

ОТЗЫВ

члена диссертационного совета Владислава Иосифовича Жуковского на работу Петросяна Ованеса Леоновича на тему:

«Динамическое и непрерывное обновление информации в моделях конфликтного управления»,

предоставленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по научной специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации

Актуальность. Диссертационная работа О. Л. Петросяна посвящена актуальной проблеме моделирования конфликтно-управляемых процессов, в которых присутствует динамическое или непрерывное обновление информации. Рассматривается ситуация, в которой информационный горизонт, определяющий информацию о процессе (информацию об уравнениях движения и функциях выигрыша), сдвигается вместе с текущим временем. Таким образом, в каждый текущий момент времени участникам процесса или игрокам известна информация об уравнениях движения и функциях выигрыша на временном интервале фиксированной длины, заданной значением информационного горизонта. Важно заметить, что во многих реальных процессах участники не ориентируются на весь временной горизонт, на котором им известна информация, или им не известна информация на всем временном горизонте, на котором определен процесс. Также актуальной являются и прикладная задача, рассмотренная в работе, а именно, обратная задача оптимального управления с непрерывным обновлением информации для системы ассистента вождения автомобилем.

Научная новизна и теоретическая значимость диссертационной работы состоят в построении математической теории для подхода динамического и непрерывного обновления информации для дискретных и дифференциальных игр, определения некооперативных и кооперативных принципов оптимальности для данного класса конфликтно-управляемых процессов, построения соответствующих условий оптимальности и исследования свойств сходимости стратегий с динамическим обновлением информации к стратегиям с непрерывным обновлением информации для специальных классов игр. **Практическая значимость** работы заключается в построении обратной задачи оптимального управления на основе подхода с непрерывным обновлением информации, а также в рамках этого определения оптимального значения длины информационного горизонта.

Отметим наиболее важные результаты диссертационной работы:

1. Определено и исследовано новое кооперативное решение для класса динамических и дифференциальных игр. Решение определено используя понятие процедуры распределения дележа и основано на определенных впервые аксиомах недоминируемости по ПРД и сформулированного в виде аксиомы свойства динамической устойчивости. Также приведен численный алгоритм для проверки непустоты этого решения.
2. Для случая динамического и непрерывного обновления информации определено понятие равновесия по Нэшу с динамическим обновлением информации и равновесие по Нэшу с непрерывным обновлением информации. Также для кооперативной постановки определены понятия кооперативных стратегий с динамическим и непрерывным обновлением информации. Исследованы свойства определенных решений и для класса линейно-квадратичных игр доказана сходимость стратегий с динамическим обновлением информации (кооперативных и равновесных) к стратегиям с непрерывным обновлением информации с уменьшением длины интервала обновления информации.
3. Сформулированы и доказаны условия оптимальности для равновесия по Нэшу и кооперативных стратегий и динамическим и непрерывным обновлением информации. Достаточные условия

представлены в виде уравнений Гамильтона-Якоби-Беллмана, а необходимые условия представлены в виде Принципа Максимума Понтрягина. Также построен вид соответствующих стратегий для кооперативного и некооперативного случаев в линейно-квадратичной постановке. Результаты продемонстрированы на моделях игр разработки ограниченных ресурсов, инвестирования в общественное благо и моделях управления рекламой.

Описание работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения и списка литературы.

Первая глава посвящена определению и построению нового кооперативного решения (ПРД-ядро) для дифференциальных игр с динамическим и непрерывным обновлением информации, основанного на аксиомах динамической устойчивости и недоминирования по ПРД. Здесь доказана сильная динамическая устойчивость этого решения, представлена явная формула для построения ПРД-ядра, представлен численный алгоритм для анализа свойства непустоты, а также продемонстрировано применение ПРД-ядра для модели дифференциальной игры с динамическим обновлением информации.

Во второй и третьей главе рассматривается применение подхода с динамическим обновлением информации к моделям дискретных игр и дифференциальных игр. Существенным отличием динамического обновления информации от непрерывного обновления информации является существование периода обновления. Важно заметить, что для случая дискретных игр обновление информации происходит на каждом шаге дискретной игры, а в случае дифференциальной игры обновление происходит с фиксированным периодом. Изучены кооперативные и некооперативные постановки для моделей с обновлением информации. Приведены методы построения равновесных по Нэшу и кооперативных стратегий, характеристической функции и кооперативного решения игр с динамическим обновлением информации. Доказана связь между кооперативными решениями, заданными на усеченных временных интервалах, определяемых информационным горизонтом и кооперативными решениями с динамическим обновлением информации. Установлены свойства Δt -сильной динамической устойчивости для произвольных кооперативных решений при динамическом обновлении информации.

Четвертая глава посвящена подходу с непрерывным обновлением информации. Изучены кооперативные постановки с трансферабельной и нетрансферабельной полезностями, а также некооперативная постановка. Приведены методы построения равновесных по Нэшу, оптимальных по Парето и кооперативных стратегий, характеристической функции и кооперативного решения игр с непрерывным обновлением информации. Приведены новые условия оптимальности для кооперативных и равновесных по Нэшу стратегий, как программных, так и позиционных, представлены в форме уравнений Гамильтона-Якоби-Беллмана. Сформулирован принцип максимума Понтрягина с непрерывным обновлением информации. Приведены условия оптимальности для случая линейно-квадратичных автономных и неавтономных моделей с непрерывным обновлением информации. Разработан алгоритм построения характеристической функции и кооперативного решения с непрерывным обновлением информации. Установлено свойство сильной динамической устойчивости для произвольных кооперативных решений соответственно при динамическом и непрерывном обновлении информации.

