

АВТОМАТИЗОВАНА ПІДГОТОВКА РАЦІОНАЛЬНИХ СХЕМ РОЗКРОЮ МАТЕРІАЛІВ ЗІ СКЛАДНОЮ КОНФІГУРАЦІЄЮ ЗОВНІШНІХ КОНТУРІВ НА ПЛОСКІ ГЕОМЕТРИЧНІ ОБ'ЄКТИ

Чупринка В., Грикун Д., Чупринка Н.

В роботі запропоновані математична модель та алгоритми, які були реалізовані в програмне забезпечення автоматизованого проектування раціональних схем розкрою матеріалів зі складною конфігурацією зовнішнього контуру на плоскі геометричні об'єкти. Це програмне забезпечення підвищує показники економії матеріалу і продуктивність праці. Для розробки математичної моделі задачі автоматизованого проектування раціональних схем розкрою матеріалів зі складною конфігурацією зовнішнього контуру на плоскі геометричні об'єкти було формалізовано її структурні компоненти: аналітичний опис зовнішнього контуру матеріалу зі складною конфігурацією зовнішнього контуру; аналітичний опис плоских геометричних об'єктів, для яких необхідно спроектувати раціональні схеми розкрою на матеріалі зі складною конфігурацією зовнішнього контуру; параметри, що однозначно визначають положення плоского геометричного об'єкту на площині; побудова щільних укладок для плоских геометричних об'єктів; побудова схеми розкрою в прямокутній області заданих розмірів за параметрами спроектованої щільної укладки; перенесення спроектованої схеми на матеріал зі складною конфігурацією зовнішнього контуру; інтерактивне коригування схеми розкрою, що спроектована в атоматичному режимі, для матеріалу зі складною конфігурацією зовнішнього контуру. Використавши розглянуті структурні компоненти було розроблено алгоритм та програмне забезпечення автоматизованого проектування раціональних схем розкрою матеріалів зі складною конфігурацією зовнішнього контуру на плоскі геометричні об'єкти

Ключові слова. Раціональний розкрій, матеріал, зовнішній контур, системне розміщення, площина, інтерактивне коригування

ВСТУП

У будь-якій галузі промисловості питання витрат матеріалу при виробництві завжди було дуже актуальним. Висока матеріалоємність та значна вартість використовуваних матеріалів роблять задачу мінімізації витрат особливо важливою для взуттєвої промисловості. При чому максимальна кількість втрат площі виникає при розкрої натуральних шкір. Тому у виробництво необхідно впроваджувати новітні технології, які базуються на застосуванні засобів автоматизованої обробки інформації та дозволяють підвищити показники економії матеріалу і продуктивність праці.

В більшості випадків процес підготовки раціональних схем розкрою листових матеріалів на деталі взуття виконуються вручну. Але

розвиток обчислювальної техніки та методів обчислювальної математики дозволяють виконувати ці етапи в автоматичному режимі.

Актуальність досліджень. Розробка методу проектування раціональних схем розкрою матеріалів зі складною конфігурацією зовнішнього контуру на плоскі геометричні об'єкти дозволило розробити математичне та програмне забезпечення для автоматизованого проектування раціональних схем розкрою натуральних матеріалів на деталей взуття. Це програмне забезпечення підвищує показники економії матеріалу і продуктивність праці.

Постановка задачі. Розробити математичну модель задачі автоматичного проектування раціональних схем розкрою матеріалів зі складною конфігурацією зовнішнього контуру на плоскі геометричні об'єкти. На основі запропонованої математичної моделі розробити алгоритми та програмне забезпечення для автоматизованого проектування раціональних схем розкрою.

Результати досліджень. Проектуванню раціональних схем розкрою матеріалів на плоскі геометричні об'єкти присвячено багато робіт. В роботах [1-3] представлені математичні моделі компактного розміщення опуклих плоских геометричних об'єктів. Але в більшості випадків деталі взуття є не опуклі плоскі геометричні об'єкти. В роботах [4-9] застосовуються генетичні алгоритми. Але ці алгоритми не завжди дають задовільний результат за обмежений час. Тому завданням цієї роботи є розробка методу автоматичного проектування раціональних схем розкрою матеріалів будь-якою конфігурацією зовнішнього контуру для плоских геометричних об'єктів з складною конфігурацією зовнішніх контурів. Але задача автоматичного проектування раціональних схем розкрою матеріалів зі складною конфігурацією зовнішнього контуру на плоскі геометричні об'єкти в такій постановці не розлядалася.

Для розв'язання цієї задачі необхідно математична постановка задачі, в якій сформулювати технологічні вимоги та обмеження.

