

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАЗМЕЩЕНИЯ ОРТОГОНАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ В МНОГОУГОЛЬНОЙ ОБЛАСТИ НА БАЗЕ МАТРИЧНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Р. И. ХАСАНОВ¹, Э. И. ДЯМИНОВА²

¹ khasanov.rustem.mo@gmail.com, ² xasel@mail.ru

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет» (УГАТУ)
ФГБОУ ВО «Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы» (БГПУ им. М. Акмуллы)

Аннотация. Рассматривается задача размещения геометрических объектов в многосвязный ортогональный полигон. Приведена математическая постановка. Для решения задачи предлагается использовать метод на базе матричной технологии. Описаны основные этапы конструирования плана размещения. Продемонстрирован интерфейс и функциональные возможности программного модуля, реализующего предложенный метод.

Ключевые слова: многосвязный ортогональный полигон, размещение ортогональных многоугольников, матричная технология, элементная матрица, матрица области, первый подходящий, коэффициент размещения.

Технологические процессы в различных прикладных отраслях часто используют этап раскрытия или размещения деталей с учетом геометрических особенностей. Он является важным с точки зрения экономии ресурсов и сложным для принятия решения. Наиболее изученной является задача размещения прямоугольных объектов внутри прямоугольной полосы или области [1]. Развитием данной задачи является покрытие и размещение прямоугольников внутри ортогональной многоугольной области [2]. Однако зачастую в промышленности объекты имеют более сложную форму и аппроксимация их путем замены на описывающие прямоугольники приводит к существенным потерям информации и получению недостаточно эффективных карт размещения. Предполагается, что использование в качестве описывающих фигур объектов более сложной формы позволит улучшить результат.

Пусть имеется прямоугольная область с препятствиями, а также перечень ортогональных объектов, которые необходимо максимально эффективно разместить внут-

ри нее. Опишем вокруг препятствий и объектов ортогональные многоугольники. Тогда задачу можно записать в следующем виде.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Имеется прямоугольная область размерностью $W \times H$. Введем прямоугольную систему координат: оси Ox и Oy совпадают соответственно с нижней горизонтальной и левой вертикальной сторонами области. Имеется множество видов ортогональных многоугольников $P = (p_1, p_2, \dots, p_i, \dots, p_n, \dots, p_{n+b})$, где n – количество видов многоугольников, b – количество препятствий, $i = 1, n$ – номера фигур, $i = n + 1, n + b$ – номера препятствий. Для каждого многоугольника p_i ($i = 1, n + b$) задано множество вершин $V = (v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{ij}, \dots, v_{im_i})$, где $j = 1, m_i$, m_i – количество вершин i -й фигуры, и множество граней $E_i = (e_{i1}, e_{i2}, \dots, e_{ij}, \dots, e_{im_i})$, где $k = 1, m_i + 1$,

$(m_i + 1)$ – количество граней фигуры (рис. 1). Для каждого препятствия дополнительно задаются координаты левого нижнего угла описывающего прямоугольника внутри области размещения (χ_i, η_i) . Обозначим также s_i – площадь объектов множества P ($i = \overline{1, n+b}$).

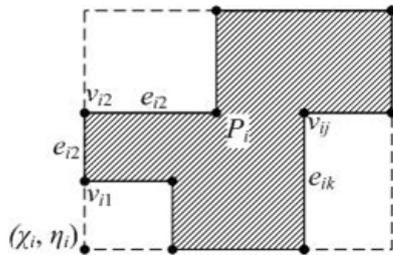


Рис. 1. Пример задания многоугольного объекта

Все многоугольники множества P должны удовлетворять следующим условиям: 1) ортогональность; 2) непересечение граней (границ многоугольника могут соприкасаться только в его вершинах); 3) односвязность (все вершины многоугольника должны быть связаны между собой гранями); 4) замкнутость; 5) соразмерность (ширина и высота описывающего прямоугольника каждого объекта не должны превышать соответствующие размеры области размещения).

