

**ОТЗЫВ официального оппонента
о диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук**

**Бузикова Максима Эмонайевича на тему: «Построение траектории
наискорейшего перехвата движущейся цели» по специальности 1.2.2 —
«Математическое моделирование, численные методы и комплексы
программ»**

Актуальность темы диссертации в области разработки математических методов перехвата движущейся цели объясняется тем, что управление различными беспилотными системами зачастую требует достижения некоторой терминальной цели, которая может зависеть от изменяющихся условий внешней среды или от взаимодействия с другими агентами (беспилотными или управляемыми человеком транспортными средствами). Проблема перехвата в форме задачи быстрогодействия формулируется в терминах естественного критерия минимума времени достижения терминальной цели.

Научная новизна и значимость полученных результатов.

Несмотря на наличие большого числа исследований в области позиционных игр и задач перехвата, диссертация высветила несколько принципиальных вопросов, которые еще не были подробно рассмотрены в литературе. Среди таких теоретически важных проблем можно назвать: универсальный алгоритмический подход к определению минимального времени перехвата, единый комплекс численно-аналитических методов определения траектории наискорейшего перехвата движущейся цели (как с известной траекторией, так и неизвестной). Задачи наискорейшего перехвата имеют важное прикладное значение к проблеме планирования траекторий беспилотных аппаратов с целью предотвращения столкновений.

Достоверность научных результатов.

Постановки всех задач являются четко формализованными. Доказательства лемм и теорем опираются на строгий математический

аппарат. Достоверность полученных результатов подтверждается многочисленными примерами численно-аналитических расчетов с визуализацией траекторий наискорейшего перехвата.

Апробация результатов диссертации и личный вклад автора.

По теме диссертации опубликовано три статьи в авторитетных рецензируемых научных журналах, посвященных задачам управления, оптимизации и математического моделирования: «Автоматика и телемеханика», «Automatica» и «Journal of Optimization Theory and Applications». Результаты диссертации были апробированы в ходе выступлений на международных научных конференциях и научных семинарах. Основные результаты получены лично соискателем.

Содержание работы.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы (131 источник) и приложения с описанием разработанного комплекса программ.

Введение содержит обоснование актуальности, новизны и значимости исследования, а также формулировку цели и задач диссертации. Там же дано подробное описание современного состояния изучаемой области.

В первой главе разработан общий метод определения наименьшего времени перехвата известно движущейся цели на основе использования нижних оценок и алгоритма простой итерации.

Вторая глава посвящена той же задаче, но для идеализированной модели преследователя — машины Дубинса. Здесь за счет известного типа оптимальных траекторий и анализа множества достижимости получено общее численно-аналитическое решение.

Третья глава посвящена задаче бокового перехвата, когда преследователь должен подлететь к цели в момент захвата под определенным углом, эволюция которого заранее известна. Эта задача потребовала

привлечения более сложных траекторий, анализ которых с точки зрения задачи быстрогодействия сводится к решению десяти уравнений относительно скалярной переменной.

В четвертой главе решается игровая задача о двух одинаковых автомобилях — машинах Дубинса. Здесь основной результат — описание полупроницаемых поверхностей содержащих барьер вместе с установлением (в том числе численными методами) рубежного значения радиуса захвата, по разную сторону от которого барьер имеет разную геометрическую реализацию.

Заключение содержит выводы о полученных результатах.

Автореферат правильно отражает содержание диссертационной работы.

Достоинства диссертационной работы.

1. Разработка оригинального метода построения универсальных оценок для наименьшего времени перехвата цели с известной траекторией.

2. Элегантное сочетание аналитических методов построения множеств достижимости и численных методов определения наименьшего времени перехвата.

3. Дотошный анализ всех частных случаев и доведение их исследования до визуализации искомых решений.

4. Высокий уровень изложения, который характеризует сложившегося самостоятельного исследователя.

Замечания по работе.

1. Скорость сходимости метода простой итерации в задаче перехвата можно было бы исследовать с помощью принципа сжимающих отображений и дать тем самым количественную оценку количества итераций для достижений требуемого результата.

2. На с.34 дан излишне простой пример (пример покоящегося преследователя) для описания ситуации, когда метод простой итерации может сходиться сколь угодно медленно. Вместо этого можно было привести пример, из которого было видно, как скорости преследователя и цели влияют на сходимость алгоритма.

3. В параграфе 3.4 упоминается, что задача бокового перехвата сводится к рассмотрению десяти уравнений. Для большей ясности изложения следовало бы дать их (или ссылки на них) в одном месте с единой классификацией соответствующих случаев.

4. В параграфе 4.3 было бы полезно дать чертеж, который описывал соотношение между значениями углов «тэта» и «фи», определяющих допустимую область терминальной поверхности в задаче игры двух автомобилей.

Заключение.

Диссертация Бузикова Максима Эмонаевича является цельной научно-квалификационной работой, содержащей важные научные результаты, а указанные выше замечания не влияют на общую положительную оценку работы. Таким образом, диссертационная работа Бузикова М.Э. «Построение траектории наискорейшего перехвата движущейся цели» удовлетворяет требованиям установленным Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует специальности 1.2.2 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» (по физико-математическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1–2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова, а также оформлена согласно требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание

ученой степени доктора наук Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Считаю, что Бузиков Максим Эмонайевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук,
профессор кафедры «Теория вероятностей и компьютерное моделирование»
ФГБУ ВО «Московский авиационный институт (национальный
исследовательский университет)»

Семенихин Константин Владимирович



7 февраля 2024 г

Контактные данные:

Тел.: +7 (499) 158-45-60. E-mail: siemenkv@rambler.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом
защищена диссертация:

05.13.01 — «Системный анализ, управление и обработка информации».

Адрес места работы:

125993, Российская Федерация, г. Москва, Волоколамское шоссе 4.

ФГБУ ВО «Московский авиационный институт (национальный
исследовательский университет)», кафедра «Теория вероятностей и
компьютерное моделирование».

Тел.: +7 (499) 158-45-60. E-mail: kaf804@mai.ru

Подпись заверил:

Заместитель директора дирекции института № 8 МАИ

«Компьютерные науки и прикладная математика»



И. А. Кучева