Для розробки математичної моделі задачі автоматичного проектування раціональних схем розкрою матеріалів зі складною конфігурацією зовнішнього контуру на плоскі геометричні об'єкти необхідно формалізувати її структурні компоненти: аналітичний опис зовнішнього контуру матеріалу зі складною конфігурацією зовнішнього контуру; аналітичний опис плоских геометричних об'єктів, для яких необхідно спроектувати раціональні схеми розкрою на матеріалі зі складною конфігурацією зовнішнього контуру; параметри, що однозначно визначають положення плоского геометричного об'єкту на площині; побудова щільних укладок для плоских геометричних об'єктів; побудова схеми розкрою в прямокутній області заданих розмірів за параметрами спроектованої щільної укладки; перенесення спроектованої схеми на матеріал зі складною конфігурацією зовнішнього контуру;

інтерактивне коригування схеми розкрою, що спроектована в атоматичному режимі, для матеріалу зі складною конфігурацією зовнішнього контуру.

Для опису зовнішнього контуру матеріалу і дефектів будемо застосовувати кусково-лінійну апроксимацію. Зовнішня границя області Ω буде задаватися вершинами опукло-ввігнутого многокутника $\{X_j^s, Y_j^s\}, j = 1..k$. Дефекти будуть задаватися також вершинами апроксимуючого многокутника $\{Xp_j^l, Yp_j^l\}, j = 1..M(l); l = 1..r$.

де $M(l)$ – кількість вершин опукло-вгнутого апроксимуючого многокутника для l -го дефекту;

r – кількість дефектів;

k – кількість вершин опукло-вгнутого апроксимуючого многокутника для зовнішнього контуру матеріалу.

Для опису зовнішнього контуру плоских геометричних об'єктів $\{Q_i\}, i = 1, 2, , m$ будемо також застосовувати кусково-лінійну апроксимацію. При такій апроксимації будь-який плоский геометричний об'єкт S_i буде однозначно визначений координатами вершин опукло-ввігнутого многокутника, тобто $\{X_j^i, Y_j^i\}, j = 1, , N(i)$.

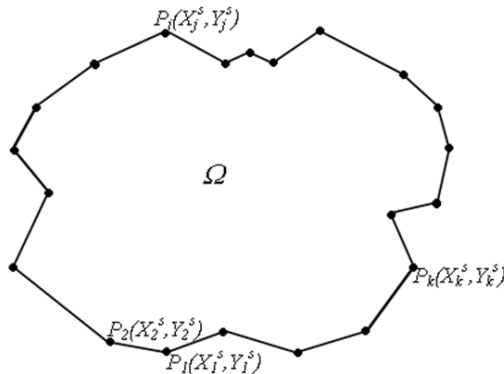


Рис. 1 – Апроксимація зовнішнього контуру матеріалу складної конфігурації

Параметри, які однозначно визначають положення плоского геометричного об'єкту на площині:

N_i – ідентифікатор, за яким однозначно визначається необхідний плоский геометричний об'єкт;

X_i, Y_i – координати полюсу плоского геометричного об'єкту S_i (будь-якої фіксованої точки на плоскому геометричному об'єкту відносно якого визначені координати апроксимуючого багатокутника для цього об'єкту) в системі координат, що пов'язана з площиною;

φ_i – кут повороту плоского геометричного об'єкту S_i відносно його основного положення.

ПОБУДОВА ЩІЛЬНОЇ УКЛАДКИ ПЛОСКИХ ГЕОМЕТРИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ.

Розглянемо на площині об'єкти S_1 та S_2 . Нехай $\text{int } S = S - S^\wedge$, де S^\wedge – границя об'єкта S . Об'єкти S_1 та S_2 не перетинаються, якщо

$$\text{int } S_1 \cap \text{int } S_2 = 0 \quad (1)$$

Якщо одночасно виконується умова

$$S_1 \cap S_2 \neq 0 \quad (2)$$

то об'єкти S_1 та S_2 називаються щільно розміщеними.

Щільно розміщені об'єкти не мають спільних внутрішніх точок, але обов'язково мають спільні граничні точки.

Система об'єктів $S_i, i=1..p$, утворюють на площині укладку, якщо для кожної пари об'єктів із цієї системи виконуються умови їх взаємного неперетину:

$$\text{int } S_n \cap \text{int } S_m = 0, n \neq m, n, m = 1..p \quad (3)$$

та для будь-якого об'єкта $S_i, i=1..p$ знайдеться хоч один об'єкт S_q , де $q \in [1..p], q \neq i$, який дотикається до об'єкта S_i .

