

УДК 519.1: 004.8: 004.9

МЕТОД ПОИСКА МАРШРУТОВ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ПЛАТФОРМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КЛЕТОЧНОГО АВТОМАТА И МУРАВЬИНОГО АЛГОРИТМА

С.А. Мендуров, Е.В. Акодит (Тверь)

Введение

При нахождении маршрутов перемещения часто можно столкнуться с проблемой «заикливания» алгоритма при решении задачи, заключающейся в заиклипании механизма поиска оптимального маршрута [1]. Процесс заиклипания выглядит так, что при выборе следующего шага мы должны продвинуться вперед, но при установленных правилах мы делаем шаг назад. После возвращаемся в исходную точку по правилам поведения агентов в клеточном автомате (рисунок 1).

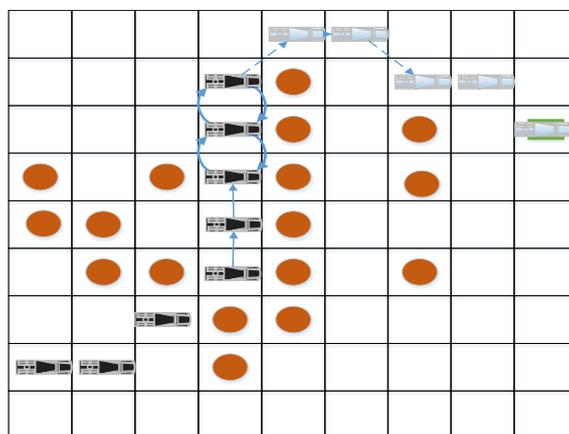


Рис. 1 – Вариант заиклипания механизма поиска пути в клеточном автомате

Данная проблема существует и в методе, разработанном в [2]. Решить данную задачу возможно за счет использования элементов муравьиного алгоритма [3], а именно правил откладывания феромона с возможностью блокировки маршрута с установлением штрафа на клетку [3].

Анализ литературы

Рассмотрим сущность муравьиного алгоритма и его достоинства, которые использованы при решении данной задачи.

Идея муравьиного алгоритма заключается в моделировании поведения муравьев, связанного с их способностью находить кратчайший путь от муравейника к источнику пищи и адаптироваться к изменяющимся условиям, находя новый кратчайший путь. При своем движении муравей метит свой путь феромоном, и эта информация используется другими муравьями. Это и является главным правилом поведения каждого из представителей колонии в случае, если старый маршрут стал недоступен. Если во время движения муравей столкнулся с преградой, то с равной вероятностью он обойдет ее слева или справа. То же самое произойдет и на обратном пути. Однако, те муравьи, которые выберут кратчайший путь, будут проходить его быстрее и за несколько перемещений он будет сильнее обогащен феромоном. Поскольку его количество влияет на выбор пути муравьями, то вскоре подавляющее большинство представителей колонии будут предпочитать этот маршрут. Однако испарение пахучего следа в воздухе гарантирует, что найденное локально-оптимальное решение не будет единственным, и муравьи будут

продолжать искать и другие пути. Если мы моделируем процесс такого поведения на графе, ребра которого соответствуют возможным путям, то в течение некоторого времени наиболее обогащенный феромоном путь и будет наикратчайшим, что и будет решением задачи нахождения кратчайшего пути [4].

При решении задачи нахождения маршрута с использованием клеточных автоматов возможно появление петель. Такие решения не имеют практического смысла и от них необходимо избавляться. Для разрешения подобных зацикливаний и уменьшения вариантов нахождения возможных путей воспользуемся муравьиным алгоритмом.

Цель исследования – усовершенствование метода поиска маршрутов перемещения транспортной платформы на позицию за счет применения клеточного автомата с элементами муравьиного алгоритма в условиях динамически изменяющейся ситуации.

Основная часть

При работе муравьиного алгоритма используем ряд правил и формул, связанных с формализацией правил использования феромона [5]:

1. Создаем муравьев

Стартовая точка, куда помещается муравей, зависит от ограничений, накладываемых условиями задачи. Потому что для каждой задачи способ размещения муравьев является определяющими. Либо все они помещаются в одну точку, либо в разные с повторениями, либо без повторений.

На этом же этапе задается начальный уровень феромона. Он инициализируется небольшим положительным числом для того, чтобы на начальном шаге вероятности перехода в следующую вершину не были нулевыми.

