

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

РАССМОТРЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ЗАДАЧ РАСКРОЯ-УПАКОВКИ ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ ПЛОСКИХ ВЗАИМНО ОРИЕНТИРОВАННЫХ ОБЪЕКТОВ В ЗАДАННЫХ ОБЛАСТЯХ ОТНОСИТЕЛЬНО ОТРАСЛИ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ

Целью данного исследования является рассмотрение возможности использования математических моделей задач раскроя-упаковки для размещения плоских взаимно ориентированных объектов в заданных областях в отрасли строительства и архитектуры для применения при создании архитектурно-дизайнерских решений.

Рассмотрены наиболее распространенные задачи раскроя-упаковки и их математические модели относительно соответствия задачи размещения плоских взаимно ориентированных объектов в заданных областях для отрасли строительства и архитектуры. Отмечено различия конечных задач. Сформулирована задача размещения плоских взаимно ориентированных объектов на заданных плоскостях, определены ее особенности. Определены исходные данные и граничные условия расположения объектов в заданных областях.

Определена потребность в создании математической модели задачи размещения плоских взаимно ориентированных объектов в заданных областях и в разработке соответствующей информационной технологии моделирования указанной задачи.

Ключевые слова: задача раскроя-упаковки, математическая модель, строительство и архитектура, взаимно ориентированные объекты.

Введение

Инновации в отраслях народного хозяйства обуславливают необходимость решения сложных технических задач и, соответственно, создание новых моделей технологических процессов. В качестве примера таких задач можно выделить процессы создания дизайнерских решений в отрасли строительства и архитектуры относительно выполнения отделочных работ. Эти процессы по своей сути относятся к проблеме оптимизационного геометрического моделирования и должны обеспечивать рациональное размещение плоских взаимно ориентированных объектов (с учетом технических и технологических особенностей) на заданных областях расположения.

На сегодняшний день актуальным является развитие информационных технологий, обеспечивающих оптимизацию выполнения указанных технологических операций с помощью моделирования процессов размещения плоских взаимно ориентированных объектов в заданных областях, разработка методов решения оптимизационных задач проектирования дизайнерских решений и их реализация в пакете прикладных программ.

Последние исследования и публикации

Проблема экономии ресурсов является актуальной и своевременной для всех сфер человеческой деятельности, одним из способов решения этой проблемы является решение задачи оптимизации размещения геометрических объектов в заданных областях, которые имеют различные конечные задачи в зависимости от направления деятельности в области применения.

Задачи геометрического проектирования заключаются в поиске оптимального размещения

Наукові праці ВНТУ, 2016, № 2

множества геометрических объектов относительно области размещения с учетом технологических ограничений согласно критериям качества размещения. К классу задач геометрического проектирования принадлежат задачи компоновки оборудования, управления сложными техническими системами, построения генеральных планов промышленных предприятий, конструирование электронных устройств, оптимального раскроя промышленных материалов, теории расписаний и управления проектами, задачи покрытия [1].

В качестве примера рассмотрим задачи промышленного раскроя и задачи архитектурного дизайна.

При решении задачи промышленного раскроя (компоновки) важным является создание карт раскроя, при которых получается максимальный комплект заготовок деталей и, следовательно, достигается минимизация отходов материалов.

При решении задач архитектурного дизайна конечной задачей размещения плоских взаимно ориентированных объектов в заданных областях является полное покрытие плоскости расположения геометрическими фигурами в заданной последовательности с заданными параметрами размещения, исключая отрицательные области заданных плоскостей.

Задачи такого рода объединены термином «задача раскроя-упаковки» и относятся к классу NP-трудных (Nondeterministic polynomial) [2], для задач такого типа не найдено полиномиальных алгоритмов, однако и не доказано, что таких не существует. В силу сложности математического описания исследуемых процессов конкретные результаты, как правило, относятся к решению отдельных задач и получены при весьма существенных ограничениях относительно свойств материалов, конструктивных форм, граничных и начальных условий.

