

МЕТОД СТЫКОВКИ ПЛОСКИХ ФИГУР СЛОЖНОЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ

Аввакумов Валерій

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
Новоуральский Технологический институт

Аннотация

В докладе описывается моделирование процесса стыковки плоских фигур сложной геометрической формы при движении (поступательном или вращательном) подвижной фигуры к неподвижной. Приведен алгоритм стыковки фигуры при поступательном движении и отличия от него алгоритма стыковки при вращательном движении фигуры.

Abstract

The report describes the modeling of the docking of plane figures of complex geometric shapes during movement (advancing or rotational) mobile to the fixed figure. The algorithm for docking with the movement and shape differences from the docking algorithm for rotational motion.

Введение

При решении задач оптимального размещения фигур (компоновки, упаковки, раскроя, покрытия и т.п.) их необходимо перемещать (поступательным и/или вращательным движением) относительно друг друга в заданном направлении так, чтобы, во-первых, удовлетворялись определенные условия (например, достигалась минимальная длина полосы, в которой размещаются фигуры), во-вторых, чтобы выполнялось условие их взаимного непересечения [1]. В докладе рассматривается решение задачи определения положения фигуры при ее движении в заданном направлении к неподвижной фигуре до контакта с ней, если контакт возможен. Движение фигуры может быть поступательным или вращательным. Функцией цели здесь является величина, на которую требуется в заданном направлении или сместить фигуру – при поступательном движении, или повернуть фигуру относительно некоторой точки плоскости – при вращательном движении, до контакта подвижной фигуры с неподвижной. Данный метод назван автором *методом стыковки плоских фигур*.

Фигуры задаются своими контурами, одним или несколькими (группами). *Контур* – замкнутая, без пересечений, последовательность соединенных между собой отрезков прямых линий и дуг окружностей. *Группа контуров* – совокупность взаимосвязанных, зафиксированных относительно друг друга плоских контуров, рассматриваемая при операциях с контурами как единое целое (далее для краткости, будем употреблять слово «контур», т.е. не отличая контур от группы контуров). Каждый контур определяется координатами характерных точек: точек соединения элементов контура и точек – центров дуг.

Следует отметить, что в случае, когда точек контакта несколько, выбирается крайняя *правая*, если смотреть со стороны неподвижной фигуры на подвижную.

Пусть имеются фигуры 1 и 2 (рис. 1, а), контуры которых заданы в своих локальных системах координат $x_1O_1y_1$ и $x_2O_2y_2$ координатами их характерных точек. Алгоритм метода стыковки при поступательном движении фигуры 2 к неподвижной фигуре 1 состоит из следующих шагов.

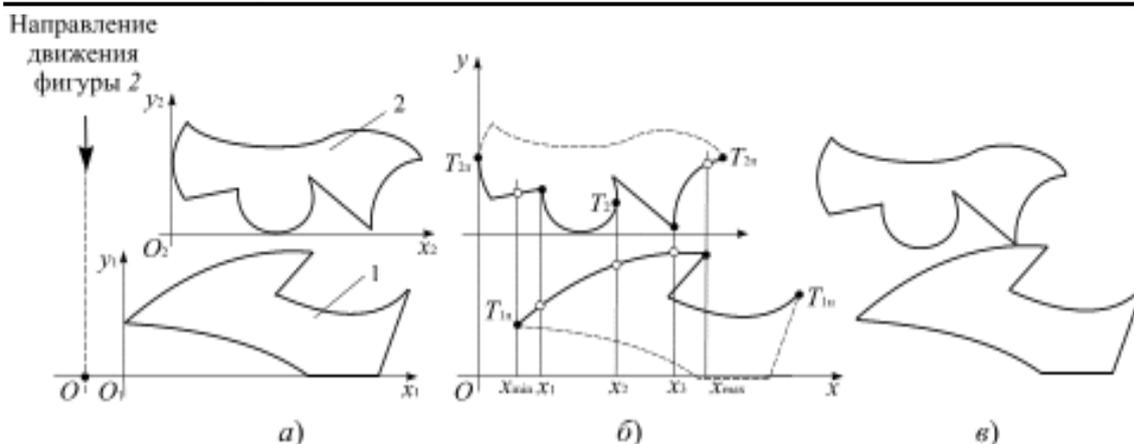


Рисунок 1 - Поступательное движение фигуры 2: *a* – расположение фигур в локальных системах координат; *б* – разбиение контуров фигур на обращенные друг к другу части; *в* – конечное положение фигур

Шаг 1. При необходимости выполняется поворот подвижной фигуры на заданный угол относительно центра ее локальной системы координат.

Шаг 2. Задание направления движения фигуры 2 к фигуре 1 лучом: точкой в системе координат неподвижной фигуры (рис. 1, *a*, точка O) и углом наклона к оси x_1 .

Шаг 3. Введение правой прямоугольной системы координат xOy (будем называть ее *рабочей* – в этой системе координат будет выполняться операция стыковки), центром которой является точка пересечения луча – направления стыковки – с перпендикулярной ему прямой, проходящей через начало координат неподвижной фигуры; ось y направлена противоположно направлению стыковки (рис. 1 *б*).

Шаг 4. Перенос локальной системы координат подвижной фигуры: ее центр располагается на оси y рабочей системой координат (для алгоритма стыковки не имеет значения, в какой ее точке), ось x_1 параллельна оси x (рис. 1, *б*).

Шаг 5. Вычисление координат точек, определяющих контуры подвижной и неподвижной фигур в рабочей системе координат.

