

## Висновок

Дослідження методів на ефективність показало перевагу поділу на горизонтальні або вертикальні смуги. Це пояснюється необхідністю здійснення додаткових процедур, що аналізують доцільність розбиття променями на сектори або зміни СК із подальшим розбиттям на смуги. В роботі досліджено два алгоритми знаходження хоча б одного перетину двох із  $n$  ( $n < 30002$ ) відрізків на площині з відомими координатами початку й кінця кожного з них. Отримані результати демонструють те, що два алгоритми можуть розв'язувати задачі розміщення фігур складної форми автоматичним процедурами за реальний час.

1. Препарата Ф., Шеймос М. *Вычислительная геометрия: Введение.* – М., 1989. 2. Куленов Р.О., Петренко Д.А. *Технология универсального модуля построения и визуализации профилей в системах автоматизации и ГИС // Теоретическая и прикладная информатика / Под ред. проф. А.Ф. Терпугова.* – Томск, 2004. – Вып.1. – С. 38–42. 3. Роджерс Д. *Алгоритмические основы машинной графики.* – М., 1989. 4. *Проектирование СБИС / М. Ватанабэ, К. Асада, Т. Оцуки.* – М., 1988.

УДК 621.3

Я.М. Грицишин, С.П. Ткаченко

Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра систем автоматизованого проектування

## КРИТЕРІЙ ВИБОРУ АЛГОРИТМУ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ РОЗКРОЮ МАТЕРІАЛІВ

©Грицишин Я.М., Ткаченко С.П., 2006

**Запропоновано критерії та здійснено класифікацію задач розкрою матеріалів. Запропоновано методи та підходи до розв'язання таких задач. Обґрунтовано утворення класу задач багатовимірною розкрою і сфер його застосування.**

**Offered criteria and classified problems of materials cutting. Offered methods and approaches to solving such problems. Grounded creation of the class of problems of multidimensional cutting and spheres of its use.**

### Вступ

Задача оптимізації розкрою матеріалів є однією з основних, які необхідно розв'язати для мінімізації вартості виробів. Вона зустрічається в багатьох галузях промисловості, зокрема в легкій, машинобудівній, деревообробній тощо. Оптимальним або ефективним вважається такий розкрій, за якого відходи є мінімальними. Існує достатньо велика кількість програмних розв'язань задач розкрою матеріалів. Вони відрізняються вартістю і типом задач розкрою, які ці системи можуть розв'язати. Враховуючи те, що підготовка замовлення на розкрій і оцінка ефективності розкрою є спільним для всіх задач розкрою, постає питання про розроблення єдиної системи розв'язання задач розкрою. Така система могла б вибирати для розв'язання кожної конкретної задачі розкрою необхідний алгоритм з наявного набору.

### Класифікація задач розкрою матеріалів

Сьогодні існує велике різноманіття задач розкрою. Вони відрізняються за різними параметрами деталей та заготівель, та вимогами до результатів розкрою. Основний критерій, за якими можна розділити задачі розкрою, є вимірність об'єктів розкрою. Згідно з ним, ми можемо розділити задачі на такі основні групи:

- одновимірний розкрій;
- двовимірний розкрій;
- тривимірний розкрій;
- багатовимірний розкрій.

### Одновимірний розкрій

Найпростішими, з погляду швидкості розв'язання, є задачі лінійного, тобто одновимірного розкрою. Загалом, постановка задачі є такою: “З набору заготовівель довжин  $L_1, L_2, \dots, L_N$  необхідно вирізати набір деталей довжин  $l_1, l_2, \dots, l_m$  у такий спосіб, щоб кількість відходів була мінімальною”.

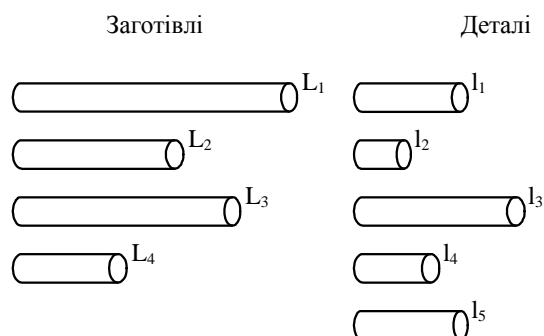


Рис. 1. Заготівлі та деталі для одновимірного розкрою

Прикладом такої задачі розкрою є розкрій труб, арматури та інші. Для розв'язання цієї задачі можна використати такий алгоритм:

1. Посортувати заготівлі за зростанням довжини.
2. Посортувати деталі за зменшенням довжини.
3. Першу деталь розташувати в першій заготівлі, яка матиме розмір, який більший або дорівнює довжині деталі.
4. Якщо необхідну заготівлю не знайдено, деталь перемістити у список нерозміщених деталей та перейти на крок 7.
5. Вибрані деталь та заготівлю вилучити з відповідних списків, а у список розташованих деталей помістити індекс деталі та заготівлі.
6. Відрізок заготівлі, що залишився незайнятим після розташування деталі, додати у список заготовівель згідно з його довжиною.
7. Якщо список деталей та заготовівель непорожній, перейти до кроку 3.

