

ОПТИМІЗАЦІЯ РОЗМІЩЕННЯ ОБ'ЄКТІВ СПЕЦІАЛЬНОГО ВИДУ ДЕКОМПОЗИЦІЙНИМИ МЕТОДАМИ

Розглядається задача оптимізації розміщення об'єктів, які можна розкласти на прямокутники. Запропоновано схему вибору декомпозиційного методу розв'язання залежно від параметрів задачі.

The task of optimization of placing of objects which can be decomposed on rectangles is examined. The pattern of choice of decoupling method of decision depending on the parameters of task is offered.

Ключові слова: оптимізація розміщення, декомпозиція, генетичний алгоритм, метод гілок та меж, метод можливих напрямків, метод G-проекції.

Вступ

Задачі оптимізації розміщення геометричних об'єктів виникають в різних галузях діяльності людини. Наприклад, при конструюванні різноманітних пристроїв виникає проблема оптимізації розміщення його елементів з метою мінімізації взаємних паразитних впливів, мінімізації довжини з'єднувальних каналів, мінімізації відхилення центра мас системи від заданої точки, забезпеченні рівномірного теплового режиму конструкції та ін., конструюванні гнучких виробничих систем – проблема розміщення обладнання з метою мінімізації часу його обслуговування промисловими роботами, при розрахунку параметрів будівель – проблема пошуку можливого найбільш несприятливого розміщення навантажень, при якому в елементах будівлі виникнуть максимальні внутрішні сили, при організації вантажоперевезень – проблема щільного розміщення вантажів за умови належності центру мас системи заданій області та ін. Наведені практичні задачі зводяться до розв'язання задач геометричного проектування [1].

Основні проблеми, що виникають при розв'язанні задач даного класу, обумовлені великою вимірністю, нелінійністю функції цілі або функцій, що входять у систему обмежень, та неопуклістю множини припустимих розв'язків. Більшість розроблених алгоритмів призначено для розв'язання вузького класу задач та не припускають зміни функції цілі чи інших параметрів.

Постановка проблеми

Розглядається задача оптимізації розміщення об'єктів, які можна розбити на взаємоорієнтовані прямокутники на області із зонами заборони. На розміщення накладено умови взаємного не перетину об'єктів та їх невиходу за межі області розміщення. Необхідно розмістити об'єкти так, щоб заданий критерій якості досягав свого мінімуму.

Критерій якості описується довільною диференційованою функцією, або функцією максимуму диференційованих функцій, значення якої залежить від параметрів розміщення. Область розміщення описується системою нерівностей, яка містить диференційовані функції та може містити зони заборони у вигляді прямокутників.

Аналіз джерел дослідження

Для розв'язання задач оптимізації розміщення геометричних об'єктів використовуються різноманітні підходи із застосуванням евристичних методів, апарату лінійної, нелінійної та дискретної оптимізації. Більшість підходів розроблено для розв'язання задач щільного розміщення геометричних об'єктів, наприклад [1-3]. Дане дослідження є продовженням робіт, присвячених розробці декомпозиційних методів, які дозволяють розв'язувати задачі оптимізації розміщення з різними критеріями якості. В роботі [4] описано механізм декомпозиції множини припустимих розв'язків задачі розміщення прямокутників та спосіб побудови підзадач нелінійної оптимізації.

При застосуванні запропонованого підходу існують дві основні проблеми: вибір методу умовної оптимізації для розв'язання побудованих підзадач та спосіб вибору підзадач. Для розв'язання підзадач в дослідженні [4] використано метод умовного градієнту, в [5] розроблено метод G-проекції. В роботах [8, 9] застосовано метод можливих напрямків.

Проблема вибору підзадач, побудованих у результаті декомпозиції, існує через їх величезну кількість та неможливість використання методу повного перебору через обмеження у часі. Для вибору підзадач у дослідженні [4] використано метод випадкового пошуку, в [5] – метод спрямованого перебору у комбінації з методом випадкового пошуку, в [6] – метод гілок та меж, в [7] – генетичний алгоритм, в [8] – комбінований метод спрямованого переходу та випадкового пошуку.

Кожен з перерахованих методів має свої переваги, недоліки та межі застосування.

Мета даного дослідження

Розробити схему вибору декомпозиційного методу [4-7] для розв'язання задачі геометричного проектування залежно від її параметрів.

Виклад основної частини

Задача оптимізації розміщення має вигляд

$$\chi(Z) \rightarrow \min, \quad Z \in G, \quad (1)$$

де $\chi(Z)$ – неперервно-диференційована функція або функція максимуму неперервно-диференційованих функцій;

$Z(Z^1, Z^2, \dots, Z^m)$ – параметр розміщення об'єктів [8];

$Z^i(\xi_1^i, \xi_2^i)$ – координати полюса об'єкта $i = \overline{1, m}$;

m – кількість об'єктів, що розміщуються;

G – множина припустимих розв'язків задачі.

