(1),y(1)) соответственно. Для оценки возможности замены необходимо найти наиболее удаленную от отрезка точку, лежащую на кривой (точка конца вектора $\overline{r}(u^*) = (x(u^*), y(u^*))$). Для этой точки справедливо условие параллельности касательной к кривой в этой точке отрезку, соединяющему начальную и конечную точки. Параллельность достигается равенством углов наклона касательной и отрезка к координатной оси, например, OX, и может быть представлена следующим уравнением:

$$\frac{y'(u^*)}{x'(u^*)} = \frac{\Delta y}{\Delta x}, \qquad (1)$$

где:

$$\Delta y = y(1) - y(0),\ \Delta x = x(1) - x(0),$$

$y'(u^*)$ и $x'(u^*)$ — производные y и x по u в точке u^*.

Производная $\overline{r}'(u^*) = \overline{a}_1 + 2 * \overline{a}_2 * u^* + 3 * \overline{a}_3 * u^{*2}$, следовательно

$$\frac{y'(u^*)}{x'(u^*)} = \frac{a_{1y} + 2 * a_{2y} * u^* + 3 * a_{3y} * u^{*2}}{\overline{a}_{1x} + 2 * a_{2x} * u^* + 3 * a_{3x} * u^{*2}}, \qquad (2)$$

02TLKL122
Издательство «Мир науки» \ Publishing company «World of science» http://izd-mn.com

и

$$\frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{a_{1y}+2*a_{2y}*u^*+3*a_{3y}*u^{*2}}{\overline{a}_{1x}+2*a_{2x}*u^*+3*a_{3x}*u^{*2}}. \quad (3)$$

Выполнив некоторые преобразования, и сгруппировав члены уравнения относительно u^*, получим:

$$3*(a_{3y}*\Delta x - a_{3x}*\Delta y)*u^{*2} + 2(a_{2y}*\Delta x - a_{2x}*\Delta y)*u^* + (a_{1y}*\Delta x - a_{1x}*\Delta y) = 0. \quad (4)$$

Решая уравнение (4) относительно u^*, получим два корня ${u_1}^*$ и ${u_2}^*$. Выбираем тот из них, значение которого располагается в интервале $0 \le u^* \le 1$. В случае, если оба значения находятся в указанном интервале, то выбираем минимальное из них (рис. 3, точка ${u_1}^* : u^* = \min({u_1}^*, {u_2}^*)$.

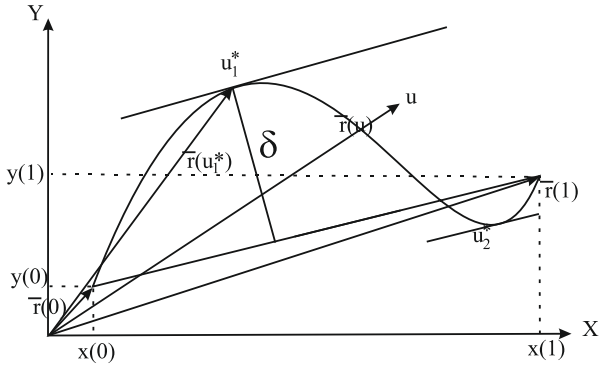

Рисунок 3. *Вариант получения двух экстремальных значений параметра u^* (авторский)*

Тогда точность — расстояние δ от экстремальной точки до прямой вычисляем по формуле:

$$\delta^2 = \frac{(A*x(u^*)+B*y(u^*)+C)^2}{(A^2+B^2)},$$

,

где $x(u^*) = a_{0x} + a_{1x}*u^* + a_{2x}*u^{*2} + a_{3x}*u^{*3}$,

$y(u^*) = a_{0y} + a_{1y}*u^* + a_{2y}*u^{*2} + a_{3y}*u^{*3}$,

A = y(1) - y(0),

B = x(0) - x(1),

C = (x(0)*(y(0) - y(1))+y(0)*(x(1) - x(0)).

В случае $\delta^2 > \delta_з^2$, принимаем вместо точки u = 1 точку u^* и повторяем процесс для участка $[0, u^*]$.

Если значение $\delta^2 \le \delta_з^2$, то заменяем участок кривой отрезком прямой и продолжаем описанный выше процесс для следующего участка $[u^*, 1\,]$.

Действия с сегментом заканчиваются, когда для участка с конечной точкой u = 1 будет найден отрезок, удовлетворяющий условию: $\delta^2 \le \delta_з^2$.

