

О ВОЗМОЖНОМ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ ПЛАНИРОВАНИЯ МАРШРУТОВ ДВИЖЕНИЯ ДЛЯ ДВУХ ТРАНСПОРТНЫХ АГРЕГАТОВ

А.Н. Науменко, к.т.н. К.Ю. Дергачев
(представил проф. В.А. Прокопов)

Предлагается вариант решения задачи планирования маршрутов движения для двух транспортных агрегатов по критерию наименьшего времени преодоления маршрута.

При решении практических задач маршрутизации, анализе динамических свойств транспортных агрегатов (ТА), моделировании функционирования сложных транспортных систем, планировании движения мобильных роботов часто возникает необходимость построения оптимальных маршрутов движения нескольких объектов среди препятствий.

В настоящее время вопрос построения оптимального по одному критерию маршрута движения одного ТА, имеющего ограничения на скорость движения среди препятствий подвергался изучению [2]. Как показали проведенные исследования, для успешного построения такого маршрута необходима математическая модель участка местности с препятствиями, математические модели построения маршрута и кинематики движения ТА, модель оптимизации криволинейного движения [2]. При одновременном построении маршрутов движения нескольких транспортных агрегатов в одном позиционном районе может возникнуть две ситуации. Одна, когда маршруты агрегатов не пересекаются, и другая, когда маршруты движения пересекаются и возникает конфликт между движущимися ТА. В первом случае планирование маршрутов осуществляется по методике [2]. Во втором случае при планировании маршрутов возникает ряд сложностей, связанных с выбором алгоритма, позволяющего не только провести поиск оптимального маршрута, но и учесть взаимное расположение ТА в каждый момент времени. Рассмотрим вариант планирования пересекающихся маршрутов движения для двух ТА, когда модель местности представляется в виде дискретного рабочего поля, содержащего квадратные дискреты. Дискреты, содержащие препятствия, запрещаются для движения.

Планирование маршрутов движения осуществляется на основе последовательно - параллельного алгоритма волновой трассировки, который является дальнейшим развитием алгоритма волновой трассировки Ли. В состав предлагаемого метода входит два этапа: этап распространения число-

вой волны и этап идентификации маршрута. Суть этапа распространения числовой волны заключается в присвоении веса (меры) дискретам, соседним с текущими. Вариант распространения числовой волны для двух транспортных агрегатов и двух конечных точек движения (двух источников и двух потребителей) представлен на рис.1. В качестве веса для дискретов выбрано расстояние между центром текущего дискрета и начальной точкой движения для каждого из ТА (источника)

$$L_i = \sqrt{(x_i - x_0)^2 + (y_i - y_0)^2},$$

где (x_i, y_i) и (x_0, y_0) – прямоугольные декартовы координаты i -го дискрета и начала движения соответственно, L_i – значение веса i -го дискрета.

$\frac{15,4}{10}$	$\frac{14,4}{9}$	$\frac{14,4}{10,8}$	$\frac{13,4}{11,2}$	$\frac{12,4}{11,4}$	$\frac{11,4}{12,4}$	$\frac{11,2}{13,4}$	$\frac{10,8}{14,4}$	$\frac{2,8}{14}$	$\frac{10}{15,4}$	
$\frac{14,4}{9}$	$\frac{14}{9,4}$	$\frac{14}{9,8}$	$\frac{13,2}{10,2}$	$\frac{12,2}{11,2}$	$\frac{11,2}{12,2}$	$\frac{10,2}{13,2}$	$\frac{9,8}{13,6}$	$\frac{9,4}{14}$	$\frac{9}{14,4}$	
$\frac{13,4}{8}$	$\frac{13}{8,4}$	$\frac{13}{8,8}$					$\frac{8,8}{12,6}$	$\frac{8,4}{13}$	$\frac{8}{13,4}$	
$\frac{12,4}{7}$	$\frac{12}{7,4}$	$\frac{12}{7,8}$					$\frac{8,2}{11,2}$	$\frac{7,8}{11,6}$	$\frac{7,4}{12}$	
$\frac{11,4}{6}$	$\frac{11}{6,4}$	$\frac{11}{6,8}$	$\frac{11}{7,2}$	$\frac{11,4}{8,2}$					$\frac{6,4}{10,6}$	$\frac{6}{11,4}$
$\frac{11}{5}$	$\frac{10}{5,4}$	$\frac{9,6}{5,8}$	$\frac{10}{6,2}$					$\frac{5,8}{9,6}$	$\frac{5,4}{10}$	
$\frac{10,6}{4}$	$\frac{9,6}{4,4}$	$\frac{8,6}{4,8}$					$\frac{4,8}{8,6}$	$\frac{4,4}{9,6}$	$\frac{4}{10,6}$	
$\frac{10,2}{3}$	$\frac{9,2}{3,4}$	$\frac{8,2}{3,8}$	$\frac{7,2}{4,2}$	$\frac{6,2}{5,2}$					$\frac{3,8}{8,2}$	$\frac{3,4}{9,2}$
$\frac{9,8}{2}$	$\frac{8,8}{2,4}$	$\frac{7,8}{2,8}$	$\frac{6,8}{3,8}$	$\frac{5,8}{4,8}$	$\frac{4,8}{5,8}$					$\frac{2,8}{7,8}$
$\frac{9,4}{1}$	$\frac{8,4}{1,4}$	$\frac{7,4}{2,4}$	$\frac{6,4}{3,4}$	$\frac{5,4}{4,4}$	$\frac{4,4}{5,4}$	$\frac{3,4}{6,4}$	$\frac{2,4}{7,4}$	$\frac{1,4}{8,4}$	$\frac{1}{9,4}$	
$\frac{2}{1}$	$\frac{8}{1}$	$\frac{7}{2}$	$\frac{6}{3}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{4}{5}$	$\frac{3}{6}$	$\frac{2}{7}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{1}$	

Рис.1. Этап распространения числовой волны

При решении практических задач маршрутизации движения нескольких агрегатов возможна ситуация, когда одному и тому же дискрету будет присвоены одни и те же значения веса, что недопустимо. Для устранения этой ситуации рациональнее использовать весовую функцию, отражающую время движения k -го ТА со скоростью v_k :

$$T_i = \frac{L_i}{v_k},$$

где T_i – значение веса i -го дискрета.

