

**Кооперативное управление многоагентными системами с
гарантированной ограниченностью ошибки отслеживания**

Вэнь Сюэчэн (ИТМО)

**Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Фуртат И.Б.
(ИТМО)**

Введение. Многоагентное кооперативное управление (Multi-Agent Cooperative Control) является важным направлением распределенных систем управления, основной целью которого является достижение глобальной согласованности группового поведения через локальное взаимодействие. В системах, включающих структуру "лидер-ведомый" (Leader-Follower), проблема "обеспечения ошибки выхода ведомого в заданных пределах относительно лидера" имеет четкое инженерное значение, например:

- Управление расстоянием для предотвращения столкновений в формации беспилотных летательных аппаратов
- Синхронизация напряжения/частоты распределенных генераторов в интеллектуальных энергосистемах
- Согласованное управление скоростью в автопарке автономных транспортных средств

Функция Ляпунова с барьером (Barrier Lyapunov Function, BLF) представляет собой метод построения функции Ляпунова, которая включает информацию об ограничениях, обеспечивая тем самым, что траектории системы всегда остаются в допустимой области[2]. Основное преимущество этого метода заключается в строгом математическом обосновании и возможности обработки временно-зависимых ограничений. Однако существуют и ограничения: границы ограничений должны быть определены заранее, что затрудняет их онлайн-адаптацию в процессе работы системы.

В отличие от упомянутых методов, предложен новый метод управления, основанный на преобразовании координат, которое позволяет свести исходную задачу с заданными ограничениями к задаче исследования устойчивости по вход-состояние новой расширенной системы без ограничений[3].

Основная часть. Формулируется математическая модель задачи синхронизации в многокомпонентной кооперативной системе, связанной через структуру взаимодействующего графа (interaction graph structure). Предполагается, что динамика агентов является гетерогенной, то есть различные агенты обладают разными динамическими характеристиками. Кроме того, динамики агентов подвергаются влиянию неизвестных внешних возмущений. Цель — построение базовой структуры распределённого управляющего протокола. Сначала выводится динамика ошибки синхронизации (error dynamics) и устанавливаются ограничения на ошибку синхронизации. Затем вводится координатное преобразование ошибки синхронизации, что позволяет построить новую систему. На основе этой новой системы разрабатывается распределённый управляющий закон синхронизации, подходящий для агентов с гетерогенной и неизвестной динамикой. Данный управляющий закон гарантирует, что ошибка синхронизации всегда удовлетворяет заданным ограничениям.

Выводы. Проведен анализ ограниченности сигналов в замкнутой системе и разработана нового алгоритма управления.

Список использованных источников:

1. Das A., Lewis F. L. Distributed adaptive control for synchronization of unknown nonlinear networked systems. Automatica, 2010, vol. 46, no. 12, pp. 2014–2021.

<https://doi.org/10.1016/j.automatica.2010.08.008>.

2. Liu Y, et al. Practical fixed-time bipartite consensus control for nonlinear multi-agent systems: A barrier Lyapunov function-based approach. *Information Sciences*. 2022, vol. 607, pp. 519-536. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2022.06.001>.

3. Furtat I.B., Gushchin P. Nonlinear feedback control providing plant output in given set. *International Journal of Control*, 2022, vol. 95, no. 6, pp. 1533–1542. <https://doi.org/10.1080/00207179.2020.1861336>.