Розглянемо систему об'єктів $\bigcup_{n,m} S_1^{nm}$ та $\bigcup_{n,m} S_2^{nm}$, де $n, m = 0, \pm 1,$

$\pm 2, \pm 3, \dots \neq k, \dots$, які складаються із трансляції $S_1^{nm} = S_1 + na_1 + ma_2$ та $S_2^{nm} = S_2 + na_1 + ma_2 + g$ об'єктів S_1 та S_2 на вектори подвійної решітки $W = W(a_1, a_2, g)$ [10-11]. Якщо ця система є укладкою, то така укладка називається укладкою об'єктів S_1 та S_2 , виконаної по подвійній решітці $W = W(a_1, a_2, g)$. Подвійна решітка $W = W(a_1, a_2, g)$ в цьому випадку є допустимою для укладки об'єктів S_1 та S_2 . Подвійна решітка представляє собою дві однакові одинарні решітки $A_1 = A(a_1, a_2)$ та $A_2 = A(a_1 + g, a_2 + g)$, які зміщені одна відносно іншої на вектор зсуву решітки g . У вузлах решітки A_1 розміщаються об'єкти S_1 , а у вузлах решітки A_2 розміщаються об'єкти S_2 . Абсолютна величина визначника,

який складений із векторів решітки, називається визначником решітки W та позначається $\det W$, де [12]:

$$\det W = \begin{vmatrix} a_{1x} & a_{1y} \\ a_{2x} & a_{2y} \end{vmatrix} = |a_{1x}a_{2y} - a_{2x}a_{1y}|. \quad (4)$$

Щільність $\delta_s(W)$ решітчастої укладки можна характеризувати за допомогою співвідношення:

$$\delta_s(W) = (|S_1| + |S_2|) / \det W, \quad (5)$$

де $|S_1|$ та $|S_2|$ - відповідно площі плоского геометричного об'єкта S_1 та S_2 , $\det W$ - визначник решітки $W = W(a_1, a_2, g)$, за якою виконана укладка. Із наведеного співвідношення видно, що щільність $\delta_s(W)$ решітчастої укладки тим вища, чим менша площа паралелограма, сторонами якого є базові вектори решітки a_1 та a_2 .

В задачі побудови найщільнішої решітчастої укладки можна виділити наступні структурні компоненти:

- аналітичний опис умов взаємного неперетину деталей в укладці;
- аналітичний опис системи суміщення деталей в укладці;
- математичний опис множини допустимих розв'язків задачі;
- аналітичне представлення функції цілі.

Для аналітичного представлення умов взаємного не перетину деталей при їх суміщенні використаємо годограф вектор-функції щільного розміщення (ГВФЩР) [10-11]. Нехай S_1 та S_2 - два об'єкти, які зберігають постійну взаємну орієнтацію. Позначимо через O_1 та O_2 полюси об'єктів, які вибрані в довільних точках даних об'єктів. Тоді $X_1O_1Y_1$ та $X_2O_2Y_2$ - системи координат, які жорстко зв'язані з об'єктами S_1 та S_2 відповідно. Без обмеження відповідні координатні осі можна вважати направленими однаково. Припустимо, що об'єкт S_1 нерухомо закріплений на площині, а об'єкт S_2 - рухомий. Розглянемо множини можливих щільних положень об'єкта S_2 по відношенню до об'єкта S_1 . Кожне таке положення характеризується вектором $r_{12} = O_1O_2$. Вектор-функція, що ставить у відповідність щільному положенню об'єктів S_1 та S_2 значення вектора r_{12} при умові, що об'єкт S_1 нерухомий, називається годографом вектор-функції Γ_{12} щільного розміщення об'єкту S_2 відносно об'єкта S_1 .

Математичний опис множини допустимих розв'язків задачі проектування найщільнішої решітчастої укладки. Для математичного опису множини допустимих розв'язків задачі побудови найщільнішої

решітчастої укладки використаємо апарат ГВФЦР. Очевидно, що множиною допустимих розв'язків цієї задачі буде множина допустимих подвійних решіток $W^i = W(a^i_1, a^i_2, g^i)$, де $i=1, 2, \dots, q$. Визначивши область зміни параметрів a^i_1, a^i_2, g^i подвійних решіток W^i ми однозначно визначимо множину допустимих розв'язків. Подвійна решітчаста укладка однозначно визначається взаємним розміщенням трьох сусідніх рядів (рис. 2). За розміщення деталей в рядах відповідає вектор a^i_1 , за взаємне розміщення рядів відповідають вектори a^i_2 та g^i або вектори p^i та g^i . Вектор p^i визначає положення верхнього ряду, а вектор g^i визначає положення нижнього ряду відносно базового середнього ряду укладки. Як видно із рис. 2 $a^i_2 = B_1 A_1 = B_2 A_2 = \dots = B_5 A_5$, то тоді a^i_2 визначається через вектори p^i та g^i наступним чином $a^i_2 = p^i - g^i$.

