

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования «Национальный
исследовательский университет «Высшая школа экономики»

На правах рукописи

Акопян Заруи Рафиковна

**Проблемы эволюции сетевых структур и распределение
информации в динамических моделях популизма и конфликтов**

РЕЗЮМЕ диссертации на соискание ученой степени кандидата
экономических наук

Научный руководители: PhD Арбатли Кемал Эрен,

PhD Коуловатианос Кристос

JEL : D7, D81, D82, D83, D85, C73, C6

Москва – 2020

Работа выполнена в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» и в Университете Люксембурга.

Актуальность

Стратегическое взаимодействие среди агентов играет важную роль во многих аспектах нашей жизни. Большинство решений, которые принимают агенты, например, какие продукты покупать, за кого голосовать, по какой дороге поехать на работу, зависят не только от собственных выборов, но и от выборов друзей, остальных людей. В литературе существуют много эмпирических работ, которые доказывают связь между оптимальными решениями агентов.

Первая глава посвящена изучению марковских дифференциальных игр. Марковские дифференциальные игры обеспечивают аналитическую основу для изучения стратегических взаимодействий между агентами, когда агенты ориентированы на будущую полезность. В первой главе обобщаются оптимальные стратегии в классе марковских дифференциальных игр. Литература, использующая не стохастические марковские дифференциальные игры, рассматривает различные параметрические примеры, но не дает конкретных характеристик по принятию решений для общих функций полезности. Первая глава представляет собой чисто теоретическую работу, предлагающую точное решение, которое помогает найти оптимальное решение более легким способом, чем решение уравнений Гамильтона-Якоби-Бельмана (HJB).

Вторая и третья главы связывают стратегические взаимодействия при неполноте информации в динамическом процессе формирования сетей. Вторая и третья главы демонстрируют инструмент для связи стратегических действий с эволюцией сетевых структур. В литературе есть только несколько работ, использующих байесовское обновление убеждений в сети. Одна из причин, по которой эта литература еще не очень развилась, заключается в сложности и трудности вычислений. Во второй и третьей главах диссертация частично восполняет этот пробел. Вторая глава докторской диссертации изучает популистское и поляризованное поведение в социальных сетях с новой точки зрения. В этой главе утверждается, что существуют механизмы, выходящие за рамки фальшивых новостей, и исследователям необходимо понять ту роль, которую играют также предубеждения ассимиляции и подтверждения. В третьей главе предлагается механизм, который может смягчить поляризацию в сетях и приблизить агентов к истинным основам их собственных действий. В третьей главе предлагается механизм, способствующий развитию сетей повышения благосостояния в условиях неполной информации, используя в основном инструменты моделирования по методу Монте-Карло, мотивированные некоторыми разработанными статическими примерами.

Цель и задачи диссертационного исследования

Диссертация состоит из одной теоретической статьи и двух прикладных теоретических работ. Главной целью является разработка инструментов и моделей для изучения стратегических взаимодействий между агентами в динамичных играх.

Первая глава. Данная часть работы посвящена марковским дифференциальным играм. Марковские дифференциальные игры применяются в различных экономических

приложениях, таких как коррупция, права на владение капитала, загрязнение окружающей среды, т. д. Модели, которые используются в литературе, имеют специфическую функцию полезности, а также требуют параметрических допущений для поиска решений в замкнутой форме (closed-form solution). Такие параметрические предположения обычно демонстрируют высокий уровень сложности этих игр. Изучение таких игр требует знаний в нескольких областях математики, таких как динамическое программирование, функциональный анализ, анализ метрического пространства и т. д. **Цель первой главы** - разработать формулу, которая может служить руководством для нахождения внутренних замкнутых марковских стратегий. Для выполнения поставленной цели в первой главе было поставлено две основные задачи: (1) Найти общую характеристику для симметрических марковских стратегий, когда воспроизведение общего ресурса является линейным. Данная задача достигается путем доказательства, что уравнение Гамильтона-Якоби-Беллмана преобразовывается в дифференциальное уравнение Лагранжа Даламбера. Это дифференциальное уравнение имеет внутреннее решение, когда константа интегрирования равна нулю. В этом случае марковские стратегии состоят из неопределенного интеграла от обратной функции предельной полезности. (2) Доказать, что если функция полезности является аналитической функцией, то симметрические марковские стратегии также являются аналитическими функциями.

