

УДК 004.023, 519.147

АЛГОРИТМ ДВУМЕРНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ ФОРМ В КОНТЕЙНЕР

Рыжиков А.О., студент

*Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Компьютерные системы автоматизации производства»*

Научный руководитель: Хоботов Е.Н., д.т.н., профессор

Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана

gss@bmstu.ru

Введение

В различных областях науки, техники и информационных технологий возникает проблема заполнения прямоугольных областей различными формами так, чтобы рабочая область была заполнена максимально. Подобная задача называется задачей ортогональной упаковки и является NP-полной [2]. Сложность решения подобной задачи растет полиномиально в зависимости от сложности самой задачи, поэтому имеет смысл использование численных методов решения, в частности, эвристический поиск.

В данной статье предлагается алгоритм, адаптированный для задачи по заполнению вибростола завода железобетонных изделий. Вибростол заполняется формами, отобранными по определенным принципам, например, длительность вибросушки, габариты детали, марка бетона и т.д. В квазичеловеческом эвристическом методе заполнения полостей процесс упаковки рассматривается как имитация деятельности человеческой логики. Эвристическим методом является по причине наличия определенных правил, указывающих путь к конечной цели алгоритма (заполненный контейнер) и определяющих выбор, какое изделие каким образом лучше расположить.

Постановка задачи

Пусть имеется прямоугольный контейнер C_0 , имеющий длину W_0 и ширину H_0 соответственно, в котором требуется разместить n прямоугольных изделий R_i , имеющих длину w_i , ширину h_i , а также (опционально) определенный рейтинг r_i ($i=1, 2, \dots, n$). Нашей задачей является *разместить в контейнере наибольшее количество изделий* из заданного множества R_i так, чтобы:

- оставшаяся свободной от изделий площадь контейнера была бы минимальной;
- суммарный рейтинг изделий в контейнере должен быть максимальным.

Накладываемыми *ограничениями* в задаче являются:

1. Каждый край прямоугольника должен быть параллелен краю контейнера.
2. Прямоугольники не должны перекрывать друг друга

При выполнении задачи принимаются определенные *допущения*:

1. Все изделия обрабатываются только на вибростоле.
2. Все изделия прямоугольной формы.
3. Вероятность появления брака любого рода равна нулю.

Описание алгоритма

В основе алгоритма лежит аксиома о заполняемости углов, основанная на статье [1]. Из нее следует, что лучшим местом для заполнения контейнера является угол, менее желательны грани, и самое нежелательное положение возникает при отсутствии касания со стенками контейнера или уже помещенными прямоугольниками. Таким образом, было принято обозначение *COA* (*corner-occupying action*) – ситуация, когда прямоугольник касается как минимум двух граней контейнера или других прямоугольников. В дальнейшем мы будем использовать понятие «COA» как своеобразную надстройку формы – обладая теми же параметрами, такими, как габариты и порядковый номер, COA определяет дополнительные свойства, отвечающие за место размещения изделия на столе.

На рисунке 1 представлены варианты размещения прямоугольника R_0 в контейнер. В положениях 1,4,5,6,8,9 – действие по его размещению квалифицируется как COA.

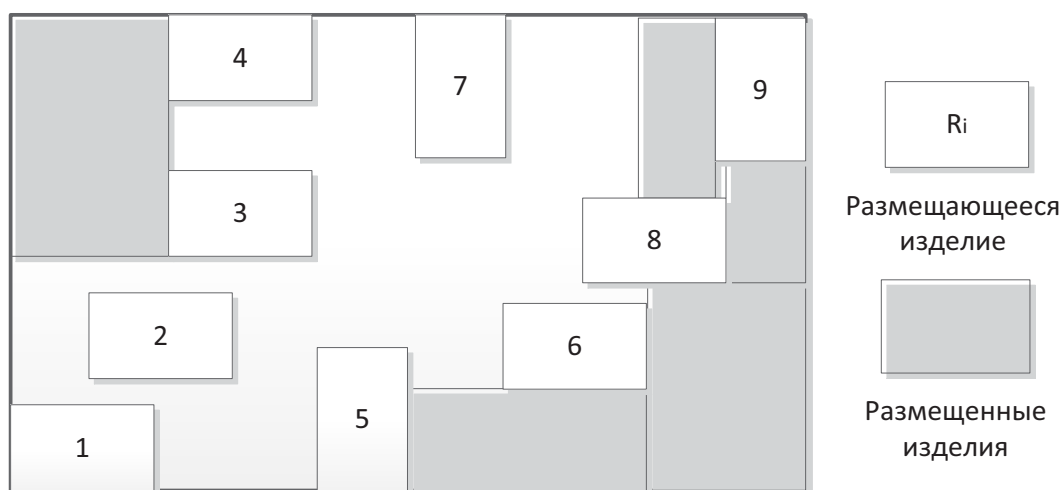


Рис.1. Варианты COA в контейнере.

