

ОТЗЫВ

председателя диссертационного совета Парилиной Е.М.
на диссертацию Петросяна Ованеса Леоновича на тему:
«Динамическое и непрерывное обновление информации в моделях
конфликтного управления», представленную на соискание ученой степени доктора
физико-математических наук по научной специальности
2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации.

Актуальность темы исследования.

Диссертационная работа посвящена исследованию динамических и дифференциальных игр в случае, когда участники конфликтного процесса не обладают всей информацией об игре в каждый момент времени, а обновление информации происходит динамически во время развития игрового процесса. Такой подход к моделированию конфликтно-управляемых систем является обоснованным и реалистичным. Сложно представить, что в реальных ситуациях участники, вовлеченные в процесс принятия решений, знают все элементы динамической системы в начале игры. **Актуальность** рассматриваемых моделей не вызывает сомнений, а также подчеркивается наличием в работе решений большого числа прикладных задач. Результаты, полученные автором, несомненно могут использоваться на практике при решении экономических, социальных и инженерных задач. Также в работе изучается вопрос о динамической устойчивости или состоятельности во времени кооперативных решений в рассматриваемом классе игр. Автором предлагаются схемы построения динамически устойчивых решений, если это важное свойство нарушается. Все предложенные схемы могут быть реализованы на практике при решении конкретных прикладных задач.

Содержание работы.

Объем диссертационной работы составляет 417 страниц на русском языке и включает введение, пять глав, заключение, список литературы из 237 наименований. **Первая глава** посвящена построению ПРД-ядра, которое является новым кооперативным решением для дифференциальных игр, обладающее свойством сильной динамической устойчивости. Хочется отметить интересный результат, представленный в Главе 1, который представляет собой численный алгоритм для анализа непустоты ПРД-ядра. Во **второй главе** автор представляет класс динамических игр с процедурой обновления информации, рассматривая кооперативные и некооперативные варианты игры. В этой главе получены условия для принципов оптимальности, основанные на уравнениях Беллмана для динамической постановки. Также здесь рассматривается вариант игры со случайной продолжительностью в случае динамического обновления информации. Теоретические результаты продемонстрированы на игровой модели олигополии при возможности рекламы продукции. **Третья глава** содержит результаты, полученные для кооперативных дифференциальных игр с динамическим обновлением информации, когда игроки имеют определенную информацию о функциях выигрыша и уравнениях движения, а также когда обновления имеют случайный информационный горизонт и случайную будущую динамику. Для построения кооперативного варианта игры определяется характеристическая функция, для построения которой

используются уравнения Гамильтона–Якоби–Беллмана. Здесь же вводится понятие Δ -динамической устойчивости, являющееся аналогом динамической устойчивости, адаптированное к изучаемому классу игр. **Четвертая глава** посвящена изучению кооперативных дифференциальных игр с непрерывным обновлением информации. Полученные автором принципы оптимальности для кооперативных и равновесных по Нэшу стратегий, как программных, так и позиционных, представлены в виде уравнений Гамильтона–Якоби–Беллмана, принципа максимума Понтрягина с непрерывным обновлением информации. В этой главе рассматривается специальный случай – линейно-квадратичные автономные и неавтономные системы с непрерывным обновлением информации. Для линейно-квадратичных автономной и неавтономной моделей и одной специальной дифференциальной игры добычи ресурса доказана сходимость кооперативных и равновесных по Нэшу стратегий и связанных траекторий с динамическим обновлением информации к соответствующим стратегиям и траекториям с непрерывным обновлением информации. В **пятой главе** автор демонстрирует применение подхода с непрерывным обновлением информации для решения инженерной задачи. В этой главе сформулирована и решена обратная задача оптимального управления с непрерывным обновлением информации. Решение данной задачи представляет несомненный интерес для моделирования технических систем человеко-машинного типа.

В **заключении** приводится краткий обзор полученных результатов.

Научная новизна.

Диссертационная работа Петросяна О.Л. представляет собой глубокое исследование нового класса динамических и дифференциальных игр с использованием кооперативного и некооперативного подходов. Результаты, полученные автором в работе, являются новыми, что также подтверждается большим числом публикаций в российских и международных научных изданиях, а также поддержкой ведущих российских научных фондов. В работе получены результаты в области динамических и дифференциальных игр как для случая с динамическим обновлением информации, так и для случая с непрерывным обновлением информации.

Теоретическая и практическая значимость.

Результаты диссертационной работы имеют как теоретическую, так и несомненную практическую значимость. **Теоретическую значимость** работы представляют новые классы динамических и дифференциальных игр с новым подходом к обновлению информации об игре, предложенные автором, а также условия оптимальности, основанные на уравнениях Беллмана, принципе максимума Понтрягина, обобщение уравнения Гамильтона-Якоби-Беллмана для данного класса задач. Разработанные автором схемы построения динамически устойчивых кооперативных решений, являются важным теоретическим инструментом в регуляризации динамических и дифференциальных игр, когда кооперативные решения изначально не являются состоятельными во времени, что может приводить к распаду кооперации игроков. **Практическая значимость** результатов обусловлена областью применения динамических и дифференциальных игр при решении задач, возникающих в

экономике, информационных и коммуникационных системах, экологии. В работе имеется множество примеров применения представленных теоретико-игровых моделей при решении практических задач, например, добыча общего ресурса несколькими участниками, конкуренция на рынке при возможности рекламы товаров. Особо отмечу две интересные практические задачи, представленные в работе. Первая такая задача изложена автором в Главе 3, где находятся кооперативные решения в модели нефтяного рынка при участии стран ОПЕК и других стран, в случае, когда информация о некоторых параметрах игры обновляется динамически. Вторая задача, изложенная в Главе 5, представляет собой обратную задачу теории управления с применением к модели управления одноколейным транспортным средством.

