

А. П. Пономаренко, С. С. Ковальчук, к. т. н., доц.

РОЗГЛЯД МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ЗАДАЧ РОЗКРОЮ-УПАКОВКИ ДЛЯ РОЗМІЩЕННЯ ПЛОСКИХ ВЗАЄМНО ОРІЄНТОВАНИХ ОБ'ЄКТІВ У ЗАДАНИХ ОБЛАСТЯХ ВІДНОСНО ГАЛУЗІ БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ

Метою цього дослідження є розгляд можливості використання математичних моделей задач розкрою-упаковки для розміщення плоских взаємно орієнтованих об'єктів у заданих областях у галузі будівництва та архітектури для застосування під час створення архітектурно-дизайнерських рішень.

Розглянуто найпоширеніші задачі розкрою-упаковки та їх математичні моделі щодо відповідності задачі розміщення плоских взаємно орієнтованих об'єктів у заданих областях для галузі будівництва та архітектури. Означено розбіжності кінцевих задач. Сформульовано задачу розміщення плоских взаємно орієнтованих об'єктів на заданих площинах та визначено її особливості. Визначено вхідні дані та граничні умови розташування об'єктів у заданих областях.

Визначено необхідність у створенні математичної моделі задачі розміщення плоских взаємно орієнтованих об'єктів у заданих областях та в розробці відповідної інформаційної технології моделювання вказаної задачі.

Ключові слова: задачі розкрою-упаковки, математична модель, будівництво, архітектура, взаємно орієнтовані об'єкти.

Вступ

Інновації в галузях народного господарства зумовлюють необхідність розв'язання складних технічних завдань і, відповідно, створення нових моделей технологічних процесів. Як приклад таких завдань можна виділити процеси створення дизайнерських рішень у галузі будівництва та архітектури щодо виконання оздоблювальних робіт. Ці процеси за своєю суттю належать до проблеми оптимізаційного геометричного моделювання та повинні забезпечувати раціональне розміщення плоских взаємно орієнтованих об'єктів (із урахуванням технічних і технологічних особливостей) на заданих областях розташування.

На сьогодні актуальним є розвиток інформаційних технологій, що забезпечують оптимізацію виконання таких технологічних операцій за допомогою моделювання процесів розміщення плоских взаємно орієнтованих об'єктів у заданих областях, розробка методів розв'язку оптимізаційних задач проектування дизайнерських рішень і реалізація їх у пакеті прикладних програм.

Останні дослідження та публікації

Проблема економії ресурсів є актуальною та своєчасною для всіх сфер людської діяльності, одним зі способів розв'язання цієї проблеми є розв'язання задачі оптимізації розміщення геометричних об'єктів у заданих областях, що має різні кінцеві задачі залежно від напрямку діяльності в галузі застосування.

Задачі геометричного проектування полягають у пошуку оптимального розміщення множини геометричних об'єктів щодо області розміщення з урахуванням технологічних обмежень згідно з критеріями якості розміщення. До класу задач геометричного проектування належать задачі компоновання обладнання, керування складними технічними системами, побудови генеральних планів промислових підприємств, конструювання

електронних пристроїв, оптимального розкрою промислових матеріалів, теорії розкладів і керування проектами, задачі покриття [1].

Як приклад розглянемо завдання промислового розкрою та завдання архітектурного дизайну.

Під час розв'язання завдання промислового розкрою (компонування) важливим є створення карт розкрою, за яких виходить максимальний комплект заготовок деталей і, отже, досягається мінімізація відходів матеріалів.

Під час розв'язання завдань архітектурного дизайну кінцевою задачею розміщення плоских взаємно орієнтованих об'єктів у заданих областях є повне покриття площини розташування геометричними фігурами в заданій послідовності із заданими параметрами розміщення, виключаючи від'ємні області заданих площин.

Завдання такого роду об'єднані терміном «завдання розкрою-упаковки» й належать до класу NP-важких (Nondeterministic polynomial) [2], для задач такого типу не знайдено поліноміальних алгоритмів, проте й не доведено, що таких не існує. Через складність математичного опису досліджуваних процесів конкретні результати, як правило, належать до розв'язання окремих завдань і отримані за досить істотних обмежень щодо властивостей матеріалів, конструктивних форм, граничних і початкових умов.

Розв'язанню різних класів задач оптимізації розміщення присвячені роботи Стояна Ю. Г. [3], Ємця О. О. [4], Гребенніка І. В. [1], Чупринки В. І. [5], Яремчук С. І. [6], Петренка С. В. [7] та інших вітчизняних і зарубіжних вчених.

