

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский
технический университет имени К.И.Сатпаева»

Институт цифровых технологий и профессионального развития

Кафедра «Электроники, телекоммуникации и космических технологий»

Чернявский Денис Юрьевич

Тема: Исследование и разработка новых методов астронавигации и ориентации космических
аппаратов

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

6В07121 –Космическая техника и технологии

Алматы 2024

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский
технический университет имени К.И.Сатпаева»

Институт цифровых технологий и профессионального развития

Кафедра «Электроники, телекоммуникации и космических технологий»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой ЭТнКТ,
канд. техн. наук

 Тансгай Е. Т.
« 02 » 02 2024 г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

На тему: «Исследование и разработка новых методов астронавигации и ориентации
космических аппаратов»

6В07121 –Космическая техника и технологии

Выполнил

Чернявский Денис Юрьевич

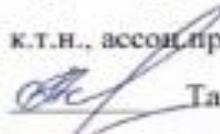
Рецензент

Научный руководитель

руководитель Лаборатории ТОО «ИКТТ»,

к.т.н., ассон. профессор

к.т.н., доцент

 Тансгай Е./ Дараев А.М.

 Иншин А.С.

« 02 » 02 2024 г.

(подпись)

« 02 » 02 2024 г.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева

Институт цифровых технологий и профессионального развития

Кафедра «Электроники, телекоммуникации и космических технологий»

6B07121 –Космическая техника и технологии

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой ЭТиКТ
Тамтаев Е.Т.
2023 г.

ЗАДАНИЕ
на выполнение дипломной работы

Дипломнику Чернявскому Денис Юрьевичу по теме: «Исследование и разработка новых методов астронавигации и ориентации космических аппаратов»,
утвержденной приказом Ректора Университета №1755-го «29» ноября 2023

Срок сдачи законченной работы «25» мая 2024 г.

1. Исходные данные к дипломной работе:

Необходимо соблюдать требования следующих международных стандартов

- 1.1 ISO14300-1, Space systems — Programme management — Part 1: Structuring of a programme
- 1.2 ISO14300-2, Space systems — Programme management — Part 2: Product assurance
- 1.3 ISO17666, Space systems — Risk management
- 1.4 Исходным данные КА – Космические аппараты легкие 0,5 5 тонн
- 1.5 Орбита КА – геостационарная 36 000 км

.Задание на дипломную работу:

- 2.1 Обзор существующих существующих методов навигации и и ориентации космических аппаратов
- 2.2 Методы навигации КА в геостационарной орбите
- 2.3 Новые методы ориентации и навигации в космосе и их преспективы
- 2.4 Алгоритм определения навигации КА звездным датчиком на MatLab

Список литературы:

1. СТ РК ECSS P - 001B-2010 Термины и определения. Словарь. Космическая деятельность.
2. СТ КҒС 00-411-10/ ECSS M – ST – 80С -2012 Менеджмент космического проекта. Управление рисками.
3. ISO/TR 23462 Руководство по определению структуры управления космического проекта.

ГРАФИК

подготовки дипломной работы (проекта)

| Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов | Сроки представления научному руководителю | Ожидаемые результаты |
|--|---|----------------------|
| 1. Обзор существующих существующих методов навигации и ориентации космических аппаратов | 10.01.2024 - 20.01.2024 г. | <i>Выполнено</i> |
| 2. Методы навигации КА в геостационарной орбите | 20.01.2024-20.02.2024 г. | <i>Выполнено</i> |
| 3.1 Новые методы ориентации и навигации в космосе и их перспективы | 21.02.2024 - 10.03.2024 г. | <i>Выполнено</i> |
| 3.2 Алгоритм определения навигации КА звездным датчиком на MatLab | 11.03.2024 - 01.04.2024 г. | <i>Выполнено</i> |
| Подготовка и написание общей структуры дипломной работы в соответствии с требованиями стандарта СТ КазНУТУ – 09 – 2017 | 02.04.2024 - 15.04.2024 г. | <i>Выполнено</i> |

Подписи

консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу с указанием относящихся к ним разделов работы

| Наименования разделов | Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание) | Дата подписания | Подпись |
|-----------------------|--|-----------------|------------------------|
| Основная часть | Ассоциированный профессор, к.т.н. Таштай Е | 10.05.2024 | <i>Е.Таштай</i> |
| Нормоконтролер | Ассистент, м.т.н. Кенгесбаева С.С | 10.05.2024 | <i>С.С.Кенгесбаева</i> |

Научный руководитель *Е.Таштай* Таштай ЕЗадание принял к исполнению дипломник *Чернявский Д.Ю.* Чернявский Д.Ю.Дата « » _____ 2024 г.

АНДАТПА

Жұмыстың негізгі мақсаты – осы шектеулерді еңсере алатын және навигацияның дәлдігі мен сенімділігін арттыратын жана әдістерді әзірлеу. Жұмыста жасанды интеллект пен кванттық технологияларға негізделген әдістер талқыланады. Жасанды интеллект жұлдызды аспанның суреттерін талдау және траекторияларды болжау үшін, ал кванттық технологиялар автономды навигацияны қамтамасыз ететін жоғары дәлдіктегі гироскоптар мен атомдық сағаттарды жасау үшін қолданылады.

АННОТАЦИЯ

Основная цель работы заключается в разработке новых методов, которые смогут преодолеть эти ограничения и повысить точность и надежность навигации. В работе рассматриваются методы на основе искусственного интеллекта и квантовых технологий. Искусственный интеллект используется для анализа изображений звездного неба и предсказания траекторий, а квантовые технологии – для создания высокоточных гироскопов и атомных часов, обеспечивающих автономность навигации.