Вторая глава посвящена пониманию, как социальные сети влияют на экономику конфликтов, популизма, политической сегрегации, радикализма, а также религиозного фанатизма. Политические показатели во всем мире указывают на рост популизма и тенденций сегрегации. Одно из определений популизма — это стремление людей определять себя в рамках определенной группы, которая ищет врагов вне группы. Корни популизма имеют две основных компоненты. Первым ингредиентом является сетевое взаимодействие в обществе. В сегодняшнем мире интернет-соединение стало в разы быстрее, а смартфоны заменили компьютеры и позволяют людям обмениваться огромными объемами информации, фото- и видеофайлами, и при этом их затраты очень низкие. Взаимодействие людей в таких условиях, которые стремятся объединиться в подгруппы, становится более интенсивными. Стали популярны онлайн социальные при попытке распространения информации. Таким образом, цель состоит в том, чтобы построить модель, которая учитывает, влияют ли имеющиеся информационные технологии на убеждения и принятие людьми решений в обществе. Вторым компонентом, ведущим к популизму, является неполнота информации. С неполной информацией люди в сетях должны проверять ту ограниченную информацию, которую они получают, и им необходимо различать факты и «поддельные новости». Поэтому **ключевой теоретической целью** является моделирование работоспособного механизма убеждений, который развивается в сетях.

Третья глава диссертационного исследования проливает свет на проблему популизма, о которой идет речь во второй главе, путем разработки механизма, который может привести к улучшению благосостояния в сети при неполноте информации. Цель данной главы - определить, может ли социальный планировщик (например, менеджер социальной медиа-платформы) манипулировать сетевой структурой, чтобы приблизить действия агентов к фундаментальным знаниям о неизвестных параметрах. **Цель этого исследования** - построить эволюционную сетевую игру, где социальный планировщик представляет членов сети другим участникам, с которыми они не связаны, но позволяет им выбрать, станут ли они друзьями в сети или нет.

Ключевыми вопросами нашего исследования являются следующие:

1. Можем ли мы разработать точную формулу, которая может служить руководством для разработки обоснованных численных решений марковских дифференциальных игр и обобщить эти параметрические примеры, чтобы привести модели к данным с помощью численного моделирования?

2. Почему агенты постепенно понижают мнение экспертов в последние несколько десятилетий?

3. Может ли социальный планировщик манипулировать сетевой динамикой, чтобы приблизить действия агентов к основам, сделав действия более прагматичными?

Степень разработанности научной проблемы в литературе

Существует как теоретическая, так и эмпирическая литература, где изучаются вопросы стратегического взаимодействия между агентами в динамических играх.

Первая глава этой диссертации связана с литературой о марковских дифференциальных играх. Данная литература является специфической частью теории игр, в которой используются дифференциальные уравнения для анализа таких проблем, как коррупция, поиск ренты, загрязнение окружающей среды и т. д. Марковские дифференциальные игры с линейными ограничениями, в которых основное внимание уделяется влиянию стратегических взаимодействий, были разработаны Tornell and Valasco (1992), Lane and Tornell (1996,1997), Sorger (2005), and Long and Sorger (2006), Clemhout and Wan (1994), Basar and Olsder (1999), Dockner et al. (2000), и Long (2010). Прежде всего, в литературе используются конкретные функции полезности (чаще всего это квадратичная функция полезности), а существование марковских стратегий в замкнутой форме зависит в основном от параметрических ограничений. Наш вклад в литературу заключается в разработке точного решения марковской дифференциальной игры, которая может служить руководством для нахождения внутренних марковских стратегий для различных типов функций полезности. Наша модель обобщает результаты Tsutsui and Mino (1990) и Dockner and Long (1993) для общей функции полезности. Цель первой статьи – охарактеризовать внутреннее решение, но наше точное внутреннее решение можно использовать и для поиска угловых решений с использованием гомотопического подхода (homotopy approach).

