

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертацию Благодатских Александра Ивановича

на тему: «Исследование математических моделей задач конфликтного

взаимодействия групп управляемых объектов»,

представленную на соискание ученой степени

доктора физико-математических наук по специальности

1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Актуальность темы исследования. Актуальность работы не вызывает никаких сомнений. Задачи конфликтного взаимодействия групп управляемых объектов имеют широкое применение в современном мире, различные постановки, предложенные в работе, актуальны для решения задач координированного движения (убегания-преследования) технических устройств, задач построения роевого управления. Такие задачи возникают в военном деле, биологии, экономике и других областях. Например, можно говорить об экономических задачах выбора объема вложения в инновации в группе предприятий, входящих в общую экономическую структуру, когда на рынке происходит «гонка» за технологиями.

Содержание работы. Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения и списка литературы, который включает 288 наименований. Диссертация написана на 290 страницах и имеет сквозную нумерацию параграфов. Перед введением автор приводит список обозначений. **Первая глава** посвящена изучению конфликтного взаимодействия групп управляемых объектов в случае простых движений. Приводятся постановки задач для случая простого преследования, определения различных типов поимок, основные результаты о возможности поимок разного типа сформулированы в виде теорем, вспомогательные результаты – в виде лемм. Решаются задачи одновременной многократной поимки одного убегающего и группы жестко скоординированных убегающих, синхронной реализации одновременных многократных поимок, простого группового преследования при наличии защитников. В каждом параграфе приводится схема построения стратегий игроков на основе теоретических результатов. Каждый параграф завершается численными примерами. **Вторая глава** имеет схожую структуру с первой, в ней решаются те же задачи, что и в первой главе, но в случае нестационарных конфликтно управляемых систем. **Третья глава** посвящена решению задачи многократной поимки и нестрогой одновременной многократной поимки убегающего в примере Л.С. Понтрягина. Здесь, так же как и в первых двух главах, приводится математическая постановка задачи, даются определения различных видов поимок, доказываются теоремы о возможности поимок разных типов. Теоретические результаты демонстрируются на численных примерах. В **главе 4** решаются задачи мягкого убегания одного убегающего и группы жестко скоординированных убегающих от группы преследователей. Приводится постановка задачи, дается определение «мягкого убегания», доказываются ряд вспомогательных результатов в виде лемм и основные теоремы о возможности мягкого убегания из любого начального положения при выполнении некоторых предположений. **Глава 5** содержит вычислительные схемы действий игроков (убегающего/группы убегающих, преследователя/группы преследователей, защитника/защитников убегающего при его/их наличии), разработанные на основе

теоретических результатов параграфов 1, 2, 4, 5, 6, 8. Эти схемы легли в основу комплекса программ, представленного автором в **главе 6**. Здесь описывается пользовательский интерфейс, последовательность выполнения вычислений в программном комплексе, приводятся скриншоты работы программы на разных ее этапах.

Научная новизна. Диссертационная работа содержит множество новых математических постановок задач группового преследования-убегания для различных видов динамических систем с различными видами поимок. В работе получены новые теоретические результаты о возможности поимок при различных условиях, различном количестве убегающих/догоняющих, при их скоординированном движении. Также новизна постановок задач преследования-убегания во включении во множество игроков защитника или группы защитников для убегающего. Для задач этого типа были получены новые теоретические результаты. Кроме того, автором проведено моделирование процессов преследования-убегания, для чего написан программный комплекс, в основу которого легли теоретические результаты и алгоритмы, полученные автором в работе.

Теоретическая и практическая значимость. Теоретическую значимость имеют новые постановки задач конфликтного взаимодействия групп объектов, их математическая формализация, полученные автором условия поимки разных типов в таких задачах. Поскольку теоремы о возможности поимки доказываются конструктивно, то автором сформулированы алгоритмы, которые имеют важное практическое значение. В работе разработан комплекс программ для математического моделирования процессов преследования-убегания в различных постановках с различным числом участников.

Степень обоснованности научных положений. Достоверность полученных научных результатов обусловлена строгим доказательством всех сформулированных математических утверждений. Результаты работы А.И. Благодатских были доложены на многих всероссийских и международных конференциях, большая часть которых входит в список ведущих регулярных научных мероприятий в области теории управления, теории динамических систем и дифференциальных игр. Научное исследование было поддержано грантом Президента Российской Федерации и грантом РФФИ. По теме диссертации опубликовано 50 научных работ, в том числе, 25 статей в рецензируемых научных изданиях из списка ВАК и Аттестационного совета УрФУ, многие из которых являются высокорейтинговыми научными изданиями. 21 статья проиндексирована в Scopus и/или Web of Science и/или zbMATH. Также у автора имеется 6 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ. Отмечу, что А.И. Благодатских совместно со своим научным консультантом Н.Н. Петровым опубликовал монографию «Конфликтное взаимодействие групп управляемых объектов» на основе результатов, описанных в данной диссертационной работе.

