Приложение № 4
к образовательной программе высшего образования – программе магистратуры
по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика
(направленность (профиль) «Математическая робототехника и искусственный интеллект»)

АВТОНОМНАЯ НЕКОММЕРЧЕСКАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «СИРИУС»
(АНОО ВО «УНИВЕРСИТЕТ «СИРИУС»)

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 7835bcdac1c89a3da835a18f6045494f3f404337
Владелец: Некрасова Людмила Андреевна
Действителен: с 08.07.2026 до 08.07.2027

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

«Автономная навигация мобильных роботов»

1. Трудоемкость дисциплины (модуля): 3 з.е.

2. Место дисциплины (модуля) в учебном плане:

Обязательная часть «Профессиональной подготовки» в рамках Блока 1. Дисциплины (модули), реализуется в 3 семестре.

3. Цель дисциплины (модуля): формирование у обучающихся системного представления об основных задачах, методах, алгоритмических принципах и алгоритмах автономной навигации и управления движением мобильных роботов, приёмах их математического моделирования, а также анализа и синтеза систем управления и автономной навигации, имеющим важное значение как ключевой компоненты подготовки к дальнейшей профессиональной деятельности по решению научных и прикладных задач в области мобильной робототехники.

4. Задачи дисциплины (модуля):

– сформировать представление о типичных постановках задач в области автономной навигации мобильных роботов и основных подходах к их решению;

– обеспечить владение современными методами решения задач автономной навигации мобильных роботов;

– научить ставить, исследовать и решать задачи автономной навигации мобильных роботов.

5. Перечень разделов (тем) дисциплины (модуля) и их краткое содержание:

Наименование раздела (темы) дисциплины (модуля)	**Краткое содержание**
Раздел 1. Введение	Понятие, основные задачи и концепции автономной навигации мобильных роботов. Примеры и мотивация. Обзор и классификация подходов.
Раздел 2. Математический аппарат и модели роботов	Парадигмы управления роботами: иерархическая, реактивная, гибридная. Линейная алгебра для робототехники (векторы, матрицы, преобразования). Кинематика мобильных роботов (дифференциальный привод, одометрия). Системы координат и однородные преобразования.
Раздел 3. Детерминированные локальные алгоритмы автономной навигации с доказательной сходимостью	Основные алгоритмы автономной навигации семейства Bug. Поведенческий и картографический подходы в автономной навигации
Раздел 4. Методы представления сцены и глобального планирования	Математическое моделирование роботов и операционной среды в целях синтеза и анализа систем автономной навигации. Понятие карты, основные разновидности карт. Геометрические карты, их основные типы. Структурно-логические карты. Сетка занятости. Клеточное

Наименование раздела (темы) дисциплины (модуля)	Краткое содержание
	разбиение. Представление сцены, основанное на выборке данных.
Раздел 5. Вероятностные методы локализации и построения карт	Вероятностный подход в робототехнике. Формула Байеса, теорема о полной вероятности. Байесовская фильтрация. Модели процессов и измерений: учет шумов в одометрии и данных датчиков (лидары, одометры, маяки). Реализация фильтров: дискретный фильтр, фильтр Калмана (KF), расширенный фильтр Калмана (EKF), фильтр частиц (Particle Filter). Построение карт по известным позам: сетки занятости (Occupancy Grid Mapping). SLAM (Simultaneous Localization and Mapping): постановка задачи, EKF-SLAM, FastSLAM (на основе ориентиров и сеток). Введение в 3D-картирование: представления (облака точек, воксельные сетки, OctoMap, MLS). Алгоритм ICP (Iterative Closest Point).
Раздел 6. Метод искусственного потенциального поля и навигационных функций	Основные идеи и приемы построения базовых конструктов. Притягивающие и отталкивающие потенциалы. Искусственное потенциальное поле. Навигационная функция. Поиск экстремума, градиентный спуск. Сходимость и связанные проблемы. Теоремы сходимости. Преимущества, проблемы и недостатки. Практическая имплементация. Методы построения потенциалов и навигационных функций.
Раздел 7. Методы глобального планирования, основанные на представлении сцены в виде графа	Идея методов. Основные подходы к представлению сцены графом. Основные методы поиска пути на графе, их достоинства и недостатки, рекомендации по применению.
Раздел 8. Методы клеточной декомпозиции фазового пространства	Мозаика Вороного. Метод Форчуна. Метод Сугихары. Основные алгоритмы автоматического клеточного разбиения полигонального и гладкого миров, двумерные и многомерные сцены Простая и агрегированная трапецеидальная клеточная декомпозиция, декомпозиция Морса и связанные факты, метод Bushfire.
Раздел 9. Планирование пути методом дорожной карты	Определение дорожной карты. Классификация карт. Основные методы построения дорожных