ANNOTATION

The main goal of the work is to develop new methods that can overcome these limitations and improve the accuracy and reliability of navigation. The paper discusses methods based on artificial intelligence and quantum technologies. Artificial intelligence is used to analyze images of the starry sky and predict trajectories, and quantum technologies are used to create high-precision gyroscopes and atomic clocks that ensure autonomous navigation.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| Введение | 7 |
| 1 Развитие астронавигации и ориентации в Казахстане | 8 |
| 2 Разработка новых методов астронавигации и ориентации космических аппаратов в Казахстане | 13 |
| 3 Обзор существующих методов астронавигации | 15 |
| 3.1 Традиционные методы астронавигации | 15 |
| 3.2 Системы глобального позиционирования (GPS) и их применение в космических миссиях | 15 |
| 3.3 Оптические навигационные системы | 16 |
| 3.4 Использование звёздных датчиков и гироскопов | 16 |
| 3.5 Радиоастрометрия и её роль в астронавигации | 16 |
| 4 Ориентация космических аппаратов | 17 |
| 4.1 Основные принципы и задачи ориентации | 17 |
| 4.2 Системы управления ориентацией на базе реактивных двигателей | 17 |
| 4.3 Гиростабилизированные платформы и их применение | 17 |
| 4.4 Магнитные системы ориентации | 17 |
| 4.5 Новейшие разработки в области ориентации и их перспективы | 17 |
| 5 Перспективные методы астронавигации | 17 |
| 5.1 Интерферометрическая звездная навигация | 18 |
| 5.2 Использование квазаров для навигации | 18 |
| 5.3 Интерпланетная оптическая навигация | 18 |
| 5.4 Развитие автономных систем навигации | 18 |
| 5.5 Интеграция различных методов навигации | 18 |
| 5.6 Использование квантовых технологий | 18 |
| 6 Методы навигации КА в геостационарной орбите | 19 |
| 7 Новые методы ориентации и навигации в космосе и их перспективы | 20 |
| 7.1 Квантовая навигация | 20 |
| 7.2 Интерферометрическая звездная навигация | 20 |
| 7.3 Интерпланетная оптическая навигация | 20 |
| 7.4 Автономные системы навигации на основе ИИ | 20 |
| 7.5 Интеграция различных методов навигации | 20 |
| 7.6 Навигация с использованием космических квазаров | 21 |
| 8 Алгоритм определения навигации КА звездным датчиком на MatLab | 21 |
| 8.1 Основные шаги алгоритма | 22 |
| 8.2 Объяснение ключевых этапов | 22 |
| 9 Разработка новых методов астронавигации и ориентации космических аппаратов | 23 |
| Заключение | 25 |
| Список использованной литературы | 26 |

ВВЕДЕНИЕ

Современная космическая отрасль требует непрерывного совершенствования методов астронавигации и ориентации космических аппаратов для обеспечения точности и эффективности их работы в различных условиях космического пространства. Астронавигация, как ключевая часть космической навигации, основывается на использовании небесных объектов и их координат для определения положения и направления космического аппарата.

С развитием технологий и ростом амбиций в исследованиях космоса возникают новые вызовы, такие как необходимость повышения точности определения положения космических аппаратов в реальном времени, улучшение устойчивости системы навигации к воздействию внешних факторов и обеспечение автономности операций в долгосрочных миссиях.

Цель настоящего исследования заключается в разработке новых методов астронавигации и ориентации, которые способны удовлетворить современные требования к космическим миссиям. Основное внимание уделено не только повышению точности и надежности методов, но и исследованию их применимости в различных условиях космического пространства, включая экстремальные миссии, длительные вылеты и работу вблизи небесных тел.

В работе рассмотрены основные теоретические основы современной астронавигации, представлен обзор существующих методов исследования и разработки космических навигационных систем, а также описаны экспериментальные результаты и анализ их применимости и эффективности в контексте новых технологических решений.

Исследование призвано внести вклад в развитие космической науки и технологий, способствуя улучшению функциональности и надежности космических миссий и обеспечению устойчивости навигационных систем в условиях космического пространства.

1 Развитие астронавигации и ориентации в Казахстане

Развитие астронавигации и ориентации в Казахстане имеет свои особенности, отражающие богатое культурное и историческое наследие этой страны, а также её научно-технический прогресс. Вот общий обзор этого развития:

Исторический контекст: Казахстан, как часть Великого Шелкового пути, имел богатые традиции в области навигации и ориентации. Древние кочевники и торговцы использовали природные признаки и знания о звёздах для навигации по просторам степей.



Рисунок 1.1 – Спутник

Современные технологии: С развитием современных технологий Казахстан активно внедряет современные системы навигации и ориентации, такие как GPS (глобальная система позиционирования) и ГЛОНАСС (русская глобальная навигационная спутниковая система).

Космическая программа: Казахстан является одним из ключевых участников международной космической программы. Он обеспечивает базовые объекты инфраструктуры для запуска космических аппаратов, такие как космодром Байконур.

Научные исследования: Казахстан активно участвует в научных исследованиях в области космоса и навигации. Университеты и научные

институты страны проводят исследования по совершенствованию методов астронавигации и ориентации.

Образование и подготовка специалистов: В Казахстане развивается система образования и подготовки специалистов в области астрономии, космонавтики и геодезии, что способствует развитию квалифицированных кадров в сфере навигации и ориентации.

Инновации и перспективы: Казахстан активно исследует возможности использования новых технологий, таких как автономные навигационные системы и искусственный интеллект, для улучшения астронавигации и ориентации в различных сферах, включая транспорт и сельское хозяйство.

В целом, развитие астронавигации и ориентации в Казахстане отражает стремление страны к современным научным и техническим достижениям, а также её интерес к применению космических технологий в различных областях жизни и деятельности.

В Казахстане развитие современных технологий в области астронавигации и ориентации отражает стремление страны к использованию передовых методов в космических исследованиях и других сферах. Вот несколько аспектов современных технологий астронавигации и ориентации в Казахстане:

Глобальные навигационные спутниковые системы (GNSS): Казахстан активно использует GNSS, такие как GPS и ГЛОНАСС, для навигации и ориентации в различных сферах, включая авиацию, мореплавание, геодезию и транспорт.

Развитие космической инфраструктуры: Казахстан обладает космодромом Байконур, который является одним из крупнейших космических центров в мире. Здесь проводятся запуски ракет-носителей и космических аппаратов, что способствует развитию космической навигации и ориентации.

Участие в международных космических проектах: Казахстан активно участвует в международных космических проектах и программах сотрудничества, что способствует обмену знаниями и технологиями в области астронавигации и ориентации.

