Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 22.11.2023 17:36:03
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a672ea7c3a1fd57d1e6b1d9

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДЕНО
Декан факультета
Информационных технологий
_____ / Д.Г. Демидов /
«16» ___02_____ 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Задачи планирования движения и навигации в робототехнике

09.03.01 Информатика и вычислительная техника

Киберфизические системы

Бакалавры

Очная форма обучения

Москва, 2023 г.

Разработчик(и):

к. ф.-м. н., доцент кафедры / Т.Т. Идиатуллов /

Согласовано:
Заведующий кафедрой «СМАРТ-технологии»,
к.т.н., доцент / Е.В. Петрунина /

1 Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Цель дисциплины должна иметь практическую направленность и соотноситься с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО.

Задачи дисциплины должны соотноситься с задачами профессиональной деятельности, указанными в ФГОС ВО и отражать области и сферы профессиональной деятельности, установленные в ОПОП ВО.

Планируемые результаты обучения должны быть соотнесены с установленными в ОПОП индикаторами достижения компетенций.

Целью освоения дисциплины «Задачи планирования движения и навигации в робототехнике» является формирование системы знаний, умений и навыков в области основ алгоритмизации и прикладного программирования.

Задачи дисциплины: изучение принципов построения алгоритмов, изучение основ алгоритмических конструкций, изучение процедурного языка программирования С, изучение методов построения алгоритмов и структур данных, используемых при решении прикладных задач в различных предметных областях с применением ЭВМ.

Планируемые результаты обучения связаны с достижением способностей к разработке программного обеспечения в области построения систем управления мобильными робототехническими системами, в том числе беспилотными транспортными средствами, в части проектирования алгоритмов управления движением. Освоенные умения должны включать методы поиска и подбора методов решения задач поставленных задач по движению мобильных роботов, проводить анализ и моделирование выбранных концепций.

Обучение по дисциплине «Задачи планирования движения и навигации в робототехнике» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование компетенций	Индикаторы достижения компетенции
УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	ИУК-1.1 Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие. ИУК-1.2 Осуществляет поиск, критически оценивает, обобщает, систематизирует и ранжирует информацию, требуемую для решения поставленной задачи. ИУК-1.3 Навыками научного поиска и практической работы с информационными источниками. Рассматривает и предлагает рациональные варианты решения поставленной задачи, используя системный подход, критически оценивает их

	достоинства и недостатки.
ОПК-1. Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Знает основы высшей математики, информатики и программирования. ОПК-1.2 Умеет решать стандартные профессиональные задачи с применением естественнонаучных и общеинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования. ОПК-1.3 Владеет методами теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, блока Б1 «Дисциплины (модули)».

Дается описание междисциплинарных связей с обеспечивающими и последующими дисциплинами и практиками.

3 Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы (144 часа).

3.1 Виды учебной работы и трудоемкость (по формам обучения)

3.1.1 Очная форма обучения

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры
			5 семестр
1	**Аудиторные занятия**	**54**	54
	В том числе:		
1.1	Лекции	18	18
1.2	Семинарские/практические занятия	-	-
1.3	Лабораторные занятия	36	36
2	**Самостоятельная работа**	**90**	90
	В том числе:		
2.1	Обработка результатов лабораторных работ и подготовка отчетов	54	54
2.2	Курсовой проект	36	36
3	**Промежуточная аттестация**		

	Дифференцированный зачет	+	+
	Итого:	**144**	144

3.2 Тематический план изучения дисциплины (по формам обучения)

