

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор,
доктор химических наук

А.В. Метелица

« 4 » марта 2025 г.

Отзыв ведущей организации

федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южный федеральный университет» на диссертационную работу Чжао Чи «Моделирование динамики бинарных мнений в социальных сетях сложных конфигураций», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. – Системный анализ, управление и обработка информации, статистика

Актуальность темы. Работа Чжао Чи посвящена моделированию процесса распространения мнений в сетях сложных конфигураций, а именно, когда агенты сети связаны двухуровневой сетью. Идея о том, что агенты имеют внутреннее и внешнее мнения, где последнее предается гласности, интересна и позволяет более точно описывать реальные сложные социальные процессы, происходящие в обществе. Такой подход, очевидно, обеспечивает новизну исследованию, а результаты математического моделирования динамики мнений в таких сетях позволят в дальнейшем решать задачи управления мнениями одним или несколькими игроками. Также в работе Чи Чжао решается задача аппроксимации вектора Шепли в сетях больших размерностей. Предложенные в работе процедуры позволят применять вектор Шепли как принцип распределения выигрышей между игроками в задачах больших размерностей, которые часто встречаются на практике.

Новизна полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации. Научная новизна результатов диссертационного исследования сводится к следующим основным положениям:

- предложена математическая модель динамики мнений - общая модель скрытого избирателя (GCVM), которая является обобщением модели скрытого избирателя (CVM) за счёт введения внутренних взаимодействий между агентами. Эта модель представлена в макро- и микроскопической формулировках. Исследована взаимосвязь между характеристиками

индивидов и процессами динамики мнений (время достижения консенсуса и вероятность выигрыша определенного мнения).

- введено определение двухслойной сети с узлами-репликами. Предложена микроскопическая модель GCVM для любой структуры сети, удовлетворяющей данному определению. Разработана методология для проверки влияния каждого индивидуального параметра на время консенсуса и вероятность выигрыша, исследована взаимосвязь между свойствами сети и процессами динамики мнений.

- представлен оригинальный метод упрощения двухслойной сети с заданной динамикой мнений до однослойной взвешенной сети. Предложены новые подходы к приближенному вычислению теоретико-игровых мер центральности. Исследована связь между мерами центральности вершин и процессами динамики мнений.

- Предложен новый метод определения важности признаков под названием ShapG для объяснения моделей машинного обучения. Разработан алгоритм метода ShapG, написана реализация алгоритма с открытым исходным кодом. Проведенное автором тестирование метода ShapG показывает, что он является более точным и эффективным, чем имеющиеся подобные современные методы (SHAP, LIME и Feature Importance).

Теоретическая и практическая значимость. Теоретическую значимость работы представляют микро- и макроскопические модели динамики мнений в двухслойных сетях, когда один индивид представлен двумя мнениями во внутреннем и внешнем слоях, эти мнения могут быть различными, что порождает так называемое лицемерие в сети. Данные модели динамики мнений исследованы автором на множестве численных экспериментов, в которых менялся внутренний слой сети. Также теоретическую значимость представляют метод вычисления приближенного значения компонент вектора Шепли в случае большого числа игроков и метод объяснения значимости переменных, разработанный автором для области объяснимого искусственного интеллекта (XAI). Несомненную практическую значимость имеют эти два метода, поскольку их можно использовать в задачах больших размерностей для аппроксимации вектора Шепли, например, в области математического моделирования энергетических систем при распределении доходов участников большой коалиции. Метод ShapG, предложенный в работе, может использоваться в области анализа данных для объяснения значимости переменных в разных моделях машинного обучения, наряду с другими имеющимися в этой области методами. Метод ShapG показал высокую скорость работы по сравнению с другими методами и хорошие результаты с точки зрения эффективности, как описано в диссертации.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и заключений. Степень обоснованности результатов диссертационного исследования подтверждается корректным использованием математического аппарата для формализованных постановок и решения задач моделирования динамики мнений в двухслойных сетях, разработки алгоритмов вычисления аппроксимации вектора Шепли для случая большого числа игроков, разработки нового метода определения важности признаков на основе аппроксимированных значений вектора Шепли для объяснения моделей машинного обучения.

Оценка содержания диссертации, ее завершенность в целом, замечания по оформлению. Объем работы составляет 158 страниц, включает введение, четыре содержательных главы, заключение, список литературы и приложение. В первой главе автор описывает модель динамики мнений в двухслойной сети GCVM, когда агенты могут иметь разные мнения в разных слоях (лицемерить). В этой главе рассматриваются различные конфигурации внутреннего слоя, изучаются основные характеристики динамики бинарных мнений (время достижения консенсуса и вероятность победы определенного мнения) по результатам численных экспериментов. Во второй главе проводится анализ времени достижения консенсуса и вероятности победы мнения в двухслойных сетях различных структур при наличии лицемерия, но в микроскопической постановке. Проводится анализ, подобный анализу, проведенному в первой главе. В третьей главе автор предлагает и изучает меры центральности в двухслойных графах, на которых задана динамика мнений. В этой главе предлагается алгоритм приближенного вычисления теоретико-игровых мер центральности. В четвертой главе предлагается новый метод оценки значимости признаков на основе вектора Шепли, который использует аппроксимацию, представленную в третьей главе. В этой главе представлены результаты применения метода на двух базах данных, представлены результаты сравнительного анализа предложенного метода с уже имеющимися.