Диссертация произвела на меня положительное впечатление. Хочется отметить **положительные стороны работы:**

1. Диссертация написана хорошим математическим языком, она имеет четкую структуру и понятную логику повествования. Автореферат хорошо отражает содержание диссертации, описывает основные результаты, полученные в работе. Положения, выносимые на защиту, четко сформулированы и демонстрируют вклад автора в область исследования.

2. «Неформальные» интерпретации формулировок задач позволяют быстро понять постановку задачи, описание действий убегающих, преследователей дает понимание, как развивается игровой процесс в динамике. Я считаю такой вариант подачи материала находкой автора.
3. Особо отмечу постановку задач преследования-убегания с защитниками и научные результаты, полученные для этой постановки.
4. Математическое моделирование проведено с подробным описанием алгоритмов и работы комплекса программ, что позволяет увидеть реализацию теоретических результатов на практике.

Замечания к диссертационной работе. К работе имеются следующие вопросы и замечания:

1. Автором предполагается, что разбиение временного промежутка $[t_0, \infty)$, обозначенное через σ , известно преследователям. Стратегия преследователя определяется для каждого такого разбиения, не имеющего конечных точек сгущения. Это предположение кажется строгим при условии противоположных целей убегающего и преследователя. Можно ли получить подобные результаты, опустив это условие? Нельзя ли использовать робастный подход, решая задачу убегания-преследования в случае, когда преследователь не знает разбиения σ ?
2. На стр. 47 и далее по тексту встречается следующая фраза при описании задачи: «...при этом убегающий E может либо уклониться от встречи, либо его могут поймать». Означает ли эта фраза, что у убегающего есть выбор уклониться или быть пойманным?
3. Численные примеры в главах 1-4 не сопровождаются графиками, хотя для некоторых глав были написаны программы, моделирующие процесс преследования-убегания. Было бы неплохо добавить графический материал для лучшего понимания результатов.
4. Правильно ли я понимаю, что в задаче параграфа 3 выбирается одно разбиение σ для всех «непересекающихся» задач? Если да, то зачем это делается? На стр. 76 (последний абзац) сказано, что решается m непересекающихся задач. Зачем ставится и решается эта «комплексная» задача, если каждая из этих m задач уже решена?
5. Было бы хорошо добавить содержательный смысл условия: $\Delta_0 = \infty$. Также ниже по тексту появляется условие $\Delta_r = \infty$.
6. Хотелось бы понять идею, которая стоит за условием, что «защитник погибает, если его координаты совпадают с координатами убегающего», учитывая, что убегающий и защитник имеют общие цели?
7. На стр. 170 приводится определение «мягкого убегания». Это понятие было впервые введено автором? В этом месте не приводится никаких ссылок.
8. Когда решается задача преследования-убегания с группой игроков, то напрашивается вопрос о возможности определения кооперативной игры. В постановках данной работы не учитываются функционалы стоимости или затрат преследования. Если предположить их заданными для всех игроков группы или коалиции, которая преследует общую цель – поимки или убегания, то можно было бы рассчитывать издержки каждого игрока коалиции, которые в последующем

могут быть компенсированы/частично компенсированы другими игроками, если кто-то из игроков, например, теряет больше всех, решая общую качественную задачу коалиции (поймки или избегания поимки). При решении задачи перераспределения расходов можно использовать теорию кооперативных игр. Полученное перераспределение затрат может сделать коалицию устойчивой.

Указанные замечания не сказываются на общем сугубо положительном впечатлении от данной диссертационной работы и не снижают значимости полученных в работе результатов. Диссертация содержит новые интересные постановки в области дифференциальных игр преследования и новые теоретические результаты для данной научной области, которые применимы на практике, в том числе, применение можно реализовать с использованием комплекса программ, разработанных автором. Как было отмечено ранее, работа написана хорошим математическим языком, ее было приятно читать. Благодатских А.И. имеет большое число публикаций по теме исследования в научных изданиях, результаты его работы были доложены на многих научных конференциях.

Заключение. Диссертационная работа Благодатских Александра Ивановича «Исследование математических моделей задач конфликтного взаимодействия групп управляемых объектов» соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней в УрФУ, ее содержание соответствует научной специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (физико-математические науки), а соискатель Благодатских Александр Иванович заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Официальный оппонент,
доктор физико-математических наук,
доцент, профессор Кафедры математической
теории игр и статистических решений,
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет»
тел. +7 (812) 363-65-37
email: e.parilina@spbu.ru
адрес: 199034, Россия, Санкт-Петербург, Университетская набережная, д. 7-9.

Парилина Елена Михайловна

03.12.2024 г.

Личную подпись
Е. М. Парилина
заверяю
И.О. начальника отдела
И.И. Константинова



Документ подготовлен
в порядке исполнения
трудовых обязанностей

Текст документа размещен
в открытом доступе
на сайте СПбГУ по адресу
<http://spbu.ru/science/expert.htm>