Необходимо найти план размещения многоугольников внутри заданной области: 1) описывающие прямоугольники объектов не выходят за границы области размещения; 2) размещенные многоугольники и препятствия не пересекаются между собой; 3) позволит наиболее эффективно использовать полезную площадь области размещения.

Матричная модель размещения многоугольных объектов.

Для решения поставленной задачи воспользуемся матричной технологией. Ранее такой подход уже использовался для размещения прямоугольных объектов внутри многосвязного ортогонального полигона (МОП) [3]. В [4] было предложено расширить использование матричной технологии для размещения ортогональных многоугольников. В отличие от исходного алгоритма, в матричном виде представляется не только область размещения, но и размещаемые многоугольники. Тогда каждому объекту множества P будет поставлена в соот-

ветствии элементная матрица, каждая ячейка которой содержит значение « i », если соответствует непустой части объекта p_i , и «0» – в противном случае (рис. 2).

Идея использования матричного подхода состоит в сопоставлении значений в ячейках матрицы области со значениями в ячейках элементных матриц с целью проверки возможности размещения соответствующего объекта. Рассмотрим этот процесс более подробно.

0	0	0	1	1	1	1	1
0	0	0	1	1	1	1	1
0	0	0	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	0	0
1	1	1	1	1	1	0	0
0	0	1	1	1	1	0	0
0	0	1	1	1	1	0	0

Рис. 2. Пример элементной матрицы

1. **Процедура преобразования графической информации о фигуре в элементную матрицу** детально была рассмотрена в [4]. Размерность ячеек матрицы определялась путем поиска наибольшего общего делителя (НОД) для размеров объектов и области размещения. После этого рассчитывается количество ячеек в матрице и заносятся значения.

2. **Определение текущей позиции в матрице области размещения.** В начале работы алгоритма в качестве текущей позиции выбирается ячейка $[0, 0]$.

3. **Проверка допустимости размещения текущего объекта в текущую позицию внутри области.** Начиная с текущей позиции матрицы области, производится последовательное сравнение значений их ячеек. Если хотя бы одна из матриц содержит в рассматриваемой ячейке значение «0», то перекрытия нет, и сравнение продолжается. Если обе матрицы содержат в текущей ячейке ненулевое значение, то размещение признается недопустимым, и процедура останавливается.

Если в ходе сравнения ячеек матриц не выявлено перекрытий, то такое размещение считается допустимым и, начиная с текущей позиции, нулевые ячейки матрицы области заменяются на соответствующие значения

ячеек элементной матрицы. Объект помечается как размещенный.

4. **Процесс размещения объектов внутри области.** При размещении объектов был реализован алгоритм, основанный на принципе «первый подходящий»: производится перебор позиций в матрице области в поисках пригодной для размещения текущего объекта. После того как подходящее место найдено, либо перебор для данного объекта не дал положительного результата, выбирается следующий по списку объект, и процедура повторяется. Алгоритм прекращает работу, когда рассмотрены все объекты из списка. При этом исходный список фигур может быть перемешан случайным образом или упорядочен по одному из выбранных показателей: площадь фигуры; площадь или размеры описывающего прямоугольника; сложность фигуры (отношение площади фигуры к площади описывающего прямоугольника).

5. **Оценка качества полученного решения** производится путем расчета коэффициента размещения:

$$\left(\frac{\sum_{i=1}^n s_i}{W \cdot H - \sum_{k=n+1}^{n+b} s_k} \right).$$

Чем ближе полученное значение к 1, тем эффективнее найденный план размещения объектов внутри области.

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МАТРИЧНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ ОРТОГОНАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ В МНОГОУГОЛЬНОЙ ОБЛАСТИ

Для реализации матричного подхода к размещению ортогональных объектов в многоугольной области был разработан программный модуль. На рис. 3 представлен интерфейс модуля с результатами решения тестового безотходного примера (рис. 4, а) в матричном виде. На рис. 4, б представлена визуализация плана размещения.

