

## ЗАСТОСУВАННЯ ГЕНЕТИЧНОГО АЛГОРИТМУ ПРЯМОКУТНОГО РОЗМІЩЕННЯ ДЛЯ ГІЛЬЙОТИННОГО РОЗКРОЮ

© Кривий Р.З., Лобур М.М., Ткаченко С.П., 2010

**Розглянуто особливості розкрою матеріалу на прямокутні заготовки. Описано розроблений генетичний алгоритм, за допомогою якого можна поліпшити результат гільйотинного розкрою на прямокутні заготовки.**

**Ключові слова – генетичний алгоритм, задача розміщення, хромосома.**

**The algorithm for solving location of arbitrary shape blanks based on the theory of genetic algorithms is used for cut problem solving.**

**Keywords – genetic algorithms, cut problem, chromosome.**

### Вступ

В останні роки постійно зростає кількість робіт, пов'язаних з оптимізацією розкрою матеріалів у різних галузях промисловості. Таке зацікавлення задачею розкрою пояснюється труднощами під час розроблення досконалих математичних методів для її розв'язання та очевидною ефективністю і практичною значущістю використання результатів теоретичних досліджень у матеріальному виробництві. Особлива зацікавленість задачею розкрою з'явилася в умовах економічної кризи, коли дефіцит сировини і її висока вартість змусили раціонально використовувати матеріали. Особливої актуальності вона набула з переходом від масового і серійного виробництв до дрібносерійних та індивідуальних форм організації як державних, так і приватних підприємств [11, 12]. Огляд робіт, пов'язаних з оптимізацією розкрою, дає змогу зробити висновок про те, що у деяких галузях промисловості ця проблема вирішується доволі успішно. Сьогодні для одновимірного розміщення смуг вздовж ширини тканини або заготовок вздовж смуг існують ефективні алгоритми, які забезпечують отримання усіх розкладок розкрою. Але для двовимірного матеріалу, навіть для заготовок прямокутної форми (не кажучи вже про заготовки складної конфігурації), універсальних і водночас ефективних алгоритмів їх розміщення розроблено набагато менше.

### Оптимізація плану розкрою плоских заготовок

Під оптимізацією плану розкрою розуміється формалізований ітераційний процес відшукування таких параметрів розміщення заготовок, за яких його цільова функція набуває найкращого у певному розумінні значення з дотриманням заданих обмежень (розміри матеріалу і/або його кількість). Проблема оптимізації має два важливі аспекти. Перший аспект полягає у формулюванні критерію оптимальності. Формулювання критерію оптимальності завжди ґрунтується на конкретній фізичній сутності постановки задачі, тобто він тісно пов'язаний з виробничими потребами. Окрім того, критерій оптимальності переважно є складовою цільової функції під час розв'язування конкретних виробничих завдань, які, своєю чергою, можуть мати не тільки неперервний, але й дискретний характер. Це виражається в тому, що кількість допустимих розв'язків задачі є скінченною, або у вимозі цілочисельних значень аргументів цільової функції: максимальна кількість заготовок одного виду з одиниці розкроюваного матеріалу, чи максимальна кількість різних видів деталей, які допускається розмістити на розкладці тощо [2, 5, 8, 12, 17].

Критеріями ефективності для задачі розкрою заготовок можуть виступати будь-які показники, які забезпечують економію матеріальних, енергетичних чи трудових ресурсів [1, 9]. Найчастіше приймається обсяг відходів з одиниці розкроюваного матеріалу; тривалість робочого циклу процесу розкрою; вартість експлуатації обладнання тощо.

Другий аспект полягає у виборі ефективного методу розв'язання задачі оптимізації за вибраним критерієм. Для розв'язання задач дискретної оптимізації використовуються спеціальні математичні методи, сутність більшості з яких полягає у цілеспрямованому переборі таких вершин багатогранника розв'язків задачі, які забезпечують скорочення трудомісткості їх пошуку порівняно з простим перебором. До найуніверсальніших належать групи методів, які мають назву лінійного і цілочислового програмування [5, 6].