У вказаних та інших аналогічних дослідженнях переважно зацентровано увагу на задачі розкрою-упаковки матеріалу з метою мінімізації відходів (галузі промисловості), але недостатньо звернено увагу на задачі розміщення плоских взаємно орієнтованих об'єктів на заданих площинах (галузь будівництва та архітектури).

Мета

Метою цього дослідження є розгляд можливості використання математичних моделей задач розкрою-упаковки для розміщення плоских взаємно орієнтованих об'єктів у заданих областях у галузі будівництва та архітектури для застосування під час створення архітектурно-дизайнерських рішень щодо виконання оздоблювальних робіт та обґрунтування необхідності створення математичної моделі задачі розміщення плоских взаємно орієнтованих об'єктів у заданих областях та розробки відповідної інформаційної технології моделювання вказаної задачі.

Виклад основного матеріалу

У сучасних дослідженнях задач оптимізації розміщення геометричних об'єктів на заданих областях особливу увагу звертають на задачі розкрою-упаковки матеріалу в різних галузях промисловості (машинобудування, легка та деревообробна промисловості і тощо) із метою мінімізації відходів.

Наприклад, автоматизоване проектування розкрійних схем у взуттєвій та шкіргалантерейній галузях саме й дозволяє раціонально використовувати матеріали під час розкрою на деталі, зменшити кількість відходів, які забруднюють навколишнє середовище, знизити собівартість виробів, задовольнити часті зміни моди на взуття та вироби шкіргалантереї, дозволити застосувати автоматизовані комплекси під час розкрою, що поліпшить якість виробів за рахунок виключення людського чиннику та виконання необхідних технологічних вимог процесу [5].

У більшості застосувань оптимізаційних задач розміщення потрібно організувати упаковку цього набору об'єктів у межах певної області. Для розв'язання такого класу задач популярними є задачі щільного розміщення, при цьому на розміщення елементів накладають

деякі обмеження, серед яких умови неперетину об'єктів між собою та умови невиходу за межі області розташування.

Для розв'язання задач розкрою використовують низку методів з розміщення плоских геометричних об'єктів, і серед цих методів найбільшого поширення набули методи, засновані на почерговому розміщенні геометричних об'єктів [7].

Також задачі розкрою можуть бути адекватно формалізовані за допомогою апарату евклідової комбінаторної оптимізації. У найпростішому випадку вона полягає в розміщенні без накладань у напівнескінчених смужках однакової ширини прямокутників такої самої ширини з метою мінімізації найбільшої довжини зайнятих частин смужок [4].

Одним із способів розв'язання задач розкрою є декомпозиція множини припустимих розв'язків на опуклі підмножини, заміна розв'язання вихідної задачі розв'язанням послідовності отриманих підзадач з організацією спрямованого перебору підмножин та використанням методу G-проекції для розв'язання задач оптимізації [6].

Для розв'язання завдань оптимального розташування геометричних об'єктів також використовують спосіб послідовно-одиначного розташування, який є деякою модифікацією методу Гаусса – Зайделя. Суть способу послідовно-одиначного розташування геометричних об'єктів полягає в тому, що всі об'єкти розташовують послідовно по одному. Попередньо розміщені об'єкти вважають нерухомими. Кожен об'єкт розміщують так, що з усіх його можливих положень вибирають таке, за якого цільове значення функції досягає найменшого значення тільки по тим змінним, які є параметрами об'єкта розташування [3].

Також застосовують математичні моделі побудови найщільніших укладок та решітчастих схем розкрою рулонних матеріалів.

При цьому визначають та формалізують такі структурні компоненти: аналітичний опис деталей, для яких проектують щільну решітчасту укладку; параметри, що однозначно визначають положення деталі на площині; аналітичне представлення умов взаємного неперетину деталей під час їх суміщення; аналітичний опис системи суміщення деталей; математичне представлення множини допустимих розв'язків; аналітичне представлення функції цілі [5].

Для розв'язання задач розкрою-упаковки запропоновано точний метод на основі покриття області припустимих розв'язків для розв'язання задач оптимізації з лінійною цільовою функцією та лінійними обмеженнями на композиційних образах комбінаторних множин. В основу методу покладено властивості композиційних образів комбінаторних множин та заданих на них функцій [1].

Суть методу полягає в покритті області множинами, які або не містять усередині точок множини, або містять лише відомі заздалегідь точки. У результаті такого покриття виключають точки області, які їй не належать і, отже, не є розв'язком задачі. Пошук розв'язку задачі зводиться до аналізу скінченної та достатньою мірою обмеженої множини точок, знайдених під час побудови множин, що покривають область [1].