Главная точка

За основу практической реализации алгоритма берется понятие главной точки.

Главная точка является точкой, определяющей положение детали: именно относительно нее происходит размещение изделия. Соответственно, координаты главной точки являются основными параметрами СОА.

Рассмотрим пример. Существует главная точка MP_i , относительно которой можно расположить изделие восемью различными способами:

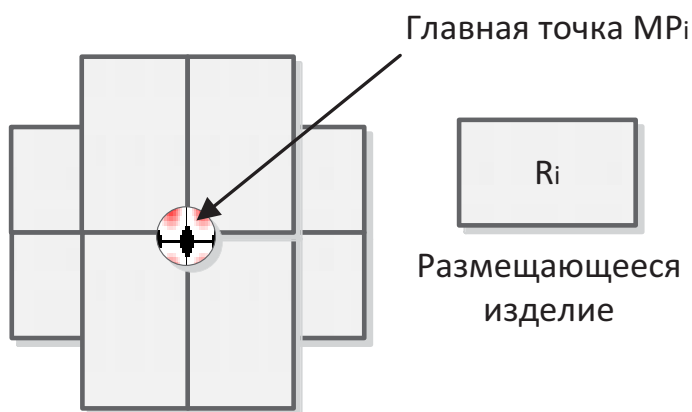


Рис. 2. Способы размещения формы относительно точки

Таким образом, когда происходит определение положения, СОА присваивается определенная точка. Однако, для однозначного определения положения СОА в контейнере этого недостаточно, поэтому вводятся такие параметры, как горизонтальное/вертикальное положение, а также угол, относительно которого происходит размещение.

Пример (рис.2):

Положение 1: СОА: R_i , главная точка: MP_i , угол: верхний правый, размещение: горизонтальное

Положение 2: СОА: R_i , главная точка: MP_i , угол: нижний правый, размещение: горизонтальное

Положение 3: СОА: R_i , главная точка: MP_i , угол: нижний левый, размещение: вертикальное

Ограничения

Для каждого изделия существует несколько СОА, но, в связи с описанными выше ограничениями, для каждой формы их становится меньше. Если по ограничениям не может существовать ни одного СОА, значит, эта деталь на данном столе в этом <http://sntbul.bmstu.ru/doc/635531.html>

размещении не участвует. Если СОА существует, то для него гарантированно можно посчитать все вышеописанные параметры.

Для определения ограничений вводится понятие *Bound* – граница, обладающая следующими параметрами:

- Точки начала и конца границы
- «Свободное» направление границы
- Глубина

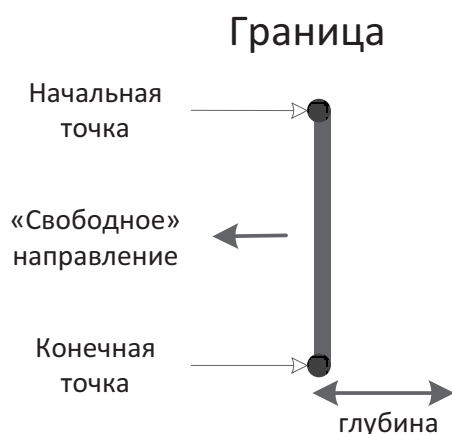


Рис.3. Граница, ее основные параметры

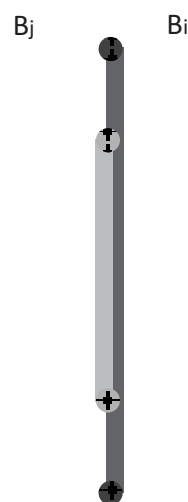


Рис. 4. Граница B_j подлежит удалению

В качестве начальной или конечной точки чаще всего выступает главная точка СОА. Своей формой границы повторяют размещенное изделие, не дублируя друг друга: при возникновении границ, одинаковых по форме и различных по направлению, обе удаляются. Также подлежит удалению граница, которая формой повторяет уже существующую, обладая т.н. *вложенностью* (рис.4).

