

РЕШЕНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ МНОГОАГЕНТНОЙ СИСТЕМЫ

С. М. Дымков, А. В. Марков, В. И. Симаньков

Отделение аэронавигационных наук, группа теории управления, лаборатории Temasek, Национальный Университет Сингапура, Кафедра систем управления, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Республика Беларусь

E-mail: tsmd@nus.edu.sg, markov@bsuir.by, simankov@ut.by

Приведено решение транспортной задачи для многоагентной системы методом потенциалов. Матрица стоимости рассчитывается как взвешенная сумма факторов расстояния и пересечения маршрутов.

ВВЕДЕНИЕ

Задача состоит в том, чтобы оптимально распределить цели между агентами системы в смысле минимизации критерия стоимости. Под критерием стоимости будем понимать взвешенную сумму факторов расстояний от агентов до назначенных им целей и факторов пересечений маршрутов. То есть, стоимость перемещения для некоторого объекта к некоторой цели увеличивается, если на его пути имеется пересечение с другим маршрутом. Также предлагается подход для решения несбалансированных исходных условий, когда количество целей не равно количеству агентов.

1. ОПИСАНИЕ МЕТОДА

Поставленная задача является частным случаем транспортной задачи. Обычно она решается симплекс методом, а также его модификациями. Для решения данной задачи будем использовать метод потенциалов. Входным параметром этого метода является матрица стоимости. В [1] матрицу стоимости предлагается рассчитывать как количество пересечений маршрута от агента к цели с маршрутами других агентов. Предлагается более универсальный подход, позволяющий также учесть расстояние от агентов до целей. В итоге матрица стоимости имеет вид:

$$C = \begin{bmatrix} C_{11} & \dots & C_{1n} \\ \dots & C_{ij} & \dots \\ C_{m1} & \dots & C_{mn} \end{bmatrix} = \gamma_r r + \gamma_\Phi \Phi;$$

$$r = \begin{bmatrix} r_{11} & \dots & r_{1n} \\ \dots & r_{ij} & \dots \\ r_{m1} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix};$$

$$\Phi = \begin{bmatrix} \Phi_{11} & \dots & \Phi_{1n} \\ \dots & \Phi_{ij} & \dots \\ \Phi_{m1} & \dots & \Phi_{mn} \end{bmatrix};$$

где C_{ij} – стоимость маршрута i -го агента до j -й цели,

$r_{ij} \in \mathbb{N}$ – фактор расстояния от i -го агента до j -й цели,

$\Phi_{ij} \in \mathbb{N}_0$ – фактор пересечений, равный количеству пересечений маршрута i -го агента до j -й цели с другими маршрутами,

γ_r, γ_Φ – весовые коэффициенты фактора расстояния и пересечений соответственно,
 m, n – количество агентов и целей соответственно.

Фактор расстояния рассчитывается по формуле

$$r_{ij} = \left[\sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \right]$$

где $x_i, y_i, x_j, y_j \in \mathbb{Z}$ – координаты i -го агента и j -й цели

Фактор пересечений рассчитывается по формуле

$$\Phi_{ij} = \sum_{\substack{k=1, \\ k \neq i}}^m \sum_{\substack{l=1, \\ l \neq j}}^n f(A_i, T_j, A_k, T_l),$$

$$f(A_i, T_j, A_k, T_l) = \begin{cases} 1, & \text{if } A_i T_j \cap A_k T_l \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

где $A_i = (x_i, y_i), A_k = (x_k, y_k)$ – координаты агентов

$T_j = (x_j, y_j), T_l = (x_l, y_l)$ – координаты целей.

Для проверки двух маршрутов на пересечение можно использовать метод, описанный в [2]. Реализация данного алгоритма на языке C есть в источнике [3]. Весовые коэффициенты γ_r, γ_Φ определяют, какой из факторов важнее. Если важно в первую очередь избежать пересечений маршрутов, то есть придать больший вес фактору пересечений, то

$$\gamma_r = \frac{1}{\max(r) + 1}, \gamma_\Phi = 1$$

Если же важно минимизировать расстояния до целей, то

$$\gamma_r = 1, \gamma_\Phi = \frac{1}{\max(\Phi) + 1}$$

Таким образом, взвешенный фактор, имеющий меньший вес, будет иметь область определения $[0; 1)$. В таком случае он будет иметь

