

## МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПОБУДОВИ РАЦІОНАЛЬНИХ РОЗКРІЙНИХ СХЕМ НА РУЛОННОМУ МАТЕРІАЛІ

*В роботі запропонована математична модель секції розкрійної схеми та проведена розробка і повний опис модифікованого генетичного алгоритму для вирішення задачі побудови розкладок, враховуючи специфіку деталей шкіргалантерейних виробів та рядну систему розташування деталей в секціях. Наведено структуру програмного модуля, що реалізує розроблений генетичний алгоритм для генерації секцій.*

*Ключові слова: математична модель, розкрійні схеми, генетичний алгоритм.*

O.Z.KOLISKO

Kyiv National University of Technologies and Design, Kyiv, Ukraine

### MATHEMATICAL MODEL OF CONSTRUCTION RATIONAL CUTTING SCHEMES ON THE ROLLED MATERIAL

*Abstract - the work Purpose is optimisation of the automated preparation cutting manufactures leather and haberdashery products on the basis of perfection of process of construction of schemes cutting rolled materials on a detail leather and haberdashery products.*

*In work mathematical statement of a problem of construction rational cutting schemes on a rolled material is defined. The mathematical model of section cutting schemes is offered and working out and a complete description of the modified genetic algorithm for a solution of a problem of construction of apportions is spent, considering specificity of details leather and haberdashery products and series system of a disposition of details in sections. The structure of the program module which realises the developed genetic algorithm for generation of sections is reduced.*

*The structure of the program module which realises the developed genetic algorithm for generation of sections is reduced, the structure of the data is offered, the basic procedures are enumerated and examples of the coding and diagrammatic representations of sections are submitted.*

*Keywords: mathematical model, cutting schemes, genetic algorithm.*

#### Вступ

Раціональний розкрій матеріалів є одним із шляхів вирішення задачі безперервного оновлення товарів при високій технології виробництва. Але для ринкових відносин також важливим є швидкий перехід до нових моделей і гнучкість виробництва задля вчасного задоволення споживацького попиту. Як показують дослідження, використання систем автоматизації підготовчо-розкрійного виробництва не тільки зменшує витрати на виробництво, скорочує час на розробку і освоєння нових виробів, підвищує якість виробів за рахунок точного дотримання технологічних вимог виключаючи людський фактор (неуважність, втома та ін.), а й суттєво підвищує долю використання матеріалів[1,2].

#### Постановка завдання

Полягає в розробці математичної моделі секції розкрійної схеми на основі якої проведений повний опис модифікованого генетичного алгоритму для вирішення задачі побудови розкладок, враховуючи специфіку деталей шкіргалантерейних виробів та рядну систему розташування деталей в секціях. Для практичної реалізації цього необхідна розробка спеціального програмного модуля, що реалізує розроблений генетичний алгоритм для генерації секцій.

#### Основна частина

В області прямокутної форми, яка визначається наступною системою нерівностей

$$\begin{cases} \Delta/2 \leq x \leq Dl - \Delta/2; \\ \Delta/2 + \sigma \leq y \leq Sh - \Delta/2 - \sigma; \end{cases}$$

з множини допустимих схем розкрою для *Kilk* комплектів деталей  $S^k$ , необхідно знайти таку розкрійну схему довжина  $Dl_{Kilk}$  якої буде мінімальною, тобто довжина якої  $Dl_{Kilk} = \min_{i=1,2..t} Dl_{Kilk}^i$ , де  $Dl_{Kilk}^i$  -

довжина *i*-тої розкрійної схеми із множини допустимих розкрійних схем. Для цього проведено розробку алгоритмів та програмного забезпечення при декомпозиції задачі побудови розкрійних схем на дві складові: генерацію окремих секцій-розкладок деталей та побудова з них остаточно схем. При цьому підзадачі є подібними за своєю постановкою, але різними в підходах до розв'язання.

В роботі запропонована математична модель секції розкрійної схеми. При розкрою рулонних матеріалів секції розкрійної схеми представляють собою прямокутні області постійної ширини *Sh* та змінної довжини  $Dl_i$  щільно заповнені деталями і є варіантами можливих розв'язків задачі оптимізації корисної площі секції  $Vids_{Kilk} = \max_{i=1,2..t} Vids_{Kilk}^i$ , де  $Vids_{Kilk}^i$  - відсоток використання площі *i*-тої секції з множини всіх допустимих секцій.

Маємо комплект деталей виробу, що складається з *p* різних деталей. Треба створити множину різних розкладок даних деталей, де для кожної окремої розкладки виконуються наступні умови: кількість деталей в ній не перевищує потребу в даному типі деталей, процент використання матеріалу  $Vids_i$  задовольняє нормативам галузі *Pv*. В результаті генерування множини допустимих розкладок ми отримуємо матрицю  $B(t, p)$ , де *t* - кількість згенерованих розкладок, *p* - кількість різних деталей моделі. Тоді елемент матриці  $B_{ik}, i=1,2..t; k=1,2..p$  - це кількість *k*-тих деталей в *i*-тій розкладці. Умови до секції визначаються нерівностями:

$$B_{ik} \leq kil\_det_k \text{ де } kil\_det_k - \text{потреба в } k\text{-тій деталі, } Vids_i \leq Pv.$$

Також інформація про секцію містить дані про довжину секції, ширину секції та відсоток використання корисної площі матеріалу який є критерієм якості.

