

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»**

УТВЕРЖДЕНО

**Директор физтех-школы
прикладной математики и
информатики**

А.М. Райгородский

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Моделирование колесных роботов
по направлению:	Информатика и вычислительная техника
профиль подготовки:	Физтех-школа Прикладной Математики и Информатики кафедра когнитивных технологий
курс:	4
квалификация:	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 8 (весенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 60 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 30 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 30 час.

Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2

Программу составил: А.В. Панченко

Программа обсуждена на заседании кафедры когнитивных технологий 03.06.2020

Аннотация

В курсе рассматриваются алгоритмы, составляющие основу современных мобильных роботов: алгоритмы локализации (фильтр Калмана, многочастичный фильтр), построения пути (алгоритм A* и его модификации, динамическое окно и другие), алгоритмы управления (ПИД-регулятор, контроллер следования по траектории). Также рассматриваются кинематические схемы различных типов колесных роботов и вероятностные модели наблюдения распространенных типов сенсоров (видеокамер, ультразвуковых датчиков, лазерных дальномеров). Практические занятия посвящены изучению самого популярного программного фреймворка для роботов - Robot Operating System (ROS). В курсе рассматриваются основные понятия и концепции программирования с применением ROS, а также входящие в состав ROS инструменты для визуализации, симуляции и отладки различных аспектов программного обеспечения роботов. В рамках командных проектов и домашних заданий мы реализуем алгоритмы навигации и управления и протестируем их на симуляциях роботов, входящих в состав ROS.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

Изучение текущего состояния робототехники в области колесных роботов, практических техник и методов современной робототехники, изучение теоретических аспектов основных алгоритмов автономных колесных роботов.

Задачи дисциплины

- Подготовка к участию в научных семинарах, научно-технических конференциях и симпозиумах;
- Подготовка к оказанию консалтинговых услуг по данной тематике;
- Подготовка к участию в международных проектах по тематике дисциплины;
- Подготовка к участию в разработке корпоративной политики и мероприятиях в области повышения социальной ответственности бизнеса перед обществом, включая разработку и реализацию решений, направленных на поддержку социально-значимых проектов;
- Совершенствование и расширение общенаучной базы;
- Повышение уровня общекультурного и нравственного совершенствования своей личности.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценить качество разработанной модели
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны знать:

Фундаментальные концепции и профессиональные результаты, системные методологии в профессиональной области; современное состояние и принципиальные возможности языков и систем программирования.

уметь:

Использовать новые знания и применять их в профессиональной деятельности; использовать современные теории, методы, системы и средства прикладной математики и информационных технологий для решения научно-исследовательских и прикладных задач.

владеть:

Основами методологии научного познания и системного подхода при изучении различных уровней организации материи, информации, пространства и времени.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Введение в робототехнику.	3	3		3
2	Кинематика движения машины.	3	3		3
3	Следящие системы. Модель водителя.	4	4		4
4	Оптимальные траектории.	4	4		4
5	Планирование траектории.	4	4		4
6	Задача локализации.	4	4		4
7	Задача локализации и составления карты(SLAM).	4	4		4
8	Пакеты моделирования.	4	4		4
Итого часов		30	30		30
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		90 час., 2 зач.ед.			

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 8 (Весенний)

1. Введение в робототехнику.

Обзор типов роботов.

Тенденции в современной робототехнике.

Сенсорное обеспечение мобильных роботов.

2. Кинематика движения машины.

Формула Эйлера распределения скоростей в твердом теле. Голономные и неголономные связи. Велосипедная модель машины с кинематикой Аккермана. Уравнения движения велосипедной модели. Область практического применения велосипедной модели.

3. Следящие системы. Модель водителя.

Следящие системы. PID регуляторы. Параметры PID регулятора. Настройка PID регулятора. Математическая модель водителя.

4. Оптимальные траектории.

Оптимальные траектории в пространстве без препятствий. Принцип максимума Понтрягина. Траектории Дубинса. Траектории Ридса-Шеппа.

5. Планирование траектории.

Алгоритмы прокладывания траектории в пространстве с препятствиями. Алгоритм A*. Сглаживание траектории. Алгоритм RRT.

6. Задача локализации.

Постановка задачи локализации. Фильтр Калмана. Нелинейный фильтр Калмана. Фильтр частиц. Локализация при помощи фильтра Калмана. Локализация при помощи фильтра частиц.

7. Задача локализации и составления карты(SLAM).

Постановка задачи SLAM. Алгоритм Graph-Based SLAM.

8. Пакеты моделирования.

Обзор пакетов моделирования робототехнических систем:
V-REP;
GAZEBO;
ROS;
MATLAB, Simulink;
Универсальный Механизм.

5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Учебная аудитория, оснащенная компьютером и мультимедийным оборудованием (проектор, звуковая система).
Персональные компьютеры (или ноутбуки) с доступом в интернет, установленными средствами разработки.

