

Подписано электронной подписью:
Вержицкий Данил Григорьевич
Должность: Директор КГПИ ФГБОУ ВО «КемГУ»
Дата и время: 2024-04-24 00:00:00

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
471086fad29a3b30e244c728abc3661ab35c9d50210dcf0e75e03a5b6fdf6436

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«КЕМЕРОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Кузбасский гуманитарно-педагогический институт

Факультет информатики, математики и экономики

УТВЕРЖДАЮ

Декан А.В. Фомина
« 08 » февраля 2024 г.

Рабочая программа дисциплины

К.М.07.10 Промышленные роботизированные системы и комплексы

Код, название дисциплины

Направление подготовки

09.03.01 Информатика и вычислительная техника

Код, название направления

Направленность (профиль) подготовки

Автоматизированные системы обработки информации и управления

Программа бакалавриата

Квалификация выпускника

бакалавр

Форма обучения

Очная

Год набора 2024

Новокузнецк 2024

Лист внесения изменений

в РПД К.М.07.10 Промышленные роботизированные системы и комплексы
(код по учебному плану, название дисциплины)

Сведения об утверждении:

утверждена Ученым советом факультета информатики, математики и экономики
протокол Ученого совета факультета № 7 от 08.02.2024 г.

для ОПОП 2024 год набора на 2024 / 2025 учебный год
по направлению подготовки 09.03.01 Информатика и вычислительная техника
направленность (профиль) Автоматизированные системы обработки информации и управления

Одобрена на заседании методической комиссии факультета информатики, математики и экономики
протокол методической комиссии факультета № 7 от 08.02.2024 г.

Одобрена на заседании обеспечивающей кафедры информатики и вычислительной техники им. В.К.
Буторина
протокол № 6 от 25.01.2024 г. Зав. кафедрой А. В. Маркидонов

Содержание

1. Цель дисциплины	4
1.1. Формируемые компетенции, индикаторы достижения компетенций, знания, умения, навыки .	4
1.2. Место дисциплины	4
2. Объём и трудоёмкость дисциплины по видам учебных занятий. Формы промежуточной аттестации.	5
3. Учебно-тематический план и содержание дисциплины.	5
3.1. Учебно-тематический план	5
4. Порядок оценивания успеваемости и сформированности компетенций обучающегося в текущей и промежуточной аттестации.	6
5. Материально-техническое, программное и учебно-методическое обеспечение дисциплины.....	7
5.1. Учебная литература	7
5.2. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины.	8
5.3. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы.	8
6. Иные сведения и (или) материалы.	8
6.1. Примерные темы и варианты письменных учебных работ.....	8
6.2. Примерные вопросы и задания / задачи для промежуточной аттестации.....	9

1. Цель дисциплины

В результате освоения данной дисциплины у обучающегося должны быть сформированы компетенции основной профессиональной образовательной программы бакалавриата (далее – ОПОП): ОПК-1; ОПК-8.

1.1. Формируемые компетенции, индикаторы достижения компетенций, знания, умения, навыки

Таблица 1 – Индикаторы достижения компетенций, формируемые дисциплиной

Код и название компетенции	Индикаторы достижения компетенции, закрепленные за дисциплиной	Знания, умения, навыки (ЗУВ), формируемые дисциплиной
ОПК-1. Способен применять естественнонаучные и общепрофессиональные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности	ОПК-1.2. Выбирает и применяет математические методы, теоретические и экспериментальные методы физических исследований и методы моделирования, необходимые для решения поставленных задач. ОПК-1.3. Разрабатывает и преобразует математические модели явлений, процессов и систем с целью их эффективной программно-аппаратной реализации и применения в научных исследованиях, проектной деятельности, управлении технологическими, социальными системами.	Знать: – виды и назначение робототехнических устройств; – области применения роботов; – теоретические основы моделирования робототехнических систем. Уметь: – составлять модели робототехнических систем; – применять основы робототехники в управлении технологическими процессами; – конструировать отдельные узлы робототехнического устройства; – проектировать и конструировать робототехническое устройство для выполнения определённых действий. Владеть: – навыками компьютерного моделирования с использованием программных пакетов для моделирования.
ОПК-8. Способен разрабатывать алгоритмы и программы, пригодные для практического применения	ОПК-8.1. Осуществляет и обосновывает выбор стандартных алгоритмов и программных средств для реализации практических задач. ОПК-8.2. Разрабатывает алгоритмы и программы для реализации прикладных практических задач.	Знать: – виды и возможности робототехнических конструкторов; – этапы создания робототехнического устройства. Уметь: – программировать действия робототехнических устройств; – программировать реакцию робототехнических устройств на внешние воздействия. Владеть: – навыками программирования робототехнического устройства для выполнения определённых действий.

1.2. Место дисциплины

Дисциплина включена в модуль «Современные информационные технологии и информационные системы» ОПОП ВО, обязательная часть. Дисциплина осваивается на 4 курсе, в 8-

м семестре.