Розглянемо множини допустимих розв'язків для задачі щільної укладки плоских геометричних об'єктів S_1 та S_2 , тобто для задачі побудови найщільнішої решітчастої укладки деталей виду S_1 та S_2 (деталі S_1 повернуті ряду на кут α та деталі S_2 повернуті ряду на кут β відносно їх вихідного положення). В цьому випадку необхідно впевнитись, що задача має розв'язок. Для цього побудуємо ГВФЦР $r = r_{11}(\theta)$ для деталі S_1 з самою собою та ГВФЦР $r = r_{22}(\theta)$ для деталі S_2 з самою собою. Знайдемо $\min_{r_{11}}, \min_{r_{22}}, \max_{r_{11}}, \max_{r_{22}}$ для яких виконуються наступні нерівності [13]:

$$\min_{r_{11}} \leq |r_{11}(\theta)| \leq \max_{r_{11}} \text{ та } \min_{r_{22}} \leq |r_{22}(\theta)| \leq \max_{r_{22}}.$$

Якщо

$$(\min_{r_{11}} \leq |r_{11}(\theta)| \leq \max_{r_{11}}) \cap (\min_{r_{22}} \leq |r_{22}(\theta)| \leq \max_{r_{22}}) \in \emptyset, \quad (6)$$

то задача не має розв'язку, інакше знаходимо множину векторів a^i_1 та кути α_i та β_i , для яких виконується рівність $r_{11}(\alpha_i) = r_{22}(\beta_i)$. Тоді $a^i_1 = r_{11}(\alpha_i) = r_{22}(\beta_i)$.

Повернемо плоский геометричний об'єкт S_1 на кут α , а плоский геометричний об'єкт S_2 на кут β та позначимо повернуті плоскі геометричні об'єкти через $S_{1\alpha}$ та $S_{2\beta}$.

Тоді середній ряд щільної укладки можна представити наступним чином:

$$\bigcup_n (S_{1\alpha} + n a^i_1), \text{ де } n=0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (7)$$

Навколо плоских геометричних об'єктів в середньому ряду побудуємо ГВФЦР Γ_{12} плоского геометричного об'єкту $S_{1\alpha}$ з плоским

геометричним об'єктом $S_{2\beta}$. Внутрішню область годографа позначимо через Φ_{12} . Тоді зону заборони для кінців векторів p^i та g^i визначимо наступним виразом:

$$\bigcup_n (\hat{O}_{21} + n a^i), \quad (8)$$

де $n=0, \pm 1, \pm 2, \dots$

Для кожного допустимого вектора a^i ми матимемо свої допустимі значення векторів p^i та g^i . Допустимі значення для векторів p^i та g^i вибираємо із умови, що кінці векторів p^i та g^i не повинні знаходитися у зоні заборони (8) та повинні знаходитися на годографі Γ_{12} . Крім того, вони повинні лежати по різні сторони від середнього ряду, тобто по різні сторони прямої $O_1O_2\dots O_n$, що проходить через полюси плоских геометричних об'єктів середнього ряду (рис. 2). Позначимо криві, на яких можуть знаходитись кінці векторів p^i та g^i через Pu та Pd (рис. 2). Ці криві періодичні, з періодом рівним довжині вектора a^i , тобто $A_1A_2=A_2A_3=A_3A_4=A_4A_5=B_1B_2=B_2B_3=B_3B_4=B_4B_5=O_1O_2=O_2O_3=O_3O_4=|a^i|$. Тому для області допустимих значень для векторів p^i та g^i достатньо обмежитись одним періодом. Визначивши область допустимих значень для векторів a^i , p^i та g^i ми однозначно визначили множину допустимих подвійних решіток $W^i=W(a^i, a^i, g^i)$, де $i=1, 2, \dots, q$, тобто область допустимих розв'язків задачі укладки для плоских геометричних об'єктів виду S_1 та S_2 .

