

# ГИБРИДНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ КАРПУЛИНГОВЫХ СИСТЕМ ДЛЯ УСТОЙЧИВОЙ ГОРОДСКОЙ МОБИЛЬНОСТИ

Статья рассматривает гибридный подход к многокритериальной оптимизации (МОО) в системе карпулинга. Применение комбинированных алгоритмов позволяет находить сбалансированные решения между временем в пути, загрузкой транспорта и экономической эффективностью, адаптируясь к динамичным условиям городской мобильности.

## ВВЕДЕНИЕ

Карпулинг представляет собой форму совместных поездок, при которой пассажиры делят маршрут и транспортное средство. Это решение способствует снижению нагрузки на транспортную систему и уменьшению выбросов. Однако для эффективного функционирования таких систем необходима оптимизация множества параметров. Многокритериальная оптимизация (МОО) используется для одновременного учета нескольких целей, таких как минимизация времени, максимизация заполняемости и обеспечение рентабельности. Гибридные подходы к МОО становятся особенно актуальны в условиях изменчивого городского трафика и индивидуальных предпочтений пользователей.

### I. ГИБРИДНЫЙ ПОДХОД К МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ В СИСТЕМЕ КАРПУЛИНГА

Гибридный подход к многокритериальной оптимизации объединяет различные алгоритмы — как классические, так и метаэвристические — для достижения комплексного и устойчивого решения [1]. В контексте карпулинга рассматриваются три ключевые цели:

- минимизация времени в пути —  $T(x)$ ;
- максимизация заполняемости транспортных средств —  $O(x)$ ;
- оптимизация тарифной политики —  $P(x)$ .

Для решения такой задачи используется алгоритмическая структура, включающая:

- оптимизацию маршрутов с использованием алгоритмов Дейкстры,  $A^*$  и адаптивных методов в условиях изменяющегося трафика ;

- распределение пассажиров, направленное на эффективную загрузку транспорта, основанное на кластеризации и эвристическом подборе попутчиков ;
- динамическое ценообразование, адаптирующее тарифы под текущий спрос с учётом экономических и поведенческих факторов [2].

В основе гибридной модели лежат методы Парето-оптимизации и генетические алгоритмы, такие как «NSGA-II», которые позволяют находить сбалансированные решения в многомерном пространстве целей. Алгоритм начинает работу с генерации начального множества решений, которые затем эволюционируют при помощи кроссинговера, мутации и отбора. Процесс продолжается до достижения устойчивого фронта Парето [1].

Модель учитывает реалистичные условия городской среды:

- вероятностное распределение спроса;
- динамику дорожного трафика;
- нормативные ограничения;
- поведенческие особенности пользователей — чувствительность к цене, комфорт, время ожидания.

Это обеспечивает не только теоретическую эффективность, но и практическую применимость в реальных условиях [2].

1. Deb, K., Pratap, A., Agarwal, S., Meyarivan, T. *A Fast and Elitist Multi-Objective Genetic Algorithm: NSGA-II* / K. Deb [et al.] // IEEE Transactions on Evolutionary Computation, 2002. – Vol. 6, No. 2. – P. 182–197.
2. Yan, C., Zhu, H., Korolko, N., Woodard, D. *Dynamic Pricing and Matching in Ride-Hailing Platforms* / C. Yan [et al.] // Naval Research Logistics (NRL), 2019. – Vol. 67, No. 8. – P. 705–724.

Али Марван Абдулкарим, Магистрант кафедры экономической информатики БГУИР, maarwan.a.ali@gmail.com.

Научный руководитель: Федосенко Владимир Алексеевич, доцент кафедры экономической информатики БГУИР, кандидат технических наук, доцент, fedosenko@bsuir.by.