2. Объём и трудоёмкость дисциплины по видам учебных занятий. Формы промежуточной аттестации.

Таблица 2 -- Объем и трудоемкость дисциплины по видам учебных занятий

Общая трудоемкость и виды учебной работы по дисциплине, проводимые в разных формах	Объём часов по формам обучения		
	ОФО	ОЗФО	ЗФО
1 Общая трудоемкость дисциплины	108		
2 Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) (всего)	40		
Аудиторная работа (всего):	40		
в том числе:			
лекции	10		
практические занятия, семинары	30		
практикумы			
лабораторные работы			
в интерактивной форме			
в электронной форме			
Внеаудиторная работа (всего):			
в том числе, индивидуальная работа обучающихся с преподавателем			
подготовка курсовой работы /контактная работа			
групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие групповую или индивидуальную работу обучающихся с преподавателем)			
творческая работа (эссе)			
3 Самостоятельная работа обучающихся (всего)	68		
4 Промежуточная аттестация обучающегося – зачет	-		

3. Учебно-тематический план и содержание дисциплины.

3.1. Учебно-тематический план

Таблица 3 – Учебно-тематический план очной формы обучения

№ п/п	Разделы и темы дисциплины по занятиям	Общая трудоёмкость (всего час.)	Трудоёмкость занятий (час.)				Формы текущего контроля и промежуточной аттестации успеваемости
			ОФО			СРС	
			Аудиторные занятия				
			лекц.	практ.	лаб.		
1.	История развития робототехники. Моральные дилеммы роботизированного будущего.	9	1			8	Реферат
2.	Виды, классификация и устройство роботов.	12	2	2		8	Устный опрос, решение учебных задач
3.	Конфигурационное пространство. Движение твердого тела на плоскости и в пространстве.	11	1	3		7	Устный опрос, решение учебных задач
4.	Прямая кинематика.	11	1	3		7	Устный опрос, решение учебных задач
5.	Кинематика и статика скорости.	11	1	3		7	Устный опрос, решение учебных задач

№ п/п	Разделы и темы дисциплины по занятиям	Общая трудоёмкость (всего час.)	Трудоёмкость занятий (час.)				Формы текущего контроля и промежуточной аттестации успеваемости
			ОФО				
			Аудиторные занятия			СРС	
			лекц.	практ.	лаб.		
6.	Обратная кинематика.	11	1	3		7	Устный опрос, решение учебных задач
7.	Управление роботом. Генерация траектории. Колесные роботы. Планирование движения.	12	1	4		7	Устный опрос, решение учебных задач
8.	Проектирование средств робототехники. Робототехнические системы в промышленности.	17	2	6		9	Устный опрос, решение учебных задач
9.	Моделирование робототехнических систем. Arduino – платформа, среда разработки, онлайн-эмулятор. Lego. Среда симуляции CoppeliaSim.	14		6		8	Устный опрос, решение учебных задач
	Промежуточная аттестация						Зачет
	Всего:	108	10	30		68	

4. Порядок оценивания успеваемости и сформированности компетенций обучающегося в текущей и промежуточной аттестации.

Для положительной оценки по результатам освоения дисциплины обучающемуся необходимо выполнить все установленные виды учебной работы. Оценка результатов работы обучающегося в баллах (по видам) приведена в таблице 4.

Таблица 4 - Балльно-рейтинговая оценка результатов учебной работы обучающихся по видам (БРС)

Учебная работа (виды)	Сумма баллов	Виды и результаты учебной работы	Оценка в аттестации	Баллы (18 недель)
Текущая учебная работа ОФО (7 семестр)				
Текущая учебная работа в семестре (посещение занятий по расписанию и выполнение заданий)	80 (100% /баллов приведенной шкалы)	Лекционные занятия	посещение лекционных занятий	5 - 10
		Практические занятия	– посещение занятия и выполнение задания на 51-86%	7 – 28
			– посещение занятия и существенный вклад на занятии в работу всей группы, самостоятельность и выполнение работы на 85.1-100%	
		Оформление и защита отчета о выполнении практической работы	14 б – студент получает за полностью выполненное задание работы при наличии в ней существенных неточностей и недочетов, не умения студента верно применить полученные знания, в оформлении работы есть нарушения, неактуальные или ненадежные источники информации 18 б – студент выполнил все задания, показал хорошие знания по пройденному материалу, но есть недочеты в оформлении работы и общие небольшие замечания, не влияющие на ее качество. – 22 б – студент полностью выполнил задание и проявил отличные знания учебного материала. При этом работа оформлена в соответствии с требованиями, к ней можно предъявить минимум замечаний	14-22
Написание реферата по выбранной теме	15 б.: не показано понимание темы, умение критического анализа информации. Библиография ограничена, нет должного анализа литературы по проблеме, тема работы раскрыта частично, работа выполнена в основном самостоятельно, не содержит элементов анализа реальных проблем. Не все	15 – 20		