В связи с описанными выше свойствами, ограничения задачи можно переиначить следующим образом:

1. *Изделие не заходит за форму контейнера. (container check)*

Однозначно записанные условия заданы как начальные четыре границы контейнера достаточной глубины.

2. *Хотя бы одно направление главной точки совпадает со «свободным» направлением границ. (direction check)*

В зависимости от угла СОА, главной точке, связанной с этим СОА, соответствует направление, в какую сторону размещается деталь. Например, есть угол СОА – нижний левый, направление движения – вправо и вниз и т.д.

3. *Ни одна точка размещенного СОА не пересекает границы. (overlapping check)*

Существует список уже размещенных границ, и каждая из них проверяется, не находится ли она в области, где возможно пересечение СОА и границ. Само пересечение определяет совокупность неравенств относительно положения точек границ и изделия.

Общее описание алгоритма

Входными параметрами алгоритма является отсортированный список изделий согласно работе системы календарного планирования, который по суммарной площади превышает площадь контейнера и гарантирует избыток. Также система планирования сообщает результаты о имеющихся в доступе на данный момент изделиях.

Выходными параметрами алгоритма являются:

- Список размещенных СОА
- Количественное значение свободной площади
- Качественная оценка с помощью коэффициента занятости стола
- Суммарный рейтинг размещенных в контейнере изделий
- Графическая интерпретация расположения форм на столе

В данной интерпретации входные данные представляют собой XML-документ, содержащий информацию об изделиях. На выходе образуется документ, являющийся списком размещенных СОА.

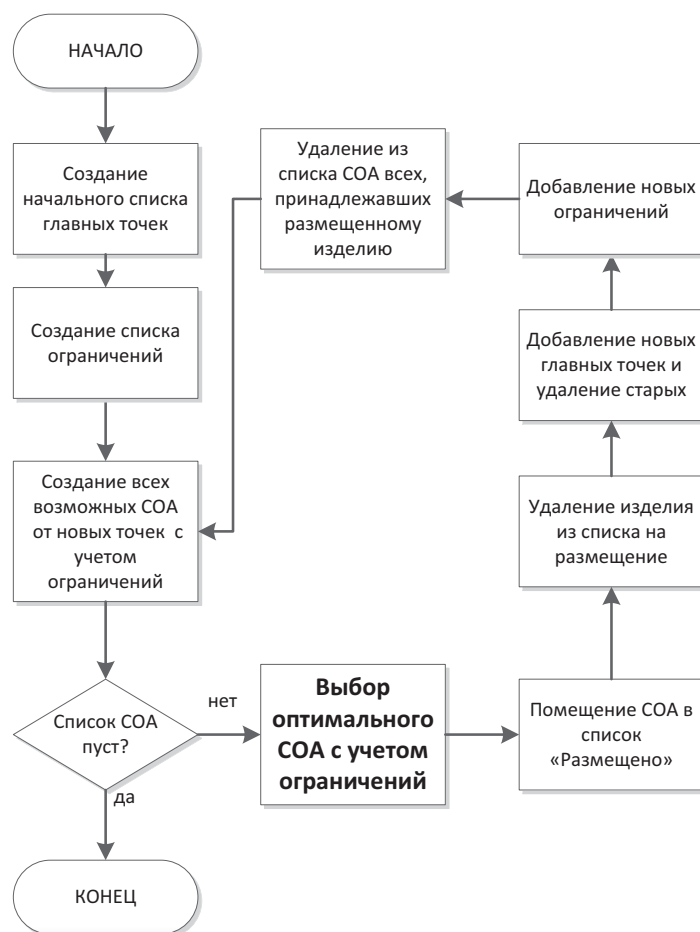


Рис.5. Приближенная блок-схема работы алгоритма

На блок-схеме (рис.5) представлены основные процессы, являющиеся конкретной реализацией алгоритма. Если список СОА на размещение пуст, следовательно, или программа ничего не может разместить (стол размещен полностью), или изделия закончились. Узким местом концепции на данный момент является тот факт, что количество главных точек растет с количеством размещенных изделий, а удаление точек не всегда полностью осуществимо. Однако, удаление излишне большого количества главных точек ведет к образованию полостей, на границах которых не остается главных точек. Это противоречит задачам алгоритма, но в реальных производственных ситуациях является при определенных условиях терпимым обстоятельством. Поэтому в задачу реализации входит определение «золотой середины» между быстродействием и качеством заполнения.