Решению различных классов задач оптимизации размещения посвящены работы Стояна Ю. Г. [3], Емца О. А. [4], Гребенника И. В. [1], Чупринки В. И. [5], Яремчук С. И. [6], Петренко С. В. [7] и других отечественных и зарубежных ученых.

В указанных и других аналогичных исследованиях в основном акцентировано внимание на задачи раскроя-упаковки материала с целью минимизации отходов (отрасли промышленности), но недостаточно обращено внимание на задачи размещения плоских взаимно ориентированных объектов на заданных плоскостях (отрасль строительства и архитектуры).

Цели исследования

Целью данного исследования является рассмотрение возможности использования математических моделей задач раскроя-упаковки для размещения плоских взаимно ориентированных объектов в заданных областях в отрасли строительства и архитектуры для использования при создании архитектурно-дизайнерских решений относительно выполнения отделочных работ, а также обоснование необходимости создания математической модели задачи размещения плоских взаимно ориентированных объектов в заданных областях и разработки соответствующей информационной технологии моделирования указанной задачи.

Изложение основного материала

В современных исследованиях задач оптимизации размещения геометрических объектов на заданных областях особое внимание обращают на задачи раскроя-упаковки материала в различных отраслях промышленности (машиностроение, легкая и деревообрабатывающая промышленность и т. п.) с целью минимизации отходов.

Например, автоматизированное проектирование раскройных схем в обувной и

кожгалантерейной отраслях как раз и позволяет рационально использовать материалы при раскрое на детали, уменьшить количество отходов, загрязняющих окружающую среду, снизить себестоимость изделий, обеспечить частые изменения моды на обувь и изделия кожгалантереи, позволяет использовать автоматизированные комплексы при раскрое, что улучшит качество изделий за счет исключения человеческого фактора и выполнения необходимых технологических требований процесса [5].

В большинстве приложений оптимизационных задач размещения нужно организовать упаковку данного набора объектов в пределах некоторой области. Для решения такого класса задач популярны задачи плотного размещения, при этом на размещение элементов накладывают некоторые ограничения, в том числе условия непересечения объектов между собой и условия невыхода за пределы области расположения.

Для решения задач раскроя используют ряд методов по размещению плоских геометрических объектов, и среди этих методов наибольшее распространение получили методы, основанные на последовательном размещении геометрических объектов [7].

Также задачи раскроя могут быть адекватно формализованы с помощью аппарата евклидовой комбинаторной оптимизации. В простейшем случае она заключается в размещении без наложений в полубесконечных полосках одинаковой ширины прямоугольников такой же ширины с целью минимизации наибольшей длины занятых частей полосок [4].

Одним из способов решения задач раскроя является декомпозиция множества допустимых решений на выпуклые подмножества, замена решения исходной задачи решением последовательности полученных подзадач с организацией направленного перебора подмножеств и использованием метода G-проекции для решения задач оптимизации [6].

Для решения задач оптимального размещения геометрических объектов также используют способ последовательно-одиночного размещения, который является некоторой модификацией метода Гаусса – Зайделя. Суть способа последовательно-одиночного размещения геометрических объектов состоит в том, что все объекты размещают последовательно по одному. Предварительно размещенные объекты считают неподвижными. Каждый объект размещают так, что из всех возможных положений выбирают такое, при котором целевое значение функции достигает наименьшего значения только по тем переменным, которые являются параметрами объекта размещения [3].

Также применяют математические модели построения плотных упаковок и решетчатых схем раскроя рулонных материалов.

При этом определяют и формализуют следующие структурные компоненты: аналитическое описание деталей, для которых проектируют плотную решетчатую укладку; параметры, которые однозначно определяют положение детали на плоскости; аналитическое представление условий взаимного непересечения деталей при их совмещении; аналитическое описание системы совмещения деталей; математическое представление множества допустимых решений; аналитическое представление целевой функции [5].

