

СБАЛАНСИРОВАННОЕ РАЗБИЕНИЕ ДОРОЖНОГО ГРАФА

Фоминов И.В. (ИТМО)

Научный руководитель – доцент, кандидат физико-математических наук

Трифанов А.И. (ИТМО)

Введение. Сбалансированное разбиение дорожного графа играет важную роль в планировании размещения сетевого оборудования вдоль дорожной инфраструктуры города. Оно позволяет равномерно распределить нагрузку, минимизировать границы разбиения и учитывать ограничения дорожной сети [1]. Однако, в процессе разбиения графа возникла задача о нахождении пути в графе $G = (V, E)$ из исходной вершины S в конечную вершину t , проходящего через обязательные вершины MHN без самопересечений, то есть без повторного посещения любой из вершин.

Классические алгоритмы кратчайшего пути, такие как Дейкстра и A^* , эффективно решают задачу поиска оптимального маршрута между двумя вершинами, но не учитывают наличие обязательных промежуточных вершин. Обобщённая задача коммивояжера (TSP) является NP-полной, что затрудняет её решение при большом количестве обязательных вершин [2]. В данной статье предложен эвристический алгоритм, комбинирующий A^* с жадным методом, позволяющий эффективно решать поставленную задачу.

Основная часть. Разработанный алгоритм использует несколько ключевых эвристик для оптимизации поиска пути:

- 1) Динамическое упрощение графа: на каждом шаге исключаются избыточные вершины и рёбра, не влияющие на достижимость конечной точки;
- 2) резервирование состояний: для возможности откатов сохраняются промежуточные копии графа и множества обязательных вершин;
- 3) итеративный выбор соседей: путь строится пошагово, с учётом достижимости оставшихся обязательных вершин и конечной точки;
- 4) откат решений: при невозможности продолжения маршрута производится возврат к предыдущему состоянию и выбор альтернативного пути.

Исходный граф и множество обязательных вершин копируются для независимой обработки. Алгоритм начинает построение маршрута с исходной вершины S . В каждой итерации выбирается наиболее перспективный сосед текущей вершины с учётом остаточных обязательных вершин, после чего проверяется достижимость конечной точки t и оставшихся обязательных вершин. В случае тупиковой ситуации выполняется откат на предыдущий шаг и выбор другого пути. Если найден маршрут, проходящий через все обязательные вершины без самопересечений, алгоритм завершает работу.

Предложенный метод является приближённым, но гарантирует корректность результата при наличии допустимого пути. В худшем случае сложность алгоритма оценивается как $O(|V|^2)$, где $|V|$ — количество вершин в графе, что существенно быстрее полного перебора всех возможных маршрутов. Практические тесты показали высокую эффективность алгоритма при обработке дорожных графов различных размеров.

Для оценки производительности алгоритма были проведены тесты на сгенерированных дорожных графах. В ходе экспериментов установлено, что среднее время работы алгоритма существенно ниже по сравнению с методами полного перебора, при этом алгоритм успешно находит оптимальные пути даже при сложных топологиях дорожной сети.

Выводы. Разработанный эвристический алгоритм представляет собой эффективный метод поиска маршрута через обязательные вершины в графе. Однако представленный метод требует оптимизации, поскольку требователен к объёму ОЗУ. Метод стоит доработать, учитывая оптимальность пути, возможно, с использованием кластерного анализа или с помощью разбиения графа [3].

Список использованных источников:

1. Avdiukhin D., Pupyrev S., Yaroslavtsev G. Multi-Dimensional Balanced Graph Partitioning via Projected Gradient Descent // *arXiv preprint*. – 2019. – arXiv:1902.03522. В этой работе авторы рассматривают проблему сбалансированного разбиения графа с учётом нескольких весовых функций и предлагают новый масштабируемый метод, основанный на проекционном градиентном спуске.
2. Азимов Р.Ш., Григорьев С.В. Алгоритм поиска всех путей в графе с заданными контекстно-свободными ограничениями с использованием матриц с множествами промежуточных вершин // *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики*. – 2021. – Т. 21, № 4. – С. 499–505.
3. Collins K.L., Trenk A.N. Finding Balance: Split Graphs and Related Classes // *arXiv preprint*. – 2017. – arXiv:1706.03092.