

# Построение оптимальных зон транспортной достижимости нескольких объектов

А. В. Каледин<sup>1</sup>

В работе рассматривается задача построения оптимальных зон транспортной достижимости для нескольких объектов. Предлагается новый алгоритм, основанный на обходе графов, использующий разбиение карты на гексагоны для ускорения вычислений. Обсуждаются часто используемые алгоритмы решения рассматриваемой задачи: для одного объекта — изохроны, которые обобщаются на случай нескольких объектов; для нескольких объектов — диаграммы Вороного. Далее подходы и их модификации сравниваются с новым алгоритмом.

**Ключевые слова:** интеллектуальный анализ больших данных, геопространственный анализ, оптимальные зоны транспортной достижимости

## 1. Введение

Во время пандемии задача по оптимизации процесса доставки как никогда актуальна. Каждому кафе, ресторану, аптеке и магазину приходится адаптироваться к новым условиям и взаимодействовать с покупателем через курьеров.

В работе рассматривается практическая задача о построении зон транспортной достижимости сети объектов. В настоящее время данная задача решается во всех службах доставки, но ее реализация является коммерческой тайной.

Обычно задача решается для одного объекта, и на выходе получается зона доставки — область вокруг объекта, куда можно доставить заказ. Один из способов решения заключается в построении изохроны транспортной доступности [1, 5], зоны достижимости за время  $T$ , которая учитывает транспортный граф. При этом изохроны в множественном случае образуют пересекающиеся зоны, могут выдавать некорректный результат с разным типом транспорта и являются неоднозначными в рамках формирования зон (отвечают на вопрос, успеет ли курьер за время  $t$ , но

---

<sup>1</sup>Каледин Артем Владимирович — студент магистратуры каф. математической статистики факультета ВМК МГУ им. М.В. Ломоносова, e-mail: avkaledin@mail.ru.

Kaledin Artem Vladimirovich — master student, Lomonosov Moscow State University, Faculty of Computational Mathematics and Cybernetics, Department of Mathematical Statistics.

не указывают, за сколько времени будет доставлен заказ). Также реализация вычисления изохроны в множественном случае является сложной задачей. Другой подход, разбивающий карту на непересекающиеся зоны, — диаграмма Вороного [3], не учитывает транспортный граф и также имеет ряд неоднозначных действий в формировании зон.

Автор выражает благодарность своему научному руководителю, к.ф.-м.н. М.А. Целищеву за помощь в работе.

## 2. Описание подхода и формулировка результата

Подход предполагает:

- 1) Взятие усеченного транспортного графа города.
- 2) Обход вершин графа и расчёт маршрутизатором времени достижимости от объектов. Присвоение каждой вершине индикатора объекта с наименьшим временем.
- 3) Проход по рёбрам графа и присвоение рёбрам индикаторов объектов.
- 4) Переход к гексагональной сетке [4] методом голосования попавших в гексагон вершин и рёбер графа.
- 5) Обход неразмеченных гексагонов и присвоение индикаторов по ближайшим размеченным гексагонам.

Отметим, что каждый шаг имеет ряд допущений, которые позволяют сделать процесс обчёта параллельным и ускорить алгоритм для перестроения зон с учётом транспортной ситуации. Отметим, что зоны поддерживают динамическое перестроение и могут быть построены с учетом разных типов транспорта курьеров для разных объектов. Также алгоритм применим для выбора расположения нового ресторана и анализа зон «привлекательности» [5].

В завершении приводим иллюстрации работы алгоритма — на рис. 1 представлен случай добавления нового ресторана и формирование новых зон; на рис. 2 представлено визуальное сравнение работы описанного алгоритма (с) с другими алгоритмами — изохронами (а) и полигонами Вороного (b).

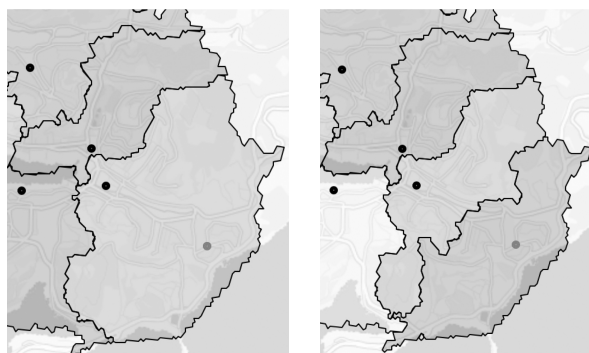


Рис. 1. Добавление нового объекта



а) Изохроны



б) Полигоны Вороного



с) Предлагаемый алгоритм

Рис. 2. Сравнение работы алгоритмов

## Список литературы

- [1] Allen J., “Using Network Segments in the Visualization of Urban Isochrones”, *Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization*, **53** (4); (2018), 262–270.
- [2] Desai K., “Isochrones: Analysis of Local Geographic Markets”, *Mayer Brown*, 2008.
- [3] Ф. Препарата, М. Шеймос, *Вычислительная геометрия: Введение*, Мир, Москва, 1989, 295 с.
- [4] Uber Technologies, “H3: Uber’s Hexagonal Hierarchical Spatial Index”, URL: <https://eng.uber.com/h3/>, 2018
- [5] Applebaum W., Cohen S., “The Dynamics of Store Trading Areas and Market Equilibrium”, *Annals of the Association of the American Geographer*, **51**; (1961), 73–101

## Establishment of System of Optimal Transport Planning Zones for Several Objects

Kaledin A.V.

The work considers the task of establishing of optimal transport planning zones for several objects. The proposed new algorithm is based on graph traversal, which uses hexagonal grid generation over a map to speed up the computations. Commonly used algorithms for solving the task are also discussed in our work: for one object – isochrones that generalise in case of objects' multiplicity; for several objects – the Voronoi diagram. These approaches and their modifications are compared with the new algorithm.

*Keywords:* Big Data mining, geospatial analysis, optimal transport planning zones

## References

- [1] Allen J., “Using Network Segments in the Visualization of Urban Isochrones”, *Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization*, **53** (4); (2018), 262–270
- [2] Desai K., “Isochrones: Analysis of Local Geographic Markets”, *Mayer Brown*, 2008. Retrieved 2018-05-31
- [3] Preparata F., Sheymos M., *Computational Geometry: An Introduction (In Russian)*, Mir, Moscow, 1989, 295 c.
- [4] Uber Technologies, “H3: Uber’s Hexagonal Hierarchical Spatial Index”, *URL: <https://eng.uber.com/h3/>*, 2018
- [5] Applebaum W., Cohen S., “The Dynamics of Store Trading Areas and Market Equilibrium”, *Annals of the Association of the American Geographer*, **51**; (1961), 73–101