Розглянувши призначення сучасних методів та способів виконання (реалізації) задач розкрою-упаковки (на площинах), можна зробити висновок, що основною метою цих задач є раціональне розташування елементів заданої форми на визначеній площині розташування з метою ефективного використання цієї площини (мінімізації відходів).

Задачею розташування плоских взаємно орієнтованих об'єктів на заданих площинах під час розв'язання завдань архітектурного дизайну (галузь будівництва та архітектури) є оптимальне впорядковане розташування елементів визначеної форми із заданими параметрами розташування на заданій площині з урахуванням площин заборони з метою ефективного використання об'єктів розташування (мінімізації відходів).

Нижче на спрощеному прикладі розглянемо можливість розв'язання завдання з розташування прямокутних об'єктів різної форми в чітко визначеному порядку таким чином,

щоб повністю заповнити задану область розташування, використовуючи:

а) задачу розкрою (упаковки) – спосіб послідовно-одиначного розташування геометричних об'єктів [3] (рис. 1а).

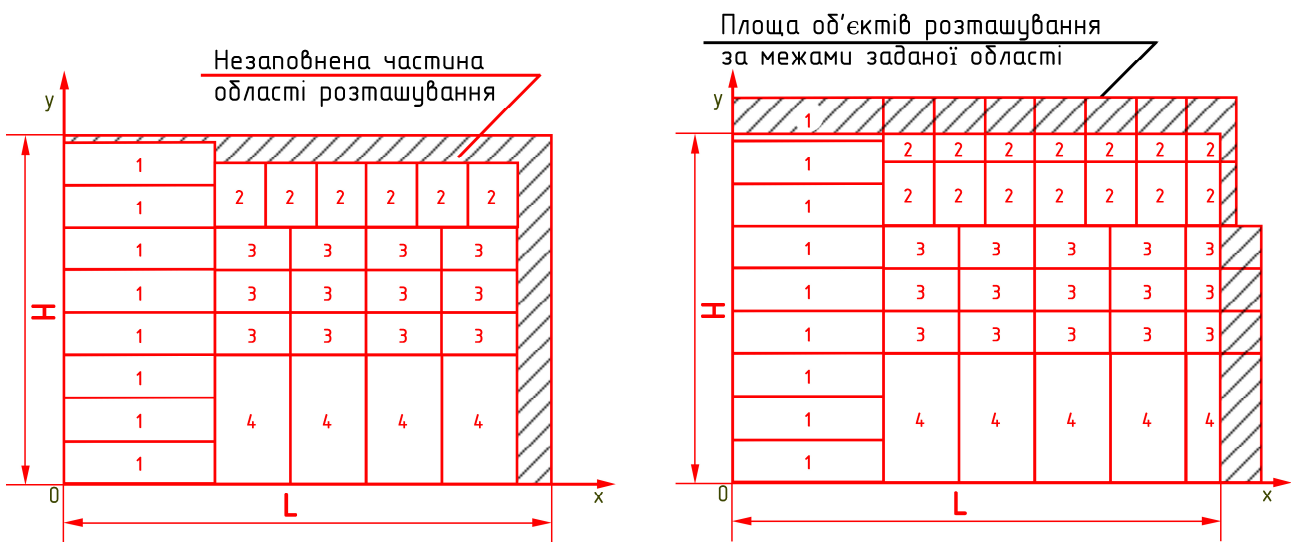
б) задачу архітектурного дизайну – розташування плоских взаємно орієнтованих об'єктів на заданих площинах (рис. 1б).

Основні умови та відмінності цих задач наведені в порівняльній таблиці 1.

Таблиця 1

Умови та відмінності задач розкрою-упаковки та архітектурного дизайну

Задача розкрою-упаковки	Задача архітектурного дизайну
<i>Задана область розміщення Ω з розмірами H, L.</i>	<i>Задана область розміщення Ω з розмірами H, L.</i>
Не допускають вихід об'єктів розташування за зовнішній контур.	Допускають вихід об'єктів розташування за зовнішній контур.
Площа зайнятої частини області Ω об'єктами розташування має бути максимальною.	Уся площа області Ω має бути заповнена.
<i>Розміщені об'єкти мають виконувати умови взаємного неперетину та розташовуватись на заданій відстані один від одного.</i>	<i>Розміщені об'єкти мають виконувати умови взаємного неперетину та розташовуватись на заданій відстані один від одного.</i>
Розглядають задану область можливих розташувань.	Розглядають задану область можливих розташувань із можливістю виходу за задану область.
Послідовність розташування елементів визначають задачею розкрою-упаковки.	Задають чітко визначену послідовність розташування елементів залежно від дизайнерського рішення.
Відходами є незаповнена частина області розташування Ω , яку не допускають під час розв'язання задач архітектурного дизайну.	Відходами є площа об'єктів розташування за межами заданої області Ω , яку допускають під час розв'язання задач архітектурного дизайну.