### Розкрій матеріалу за допомогою генетичного алгоритму

Але навіть і за спрощення цільових функцій і обмежувальних умов, час, необхідний для знаходження оптимального рішення, із зростанням складності розкрою зростає в експоненціальній залежності. Тому доцільним є використання евристичних алгоритмів, які, за відсутності гарантії знаходження оптимального рішення, дають можливість отримати наближене протягом деякого реального інтервалу часу [18].

Один із варіантів для розв'язання задачі гільйотинного розкрою – застосувати генетичний алгоритм [3]. Насамперед при цьому необхідно розглянути параметри і критерії роботи алгоритму. При розбитті на заготовки краще подати задану область у вигляді сегментів. Сегмент – це прямокутна область, на яку ділиться загальна область і в якій розміщуються заготовки.

Знаходження упаковки деталей на матеріалі повинно відбуватись за таких умов:

- ребра заготовки, що підлягають розкрою, паралельні до ребер матеріалу, що розрізається;
- заготовки, що підлягають розкрою, не перетинаються одна з одною;
- заготовки, що підлягають розкрою, не перетинаються із сторонами прямокутників матеріалу.

Відповідна до цих умов карта розміщення прямокутних предметів на листах називається прямокутною упаковкою [7, 10]. Якість упаковки характеризується відношенням площі упакованих заготовок до сумарної площі використаних листів, або відносними (%) втратами матеріалу.

Ідея алгоритму розв'язання задачі полягає у такому. Приймаємо будь-яку упаковку заготовок для подальшої оптимізації. Далі необхідно змінювати порядок розташування елементів в сегментах, на які розбито область розташування. У процесі роботи алгоритму необхідно вибирати таку комбінацію заготовок, за якої генерується висока якість упакування. У разі, коли ширина рядка певних заготовок перевищує ширину сегмента, потрібне обертання заготовок на  $90^\circ$  до того часу, поки заготовки не помістяться в сегменті. Якщо ширина заготовок не буде менша чи дорівнюватиме ширині сегмента, тоді ця заготовка переноситься на наступний рядок сегмента. Після чого потрібно відсортувати ряди з заготовками в сегменті за мінімумом втрат матеріалу в сегменті (рис. 1).

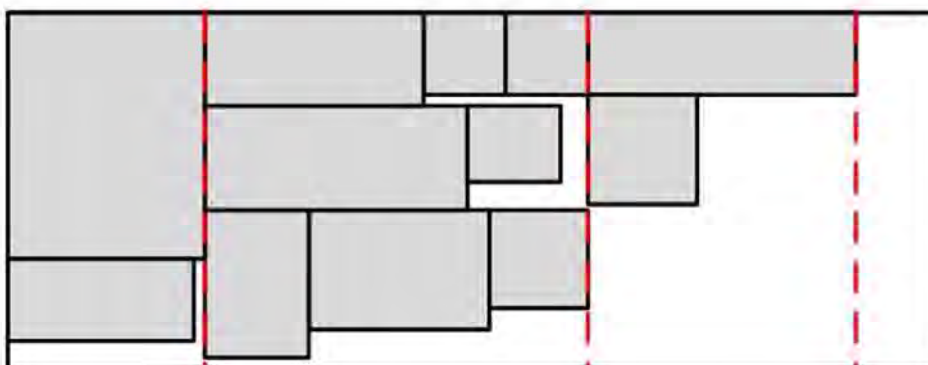


Рис. 1. Посегментно відсортовані ряди з заготовками

У разі, коли втрати сегмента дорівнюють нулю, будь-які маніпуляції з ним припиняються. Він переходить у наступне покоління. Тобто можна сказати, що заготовки, які знаходяться у цьому сегменті, потрапляють у шаблон [4]. Це приводить до швидшого знаходження результату оптимального розкрою.