Вторая и третья главы кандидатской диссертации налаживают связь между литературой по социальным и экономическим сетям, глобальным играм, литературой по политической экономике, дизайну механизмов и литературой по компьютерным наукам. Статьи ссылаются на четыре направления литературы: (1) *литература по квадратичным играм* (определение данного класса игр см. в Jackson (2008)). Обе статьи являются расширенной версией Morris and Shin (2002), Golub and Morris (2017), которые используют квадратичные функции полезности в сочетании с элементами «конкурса красоты». Функция полезности, разработанная во второй главе, более близка к функции, использованной Golub and Morris (2017), Dewan and Myatt (2012), Myatt and Wallace (2012), Bonfiglioli and Gancia (2013), Llosa and Venkateswaran (2012), Pavan (2014) со следующими различиями: (1) ассимиляционное смещение в функциях полезности агентов; (2) эволюционная динамика путем эндогенизации весов на сигналах и смещениях. Функция полезности для третьей главы, в основном, ближе к Morris and Shin (2002). Функция полезности агентов зависит не только от друзей, но и от действий не-друзей в сети.

Сравнивая третью главу с Morris and Shin (2002), можно выделить три различия: (i) структура сети, (ii) эволюционная динамика с эндогенизированными весами, (iii) смещение в предпочтениях. Наиболее близким исследованием, в котором используются квадратичные игры с асимметричными агентами, является исследование Myatt and Wallace (2019), которые используют два типа асимметрии: (a) асимметрия в конформизме (мотив координации) и (b) разные веса для друзей (с которыми агенты координируют). По сравнению с Myatt and Wallace (2019) наша статья добавляет также асимметрию в смещении, а также в весе для не-друзей. (2) *литература по играм в сети с акцентом на центральность, ключевых игроков, степень центральности*. Примерами такой литературы являются Jackson (2008), Currarini et al. (2009), Kossinets and Watts (2009), Golub and Jackson (2012a, b), Bramouille et al. (2012), Jackson and Lopez-Pintado (2013), Centola (2013), Lobel and Sadler (2015), Currarini and Mengel (2016), and Halberstam and Knight (2016). Вторая глава вносит вклад в эту литературу, показывая замкнутый круг между смещением (bias) и гомофилией сети. Третья глава посвящена анализу того, кто является ключевым игроком, и кто должен стать ключевым игроком, чтобы благосостояние увеличивалось. (3) *литература по стратегическому раскрытию информации или манипулированию информацией, фальшивые новости*. В литературе, посвященной манипулированию информацией, такой как Edmond (2013) and Edmond and Lu (2017), используются необъективные сигналы, чтобы манипулировать действиями агентов. В третьей главе социальный планировщик не использует никаких смещенных сигналов, но манипулирует набором возможных приглашений для дружеских отношений или демонстрирует раздражение, оставляя на усмотрение агента образование или обрывание сетевых связей. Вторая и третья главы не имеют прямых ссылок на литературу по фальшивым новостям. Тем не менее, основные результаты второй главы показывают, что поддельные новости не являются полным объяснением сегрегации/ популистского поведения в сетях. Третья глава отличается от стандартных игр «отправителя / получателя», таких как у Crawford and Sobel (1982) и Kartik (2009). В нашей модели отправители и получатели имеют конфликт интересов, который в Crawford and Sobel (1982) характеризуется как «пустая болтовня», где нет передачи информации. Поэтому в третьей главе я демонстрирую механизм решения проблемы координации без прямой отправки информации. (4) *Литература по социальной политике*. Третья глава также может быть интересна для исследователей, которые изучают социальную политику посредством улучшения социального благосостояния. Наиболее актуальными исследованиями на эту тему являются Duckman (1966), Cavallo (2008), and Bernheim (1989).

Методологические основания исследования

Первая статья по теме диссертационного исследования называется «Симметричные марковские игры трагедии общин с потенциально устойчивым эндогенным ростом» (Symmetric Markovian Games of Commons with Potentially Sustainable Endogenous Growth). Это совместная работа с Христосом Коуловатианосом. Исследовательский вопрос, рассматриваемый в данной статье, заключается в следующем: «Можем ли мы разработать точную формулу, которая может служить руководством для разработки обоснованных численных решений марковских дифференциальных игр, обобщая эти параметрические примеры, чтобы приблизить модели к данным?» Сначала мы разработали точную формулу для нахождения внутреннего решения симметричных марковских игр с линейными ограничениями накопления общего ресурса. Затем мы характеризуем общее решение,