а) Задача розкрою-упаковки

б) Задача архітектурного дизайну

Рис. 1. Розташування плоских прямокутних об'єктів на заданій області розташування

Розглянувши умови та відмінності задач розкрою-упаковки та архітектурного дизайну, можна констатувати, що задачі розкрою-упаковки не забезпечують визначену послідовність розташування елементів залежно від дизайнерського рішення, вихід (за необхідності) об'єктів розташування за зовнішній контур із метою повного заповнення області розміщення.

Із вищенаведеного можна зробити висновок, що за умови схожого напрямку реалізації задач оптимізації розташування методи розв'язку задач розкрою не можуть бути використані

повною мірою для розв'язання задач розташування плоских взаємно орієнтованих об'єктів у заданих областях (на заданих площинах), оскільки кінцеві задачі повністю відрізняються. Тому є необхідність у створенні математичної моделі задачі розташування плоских взаємно орієнтованих об'єктів у заданих областях та в розробці відповідної інформаційної технології моделювання вказаної задачі.

Для створення вищевказаної математичної моделі та розробки відповідної інформаційної технології необхідно розв'язати такі завдання:

- визначення вхідних даних і граничних умов;
- формалізацію оптимізаційної задачі розташування плоских взаємно орієнтованих об'єктів на заданих площинах.
- прийняття базового методу розташування геометричних об'єктів на площині.
- на основі базового методу створення математичної моделі та методів розв'язку цієї задачі;
- розробку алгоритмів розв'язку задачі;
- створення відповідної інформаційної технології.

Висновки

Розглянувши найпоширеніші задачі розкрою-упаковки та їх математичні моделі щодо відповідності задачі розташування плоских взаємно орієнтованих об'єктів у заданих областях для галузі будівництва та архітектури, означивши розбіжності кінцевих задач, визнано, що розглянуті математичні моделі задач розкрою-упаковки не можуть бути використані для розташування плоских взаємно орієнтованих об'єктів у заданих областях у галузі будівництва та архітектури для застосування під час створення архітектурно-дизайнерських рішень.

Визнано необхідність у створенні математичної моделі задачі розташування плоских взаємно орієнтованих об'єктів у заданих областях та в розробці відповідної інформаційної технології моделювання вказаної задачі.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гребеннік І. В. Математичні моделі та методи комбінаторної оптимізації в геометричному проектуванні : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук : спец. 01.05.02 "Математичне моделювання та обчислювальні методи" / І. В. Гребеннік. – Харків, 2006. – 49 с.
2. Основные методы решения задачи фигурной нерегулярной укладки плоских деталей [Електронний ресурс] / Р. Т. Мурзакаев, В. С. Шилов, А. В. Буркова // Электронный научный журнал : Инженерный вестник Дона. – 2013. – Режим доступа до ресурсу: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/2043>.
3. Стоян Ю. Г. Математические модели и оптимизационные методы геометрического проектирования / Ю. Г. Стоян, С. В. Яковлев. – Киев: Наукова думка, 1986. – 259 с.
4. Емец О. А. О задачах оптимизации взаимного расположения прямоугольников в условиях стохастической, интервальной или нечеткой неопределенности / О. А. Емец, Т. Н. Барболина // Математичне та комп'ютерне моделювання. Серія : Фізико-математичні науки. – 2015. – Вип. 12. – С. 83 – 100.
5. Чупринка В. І. Розвиток наукових основ автоматизованого проектування схем розкрою деталей взуття та шкіргалантереї : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук : спец. 05.18.18 "Технологія взуття, шкіряних виробів і хутра" / В. І. Чупринка. – Київ, 2009. – 35 с.
6. Яремчук С. І. Збіжність методу G-проекції / С. І. Яремчук, Л. В. Рудюк // Радиоелектроника и информатика. – 2004. – Выпуск № 4 (29). – С. 69 – 73.
7. Петренко С. В. Оптимизация размещения двумерных геометрических объектов на анизотропном материале с использованием методов математического программирования: дис. канд. техн. наук : 05.13.18 / Петренко Семен Васильевич. – Уфа, 2005. – 107 с.

Пономаренко Анна Петрівна – здобувач, інженер центру паралельних обчислень при Хмельницькому національному університеті, e-mail: edinora@yandex.ua

Ковальчук Сергій Станіславович – к. т. н., доцент кафедри комп'ютерних наук та інформаційних технологій.

Хмельницький національний університет.