значение только при сравнении маршрутов с одинаковыми величинами фактора, имеющего больший вес. В общем случае количество агентов не равно количеству целей. Более простым является вариант, когда целей меньше чем агентов. На одну цель назначаются несколько агентов. Если на цель нужен только один объект, для целей, на которые назначены несколько агентов, устраивается «конкурс». Цель получает агент, маршрут которого имеет наименьшую стоимость. Если агентов меньше чем целей, то ситуация усложняется и решение зависит от порядка обхода целей. Если агент обходит цели без возврата на исходную позицию, то при движении к следующей цели точкой отправления является позиция текущей цели. В матрице стоимости нет элементов маршрутов от цели к цели, эта информация избыточна и сильно увеличит размерность матрицы. Предлагается итерационный подход, при котором в качестве первой агент выбирает цель с наименьшей стоимостью маршрута. Затем рассчитывается новая матрица стоимости, в которой координатами агентов будут координаты «занятых» на последней итерации целей. В качестве целей останутся только «свободные» цели. Далее происходит решение задачи на основе новой матрицы стоимости. И так до тех пор, пока не останется «свободных» целей.

II. РЕЗУЛЬТАТЫ

Проведено моделирование в среде MATLAB. От каждого агента к каждой цели строится маршрут и рассчитывается его длина и количество пересечений с другими. На рисунках 1 и 2 изображено решение задачи для случайных исходных условий.

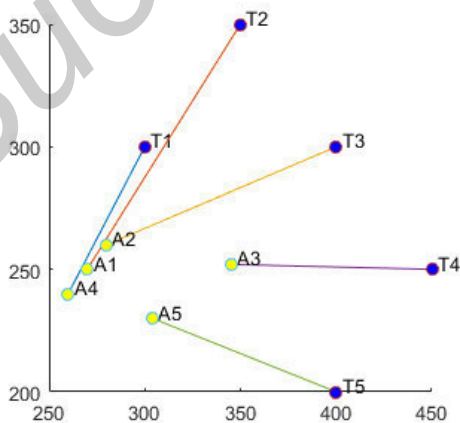


Рис. 1 – Решение при большем весе фактора пересечений

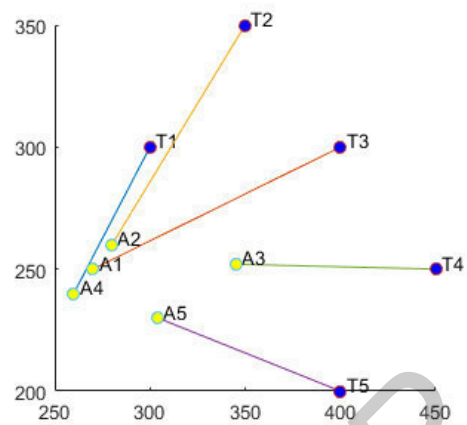


Рис. 2 – Решение при большем весе фактора расстояния

Как видно из рисунков 1 и 2, решение не содержит пересекающихся маршрутов в обоих случаях. Разница решений заметна в маршрутах агентов A1 и A2 к целям T2 и T3.

Также написана библиотека на языке C, которая была использована в тестовой программе, выполненной в среде Qt Creator. Расположение агентов и целей вводится мышью, и производится графический вывод решения.

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанный способ решения транспортной задачи для многоагентных систем позволяет получить оптимальное распределение целей между агентами в смысле минимизации пересечений маршрутов и расстояний. Расчет ведется в двумерном пространстве, что позволяет применить метод для агентов, перемещающихся по земле или воде, а также по воздуху на фиксированной высоте. Существуют алгоритмы, которые используют временное планирование. К таким относится алгоритм СВВА (Consensus Based Bundle Algorithm) [4]. В нем для оптимизации маршрутов используется метод аукционов, учитываются скорости движения агентов, под каждую цель отводится фиксированное время. В отличие от СВВА, разработанный метод не использует временное планирование. Исключение пересечений маршрутов перед началом движения позволяет избежать столкновений агентов без синхронизации и планирования по времени.

1. Усачев, Л.Ж. Выбор целей движения при изменении строя в группе БЛА / Л.Ж. Усачев, Д.Я. Иванов XII Всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ-2014 // Москва 16-19 июня 2014 г.
2. Кормен, Т. Алгоритмы: построение и анализ / 3-е изд. // Ч. Лейзерсон, Р.Ривест // М.: Вильямс, 2013. — 1324 с.
3. MAXimal [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://e-maxx.ru/upload/e-maxx_algo.pdf. – Дата доступа: 01.9.2016.
4. Brunet, L. Consensus-Based Auction Approaches for Decentralized Task Assignment / L. Brunet, H. L. Choi, J. P. How // AIAA Guidance, Navigation and Control Conference and Exhibit // 18 - 21 August 2008, Honolulu, Hawaii.