3.2.1 Очная форма обучения

№ п/п	Разделы/темы дисциплины	Трудоемкость, час					
		Всего	**Аудиторная работа**				**Самостоятельная работа**
			Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Практическая подготовка	
1	Раздел 1. Модели движения колесных роботов	32	4		8		20
1.1	Тема 1. Типы роботов. Классификация. Проблемы мобильной робототехники	9	1		2		6
1.2	Тема 2. Типы шасси и модели движения роботов	14	2		4		8
1.3	Тема 3. Вероятностные модели движения	9	1		2		6
2	Раздел 2. Маршрутная декомпозиция и планирование пути	53	7		14		32
2.1	Тема 4. Методы планирования пути	11	1		2		8
2.2	Тема 5. Маршрутная декомпозиция	14	2		4		8
2.3	Тема 6. Алгоритмы частичного заполнения	14	2		4		8
2.4	Тема 7. Планирование движения	14	2		4		8
3	Раздел 3. Локализация и навигация	29	3		6		20
3.1	Тема 8. Вероятностные модели измерения	7	1		2		4
3.2	Тема 9. Картирование	11	1		2		8
3.3	Тема 10. Локализация с использованием инфраструктуры	11	1		2		8
4	Раздел 4. Визуализация движения	16	2		4		10
4.1	Тема 11. Технологии визуализация карт	7	1		2		4
4.2	Тема 12. Визуализация маршрутов движения и окружения	9	1		2		6
5	Раздел 5. Реализация навигационных алгоритмов в стандартных библиотеках	**14**	2		4		8
5.1	Тема 13. Методы представления картографических и маршрутных данных в системах робототехники	7	1		2		4
5.2	Тема 14. Средства работы с навигационными инструментами в Robot Operating System	7	1		2		4

Итого	**144**	**18**		**36**		**90**

3.3 Содержание дисциплины

Раздел 1. Модели движения колесных роботов

Тема 1. Типы роботов. Классификация. Проблемы мобильной робототехники

Введение в дисциплину рассматривает проблематику обеспечения движения роботов, влияние конструктивных особенностей на свободу перемещений, связь типовых задач с проблемами обеспечения подвижности.

Тема 2. Типы шасси и модели движения роботов

Мобильные роботы, как правило, создаются на базе колесных шасси. Существует несколько основных кинематических схем колесных шасси, которые определяют особенности движения и траекторий.

Тема 3. Вероятностные модели движения

Средства управления движением, сенсорные системы и позиционирования создают погрешностям в оценке перемещения. Вероятностные модели движения предназначены для оценки вклада тех или иных условий на работу алгоритмов управления, фильтрации и оценке корректирующих поправок.

Раздел 2. Маршрутная декомпозиция и планирование пути

Тема 4. Методы планирования пути

Системы управления движением мобильных роботов традиционно строятся на основе средств планирования маршрутов. Проблема построения оптимальных маршрутов движения, позволяющих обходить препятствия и достигать цели привела к возникновению большого числа способов построения маршрутов перемещения.

Тема 5. Маршрутная декомпозиция

Область предназначенная для движения мобильного робота может быть выражена в виде пространства конфигураций, котороя определяет возможные положения робота. Пространство конфигураций должно быть структурировано, чтобы в нем можно было использовать алгоритмы планированя пути.

Тема 6. Алгоритмы частичного заполнения

Во многих сутациях построение полного пространства конфигураций для последующего поиска маршрута является затруднительным. В этом случае используются методы поиска пути с одновременным формированием графа возможных состояний роботизированной системы. Большинство подобных методов применяют вероятностные алгоритмы для анализа перемещений.

Тема 7. Планирование движения

Локальное планирование пути заключается в анализе возможности выполнения необходимых управляющих воздействий на рабочие системы робота с целью обеспечения перемещения робота по определенному ранее маршруту. При планировании движения учитываются как особенности самого мабильного робота, так и характеристики окружения, наличие локальных препятствий и неучтенные при планировании маршрута дополнительные факторы (в том числе для упрощения обработки карты).

Раздел 3. Локализация и навигация

Тема 8. Вероятностные модели измерения

Работа измерительных систем роботов, в первую очередь детекторов расстояния, описывается с помощью вероятностных моделей, как в следствии погрешностей датчиков, так и в силу физических особенностей их взаимодействия с окружением робота.

Вероятностные модели также используются для проведения анализа распложения окружающих объектов по полученным данным и оценке эволюции положения и окружения робота.

Тема 9. Картирование

Представление информации об окружении робота, представления её в форме, удобной для дальнейшего использования при навигации является процессом моделирования окружающей среды, именуемого картированием. В робототехнике наиболее применимыми являются топологические карты, карты признаков и карты проходимости.

Тема 10. Локализация с использованием инфраструктуры

Наличие особенностей окружения с известными позиционными параметрами, например, легко детектируемых сенсорами робота точек интереса, позволяет выполнить навигационные задачи, такие как локализацию, расчет коридоров проходимости, поиск путевых точек, коррекцию движения.