Для виконання завдання розкрою за допомогою генетичного алгоритму дані необхідно представити у вигляді генів особини. Для цього насамперед потрібно визначити, які параметри завдання

необхідно налаштувати. Наступний крок – це вибір кількості розрядів у кожному гені. Тут необхідно враховувати, що, з одного боку, чим більше розрядів, тим краще, оскільки є вищою точність тощо, але, з іншого, – велика кількість розрядів збільшує час пошуку рішення. Після того, як вибрані параметри, їх кількість і розрядність необхідно вирішити, як і безпосередньо записувати дані.

Опис хромосоми розв'язку в задачі прямокутного розкрою можна зробити кількома способами. У багатьох випадках запропоновано вказувати заготовку і координати її розміщення. У такому випадку рішення буде подаватись в трьох хромосомах, що ускладнить знаходження розв'язку. У цьому випадку краще використовувати диплоїдну модель, яка складається з двох хромосом і має певні переваги. У першій зберігається інформація, в якому порядку розміщати заготовки, а в другій, – які заготовки потрібно обернути на 90°.

Наприклад, на рис. 2 показано приклад хромосоми, в якій заготовки під номерами 4, 1, 8, 6, 9 необхідно обернути на 90°.

Номер заготовки	4	7	3	2	1	5	8	6	0	9
Параметр обертання	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1

Рис. 2. Приклад диплоїдної моделі розв'язку задачі розкрою

Під час дослідження методу оптимізації розкрою матеріалу за допомогою генетичного алгоритму було розроблено відповідне програмне забезпечення для його аналізу і порівняння з іншими програмними реалізаціями. Для подальшого порівняння була вибрана програма RealCut2D [20]. Серія досліджень показала ефективність запропонованого методу і зменшення витрат матеріалу розкрою (рис. 3).

Для експерименту були вибрані розміри заготовок, які наведені в таблиці.

#### Дані заготовок для другого експерименту

Довжина заготовки	Ширина заготовки	Кількість заготовок
30	30	20
40	10	10
40	20	20
40	40	10
100	10	5
50	20	10
50	10	20
70	20	1

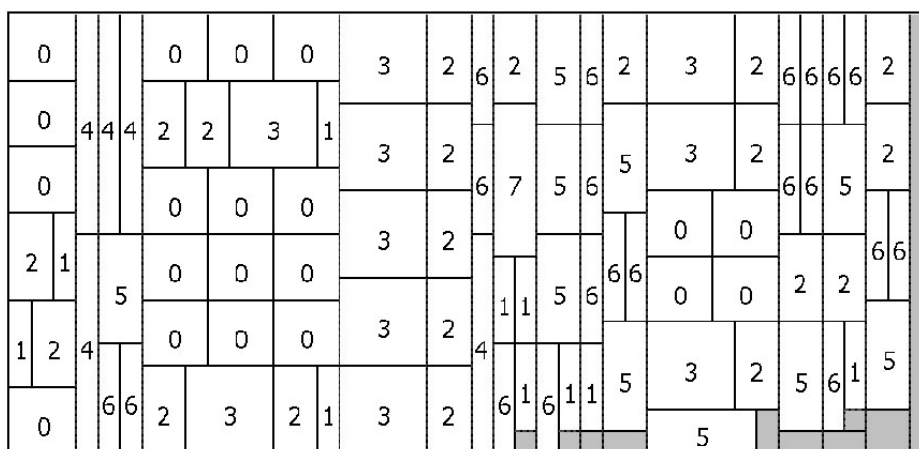


Рис. 3. Приклад розкрою плоских заготовок за допомогою генетичного алгоритму

Також було запропоновано розміри розкрійного матеріалу (420·200), площа якого близька до загальної площі усіх елементів розкрою. Аналіз результатів дослідження показав, що за оптимізації програмою RealCut2D отримано 4,3 % відходів, а за запропонованого генетичного алгоритму лише 1,95 %, і смуга, яка може бути використана у подальшому розкрої.

На рис. 4 показано порівняльну характеристику роботи, яка реалізує запропонований алгоритм, і роботи системи RealCut2D. У цьому випадку розглядався приклад з розміщенням менше ніж 100 заготовок.

