

3. Писеренко Г.С., Лебедев А.А. Деформирование и прочность материалов при сложном напряженном состоянии.-Киев.: Наукова думка,1976.-415с.
4. Кайбышев О.А., Васин Р.А., Бердин В.К., Кашаев Р.М. Установка для проведения испытаний материалов в условиях сложного нагружения/ Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2000. №4(т.66).с.50-53.
5. Смолянкин О.А. Автоматизированный комплекс для определения механических характеристик при сложном нагружении. Реологічні моделі та процеси деформування пористих і композиційних матеріалів. 1997, с35-36.
6. Иван ван Лейнингем. Освой Python за 24 часа. М.:Вильямс, 2001. – 448 с.
7. Philip Wasserman. Neural Computing - Theory and Practice. 1989. – 230 с.

УДК 519.854.2

# ВЫДЕЛЕНИЕ ПУСТЫХ ОБЛАСТЕЙ ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ФОРМЫ В ОБЛАСТИ С ПРЕПЯТСТВИЯМИ

**А.С. Александров\***  
Контактный тел.: 099-251-16-92  
E-mail: aleksandrov.alexandr@gmail.com

**А.В. Войцев**  
Кандидат технических наук, доцент\*  
Контактный тел.: 095-421-68-90, (0642) 47-99-35  
E-mail: voice-ua@yandex.ru

\*Кафедра автоматизации и систем управления  
Восточнoукраинский национальный университет им. Владимира  
Даля  
кв. Молодежный, 20а, г. Луганск, Украина, 91034

*У статті розглянуто метод виділення порожніх пересічних областей прямокутної форми, які покривають всю вільну площу*  
**Ключові слова:** розкрій, виділення порожніх областей

---

*В статье рассмотрен метод выделения пустых пересекающихся областей прямоугольной формы, которые покрывают всю свободную площадь*  
**Ключевые слова:** раскрой, выделение пустых областей

---

*In article the method of allocation of empty being crossed squared areas which cover all free area was considered*  
**Keywords:** cutting, allocation of empty areas

## 1. Введение

Задача выделения пустых областей прямоугольной формы в области с препятствиями имеет большое прикладное значение, а также представляет значительный интерес с научной точки зрения. Практическая ценность решения этой проблемы обусловлена постоянной потребностью сократить временные затраты и количество отходов при раскрое листового материала на заготовки, что важно для снижения издержек в различных отраслях промышленности.

## 2. Цель и задачи исследования

Дана прямоугольная область заданной ширины  $W$  и длины  $L$ , а также набор прямоугольных препятствий заданных размеров. Размещение препятствий в области является допустимым, т. е. выполняются следующие условия [1,2,4]:

- стороны препятствий параллельны сторонам области (условие ортогональности);

- препятствия не перекрывают друг друга;
  - препятствия не выходят за границы полосы или листа;
  - выполняется условие гильотинности [3].
- Необходимо получить список пересекающихся прямоугольников, при следующих условиях:
- они должны покрывать всю пустую область;
  - они не должны лежать друг в друге.

## 3. Представление области с препятствиями в матричном виде

Через все грани препятствий проведем сквозные линии. Обозначим точки пересечения вертикальных линий с осью  $Ox$ :  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , а горизонтальных с осью  $Oy$ :  $y_1, y_2, \dots, y_n$  (рис. 1).

Добавим к множеству  $X$  значение  $0$  и  $W$ , к множеству  $Y$  значения  $0$  и  $H$ . Удалим из множеств  $X$  и  $Y$  одинаковые элементы и упорядочим оставшиеся элементы множеств по возрастанию. Так же можно изначально не добавлять повторяющиеся значения в

множества и осуществлять сортировку при добавлении новых точек.

В результате область с препятствиями оказывается покрытой сетью, каждая ячейка которой либо не содержит препятствий (пустая), либо является препятствием или частью препятствия (т. е. нет ячеек, в которых одновременно было бы и препятствие, и пустое место).

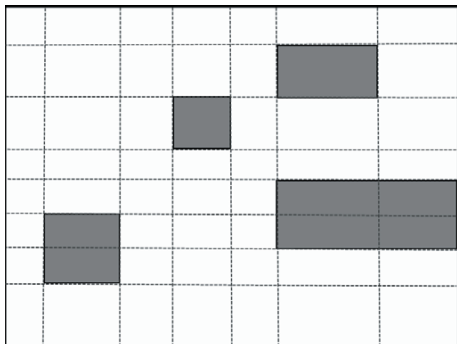


Рис. 1. Неравномерная сетка

Обозначим  $XС$  – количество элементов во множестве  $X$ ,  $YС$  – количество элементов во множестве  $Y$ , тогда количество ячеек по горизонтали будет  $(XС - 1)$ , а по вертикали –  $(YС - 1)$ . Область с препятствиями в результате может быть записана в виде матрицы, элементами которой будут нули и единицы. Создадим двоичную матрицу  $A$  размерности  $YС * XС$ .