2. Ищем решения

Вероятность перехода из вершины i в вершину j определяется следующей формулой:

$$P_{ij}(t) = \frac{\tau_{ij}(t)^\alpha \left(\frac{1}{d_{ij}}\right)^\beta}{\sum_{j \in \text{allowednodes}} \tau_{ij}(t)^\alpha \left(\frac{1}{d_{ij}}\right)^\beta}, \quad (1)$$

где $\tau_{ij}(t)$ – уровень феромона, d_{ij} – расстояние между точками, а α, β – константные параметры. При $\alpha = 0$ выбор ближайшего города наиболее вероятен, то есть алгоритм становится жадным.

При $\beta = 0$ выбор происходит только на основании феромона, что приводит к субоптимальным решениям.

3. Обновляем феромон

Уровень феромона обновляется в соответствии со следующим выражением:

$$\tau_{ij}(t+1) = (1 - \rho)\tau_{ij}(t) + \sum_{\substack{k \in \text{Colony that} \\ \text{used edge}(i,j)}} \frac{Q}{L_k}, \quad (2)$$

где ρ – интенсивность испарения, $L_k(t)$ – цена текущего решения для k -ого муравья, а Q – параметр, имеющий значение порядка цены оптимального решения, то $\frac{Q}{L_k(t)}$ – феромон, откладываемый k -ым муравьем, использующим ребро (i,j) .

Сформируем общие правила поведения муравьев при выборе пути в клеточном автомате [5]:

1. Муравьи имеют собственную «память». Поскольку каждая клетка может быть посещена только 1 раз, то у каждого муравья есть список уже посещенных клеток. Обозначим через $J_{i,k}$ список клеток, которые необходимо посетить муравью k , находящемуся в клетке i .

2. Муравьи обладают «зрением» – видимость есть эвристическое желание посетить клетку j , если муравей находится в клетке i . Будем считать, что видимость обратно пропорциональна расстоянию между клетками $\eta_{ij} = 1/D_{ij}$.

3. Муравьи обладают «обонянием» – они могут улавливать след феромона, подтверждающий желание посетить клетку j из клетки i на основании опыта других муравьев. Количество феромона на ребре (i, j) в момент времени t обозначим через $\tau_{ij}(t)$.

4. Такие свойства муравьев позволяют формировать правило, определяющее вероятность перехода k -ого муравья из клетки i в клетки J :

$$P_{ij,k}(t) = \begin{cases} \frac{[\tau_{ij}(t)]^\alpha [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{l \in J_{i,k}} [\tau_{il}(t)]^\alpha [\eta_{il}]^\beta}, & j \in J_{i,k} \\ 0, & j \notin J_{i,k} \end{cases}, \quad (3)$$

где α, β – параметры, задающие веса следа феромона. Выбор клетки является вероятностным, правило (3) определяет глубину анализа клеток J ; в общую зону всех клеток $J_{i,k}$ выбирается случайная клетка, которое определяет выбор муравья. Правило (3) не изменяется в ходе алгоритма, но у двух разных муравьев значение вероятности перехода будут отличаться, т.к. они имеют разный список разрешенных клеток.

5. Пройдя ребро (i, j) , муравей откладывает на нем некоторое количество феромона, которое должно быть связано с оптимальностью сделанного выбора. Пусть $T_k(t)$ есть маршрут, пройденный муравьем k к моменту времени t , $L_k(t)$ – длина этого маршрута, а Q – параметр, имеющий значение порядка длины оптимального пути. Тогда откладываемое количество феромона может быть задано в виде:

$$\Delta \tau_{ij,k}(t) = \begin{cases} \frac{Q}{L_k(t)}, & (i, j) \in T_k(t); \\ 0, & (i, j) \notin T_k(t); \end{cases} \quad (4)$$

Правила внешней среды определяют, в первую очередь, испарение феромона. Пусть $\rho \in [0,1]$ есть коэффициент испарения, тогда правило имеет вид:

$$\tau_{ij}(t+1) = (1 - \rho)\tau_{ij}(t) + \Delta\tau_{ij}(t); \Delta\tau_{ij}(t) = \sum_{k=1}^m \Delta\tau_{ij,k}(t), \quad (5)$$

где m – количество муравьев в колонии.

В начале алгоритма количества феромона на ребрах принимается равным небольшому положительному числу. Общее количество муравьев остается постоянным и равным количеству клеток, каждый муравей начинает маршрут из своей клетки.