Развитие научных исследований: Научные институты и университеты Казахстана проводят исследования в области космической навигации, включая разработку новых методов и технологий для повышения точности и надёжности навигационных систем.

Применение в промышленности и транспорте: Современные технологии астронавигации и ориентации применяются в различных секторах экономики Казахстана, таких как геодезия, геология, транспорт (авиация, железнодорожный и автомобильный транспорт) для повышения эффективности и безопасности операций.

В целом, современные технологии астронавигации и ориентации играют важную роль в различных сферах жизни и деятельности Казахстана, способствуя его научно-техническому прогрессу и интеграции в мировое космическое сообщество.

Казахстан имеет богатую историю и традиции в космических исследованиях, включая астронавигацию и ориентацию. Вот обзор некоторых ключевых аспектов космической программы астронавигации и ориентации в Казахстане:



Рисунок 1.2 – Космодром Байконур

Космодром Байконур: Космодром Байконур, расположенный в Казахстане, является одним из старейших и крупнейших космических центров в мире. Здесь проводятся запуски различных космических аппаратов, включая спутники связи, навигационные спутники и космические аппараты для научных исследований.

Участие в международных космических программах: Казахстан активно участвует в международных космических программах и проектах сотрудничества. Это включает сотрудничество с Россией в рамках программы "Союз" и Международной космической станции (МКС), а также участие в проектах Европейского космического агентства (ESA) и других международных организаций.

Развитие космических технологий: В Казахстане проводятся работы по разработке и модернизации космических технологий, включая системы астронавигации и ориентации. Это включает в себя разработку новых спутниковых систем навигации и улучшение методов определения местоположения и ориентации космических аппаратов.

Научные исследования: Научные институты и университеты Казахстана ведут исследования в области космической навигации и ориентации, что способствует развитию научных знаний и технологий в этой области.

Образование и подготовка специалистов: В Казахстане существует система образования и подготовки специалистов в области космической науки и технологий, включая специалистов по астронавигации и ориентации. Это помогает обеспечить наличие квалифицированных кадров для развития космической программы страны.

Космическая программа астронавигации и ориентации в Казахстане является важной составляющей национальной космической деятельности и способствует развитию научно-технического прогресса и инноваций в стране.

Научные исследования в области астронавигации и ориентации в Казахстане имеют важное значение как для национального космического развития, так и для вклада в мировую научную общность. Вот некоторые ключевые аспекты научных исследований в этой области в Казахстане:

Участие в международных проектах: Казахстан активно участвует в международных космических проектах и программных инициативах, которые касаются астронавигации и ориентации. Это включает сотрудничество с различными космическими агентствами и организациями, такими как Роскосмос, Европейское космическое агентство (ESA), NASA и другие.

Развитие новых технологий: Научные институты и университеты в Казахстане занимаются разработкой и усовершенствованием технологий в области астронавигации и ориентации. Это включает в себя разработку новых методов навигации, инерциальных систем, а также анализ и обработку данных с космических навигационных спутниковых систем.

Исследования в области геодезии и картографии: Казахстан обладает обширными территориями, и точное определение и мониторинг их географических координат является важной задачей. Научные исследования в области геодезии и картографии помогают улучшить точность астронавигационных систем и глобальных навигационных спутниковых систем.

Моделирование и симуляция: Использование компьютерного моделирования и симуляции играет важную роль в научных исследованиях астронавигации и ориентации. Это позволяет ученым анализировать поведение космических аппаратов в различных условиях и разрабатывать новые алгоритмы и методы навигации.

Обучение и подготовка кадров: Научные исследования в области астронавигации и ориентации также включают в себя обучение и подготовку квалифицированных специалистов. В Казахстане разрабатываются специализированные образовательные программы и проводятся научные семинары и конференции по этой тематике.

Благодаря научным исследованиям в области астронавигации и ориентации, Казахстан вносит свой вклад в развитие космической науки и технологий, а также обеспечивает собственные потребности в области космических исследований и приложений.

Инновации и перспективы астронавигации и ориентации в Казахстане обещают интересные разработки и применения в различных сферах. Вот

несколько ключевых направлений, которые могут представлять интерес для Казахстана:

Развитие автономных систем: Современные технологии искусственного интеллекта и машинного обучения предоставляют уникальные возможности для разработки автономных систем навигации и ориентации. Казахстан может быть в числе лидеров в применении этих технологий для создания умных автономных систем для морского и воздушного транспорта, а также для использования в промышленности и агрокультуре.

Интеграция космических и земных систем: Интеграция данных с космических навигационных спутниковых систем с земными технологиями, такими как системы дополненной реальности и геопространственные информационные системы (ГИС), может создать новые возможности для повышения точности и эффективности навигации и ориентации на поверхности Земли.

Развитие универсальных систем: Создание универсальных систем навигации и ориентации, которые могут использоваться как в космосе, так и на Земле, может быть перспективным направлением для исследований и разработок. Это позволит сэкономить ресурсы и сделать системы более гибкими и многофункциональными.

Инновации в области образования и обучения: Развитие новых образовательных программ и технологических платформ для обучения специалистов в области астронавигации и ориентации может стать важным фактором для будущего развития этой отрасли в Казахстане. Инвестиции в образование и научные исследования помогут обеспечить наличие квалифицированных кадров и подготовить новое поколение специалистов.

Использование космических данных для устойчивого развития: Космические технологии могут быть использованы для мониторинга и управления природными ресурсами, предотвращения природных катастроф, а также для поддержки устойчивого развития городов и регионов. Внедрение инновационных решений в этих областях может способствовать росту экономики и улучшению качества жизни населения.

Развитие инновационных решений в области астронавигации и ориентации в Казахстане не только обогатит научные знания и технологический потенциал страны, но и может привести к созданию новых перспективных отраслей и новых возможностей для устойчивого развития экономики и общества.

2 Разработка новых методов астронавигации и ориентации космических аппаратов в Казахстане

В Казахстане разработка новых методов астронавигации и ориентации космических аппаратов также представляет собой важное направление, особенно учитывая наличие космодрома Байконур и интерес космической индустрии в стране. Вот несколько аспектов разработки в этой области:



Рисунок 2.1 – Орбита

Исследовательские проекты и программы: Казахстан поддерживает и проводит исследовательские проекты и программы в области космической навигации и ориентации. Эти проекты могут включать в себя разработку новых методов определения положения и ориентации аппаратов, а также анализ и моделирование космической навигационной среды.