Для решения задач раскроя-упаковки предложен также метод на основе покрытия области допустимых решений для решения задач оптимизации с линейной целевой функцией и линейными ограничениями на композиционных образах комбинаторных множеств. В основу метода положены свойства композиционных образов комбинаторных множеств и заданных на них функций [1].

Суть метода заключается в покрытии области множествами, которые либо не содержат внутри точек множества, либо содержат только известные заранее точки. В результате такого покрытия исключают точки области, которые ей не принадлежат и, следовательно, не являются решением задачи. Поиск решения задачи сводится к анализу конечного и в достаточной мере ограниченного множества точек, найденных при построении множеств,

покрывающих область [1].

Рассмотрев назначение существующих методов и способы выполнения (реализации) задач раскроя-упаковки (на плоскостях), можно сделать вывод, что основной целью этих задач является рациональное размещение элементов заданной формы на определенной плоскости расположения с целью эффективного использования этой плоскости (минимизации отходов).

Задачей размещения плоских взаимно ориентированных объектов на заданных плоскостях при решении задач архитектурного дизайна (отрасль строительства и архитектуры) является оптимальное упорядоченное расположение элементов определенной формы с заданными параметрами размещения на заданной плоскости с учетом плоскостей запрета с целью эффективного использования объектов размещения (минимизации отходов).

Ниже на упрощенном примере рассмотрим возможность решения задачи по размещению прямоугольных объектов различной формы в четко определенном порядке таким образом, чтобы полностью заполнить заданную область размещения используя:

а) задачу раскроя-упаковки – способ последовательно-одиночного размещения геометрических объектов [3] (рис. 1а).

б) задачу архитектурного дизайна – размещение плоских взаимно ориентированных объектов на заданных плоскостях (рис. 1б).

Основные условия и различия этих задач приведены в сравнительной таблице 1

Таблица 1

Условия и отличия задач раскроя-упаковки и архитектурного дизайна

Задача раскроя-упаковки	Задача архитектурного дизайна
<i>Заданная область размещения Ω с размерами H, L.</i>	<i>Заданная область размещения Ω с размерами H, L.</i>
Не допускают выход объектов расположения за внешний контур.	Допускают выход объектов расположения за внешний контур.
Площадь занятой части области Ω объектами расположения должна быть максимальной.	Вся площадь области Ω должна быть заполнена.
<i>Размещенные объекты должны выполнять условия взаимного непересечения и находиться на заданном расстоянии друг от друга.</i>	<i>Размещенные объекты должны выполнять условия взаимного непересечения и находиться на заданном расстоянии друг от друга.</i>
Рассматривают заданную область возможных размещений.	Рассматривают заданную область возможных размещений с возможностью выхода за заданную область.
Последовательность расположения элементов определяют задачей раскроя-упаковки.	Задают четко определенную последовательность расположения элементов в зависимости от дизайнерского решения.
Отходами является незаполненная часть области размещения Ω , что не допускается при решении задач архитектурного дизайна.	Отходами является площадь объектов расположения за пределами заданной области Ω , что допускается при решении задач архитектурного дизайна.