Учебная работа (виды)	Сумма баллов	Виды и результаты учебной работы	Оценка в аттестации	Баллы (18 недель)
Текущая учебная работа ОФО (7 семестр)				
			<p>рассматриваемые вопросы изложены достаточно глубоко, есть нарушения логической последовательности.</p> <p>118 б.: показано понимание темы, умение критического анализа информации. В работе использована основная литература по теме (методическая и научная), дано теоретическое обоснование темы, раскрыто основное содержание темы, работа выполнена преимущественно самостоятельно, содержит проблемы применения теоретических положений в профессиональной деятельности. Изложение материала работы отличается логической последовательностью, наличием иллюстративно-аналитического материала (таблицы, диаграммы, схемы и т. д.- при необходимости), ссылок на литературные и нормативные источники. Имеются недостатки, не носящие принципиального характера, работа корректно оформлена.</p> <p>20 б: показано понимание темы, умение критического анализа информации. Используется основная литература по проблеме, дано теоретическое обоснование актуальности темы, проведен анализ литературы, показано применение теоретических положений в профессиональной деятельности, работа корректно оформлена (орфография, стиль, цитаты, ссылки и т.д.). Изложение материала работы отличается логической последовательностью, наличием иллюстративно-аналитического материала (таблицы, диаграммы, схемы и т. д. – при необходимости), ссылок на литературные и нормативные источники.</p>	
Итого по текущей работе в семестре				41-80
Промежуточная аттестация				
Промежуточная аттестация (экзамен)	20 (100% /баллов приведенной шкалы)	Вопрос 1.	10 баллов (пороговое значение) 20 баллов (максимальное значение)	5- 10
		Решение задачи 1.	10 баллов (пороговое значение) 20 баллов (максимальное значение)	5 – 10
Итого по промежуточной аттестации (зачет)				10-20
Суммарная оценка по дисциплине: Сумма баллов текущей и промежуточной аттестации 51 – 100 баллов.				

5. Материально-техническое, программное и учебно-методическое обеспечение дисциплины.

5.1. Учебная литература

Основная учебная литература

Основная литература

1. Иванов, А. А. Основы робототехники : учебное пособие / А. А. Иванов. — 2-е изд., испр. — Москва : ИНФРА-М, 2021. — 223 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-012765-1. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1155006> . – Режим доступа: по подписке.

Дополнительная литература

1. Киселев, М. М. Робототехника в примерах и задачах: курс программирования механизмов

и роботов : учебное пособие / М. М. Киселев. - 2-е изд., испр. - Москва : СОЛОН-Пресс, 2019. - 136 с.
- ISBN 978-5-91359-326-9. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1227725>.
– Режим доступа: по подписке.

5.2. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины.

В обучении используются информационные технологии на базе компьютерных классов учебного корпуса №4 (пр. Металлургов 19):

501 Компьютерный класс. Учебная аудитория (мультимедийная) для проведения:

- занятий лекционного типа;
- занятий семинарского (практического) типа;
- групповых и индивидуальных консультаций;
- текущего контроля и промежуточной аттестации.

Специализированная (учебная) мебель: доска меловая, кафедра, столы компьютерные, стулья.

Оборудование для презентации учебного материала: стационарное - компьютер преподавателя, экран, проектор.

Оборудование: стационарное - компьютеры для обучающихся (17 шт.).

Используемое программное обеспечение: LibreOffice (свободно распространяемое ПО), FoxitReader (свободно распространяемое ПО), Firefox 14 (свободно распространяемое ПО), Яндекс.Браузер (отечественное свободно распространяемое ПО), CoppeliaSim Edu (бесплатная учебная версия).

Интернет с обеспечением доступа в ЭИОС.

5.3. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы.

1. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам. Раздел Информатика и информационные технологии» - <http://window.edu.ru/>

2. <http://citforum.ru/programming/asm.shtml>

3. Крупнейший веб-сервис для хостинга IT-проектов и их совместной разработки-
<https://github.com/>

4. База книг и публикаций Электронной библиотеки "Наука и Техника" - <http://www.n-t.ru>

5. Электронный ресурс. Среда разработки автоматизированных робототехнических систем:
<https://www.coppeliarobotics.com/downloads>.

6. Описание и порядок использования: <https://www.coppeliarobotics.com/helpFiles/>

6. Иные сведения и (или) материалы.

6.1. Примерные темы и варианты письменных учебных работ.

6.1.1. Темы рефератов

1. Моральные дилеммы роботизированного будущего.
2. Современные тенденции развития мехатронных систем и робототехники
3. История развития робототехники в России и за рубежом.
4. Математическое обеспечение систем управления роботами.
5. Конечно-автоматное описание алгоритмов управления роботами.
6. Векторно-матричные методы, применяемые в робототехнике.
7. Проектирования систем логического управления роботами.
8. Техническая аппаратная реализация систем логического управления.
9. Синтез управляющих устройств роботов.
10. Средства очувствления промышленных роботов.

