

ОТЗЫВ

члена диссертационного совета Мазалова Владимира Викторовича

на диссертацию Чжао Чи на тему

«Моделирование динамики бинарных мнений
в социальных сетях сложных конфигураций»,
представленную на соискание ученой степени
кандидата технических наук по специальности

2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика

Актуальность темы исследования. Область динамики мнений в социальных сетях активно привлекает исследователей из-за своей важности при формировании убеждений, распространении информации и построении консенсуса в рамках сложных человеческих взаимодействий. С быстрым ростом цифровых платформ анализ того, как мнения развиваются и распространяются, становится критически важным для борьбы с дезинформацией, разработки эффективных государственных политик и содействия подлинному дискурсу. Данная диссертация направлена на моделирование динамики мнений в многослойных социальных сетях сложных конфигураций с помощью микро- и макромоделей, различая частные и публичные каналы коммуникации, а также учитывая особенности поведения индивидуумов, такие как лицемерие и склонность к изменчивости мнений. В диссертации изучаются меры центральности для выявления влиятельных лиц в сетях при заданной динамике мнений, что имеет решающее значение для построения стратегий государства и при решении задач целевого маркетинга. Кроме того, центральные меры, разработанные автором, используются в области объяснимого искусственного интеллекта (ИИ) для оценки важности факторов в моделях регрессионного анализа и классификации.

№ 36-06-458 от 15.04.2025

Содержание работы. Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка сокращений и символов, списка рисунков, списка таблиц, библиографии и приложения. Содержание каждой главы включает основные обозначения, описание модели и определения, подробное описание экспериментов, анализ результатов и краткое заключение к главе. Диссертация содержит 158 страниц, включая 38 рисунков и 34 таблицы. В библиографии цитируется 109 источников. **Введение** подробно описывает предметную область, цели, задачи, результаты исследования и научные результаты, представленные на защиту. **Первая глава** посвящена изучению динамики мнений в двухслойных сетях с участниками с учетом эффекта лицемерия (высказывания во внешнем слое мнения, отличного от внутреннего) на основе макроскопического подхода с использованием методов статистической физики и теории вероятностей. Здесь представлены

базовая модель избирателя, математическая постановка обобщенной модели избирателя, описание экспериментов и результаты численного моделирования динамики мнений. Вторая глава описывает микроскопический подход к моделированию динамики мнений в двухслойных сетях с агентами в присутствии лицемерия. Представлены определения многослойной и двухслойной сети с репликами, сравниваются макроскопический и микроскопический подходы и представлены результаты численных экспериментов. Третья глава применяет разработанные методы к реальным структурам социальных сетей (сеть каратеклуба Закари), изучает взаимосвязь между центральностью наиболее важных вершин и ключевыми показателями распространения мнений (время консенсуса и коэффициент победы определённого мнения). В третьей главе также описываются алгоритмы сведения двуслойной невзвешенной сети с заданной на ней динамикой мнений к однослойной взвешенной сети и вычисления центральности, подтверждается эффективность предложенных подходов. Четвертая глава посвящена применению разработанных мер центральности в области объяснимого искусственного интеллекта (XAI). В этой главе предлагается новый метод глобального объяснения переменных, проводится экспериментальное сравнение с существующими методами (SHAP и Feature Importance), и подтверждается эффективность предложенного подхода. Заключение кратко подводит итоги полученных в работе результатов.

Научная новизна. Данная диссертация предлагает общую модель скрытого избирателя (GCVM) динамики мнений в двухслойных сетях. Отличительной особенностью исследования является учет как внешних (публичных), так и внутренних (частных) слоев взаимодействия между индивидами, что позволяет более реалистично моделировать распространение мнений. Автор представляет макроскопические и микроскопические версии GCVM, проводит серию численных экспериментов распространения мнений в различных сетевых структурах и выявляет критические факторы, влияющие на время достижения консенсуса. Разработаны эффективные алгоритмы для вычисления приближенных значений центральности и упрощения анализа двухслойных сетей. Кроме того, разработан и проверен новый метод объяснимого ИИ, ShapG, основанный на вычислении аппроксимации вектора Шепли, который демонстрирует превосходную точность и вычислительную эффективность по сравнению с существующими методами. Все предложенные методологии подробно описаны и экспериментально валидированы, что позволяет прогнозировать их широкое практическое применение в различных областях.

