Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра вычислительной техники

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН АВТФ
к.т.н. Рева И. Л.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ПРОСТОЙ НЕКВАЛИФИЦИРОВАННОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
31.08.2026
Владелец: к.т.н. Рева И. Л.
Срок действия: не ограничен
Адрес хранения электронного документа:
https://www.nstu.ru/university/info/sveden/education

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
SLAM- алгоритмы

Образовательная программа: 09.04.04 Программная инженерия, магистерская программа: Автономные интеллектуальные системы

Курс: 2, семестр : 3

Факультет автоматики и вычислительной техники,

		Семестр
№	**Вид деятельности**	**3**
1	Всего зачетных единиц (кредитов)	2
2	Всего часов	72
3	Всего занятий в контактной форме, час.	40
4	Лекции, час.	18
5	Практические занятия, час.	18
6	Лабораторные занятия, час.	0
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	0
8	из них практической подготовки, час.	18
9	Аттестация, час.	2
10	Консультации, час.	2
11	Самостоятельная работа, час.	32
12	Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ(Р)/реферат, подготовка к контрольной работе)	контр.
13	Вид аттестации	3

Новосибирск 2026

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 09.04.04 Программная инженерия

ФГОС введен в действие приказом №932 от 19.09.2017 г. , дата утверждения: 09.10.2017 г.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Блок 1, формируемая участниками образовательных отношений

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 09.04.04 Программная инженерия

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

ВТ, 31.08.2026

Утверждена на совете факультета автоматики и вычислительной техники, протокол № 8 от 31.08.2026

Заведующий кафедрой:

доцент, к.т.н. Якименко А. А.

Ответственный за образовательную программу:

заведующий кафедрой Якименко А. А.

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Группа	Компетенции
	Индикаторы достижения компетенций
Профессиональные компетенции	ПК-6.В/НА Способен исследовать и разрабатывать архитектуры систем искусственного интеллекта для различных предметных областей на основе комплексов методов и инструментальных средств систем искусственного интеллекта
	ПК-6.В/НА. 2 Выбирает комплексы методов и инструментальных средств искусственного интеллекта для решения задач в зависимости от особенностей предметной области

2. Требования НГТУ к планируемым результатам обучения, соотнесенным с индикаторами достижения компетенций

Таблица 2.1

Индикаторы достижения компетенций	Формы организации занятий
Результаты обучения	
ПК-6.В/НА. 2 Выбирает комплексы методов и инструментальных средств искусственного интеллекта для решения задач в зависимости от особенностей предметной области	
Выбирает комплексы методов и инструментальных средств искусственного интеллекта для решения задач в зависимости от особенностей предметной области и вызовов индустрии	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа

3. Содержание и структура дисциплины

Таблица 3.1

Темы лекций	Часы	Из них в форме практ. подг., час.	Активные формы, час.	Индикаторы достижения компетенций	Учебная деятельность
Семестр: 3					
Дидактическая единица: SLAM - АЛГОРИТМЫ					
1. Технологии локализации на известной карте	2	0	0	ПК-6.В/НА. 2	Преимущества и недостатки GPS. Одометрия. Датчики одометрии. IMU. Локализация при помощи камеры. Локализация при помощи данных Лидар
2. Локализация на неизвестной карте.	2	0	0	ПК-6.В/НА. 2	Структуры данных и алгоритмы, позволяющие сохранять и обновлять карту при получении новых данных. Карта занятости. Байесовские методы обновления карты занятости. Разрешение конфликтов. Глобальная локализация. Скан матчер

3. SLAM на базе фильтра Калмана	2	0	0	ПК-6.В/НА.2	Применение фильтра Калмана для решения задачи SLAM. Формализация сигналов входного воздействия для фильтра Калмана. Ограничения и недостатки SLAM на базе фильтра Калмана
4. Фильтр частиц	2	0	0	ПК-6.В/НА.2	Определение частицы. Идея SLAM алгоритма, минимизирующего недостатки фильтра Калмана за счёт избавления от матрицы ковариации. FastSLAM. Достоинства, ограничения и недостатки FastSLAM
5. Легковесный SLAM алгоритм «за 200 строк»	2	0	0	ПК-6.В/НА.2	Формализация всех процессов во время решения задачи SLAM. Простейшая структура карты занятости. Модель ячейки карты занятости. Скан матчер на базе метода МонтеКарло
6. Графовый SLAM алгоритм	2	0	0	ПК-6.В/НА.2	Представление карты в виде графа. Отличие результирующей карты и графа. Особенности обновления графовой карты. Google Cartographer. ORB SLAM. Достоинства хранения карты в виде графа. Ограничения и недостатки графовых SLAM алгоритмов
7. Современные SLAM алгоритмы	4	0	0	ПК-6.В/НА.2	Существующие датчики для SLAM алгоритмов: камеры, лидары, стереокамеры, всенаправленные камеры. Таксономия и сравнение современных SLAM алгоритмов. Открытые вопросы в задаче SLAM
8. Задача исследования окружения	2	0	0	ПК-6.В/НА.2	Использование локализации и задачи SLAM для решения задачи исследования окружения. Задача планирования траектории. Функция Ляпунова. Следование траектории. PID регулятор