11. Системы технического зрения роботов.
12. Перспективы развития промышленного применения робототехники.
13. Критический анализ роботов, используемых в различных предметных областях.
14. Основные задачи и направления роботизации в различных сферах (по выбору студента).

6.2. Примерные вопросы и задания / задачи для промежуточной аттестации.

Примерные теоретические вопросы к зачету.

Тема 1.

1. Чем занимался первый легендарный робот «Талос»?
2. Каковы опасности широкой роботизации в ближайшем будущем?

Тема 2.

1. Что такое коллаборативный робот и чем он отличается от классического промышленного манипулятора?
2. Какие существуют типы приводов роботов, их краткие характеристики.
3. Сварочный робот.
4. Робот для автоматизации штамповочных операций.
5. Типы роботов.
6. Перечислить и охарактеризовать типичные соединения элементов роботов (6 штук).

Тема 3.

1. Что такое «конфигурационное пространство» (C-space)?
2. Топология конфигурационного пространства (4 штуки).
3. Широта и долгота - координаты сферического пространства.
4. Пространство задач и рабочее пространство.
5. Матрица поворота.
6. Угловые скорости.
7. Однородные матрицы преобразования, их свойства.

Тема 4.

1. Прямая кинематика. Положение конечного эффектора для плоской системы 4R.
2. Поиск решения по условию следования от базовой (неподвижной) части манипулятора в сторону конечного эффектора.
3. Поиск решения по условию следования от конечного эффектора в сторону базовой (неподвижной) части манипулятора.

Тема 5.

1. Определение скоростей перемещений сочленений. Матрица Якоби (якобиан).
2. Анализ кинематической сингулярности - случаи её возникновения (5 штук – 5 вопросов)...

Тема 6.

1. Общая постановка задачи расчета обратной кинематики. Основные особенности.
2. Численный алгоритм обратной кинематики.

Тема 7.

1. Виды расчётов траекторий. Траектория от точки к точке.
2. Оптимизация траектории по времени.
3. Типы задач планирования движения.
4. Методы планирования движения.
5. Конфигурация препятствий в пространстве.
6. Стратегии управления роботом.

7. Управление движением робота вводом скорости, например, шаговым двигателем.
8. Управление с обратной связью – PID-регулирование.

Тема 8.

1. Постановка задачи проектирования средств робототехники.
2. Типы колес мобильных роботов.
3. Планирование и расчет движения голономных мобильных роботов.
4. Планирование и расчет движения неголономных мобильных роботов.
5. Одометрия.

Тема 9.

1. Моделирование как исследование новых робототехнических систем.
2. Возможности использования комплектов LEGO, Arduino.
3. Среда компьютерного моделирования CoppeliaSim. Разработка конструктива робота.
4. Среда компьютерного моделирования CoppeliaSim. Создание скриптов управления.

Примеры задач.

Тема 2.

- 2.1 Что представляют собой манипуляторы RRR, RPR, RRPRR, PPR. Привести примеры возможного применения.
- 2.2 Приведите и поясните основные характеристики боевых роботов.

Тема 3.

- 3.1 На рисунке 1 представлен робот, используемый для реабилитации руки человека. Определите количество степеней свободы цепи, образованной рукой человека и роботом.

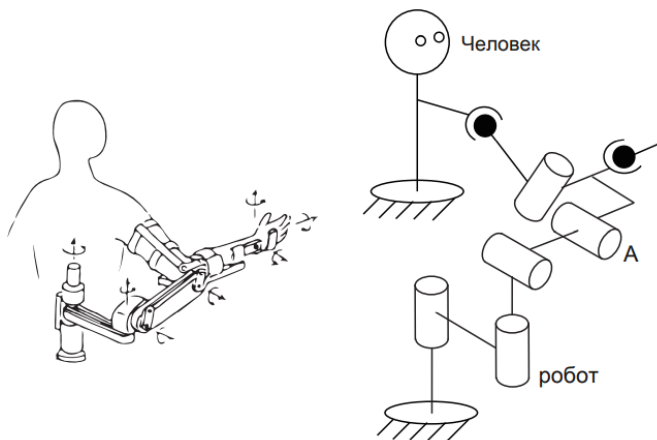


Рисунок 1. Схема робота для реабилитации руки человека.

3.2 Четыре системы координат показаны в рабочем пространстве робота на рисунке 2 ниже: глобальная {a}, исполнительный элемент рабочего органа {b}, камеры наблюдения {c} и заготовки {d}.