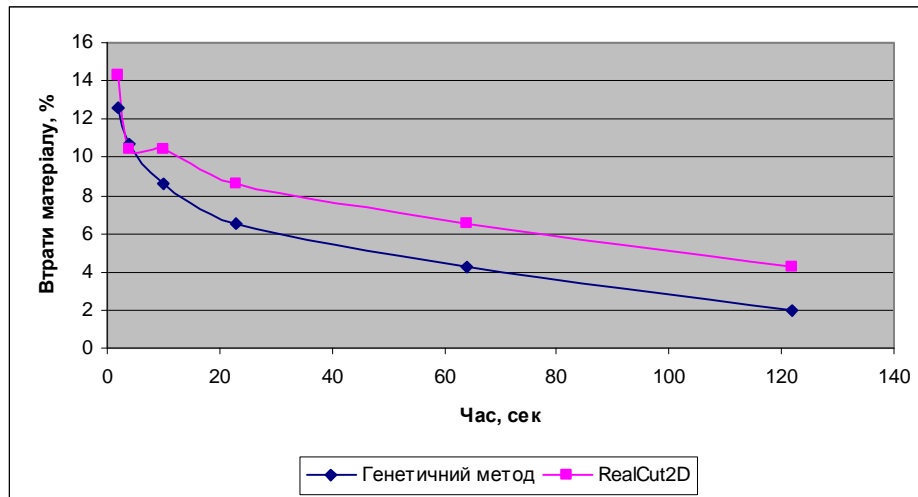


Рис. 4. Порівняльна характеристика роботи програми, що реалізує запропонований алгоритм, і системи RealCut2D з кількістю заготовок, меншою від 100

### Висновок

Завдання оптимізації розташування ортогональних заготовок на прямокутні листи дуже широко застосовується: прямокутний розкрій в машинобудуванні; розміщення елементів електронних схем; завантаження транспорту; розподіл двовимірного виробничого ресурсу; багато завдань планування зайнятості тощо [5, 19]. Це завдання є NP-повною задачею, тому для її розв'язання доцільно застосовувати евристичні алгоритми поліноміальної складності, що дає змогу отримати раціональне рішення за прийнятний час [13–16]. Як показують дослідження останніх років, саме генетичні алгоритми можуть істотно впливати на результат розв'язку задач розміщення та розкрою.

1. Harald Dyckhoff. A typology of cutting and packing problems. / *European Journal of Operational Research*. – 1990. – Volume 44, Issue 2. – P. 145–159.
2. Johnson D.S. Worst-case performance bounds for simple one-dimensional bin-packing algorithms // Johnson D.S., Demers A., Ullman J. D., Garey M.R., Graham R.L. – *SIAM Journal on Computing* 3. – 1974. – P. 299–325.
3. Kryvyi R. Orthogonal placement of different overall components in plane / Rostyslav Kryvyi, Maryan Lobur, Sergiy Tkatchenko // *Proc. of the X-th International Conference TCSET*. – Lviv-Slavske, 2010. – P.329.
4. Kryvyi R. Possibilities of the use of patterns in MEMS design // Kryvyi R, Lobur M., Tkatchenko S., Darnobyt Y. // *Proceeding XVI Ukrainian-Polish Conference on “CAD in Machinery Design. Implementation and Educational Problems”*. – 2008. – P. 45–46.
5. Бабаев Ф.В. Оптимальный раскрой материалов с помощью ЭВМ / Ф.В. Бабаев. – М.: Машиностроение, 1982. – 168 с.
6. Балабанов В.Н., Скобцов Ю.А., Фототов А.М. Информационное обеспечение в задачах рационального раскрою и упаковки // *Наукові праці ДонНТУ*. – Вип. 148. – С.119–126.
7. Валева А.Ф. Конструктивная эвристика для задачи прямоугольной упаковки / *Вестник Башкирского университета*. – 2006. – №3. – С. 5–6.
8. Волконский В.А. Принципы оптимального планирования. – М.: Экономика, 1973. – 326 с.
9. Галицькі контракти. Інструкція з планування, обліку і калькулювання собівартості продукції. – 1996. – № 35. – С. 90.
10. Гладков Л.А., Курейчик В.М. Генетический алгоритм плоской укладки // *Труды*