Пусть $v_1=2$ м/с; $v_2=1$ м/с (рис.2). На рисунке помечен дискрет, у которого совпадают значение весов при трассировке для двух ТА, т.е. оба транспортных агрегата могут достичь этот дискрет за одно и то же время. После выполнения ранжировки ТА по значимости для агрегата с

меньшим значением ранга величина веса для этого дискрета не изменится. В свою очередь, для ТА с большим значением ранга значение веса необходимо вычислить по соотношению

$$T_i = \frac{L_i}{v_k} + h,$$

где h – величина штрафа.

$\frac{7,7}{10}$	$\frac{7}{9}$	$\frac{7,2}{10,8}$	$\frac{6,7}{11,2}$	$\frac{6,2}{11,4}$	$\frac{5,7}{12,4}$	$\frac{5,6}{13,4}$	$\frac{5,4}{14,4}$	$\frac{4,7}{14}$	$\frac{5}{15,4}$
$\frac{7,2}{9}$	$\frac{7}{9,4}$	$\frac{7}{9,8}$	$\frac{6,6}{10,2}$	$\frac{6,1}{11,2}$	$\frac{5,6}{12,2}$	$\frac{5,1}{13,2}$	$\frac{4,9}{13,6}$	$\frac{4,7}{14}$	$\frac{4,5}{14,4}$
$\frac{6,7}{8}$	$\frac{6,5}{8,4}$	$\frac{6,5}{8,8}$					$\frac{4,4}{12,6}$	$\frac{4,2}{13}$	$\frac{4}{13,4}$
$\frac{6,2}{7}$	$\frac{6,0}{7,4}$	$\frac{6,0}{7,8}$				$\frac{4,1}{11,2}$	$\frac{3,9}{11,6}$	$\frac{3,7}{12}$	$\frac{3,5}{12,4}$
$\frac{5,7}{6}$	$\frac{5,5}{6,4}$	$\frac{5,5}{6,8}$	$\frac{5,5}{7,2}$	$\frac{5,7}{8,2}$		$\frac{3,6}{10,2}$	$\frac{3,4}{10,6}$	$\frac{3,2}{11}$	$\frac{3}{11,4}$
$\frac{5,5}{5}$	$\frac{5}{5,4}$	$\frac{4,8}{5,8}$	$\frac{5}{6,2}$			$\frac{3,1}{9,2}$	$\frac{2,9}{9,6}$	$\frac{2,7}{10}$	$\frac{2,5}{11}$
$\frac{10,6}{4}$	$\frac{9,6}{4,4}$	$\frac{4,3}{4,8}$				$\frac{2,6}{8,2}$	$\frac{2,4}{8,6}$	$\frac{2,2}{9,6}$	$\frac{2}{10,6}$
$\frac{5,1}{3}$	$\frac{4,6}{3,4}$	$\frac{4,1}{3,8}$	$\frac{3,6}{4,2}$	$\frac{3,1}{5,2}$		$\frac{2,1}{7,2}$	$\frac{1,9}{8,2}$	$\frac{1,7}{9,2}$	$\frac{1,5}{10,2}$
$\frac{4,9}{2}$	$\frac{4,4}{2,4}$	$\frac{3,9}{2,8}$	$\frac{3,4}{3,8}$	$\frac{2,9}{4,8}$	$\frac{2,4}{5,8}$	$\frac{1,9}{6,8}$	$\frac{1,4}{7,8}$	$\frac{1,2}{8,8}$	$\frac{1}{9,8}$
$\frac{4,7}{1}$	$\frac{4,2}{1,4}$	$\frac{3,7}{2,4}$	$\frac{3,2}{3,4}$	$\frac{2,7}{4,4}$	$\frac{2,2}{5,4}$	$\frac{1,7}{6,4}$	$\frac{1,2}{7,4}$	$\frac{0,7}{8,4}$	$\frac{0,5}{9,4}$
$\frac{2}{1}$	$\frac{4}{1}$	$\frac{3,5}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{2,5}{4}$	$\frac{2}{5}$	$\frac{1,5}{6}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{0,5}{8}$	$\frac{1}{9}$

Рис.2. Этап распространения числовой волны

Целесообразно величину штрафа выбирать равной максимальному расстоянию между двумя соседними дискретами. В рассматриваемом случае $h = \sqrt{2}$.

Этап идентификации маршрута движения осуществляется для каждого ТА по известной методике [1].

ЛИТЕРАТУРА

1. Курейчик В.М. Математическое обеспечение конструкторского и технологического проектирования с применением САПР. – М.: Радио и связь, 1990. – 384 с.
2. Дергачов К.Ю. Прокопов В.А. Интегрированная система моделирования движения // Информатика. – К. : Наукова думка. – 1998. – Вып. 5. – С. 127 - 130.

Поступила в редколлегию 2.10.2000