Степень обоснованности научных положений.

Результаты работы Петросяна О.Л. были доложены на многочисленных международных конференциях и семинарах, поддержаны несколькими грантами российских научных фондов. Основные результаты диссертации были опубликованы в 28 научных работах, в том числе, 22 из них – в научных изданиях, индексируемых в базах Scopus и/или Web of Science. Содержание диссертации соответствует специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации.

Замечания к диссертационной работе.

Имеются следующие замечания и вопросы к диссертационной работе Петросяна О.Л.:

1. На стр. 21 написано: «доказано, что кооперативное решение игры с непрерывным (динамическим) обновлением информации всегда обладает сильной динамической устойчивостью (Δt -динамической устойчивостью) и состоятельностью во времени (Δt -состоятельностью во времени) в зависимости от типа кооперации». В этом предложении написано «всегда», но в то же время, «в зависимости от типа кооперации». Хотелось бы пояснить, про какие типы кооперации идет речь, и всегда ли все-таки выполняются вышеуказанные свойства.
2. Нумерация определений немного странная, на третьем месте в номере всегда стоит цифра 0. Непонятно, к какому разделу или параграфу это имеет отношение.
3. Являются ли характеристические функции, определенные в (1.48), (3.10) и на стр. 285, 306, супераддитивными? Требуется ли выполнение свойств супераддитивности для дальнейших построений, производимых с помощью этих функций?
4. На стр. 63 определяется равновесие по Нэшу для усеченной подыгры. Мне кажется, следовало бы предположить его существование и единственность, если доказать это в общем виде не представляется возможным.
5. В формуле (2.42) наверно нужно указать, что z_i^0 принадлежит интервалу $[0,1]$, если это рыночная доля? Можно ли гарантировать, что x_i^{k+1} также не выйдет из этого интервала, если динамика задана уравнением (2.42)?
6. Есть ли ограничения на уровень добычи игрока i в игре, определенной на стр. 130? Соблюдаются ли эти ограничения, если должны, при решении? Аналогичный вопрос возникает и на стр. 150.

7. Хорошо бы было иметь какую-то количественную оценку качества построенных управлений для задач с динамическим или непрерывным обновлением информации по сравнению с управлениями, найденными в задачах с полной информацией. В работе имеется много графиков, где проводится сравнение, но сравнение проводится визуально, а значит, может быть субъективным. Также кажется разумным посмотреть, как будут меняться решения при различной реализации информации (ввести погрешность), чтобы далее сравнить их с полученными при решении игры с полной информацией.
8. Подписи к рис. 3.14 не содержат информации, что означает цвет графика.
9. Не вводятся предположения о значении параметров a и d на стр. 190, хотя спрос должен оставаться положительным на всей траектории игры.
10. Есть неточности в списке литературы. Например, в пп. 65, 113, 123, 125, 127, 145, 236, 168 список авторов является не полным, а пп. 228 и 230 представляют собой одну и ту же статью.

В работе имеются опечатки, например:

- На стр. 39, перед формулой (1.14) должно быть написано $T - t$ в качестве аргумента вместо Tt .
- В формуле (1.26) в правой части суммирование ведется по $i \in \bar{S}$, но после знака суммы нет i .
- В формуле (1.38) пропущено i в правой части.
- На стр. 69 первая формула сверху: суммирование не совсем точно определено.
- Иногда в тексте (например, см. стр. 109, 159, 191) усеченная игра обозначается одним символом J , что создает путаницу в обозначениях.
- На стр. 124 указана ссылка на формулу (4.147), которая приведена ниже в другой главе.
- На стр. 208-212 имеются ссылки на несуществующие рисунки.
- В Определении 4.2.1 на стр. 220 есть несогласованность в обозначении стратегий.

Указанные замечания не носят принципиальный характер и не влияют на общее отличное впечатление о работе. Переходя к оценке диссертации в целом, нужно сказать, что в рамках диссертационного исследования Петросян О.Л. сформулировал новое направление исследования динамических и дифференциальных игр с динамическим и непрерывным обновлением информации с использованием кооперативного и некооперативного подходов, представляющее несомненный практический интерес. Автор находит соответствующие решения, изучает их динамические свойства, что является особенно актуальным при развитии конфликтно-управляемого процесса во времени.

Заключение.

Диссертация Петросяна Ованеса Леоновича на тему: «Динамическое и непрерывное обновление информации в моделях конфликтного управления» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель

Петросян Ованес Леонович заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по научной специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации. Пункты 9 и 11 указанного Порядка диссертантом не нарушены.

Председатель диссертационного совета,
доктор физико-математических наук,
профессор Кафедры математической теории игр
и статистических решений,
Санкт-Петербургский государственный университет



Е.М. Парилина
30.03.2022