которое можно использовать в качестве ориентира для поиска угловых решений, используя гомотопический подход. Для достижения первого шага по нахождению точного решения, мы показываем, что уравнение Гамильтона-Якоби-Беллмана может быть преобразовано в дифференциальное уравнение Лагранжа-Даламбера. Данное дифференциальное уравнение имеет точное внутреннее решение, когда константа интегрирования равна нулю. В этом случае марковская стратегия равна неопределенному интегралу обратной функции предельной полезности. Для достижения второго шага, характеризующего решение, доказываем аналитичность марковских стратегий. Кроме того, мы демонстрируем наши выводы, характеризуя некоторые внутренние решения в замкнутой форме, которые хорошо известны в литературе, а также демонстрируя некоторые новые примеры, допускающие решения в замкнутой форме, которые являются новыми для литературы.

Вторая глава «Популизм и поляризация в социальных сетях без фальшивых новостей: порочный круг предубеждений, убеждений и сетевой гомофилии» (Populism and Polarization in Social Media Without Fake News: the Vicious Circle of Biases, Beliefs and Network Homophily), также является совместной работой с Христосом Куловатианосом. Мы разрабатываем модель / метод с использованием эволюционных игр в сетях, чтобы дать частичное объяснение, что поддельные новости не являются единственным или доминирующим объяснением наблюдаемой растущей поляризации и популистского поведения в последние несколько десятилетий. Мы используем расширенную версию информационно-поисковой игры «Конкурс красоты» с убеждениями высшего порядка, которые были разработаны Моррисом и Шином (2002) и Голубом и Моррисом (2017). По сравнению со стандартной моделью конкурса красоты Морриса и Шина (2002) мы вводим «предвзятую ассимиляцию» в функции полезности агентов. Предвзятая ассимиляция — это структурная (возможно, основанная на образовании) склонность слегка отталкивать факты от реальности. В то же время агенты пытаются согласовать свои действия с действиями своих друзей («принадлежность» в предпочтениях агентов). Мы вводим механизм поиска и сопоставления для создания и удаления ссылок, а также изучаем эволюционную динамику структуры сети. В равновесии структура сети характеризуется большей гомофильностью, а гомофилия (homophily) вносит усиление со стороны сверстников в структурные искажения, способствуя постепенному понижению мнений экспертов с течением времени, что наблюдается в данных.

Третья глава под названием «Может ли социальный планировщик манипулировать динамикой сети и решить проблемы координации?» (Can a social planner manipulate network dynamics and solve coordination problems?) – это статья без соавторов. В данной статье предлагается способ решения проблемы сегрегации в социальных сетях, вытекающий из механизма, описанного во второй главе. В этой главе я также разрабатываю эволюционную динамическую модель / метод, который представляет собой «либерального социального планировщика», который не имеет предубеждений в своих предпочтениях. Этот социальный планировщик манипулирует сетевой динамикой, чтобы сделать действия агентов более прагматичными, ближе к фундаментальным параметрам. Вопросы исследования в этой главе: «Может ли социальный планировщик повысить социальное благосостояние, манипулируя набором возможных приглашений, отправляемых членам сети, чтобы завести новых друзей, или манипулируя набором раздражающих действий среди друзей, которые подвергаются воздействию, без непосредственного изменения структуры сети, вынуждая людей заводить друзей или разрывать связи с существующими

друзьями?», «Каковы основные движущие силы роста благосостояния?», «Как изменяются результаты, если социальный планировщик имеет неполную информацию или неверные априорные сведения об основах?». Важно отметить, что в этой главе основное внимание уделяется разработке либерального социального планировщика, чтобы тот с помощью манипуляции заставлял агентов принять правильные действия.

Основные результаты, выносимые на защиту, и научная новизна

В первой главе «Симметричные марковские игры общин с потенциально устойчивым эндогенным ростом» мы разработали точную формулу для нахождения точного внутреннего решения для марковских дифференциальных игр с линейными ограничениями накопления общего ресурса. Во-вторых, мы характеризуем общее решение, которое можно использовать в качестве руководства для численного поиска угловых решений, используя гомотопический подход.