(Advanced Process Scheduling) встраивается подобная программа. Происходит прогон нескольких циклов с разными решающими правилами, на основе выходных данных происходит выбор, какое правило в данной ситуации лучше использовать. Возможно накопление статистики в зависимости от типов заказов, поступаемых на предприятие.

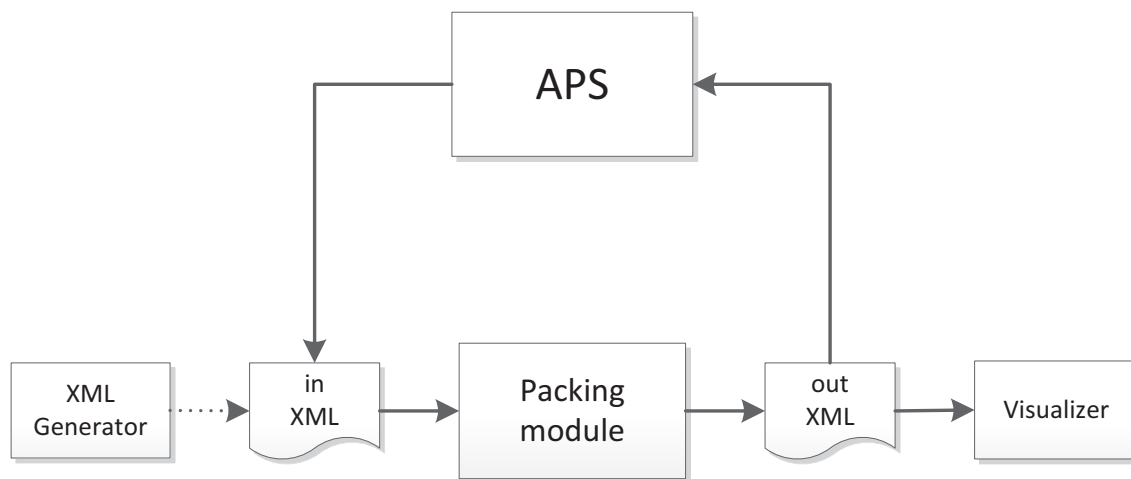


Рис. 7. Примерная схема работы модуля заполнения вибростола в APS-системе

На основе данных статистики выстраивается определенный рейтинг, влияющий на целесообразность использования определенного правила. В зависимости от статистических данных и рейтинга возможно создание специальных шаблонов для типовых заказов, которые могут с успехов использоваться на предприятии.

Дальнейшие перспективы

В планах состоит задача по автоматизации размещения деталей на уровне цеха. Параллельно размещение может производиться на нескольких вибростолах, изделия могут обрабатываться и на полу, с помощью ручных вибраторов. Таким образом, задача достигает серьезной степени вложенности и актуальности для применения на заводах железобетонных изделий. В алгоритм планируется добавить еще несколько правил для более точного и быстрого размещения. В подобного рода продукте могут быть заинтересованы различного рода клиенты, например, в системе складирования или в разработке компьютерных игр для генерации комплексных текстур или упаковки рюкзака персонажей.

Заключение

Ортогональные алгоритмы в настоящий момент имеют множество вариаций и способов реализации, но не существует универсального способа решения такой сложной и

актуальной задачи. Особенностью изложенного алгоритма является универсальность его применения, бесконечное множество возможных правил для реализации, а также приемлемое время работы и четкое решение, снабженное визуализацией. Автор надеется, что изложенный им подход поможет достигать оптимальных результатов и послужит еще одним толчком к новым алгоритмам и способам в бесконечном стремлении к совершенным решениям.

Список литературы

1. Дуанбинг Чен, Венки Хуань. A Novel Quasi-human Heuristic Algorithm for Two-dimensional Rectangle Packing Problem// IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security. - VOL.6 No.12, 2006. – С. 115-119.
2. Гэри М. Р.; Джонсон Д. С. Computers and Intractability: A Guide to the Theory of NP-Completeness. A Series of Books in the Mathematical Sciences. W. H. Freeman and Co. - 1979 - 338 с.
3. Куняев М.С., Сидоренко А.М. Методы построения расписаний работ в производственных системах. М,: 2009. – 32 с.
4. Фирсов А.С., Хоботов Е.Н. Управление и планирование работ на промышленных предприятиях с дискретно-непрерывным характером производства// Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия «Машиностроение». – 2012.- С. 3-11.