Раздел 4. Визуализация движения

Тема 11. Технологии визуализация карт

Методы визуального представления информации о структуре пространства достаточно разнообразны, отличаются назначением и доступными средствами вижуализации. Для визуализации могут быть использованы системы тайловой, векторной и трехмерной графики, а также интерактивные инструменты.

Тема 12. Визуализация маршрутов движения и окружения

Работа системы управления мобильным роботом оперирует значительным объемом информации и промежуточных результатов обработки данных, которые полезно включат в систему визуализации данных для предоставления оператору возможности контроля принимаемых роботом решений, оценки исправности сенсорной системы и исполнительных механизмов, корректной работы перцептивных алгоримтов.

Раздел 5. Реализация навигационных алгоритмов в стандартных библиотеках

Тема 13. Методы представления картографических и маршрутных данных в системах робототехники

Мобильные робототехнические системы, задействующие системы навигации и картографии преимущественно будут использовать стандартизованные методы представления картографической информации, в том числе по планируемым маршрутам.

Тема 14. Средства работы с навигационными инструментами в Robot Operating System

Введение в ROS и реализуемым в ней системам навигации и управления движением мобильного робота. В доступных модулях ROS имеется значительное количество реалзоианных инструментов для навигации, картирования и планирования движения мобильными роботами.

3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

3.4.1 Семинарские/практические занятия

(не проводятся).

3.4.2 Лабораторные занятия

Симулятор мобильных роботов IoTRobotWorld

Наивные (примитивные) алгоритмы управления движением мобильного робота
Алгоритмический поиск пути. Визуализация данных в робототехнике

3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

1. Картирование (построение карты) при случайном поиске
2. Локализация робота посредством колесной одометрии и детектировании объектов интереса;
3. Визуализация траектории движения робота ;
4. Построение карты с использованием данных ультразвукового дальномера;
5. Поиск пути к локации с известными координатами;
6. Инспекция системы хранения с детекцияей наличия объектов в заданных зонах;
7. Возврат в точку старта по оптимальной траектории после прохождения фрагмента лабиринта.

4 Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1 Нормативные документы и ГОСТы

1. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования. Уровень высшего образования. Бакалавриат. Направление подготовки 09.03.01 "Информатика и вычислительная техника" (утв. приказом Министерства образования и науки РФ от 12 января 2016 г. N 5)
2. Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 18 ноября 2013 г. № 679н «Об утверждении профессионального стандарта «Программист».

4.2 Основная литература

1. Шаошань Лю, Лиюнь Ли, Цзе Тан, Шуаш Ву, Жан-Люк Годье, Разработка беспилотных транспортных средств / науч. ред. В. С. Яценков; пер. с анг. П. М. Бомбаковой. – М.: ДМК Пресс, 2022. – 246 с.: ил.
2. Филиппов С.А. Робототехника для детей и родителей. – СПб.: Наука, 2013. 319 с.

4.3 Дополнительная литература

1. Скворцов А.В., Схиртладзе А.Г., Чмырь Д.А. Практикум по робототехнике: учебник – М.: Издательский центр «Академия», 2013. – 319 с.
2. Лю В., Методы планирования пути в среде с препятствиями (обзор) // Математика и математическое моделирование. 2018; : 15-58
3. Муравьиный алгоритм. Википедия: Web-сайт. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Муравьиный_алгоритм (дата обращения 10.08.2023).

4.4 Электронные образовательные ресурсы

1. https://e.lanbook.com/ Электронно-библиотечная система издательства «Лань» (дата обращения 10.08.2023)
2. https://academia-moscow.ru/e_learning/pum/ Программно-учебные модули «Издательский центр «Академия». (дата обращения 10.08.2023)
3. ЭОР в разработке

4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

1. Linux OS
2. Robot Operation System
3. LibreOffice
4. Microsoft VisualStudio Community Edition

5. Microsoft VisualStudio Code
6. PyCharm

4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. https://ubuntu.com/blog/tag/ros2
2. https://roboticscasual.com/robotics-tutorials
3. https://github.com/Intelligent-Quads/iq_tutorials

5 Материально-техническое обеспечение

Компьютерные классы кафедры: ауд. Пр1411, Пр 2808.
Лаборатории робототехники: Пр1406, Пр1407, Пр1408.
Оборудование и аппаратура:
- проектор с компьютером и подборкой материалов для лекций и практических занятий.
- симуляторы учебных роботов Gazebo simulator.
- лабораторные наборы учебных роботов Lego Mindstorms NXT.