В пятой главе рассматривается обратная задача оптимального управления с непрерывным обновлением информации. Приводится общая постановка задачи, а также рассматривается прикладная задача для системы ассистента вождения автомобиля. Важно заметить, что в рамках решения обратной задачи удастся не только определить неизвестные параметры подынтегральной функции, но и значение величины информационного горизонта.

Достоверность. Обоснованность и достоверность научных положений диссертации определяется строгим математически доказательством сформулированных в работе утверждений, апробацией результатов, выносимых на защиту, на многочисленных конференциях международного уровня, публикациями в рецензируемых российских и международных изданиях, в том числе - 28 из списка ведущих периодических изданий (из списка ВАК РФ, а также периодические издания, индексируемые в международных наукометрических базах Scopus и Web of Science Core Collection).

Замечания к диссертационной работе:

1. В описании первой главы указано, что кооперативное решение ПРД-ядро было сформулировано специально для класса игр с динамическим и непрерывным обновлением информации. Однако, оно было применено только в главах посвященных динамическому обновлению информации и не было использовано в главе, посвященной непрерывному обновлению информации. Рекомендуется в будущем провести подобное исследование и показать в каких случаях ПРД-ядро лучше и почему.
2. В работе в качестве некооперативного принципа оптимальности используется только ситуация в игре, основанная на равновесии по Нэшу. Таким образом, встает вопрос почему нельзя исследовать больше принципов оптимальности и постараться ответить на вопрос какой из существующих (например, равновесие по Бержу и д.р.) больше подходит для постановок с динамическим и непрерывным обновлением информации. Рекомендуется в будущем исследовать этот вопрос.
3. Замечание аналогичное замечанию №2, но посвященное характеристической функции. В будущем необходимо проанализировать какой именно тип характеристических функции больше всего подходит для подхода с непрерывным обновлением информации и почему.
4. Главы 2 и 3 посвящены подходу с динамическим обновлением информации. Исходными моделями для глав 2 и 3 являются дискретные и дифференциальные игры, однако, некоторые результаты полученные в двух главах являются похожими. Можно было бы объединить эти две главы и повятивать их подходу с динамическим обновлением информации в широком смысле.
5. В английской версии текста диссертации в названии главы 5 допущена опечатка, необходимо заменить «Engineering Applications of Continuous Approach to Inverse Optimal Control Problems» на «Engineering Applications of Continuous Updating Approach to Inverse Optimal Control Problems».
6. В некоторых местах в тексте диссертации вместо определенного автором термина «равновесие по Нэшу с непрерывным обновлением информации» (в англ. версии «Nash equilibrium with continuous updating») используется «равновесие по Нэшу в игре с непрерывным обновлением информации» (в англ. версии «Nash equilibrium in game with continuous updating»), что не является верным, т.к. предложенное автором решение не является равновесием по Нэшу в классическом понимании. Например, это можно видеть в наименовании раздела 4.2.1. английской версии диссертации.
7. В тексте присутствуют некоторое количество других опечаток, однако, они не являются существенными.

Сделанные замечания не снижают научной и практической значимости работы. Диссертационная работа Петросяна Ованеса Леоновича является завершенным научным исследованием, полученные результаты исследования для класса моделей с динамическим и непрерывным обновлением информации вносят значительный вклад в развитие теории дискретных и дифференциальных игр, представляет собой важную составляющую нового направления этой теории – теории дискретных и дифференциальных игр с динамическим и непрерывным обновлением информации. Работа в целом заслуживает высокой оценки.

Результаты диссертационной работы опубликованы в 28 научных работах, их них - 28 статей в высокорейтинговых международных и российских периодических изданиях (изданиях из списка ВАК РФ, а также периодических издания, индексируемые в международных наукометрических база Scopus / Web of Science Core Collection), в том числе - 7 статей в журналах «Journal of Optimization Theory and Application» и «Optimization Methods and Software» и др. из Q1 списка периодических изданий Scopus и / или Web of Science Core Collection. Результаты автора докладывались более чем на 8 международных конференциях высокого уровня, более 10 раз в зарубежных и российских университетах и научных центрах. Результаты исследования поддержаны грантами РФФИ, РФФИ и Грантом Президента РФ для кандидатов наук. Отмечу, что результаты диссертационной работы были представлены автором на научном семинаре факультета вычислительной математики и кибернетики МГУ в декабре 2021 года.

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.

Член диссертационного совета,
доктор физико-математических наук,
профессор, кафедры оптимального управления
факультета вычислительной математики и кибернетики
Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова

Владислав Иосифович Жуковский

Дата 06.04.2022



Подпись удостоверяю
Ведущий специалист по кадрам

Т.Г. Коваленко

Декан факультета ВМК
МГУ имени М.В. Ломоносова
Александр С.А.И.

А.А. Соколов

