

О т з ы в

председателя диссертационного совета Седакова Артема Александровича
на диссертацию Чжао Чи на тему «Моделирование динамики бинарных мнений
в социальных сетях сложных конфигураций», представленную на соискание ученой
степени кандидата технических наук по научной специальности 2.3.1. Системный
анализ, управление и обработка информации, статистика

Актуальность темы исследования. Актуальность моделирования динамики мнений обусловлена важностью понимания процессов формирования и распространения мнений в социальных сетях, которые являются основными каналами обмена информацией. В современных условиях при более сильной взаимосвязанности общества анализ таких процессов помогает анализировать механизмы противодействия дезинформации и разрабатывать эффективные коммуникационные стратегии управления общественным мнением. Особую значимость приобретают сложные многослойные конфигурации социальных сетей вместе с разнообразными типами поведения индивидов (упрямство, лицемерие, изменчивость), которые влияют на динамику распространения мнений и достижение консенсуса. В диссертации рассматриваются двухслойные модели социальных сетей, отражающие публичные и частные уровни коммуникации, что повышает точность описания реальных социальных процессов. Результаты проведенного исследования также находят применение в области искусственного интеллекта, где разработанные меры центральности используются для создания интерпретируемых моделей машинного обучения.

Научная новизна. Диссертация содержит новые модели динамики мнений в двухуровневых социальных сетях. Предложена общая модель скрытого избирателя, которая учитывает взаимодействие участников сети на двух уровнях, а также обмен мнениями на обоих уровнях: внешнем (публичном) и внутреннем (частном). Изучено, как структура социальной сети влияет на достижение консенсуса, а также показана неэффективность внутреннего обмена при низкой публичной активности участников. В микроскопической модели проанализировано влияние параметров сети и поведения ее участников на ключевые показатели, в частности, подтверждая линейную зависимость времени достижения консенсуса от средней длины кратчайшего пути. Предложен метод преобразования двухслойных сетей в однослойные взвешенные.

В диссертации также предлагается новый подход к объяснимому искусственному интеллекту. Опираясь на применение вектора Шепли для графов, разработан метод SharG — эффективный метод оценки важности признаков, учитывая структуру данных, значительно снижая вычислительную сложность. Продемонстрировано, что метод SharG превосходит известные методы по точности и скорости вычислений.

Степень достоверности. Основные результаты опубликованы в журналах «Вестник Санкт-Петербургского университета. Прикладная математика. Информатика. Процессы управления» и *Journal of the Operations Research Society of China*, получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Результаты диссертации были представлены на международных конференциях «Теория игр и менеджмент» (2023, 2024) и *Mathematical Optimization Theory and Operations Research* (2024), научной школе *Dynamics of Complex Networks and their Applications* (2023), семинаре *Dynamic Games and Applications* центра GERAD (2024).

Теоретическая и практическая значимость работы. Теоретическая значимость заключается в анализе математических макро- и микроскопических моделей динамики мнений

в двухслойных сетях, новом эффективном вычислении теоретико-игровых мер центральности и разработке метода ShapG для оценки значимости признаков на основе вектора Шепли. Практическая ценность подтверждается применением результатов для выявления влиятельных участников сети, нахождения оценки времени достижения консенсуса, а также продемонстрированной эффективностью метода ShapG по сравнению с существующими подходами.

Содержание работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списков сокращений и условных обозначений, иллюстраций, таблиц, списка литературы и приложения.

В первой главе на основе базовой модели избирателя с бинарными мнениями и одним «слоем» обмена мнениями предлагается скрытая модель избирателя в двухслойной сети с обменом мнениями на обоих уровнях — внешнем (публичном) и внутреннем (частном). Избиратели могут копировать мнения соседей на внешнем и внутреннем уровнях. Для различных сетевых конфигураций обсуждается достижимость консенсуса, включая среднее время его достижения, а также вероятность «победы» выбранного мнения.

Во второй главе рассматриваются двухслойные сети с узлами-репликами и предлагается общая скрытая модель избирателя с бинарными мнениями и лицемерными индивидами. В рамках этой модели для различных сетевых конфигураций также обсуждается время достижения консенсуса и вероятность «победы» выбранного мнения. Экспериментально показано, что время достижения консенсуса линейно зависит от средней длины кратчайшего пути во внешнем слое.

В третьей главе предлагается метод построения однослойной взвешенной сети на основе двухслойной сети скрытой модели избирателя. Матрица весов однослойной взвешенной сети определяется матрицами смежности двухслойной сети и рядом параметров модели. Приводятся эффективные алгоритмы вычисления точных векторов Шепли и Майерсона и их аппроксимаций как теоретико-игровых мер центральности для однослойной взвешенной сети.

В четвертой главе описывается метод ShapG оценки значимости признаков на основе вектора Шепли как одно из практических применений предложенных теоретико-игровых мер центральности в области объяснимого искусственного интеллекта. Экспериментально обосновывается лучшая эффективность метода в сравнении с существующими.

Приведу комментарии.

1. Возможно ли применять модели, разработанные для двухуровневых сетей, к многоуровневым системам, в которых коммуникация и обмен мнениями осуществляется не только в рамках публичного и частного уровней, но и в более широком контексте, например, с учетом взаимодействия в различных социальных группах? Если такой подход оправдан, то можно ли будет преобразовать многоуровневую сеть во взвешенную однослойную, подобно тому, как это было сделано для двухуровневых сетей?
2. В процессе численного моделирования анализируются довольно специфические сети на каждом из двух уровней: цикл, полный граф, граф-звезда, клики. Интересно было бы сопоставить результаты для более сложных конфигураций, например, сетей с заданным распределением степеней вершин, соответствующим реальным социальным графам.

3. Фраза *Чем меньше d , тем выше время достижения консенсуса* на стр. 77 противоречит информации на рис. 16.
4. Почему не рассматривается влияние средней длины кратчайшего пути во внутреннем слое на время достижения консенсуса?
5. В алгоритмах 1–2 главы 3 вычисления вектора Шепли и его аппроксимации основаны на характеристической функции вида (24), зависящей от весов ребер. Насколько будет справедливым сделать вывод об эффективности этих вычислительных алгоритмов также и для характеристической функции произвольно заданной кооперативной игры?
6. Требуется пояснить связь плотности D и максимальной глубины L в (30).
7. Чем принципиально различаются алгоритм 2 на стр. 90 и алгоритм 6 на стр. 117?

В диссертации предложен ряд новых моделей динамики бинарных мнений в двухслойных сетевых конфигурациях. В ней предложена эффективная аппроксимация вектора Шепли и, как следствие, других основанных на нем решений кооперативной теории игр, значительно сокращая время вычисления. Продемонстрированы преимущества метода SharpG в сравнении с другими популярными методами объяснимого искусственного интеллекта. Полученные результаты имеют важное значение для развития теории игр и области объяснимого искусственного интеллекта.

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 научной специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика. Нарушения пунктов 9 и 11 указанного Порядка в диссертации не обнаружены.

Председатель диссертационного совета

Доктор физико-математических наук, доцент,
профессор Кафедры математической теории игр
и статистических решений Санкт-Петербургского
государственного университета

03 апреля 2025 г.


А. А. Седаков