1. Найдите T_{ad} и T_{cd} (однородные матрицы преобразования) в соответствии с размерами, указанными на рисунке.
2. Найти T_{ab} , учитывая, что

$$T_{bc} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 4 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

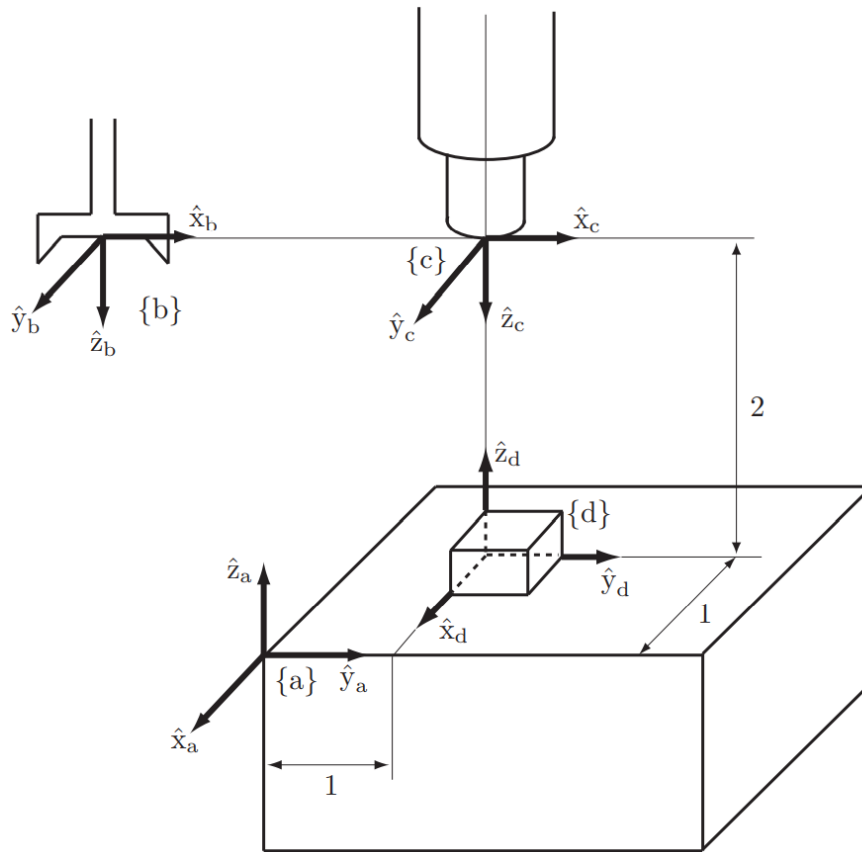
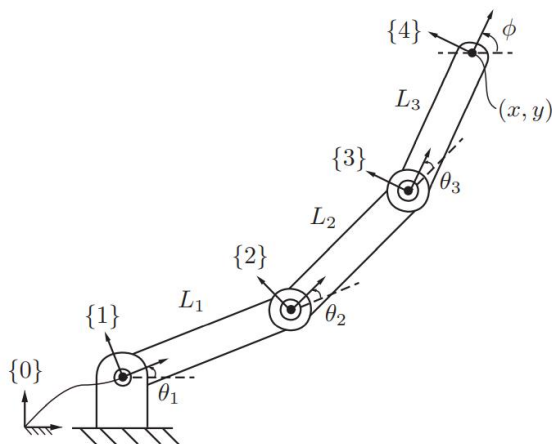


Рисунок 2. Четыре системы отсчета.

Тема 4.

4.1 Определить положение конечного эффектора для манипулятора, схема которого представлено на рисунке 3 ниже. Проанализировать геометрию при различных сочетаниях исходных данных.



исходные данные					
L1	L2	L3	θ1	θ2	θ3
20	20	20	15	15	15
10	20	30	20	15	10
30	20	10	20	15	10

Рисунок 3. Робот 3R и несколько вариантов исходных данных для задачи (задаются преподавателем индивидуально каждому студенту).

4.2 Решить задачу прямой кинематики (установить кинематические зависимости между звеньями) для следующей конструкции манипулятора RRRP (рис. 4):

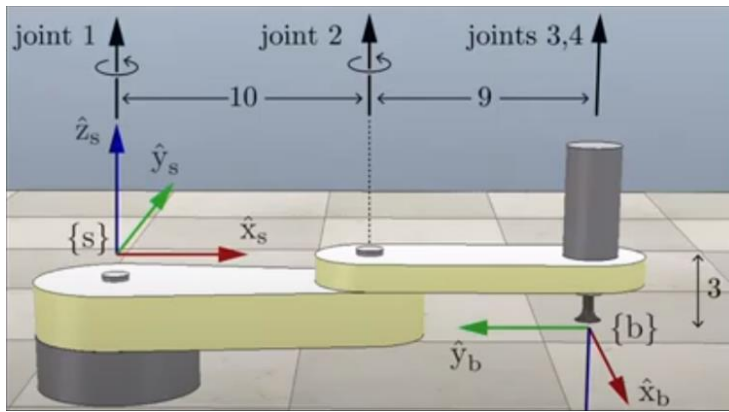


Рисунок 4. Робот 3RP.