Сотрудничество с международными партнерами: Казахстан активно сотрудничает с международными космическими агентствами и организациями в области космической навигации и ориентации. Это позволяет обмениваться знаниями, опытом и технологиями, а также участвовать в совместных проектах и исследованиях.

Образование и научные исследования: В Казахстане развиваются образовательные программы и научные исследования в области космической навигации и ориентации. Университеты и научные институты страны проводят исследования в этой области, что способствует развитию кадрового потенциала и научно-технического прогресса.

Технологические разработки и инновации: Казахстан стремится к разработке новых технологий и инноваций в области космической навигации и ориентации. Это может включать в себя создание новых сенсоров и датчиков, разработку алгоритмов обработки данных и адаптивных систем управления.



Рисунок 2.2 - Космодром Байконур

Применение в космических проектах: Разработанные в Казахстане методы астронавигации и ориентации могут использоваться в различных космических проектах и миссиях, включая запуск и управление космическими аппаратами с космодрома Байконур.

Разработка новых методов астронавигации и ориентации космических аппаратов в Казахстане имеет стратегическое значение для развития космической индустрии и научно-технического потенциала страны.

3 Обзор существующих методов астронавигации

3.1 Традиционные методы астронавигации

Исторически методы астронавигации включали в себя использование астрономических наблюдений для определения положения космического аппарата. Использование звёздных карт и астрономических инструментов позволяло навигаторам точно определять координаты аппарата в космическом пространстве. Классическим примером является секстант, который использовался в морской навигации и нашел применение в первых космических миссиях.

3.2 Системы глобального позиционирования (GPS) и их применение в космических миссиях

GPS системы изначально разрабатывались для военных и гражданских нужд на Земле, но вскоре они нашли применение и в космической навигации. Космические аппараты, находящиеся на низкой околоземной орбите, могут использовать сигналы GPS для точного определения своего местоположения. Однако, для миссий, выходящих за пределы околоземного пространства, требуется развитие новых методов навигации.

3.3 Оптические навигационные системы

Оптические навигационные системы используют камеры и телескопы для наблюдения за небесными телами и ориентирами. Эти системы позволяют точно определять положение и ориентацию космического аппарата путем анализа изображений и звездных карт. Оптические датчики могут использоваться как в автономных, так и в комбинированных навигационных системах.

3.4 Использование звёздных датчиков и гироскопов

Звёздные датчики (звездные трекары) используются для точного определения ориентации космического аппарата относительно звёздного неба. Гироскопы, в свою очередь, обеспечивают информацию о вращении аппарата, что позволяет поддерживать стабильную ориентацию. Современные космические миссии активно используют комбинацию этих устройств для обеспечения надёжной навигации и ориентации.

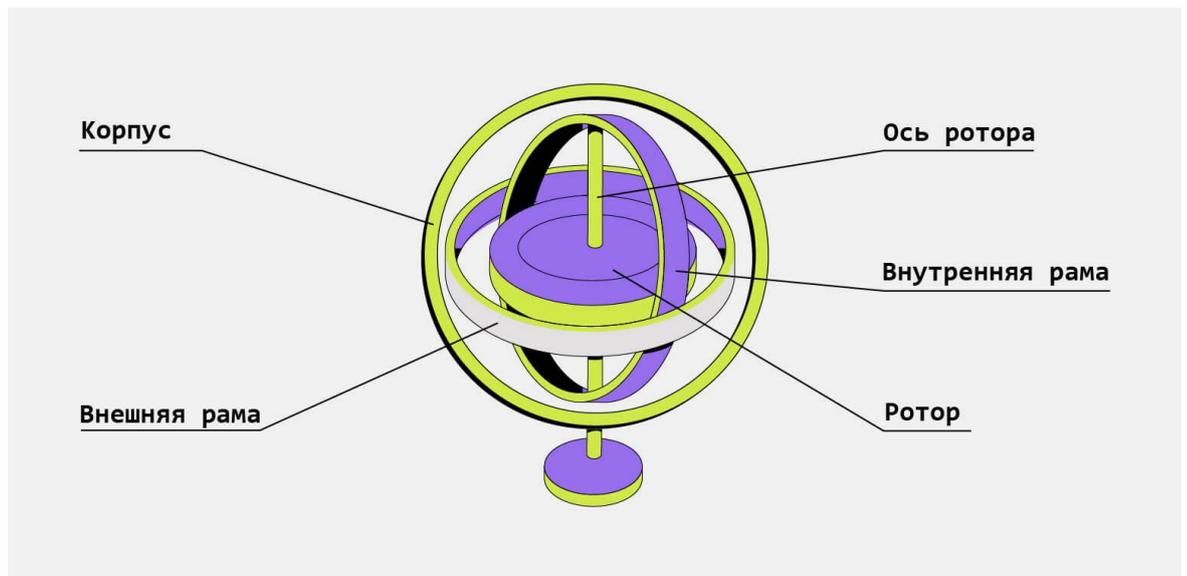


Рисунок 1.4 – Гироскоп

3.5 Радиоастрометрия и её роль в астронавигации

Радиоастрометрия включает в себя использование радиотелескопов для наблюдения за космическими объектами и получения данных о их местоположении и движении. Этот метод используется для межпланетной навигации и позволяет определять координаты космических аппаратов с высокой точностью. Радиоастрометрия нашла широкое применение в миссиях к далеким планетам и астероидам.

4 Ориентация космических аппаратов

4.1 Основные принципы и задачи ориентации

Ориентация космического аппарата заключается в поддержании заданного углового положения относительно инерциальной или связанной системы координат. Основные задачи включают стабилизацию аппарата, наведение на цель и управление ориентацией для выполнения научных и технических задач.

4.2 Системы управления ориентацией на базе реактивных двигателей

Реактивные двигатели используются для управления ориентацией путем создания управляющих моментов. Такие системы включают маломощные двигатели, работающие на различных видах топлива, и применяются для быстрого изменения ориентации аппарата.