Во второй главе «Популизм и поляризация в социальных сетях без фальшивых новостей: порочный круг предубеждений, убеждений и гомофилии в сети» дешевый способ найти друзей в Интернете увеличивает скорость поиска друзей с подобными предубеждениями, что увеличивает гомофильность. В свою очередь, гомофилия влияет на вес, который каждый агент придает действию, и это приводит к большей гомофилии. Этот порочный круг предубеждений, убеждений и гомофилии увеличивает индуцированный сверстниками вес их ранее существовавших структурных предубеждений, которые агенты накладывают на свои действия. К сожалению, агенты постепенно все больше и больше игнорируют мнения экспертов (беспристрастный сигнал), что соответствует тенденции, измеренной опросами общественного мнения за последние несколько десятилетий.

В третьей главе «Может ли социальный планировщик управлять динамикой сети и решать проблемы координации?» я представляю «Либерального социального планировщика» и делаю следующий вывод: социальный планировщик может косвенно манипулировать сетевой динамикой, чтобы приблизить действия агентов к основам. Я считаю, что ключевым механизмом повышения социального обеспечения является увеличение числа независимых узлов центральных агентов. Это происходит, потому что агенты могут заменять экспертную информацию частной информацией из центральных узлов и принимать более обоснованные решения. Социальные планировщики, которые более уверены (или даже уверены, даже если они предвзяты) в отношении основ (например, ценообразования домов для покупки / продажи), достигают лучших результатов. Эти результаты имеют потенциальные приложения для управления платформами социальных сетей владельцами этих платформ. Платформы могут разрабатывать роботов, которые могут помочь своим пользователям стать более информированными и более удовлетворенными реальными проблемами, такими как цены на жилье.

Апробация работы

1. The 27th Jerusalem School in Economic Theory, The Theory of Networks June 27-July 6, 2016, title of poster “Information manipulation and protests” (earlier version of the third chapter, which was re-named as “Can a social planner manipulate network dynamics and solve coordination

- problems?”).
2. The 29th Jerusalem School in Economic Theory, Industrial Organization June 26-July 5, 2018 title of poster “Information losses in coordination game” (earlier version of the third chapter, which was re-named as “Can a social planner manipulate network dynamics and solve coordination problems?”).
 3. NES-HCEO Summer School on Socioeconomic Inequality (SSSI Moscow) August 28-September 2, 2017, poster session “Can a social planner manipulate network dynamics and solve coordination problems?”.
 4. XIX April International Academic Conference on Economic and Social Development, HSE Moscow, Section Theoretical Economics, April 10-13, 2018. Title “Information learning in social networks, and coordination game”.
 5. XXI April International Academic Conference on Economic and Social Development, April 6-10, 2020, Section Theoretical Economics, title “Populism and polarization in social media without fake news: the vicious circle of biases, beliefs and network homophily” (by zoom platform).
 6. 11th Workshop on Dynamic Games in Management Science October 24-25, 2019, title “Populism and polarization in social media without fake news: the vicious circle of biases, beliefs and network homophily” (presented by co-author).

Конференции по апробации работы, которые были отложены в связи с COVID-19:

1. The Fourteenth International Conference on Game Theory and Management (GTM2020) St. Petersburg University, postponed till September, title: “Populism and polarization in social media without fake news: the vicious circle of biases, beliefs and network homophily”
2. The sixth Annual Conference on Network Science and Economics, Chicago March 27-29. Title: “Populism and polarization in social media without fake news: the vicious circle of biases, beliefs and network homophily”.

Список опубликованных статей

Основные результаты диссертационного исследования опубликованы в трех работах общим объемом 9 п.л.; личный вклад автора составляет 6,4 п.л.:

1. Symmetric Markovian Games of Commons with Potentially Sustainable Endogenous Growth joint work with Christos Koulovatianos. CFS (Center for Financial Studies) No. 638 in 2019 and is forthcoming *Dynamic Games and Applications*, in 2020 (личный вклад – 1.4 п.л. из 2.8)
2. Populism and Polarization in Social Media Without Fake News: the Vicious Circle of Biases, Beliefs and Network Homophily is a joint work with Christos Koulovatianos. CFS Working paper, No 629 in 2019, and Higher School of Economics Research Paper No. WP BRP 227/EC/2020 (личный вклад – 1.2 п.л. из 2.4)
3. Can a social planner manipulate network dynamics and solve coordination problems? Higher School of Economics Research Paper No. WP BRP 229/EC/2020. (личный вклад – 3,8 п.л.)

Структура работы. Диссертация состоит из введения, трёх глав, заключения, списка используемой литературы и приложений после каждой главы.