Множина G визначається умовами належності області об'єктів, що розміщуються, а також умовами їх не перетину між собою та фіксованими об'єктами. Спосіб побудови системи обмежень задачі (1) для випадку, коли об'єкти можна розкласти на орієнтовані прямокутники, наведено в [8]. Множина припустимих розв'язків задачі (1) – неопукла, багатозв'язна, залежно від розмірів об'єктів – може бути незв'язною, з великою кількістю компонент зв'язності. В результаті декомпозиції даної множини на опуклі підмножини [4]

$$G = \bigcup_{j=1}^r G_j, \quad r = 4 \frac{m(m-1)}{2}, \quad (2)$$

отримаємо сукупність під задач

$$\chi(Z) \rightarrow \min, \quad Z \in G_j. \quad (3)$$

Розв'язок задачі (1) можна знайти, розв'язавши сукупність підзадач (3). Через велику кількість отриманих підзадач, розв'язати їх усі за прийнятний час неможливо. Таким чином, необхідно застосовувати спеціальні методи для їх вибору. На рис. 1 наведено загальну схему методу розв'язання задачі (1).

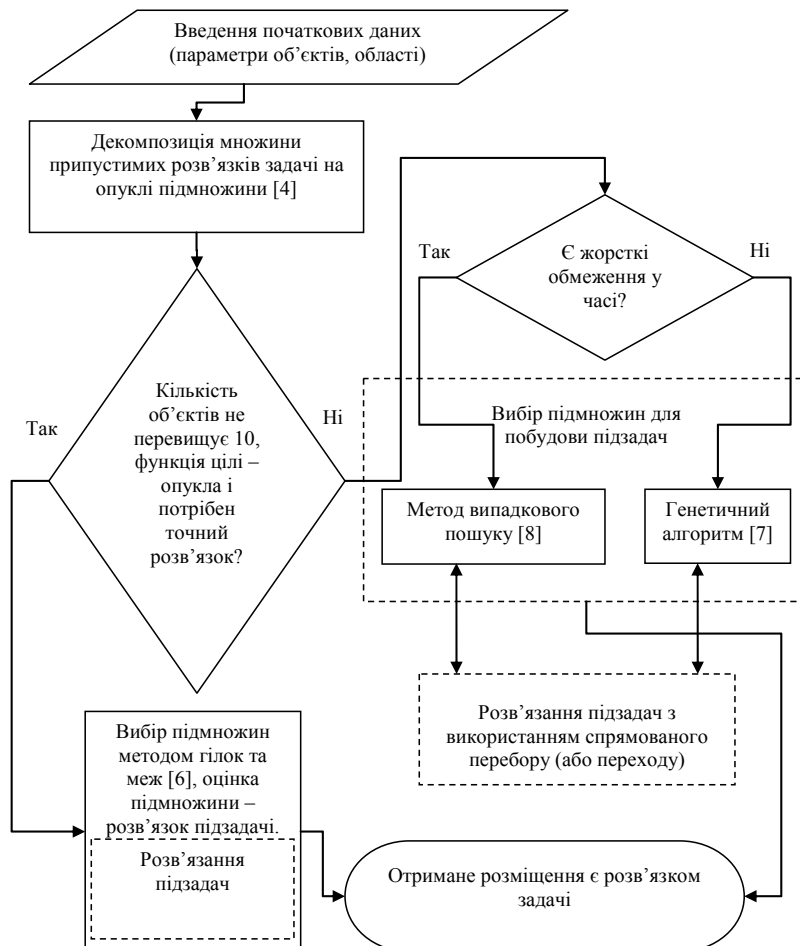


Рис. 1. Алгоритм розв'язання задачі. Загальна схема

В наведеному алгоритмі застосування методу гілок та меж [6] обмежено задачами розміщення не більше 10 об'єктів через велику часову складність даного метода. За результатами обчислювальних експериментів розв'язання задачі розміщення 5 об'єктів, в середньому, потребує біля 5 хв, а задачі 6 об'єктів – 30-40 хв.

Вибір методу для розв'язання підзадач також залежить від параметрів задачі. Схему вибору методу для розв'язання підзадач з (3) наведено на рис. 2. До даної схеми не було включено окремі випадки, для яких

існують ефективні класичні методи оптимізації (наприклад, коли підзадача є задачею лінійного програмування).