Отже, результатом роботи цього алгоритму є три списки, а саме:

- список розташованих деталей;
- список нерозташованих деталей;
- список заготовівель, що залишилися невикористаними.

Задачі одновимірного розкрою можуть мати також низку уточнень і обмежень, що може зумовлювати внесення змін у цей алгоритм або використовувати інший. Зокрема, при регулярному розкрої взагалі не потрібне почергове розташування кожної деталі, достатньо просто порахувати, скільки деталей помістяться у кожній з заготовівель.

### Двовимірний розкрій

Складнішим є клас задач двовимірного розкрою, тобто заготівлі і деталі є площинами, які характеризуються певними параметрами, такими, як: форма контуру, площа, орієнтованість в просторі тощо. Існують різні підходи та алгоритми для розв'язання задач двовимірного розкрою. Для вибору необхідного алгоритму необхідно враховувати форму заготовівель та деталей (прямокутна, увігнута, випукла), чи деталі однакові тощо. Задачі двовимірного розкрою можна розділити за формою деталей на:

- задачі прямокутного розкрою;
- задачі розкрою деталей довільної форми.

Задачі прямокутного розкрою виникають в меблевому, каменеобробному та деревообробному виробництві та інших галузях. В загальному випадку, задача прямокутного розкрою є такою: “З набору плит  $A_1(X_1, Y_1), A_2(X_2, Y_2), \dots, A_N(X_N, Y_N)$  необхідно вирізати набір деталей з параметрами  $a_1(x_1, y_1), a_2(x_2, y_2), \dots, a_m(a_m, y_m)$ , у такий спосіб, щоб кількість відходів була мінімальною.”

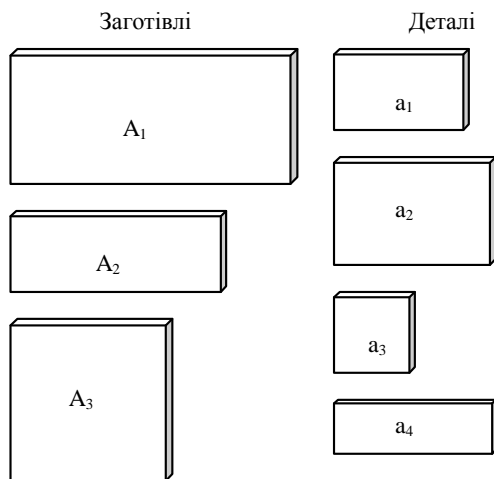


Рис. 2. Заготівлі та деталі для двовимірного розкрою

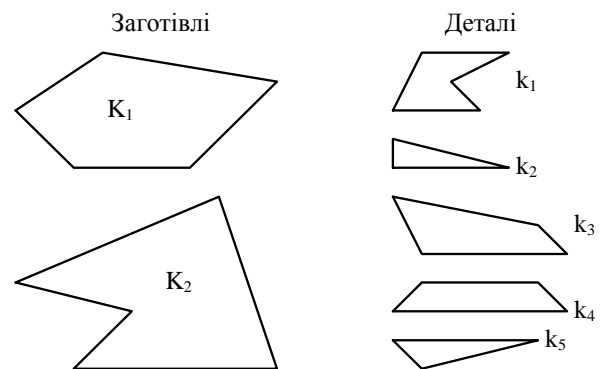


Рис. 3. Заготівлі та деталі довільної форми для задачі розкрою

Першим кроком у розв'язанні такої задачі є встановлення послідовності вибору деталі та заготівлі. Таку послідовність можна будувати залежно від площі, периметра, довжини або ширини заготівлі та деталі. Після цього необхідно вибрати критерій ефективності, тобто яке розташування деталі, з низки можливих, вважати ефективним. Вибір алгоритму та критерію ефективності для розташування однієї деталі може залежати від специфіки практичної реалізації розрізання матеріалу. Наприклад при гільйотинному розкрої та при використанні лазерної різки різними будуть і алгоритм, і критерії ефективності розташування однієї деталі.

Складнішими є задачі розкрою матеріалу на деталі довільної форми, зокрема, коли заготівля також довільної форми. Такі задачі зустрічаються в текстильній, взуттєвій та інших галузях. В загальному випадку постановка такої задачі є такою: “З набору заготівель обмежених контурами  $K_1(T_1(X_1, Y_1), T_2(X_2, Y_2), \dots, T_s(X_s, Y_s))$ ,  $K_2(T_1(X_1, Y_1), T_2(X_2, Y_2), \dots, T_z(X_z, Y_z))$ , ...  $K_n(T_1(X_1, Y_1), T_2(X_2, Y_2), \dots, T_p(X_p, Y_p))$ , вирізати деталі, обмежені контурами  $k_1(t_1(x_1, y_1), t_2(x_2, y_2), \dots, t_s(x_s, y_s))$ ,  $k_2(t_1(x_1, y_1), t_2(x_2, y_2), \dots, t_z(x_z, y_z))$ , ...  $k_m(t_1(x_1, y_1), t_2(x_2, y_2), \dots, t_p(x_p, y_p))$  у такий спосіб, щоб кількість відходів була мінімальна”/