Тема 5.

5.1 Плоская открытая схема 3R (рис. 5) находится в исходном (нулевом) положении (рис.ниже).

5.1.1 Конечный эффектор должен реализовать усилие 5 Н в направлении X_s с нулевой составляющей в направлении Y_s . Определить необходимые моменты в каждом сочленении.

5.1.2 Конечный эффектор должен реализовать усилие 5 Н в направлении Y_s с нулевой составляющей в направлении X_s . Определить необходимые моменты в каждом сочленении.

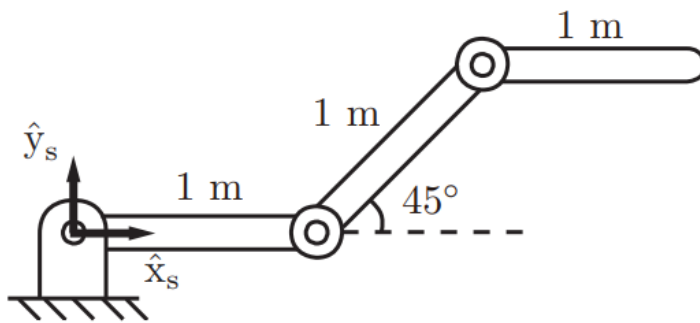


Рисунок 5. Робот 3R.

5.2 Определить пространственный якобиан для цепочки RRRP в соответствии с обозначениями, представленными на рисунке 6.

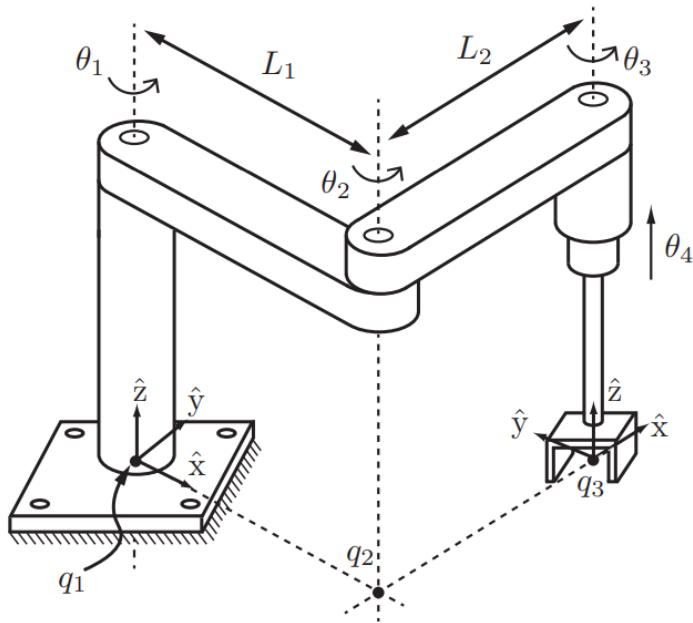


Рисунок 6. Робот 3RP.

Тема 6.

6.1 Используя численный метод Ньютона-Рафсона (метод касательных), определить величины углов θ_1 и θ_2 (рис. 7) для положения острия робота (зоны расположения конечного эффектора) в координатах $(x, y) = 0,366; 1,366$ м. Длины обоих сегментов, соответственно рисунку 7, равны 1 м.

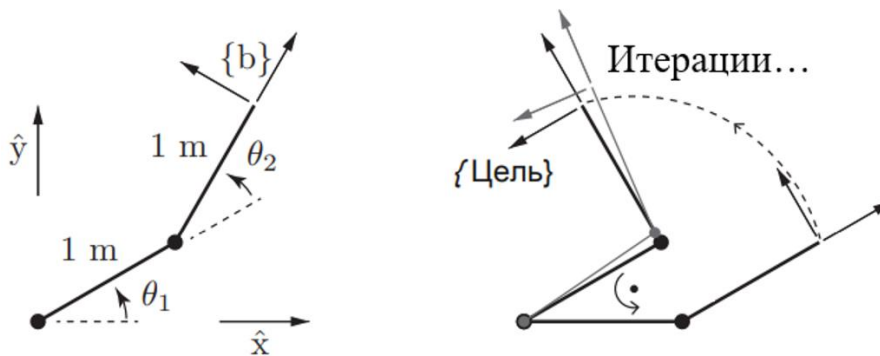


Рисунок 7. Робот 2R.

6.2 Открытая цепочка робота RRP находится в исходном состоянии (рис. 8). Оси 1 и 2 соединений пересекаются в начале координат, конечный эффектор (p) находится в точке $(0, 1, 0)$.