6.Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Основы теоретической механики [Текст] : учебник для вузов / В. Ф. Журавлев ; Моск. физ.-техн. ин-т (гос. ун-т) . — 3-е изд., перераб. — М. : Физматлит, 2008, 2009 . — 304 с.

Дополнительная литература

1. Манипуляционные роботы. Динамика, управление, оптимизация [Текст]/Ф. Л. Черноусько, Н. Н. Болотник, В. Г. Градецкий, -М., Наука, 1989

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

- <http://lib.mipt.ru> – электронная библиотека в МФТИ
- <http://www.edu.ru> – федеральный портал «Российское образование»

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Средства разработки. (Microsoft Visual C++ 2012, OpenCV 3.0, Matlab 8.0).

Доступ к документации OpenCV, matlab.

Доступ к пакетам моделирования (V-REP, GAZEBO/ROS).

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Методические рекомендации позволяют студенту оптимальным образом организовать процесс обучения. В структуре учебного плана значительное время отводится на самостоятельное изучение данной дисциплины. В рабочей программе приведено примерное распределение часов аудиторной и внеаудиторной нагрузки по различным темам данной дисциплины.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению: Информатика и вычислительная техника

профиль подготовки: Физтех-школа Прикладной Математики и Информатики
кафедра когнитивных технологий

курс: 4

квалификация: бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 8 (весенний) - Дифференцированный зачет

Разработчик: А.В. Панченко

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценить качество разработанной модели
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Моделирование колесных роботов» обучающийся должен:

знать:

Фундаментальные концепции и профессиональные результаты, системные методологии в профессиональной области; современное состояние и принципиальные возможности языков и систем программирования.

уметь:

Использовать новые знания и применять их в профессиональной деятельности; использовать современные теории, методы, системы и средства прикладной математики и информационных технологий для решения научно-исследовательских и прикладных задач.

владеть:

Основами методологии научного познания и системного подхода при изучении различных уровней организации материи, информации, пространства и времени.

3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

Пример задания для промежуточного контроля:

- используя 3D-симулятор "Udacity Self-driving Car Simulator" разработайте ПИД-регулятор, для управления углом поворота колес автономного автомобиля, минимизирующий ошибку отклонения от заданной траектории.

4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

1. Кинематика автомобиля. Велосипедная модель. Описание работы основных узлов автомобиля (кинематика рулевого механизма, кинематика дифференциала) Задача: вывод уравнений движения для велосипедной модели.
2. Формула Эйлера распределения скоростей в твердом теле. Задача: расчет мгновенного центра поворота для велосипедной модели.
3. Следящая система на основе PID регулятора. Модель водителя Мак-Адама. Задача: стабилизация математического маятника в заданном положении на основе PD регулятора, настройка коэффициентов усиления для PD регулятора.
4. Построение дискретной карты при помощи Фильтра Байеса. Ограничения фильтра. Описание применения фильтра Байеса к результатам работы системы стерео зрения. Задача: вывод уравнений фильтра.
5. Фильтр Калмана. Описание работы линейного и нелинейного фильтра Калмана. Задача: расчет матриц Якоби для нелинейного случая фильтра для задачи локализации колесного робота на известной карте.

6. Фильтр Частиц. Алгоритм работы фильтра. Описание применения фильтра частиц к задаче локализации.

Критерии оценивания

отлично (10) - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

отлично (9) - выставляется студенту, показавшему свободное оперирование знаниями учебной программы дисциплины, выполнение заданий творческого характера.

отлично (8) - выставляется студенту, показавшему владение программным учебным материалом с наличием несущественных ошибок в действиях, самостоятельно исправляемых учащимся.

хорошо (7) - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускается в ответе или в решении задач некоторые неточности.

хорошо (6) - выставляется студенту если он осознает воспроизведение программного учебного материала, в том числе и различной степени сложности, с несущественными ошибками, затруднения в применении отдельных навыков.

хорошо (5) - выставляется студенту если теоретическое содержание освоено не полностью, некоторые практические навыки сформированы недостаточно, в некоторых случаях были допущены ошибки.

удовлетворительно (4) - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

удовлетворительно (3) - выставляется студенту в случае большого количества недочетов и неправильных ответов, а также пассивной работе в ходе занятий, многие учебные задания не выполнены.

неудовлетворительно (2) - выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных понятий дисциплины и не умеет использовать полученные знания при решении типовых практических задач.

неудовлетворительно (1) - выставляется студенту, который не освоил теоретическое и практическое содержание курса, все выполненные учебные задания содержат грубые ошибки.

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Дифференцированный зачет может проводиться по итогам текущей успеваемости и сдачи заданий и других видов работ, предусмотренных программой дисциплины, путем организации специального опроса, проводимого в устной форме.

При проведении дифференцированного зачета обучающемуся предоставляется 30 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету на дифференцированном зачете не должен превышать одного астрономического часа.