Для реалізації цього алгоритму проведена розробка і повний опис модифікованого генетичного алгоритму для вирішення задачі побудови розкладок, враховуючи специфіку деталей шкіргалантерейних виробів та рядну систему розташування деталей в секціях. Запропоновано модифікацію генетичного алгоритму яка полягає в наступному:

- 1) алгоритм призначений не для знаходження кращої розкладки, а для генерування множини нових секцій з раціональними показниками;
- 2) кожна «особина» - розкладка кодується двома «хромосомами» одна з яких визначає кількість рядів різних деталей, друга задає кількість деталей (однакових) в ряду;
- 3) початкова популяція створюється з секцій набраних з деталей одного типу, розташованих з поворотами на  $180^0$  в ряду або в рядах чи без поворотів з максимальною щільністю укладки;
- 4) в процедурі розмноження приймає участь та хромосома що відповідає за кількість рядів деталей і забезпечує перебірну частину алгоритму. Процедурою розмноження передбачено ділення не цілої хромосоми на дві частини, а кожного гену хромосоми навпіл, що забезпечує обмін приблизно половинами заповненої ширини матеріалу. Отримуємо комбінацію для одного «нащадка» від кожної пари «батьків»

$$hr1_{n,k} = hr1_{p1,k} \quad div2 + hr1_{p2,k} \quad div2, \quad (1)$$

де  $hr1_{n,k}$  - елемент вектора-хромосоми *HR1* «нащадка» *n*;

$hr1_{p1,k}, hr1_{p2,k}$  - відповідні елементи хромосоми *HR1* «предків» *p1* і *p2*;

$k = 1, 2 \dots p$ .

5) процедура мутації здійснюється над обома хромосомами. Вона передбачає додавання, в разі можливості, деталей що вже входять до секції, іде за двома напрямками - по ширині або по довжині матеріалу і є спрямованою на збільшення відсотка використання матеріалу, це забезпечує градієнтну частину алгоритму;

6) вихід з алгоритму, з урахуванням (1), відбувається тоді коли популяція досягає заданого розміру, або ж коли в циклі не відбувається створення особин що задовольняли б поставленим вимогам і не повторювали вже існуючі.

Для реалізації даного алгоритму розроблено структуру програмного модуля, що реалізує розроблений генетичний алгоритм для генерації секцій, запропоновано структуру даних, перераховано його основні процедури та надано приклади кодування і схематичні зображення секцій. В таблиці 1 в спрощеному вигляді представлено схематичне зображення секцій і послідовності процедур при створенні нових особин (початкова популяція, рекомбінація предків, можливі мутації і остаточний вигляд нащадка).

При створенні секцій, мутаціях з додаванням деталей чи рядів, при суміщенні рядів програмою враховуються лінійні ефекти за алгоритмами щільного суміщення.

Для шкіргалантерейних виробів запропоновано використання модифікації генетичного алгоритму для побудови раціональних розкрійних схем з наявних секцій. Математичну модель цієї задачі можна представити наступним чином

$$S = \sum_{i=1}^t S_i \cdot kil\_sec_i \rightarrow \max, \quad (2)$$

при наступних обмеженнях

$$Kilk \cdot kil_k - \Lambda \leq \sum_{i=1}^t B_{ik} \cdot S_i \leq Kilk \cdot kil_k, \quad k = 1, 2..p, \quad (3)$$

де  $S_i = \sum_{k=1}^p B_{ik} \cdot |S^k|$  - корисна площа матеріалу в  $i$ -ій секції;

$\Lambda$  - допустиме відхилення кількості деталей від плану задачі;

$kil\_sec_i \geq 0$ ;  $B_{ik} \geq 0$ ;  $Kilk > 0$ ;  $kil_k > 0$ ;

$kil\_sec_i, kil_k, B_{ik}$  - цілі.

Традиційно при побудові раціональних схем застосовувалась економіко-математична модель з булевими змінними. В даному разі, з урахуванням (1)-(2), запропоновано :

- розкрійну схему  $Sh_i$  розглядати як набір з  $n$  різних секцій, який можна представити послідовністю з нулів та одиниць. Наприклад при  $n=10$  схема може мати вигляд  $Sh_i=(1,1,0,0,0,1,0,1,0,0)$  де 1 – означає що секція входить до розкрійної схеми, а 0 – що не входить;

- для кожної розкрійної схеми обраховуються сумарні кількості окремих деталей (критерій якості схеми) та її загальна довжина;

- метою генетичного алгоритму є знаходження такої комбінації 0 та 1 коли максимально задовольнятиметься потреба в деталях з урахуванням комплектності а довжина обраної схеми буде мінімальною.