Выполнив замену всех сегментов, деталь представляется замкнутым k-угольником с заданной точностью.

Описанный выше процесс линеаризации можно привести к виду блок-схемы (рис. 5).

02TLKL122
Издательство «Мир науки» \ Publishing company «World of science» http://izd-mn.com

Вывод

Предложенный алгоритм процесса линеаризации показывает, что число итераций, необходимых для положительного результата приближённого представления замкнутых кривых третьего порядка отрезками прямых, определяет не только продолжительность собственно процесса, но и эффективность работы САПР в целом.

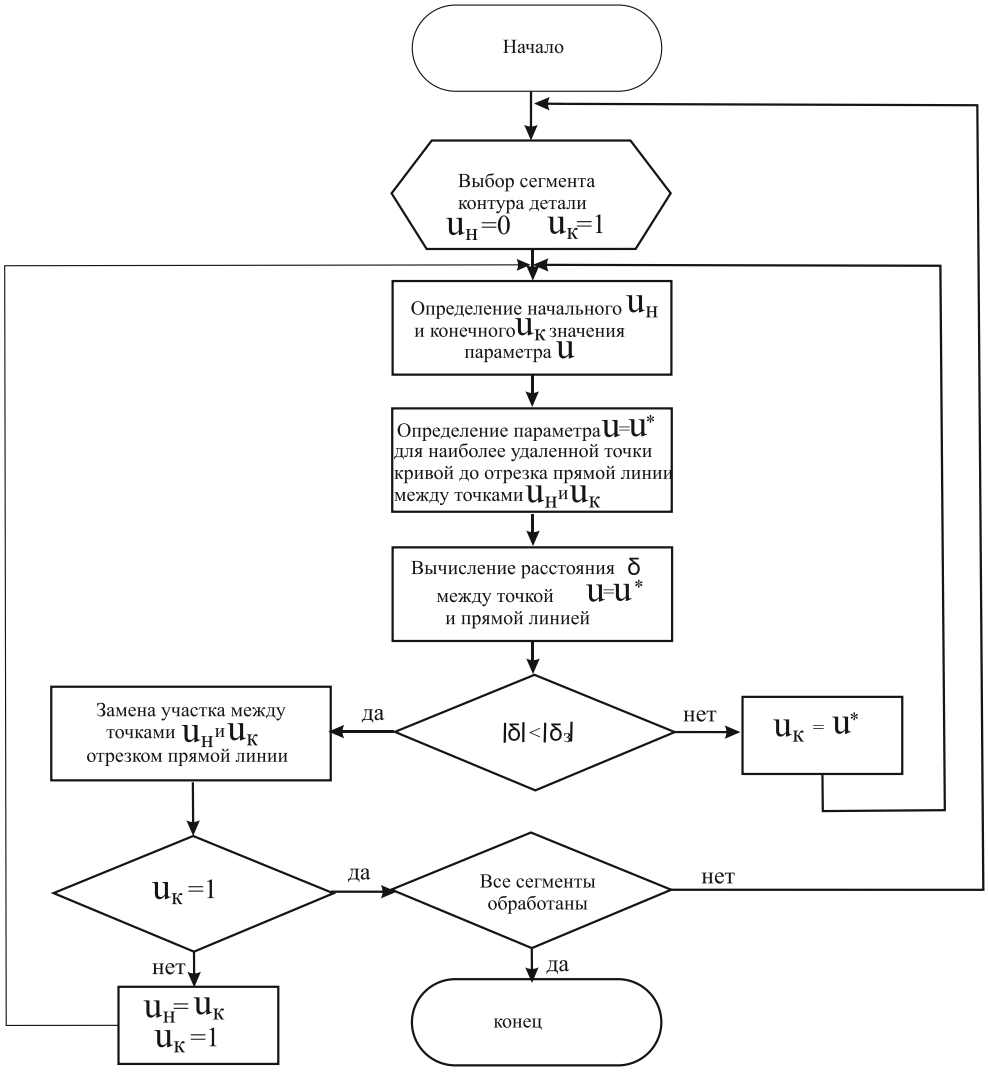

Рисунок 4. *Блок-схема процесса линеаризации (авторский)*

Поэтому при разработке новых моделей конструктор должен иметь различные методы разной скорости построения и трудоемкости вычислений приближения. Очевидно, что, чем меньшее число итераций и количество точек требуется для достижения одной той же точности при одних и тех же начальных условиях, тем эффективнее метод. Построению других форм хранения геометрии эскизов и чертежей, а также оценке их эффективности посвящены дальнейшие исследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Разина Е.И., Костылева В.В. О совершенствовании процесса эскизного проектирования обуви // сборник материалов Всероссийской научной студенческой конференции Инновационное развитие легкой и текстильной промышленности: Часть 1. — М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2017. — с. 90–93.