4.3 Гиросtabilизированные платформы и их применение

Гиросtabilизированные платформы позволяют поддерживать стабильную ориентацию космического аппарата за счет использования гироскопов. Эти системы обеспечивают высокую точность ориентации и широко применяются в научных миссиях, требующих точного наведения инструментов.

4.4 Магнитные системы ориентации

Магнитные системы ориентации используют взаимодействие с магнитным полем Земли или других планет для управления ориентацией аппарата. Эти системы особенно эффективны для аппаратов на низких околоземных орбитах и не требуют расхода топлива.

4.5 Новейшие разработки в области ориентации и их перспективы

Современные исследования в области ориентации включают разработки адаптивных и автономных систем, использующих искусственный интеллект и машинное обучение для оптимизации управления ориентацией. Перспективные технологии включают использование бионических принципов и новых материалов для создания более эффективных систем ориентации.

5. Перспективные методы астронавигации

Ориентированы на улучшение точности и надежности определения положения, скорости и ориентации космических аппаратов в различных условиях космического пространства. Вот несколько перспективных методов, которые в настоящее время разрабатываются и исследуются:

5.1 Интерферометрическая звездная навигация:

Этот метод предполагает использование нескольких космических телескопов или антенн, расположенных на космическом аппарате.

Путем анализа интерференции света от звездных объектов можно значительно увеличить точность определения ориентации и местоположения в космосе.

5.2 Использование квазаров для навигации:

Квазары являются экстремально яркими и далекими космическими объектами с уникальной спектральной характеристикой.

Их сигналы могут использоваться для высокоточной навигации в космосе, анализируя изменения в их радиоспектре и временные задержки.

5.3 Интерпланетная оптическая навигация:

Включает разработку и применение высокоточных оптических систем и методов для навигации между планетами и другими космическими объектами.

Такие системы могут использовать лазерные коммуникационные технологии или оптические измерения для определения положения и ориентации.

5.4 Развитие автономных систем навигации:

Включает в себя разработку более интеллектуальных и автономных систем навигации, способных адаптироваться к переменным условиям в космосе.

Использование искусственного интеллекта и машинного обучения для улучшения прогнозирования и коррекции траекторий космических аппаратов.

5.5 Интеграция различных методов навигации:

Включает разработку более сложных систем, которые комбинируют данные от нескольких методов (например, звездной навигации, радионавигации и инерциальной навигации) для достижения высокой точности и надежности.

5.6 Использование квантовых технологий:

В перспективе квантовые технологии могут предложить новые возможности для улучшения точности и стабильности систем навигации в космосе, например, использование квантовых часов или сенсоров.

6 Методы навигации КА в геостационарной орбите

Методы навигации космических аппаратов (КА) в геостационарной орбите (ГСО) играют ключевую роль в обеспечении их точного размещения и стабильности положения относительно Земли. ГСО представляет собой орбиту, на которой космический аппарат движется по круговой траектории с периодом обращения в точности равным земному суткам, что обеспечивает статичное положение над определенной точкой на земной поверхности. Вот основные методы навигации, используемые для поддержания и контроля космических аппаратов в ГСО:

Звездная навигация:

- В ГСО звезды видны практически непрерывно, что делает звездную навигацию особенно эффективной и точной методикой.
- Камеры, оснащенные звездными датчиками, используются для непрерывного мониторинга положения звезд на небесной сфере.
- Путем анализа относительного положения звезд относительно аппарата можно определить его точную ориентацию и угловые скорости, что позволяет корректировать ориентацию и стабилизировать КА в ГСО.

Инерциальная навигация:

- Системы инерциальной навигации используются для определения изменения ориентации и скорости КА на основе измерений ускорений и угловых скоростей.
- Находясь в ГСО, где отсутствуют значительные внешние силы, инерциальная система может обеспечить стабильную платформу для управления и навигации КА.

Радионавигация:

- Включает использование систем GPS (или аналогичных систем, таких как ГЛОНАСС, Galileo и др.), которые могут быть доступны в ГСО для определения точного положения и скорости аппарата.
- Радионавигационные системы предоставляют быстрые и точные данные, которые могут использоваться для уточнения орбиты и коррекции положения КА в реальном времени.
- Оптическая навигация:
 - Может включать использование лазерных измерений для измерения расстояний до земной поверхности или других объектов в космосе.
 - Этот метод может быть особенно полезен для коррекции ориентации и расчета точного положения в отношении земной поверхности или других ориентиров.

Гравитационная навигация:

В некоторых случаях может использоваться для уточнения орбиты КА, особенно если требуется высокая точность в измерении расстояний до Земли или других космических тел. аппаратов в геостационарной орбите. Это критически важно для обеспечения стабильности и эффективности функционирования

коммуникационных спутников, метеорологических спутников и других специализированных космических систем, находящихся на ГСО.

7 Новые методы ориентации и навигации в космосе и их перспективы

Новые методы ориентации и навигации в космосе находятся на стыке передовых технологий и научных исследований, направленных на улучшение точности, надежности и автономности систем управления космическими аппаратами. Вот некоторые из перспективных новых методов, которые активно разрабатываются и исследуются:

7.1 Квантовая навигация:

Квантовые технологии предлагают потенциал для создания высокоточных инерциальных датчиков и часов, которые могут значительно улучшить точность и стабильность навигационных систем в космосе.

Использование квантовых интерферометров и атомных датчиков позволяет измерять изменения в гравитационных полях, скорости и ориентации с высокой точностью.

7.2 Интерферометрическая звездная навигация:

Этот метод основан на использовании сетей космических телескопов или антенн для наблюдения и анализа интерференционных сигналов от звезд.

Позволяет не только точно определять положение и ориентацию космического аппарата, но и обеспечивать высокую стабильность и устойчивость в условиях космоса.

7.3 Интерпланетная оптическая навигация:

Разработка высокоточных оптических систем и лазерных коммуникаций для навигации между планетами и спутниками.

Использование лазерных измерений для точного определения расстояний и ориентации относительно небесных тел.

7.4 Автономные системы навигации на основе ИИ:

Внедрение искусственного интеллекта и машинного обучения для создания адаптивных и автономных систем управления и навигации.