Для примера на рис. 2 матрица  $A$  будет выглядеть следующим образом:

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Рис. 2. Двоичная матрица

Для того чтобы выделить прямоугольные области без препятствий из исходной области, будем объединять пустые смежные ячейки. При этом под «смежной» понимается ячейка, имеющая значение индекса на 1 больше, чем у исходной.

Выбор исходной ячейки. Прежде всего, необходимо выбрать исходную ячейку. Начнем рассмотрение с левой верхней ячейки исходной области (т. е.  $x = 0, y = 0$ ). Если  $A[0,0] = 0$ , то она принимается за исходную ячейку, в противном случае увеличиваем значение  $x$  на единицу и продолжаем поиск. Если ни одна из строки не была выбрана в качестве исходной, то переходим к следующей строке (т. е. принимаем  $y = y + 1, x = 0$ ) и продолжаем поиск. Пусть в качестве исходной ячейки была выбрана  $A[0,0]$ . Теперь необходимо определиться с направлением объединения.

Выбор направления объединения. Можно выделить 3 направления объединения: вертикальное, горизонтальное, диагональное [1,5].

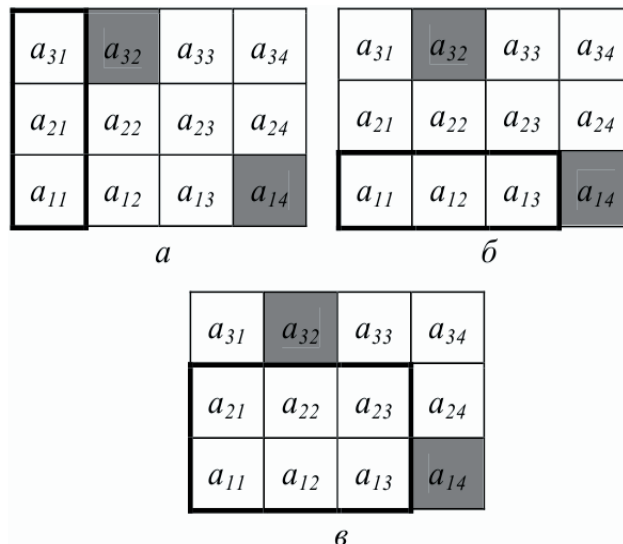


Рис. 3. Способы объединения ячеек: а – вертикальное, б – горизонтальное, в – диагональное

При вертикальном способе в качестве ячеек-кандидатов на объединение рассматриваются только смежные ячейки из того же столбца, что и исходная ячейка (рис. 3,а).

При горизонтальном – только смежные ячейки из той же строки (рис. 3,б). При диагональном способе объединение идет как по строкам, так и по столбцам (рис. 3,в).

В зависимости от параметров препятствий и их расположения описанные способы могут давать различные результаты.

Объединение пустых ячеек. Очевидно, что горизонтальный и вертикальный способы объединения являются частными случаями диагонального, поэтому далее в статье будем рассматривать общий случай – диагональный способ.

До начала объединения в качестве прямоугольной области без препятствий принимается исходная ячейка.

*Объединение вправо*

Определяем максимально возможную ширину области по вертикали  $MaxW = W - X$ . Далее проверяем все ячейки от  $A[Y, X]$  до  $A[Y, X + MaxW]$ . Если встречается 1 – препятствие, то прекращаем проверку и присваиваем новое значение  $MaxW$ . Уменьшаем значение ячеек от  $A[Y, X]$  до  $A[Y, X + MaxW]$  на 1. Т.е. они будут равняться -1.

*Объединение вверх*

После того как определили  $MaxW$  проводим объединение вверх. Проверяем ячейки от  $A[Y-1, X]$  до  $A[Y-1, X + MaxW]$ . Если все они равны 0, то присоединяем их. И т.д., пока  $Y-1 >= 0$

*Объединение вниз*

После того как определили  $MaxW$  проводим объединение вниз. Проверяем ячейки от  $A[Y+1, X]$  до  $A[Y+1, X + MaxW]$ . Если все они равны 0, то присоединяем их. И т.д., пока  $Y+1 <= N$ .

*Объединение влево*

После объединения вверх и вниз у нас есть высота области  $MaxL$ . Далее проверяем все ячейки от  $A[Y, X-1]$  до  $A[Y + MaxL, X-1]$ . Если все они равны 0, то присоединяем их. И т.д., пока  $X-1 >= 0$ .

#### 4. Алгоритм выделения пустых областей прямоугольной формы в области с препятствиями

1. Представление области с препятствиями в виде матрицы;
2. Выбор исходной ячейки;
3. Проверка наличия свободных ячеек справа;
4. Запоминаем координату X нижнего угла свободной области;
5. Проверка наличия свободных ячеек сверху;
6. Запоминаем координату Y верхнего угла свободной области;
7. Проверка наличия свободных ячеек снизу;
8. Запоминаем координату Y нижнего угла свободной области;
9. Проверка наличия свободных ячеек слева;
10. Запись полученной области в список свободных областей;
11. Поиск следующей ячейки.