6 Методические рекомендации

6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

Основное внимание при изучении дисциплины «Практикум по робототехнике» следует уделять изучению основных положений и понятий, основанных на использовании информационного моделирования этапов жизненного цикла изделия.

Для активизации учебного процесса при изучении дисциплины эффективно применение презентаций по различным темам лекций.

Для проведения занятий по дисциплине используются средства обучения:
- учебники, текст лекций, информационные ресурсы Интернета;
- справочные материалы и нормативно-техническая документация.

На первом занятии по дисциплине необходимо ознакомить студентов с порядком ее изучения (темами курса, формами занятий, текущего и промежуточного контроля), раскрыть место и роль дисциплины в системе наук, ее практическое значение, довести до студентов требования к форме отчетности и применения видов контроля. Выдаются задания для подготовки к семинарским занятиям.

При подготовке к семинарскому занятию по перечню объявленных тем преподавателю необходимо уточнить план их проведения, продумать формулировки и содержание учебных вопросов, выносимых на обсуждение, ознакомиться с перечнем вопросов по теме семинара.

В ходе семинара во вступительном слове раскрыть практическую значимость темы семинарского занятия, определить порядок его проведения, время на обсуждение каждого учебного вопроса. Применяя фронтальный опрос дать возможность выступить всем студентам, присутствующим на занятии.

Целесообразно в ходе защиты лабораторных работ задавать выступающим и аудитории дополнительные и уточняющие вопросы с целью выяснения их позиций по существу обсуждаемых проблем.

Следует предоставить возможность выступления с места в виде кратких сообщений по подготовленному заранее вопросу.

В заключительной части семинарского занятия следует подвести его итоги: дать оценку выступлений каждого студента и учебной группы в целом. Раскрыть положительные

стороны и недостатки проведенного семинарского занятия. Ответить на вопросы студентов. Выдать задания для самостоятельной работы по подготовке к следующему занятию.

6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Самостоятельная работа является одним из видов учебных занятий. Цель самостоятельной работы – практическое усвоение студентами вопросов автоматизации управления жизненным циклом изделия, рассматриваемых в процессе изучения дисциплины.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

Задачи самостоятельной работы студента:

- развитие навыков самостоятельной учебной работы;
- освоение содержания дисциплины;
- углубление содержания и осознание основных понятий дисциплины;
- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий для эффективной подготовки к зачету.

Виды внеаудиторной самостоятельной работы:

- самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины;
- подготовка к лекционным занятиям;
- подготовка к семинарам и практическим занятиям;
- выполнение домашних заданий по закреплению тем;
- составление и оформление докладов по отдельным темам программы.

Для выполнения любого вида самостоятельной работы необходимо пройти следующие этапы:

- определение цели самостоятельной работы;
- конкретизация познавательной задачи;
- самооценка готовности к самостоятельной работе;
- выбор адекватного способа действия, ведущего к решению задачи;
- планирование работы (самостоятельной или с помощью преподавателя) над заданием;
- осуществление в процессе выполнения самостоятельной работы самоконтроля (промежуточного и конечного) результатов работы и корректировка выполнения работы;
- рефлексия;
- презентация работы.

Вопросы, выносимые на самостоятельную работу:

- Планирование траектории роботизированной системы.
- Разработка оснастки роботизированной системы
- Навесное оборудование роботизированной системы
- Процедуры сварки и резки металлов с использованием роботов

7 Фонд оценочных средств

7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

№ ОС	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в ФОС

1	Тест (Т)	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.	Фонд тестовых заданий
2	ЗЛР	Средство проверки умений и навыков применять полученные знания для решения практических задач с помощью инструментальных средств.	Задания для защиты лабораторных работ

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

Форма промежуточной аттестации: экзамен.

Обязательными условиями подготовки студента к промежуточной аттестации является выполнение и защита студентом лабораторных работ, предусмотренных рабочей программой.

Шкала оценивания	Описание
Отлично	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Хорошо	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом.. Студент демонстрирует неполное, правильное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, либо если при этом были допущены 2-3 несущественные ошибки.
Удовлетворительно	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, в котором освещена основная, наиболее важная часть материала, но при этом допущена одна значительная ошибка или неточность.
Неудовлетворительно	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и

	умениями при их переносе на новые ситуации.

