

ОТЗЫВ
на диссертационную работу
Петросяна Ованеса Леоновича

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

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

Актуальность темы. 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 является рассмотренная в работе прикладная задача, а именно, обратная задача оптимального управления с непрерывным обновлением информации для системы ассистента вождения автомобилем.

Новизна работы. Предложена формализация динамических и дифференциальных игр с дискретным и непрерывным обновлением информации в кооперативной и некооперативных постановках. В предложенной модели игры с обновлением информации предполагается, что игроки в каждый текущий момент времени имеют информацию об уравнениях движения и функциях выигрыша на ограниченном временном интервале, который сдвигается вместе с текущим моментом времени. Получены условия оптимальности в виде аналогов уравнений Гамильтона-Якоби-Беллмана, принципа максимума Л.С.Понтрягина и условия для линейно-квадратичного случая для кооперативных и некооперативных постановок. Для линейно-квадратичного и специального логарифмического случаев проанализирована сходимость кооперативных и некооперативных решений с динамическим обновлением информации к решениям с непрерывным обновлением информации. Построена характеристическая функция и соответствующее кооперативное решение игры с обновлением информации и доказаны теоремы о сильной динамической устойчивости этих решений. Также предложено новое кооперативное решение ПРД-ядро и рассмотрены конкретные прикладные задачи, на которых демонстрируется реализуемость предложенного подхода.

Достоверность. Обоснованность и достоверность научных положений диссертации определяется строгими математическими доказательствами сформулированных в работе утверждений, апробацией результатов, выносимых на защиту, на многочисленных

конференциях международного уровня, публикациями в рецензируемых российских и международных изданиях. Всего автором опубликовано 38 научных работ, из них 28 научных работ по тематике исследования, из которых 22 научные работы опубликованы в изданиях, индексируемых в международных наукометрических базах SCOPUS/Web of Science.

Теоретическая и практическая значимость. Диссертация является научной работой, которая имеет принципиальное значение для развития теории динамических и дифференциальных игр. Основное достижение диссертанта заключается в разработке оригинального подхода к исследованию задач конфликтного управления с динамическим и непрерывным обновлением информации. Автором предложен новый способ моделирования поведения игроков в конфликтно-управляемых процессах, разработан математический аппарат для построения решений в играх с динамическим и непрерывным обновлением информации, построено новое кооперативное решение для данного класса игр, определены условия оптимальности и разработан алгоритм построения равновесных и кооперативных стратегий. В качестве иллюстрации теоретических результатов автором рассмотрены и решены прикладные задачи из предметных областей, связанных с ресурсосберегающими технологиями, разработкой полезных ископаемых, рекламой и формированием цен на нефть.

К основным научным результатам диссертации следует отнести следующие:

1. Предложены и обоснованы условия оптимальности для кооперативных и равновесных по Нэшу стратегий (как программных, так и позиционных) в форме уравнений Гамильтона-Якоби-Беллмана и принципа максимума Понтрягина для дифференциальных игр с непрерывным обновлением информации. Получены выражения для равновесных и кооперативных стратегий с непрерывным обновлением информации в линейно-квадратичном случае. Найденные условия оптимальности использованы для получения решений в дифференциальных играх загрязнения окружающей среды, распределения ограниченного ресурса, управления рекламой. В перечисленных случаях проведено сравнение решений с обновлением информации с решениями без обновления информации.

2. Получены и обоснованы результаты, касающиеся связи решений для игровых моделей с динамическим и непрерывным обновлением информации в линейно-квадратичном автономном и неавтономном случаях. Для кооперативных и равновесных стратегий по Нэшу с динамическим обновлением информации доказана сходимость к соответствующим кооперативным и равновесным решениям с непрерывным обновлением информации. Это показывает состоятельность подхода с непрерывным обновлением информации для моделирования процессов с ограниченной информацией.

3. Определено новое кооперативное решение ПРД-ядро для дифференциальных игр. Предложенное кооперативное решение основано на аксиомах динамической устойчивости и недоминирования по ПРД. Доказана сильная динамическая устойчивость этого решения, а также получены условия для построения данного кооперативного решения с помощью процедур распределения дележа. ПРД-ядро удобно для использования в моделях с динамическим и непрерывным обновлением информации,

т.к. условия его построения определены для процедур распределения дележа, а в подходе с динамическим обновлением информации процедура распределения дележа является ключевым элементом.