Используем разработанный алгоритм при реализации процедуры поиска маршрута как средство контроля за цикливанием работы клеточного автомата:

Рассмотрим модель и усовершенствованный метод поиска маршрута:

Адаптируем алгоритм под задачу;

- ищем маршрут из Start в Finish с помощью клеточного автомата;
- идем по следу из феромонов;
- при равном количестве феромона выбор маршрута осуществляется случайным образом, но, если феромона больше на одном из ребер, идем туда;
- при прохождении маршрута, если мы не достигли Finish, но вернулись на маршрут, пройденный ранее (петля), то муравей «умирает» и блокирует данный путь;
- при блокировке пути клетке будет присваиваться штраф, который по номиналу будет превосходить непроходимую зону для маршрута с целью исключения прохода по данному маршруту.

На рисунке 2 представлена структура метода с учетом муравьиного алгоритма поиска пути для выбора маршрута перемещения транспортной платформы.

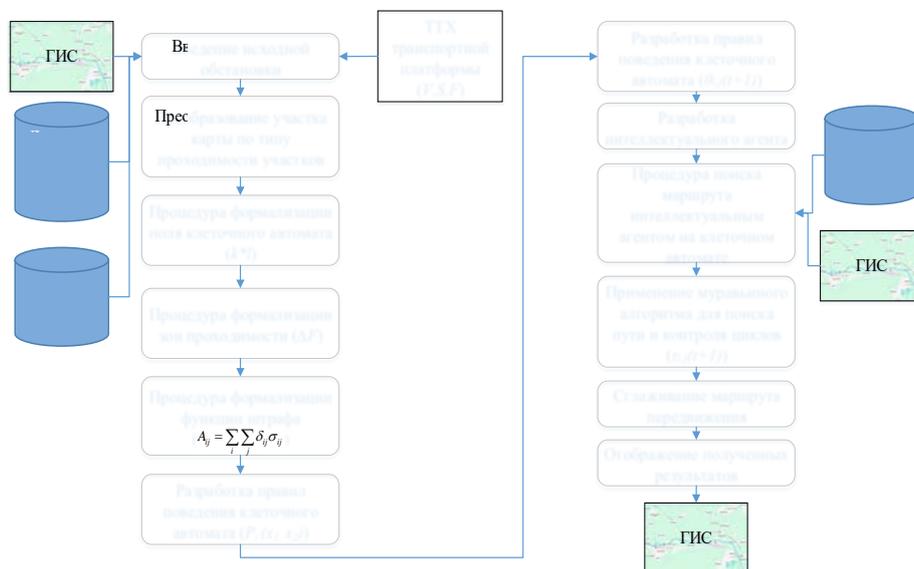


Рис. 2 – Структура метода выбора маршрута перемещения транспортной платформы

Таким образом, усовершенствование метода поиска маршрута на основе клеточного автомата [6] путем реализации элементов муравьиного алгоритма помогает исключить ошибку «заикливания» алгоритма поиска маршрута, что позволяет сократить время работы алгоритма и область поиска маршрута.

Литература

1. **Лю В.** Методы планирования пути в среде с препятствиями (обзор). – Текст: электронный – 2018. – URL: Сетевое научное издание «Математика и математическое моделирование», 2018, №1. С. 15-58 / mathmelpab.ru – (дата обращения: 17.01.2024).
2. **Мендуров С.А., Павленко М.А., Бердник П.Г., Бойкова А.В.** Метод поиска маршрутов перемещения подразделений ЗРК БУК-МЗ на стартовую позицию при ведении боевых действий / Научный вестник Военной академии воздушно-космической обороны. № 3 (11) / гл. ред. В. Н. Тикшаев. – Тверь: ВА ВКО, 2024. С.100-105.
3. **Чивилихин Д.С., Ульянов В.И.** Метод построения управляющих автоматов на основе муравьиных алгоритмов. – Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики, 2012, № 6 (82). С. 72.
4. **Макаров Р.В.** Применение муравьиных алгоритмов для моделирования оптимального туристического маршрута в ГИС: ВКР. Казанский (приволжский) федеральный университет. 2015.
5. **Евтушенко Д.А.** Программная реализация муравьиного алгоритма решения задачи коммивояжера: ВКР. Тюменский Государственный университет. 2016.
6. **Тоффоли Т., Марголюс Н.** Машины клеточных автоматов: Пер. с англ. - М.: Мир, 1991. - 280 с, ил.