Допустим, что $\theta_1 = 0$. Найти решение для θ_2 и θ_3 такое, при котором конечный эффектор примет положение $(-6, 5, 3^{1/2})$. Усложненный вариант: соединение θ_1 не зафиксировано на нуле. Найти все кинематические решения для того же положения конечного эффектора $(-6, 5, 3^{1/2})$.

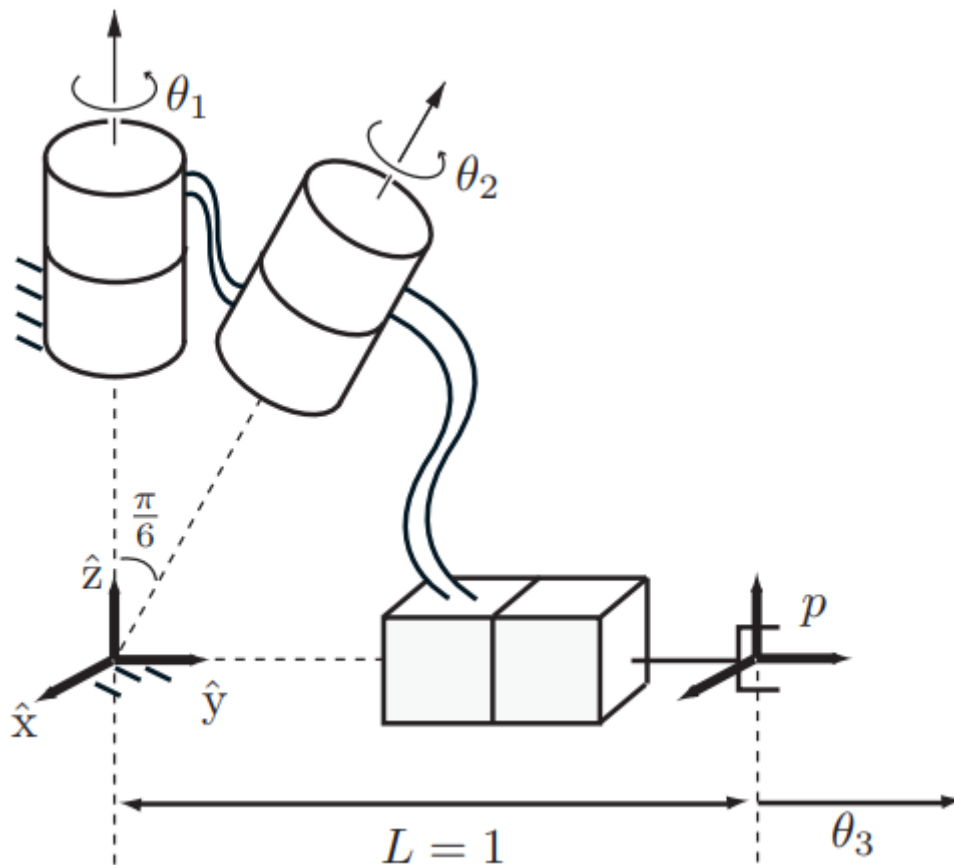


Рисунок 8. Робот 2RP.

Тема 7.

7.1 Охарактеризовать 7 этапов масштабирования (изменения) скорости. Подобрать функцию, для построения графика соответствующего вида (рис. 9). (попробовать полиномы 5-й степени)

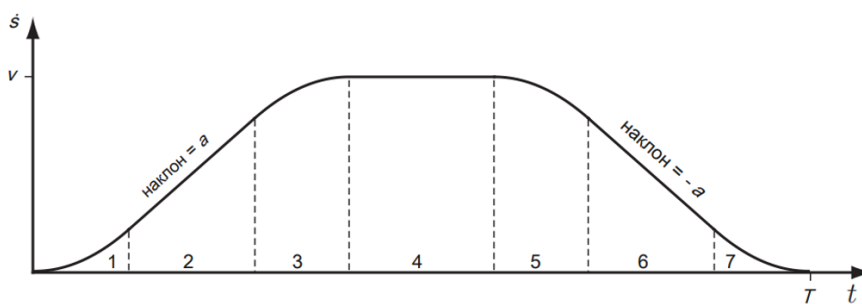


Рисунок 9. Иллюстрация плавного изменения скорости движения робота.

7.2 Составить карту видимости препятствий, указать кратчайший путь из точки Начало в точку Цель (рис.10).