Описание работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения и списка литературы. Первая глава посвящена построению и исследованию нового кооперативного решения ПРД-ядра для дифференциальных игр с динамическим и непрерывным обновлением информации. ПРД-ядро определяется на основе аксиом динамической устойчивости и недоминирования по ПРД. Доказывается сильная динамическая устойчивость этого решения. Приведена явная процедура построения ПРД-ядра. Предложен численный алгоритм для анализа свойства непустоты. Во второй и третьей главах рассматривается применение подхода с динамическим обновлением информации к динамическим и дифференциальным играм. Приведены результаты, как для кооперативной, так и некооперативной постановок. Четвертая глава посвящена исследованию и применению подхода с непрерывным обновлением информации к классу игр дифференциальных. Получены условия оптимальности в форме уравнений Гамильтона-Якоби-Беллмана, принципа максимума Понтрягина и условия для линейно-квадратичного случая. Для кооперативного случая предложен алгоритм построения характеристической функции и кооперативного решения с динамическим и непрерывным обновлением информации. Доказана связь между кооперативными решениями, заданными на усеченных интервалах, определяемых информационным горизонтом. Также представлены результаты, касающиеся связи игр с динамическим и непрерывным обновлением информации. Исследована сходимости стратегий и траекторий с динамическим обновлением информации к соответствующим стратегиям и траекториям с непрерывным обновлением информации. В пятой главе рассматривается обратная задача оптимального управления с непрерывным обновлением информации.

Замечания. Работа выполнена на высоком научном уровне, стоит отметить ясную логику изложения. Тем не менее, к работе имеются следующие замечания:

1. В рамках исследования нового кооперативного решения ПРД-ядра было бы полезно посвятить больше времени изучению применимости этого решения для класса игр с непрерывным обновлением информации. В рамках динамического обновления информации демонстрируется применимость и алгоритм применения ПРД-ядра для класса игр с обновлением информации. Рекомендуется в будущем посвятить отдельное внимание этому направлению.
2. В работе присутствует некоторая неаккуратность в смысле упоминания термина «равновесие по Нэшу с непрерывным обновлением информации». Иногда вместо этого термина автор использует «равновесие по Нэшу в игре с непрерывным обновлением информации», что является опечаткой.
3. Научный интерес представляют результаты, связанные с существованием, единственностью и непрерывностью равновесных стратегий с непрерывным обновлением информации. Автором получены соответствующие результаты для специального класса линейно-квадратичных игр. Можно было бы уделить больше внимания обсуждению этого вопроса в работе.
4. Главе 5 как самостоятельному направлению не хватает большего числа численных экспериментов и других математических постановок обратной задачи оптимального

управления. Однако автор позиционирует главу 5 как приложение подхода с непрерывным обновлением информации, что вполне обосновано.

Указанные замечания не влияют на общую высокую оценку диссертации и носят характер рекомендаций для дальнейших исследований.

Заключение. Результаты диссертационной работы Петросяна Ованеса Леоновича представляют научное достижение в теории динамических и дифференциальных игр, в работе получены оригинальные результаты в этой области.

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.

Главный научный сотрудник отдела динамических систем

Института математики и механики им. Н.Н. Красовского УрО РАН

член-корреспондент РАН

Ушаков /Ушаков Владимир Николаевич/

Главный научный сотрудник отдела динамических систем

Института математики и механики им. Н.Н. Красовского УрО РАН

член-корреспондент РАН

М. Субботина /Субботина Нина Николаевна/

Заведующий отделом динамических систем

Института математики и механики им. Н.Н. Красовского УрО РАН

доктор физ.-мат. наук

Тарасьев /Тарасьев Александр Михайлович/

Ведущий научный сотрудник отдела динамических систем

Института математики и механики им. Н.Н. Красовского УрО РАН

доктор физ.-мат. наук

Успенский /Успенский Александр Александрович/

07.04.2022



Ульянов О.Н.