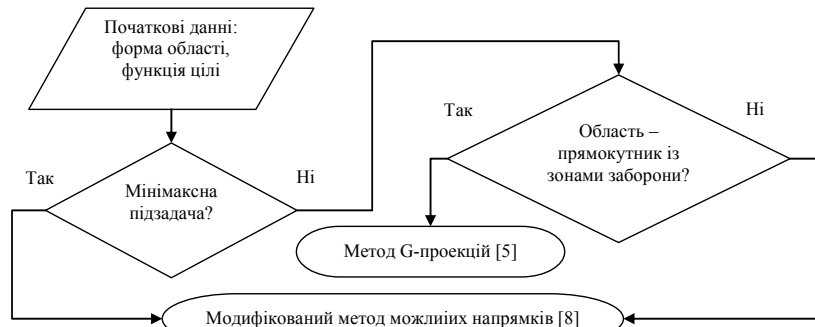


Рис. 2. Алгоритм вибору методу для розв'язання підзадач

Оцінки швидкості розв'язання підзадач методом можливих напрямків та G-проекцій, яку побудовано за результатами обчислювальних експериментів, наведено на рис. 3.

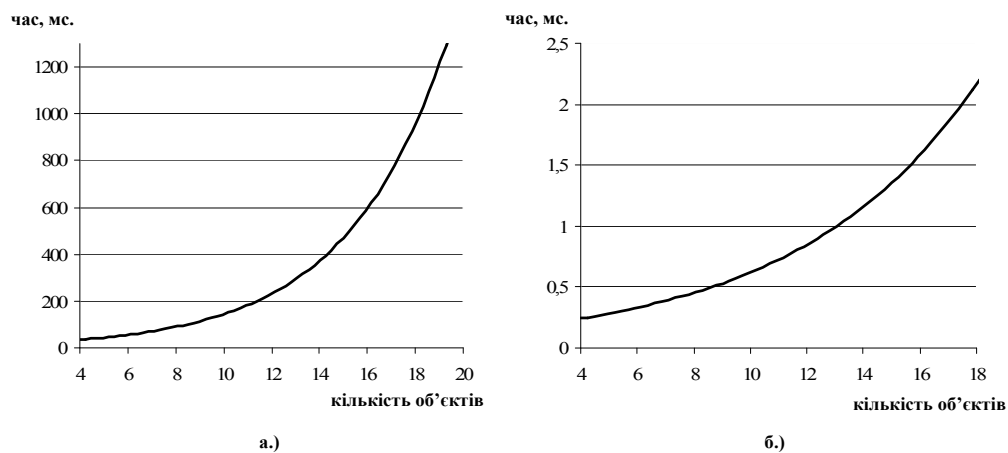


Рис. 3. Результати обчислювального експерименту з розв'язання тестових підзадач розміщення прямокутників у прямокутнику: а.) – метод можливих напрямків; б.) – метод G-проекції

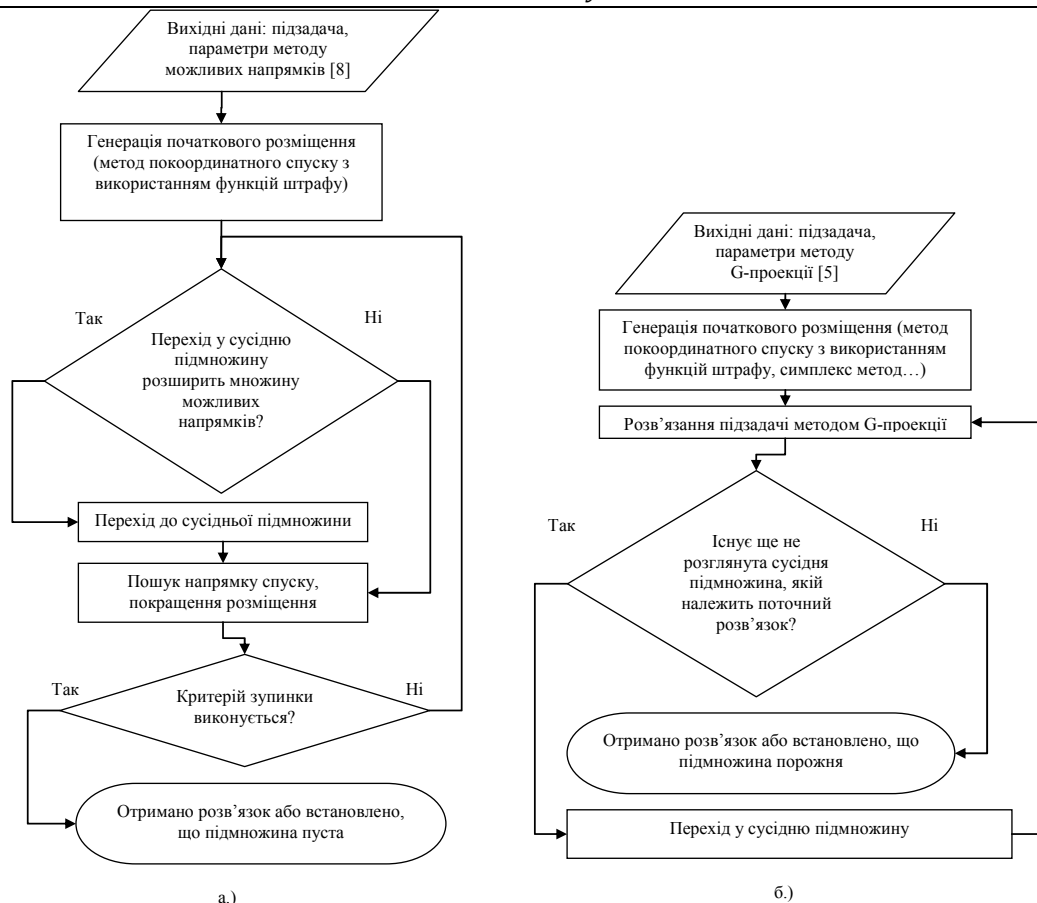
Метод G-проекції [2] працює швидше за метод можливих напрямків, але може бути застосований для вузького класу задач.