02TLKL122
Издательство «Мир науки» \ Publishing company «World of science» http://izd-mn.com

2. Разина Е.И., Костылева В.В. Проектирование базы графических изображений колодок для эскизного проектирования обуви. Инновационное развитие техники и технологий в промышленности (ИНТЕКС-2021): сборник материалов Всероссийской научной конференции молодых исследователей с международным участием. Часть 4. — М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2021. С. 274–279.

3. Разина Е.И., Костылева В.В. Способы проектирования элементов эскизов моделей обуви в векторных графических редакторах // сборник материалов Всероссийской научной студенческой конференции Инновационное развитие легкой и текстильной промышленности: Часть 3. — М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2018. — с. 122–125.

4. Разина Е.И., Костылева В.В. Синтез эскизов моделей обуви с использованием графических примитивов // сборник научных трудов VI-ого Международного научно — технического Симпозиума «Современные энерго- и ресурсосберегающие технологии СЭТТ — 2017» Международного научно-технического Форума «Первые международные Косыгинские чтения (11–12 октября 2017 года). Т. 3 / М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2017. — 313 с. 779–781.

5. Стратегия развития легкой промышленности в Российской Федерации на период до 2025 года. — Текст: электронный // Министерство промышленности и торговли России.

6. Foley J.D., van Dam A., Feiner S.K., Hughes J.F. Computer Graphics, Second Edition. Addison-Wesley, Reading, MA, 1994. — 670 p.

7. Beatson, R. Fast evaluation of polyharmonic splines in three dimensions / R. Beatson, M. Powell, and A. Tan // IMA Journal of Numerical Analysis, 27(3). — 2006. — P. 427–450.

8. David, S. Curves and Surfaces for Computer Graphics / S. David. — Springer Sciences Business Media, Inc., 2006. — 451 p.

9. Janke, S.J. Mathematical structures for computer graphics, 1st ed. / S.J. Janke. — Department of Mathematics, Colorado College, Colorado Spring, CO, 2014. — 283 p.

10. Hoang, T.H. Applying the B-spline interpolation in designing the movement trajectory of a dynamic object / T.H. Hoang, Yu.N. Kosnikov // Dong Thap University Journal of Science. — Vietnam: Dong thap University. — 2017. — № 27. — P. 100–105.

11. Larry, L.S. Spline Functions: Computational Methods / L.S. Larry. — SIAM, 2015. — 413 p.

12. Скворцов А.В. Построение объединения, пересечения и разности произвольных многоугольников в среднем за линейное время с помощью триангуляции // Вычислительные методы и программирование. 2002. Т. 3. С. 116–123.

13. Скворцов А.В. Линейно-узловой алгоритм построения оверлеев двух полигонов // Вестник ТГУ. 2002. № 275. С. 99–103.

14. Margalit A., Knott G.D. An algorithm for computing the union, intersection or difference of two polygons // Computers & Graphics. 1989. V. 13. N^{o} 2. P. 167–183.

Razina Ekaterina Igorevna
Russian State University named A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art), Moscow, Russia
E-mail: razina-ei@rguk.ru

Kostyleva Valentina Vladimirovna
Russian State University named A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art), Moscow, Russia
E-mail: kostyleva-vv@rguk.ru
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=353612

The concept of integrating sketches the structure computer-aided design

Abstract. Design is one of the most challenging types of intellectual work. In industrial practice, the object of design automation is a set of actions by a designer who develops a product, the result of which is design and technological documentation. When designing shoes, various design steps are repeated many times. This is due to the fact that design is a naturally developing process, consisting of stages and operations that can be described using certain mathematical methods and determine the tools for their automation. It begins with the development of a general concept of the designed structure — a draft design. The process of developing a draft design in different CAD systems is carried out in different ways. For all stages of shoe design and manufacturing technology, the following basic typical information processing operations can be distinguished:

- search and selection from various sources of the necessary information;
- analysis of the selected information;
- performing calculations;
- making design decisions;
- design of design solutions in a form convenient for further use at subsequent stages of design and manufacture of the product. Therefore, the authors in their decision proceeded from the fact that at the stage of sketch development, one should operate with information that allows for calculations, designed, on the one hand, to increase the objectivity of the design decisions, on the other hand, to ensure digitalization of the Sketch Design module for CAD footwear.