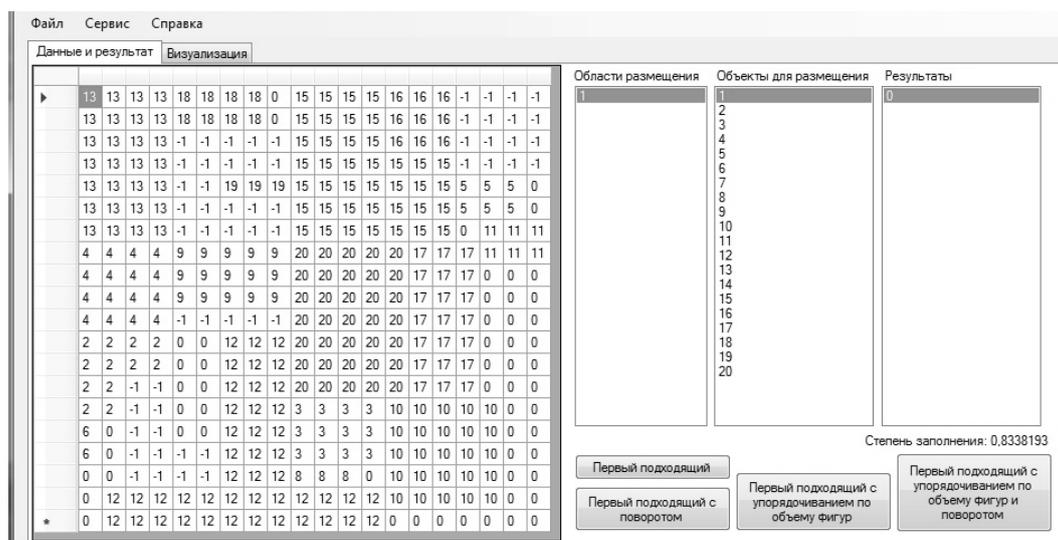
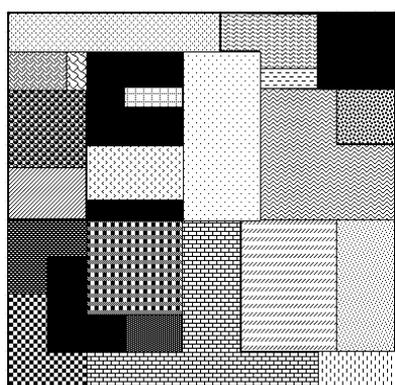
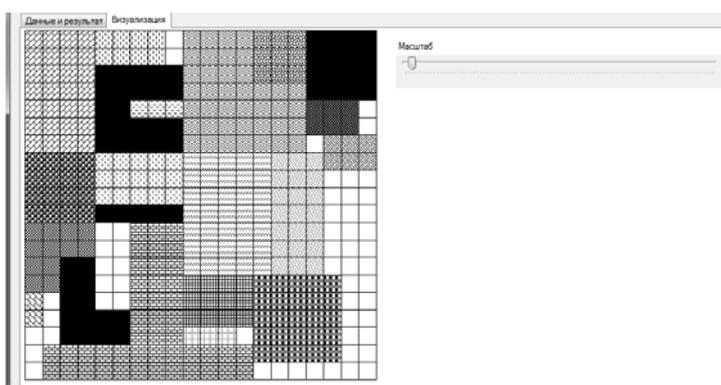


Рис. 3. Интерфейс программного модуля матричного размещения объектов



а



б

Рис. 4. План размещения: *а* – исходный пример; *б* – визуализация результата работы программного модуля