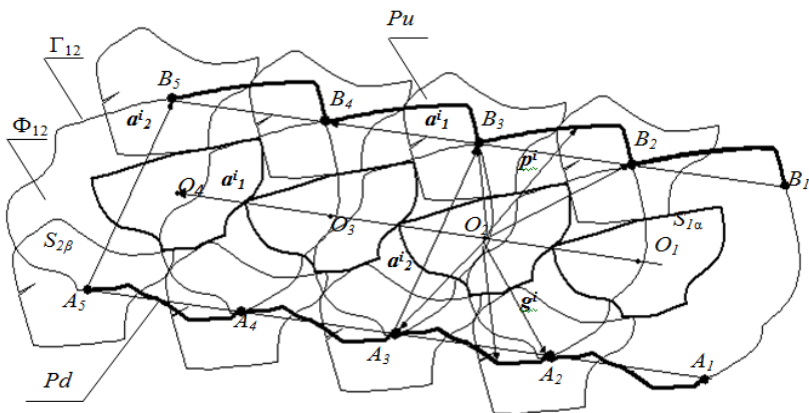


Рис. 2 – Области значень векторів p^i та g^i для задачі „Укладка Γ ”

Аналітичне представлення функції цілі для задачі проектування найцільнішої решітчастої укладки. Так як математичною моделлю

задачі проектування найщільнішої решітчастої укладки (укладка В, укладка Г) є подвійна решітка, то щільність $\delta_s(W)$ решітчастої укладки можна характеризувати за допомогою співвідношення (5). Площі $|S_1|$ та $|S_2|$ геометричних об'єктів S_1 та S_2 у цьому співвідношенні постійні, тому щільність $\delta_s(W)$ решітчастої укладки буде визначатись детермінантом решітки, значення якого дорівнює площі паралелограма, сторонами якого є базові вектори решітки a_1 та a_2 . Тоді із виразу (5) очевидно, що щільність $\delta_s(W)$ решітчастої укладки буде тим вища, чим менша площа цього паралелограму (4). Тобто цвелевою функцією буде детермінант $\det W$ подвійної решітки W .

Так як ми отримали аналітичний вигляд ГВФЦР Γ_{11} та Γ_{12} , а вектори $a_1=f_1(r_{11}(\theta))$ та $a_2=f_2(r_{12}(\theta))$, то знайдемо аналітичні вирази для векторів решітки a_1 та a_2 . Нехай ГВФЦР Γ_{11} та Γ_{12} мають наступний аналітичний вигляд:

$$\Gamma_{11}: \begin{cases} xg^{11} = (Xg_{i+1}^{11} - Xg_i^{11})t_i - Xg_i^{11} \\ yg^{11} = (Yg_{i+1}^{11} - Yg_i^{11})t_i - Yg_i^{11} \end{cases}, \quad (9)$$

де $i = 1, 2, \dots, n_g^{11}$ та $t_i \in [0, 1]$,

$$\Gamma_{12}: \begin{cases} xg^{12} = (Xg_{i+1}^{12} - Xg_i^{12})\tau_i - Xg_i^{12} \\ yg^{12} = (Yg_{i+1}^{12} - Yg_i^{12})\tau_i - Yg_i^{12} \end{cases}, \quad (10)$$

де $i = 1, 2, \dots, n_g^{12}$ та $\tau_i \in [0, 1]$.

Тоді вектори a_1 , p , g можна представити наступним чином:

$$a_1: \begin{cases} x_{a1} = (Xg_{i+1}^{11} - Xg_i^{11})t_i - Xg_i^{11} \\ y_{a1} = (Yg_{i+1}^{11} - Yg_i^{11})t_i - Yg_i^{11} \end{cases}, \quad (11)$$

де $i = 1, 2, \dots, n_g^{11}$ та $t_i \in [0, 1]$,

$$p: \begin{cases} x_p = (Xg_{j+1}^{12} - Xg_j^{12})\tau_j - Xg_j^{12} \\ y_p = (Yg_{j+1}^{12} - Yg_j^{12})\tau_j - Yg_j^{12} \end{cases}, \quad (12)$$

де $j = 1, 2, \dots, n_g^{12}$ та $\tau_j \in [0, 1]$,

$$g: \begin{cases} x_g = (Xg_{k+1}^{12} - Xg_k^{12})\tau_k - Xg_k^{12} \\ y_g = (Yg_{k+1}^{12} - Yg_k^{12})\tau_k - Yg_k^{12} \end{cases}, \quad (13)$$

де $k = 1, 2, \dots, n_g^{12}$ та $\tau_k \in [0, 1]$.