Шаг 6. Поиск дополнительных точек на дугах контуров в обеих фигурах. Такие точки могут быть как на боковых дугах, так и на внутренних (рис. 1, *б*, точки $T_{2л}$ и T_2).

Шаг 7. Выделение видимых со стороны каждой фигуры частей их контуров.

Шаг 8. Нахождение общего интервала $[x_{\min}, x_{\max}]$ видимости контуров фигур: если такой интервал отсутствует, то это означает, что подвижная фигура «проскакивает» неподвижную и операция стыковки прекращается (переход на шаг 13).

Шаг 9. Деление общей части интервала $[x_{\min}, x_{\max}]$ на полосы прямыми, параллельными оси y и проходящими через точки соединения элементов выделенных частей контура и дополнительные точки обеих фигур (рис. 1, *б*).

Шаг 10. Нахождение локальных минимумов расстояний между элементами, попавшими в полосы, и глобального минимума y_{\min} . Эта величина может как положительной, если подвижная фигура расположена над неподвижной, и отрицательной, если фигуры пересекаются, или подвижная фигура находится под неподвижной. Локальные минимумы для пар *отрезок–отрезок*, *отрезок–дуга*, *дуга–дуга* находятся с помощью соответствующих геометрических построений, используя соответствующие аналитические выражения [2] (например, выражения для определения точек пересечения прямой и окружности).

Шаг 11. Сдвиг подвижной фигуры на величину y_{\min} .

Шаг 12. Пересчет координат контурных точек состыкованных фигур из рабочей системы координат в системе координат неподвижной фигуры.

Шаг 13. Конец алгоритма.

Алгоритм метод стыковки при вращательном движении фигуры относительно некоторой точки плоскости (полюса) в заданном направлении к неподвижной фигуре аналогичен приведенному выше алгоритму (следует отметить, что вращается система координат, в которой задана фигура). Различие состоит в том, что рабочей системой, в которой производится операция стыковки, является полярная система координат (r, φ) , где r – полярный радиус, φ – угол, отсчитываемый от положительного направления оси x (рис. 2). Таким образом, искомым в этом алгоритме является угол поворота φ_{\min} вращающейся относительно полюса фигуры в заданном направлении до контакта с неподвижной фигурой, если такой контакт возможен.

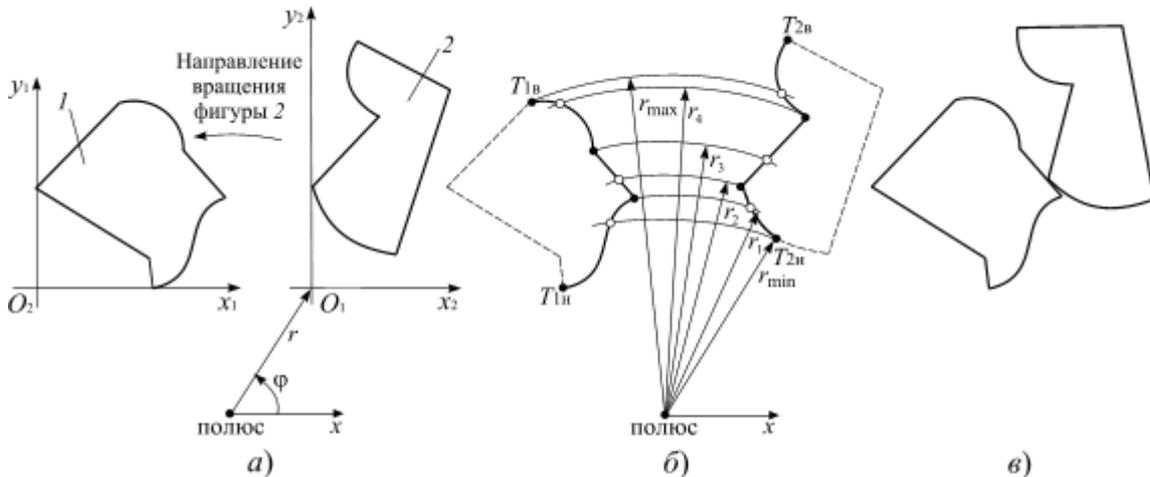


Рисунок 2 - Вращательное движение фигуры: *а* – начальное положение фигур; *б* – разбиение контуров фигур на обращенные друг к другу части; *в* – конечное положение фигур

Соответственно, в алгоритме определяются не левые и правые крайние точки фигур, а нижние и верхние ($T_{1н}$, $T_{2н}$ и $T_{1в}$, $T_{2в}$); деление общей области видимых со стороны каждой фигуры частей выполняется не прямыми, а дугами.

Заключение

Особенностью изложенного метода стыковки является то, что для него не требуется аналитического описания контуров фигур, вывода условий взаимного непересечения фигур в виде неравенств. Требования непересечения фигур в методе стыковки выполняются автоматически, т.к. подвижная фигура всегда перемещается за один шаг на величину, при которой она касается неподвижной. Такой подход позволяет получить быстрый, точный и устойчивый алгоритм поиска глобального минимума.

По отношению к геометрической форме фигур предлагаемый метод носит универсальный характер. Для решения рассмотренных задач достаточно знать координаты характерных точек контуров фигуры.

Список использованных источников:

1. Стоян Ю.Г. Размещение геометрических объектов. – Киев Наук. Думка, 1975. 239с.
2. Аввакумов В.Д. Определение взаимного положения объектов при их перемещении в плоскости // Информационные технологии. 2006. № 10. С. 52–58.