

ОТЗЫВ

члена диссертационного совета на диссертацию

Седакова Артема Александровича

на тему: «Динамические сетевые игры», представленную на соискание
ученой степени доктора физико-математических наук по специальности

01.01.09 – Дискретная математика и математическая кибернетика

Современные практические примеры, моделируемые динамическими играми, показывают, что выигрыш игрока не всегда напрямую зависит от стратегий, выбранных всеми игроками в игре, а может зависеть от стратегий только некоторой группы игроков. Это порождает определенную конфигурацию прямых связей между игроками, отражающую подобную зависимость. Например, в динамической конкурентной среде прибыль фирмы может зависеть только от объемов производства (или уровня цен) ряда фирм, а не всех участников рынка. Существуют также динамические конфликтные ситуации, в которых выигрыш игрока определяется не только поведением игроков, но и состоянием некоторого объекта, структура взаимодействия элементов которого может определяться поведением игроков и меняться с течением времени. Примером такого рода ситуации может служить конкурентная реклама компаниями своих продуктов или услуг среди пользователей социальной сети, чьи предпочтения могут меняться как под воздействием рекламы, так и с учетом предпочтений других пользователей сети. Такие задачи относятся к классу динамических сетевых игр, в которых основным элементом является сетевая структура – как постоянная, так и меняющаяся во времени. Теория сетевых игр позволяет описывать довольно широкие сферы конфликтного сетевого взаимодействия, не ограничиваясь приведенными выше примерами из сфер конкуренции и социальных сетей. Можно найти примеры задач, в которых имеет место конфликтное сетевое взаимодействие, в областях экологического управления или предоставления общественных благ, распределения ресурсов между пользователями сети или маршрутизации. Разнообразие сфер применения методологии теории сетевых игр показывает ее тесную связь с практическими приложениями, а разрешение конфликтных ситуаций в этих сферах остается актуальным.

В литературе динамические аспекты теории сетевых игр включают поиск в некотором смысле оптимального многопериодного поведения игроков, стесненных наличием конфигурации взаимодействия, описываемой сетью, и изучение свойств этого поведения. В некоторых случаях исследуется также

поиск приемлемой конфигурации, которую игроки могут сформировать, ориентируясь на свои цели.

Диссертация делает значительный вклад в развитие теории динамических сетевых игр как в некооперативной форме, так и в предположении кооперации игроков, причем уделяя последнему случаю большее внимание. Это в целом имеет определенное обоснование: в теоретико-игровой литературе известно, что совместное принятие решений может быть игрокам гораздо выгоднее самостоятельного принятия решений. В диссертации находятся решения динамической сетевой игры. Для некооперативного варианта игры находится равновесие по Нэшу и другие, основанные на этой концепции решения; для кооперативного случая строятся решения, основанные на кооперативной теории игр с трансферабельной полезностью. При рассмотрении кооперативного поведения в игре важное место занимает разработка механизмов, нацеленных на его сохранение в течение рассматриваемого горизонта планирования, делая кооперативное соглашение жизнеспособным. В диссертации также проводится теоретический анализ многих прикладных моделей, упомянутых ранее.

Первая глава диссертации посвящена устойчивости кооперативных решений. Приведены и доказаны условия сильной динамической устойчивости s -ядра кооперативной динамической игры с трансферабельной полезностью, которые сформулированы в терминах характеристической функции игры. При такой формулировке эти условия остаются справедливыми как для кооперативных динамических игр, так и для кооперативных динамических сетевых игр, в которых игроки наделены возможностью формировать связи с другими игроками, корректировать уже сформированные, а также выбирать дополнительные управляющие воздействия. Условия сильной динамической устойчивости s -ядра уточнены на случай наличия в игре дисконтирования, что довольно часто встречается в многочисленных приложениях динамических игр, в частности, в экономике и менеджменте. В работе установлена сходимости итерационного процесса, основанного на линейном преобразовании характеристической функции кооперативной динамической игры, найден вид предельных характеристической функции и s -ядра, а также доказана сильная динамическая устойчивость процедур распределения дележей из s -ядра, построенных по такой функции.

Вторая глава диссертации посвящена исследованию динамических сетевых игр со многими участниками, для которых строятся правила распределения кооперативного выигрыша между игроками и предлагаются механизмы,

необходимые для поддержания кооперативного соглашения. Такой класс игр детально анализируется, начиная с простейших двухшаговых сетевых игр и заканчивая многошаговыми играми. В диссертации приведено условие на функции выигрыша игроков, выполнение которого влечет значительное упрощение нахождения альфа-характеристической функции игры, как в случае заданной сети, так и в ситуации, когда сеть заранее не задана и может быть сформирована игроками в процессе принятия решения. Показано, как меняется оптимизационная задача для поиска альфа-характеристической функции, когда вместо неориентированных связей в сети рассматриваются ориентированные. Предложены условия динамической устойчивости вектора Шепли и сильной динамической устойчивости s -ядра. Выделены классы кооперативных решений, которые являются динамически и сильно динамически устойчивыми. В дополнение к этому результаты распространяются на динамические сетевые игры с экстерналиями и сетевые игры с попарным взаимодействием. В сетевой игре с шоком ввиду наличия стохастического элемента производится обобщение динамически устойчивых процедур распределения дележа и построение позиционно состоятельных процедур в явном виде.