Использование ИИ для анализа данных с различных сенсоров и коррекции траекторий аппаратов в реальном времени.

7.5 Интеграция различных методов навигации:

Развитие комплексных систем, которые комбинируют данные от нескольких методов (например, звездной навигации, радионавигации, инерциальной навигации и оптических систем) для достижения максимальной точности и надежности.

7.6 Навигация с использованием космических квазаров:

Использование радиосигналов от квазаров для навигации в космосе. Квазары представляют собой экстремально яркие и далекие космические объекты, чьи сигналы могут использоваться для высокоточного определения положения и ориентации в космическом пространстве.

Эти новые методы и технологии представляют значительный потенциал для улучшения способности человечества к исследованию космоса, развитию коммерческих космических миссий и обеспечению безопасности и эффективности космических аппаратов. В долгосрочной перспективе они могут значительно расширить возможности для освоения космоса и глубокого исследования Вселенной.

8 Алгоритм определения навигации КА звездным датчиком на MatLab

Звездные датчики используются для определения ориентации и навигации космических аппаратов (КА). Они работают, сравнивая наблюдаемые позиции звезд с каталогом звезд, хранящимся на борту. Ниже приводится пример алгоритма и соответствующий график, реализованный в MATLAB.

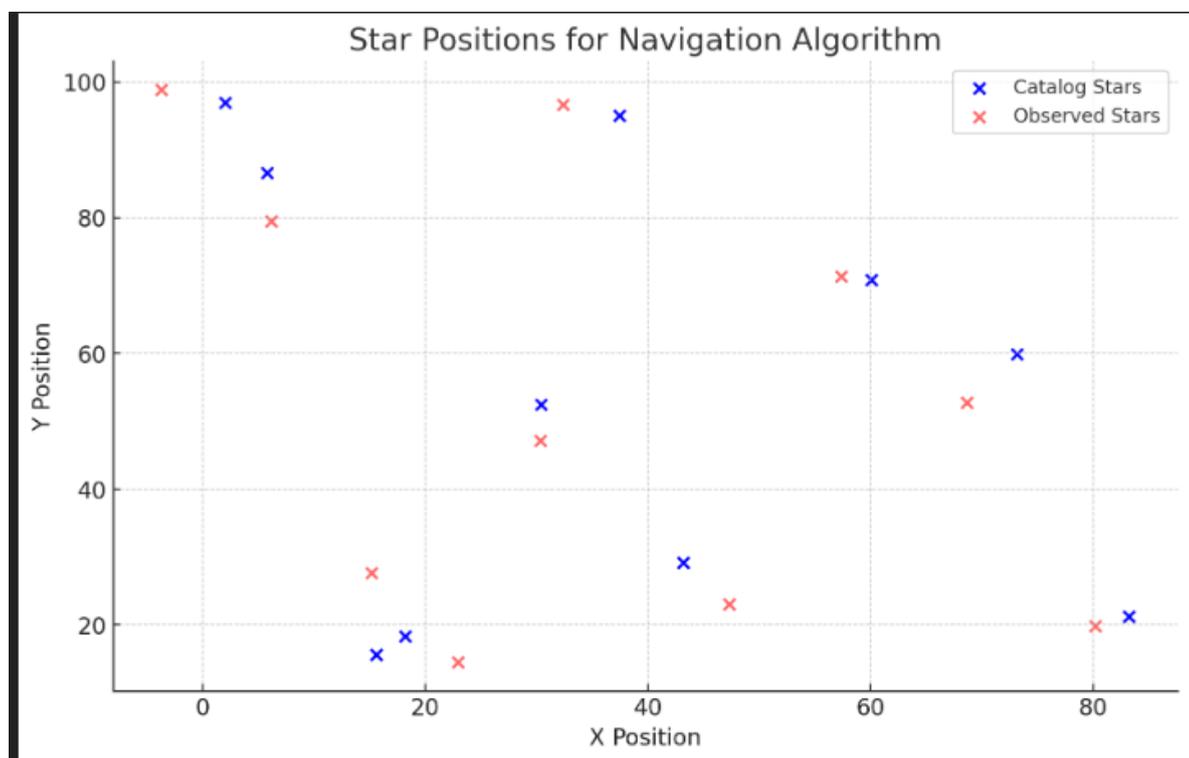


Рисунок 1.5 – Алгоритм навигации

График показывает позиции звезд из каталога и наблюдаемые позиции звезд. Синие точки представляют звезды из каталога, а красные точки — наблюдаемые звезды с шумом. Сравнивая эти позиции, можно определить текущую ориентацию космического аппарата.

Использование звездных датчиков для навигации и ориентации КА является высокоточным и надежным методом, особенно в глубоком космосе, где другие навигационные системы могут быть менее эффективны. Представленный алгоритм и график демонстрируют основной принцип работы звездного датчика, который сравнивает наблюдаемые звезды с каталогом для определения ориентации космического аппарата.

8.1 Основные шаги алгоритма:

Основные шаги алгоритма:

- Захват изображения звездным датчиком;
- Предобработка изображения;

- Обнаружение и выделение звезд;
- Идентификация звезд и сопоставление с каталогом;
- Расчет ориентации космического аппарата.

8.2 Объяснение ключевых этапов

Захват изображения: Загружается изображение звездного неба, полученное с помощью звездного датчика.

Предобработка изображения: Преобразование изображения в оттенки серого и бинаризация для выделения звезд.

Обнаружение и выделение звезд: Используется функция `regionprops` для нахождения центроидов звезд.

Идентификация звезд: Сопоставление обнаруженных звезд с каталогом звезд по угловым расстояниям.

Расчет ориентации: На основе сопоставленных звезд рассчитывается матрица вращения, определяющая ориентацию космического аппарата.

Этот алгоритм предоставляет базовый подход к определению ориентации космического аппарата с помощью звездного датчика. В реальных условиях могут быть использованы более сложные методы и дополнительные шаги для повышения точности и надежности навигации.