Звідси функція цілі матиме наступний вигляд:

$$\begin{aligned} \det W = [a_1 \times a_2] &= \begin{vmatrix} a_{1x} & a_{1y} \\ a_{2x} & a_{2y} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a_{1x} & a_{1y} \\ x_p - x_g & y_p - y_g \end{vmatrix} = \\ &= |a_{1x}(y_p - y_g) - (x_p - x_g)a_{1y}| = |a_{1x}y_p - a_{1x}y_g - x_p a_{1y} + x_g a_{1y}| = \\ &= F(t_i, \tau_j, \tau_k, i, j, k) = \\ &= |A_{ij}t_i\tau_j + B_{ik}t_i\tau_k + (C_{ij} + D_{ik})t_i + E_{ij}\tau_j + F_{ik}\tau_k + L_{ijk}| \end{aligned} \quad (14),$$

де

$$\begin{aligned} A_{ij} &= (Xg_{i+1}^{11} - Xg_i^{11})(Yg_{j+1}^{12} - Yg_j^{12}) - (Yg_{i+1}^{11} - Yg_i^{11})(Xg_{j+1}^{12} - Xg_j^{12}), \\ B_{ik} &= (Yg_{i+1}^{11} - Yg_i^{11})(Xg_{k+1}^{12} - Xg_k^{12}) - (Xg_{i+1}^{11} - Xg_i^{11})(Yg_{k+1}^{12} - Yg_k^{12}), \\ C_{ij} &= Xg_j^{12}(Yg_{i+1}^{11} - Yg_i^{11}) - Yg_j^{12}(Xg_{i+1}^{11} - Xg_i^{11}), \\ D_{ik} &= Yg_k^{12}(Xg_{i+1}^{11} - Xg_i^{11}) - Xg_k^{12}(Yg_{i+1}^{11} - Yg_i^{11}), \\ E_{ij} &= Yg_i^{11}(Xg_{j+1}^{12} - Xg_j^{12}) - Xg_i^{11}(Yg_{j+1}^{12} - Yg_j^{12}), \\ F_{ij} &= Xg_i^{11}(Yg_{k+1}^{12} - Yg_k^{12}) - Yg_i^{11}(Xg_{k+1}^{12} - Xg_k^{12}), \\ L_{ijk} &= Xg_i^{11}Yg_j^{12} + Yg_i^{11}Xg_k^{12} - Xg_i^{11}Yg_k^{12} - Yg_i^{11}Xg_j^{12}. \end{aligned} \quad (15)$$

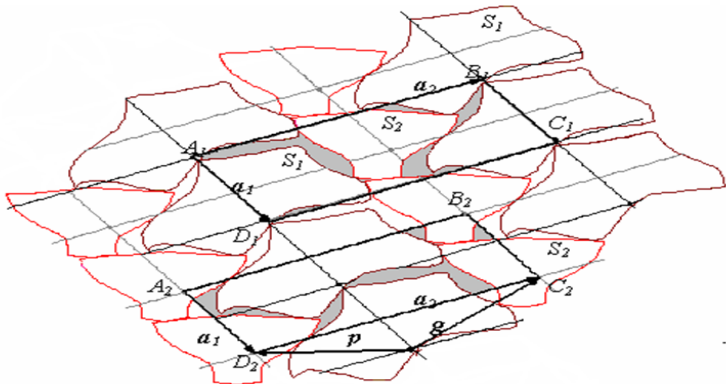


Рис. 3 – Щільна укладка для двох видів деталей

Як видно з рівнянь (14 -15) функція цілі $\det W$ є лінійна функція від трьох змінних $t_i \in [0,1]$, $\tau_j \in [0,1]$, $\tau_k \in [0,1]$ та трьох дискретних параметрів i, j, k ($i = 1, 2, \dots, n_g^{11}$, $j = 1, 2, \dots, n_g^{12}$, $k = 1, 2, \dots, n_g^{12}$) та має вигляд:

$$\det W = F(t_i, \tau_j, \tau_k, i, j, k) = \left| A_{ij} t_i \tau_j + B_{ik} t_i \tau_k + (C_{ij} + D_{ik}) t_i + E_{ij} \tau_j + F_{ik} \tau_k + L_{ijk} \right|. \quad (16)$$

Тоді локальний екстремум цієї функції може бути тільки на граничних значеннях змінних, тобто для

$$t_i = \begin{cases} 0 \\ 1 \end{cases}; \quad \tau_j = \begin{cases} 0 \\ 1 \end{cases}; \quad \tau_k = \begin{cases} 0 \\ 1 \end{cases}. \quad (17)$$