В третьей главе исследуются модели влияния в социальных сетях. Основываясь на модели динамики мнений Де Гроота, в диссертации предлагается модель социальной сети с двумя центрами влияния, в которой найдены условия достижимости консенсуса, как для случая гомогенной, так и гетерогенной социальной сети. Введено понятие консенсуса большинства и сформулированы условия его достижимости. Рассматриваемая модель далее распространяется на случай «активных» центров влияния (игроков), которые могут выбирать и менять степень влияния на необязательно однородных агентов социальной сети для достижения своих целей. В ряде случаев предлагается оценивать степени доверия участников социальной сети друг другу на основе меры центральности (степени близости). Такая модель формулируется при помощи дискретной линейно-квадратичной игры, в которой находится кооперативная ситуация и равновесие по Нэшу. Для ряда примеров социальных сетей проанализировано влияние количества информации, которой обладают игроки при выборе своих действий (случай программных и позиционных стратегий), а также соотношение между некооперативными и кооперативными выигрышами при помощи цены анархии как меры степени эгоизма.

Четвертая глава диссертации посвящена динамическим играм с полной информацией, разыгрываемых на древовидных графах. Предложена модель

формирования графа связей между игроками в динамике, в которой каждый игрок согласно заданной очередности может предлагать к заключению новые связи, разрывать уже существующие, либо же не предпринимать никаких действий по изменению сетевой конфигурации. Предлагается определять выигрыши игрока не только на основе вектора Шепли, но также и на основе других решений игр с ограниченной кооперацией – вектора Майерсона, АТ-решения, а также сравнительно двух новых решений – поощряющих центральность векторов Шепли и Майерсона. Эти решения найдены в явном виде для игры с главным игроком и коммуникационного графа типа звезда. Проведена формализация динамической игры с полной информацией на древовидном графе и найдено ее кооперативное решение в случае, когда выигрыши игроков задаются замкнутыми интервалами. При реализации кооперативного соглашения предложен вид динамически устойчивой процедуры распределения медианного элемента аналога интервального вектора Шепли, определенного необязательно для класса монотонных игр.

Пятая глава посвящена динамическим играм, разыгрываемым на деревьях событий. Здесь предполагается, что уравнение динамики фазовой переменной зависит от вершины дерева, реализующегося согласно заданному вероятностному распределению. Это распределение известно всем игрокам, и оно не зависит от их действий. В диссертации исследованы кооперативный и некооперативный варианты линейной по фазовой переменной динамической игр на бинарном дереве событий с симметричными игроками. Получены в явном виде кооперативная ситуация и равновесие по Нэшу. Используя аналитические представления выигрышей игроков, в явном виде найдена также цена анархии. Полученные в этой главе результаты содержательным образом проинтерпретированы в рамках прикладной динамической игры в области природоохранного управления. Установлено поведение цены анархии и ее верхней и нижней границ при изменении существенных параметров модели – горизонта планирования, количества игроков в игре, параметров, описывающих конкурентную среду, и величины штрафа за нанесение экологического ущерба.

Полученные соискателем в диссертации результаты в области конфликтного управления при помощи аппарата динамических сетевых игр являются новыми и представляют интерес для данного направления теории игр. Основные результаты диссертации опубликованы в 18 работах в российских и международных периодических изданиях из перечня ВАК РФ, а также в периодических изданиях, которые индексируются в международных наукометрических базах Scopus и Web of Science Core Collection, в том

числе – три в журналах первого квартиля по Web of Science Core Collection – Applied Mathematics and Computation, European Journal of Operational Research и Mathematics. Результаты диссертации представлялись соискателем на крупных научных мероприятиях по теории динамических игр, теории сетевых игр и их приложениям.

К диссертации имеются следующие замечания.

1. В формулировках теорем 1.1–1.4, касающихся, как условия сильной динамической устойчивости s -ядра кооперативной динамической игры, так и условия сильной динамической устойчивости процедуры распределения дележа из s -ядра, явно не отмечается факт непустоты s -ядер $C[v_i]$ на каждом шаге t игры при кооперативном поведении. В то же время предположение непустоты указанных s -ядер заранее оговорено в разделе 1.3.1 на стр. 38.
2. При исследовании сильной динамической устойчивости s -ядра кооперативной динамической игры в разделе 1.4 предлагается использовать модифицированные и предельные характеристические функции ввиду того, что они позволяют построить эффективные механизмы, которые сохраняют кооперативное соглашение в игре. При этом соотношение между исходной характеристической функцией кооперативной динамической игры и рассматриваемыми модифицированными и предельными характеристическими функциями в тексте диссертации не обсуждается.
3. В диссертации исследуются модели, содержащие трудноизмеримые на практике величины. Например, в третьей главе при изучении консенсуса и влияния в моделях социальных сетей центральным элементом таких моделей является квадратная матрица W , элементы которой показывают степень влияния одного участника социальной сети на другого (или степень доверия одного участника другому). В работе не объясняется, каким образом значения этой матрицы могут быть получены на практике при анализе реальных процессов, протекающих в социальных сетях.

Приведенные замечания не умаляют значимость полученных соискателем теоретических результатов, вносимых существенный вклад в современную теорию кооперативных и некооперативных динамических сетевых игр со многими участниками.

Диссертация Седакова Артема Александровича на тему: «Динамические сетевые игры» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 01.09.2016 № 6821/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Седаков Артем Александрович заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.01.09 – Дискретная математика и математическая кибернетика. Пункт 11 указанного Порядка диссертантом не нарушен.

Член диссертационного совета,
доктор физико-математических наук,
профессор кафедры моделирования
социально-экономических систем
Санкт-Петербургского государственного
университета



О. А. Малафеев

27.08.2020 г.