Теоретическая и практическая значимость. Теоретическая значимость диссертации включает оригинальные математические модели динамики мнений в

сложных двухслойных социальных сетях (макроскопических и микроскопических), методы сведения двухслойных сетей к однослойным, эффективные теоретико-игровые методы для аппроксимации мер центральности и новый метод объяснимого ИИ ShapG. Практическая значимость работы заключается в возможности применения этих моделей к реальным задачам, таким как разработка стратегий целевого маркетинга, политических кампаний, объяснений сложных моделей искусственного интеллекта. Предложенные меры центральности выявляют влиятельные узлы, что ценно не только для динамики мнений, но и для транспортных и коммуникационных сетей. Разработанный алгоритм важности признаков (ShapG) может быть использован для объяснения моделей машинного обучения, разработки оптимальной стратегии обучения моделей, экономии энергии при обучении моделей машинного обучения.

Степень обоснованности научных положений. Чжао Чи представил результаты своей работы на многих всероссийских и международных конференциях и научных семинарах. Основные результаты диссертации опубликованы в шести печатных изданиях, включая три статьи в журналах, рекомендованных ВАК (одна из статей была опубликована в период ожидания защиты). Кроме того, часть работы, представленной в Главе 1, получила свидетельство о регистрации программного обеспечения, а часть работы из Главы 4 была выпущена в виде программы с открытым исходным кодом.

Замечания к диссертационной работе. Ниже приведены некоторые вопросы и комментарии:

1. В Главе 2 автор определяет двухслойную модель обмена мнениями среди агентов, часть из которых является лицемерами. Однако, внутри одного слоя агенты имеют одинаковые параметры в процессе передачи мнений. Введение разнообразия параметров могло бы более реалистично описать процесс распространения мнений и повысить применимость модели.
2. Формула (11) определяет матрицу весов, которая является линейной комбинацией блочных матриц, где веса можно понимать как скорость изменения индивидов в соответствующих подграфах каждой блочной матрицы. Однако этот метод применим только к многослойным сетям с дублированными узлами. Что делать, если количество узлов на разных уровнях неодинаково или если в сети существуют более сложные взаимодействия? Можно ли адаптировать представленную формулу для этих случаев?

3. Непонятен выбор интервалов для L при определении функции D в формуле (30). Почему выбрано три интервала? Автор не приводит четкого объяснения этой формулы.
4. В главе 4 автор применяет алгоритм центральности, предложенный в главе 3, в области объяснимого искусственного интеллекта. В разделе 4.2.2 автор использует коэффициент корреляции Пирсона для построения графа связей между признаками. Почему именно этот коэффициент? Можно ли применять этот же метод построения графа, если в данных присутствует сильная нелинейная связь между признаками?

Приведенные выше вопросы и замечания не умаляют общего положительного впечатления от диссертации. Ключевым достоинством диссертации является ее сильная практическая направленность. Прикладная часть, включая детальное моделирование и разработку алгоритмов, выполнена тщательно и поддержана обширными численными экспериментами на реальных двухслойных сетевых структурах. Работа предоставляет ценные примеры для моделирования динамики мнений в социальных системах. Особенно стоит отметить предложенные меры центральности, основанные на методах теории игр, которые помогают выявлять влиятельные узлы в сложных сетях, и новый метод XAI ShapG, который повышает объяснимость модели и вычислительную эффективность. Автор имеет достаточное число публикаций по теме исследования. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

Заключение. Диссертация Чжао Чи на тему: «Моделирование динамики бинарных мнений в социальных сетях сложных конфигураций» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 №11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Чжао Чи заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика. Нарушения пунктов 9 и 11 указанного Порядка в диссертации не установлены.

Член диссертационного совета,
доктор физико-математических наук, профессор,
профессор Кафедры моделирования экономических систем,
Санкт-Петербургский государственный университет



В.В. Мазалов
31.03.2025