

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Факультет инновационных технологий

УТВЕРЖДЕНО:

Декан

С. В. Шидловский

Рабочая программа дисциплины

**Навигационные системы**

по направлению подготовки / специальности

**27.03.05 Инноватика**

Направленность (профиль) подготовки:

**Технологии проектирования и управления беспилотными авиационными системами**

Форма обучения

**Очная**

Квалификация

**Инженер/инженер-аналитик**

Год приема

2024

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

С.В. Шидловский

Председатель УМК

О.В. Вусович

Томск – 2024

## **1. Компетенции и индикаторы их достижения, проверяемые данными оценочными материалами**

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПК 1 – Способен находить и проектировать технико-технологическое решение на основе «лучших практик»

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

РОПК 1.1 Умеет систематизировать информацию, полученную в ходе НИР и ОКР, анализирует ее и сопоставляет с литературными данными («лучшие практики»)

## **2. Задачи освоения дисциплины**

– Освоить технологии автономной навигации для мобильных роботов.

– Научиться применять аппарат построения навигационных систем для решения практических задач профессиональной деятельности.

## **3. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплины (модули)».

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, предлагается обучающимся на выбор. Дисциплина входит в модуль Модуль по выбору «Технологии искусственного интеллекта и робототехники».

## **4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине**

Пятый семестр, зачет с оценкой

## **5. Входные требования для освоения дисциплины**

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: Математика, Физика, Моделирование систем, Теория систем управления, Робототехнические платформы, Системы технического зрения.

## **6. Язык реализации**

Русский

## **7. Объем дисциплины**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 часов, из которых:

-лекции: 26 ч.

-практические занятия: 32 ч.

В том числе практическая подготовка: 12 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

## **8. Содержание дисциплины, структурированное по темам**

Тема 1. Введение в навигационные системы.

Основные навигационные математические методы. Системы координат. Преобразования систем координат. Геометрия Земли. Типы координат в геоцентрической системе. Гравитация.

Тема 2. Глобальные навигационные спутниковые системы.

GPS. ГЛОНАСС. COMPASS. Снижение точности.

Тема 3. Инерциальные навигационные системы.

IMU. Работа акселерометра и источники ошибок. Работа гироскопа и источники ошибок. Динамика. Инициализация. Обновление ориентации, скорости и положения.

Тема 3. Визуальная навигация.

Визуальная одометрия. Наблюдение движения (2D, 3D). Решатель PNP.

Практические работы:

- ROS: локальная система координат
- Преобразование Кватернионов в углы Эйлера.

## 9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости лекционных занятий, проведения тестов по лекционному материалу, контроля выполнения практических заданий, и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

Оценивание текущего контроля осуществляется по балльно-рейтинговой системе согласно таблице 1.

Таблица 1 - Балльно-рейтинговая система оценивания

| Форма контроля                        | Максимальный балл, ед. |
|---------------------------------------|------------------------|
| Посещаемость лекционных занятий       | 13                     |
| Тестирование по лекционному материалу | 17                     |
| Выполнение практических заданий       | 30                     |
| <b>Итого:</b>                         | <b>60</b>              |

Критерии оценивания по каждой форме контроля приведены в таблицах 2-4.

### 9.1. Посещаемость

Преподавателем фиксируется физическое присутствие/отсутствие студента на проводимом лекционном занятии.

Таблица 2 - Критерии оценивания посещаемости

| Характеристика посещаемости, час | Оценка в баллах, ед. |
|----------------------------------|----------------------|
| 2                                | 1                    |

### 9.2. Тестирование по лекционному материалу

Тестовые задания предусматривают закрепление теоретических знаний, полученных студентом во время занятий по данной дисциплине. Их назначение – углубить знания студентов по отдельным вопросам, систематизировать полученные знания, выявить умение проверять свои знания в работе с конкретными материалами. При подготовке к решению тестовых заданий рекомендуется повторить материалы по пройденным темам.

Выполнение тестового задания студентом проводится в системе «Электронный университет – MOODLE» на практическом занятии в компьютерном классе. Тестовое задание может содержать в себе 17 вопросов с перечнем для выбора ответа, либо с открытым ответом. Для ответа на каждый вопрос тестового задания отводится не более 2 минут.

Таблица 3 - Критерии оценивания теста

| Правильный ответ, | Оценка в баллах, ед. |
|-------------------|----------------------|
|-------------------|----------------------|

|            |   |
|------------|---|
| <b>шт.</b> |   |
| 1          | 1 |

### 9.3. Выполнение практических заданий

Главная цель выполнения практического задания заключается в выработке у студента практических умений, связанных с обобщением и интерпретацией тех или иных научных материалов. Кроме того, ожидается, что результаты выполнения практических заданий будут впоследствии использоваться учащимся для освоения новых тем.

При подготовке к выполнению практического задания необходимо повторить лекции, по теме выполняемого задания. Предполагается также использование рекомендованной литературы.

Далее следует изучить содержание практического задания, выданного преподавателям, в том числе последовательность выполнения работы.

В результате выполнения практического задания необходимо оформить отчет в соответствии с «Методические указания по оформлению выпускных квалификационных работ, курсовых работ, научно-исследовательских работ, рефератов и отчетов по практикам», принятыми на Факультете инновационных технологий. Ссылка на актуальную версию методических указаний, размещенных на сайте факультета, выдается преподавателем на первом практическом занятии. Оформленный отчет отражает ход выполнения и решение практического задания.

Оценка выполнения практического задания студентом производится в виде защиты выполненной работы, при устном опросе преподавателя и проверке им отчета. Во время устного опроса преподаватель задает студенту уточняющие вопросы о ходе выполнения практического задания.