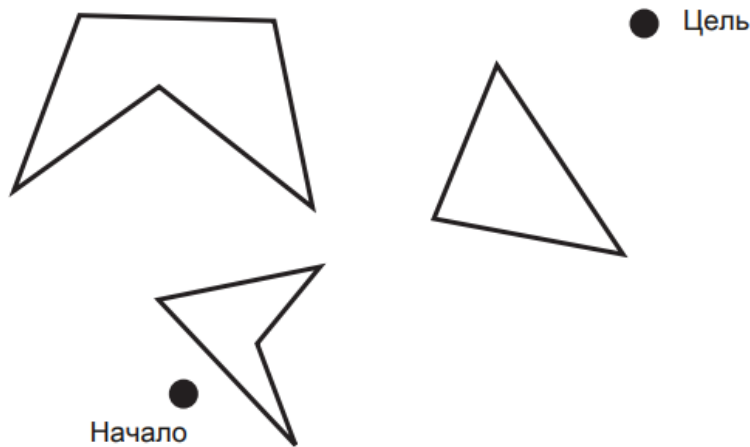


Рисунок 10. Проблема планирования.

7.3 Классифицируйте следующие задачи робота как управление движением, управление силой, гибридное управление движением-силой, управление импедансом или какую-либо комбинацию. Обосновать ответ.

- (a) Затягивание винта отверткой.
- (б) Толкает ящик по полу.
- (c) Налить стакан воды.
- (d) Рукопожатие с человеком.
- (e) Бросок бейсбольного мяча в цель.
- (f) Снег лопатой.
- (g) Копание ямы.
- (h) Массаж спины.
- (i) Пылесосить пол.
- (j) Несет поднос со стаканами.

Тема 8.

8.1 Для робота, представленного на рисунке 11, кинематическая модель представлена следующими зависимостями:

$$u = \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \\ u_4 \end{bmatrix} = H(0)\mathcal{V}_b = \frac{1}{r} \begin{bmatrix} -\ell - w & 1 & -1 \\ \ell + w & 1 & 1 \\ \ell + w & 1 & -1 \\ -\ell - w & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \omega_{bz} \\ v_{bx} \\ v_{by} \end{bmatrix}$$

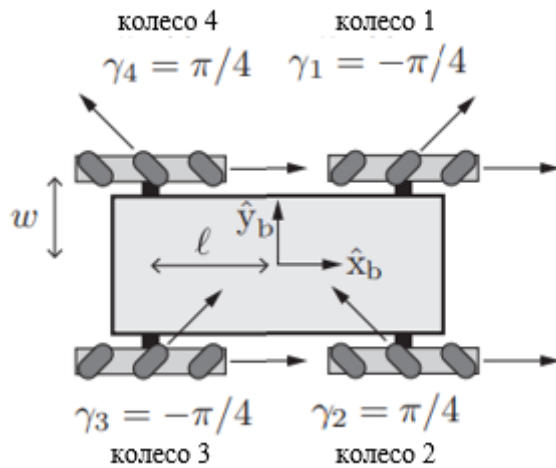


Рисунок 11. Голономный 4-х колесный робот.

Вывести матрицу $H(0)$ при изменении всех 4-х углов со значения $|\pi/4|$ на величину $|\pi/3|$.

8.2 Напишите программу, которая принимает временную историю значений колесных энкодеров для двух задних колес автомобиля и оценивает конфигурацию шасси как функцию времени с использованием одометрии.

Тема 9.

14.1 Разработка конструктива робота по примеру на рисунке 12.

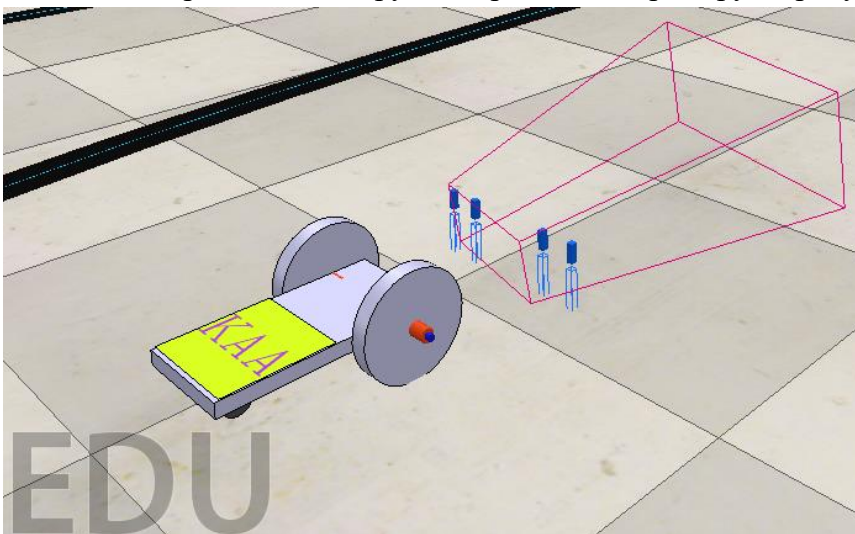


Рисунок 12. Робот, созданный в CoppeliaSim.

14.2 Написать код управления для роботов, реализующих категорию робототехнических соревнований «шорт-трек».

Составитель: Ковтун А.А., канд. техн. наук, доцент ВАК, доцент кафедры информатики и вычислительной техники им. В.К. Буторина