Как видно из рис. 3, 4, несмотря на достаточно высокое значение коэффициента размещения (0,834), оптимальный результат не был достигнут. Для повышения качества получаемых решений предполагается усовершенствовать алгоритм путем внедрения в него процедуры оценки эффективности размещения каждого объекта и выбора наиболее удачной позиции. Другим направлением улучшения работы программного модуля является использование многопроходных эвристик.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренный в статье программный модуль базируется на матричном представлении данных. Для построения планов размещения ортогональных многоугольников внутри области с препятствиями используется однопроходный алгоритм, в основу которого положен принцип первого подходящего. В дальнейшем программа может быть доработана более сложными, в том числе многопроходными, эвристиками. Такая программа могла бы быть полезной как в прикладных областях для повышения эффективности использования ресурсов, так и в исследовательской деятельности для тестирования различных алгоритмов матричной технологии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Канторович Л. В., Залгаллер В. А. Рациональный раскрой промышленных материалов. – СПб.: Невский Диалект, 2012 г. – 304 с. [L.V. Kantorovich, V.A. Zalgaller «Rational cutting of industrial materials», no., pp. 304.].
2. Филиппова А. С., Дямина Э. И., Валиахметова Ю. И. Многокритериальная оптимизация: комплексная задача геометрического покрытия и раскроя / Прикладная математика и фундаментальная информатика: ежегодный научный журнал / под общ. ред. А. В. Зыкиной. – Омск: Изд-во Ом. гос. ун-та, 2014. №1. с.112-115. [A.S. Filippova, E.I. Dyaminova, Y.I. Valiakhmetova «Multi-criteria optimization: a complex problem of geometric covering and cutting» in Applied Mathematics and Fundamental Informatics: an annual scientific journal, no. 1, pp. 112-115, 2014].
3. Филиппова А. С., Дямина Э. И., Валиахметова Ю.И. Метод ограниченной декомпозиции для решения комплексной задачи геометрического покрытия и раскроя / Информационные технологии, 2016. Т. 22. №3. с.179-187 [A.S. Filippova, E.I. Dyaminova, Y.I. Valiakhmetova «Bounded decomposition method for solving a complex problem of geometric covering and cutting » in Information Technologies, vol. 22, no. 3, pp. 179-187].

4. Филиппова А. С., Дямина Э. И., Хасанов Р. И. Обработка графической информации для решения задач размещения геометрических объектов/Труды VI Всерос. науч. конф. «Информационные технологии интеллектуальной поддержки принятия решений», Т.2, Уфа-Ставрополь, 2018. с.83-88. [A.S. Filippova, E.I. Dyaminova, R.I. Khasanov «A graphical information processing for solving geometric objects placing problems» in Proceedings of the All-Russian Scientific Conference «Information technologies of intellectual decision support», vol. 2, pp. 83-88, 2018].

ОБ АВТОРАХ

ХАСАНОВ Рустем Ильдарович, аспирант. каф. ВМиК.

ДЯМИНОВА Элина Ильдаровна, канд. техн. наук, доцент каф. ПИ БГПУ им. М. Акмуллы.

METADATA

Title: The mathematical support and software for placing orthogonal objects in a polygonal area based on matrix technology

Authors: R. I. Khasanov¹, E. I. Dyaminova²

Affiliation:

Ufa State Aviation Technical University (UGATU), Russia.

Bashkir State Pedagogical University named after M. Akmulla (BSPU named after M. Akmulla), Russia.

Email: ¹ khasanov.rustem.mo@gmail.com, ² xasel@mail.ru

Language: Russian.

Source: Molodezhnyj Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa State Aviation Technical University), no. 1 (20), pp. 183-186, 2019. ISSN 2225-9309 (Print).

Abstract: Discusses the problem of placing geometric objects in a multicoherent orthogonal polygon. The mathematical model is given. To solve the problem we propose to use the method based on the matrix technology. The main stages of constructing a placing plan are described. The interface and the functional capabilities of the software based on this method are demonstrated.

Key words: multicoherent orthogonal polygon, placing of orthogonal polygons, matrix technology, element matrix, area matrix, first fit method, placing coefficient.

About authors:

KHASANOV, Rustem Ildarovich., postgraduate 2 year, Ufa state aviation technical University

DYAMINOVA, Elina Ildarovna., candidate of technical Sciences, Associate Professor in the Department of Information Technologies, Bashkir State Pedagogical University named after M. Akmulla