Таблица 4 - Критерии оценивания практического задания

| <b>Характеристика выполнения задания</b>                                                                                                                                                                                      | <b>Оценка в баллах, ед.</b> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| Работа выполнена полностью и в срок. Студент владеет теоретическим материалом, способен детально описать ход выполнения работы. Отчет выполнен полностью в соответствии с предъявляемыми требованиями.                        | 15                          |
| Работа выполнена полностью. Студент владеет теоретическим материалом, может объяснить ход работы, допуская незначительные ошибки в теоретической части. Отчет выполнен полностью в соответствии с предъявляемыми требованиями | 11                          |
| Работа выполнена с ошибками. Студент практически не владеет теоретическим материалом, допуская ошибки при пояснении хода работы. Отчет выполнен с нарушением предъявляемых требований.                                        | 5                           |
| Работа не выполнена                                                                                                                                                                                                           | 0                           |

За выполнение практического задания с нарушением сроков сдачи дополнительно снимается 2 балла.

Оценочные материалы текущего контроля размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» - <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

### 10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

**Зачет с оценкой в пятом семестре** проводится в письменной форме по билетам. Билет содержит теоретический вопрос и две задачи. Продолжительность зачета 1,5 часа.

Примерный перечень теоретических вопросов

1. Основные навигационные математические методы.
2. Системы координат.
3. Преобразования систем координат.

4. Геометрия Земли.
5. Типы координат в геоцентрической системе.
6. Гравитация.
7. ГНСС GPS.
8. ГНСС ГЛОНАСС.
9. ГНСС COMPASS.
10. Снижение точности.
11. IMU.
12. Работа акселерометра и источники ошибок.
13. Работа гироскопа и источники ошибок.
14. Обновление ориентации, скорости и положения.
15. Визуальная одометрия.
16. Наблюдение движения (2D, 3D).
17. Решатель PNP.

Примеры задач:

Даны ортогональная трёхмерная система координат (OXYZ) и ортогональная система координат (OX'Y'Z'), повернутая относительно первой на неизвестные углы. Центры систем координат совпадают. В системе координат (OXYZ) известны координаты вектора OX' и вектора OZ'. Необходимо найти матрицу поворота для перехода из системы координат (OXYZ) в (OX'Y'Z').

В таблице 5 приведены критерии оценивания ответов на билет.

Таблица 5 - Критерии оценивания ответов на билет

| Характеристика ответов на билет                        | Оценка в баллах, ед. |
|--------------------------------------------------------|----------------------|
| Получены развернутые ответы по двум частям билета      | 40                   |
| Получен развернутый ответ только по одной части билета | 20                   |
| Отсутствует развернутый ответ по обеим частям билета   | 0                    |

#### 10.1. Итоговая оценка

Итоговая оценка промежуточной аттестации выставляется с учетом суммированных баллов, полученных студентом во время текущего контроля и по итогам проведенного зачета согласно таблице 6.

Таблица 6 - Критерии итоговой оценки

| Характеристика оценки, балл | Оценка                |
|-----------------------------|-----------------------|
| от 90 и выше                | «отлично»             |
| от 80 до 90                 | «хорошо»              |
| от 70 до 80                 | «удовлетворительно»   |
| ниже 70                     | «неудовлетворительно» |

Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» - <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

#### 11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронной образовательной среде «iDO» - <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=00000>

- б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.
- в) План семинарских / практических занятий по дисциплине.
- г) Методические указания по проведению лабораторных работ.
- д) Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.

## **12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет**

- а) основная литература:
  - Климов, Д. М. Инерциальная навигация на море : учебное пособие для вузов / Д. М. Климов, А. Ю. Ишлинский — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 156 с.— URL: <https://urait.ru/bcode/494030>
  - Вострокнутов, А. Л. Основы топографии : учебник для вузов / А. Л. Вострокнутов, В. Н. Супрун, Г. В. Шевченко — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 196 с. — URL: <https://urait.ru/bcode/492059>
- б) дополнительная литература:
  - Куприянов А.О. Глобальные навигационные спутниковые системы: Учебное пособие. – М.: МИИГАиК, 2017. -76с.– ...
  - Якушенков А.А. Основы инерциальной навигации. -М.: Морской транспорт, 1963. 149 с.
- в) ресурсы сети Интернет:
  - Перспектива-n-Point - Perspective-n-Point - Режим доступа: свободный. – URL: <https://wiki5.ru/wiki/Perspective-n-Point>

## **13. Перечень информационных технологий**

- а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:
  - пакет программ LibreOffice (свободно распространяемое);
  - публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.);
  - дистрибутив Robotic Operating System (ROS) (свободно распространяемое);
  - дистрибутив языка программирования Python 3.x.x (свободно распространяемое);
- б) информационные справочные системы:
  - Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ – <http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>
  - Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ – <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>
  - ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>
  - ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>
  - Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>
  - ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>
  - ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

## **14. Материально-техническое обеспечение**

Для проведения лекций, консультаций, текущего контроля, в том числе с использованием дистанционных образовательных технологий, необходима аудитория, оснащенная оборудованием и техническими средствами обучения: компьютер преподавателя с веб-камерой, микрофоном и устройством для воспроизведения звука (динамики, колонки, наушники и др.) или ноутбук с подключением к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НИ ТГУ.

Учебная аудитория для проведения практических занятий, промежуточной аттестации должна быть оснащена оборудованием и техническими средствами обучения: компьютер преподавателя (ноутбук), персональные студенческие компьютеры с подключением к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НИ ТГУ. Для отображения презентаций используется мультимедиа-проектор, широкоформатный экран, акустическая система.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

#### **15. Информация о разработчиках**

Шидловский Станислав Викторович, доктор технических наук, декан ФИТ