Диссертация хорошо написана, структура имеет понятную логику, все представленные результаты обоснованы.

К достоинствам диссертации следует отнести:

-разнообразный выбор математических моделей, используемых при решении задачи моделирования динамики мнений в сетях сложных конфигураций, а также выявлении связей между характеристиками сети и динамики мнений;

- актуальность рассматриваемой в работе проблемы вычисления вектора Шепли в случае большого числа игроков, учитывая большой интерес научного сообщества к использованию вектора Шепли в анализе больших данных;

- в работе предложен новый алгоритм оценки важности переменных в моделях машинного обучения, для которых в явном виде не удается построить уравнения статистической зависимости, в том числе, в моделях, построенных с использованием нейронных сетей;

- все алгоритмы, предложенные в работе, реализованы в виде программных продуктов и имеют регистрацию или выложены в открытый доступ, они могут быть использованы в других прикладных задачах.

Подтверждение опубликованных основных результатов диссертации в научной печати. Результаты диссертационного исследования достаточно полно представлены в научной печати. По теме диссертации автором опубликовано 5 научных работ и 2 программы, одна из которых имеет свидетельство о регистрации, а вторая размещена в открытом доступе в сети Интернет. Две статьи опубликованы в изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки РФ, четыре в изданиях, включённых в базу цитирования Web of Science или Scopus. Результаты диссертационного исследования прошли апробацию на нескольких международных и Всероссийских конференциях, были доложены на семинарах кафедры математической теории игр и статистических решений СПбГУ, которая рекомендовала диссертацию к защите.

Замечания по содержанию работы.

1. Не совсем понятно отличие макроскопической и микроскопической моделей динамики мнений, представленных в первой и второй главах диссертации. В работе это четко не описано.

2. На стр. 34 написано, что (1) две клики имеют один общий узел (этот общий узел имеет степень $N-1$); (2) две клики имеют два общих узла (эти два общих узла имеют степень $2/N$). Требуется пояснить, как вычислены степени общих узлов.

3. В четвертой главе представлены результаты тестирования предложенного в работе метода SharpG на двух базах данных. Кажется, что этого недостаточно, чтобы делать выводы о повышенной эффективности и улучшенной скорости вычисления важности компонент по сравнению с другими схожими методами. Проводились ли еще какие-либо эксперименты? Если да, то можно ли говорить о справедливости полученных в диссертации выводов?

В целом, отмеченные замечания не носят принципиального характера и не снижают значимости работы.

Заключительная оценка. Диссертация Чжао Чи «Моделирование динамики бинарных мнений в социальных сетях сложных конфигураций» посвящена решению актуальных проблем в области математического моделирования динамики мнений, содержит новые теоретические и практические результаты, которые могут быть применены для моделирования мнений в реальных социальных сетях, а также в области анализа данных для объяснения значимости признаков в сложных моделях машинного обучения. Диссертационная работа соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Чи Чжао заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. – Системный анализ, управление и обработка информации, статистика. Пункты 9 и 11 указанного Порядка диссертантом не нарушены.

Отзыв подготовлен профессором кафедры прикладной математики и программирования, доктором технических наук (05.13.10 – Управление в социальных и экономических системах) Ольгой Ивановной Горбанёвой (344090, Ростов-на-Дону, ул. Мильчакова, 8А, тел. раб. +7(863)2975411, эл. почта: oigorbaneva@sfedu.ru).

Отзыв обсуждён и утверждён на заседании кафедры прикладной математики и программирования Института математики, механики и компьютерных наук им. И.И. Воровича Южного федерального университета от "4" марта 2025 г., протокол №7. Присутствовало на заседании 7 чел.

Результаты голосования: «за» – 7 чел., «против» – нет, «воздержались» – нет.

И.о. заведующего кафедрой прикладной математики и программирования Института математики, механики и компьютерных наук им. И.И. Воровича ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

д.т.н., доцент

А.Б. Усов

344090, г.Ростов-на-Дону, ул. Мильчакова, 8А
тел. раб. +7(863)297-54-11, e-mail: abusov@sfedu.ru



Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Личную подпись Чжао А. Б.

ЗАВЕРЕНО:

Главный специалист по управлению персоналом
Ирина Владимировна М. И.
« 4 » марта 20 25 г.