Для побудова схеми розкрою в прямокутній області заданих розмірів за параметрами спроектованої щільної укладки використаємо алгоритми, що запропоновані в роботі.[13]. Для автоматичного перенесення спроектованої схеми розкрою для прямокутної області заданих розмірів на матеріал зі складною конфігурацією зовнішнього контуру були вирішена наступна задача – визначення взаємного розміщення будь-якого плоского геометричного об'єкту із схеми розрою для прямокутної області заданих розмірів та матеріалу зі складною конфігурацією зовнішнього контуру, а саме: плоский геометричний об'єкт знаходиться повністю на матеріалі зі складною конфігурацією зовнішнього контуру; плоский геометричний об'єкт знаходиться зовні матеріалі зі складною конфігурацією зовнішнього контуру; плоский геометричний об'єкт перетинає матеріалі зі складною конфігурацією зовнішнього контуру. Для вирішення цієї задачі використаємо алгоритми, що запропоновані в роботі [14]. Для інтерактивного коригування схеми розкрою, що спроектована в атоматичному режимі, для матеріалу зі складною конфігурацією зовнішнього контуру необхідно: аналітичне представлення умов взаємного не перетину плоского геометричних об'єкту із границею зовнішнього контуру матеріалу зі складною конфігурацією зовнішнього контуру; ідентифікація будь-якого плоского геометричного об'єкту у схемі розкрою для вилучення його із схеми розкрою; контроль не перетину активного плоского геометричного об'єкту із уже розміщеними плоскими геометричними об'єктами.

Для вирішення цих задач, скористаємося алгоритмами, що запропоновані в роботі [14].

На основі структурних компонент поставленої задачі був запропонований алгоритм автоматизованого проектування раціональних

схем розкрою матеріалів зі складною конфігурацією зовнішнього контуру на плоскі геометричні об'єкти, що включає наступні пункти:

- апроксимація зовнішніх контурів матеріалу та плоских геометричних об'єктів, на які необхідно розкрити цей матеріал (рис. 4.а);
- визначення габаритних розмірів $DlSh$ та HSh матеріалу зі складною конфігурацією зовнішнього контуру (рис. 4.а);
- автоматичне проєктування раціональної схеми розкрою для матеріалу прямокутної форми з габаритними розмірами Dl та H , де $Dl > DlSh$ та $H > HSh$ (рис. 4.б);
- автоматичне перенесення зовнішнього контуру матеріалу на спроектовану схему розкрою (рис. 4.б);
- автоматичне вилучення із спроектованої схеми розкрою всіх деталей, які знаходяться зовні або перетинають зовнішній контур натурального матеріалу (рис. 4.в);
- інтерактивне коригування отриманої схеми розкрою для матеріалу зі складною конфігурацією зовнішнього контуру (рис. 4.г).

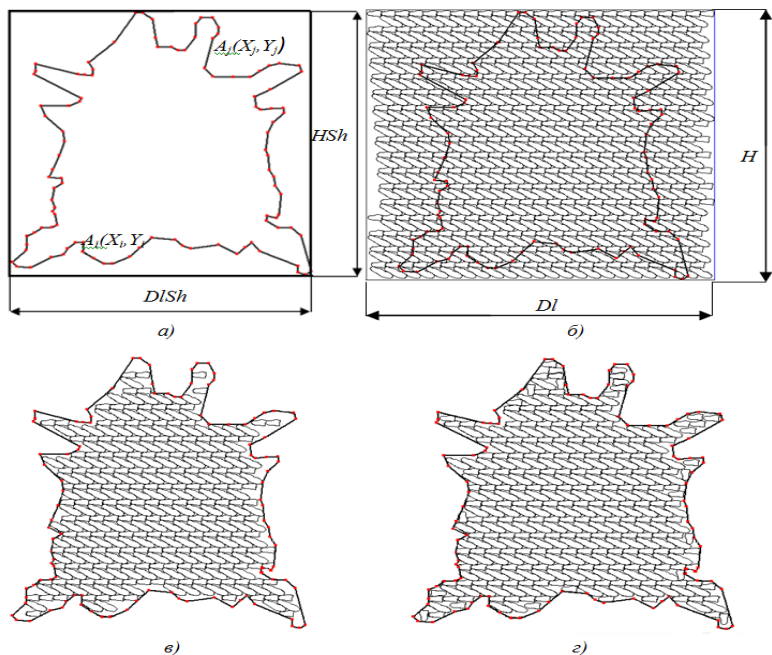


Рис. 4 – Етапи автоматизованого проєктування раціональних схем розкрою матеріалів зі складною конфігурацією зовнішніх контурів на плоскі геометричні об'єкти

ВИСНОВКИ

Запропоновані математична модель та алгоритми були реалізовані в програмне забезпечення автоматизованого проектування раціональних схем розкрою натуральних матеріалів на деталей низу взуття. Це програмне забезпечення підвищує показники економії матеріалу і продуктивність праці.