Темы практических занятий	Часы	Из них в форме практ. подг., час.	Активные формы, час.	Индикаторы достижения компетенций	Учебная деятельность
Семестр: 3					
Дидактическая единица: SLAM - АЛГОРИТМЫ					
1. Реализация алгоритма на базе фильтра Калмана	4	4	0	ПК-6.В/НА.2	Описание кода: Инициализация: Задаются параметры модели (A, H), шумы (Q, R) и начальные значения оценки состояния (x_est) и его неопределенности (P_est). Цикл: На каждой итерации симулируется движение объекта и получение зашумленного измерения. Предсказание: С помощью матрицы A предсказывается новое состояние и его неопределенность. Коррекция: Вычисляется коэффициент Калмана K, который используется для обновления оценки состояния (x_est) на основе разницы между реальным измерением и предсказанием. Неопределенность P_est также обновляется. Визуализация: На графике видно, как "сырые" измерения (r.) сильно разбросаны, истинное положение (g-) является прямой линией, а оценка фильтра (b-) представляет собой плавную кривую, которая следует за истинным положением, сглаживая шум измерений.

2. Реализация фильтра частиц и скан матчера “случайного поиска”	4	4	0	ПК-6.В/НА.2	Алгоритм работы: Инициализация: Создается набор из N частиц, распределенных случайным образом по всему пространству состояний. Предсказание (Propagate): Каждая частица перемещается в соответствии с моделью движения робота (управляющим воздействием) с добавлением случайного шума. Это моделирует неопределенность в движении. Взвешивание (Weighting): Для каждой частицы вычисляется вес на основе того, насколько хорошо предсказанное ею измерение (например, "что бы увидел лидар в этой точке") совпадает с реальным измерением от сенсора. Чем лучше совпадение, тем выше вес. Нормализация: Веса всех частиц нормируются так, чтобы их сумма была равна 1. Пересемплирование (Resampling): Создается новый набор частиц путем случайного выбора из текущего набора с вероятностью, пропорциональной их весам. Частицы с высоким весом копируются многократно, а частицы с низким весом отбрасываются. Этот шаг позволяет сконцентрировать вычислительные ресурсы на наиболее вероятных гипотезах. Алгоритм работы: Инициализация: Задается

3. Реализация алгоритма SLAM “на 200 строк”	4	4	0	ПК-6.В/НА.2	Концепция алгоритма: FastSLAM Мы будем использовать вариацию алгоритма FastSLAM 1.0. Фильтр Частиц: Как и в предыдущем примере, мы поддерживаем набор частиц. Каждая частица представляет гипотезу о траектории робота. Локальные Карты: В отличие от простого Particle Filter, каждая частица в FastSLAM несет в себе не только свою позу, но и собственную локальную карту (набор ориентиров/фич). Обновление: Движение: Частицы двигаются согласно командам управления с добавлением шума. Наблюдение: Когда робот получает данные с лидара, каждая частица обновляет свою локальную карту, добавляя новые ориентиры или обновляя позиции существующих. Взвешивание: Вес частицы определяется вероятностью того, что она "увидела" текущие измерения, исходя из своей локальной карты. Пересемплирование: Частицы с высокими весами выживают и размножаются. Глобальная Карта: Итоговая карта мира получается путем объединения наиболее вероятных ориентиров из карт всех частиц (или просто из карты самой тяжелой частицы).

4. Реализация графового алгоритма SLAM и замыкания циклов	6	6	0	ПК-6.В/НА.2	Реализация графового SLAM (Graph-Based SLAM) — это переход от вероятностных методов (как фильтр частиц) к задаче численной оптимизации. В этом подходе вся траектория робота и положение ориентиров представляются в виде вершин графа, а ограничения, полученные из данных одометрии и сенсоров, — в виде ребер с весами. Ключевая особенность, о которой вы спрашивали — замыкание циклов (Loop Closure). Это момент, когда робот узнает место, в котором он уже был, и добавляет в граф новое ограничение, связывающее текущее положение с одним из прошлых. Это заставляет алгоритм "выпрямить" накопленную ошибку одометрии.

Темы для самостоятельного изучения	Часы	Из них в форме практ. подг., час.	Активные формы, час.	Индикаторы достижения компетенций	Учебная деятельность
Семестр: 3					
Дидактическая единица: SLAM - АЛГОРИТМЫ					
1. Подготовка к практическим и семинарским занятиям	8	0	0	ПК-6.В/НА.2	Структуры данных и алгоритмы, позволяющие сохранять и обновлять карту при получении новых данных. Карта занятости. Байесовские методы обновления карты занятости. Разрешение конфликтов. Глобальная локализация. Скан матчер.