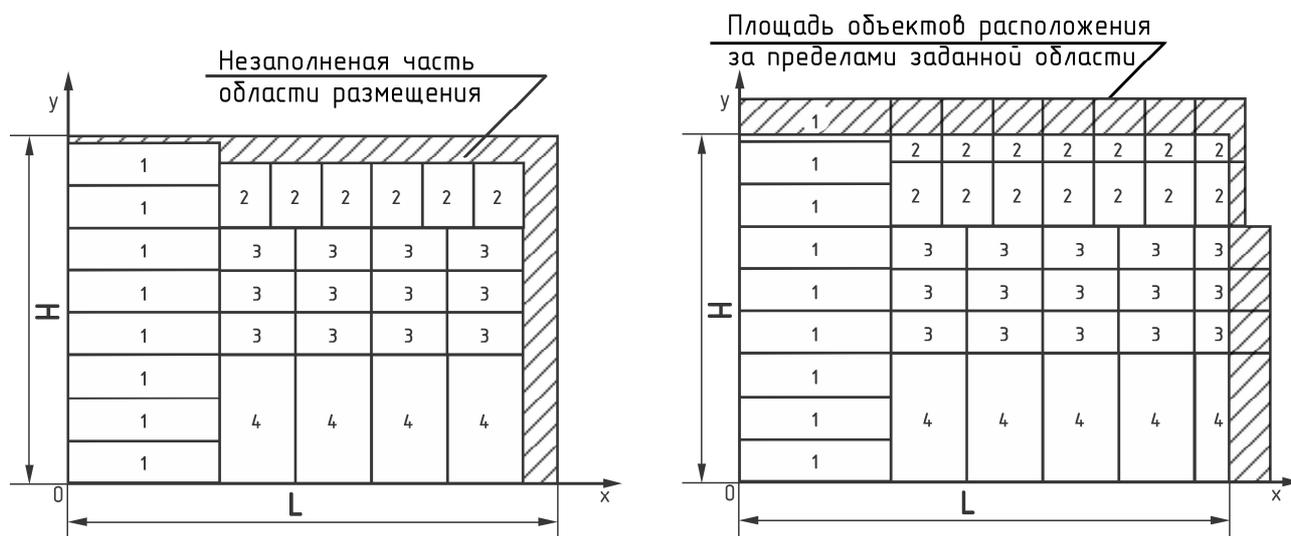


Рис. 1. Расположение плоских прямоугольных объектов на заданной области размещения

Рассмотрев условия и различия задач раскроя-упаковки и архитектурного дизайна, можно констатировать, что задачи раскроя-упаковки не обеспечивают заданную последовательность расположения элементов в зависимости от дизайнерского решения, выход (при необходимости) объектов расположения за внешний контур с целью полного заполнения области размещения.

Из вышеприведенного можно сделать вывод, что при подобном направлении реализации задач оптимизации размещения методы решения задач раскроя не могут быть использованы в полной мере для решения задач размещения плоских взаимно ориентированных объектов в заданных областях (на заданных плоскостях), так как конечные задачи полностью отличаются. Поэтому есть необходимость в создании математической модели задачи размещения плоских взаимно ориентированных объектов в заданных областях и разработке соответствующей информационной технологии моделирования указанной задачи.

Для создания вышеуказанной математической модели и разработки соответствующей информационной технологии необходимо решить следующие задачи:

- определение исходных данных и граничных условий;
- формализацию оптимизационной задачи размещения плоских взаимно ориентированных объектов на заданных плоскостях;
- принятие базового метода размещения геометрических объектов на плоскости;
- на основе базового метода создание математической модели и методов решения данной задачи;
- разработку алгоритмов решения задачи;
- создание соответствующей информационной технологии.

Выводы

Рассмотрев наиболее распространенные задачи раскроя-упаковки и их математические модели в части соответствия задачи размещения плоских взаимно ориентированных объектов в заданных областях для отрасли строительства и архитектуры, обозначив разногласия конечных задач, определено, что рассмотренные математические модели задач раскроя-упаковки не могут быть использованы для размещения плоских взаимно ориентированных объектов в заданных областях в отрасли строительства и архитектуры для применения при создании архитектурно-дизайнерских решений.

Признана необходимость в создании математической модели задачи размещения плоских взаимно ориентированных объектов в заданных областях и разработке соответствующей

информационной технологии моделирования указанной задачи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

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 [Электронный 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 інформатика. – 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 Петровна – соискатель, инженер центра параллельных вычислений при Хмельницьком національному университеті, e-mail: edinora@yandex.ua.

Ковальчук Сергей Станиславович – к. т. н., доцент кафедри комп'ютерних наук и інформаційних технологій.

Хмельницький національний университет.