7.3 Оценочные средства

7.3.1 Текущий контроль

Текущий контроль выполняется путем выполнения и защиты лабораторных работ, а также выполнения и защиты курсового проекта.

7.3.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация может проводиться в форме тестирования или устного экзамена. Допуск до промежуточной аттестации выполняется после выполнения работ лабораторного практикума в полном объеме.

Итоговое оценивание выполнения курсового проекта проводится независимо от промежуточной аттестации (экзамена).

Пример экзаменационного билета для устного контроля

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет информационных технологий, кафедра «СМАРТ-технологии»
Дисциплина «Сервисная и мобильная робототехника»
Образовательная программа 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»,
ОП Киберфизические системы
Курс 3, семестр 5

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

1. Основные понятия в задачах планирования движения. Голономные и неголономные системы. Уровни планирования и управления движением.
2. Методы поиска маршрута в глубину, ширину, принцип «жадного поиска», принцип «хлебных крошек», алгоритм Дейкстры, A*. Алгоритм D* для карт с неполной информацией.

Утверждено на заседании кафедры «__» _____ 202___ г., протокол № _____.

Зав. Кафедрой ___/_____ .

Вопросы для промежуточной аттестации (экзамена):

1. Основные понятия в задачах планирования движения. Голономные и неголономные системы. Уровни планирования и управления движением.

2. Кинематика колесных роботов. Типы шасси и их влияние на движение.

3. Вероятностные модели движения. Оценка перемещения с учетом влияющих факторов. Характер распределения ошибок в зависимости от типов привода и способов организации движения.

4. Картирование. Представление объектов. Понятие проходимости. Карты проходимости (занятости).

5. Планирование пути и движения. Пространство конфигураций. Особенности построения пространства конфигураций для неголономных систем и систем сложной формы.

6. Клеточная декомпозиция карт. Интерпретация клеток при движении. Полигональные сетки. Маршрутная декомпозиция на основе графов. Применение графов видимости, диаграммы Вороного.

7. Понятие Маршрута. Движение по сеткам. Улучшение качества маршрута. Маршрутные карты с предварительной обработкой. Оптимизация маршрутных графов. Ссылки пропуска узлов. Путевые точки. Шоссе путевых точек.

8. Иерархические карты. Карты кругового обзора. Связанные компоненты. Дорожные карты. Особенности использования методов декомпозиции в робототехнике.

9. Методы поиска маршрута в глубину, ширину, принцип «жадного поиска», принцип «хлебных крошек», алгоритм Дейкстры, A*. Алгоритм D* для карт с неполной информацией.

10. Метод потенциальных полей в построении пути. Сочетание метода потенциальных полей с другими инструментами планирования маршрута и управления движением.

11. Вероятностные алгоритмы поиска пути в непрерывном пространстве. Методы PRM, RRT и их развитие.

12. Оптимизация маршрутов в вероятностных алгоритмах поиска пути. Оптимизация длины пути, сокращение времени поиска пути.

13. Планирование пути роботов автомобильного типа. Особенности планирования движения. Влияние особенностей дорожной инфраструктуры. Цифровая модель дороги в задачах планирования пути и управления движением.

14. Применение систем технического зрения в робототехнике

15. Назначение систем технического зрения (применительно к робототехнике и смежным отраслям). Типовые задачи систем технического зрения.

16. Реализация технического зрения в системах управления. Аппаратные и программные компоненты систем технического зрения. Структурные схемы реализации систем технического зрения. Особенности систем компьютерного зрения.

17. Виды визуализации в системах технического зрения. Инструменты рисования. Применение оверлея.

18. Принципы обработки изображений в системах компьютерного зрения.

19. Особенности применения статистического анализа изображений в задачах робототехники. Анализ спектра, анализ плотности, применение данных описательной статистики в обработке изображений для задач робототехники.

20. Цветовые пространства и их использование в робототехнике. Работа с цветовыми плоскостями, цветовые ключи.

21. Детектирование объектов на изображениях. Применение метода анализа частиц в робототехнике.

22. Распознавание структурированных объектов на изображении. Применение структурированных изображений в робототехнике. Локализация с использованием маркеров дополненной реальности.

23. Поиск шаблонов на изображении. Применение метода поиска шаблонов в робототехнике.

24. Навигация и локализация с использованием технического зрения. Требуемое оборудование и методы его использования (в контексте технического зрения).