Знов-таки, необхідно встановити принцип для послідовності вибору деталей та заготівель. Тут вагомими можуть бути площа, описана контуром, форма контуру, периметр, мінімальна площа описаної фігури. У виборі алгоритму розташування однієї деталі на заготівлі також необхідно враховувати специфіку обладнання для розкрою, форму деталей та форму заготівель. Доволі складним є вибір критерію ефективності розташування однієї деталі. Ними можуть бути відстань лекала до краю заготівлі, площа контурів, що утворились після розташування, відношення утворюваних площ та інші. Також на вибір алгоритму впливає орієнтованість деталі, тобто можливість обертання та дзеркального відбиття деталі.

### Тривимірний розкрій

Наступним за складністю є тривимірний розкрій. Він необхідний в деревообробній, каменеобробній та інших галузях. В ньому також можна виділити прямокутний розкрій та багатогранний розкрій. Як правило, для спрощення розрахунків деталі для багатогранного розкрою зводять до прямокутного. У виборі або розробленні алгоритмів тривимірного розкрою також необхідно враховувати можливості обладнання, яке здійснюватиме розкрій. Як правило, обладнання для тривимірного розкрою може здійснювати тільки наскрізний розкрій, тобто отримувати необхідні деталі за допомогою розділення заготівлі наскрізними площинами.

### Багатовимірний розкрій

У задачах розкрою можуть зустрічатися додаткові умови, які посилюють або послаблюють вимоги до розкрою. Такою умовою може бути, наприклад, урахування якості матеріалу під час

розкрою, встановлення строгої орієнтації заготівлі і матеріалу, різні температурні або амортизаційні характеристики. Одним з підходів для вибору або розроблення алгоритмів, які б розв'язували задачі такого типу, є урахування цих умов, як додаткових просторових вимірів. Тоді, наприклад, задача лінійного розкрою з урахуванням якості заготівлі в кожній точці буде зведена до задачі двовимірного розкрою з певними обмеженнями. Такий підхід відкриває нам практично недосліджений клас задач багатовимірного розкрою. Розроблення методів і алгоритмів для цього класу задач може знайти застосування не тільки у виробництві, але й розв'язання у плануванні проектів, дослідженнях і аналізі різного роду проблем.

1. Грицишин Я., Лобур М., Ткаченко С., Чура І. Особенности разработки САПР раскроя материалов // IEEE AIS'02 CAD-2002. – P. 404–409, Sept. 2002. 2. Ткаченко С., Чура І., Грицишин Я. Оптимізація розміщення плоских об'єктів на площині довільної форми // Вісник НУ “Львівська політехніка”. – №444. – P.134–136, 2002. 3. Tkachenko S., Chura I., Hrytsyshyn Y., Karkulyovsky V. The placement of optional form objects on the optional platform // CADSM'2003. – P. 417–420, Feb. 2003. 4. Hrytsyshyn Y., Tkachenko S. Web-oriented CAD system for material cutting // CADSM'05, Feb.2003.

УДК 621.382.002

І.І. Мотика, Л.А. Недоступ\*, Н.І. Нестор\*\*

Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра систем автоматизованого проектування,

\*кафедра теоретичної радіотехніки та радіовимірювань,

\*\*Технічний коледж національного університету “Львівська політехніка”

## СТАНДАРТНИЙ РОЗПОДІЛ ІМОВІРНОСТЕЙ ДЛЯ АНАЛІЗУ ПОХИБОК ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

© Мотика І.І., Недоступ Л.А., Нестор Н.І., 2006

Для аналізу похибок технологічних процесів пропонується використовувати стандартну ступінчасту функцію розподілу густини імовірностей. Одержано вирази для характеристичних функцій таких розподілів у одно- і багатовимірному випадках. Розв'язана обернена задача – отримання параметрів одно- і багатовимірних ступінчастих функцій густини розподілу імовірностей за відомою характеристичною функцією. Отримані результати дають можливість органічно поєднати аналітичні та числові методи у аналізі похибок технологічних процесів.

For the analysis of errors of technological processes it is suggested to use built-in step function of probabilities density division. Expressions are received for the characteristic functions of such divisions for one- and multidimensional cases. The reverse task is solved – receiving of parameters of one- and multidimensional steps functions of probabilities density division on the known characteristic function. The received results enable organically connecting analytical and numerical methods while analysing errors of technological processes.

### Постановка проблеми

Аналіз похибок технологічних процесів із застосуванням характеристичних функцій, як будь-які методи інтегральних перетворень, є ефективним, якщо остаточний результат вдається отримати в аналітичній формі. Для послідовних ланок обробних операцій такі перетворення можна здійснити порівняно просто [1]. Однак операції розділення за певними ознаками призводять до необхідності виконувати неодноразово пряме та обернене перетворення Фур'є функцій розподілу імовірностей, які в аналітичній формі виконати не вдається. Такими є, наприклад, моделі поопераційного контролю [2].