

АЛГОРИТМ ОБХОДА НЕВЫПУКЛЫХ ПРЕПЯТСТВИЙ ДЛЯ ГРУППЫ КВАДРОКОПТЕРОВ

Шенгелия Анастасия Николаевна

Студент

Факультет ВМК МГУ имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: s02240594@gse.cs.msu.ru

Научный руководитель — Ильин Александр Владимирович

За последние годы многороботные системы, и в частности группы беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), стали одним из ключевых направлений развития современной робототехники. Интерес к таким системам обусловлен необходимостью выполнять задачи в сложно структурированных средах, обеспечивать мониторинг больших территорий, ускорять сбор данных и сохранять высокую устойчивость при возможных отказах отдельных элементов. Использование группы квадрокоптеров позволяет повысить производительность за счёт параллельного выполнения задач.

Одной из важных проблем для группы роботов является задача безопасной навигации в среде с препятствиями. Квадрокоптеры должны гарантированно достигать целевых точек, избегая столкновений между собой и с элементами окружения. В простых случаях, когда препятствия имеют выпуклую форму, задача может быть решена с использованием классических методов планирования траекторий или искусственных потенциальных полей, однако в случае невыпуклых препятствий эти подходы становятся непригодными.

В данной работе используется идея перехода от невыпуклых препятствий к выпуклым при помощи конформных отображений, т. к. они сохраняют углы и топологическую структуру пространства. Это позволяет решать задачу управления в более геометрически простой среде, после чего переносить полученные результаты обратно в исходное пространство. Так для области с круглыми границами вычисляется навигационная функция

$$\varphi = \frac{\|q - q_d\|}{(\|q - q_d\|^k + \beta)^{1/k}}, \quad (1)$$

где $q \in \mathbb{R}^n$, q_d — целевая точка, $\beta = \prod_{i=1}^n \beta_i$ — совокупность функций препятствий. Для такой области функции β_i имеют вид:

$$\beta_i = \|q - q_i\|^2 - \rho_i^2, \quad (2)$$

где $q \in \mathbb{R}^n$, q_i и ρ_i — центр и радиус i -ой окружности соответственно.

Градиентный спуск такой функции обеспечивает достижение цели из любой начальной точки.

Само конформное отображение T строится при помощи обобщённого итерационного метода Кобе. В нём используется два вида конформных отображений: из двусвязной неограниченной области на «кольцо» (единичный диск с вырезанным диском меньшего радиуса, центры которых совпадают) и из односвязной неограниченной области на единичный диск. На каждом шаге итерационного метода происходит последовательный перебор всех препятствий, в ходе которого строится отображение граничных точек выбранных препятствий на окружности. Преобразование продолжается на внутренность области по интегральной формуле Коши.

Литература

1. Казаков К. А., Семенов В. А. Обзор современных методов планирования движения // Труды ИСП РАН. 2011. Т. 28, № 4. С. 241-294.
2. Fan L., Liu J., Xu P. Conformal Navigation Transformations with Application to Robot Navigation in Complex Workspaces // arXiv preprint arXiv:2208.06876., 2022.
3. Lee K. W., Murid A. H. M., Nasser M. M. S., Yeak S. H. Fast Implementation of Generalized Koebe's Iterative Method // Mathematics. 2025. Vol. 13, № 12 P. 1920.