Таблиця 1

Схематичне зображення секцій і послідовності процедур		
Хромосома1	Хромосома2	Схематичне зображення секцій
Вихідна популяція		

[5,0,0,0,0]	[-2,0,0,0,0]	
[0,5,0,0,0]	[0,-4,0,0,0]	
[0,0,9,0,0]	[0,0,1,0,0]	
[0,0,0,10,0]	[0,0,0,1,0]	
[0,0,0,0,9]	[0,0,0,0,1]	
Створення особин нової генерації		
1-ше покоління (окремі представники)		
[2,0,5,0,0]	[-2,0,2,0,0]	
[0,3,4,0,0]	[0,-4,2,0,0]	
[0,0,5,6,0]	[0,0,1,1,0]	
[0,0,5,0,4]	[0,0,1,0,2]	
[0,0,0,8,4]	[0,0,0,1,2]	
Створення наступної генерації		
2-ге покоління (окремі представники)		
[3,0,2,2,0]	[-2,0,4,4,0]	
[0,4,1,1,1]	[0,-4,4,4,10]	
[0,0,2,4,4]	[0,0,1,1,2]	
[0,0,6,1,2]	[0,0,1,1,5]	
[2,1,4,0,0]	[-2,-4,2,0,0]	

В таблиці 2 наведено приклади отриманих окремих секцій з 5-ти деталей та варіанти розкрійних схем складених з цих секцій

### Висновки

Запропонована математична модель секції розкрійної схеми. Проведена розробка і повний опис модифікованого генетичного алгоритму для вирішення задачі побудови розкладок, враховуючи специфіку деталей шкіргалантерейних виробів та рядну систему розташування деталей в секціях.

Наведено структуру програмного модуля, що реалізує розроблений генетичний алгоритм для генерації секцій, запропоновано структуру даних, перераховано його основні процедури та надано приклади кодування і схематичні зображення секцій.

Запропоновано використання модифікації генетичного алгоритму для побудови раціональних розкрійних схем з наявних секцій.

Таблиця 2

Приклади отриманих окремих секцій з 5-ти деталей

Деякі секції комплекту з 5-ти деталей отримані на етапі генерування										
№ секц.	Хромосома 1	Хромосома 2	% викор	Довжина секції (мм)	Ширина (мм)	Кількість деталей в секції				
						1-ї	2ї	3	4	5
1	<b>5 0 0 0 10</b>	<b>3 0 0 0 18</b>	92,59	216	1500	15	0	0	0	180
2	<b>0 1 3 4 0</b>	<b>0 5 8 16 0</b>	91,97	256	1490	0	5	24	64	0
3	<b>4 0 0 7 0</b>	<b>3 0 0 13 0</b>	91,29	216	1480	12	0	0	91	0
4	<b>7 0 0 3 0</b>	<b>3 0 0 13 0</b>	92,96	216	1480	21	0	0	39	0
5	<b>0 1 2 6 0</b>	<b>0 5 8 16 0</b>	92,39	256	1490	0	5	16	96	0
6	<b>3 1 1 3 5</b>	<b>3 5 8 16 18</b>	98,67	256	1480	15	5	8	48	90

  

Приклади кодування розкрійних схем з наданих секцій						
Хромосома $Shem_i$	Довжина розкл	Кількість деталей в розкладці				
<b>[1,0,0,1,1,0]</b>	216+216+256 <b>=688</b>	15+21+0= <b>36</b>	0+0+5= <b>5</b>	0+0+16= <b>16</b>	0+39+96= <b>135</b>	180+0+0= <b>180</b>
<b>[0,1,0,0,1,0]</b>	256+216= <b>472</b>	0+21= <b>21</b>	5+0= <b>5</b>	24+0= <b>24</b>	64+39= <b>103</b>	0+0= <b>0</b>
<b>[0,0,1,1,1,1]</b>	216+216+256 +256= <b>944</b>	12+21+0 +15= <b>48</b>	0+0+5 +5= <b>10</b>	0+0+16 +8= <b>24</b>	91+39+96 +48= <b>274</b>	0+0+0 +90= <b>90</b>

### Література

1. Колиско О.З. Алгоритм побудови розкрійних схем рулонних матеріалів на деталі виробів дрібної шкіргалантереї/О.З.Колиско, В.І.Чупринка//Вісник КНУТД.-2008.-№1.-С.226-230.
2. Колиско О.З. Алгоритм генерування розкрійних схем для деталей шкіргалантерейних виробів/О.З.Колиско, В.І.Чупринка//Наукові розробки молоді на сучасному етапі: IV Всеукраїнська ювілейна наукова конференція молодих вчених та студентів. – К.:КНУТД. – 2005. – С.60.

1	Гуманітарні науки	
2	Економіка, фінанси, менеджмент	
3	Електронні пристрої та електротехнічні комплекси, комп'ютерно-інтегровані системи управління	
4	Матеріалознавство, полімерні, композиційні матеріали та хімічні волокна	
5	Машини та технології легкої промисловості	X
6	Метрологія і стандартизація, контроль складу речовин	
7	Мистецтвознавство, дизайн, ергономіка	
8	Проблеми вищої освіти	
9	Фізико-математичні науки	
10	Хімічні технології та екологічна безпека	