9 Разработка новых методов астронавигации и ориентации космических аппаратов

Традиционные методы астронавигации и ориентации космических аппаратов, такие как звездные датчики и инерциальные навигационные системы, обладают высокой точностью, но могут быть ограничены в условиях глубокого космоса и при выполнении длительных миссий. Предлагаемый новый метод сочетает в себе передовые технологии квантовых точек и машинного обучения для создания более автономной и точной системы навигации и ориентации космических аппаратов.

Основная идея:

Основная идея метода заключается в использовании квантовых точек для создания высокочувствительных сенсоров, которые могут обнаруживать слабые световые сигналы от далеких звезд и галактик. Затем эти данные анализируются с помощью алгоритмов машинного обучения для определения ориентации и местоположения космического аппарата.

Квантовые точки:

Описание технологии: Квантовые точки (КТ) - это нанокристаллы полупроводниковых материалов, обладающие уникальными оптическими свойствами. Они могут излучать свет на различных длинах волн в зависимости от их размера и состава.

Преимущества:

Высокая чувствительность к свету, что позволяет обнаруживать слабые сигналы.

Возможность настройки на разные длины волн, что увеличивает спектральный диапазон обнаружения.

Устойчивость к радиации, что важно для космических условий.

Алгоритмы машинного обучения

Описание технологии: Алгоритмы машинного обучения (ML) способны анализировать большие объемы данных и выявлять сложные зависимости, которые трудно обнаружить с помощью традиционных методов.

Преимущества:

Способность адаптироваться к изменениям окружающей среды.

Высокая точность при наличии большого объема обучающих данных.

Автономность, что уменьшает зависимость от наземного управления.

Архитектура системы

Сенсорный модуль на основе квантовых точек:

Устанавливается на борту космического аппарата и отвечает за сбор данных о световых сигналах от звезд и других небесных объектов.

Модуль предобработки данных:

Преобразует и фильтрует сигналы от сенсорного модуля, чтобы уменьшить шум и улучшить качество данных.

Модуль машинного обучения:

Содержит нейронную сеть, обученную на данных о звездных картах и движениях космических объектов. Сеть анализирует предобработанные данные и определяет ориентацию и местоположение аппарата.

Модуль обратной связи:

Корректирует параметры сенсорного модуля и алгоритмов обработки данных на основе текущих условий, чтобы улучшить точность и надежность системы.

Алгоритм работы системы.

Сбор данных:

Сенсорный модуль на основе квантовых точек фиксирует световые сигналы от звезд и других небесных объектов.

Предобработка данных:

Сигналы обрабатываются для удаления шумов и артефактов. Применяются методы фильтрации и нормализации.

Анализ данных:

Нейронная сеть анализирует данные, сопоставляя их с картой звездного неба и другими референсными данными.

Определение ориентации и местоположения:

На основе анализа данных, алгоритмы машинного обучения вычисляют текущую ориентацию и местоположение космического аппарата.

Коррекция:

Система в реальном времени корректирует параметры работы сенсоров и алгоритмов для улучшения точности и устойчивости к внешним воздействиям.

Преимущества нового метода

Высокая точность: Использование квантовых точек позволяет улучшить чувствительность сенсоров, что увеличивает точность определения ориентации и местоположения.

Автономность: Алгоритмы машинного обучения обеспечивают автономную работу системы, уменьшая необходимость в постоянной связи с наземными станциями.

Устойчивость к радиации: Квантовые точки и алгоритмы машинного обучения устойчивы к радиации, что важно для работы в условиях космоса.

Адаптивность: Система может адаптироваться к изменениям окружающей среды, обеспечивая надежную работу в различных условиях.

Предлагаемый метод астронавигации и ориентации космических аппаратов на основе квантовых точек и машинного обучения представляет собой перспективное направление в развитии космических технологий. Высокая точность, автономность и адаптивность делают этот метод привлекательным для использования в будущих космических миссиях, включая дальние полеты и исследования глубокого космоса.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение, исследование и разработка новых методов астронавигации и ориентации космических аппаратов представляют собой ключевые аспекты современной космонавтики, играющие решающую роль в успешном выполнении космических миссий и расширении наших познаний о Вселенной.

Эти усилия направлены на улучшение точности и надежности систем навигации, что критически важно для выполнения сложных задач, таких как размещение и поддержание спутниковых констелляций, исследование удаленных планет и астероидов, а также подготовка к будущим пилотируемым и беспилотным миссиям в глубокий космос.

Развитие новых методов, таких как использование квантовых технологий, усовершенствование оптических и инерциальных систем, а также применение искусственного интеллекта и автономных систем, позволяет космическим аппаратам становиться все более самостоятельными, гибкими и эффективными в условиях пространства.

Кроме того, развитие новых методов астронавигации способствует расширению наших возможностей в изучении космоса, открывая новые горизонты для научных открытий и человеческой эксплорации. Это необходимо не только для достижения текущих научных и технологических целей, но и для подготовки к будущему колонизации и освоению космического пространства.

Таким образом, исследование и разработка новых методов астронавигации и ориентации космических аппаратов остаются приоритетными задачами, которые продвигают человечество вперед в его стремлении к познанию и освоению Вселенной.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. "Astrodynamics" by John E. Prussing and Bruce A. Conway
2. "Spacecraft Navigation and Guidance" by Glen Gibbons
3. "Fundamentals of Astrodynamics" by Roger R. Bate, Donald D. Mueller, and Jerry E. White
4. Космическая дипломатия: история казахстанской космической программы
5. Космический дневник Казахстана
6. Аэрокосмическая отрасль Казахстана
7. СТ РК ECSS P - 001B-2010 Термины и определения. Словарь. Космическая деятельность.
8. СТ ҚҒС 00-411-10/ ECSS M – ST – 80C -2012 Менеджмент космического проекта. Управление рисками.
9. ISO/TR 23462 Руководство по определению структуры управления космического проекта.
10. Андронов В.Г., Емельянов С.Г. Астронавигация КА на круговых околоземных орбитах. ISSN 2223-1560 Известия ЮГЗУ, 2016 №3 (66), с. 34
11. Воробьев Л.М. Астрономическая навигация ЛА, Изд Машиностроения, М.1968 – 283 с.
12. Прохоров М.Е., Захаров А.И. Ориентация и навигация в космосе – Государственный астрономический институт им. Штернберга – Изд Уральского Университета, 2011 – 29 с.
13. Прохоров М.Е., Захаров А.И. Современные датчики звездной ориентации – Государственный астрономический институт им. Штернберга – Изд Уральского Университета, 2009 – 17 с
14. Микрин Е.А., Михайлов М.В. – Навигация космических аппаратов по измерениям от глобальных спутниковых навигационных систем -М., Изд. МГТУ им. Баумана, 2018 – 39 с
15. Реферат МФТИ – Приборы ориентации и навигации КА – М. Долгопрудный, МФТИ – 2010, 11 с
16. Патент RU 2454631: Способ автономной навигации и ориентации космических аппаратов на основе виртуальных измерений зенитных расстояний звезд
17. Беляков Г.П. Анализ рисков в космических проектах - Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева – 2015 - 8 с
18. Алгоритм определения ориентации КА с помощью звездного датчика – ISSN 1561-8889 Космічна наука і технологія. – 2011., т.17 с 84-89