Наименование раздела (темы) дисциплины (модуля)	Краткое содержание
	карт в 2D. Построение дорожной карты в многомерном пространстве. Полный и редуцированный графы видимости. Граф Вороного, его обобщения. Форчуна. Алгоритмы силуэта
Раздел 10 Методы, основанные на сэмплировании фазового пространства	Общие понятия, определения, схемы и принципы, примеры. Случайные плотные последовательности. Генераторы псевдослучайных чисел. Рандомность и плотность. Критерий $\chi 2$. Последовательность ван дер Корпута. Расхождение (discrepancy) между последовательностью и распределением. Последовательность Холтона и множество Хаммерсли. Сэмплирование с низкой дисперсией, сетки, решетки. Методы использования точек из запретных областей при дискретизации сцены. Параллельное сэмплирование и поиск маршрута при однократном решении задачи навигации. Быстро растущее случайное (плотное) дерево.
Раздел 11. Кинодинамическое планирование	Планирование с учётом динамических и кинематических ограничений. Применение методов оптимального управления в кинодинамическом планировании. Принцип максимума Понтрягина и его применение к управлению машиной Дубинса. Принцип релейного управления. Метод динамического программирования. Управление с прогнозирующими моделями.
Раздел 12. Автономная навигация в динамических сценах	Метод искусственных потенциалов. Динамические сцены: планирование в пространстсвенно-временном континууме. Метод препятствий в пространстве скоростей. Нелинейный метод препятствий в пространстве скоростей. Обобщения метода препятствий в пространстве скоростей. Метод динамического окна. Биомиметическая реактивная навигация с подвижными препятствиями. Реактивная навигация с подвижными деформируемыми препятствиями без измерений скорости.

Наименование раздела (темы) дисциплины (модуля)	Краткое содержание
Раздел 13. Введение в методы децентрализованной автономной навигации роботизированных ансамблей	Алгоритмы достижения консенсуса и контейнирования. Построение формаций. Подходы к синтезу алгоритмов автономного роботизированного покрытия и заметания областей и линий.
Раздел 14. Применение нечёткой логики и нейронных сетей в автономной навигации мобильных роботов	Обзор неклассических логик. Основные понятия и конструкты нечёткой логики. Операции с нечёткими отношениями и нечёткими числами. Алгоритмы нечёткого вывода. Нечёткие и лингвистические переменные. Алгоритм Мамдани. Алгоритм Сугено. Алгоритм Ларсена. Алгоритм Цукамото. Пример применения нечёткой логики к управлению колёсным роботом. Границы возможностей методов нечёткой логики в задачах навигации. Теорема Брокета. Применение искусственных нейронных сетей в задачах навигации.

6. Образовательные результаты освоения дисциплины (модуля):

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ПК-4 Способен разрабатывать и применять наукоемкое алгоритмическое обеспечение для решения профессиональных задач в области прикладной математики, робототехники и искусственного интеллекта	ИПК-4.1. Разрабатывает алгоритмы автономной навигации мобильных роботов
	ИПК-4.5. Применяет математические методы теории управления для разработки новых алгоритмов управления движением робототехнических систем
ПК-7 Способен планировать и реализовывать научно-исследовательские (проектно-исследовательские) работы и разработки, а также оформлять и представлять результаты научно-исследовательской (проектно-исследовательской) деятельности в области прикладной математики, робототехники и искусственного интеллекта	ИПК-7.1. Применяет знания основных направлений и тенденций современного развития математической робототехники и искусственного интеллекта
	ИПК-7.2. Осуществляет выбор наиболее эффективных и перспективных методов решения поставленных задач
	ИПК-7.3. Демонстрирует системное понимание области исследования, составляет план работы и предлагает методы решения поставленных задач