Для иллюстрации работы алгоритма изобразим каждую ячейку матрицы в виде клетки (рис 4.):

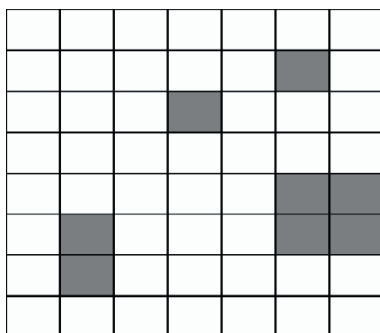


Рис. 4. Двоичная матрица в графическом виде

Процесс поиска пустых областей в двоичной матрице показан на рис. 5.

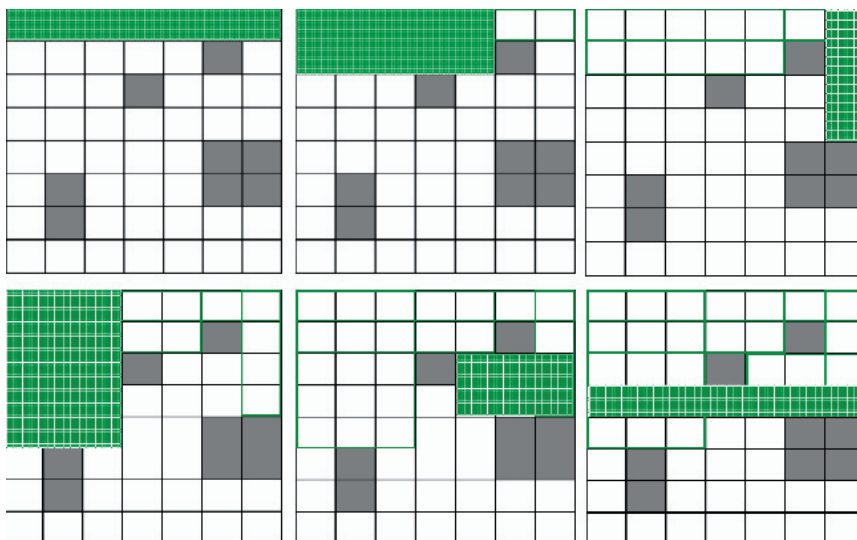


Рис. 5. Процесс поиска пустых областей в двоичной матрице

После выполнения объединения по всем направлениям были выделены все возможные области прямоугольной формы (рис. 6).

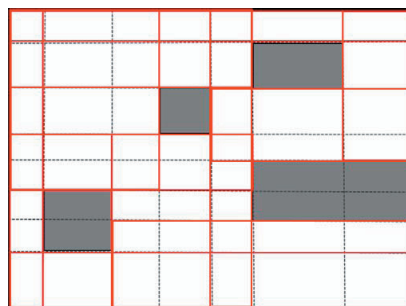


Рис. 6. Выделение пересекающихся прямоугольных областей

Приведенный алгоритм программно реализован и проведены тестовые расчеты. Скорость работы алгоритма зависит от количества и размеров препятствий. Быстродействие алгоритма может быть улучшено в результате распараллеливания алгоритма.

#### 5. Выводы

В статье рассмотрен алгоритм выделения пересекающихся прямоугольных областей в области с препятствиями. Метод основан на представлении исходной области в виде матрицы. Выделение прямоугольных областей – лишь один из этапов при решении многоэтапных задач размещения.

Следующий этап – размещение прямоугольных объектов внутри прямоугольной области.

#### Литература

1. Матричный способ декомпозиции многосвязного полигона на множество прямоугольных областей минимальной мощности [Текст] / Э. И. Хасанова, Р. А. Валеев // Вестник УГАТУ. Уфа: УГАТУ, 2010. Т. 14. № 2 (37), С. 83-187.
2. Головистиков, А. В. Задачи двумерной прямоугольной упаковки и раскроя [Текст]: Обзор / А. В. Головистиков // Информатика». - 2008. - № 4. - С. 18-33.
3. Балабанов, В. Н. Оптимизация раскроя рулонного металлопроката на слиттере / В. Н. Балабанов, Ю. А. Скобцов // Вестник ДГМА. - 2010. - № 1 (18). - С. 7-12.
3. Alvarez-Valdes, R. Parreco, F. Tamarit, J.M., A GRASP algorithm for constrained two-dimensional non-guillotine cutting problems [Text] / Journal of the Operational Research Society, 56(4), 2005: 414-425.
4. Скобцов, Ю. А. Основы эволюционных вычислений [Текст]: Учебное пособие / Ю. А. Скобцов. - Донецк: ДонНТУ, 2008. - 326 с.
5. Проектирование размещения ортогональных объектов на полигонах с препятствиями [Текст] / Э. А. Мухачева, Ю. И. Валиахметова, Э. И. Хасанова, С. В. Телицкий // Информационные технологии. 2010. № 10. С. 16-22.