**ОТЗЫВ
НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ**

На дипломную работу

Чернявского Дениса Юрьевича

6В07121 - Космическая техника и технологии (ИДО)

Тема: «Исследование и разработка новых методов астронавигации и ориентации
космических аппаратов»

Дипломная работа Чернявского Д. представляет собой хорошо проработанную и проанализированную работу, в которой описывается понимание своей специальности и предоставленной темы. В данной дипломной работе рассматриваются современные и перспективные методы астронавигации и ориентации космических аппаратов, анализируются их преимущества и недостатки, а также предлагаются новые подходы и решения для улучшения точности и надежности навигационных систем.

Студент внимательно исследовал существующие методы астронавигации и выявил их преимущества и недостатки. Его анализ имеющихся подходов к ориентации космических аппаратов позволяет говорить о глубоком понимании предметной области. Особенно ценно то, что он предложил новые методы, которые могут эффективно решать реальные проблемы в космических миссиях.

Дипломная работа заслуживает оценки «75%» В - , а ее автор - присвоения академической степени бакалавр 6В07121 - Космическая техника и технологии.

Научный руководитель
к.т.н. ассоц. профессор

2024 г.

Евстафий Е.Т.



РЕЦЕНЗИЯ

на Дипломную работу

Чернявскому Денису Юрьевичу

Специальность: 6В07121 - Космическая техника и технологии (ИДО)

На тему: «Исследование и разработка новых методов астронавигации и ориентации космических аппаратов»

Выполнено:

а) графическая часть на _____ 0 _____ листах

б) пояснительная записка на _____ 28 _____ страницах

ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

Дипломная работа Чернявского Д.Ю. на тему «Исследование и разработка новых методов астронавигации и ориентации космических аппаратов» выполнена с предъявленными требованиями и поставленными задачами.

Актуальность работы состоит рассмотрении действующих космических аппаратов являются ключевыми компонентами современных космических миссий. При этом были рассмотрены современные и перспективные методы астронавигации и ориентации космических аппаратов, анализируются их преимущества и недостатки, а также предлагаются новые подходы и решения для улучшения точности и надежности навигационных систем.

Оценка работы

Студент показал отличное знание теоретического материала, работа выполнена согласно технического задания к дипломной работе, соблюдены все стандарты университета по написанию дипломных работ.

Считаю, что дипломная работа выполнена на хорошо (85%, В+), а дипломник Чернявский Денис заслуживает присвоения академической степени бакалавр 6В07121 - Космическая техника и технологии.

Рецензент

руководитель Лаборатории ТОО «ИКТТ»,

к.т.н., доцент



Ирина А.С.

(подпись)

и.09 и

06



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Чернявский Денис Юрьевич

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Исследование и разработка новых методов астронавигации и ориентации космических аппаратов

Научный руководитель: Ерлан Таштай

Коэффициент Подобия 1: 6.2

Коэффициент Подобия 2: 2.7

Микрорубелы: 1

Знаки из других алфавитов: 1

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

- Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.
- Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.
- Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.
- Обоснование:

14.06.2024
Дата

Мармиза С
проверяющий эксперт

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Чернявский Денис Юрьевич

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Исследование и разработка новых методов астронавигации и ориентации космических аппаратов

Научный руководитель: Ерлан Таштай

Коэффициент Подобия 1: 6.2

Коэффициент Подобия 2: 2.7

Микропробелы: 1

Знаки из других алфавитов: 1

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

- Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.
- Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.
- Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.
- Обоснование:

14.06.2024
Дата

Заведующий кафедрой



**Университеттің жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаменті
директорының ұқсастық есебіне талдау хаттамасы**

Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры көрсетілген еңбекке қатысты дайындалған Плагнаттың алдын алу және анықтау жүйесінің толық ұқсастық есебімен танысқанын мәлімдейді:

Автор: Чернявский Денис Юрьевич

Тақырыбы: Исследование и разработка новых методов астронавигации и ориентации космических аппаратов

Жетекшісі: Ерлан Таптай

1-ұқсастық коэффициенті (30): 6.2

2-ұқсастық коэффициенті (5): 2.7

Дәйексөз (35): 1.2

Әріптерді ауыстыру: 1

Аралықтар: 0

Шағын кеңістіктер: 1

Ақ белгілер: 0

Ұқсастық есебін талдай отырып, Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры келесі шешімдерді мәлімдейді :

Ғылыми еңбекте табылған ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді. Осыған байланысты жұмыс өз бетінше жазылған болып санала отырып, қорғауға жіберіледі.

Осы жұмыстағы ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді, бірақ олардың шамадан тыс көптігі еңбектің құндылығына және автордың ғылыми жұмысты өзі жазғанына қатысты күмән тудырады. Осыған байланысты ұқсастықтарды шектеу мақсатында жұмыс қайта өңдеуге жіберілсін.

Еңбекте анықталған ұқсастықтар жосықсыз және плагиаттың белгілері болып саналады немесе мәтіндері қасақана бұрмаланып плагиат белгілері жасырылған. Осыған байланысты жұмыс қорғауға жіберілмейді.

Негіздеме:

14.06.2024
Күні

Кафедра меңгерушісі