ЛІТЕРАТУРНІ ДЖЕРЕЛА

- [1] Guo P.N. Floor-planning using a tree representation/ P.N. Guo, T. Takahashi, C.K. Cheng, T. Yoshimura // IEEE Trans. on Computer Aided Design of Integrated Circuits and Systems, 2001. – 281 p.
- [2] Sakanushi K. The quarter-state-sequence floorplan representation / K. Sakanushi, Y/ Kajitani, D.P. Mehta// IEEE Trans. on Computer Aided Design of Integrated Circuits and Systems, 2003. – 376 p.
- [3] Бухвалова В.В. Задача прямоугольного раскроя: метод зон и другие алгоритмы СПб.: СПбГУ, 2001. – 96 с.
- [4] Колиско О.З. Модифікація генетичного алгоритму для генерації секцій розкрийних схем // Вісник КНУТД, 2009. – №1. – С.14 – 17.
- [5] Deb K. An efficient constraint handling method for genetic algorithms // Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, 2000. – Vol. 186, № 2–4. – P. 311–338.
- [6] Верхотуров М.А. Задача нерегулярного раскроя плоских геометрических бъектов: моделирование и расчет рационального раскроя // Информационные технологии, 2000. – №5. – С.37 – 42.
- [7] Скобцов Ю.А. К вопросу о применении метаэвристик в решении задач рационального раскроя и упаковки / Ю.А. Скобцов, В.Н. Балабанов // Вестник Хмельницкого национального университета, 2008. – Т. 1, № 4. – С. 205 – 217.
- [8] Валеева А.Ф. Применение конструктивной метаэвристики "муравьиная колония" к задаче гильотинного прямоугольного раскроя / А.Ф. Валеева, А.А. Петунии, Р.И. Файзрахманов// Вестник Башкирского университета. Раздел: Математика. Уфа, 2007. – Том 12. – N3. – С. 12 – 14.
- [9] Zhang D.F. An improved heuristic recursive strategy based on genetic algorithm for the strip rectangular packing problem/ D.F. Zhang, C.D.Chen, Y.I. Lin // Acta Automatica Sinica, 2007. – №33(9). – P. 911 – 916.
- [10] Воднев В.Т. Основные математические формулы / А.Ф. Наумович, Н.Ф. Наумович. Минск: Вышэйшая школа, 1988, – 270 с.
- [11] Стоян Ю.Г. Размещение геометрических объектов. / Ю.Г. Стоян – Киев: Наукова думка, 1975. – 175 с.

[12] Стоян Ю.Г. Методы и алгоритмы размещения плоских геометрических объектов / Ю.Г. Стоян, Н.И. Гиль. – Киев: Наукова думка, 1976, – 242 с.

[13] Чупринка В.І. Автоматична побудова решітчастих схем розкрою для двох видів плоских геометричних об'єктів / В.І. Чупринка, О.В. Чебанюк, А.В. Пінчук // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. Даля, 2008. – №8. – С. 230 – 235.

[14] Чупринка В.І. Інтерактивна побудова та коригування схем розкрою натуральних матеріалів на деталі взуття / В.І. Чупринка, М.М. Шкоденко, В.П. Коновал // Вісник КНУТД, 2010. – №1. – С. 62 – 67.

AUTOMATED PREPARATION OF RATIONAL DISCLOSURES OF MATERIALS WITH COMPLEX CONFIGURATION OF EXTERNAL CONTOURS TO FLAT GEOMETRIC OBJECTS

Chuprinka V., Grikun D., Chuprinka N.

The paper presents a mathematical model and algorithms that have been implemented in the software of computer-aided design of rational schemes of cutting materials with complex configuration of the outer contour on flat geometric objects. This software enhances material savings and productivity. To develop a mathematical model of the problem of automated design of rational schemes of cutting materials with complex configuration of the outer contour on flat geometric objects, its structural components were formalized: analytical description of the outer contour of the material with complex configuration of the outer contour; Analytical description of flat geometric objects for which rational cutting schemes should be designed on material with complex external contour configuration; parameters that uniquely determine the position of a flat geometric object on a plane; construction of dense inserts for flat geometric objects; construction of the cutting scheme in the rectangular area of the given sizes according to the parameters of the designed dense laying; transfer of the design scheme to material with complex configuration of the outer contour; interactive adjustment of the cutting scheme, designed in the automatic mode, for material with complex configuration of the outer contour. Using the considered structural components, an algorithm and software were developed for the automated design of rational schemes of cutting materials with complex configuration of the outer contour on flat geometric objects

Keywords. Rational cutting, material, outer contour, system placement, plane, interactive adjustment