Международ. конф. "Интеллектуальное управление: новые интеллектуальные технологии в задачах управления (ICIT'99)". – 1999. – С.4. 11. Грицюк Ю.І. Оптимізація технологічного плану розкрою плитних деревних матеріалів на меблевій заготовці. – Львів: Видавничий дім «Панорама», 2004. – 484 с. 12. Грицюк Ю.І. Проблема моделювання карт і оптимізації плану розкрою плитних деревних матеріалів на меблевій заготовці // Зб. наук.-техн. пр. Науковий Вісник НЛТУ України. – 2006. – Вип. 16.7. – С. 102–110. 13. Джон Х. Холланд. Генетические алгоритмы // В мире науки. – 1992. – №9 – №10. – С. 32–40. 14. Лебедев Б.К. Методы поисковой адаптации в задачах автоматизированного проектирования СБИС: монография. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2000. – 192 с. 15. Лебедев В. Б. Планирование СБИС методом адаптивного поиска // Перспективные информационные технологии и интеллектуальные системы. – 2000. – №4. – С. 55–65. 16. Лебедев В.Б. Планирование СБИС методом генетического поиска // Перспективные информационные технологии и интеллектуальные системы. – 2000. – №2 – С. 97–105. 17. Мукачева Э.А. Модели и методы расчета раскроя – упаковки геометрических объектов // Э.А. Мукачева, М.А. Верхотуров, В.В. Мартынов. – Уфа: УГАТУ. – 1999. – 217 с. 18. Мукачева А.С. Генетический алгоритм поиска минимума в задачах двумерного гильотинного раскроя // А.С. Мукачева, А. В. Чиглинец // Информационные технологи. – 2001. – №3. – С. 27–31. 19. Мукачева Э.А. Рациональный раскрой промышленных материалов. Применение АСУ / Э.А. Мукачева. – М.: Машиностроение, 1984. – 176 с. 20. [www.optimalprograms.com/RealCut2d.htm](http://www.optimalprograms.com/RealCut2d.htm).

УДК 004.021

В.І. Каркульовський, Ю.Р. Дарнобит  
Національний університет "Львівська політехніка",  
кафедра систем автоматизованого проектування

## АЛГОРИТМ РОЗМІЩЕННЯ ФІГУР НА ПЛОЩИНІ З ВИКОРИСТАННЯМ ГРАФІЧНОГО ПРОЦЕСОРА

© Каркульовський В.І., Дарнобит Ю.Р., 2010

**Розроблено алгоритм розміщення з використанням графічного процесора. Спроектовано та реалізовано систему, яка використовує шейдерний блок графічного процесора для прискорення розрахунків у задачах розміщення.**

**Ключові слова – алгоритм розміщення, графічний процесор, шейдерний блок, комп'ютерна графіка.**

**In research it was developed placement algorithm with usage of graphic processor. Also it was designed and realized system that uses shader domain of graphic processor for speeding-up of placement tasks computations.**

**Keywords – placement algorithm, graphic processor, shader domain, computer graphics.**

### Вступ

Створення програмних засобів для графічного відображення наукових, технічних, медичних даних і процесів є однією з областей використання комп'ютерної графіки. Дослідникам, аналітикам і багатьом іншим фахівцям доводиться мати справу з великими обсягами інформації або вивчати перебіг процесів великої складності. За чисельного моделювання можуть створюватись файли, що містять велику кількість значень. Технічні реєструючі пристрої також часто накопичують великі обсяги даних, швидше, ніж оператор може їх фізично обробити. Аналіз цих великих масивів даних з метою передбачення подальшої поведінки відповідних процесів і виявлення закономірностей в багатьох випадках не дає змоги ефективно використати людський потенціал. Проте, якщо форму цих даних перетворити за допомогою методів сучасної візуалізації,