Слід зазначити, що при використанні підходу, описаному у [4] розбиття множини припустимих розв'язків, існують підмножини, які перетинаються та групи підмножин, які знаходяться в різних компонентах зв'язності. Ця особливість враховується в методах вибору підзадач (рис. 1). Для вибору підмножин без урахування їх належності до компонент зв'язності використовуються метод випадкового пошуку та генетичний алгоритм. Для вибору підмножин в межах однієї компоненти зв'язності – метод спрямованого перебору [5] в комбінації з методом G-проекцій [5] та метод спрямованого переходу [8] в комбінації з методом можливих напрямків. Схеми даних методів наведено на рис. 4.

Висновки

В результаті даного дослідження проаналізовано декомпозиційні методи [4-8], які використовуються для розв'язання задач оптимізації розміщення з різноманітними критеріями якості та побудовано загальну схему вибору методу залежно від параметрів задачі.

Перспективами подальших досліджень є удосконалення методів розв'язання задач даного класу в частині вибору та розв'язанні підзадач.



а.)
Рис. 4. Алгоритм розв'язання підзадач з використанням методів:
 а) – можливих напрямків та спрямованого переходу; б) – G-проекції та спрямованого перебору

Література

1. Стоян Ю. Г. Методы и алгоритмы размещения плоских геометрических объектов / Ю. Г. Стоян, Н. И. Гиль. – К. : Наук. думка, 1976. – 248 с.
2. Мухачева Э. А. Модели и методы расчета раскроя-упаковки геометрических объектов / Мухачева Э. А., Верхотуров М. А., Мартынов В. В. – Уфа : УГАТУ, 1998. – 213 с.
3. Orthogonal packing of rectangular items within arbitrary convex region by nonlinear optimization / Birgin E. G., Martinez J. M., Nishihara F. H. and other // Computers & Operations Research. – 2006. – № 33. – P. 3535–3548.
4. Яремчук С. І. Модифікація методу умовного градієнту для розв'язання задач оптимального розміщення джерел фізичних полів / С. І. Яремчук, Д. О. Жовнивсякий, А. В. Співак // Вісник ЖІТІ : технічні науки. – 1999. – № 9. – С. 248–253.
5. Яремчук С. І. Алгоритм розв'язання задачі розміщення прямокутників в прямокутній області / С. І. Яремчук, Л. В. Рудюк // Вісник Київського університету імені Тараса Шевченка. – 2005. – № 2. – С. 339–343.
6. Яремчук С. І. Оптимізація розміщення прямокутних об'єктів на опуклій області методом гілок та меж / С. І. Яремчук, Ю. О. Шаповалов // Вісник ЖІТІ : технічні науки. – 2004. – Т. 2, № 4. – С. 161–167.
7. Яремчук С. І. Застосування генетичного алгоритму до задач розміщення / С. І. Яремчук, Ю. О. Шаповалов // Вісник ЖІТІ : технічні науки. – 2002. – № 2. – С. 130–133.
8. Яремчук С. И. Минимаксная задача оптимизации размещения объектов специального вида на многосвязной области. / С. И. Яремчук, Ю. А. Шаповалов // Кибернетика и системный анализ. – 2007. – № 3. – С. 128–137.
9. Яремчук С. І. Модифікація методу можливих напрямків для задачі оптимізації розміщення / С. І. Яремчук, Ю. О. Шаповалов // Вісник Хмельницького національного університету : технічні науки. – 2005. – Ч. 1, т. 2, № 5. – С. 146–151.

Надійшла 28.1.2011 р.