The aim of the study is to link sketch planar design with computer-aided design by establishing a correspondence between the sketch of a part and the outline of this part in the drawing of the structural basis of the upper of the shoe. This will automatically prepare a preliminary drawing of the new model when overlapping parts during the sketching process. The proposed algorithms and mathematical calculations can be used in both 2D and 3D computer-aided design systems. This approach is implemented within the framework of the dissertation for the degree of candidate of technical sciences Razina E.I. and is supposed to be used in the educational process of the departments "Artistic modeling, design and technology of leather goods", "Information technology" Russian State University A.N. Kosygin (Technology. Design. Art).

Keywords: computer-aided design systems; the constructive basis of the shoe upper; sketch design; piecewise-linear description; algorithm

REFERENCES

1. Razina E.I., Kostyleva V.V. On improving the process of outline design of footwear // collection of materials of the All-Russian scientific student conference. Innovative development of light and textile industries: Part 1. — Moscow: FSBEI VO "RSU im. A.N. Kosygin", 2017. — p. 90–93.
2. Razina E.I., Kostyleva V.V. Designing a base of graphic images of lasts for sketching design of shoes. Innovative development of engineering and technology in industry (INTEX-2021): collection of materials of the All-Russian scientific conference of young researchers with international participation. Part 4. — M.: FGBOU VO "Russian State University named after A.N. Kosygin", 2021, pp. 274–279.
3. Razina E.I., Kostyleva V.V. Methods for designing elements of sketches of footwear models in vector graphic editors // collection of materials of the All-Russian scientific student conference A.N. Kosygin, 2018. — p. 122–125.
4. Razina E.I., Kostyleva V.V. Synthesis of sketches of shoe models using graphic primitives // collection of scientific papers of the VI International Scientific and Technical Symposium "Modern energy and resource saving technologies SETT — 2017" of the International Scientific and Technical Forum "First International Kosygin Readings" (October 11–12, 2017) ... T. 3 / M.: FGBOU VO "Russian State University named after A.N. Kosygin", 2017. — 313 p. 779–781.
5. Strategy for the development of light industry in the Russian Federation for the period up to 2025. — Text: electronic // Ministry of Industry and Trade of Russia.
6. Foley J.D., van Dam A., Feiner S.K., Hughes J.F. Computer Graphics, Second Edition. Addison-Wesley, Reading, MA, 1994. — 670 p.
7. Beatson, R. Fast evaluation of polyharmonic splines in three dimensions / R. Beatson, M. Powell, and A. Tan // IMA Journal of Numerical Analysis, 27(3). — 2006. — P. 427–450.
8. David, S. Curves and Surfaces for Computer Graphics / S. David. — Springer Sciences Business Media, Inc., 2006. — 451 p.
9. Janke, S.J. Mathematical structures for computer graphics, 1st ed. / S.J. Janke. — Department of Mathematics, Colorado College, Colorado Spring, CO, 2014. — 283 p.
10. Hoang, T.H. Applying the B-spline interpolation in designing the movement trajectory of a dynamic object / T.H. Hoang, Yu.N. Kosnikov // Dong Thap University Journal of Science. — Vietnam: Dong thap University. — 2017. — No. 27. — P. 100–105.
11. Larry, L.S. Spline Functions: Computational Methods / L.S. Larry. — SIAM, 2015. — 413 p.
12. Skvortsov A.V. Constructing the union, intersection and difference of arbitrary polygons on average in linear time using triangulation // Computational methods and programming. 2002. T. 3. P. 116–123.
13. Skvortsov A.V. Linear-nodal algorithm for constructing overlays of two polygons // Vestnik TSU. 2002. No. 275, pp. 99–103.
14. Margalit A., Knott G.D. An algorithm for computing the union, intersection or difference of two polygons // Computers & Graphics. 1989. V. 13. Nº 2. P. 167–183.

02TLKL122
Издательство «Мир науки» \ Publishing company «World of science» http://izd-mn.com