

Отзыв официального оппонента
кандидата физико-математических наук Рогозина Александра Викторовича
на диссертационную работу Хомутова Дмитрия Константиновича
«Методы согласования характеристик в многоагентных системах с запаздыванием и
несвязной сетью»,
представленную на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук по специальности
2.3.1. «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика»

Актуальность темы диссертационной работы

Многоагентные системы, как и децентрализованное управление, находят применение в различных приложениях, связанных с транспортными, социально-экономическими, биологическими системами и кооперативным управлением, основанным на обмене данными между агентами и коммуникационном протоколе консенсуса. Однако в практических приложениях данные между агентами передаются с задержкой, что существенно усложняет задачу управления. В диссертационной работе рассматривается консенсус с задержками, что говорит об актуальности темы работы.

Содержание и структура работы

Работа состоит из введения, четырех глав и заключения. Диссертация содержит 128 страниц основного текста с 12 рисунками. Список литературы включает 128 наименований. Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

Во введении обоснована актуальность темы работы, сформулированы цель и задачи исследования, представлены основные результаты работы, определены их научная новизна, теоретическая и практическая значимость.

В первой главе представлены основные определения и известные результаты из области теории устойчивости, теории многоагентных систем и алгебраической теории графов. Также автор приводит достаточно подробный обзор современных исследований, посвященных анализу устойчивости, скорости сходимости и условиям достижения консенсуса в многоагентных системах с запаздыванием.

Вторая глава посвящена анализу характеристик базового протокола консенсуса с запаздыванием. С помощью W -функции Ламберта для многоагентных систем с лапласовской матрицей, которая содержит только действительные собственные значения, получено максимальное значение степени сходимости и значение запаздывания, при котором оно достигается. Как следствие, установлено, что максимальная степень устойчивости соответствующего скалярного дифференциального уравнения достигается при ненулевом значении запаздывания, для которого получена аналитическая формула. Также получена формула для предельного вектора характеристик агентов при применении устойчивого протокола.

Третья глава посвящена анализу протоколов консенсуса с частичным запаздыванием. С помощью метода Цыпкина найдены граничное значение запаздывания и условие, при котором соответствующий протокол устойчив при любом запаздывании. Стоит отметить, что обе характеристики тесно связаны со спектральными свойствами соответствующей лапласовской матрицы. Также найдено аналитическое выражение предельного вектора характеристик агентов при применении данных протоколов и, как следствие, условие достижения консенсуса.

Четвертая глава посвящена достижению согласованной характеристики в многоагентных системах с несвязной сетью коммуникаций. Для метода ортогональной проекции, который заключается в изменении вектора начальных значений, получена графовая интерпретация. С помощью полученных в предыдущей главе методов для протокола консенсуса со слабыми фоновыми связями получены граничное значение запаздывания и условие, при котором данный протокол устойчив при любом запаздывании. Также показано, что при выполнении полученных условий устойчивости и при применении данного протокола в системе будет достигнут консенсус вне зависимости от связности.

В заключении сформулированы основные выводы по работе.

Научные результаты диссертационного исследования

В диссертационной работе получены следующие основные результаты, обладающие научной новизной:

1) Метод нахождения значения запаздывания, при котором достигается максимальная степень сходимости в базовом протоколе управления в многоагентных системах с запаздыванием с действительным спектром лапласовской матрицы.

2) Условие независимости устойчивости от запаздывания и граничное значение запаздывания для протоколов управления в многоагентных системах с частичным запаздыванием.

3) Анализ асимптотического поведения и метод вычисления предельных характеристик агентов в многоагентных системах с запаздыванием с помощью собственного проектора соответствующей лапласовской матрицы, который позволяет получить условие достижения консенсуса.

4) Графовая интерпретация метода ортогональной проекции в общем случае с небазовыми агентами и представление выражения для консенсуса с помощью псевдообратной матрицы при его применении.

5) Анализ протокола латентного консенсуса (с добавлением слабых фоновых связей) и метод вычисления граничного значения запаздывания и предельных характеристик агентов в многоагентных системах с несвязной сетью и запаздыванием при любой постоянной функции, соответствующей начальным условиям.

Данные результаты соответствуют пп. 1, 3 и 4 паспорта заявленной специальности.

Обоснованность и достоверность полученных научных результатов

Научные результаты диссертационной работы получены с применением строгих методов теории управления, имеют строгие доказательства с непротиворечивыми математическими выкладками, что подтверждает достоверность полученных результатов. Также основные результаты работы опубликованы в высокорейтинговых рецензируемых научных изданиях и представлены на множестве конференций.

Теоретическая и практическая значимость

Теоретическая значимость работы заключается в развитии теории и методов решения задач теории устойчивости и теории многоагентных систем с запаздыванием и несвязной сетью.

Практическая значимость работы заключается в том, что полученные теоретические результаты могут быть использованы при решении практических задач, требующих децентрализованного подхода, при этом учитывая то, что передача данных осуществляется с запаздыванием.

Замечания по диссертационной работе

После прочтения полного текста диссертации и автореферата возникли следующие замечания:

1. На мой взгляд, в целом в диссертацию было бы полезно добавить примеры, иллюстрирующие построение лапласовской матрицы по орграфу коммуникаций и демонстрирующие связь количества базовых бикомпонент, кратности нулевого собственного значения и связности орграфа.

2. Ограничение, накладываемое на сумму двух лапласовских матриц, в протоколе (3.20) приводит к рассмотрению достаточно узкого класса многоагентных систем.

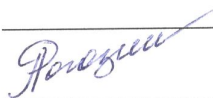
Заключение

Данные замечания не являются критическими и не снижают научную ценность диссертационной работы, которая является законченной научно-квалификационной работой, содержащей новые результаты, обладающие как теоретической, так и практической значимостью.

Диссертационная работа Хомутова Дмитрия Константиновича «Методы согласования характеристик в многоагентных системах с запаздыванием и несвязной сетью» соответствует требованиям Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 2.3.1. «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика».

Официальный оппонент:
старший научный сотрудник
Лаборатории дискретной и комбинаторной
оптимизации МФТИ
кандидат физико-математических наук

Рогозин Александр Викторович



« 24 » августа 2026 г.

ФГАОУ ВО «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)»

141701, г. Долгопрудный, ул. Первомайская, д. 3.

E-mail: aleksandr.rogozin@phystech.edu

Телефон: +7 495 408 72 90

ПОДПИСЬ РУКИ
ЗАВЕРЯЮ:
АДМИНИСТРАТОР КАНЦЕЛЯРИИ
АДМИНИСТРАТИВНОГО ОТДЕЛА
С. А. КОРАБЛЕВА