2. Подготовка к аттестации	10	0	0	ПК-6.В/НА.2	Планирование времени для изучения дисциплины осуществляется на весь период обучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Обучающимся, в рамках внеаудиторной самостоятельной работы, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников материал, законспектированный на лекциях. При этом на основе изучения рекомендованной литературы целесообразно составить конспект основных положений, терминов и определений, необходимых для освоения разделов учебной дисциплины.
3. Работа с лекционным материалом, с учебной литературой	12	0	0	ПК-6.В/НА.2	Планирование времени для изучения дисциплины осуществляется на весь период обучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Обучающимся, в рамках внеаудиторной самостоятельной работы, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников материал, законспектированный на лекциях. При этом на основе изучения рекомендованной литературы целесообразно составить конспект основных положений, терминов и определений, необходимых для освоения разделов учебной дисциплины.

3.1 Практическая подготовка

Таблица 3.2

№	Темы занятий	Формы организации занятий	Содержание практической подготовки (виды работ)
1	Реализация алгоритма на базе фильтра Калмана	Пр	Выполняет следующие виды работ:
2	Реализация фильтра частиц и скан матчера “случайного поиска”	Пр	Выполняет следующие виды работ:

3	Реализация алгоритма SLAM “на 200 строк”	Пр	Выполняет следующие виды работ:
4	Реализация графового алгоритма SLAM и замыкания циклов	Пр	Выполняет следующие виды работ: факторный граф (NonlinearFactorGraph): Мы не храним матрицы напрямую. Мы добавляем в граф "факторы" — математические выражения ограничений. BetweenFactorPose2 — это ребро графа. Он говорит: "Поза x1 относительно x0 должна быть примерно равна motion". Значения (Values): Это наш набор вершин графа — текущие оценки поз робота. Оптимизация (ISAM2): isam.update(graph, initial_estimate): На вход подается граф и начальные грубые оценки поз. Алгоритм iSAM2 использует разложение Холецкого для эффективного решения задачи наименьших квадратов. При добавлении новых данных он не пересчитывает всё заново, а обновляет только затронутые части графа. Замыкание цикла: В коде это строка graph.add(...) перед оптимизацией. Мы добавляем очень жесткое ограничение (model_landmark с малым шумом) между первой и последней вершиной. Результат: Красная пунктирная линия показывает траекторию до оптимизации. Из-за шума одометрии она "уплыла" от истинного квадрата. Синяя сплошная линия показывает результат работы iSAM2. Алгоритм увидел конф

3.2 Самостоятельная работа обучающегося

Таблица 3.3

№	Виды самостоятельной работы	Индикаторы достижения компетенций	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 3				
1	Контрольные работы	ПК-6.В/НА.2	2	2
, подробная информация приведена в приложении №3 : Храмова, Т. В. Дискретная математика. Элементы теории графов : учебное пособие / Т. В. Храмова. — Новосибирск : Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2014. — 43 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/45466.html (дата обращения: 17.06.2026). — Режим доступа: для авторизир. пользователей Хаггарти, Р. Дискретная математика для программистов : учебное пособие / Р. Хаггарти. — Москва : Техносфера, 2012. — 400 с. — ISBN 978-5-94836-303-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/12723.html (дата обращения: 17.06.2026). — Режим доступа: для авторизир. пользователей			
2	Самостоятельное изучение теоретического материала	ПК-6.В/НА.2	30	0

Студент изучает темы, приведенные в таблице 3.1 , подробная информация приведена в приложениях №1 №3 : Храмова, Т. В. Лекции по теории графов : учебное пособие / Т. В. Храмова. — Новосибирск : Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2011. — 98 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/55480.html (дата обращения: 17.06.2026). — Режим доступа: для авторизир. пользователей Атрощенко, В. А. Теория автоматов : учебное пособие / В. А. Атрощенко, Н. Д. Чигликова, Н. О. Сальникова. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2025. — 296 с. — ISBN 978-5-9729-2486-8. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/154319.html (дата обращения: 17.06.2026). — Режим доступа: для авторизир. пользователей Храмова, Т. В. Дискретная математика. Элементы теории графов : учебное пособие / Т. В. Храмова. — Новосибирск : Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2014. — 43 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/45466.html (дата обращения: 17.06.2026). — Режим доступа: для авторизир. пользователей Хаггарти, Р. Дискретная математика для программистов : учебное пособие / Р. Хаггарти. — Москва : Техносфера, 2012. — 400 с. — ISBN 978-5-94836-303-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/12723.html (дата обращения: 17.06.2026). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

3.3 Технология обучения

Для организации и контроля самостоятельной работы обучающихся, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (табл. 3.4).

Таблица 3.4

Деятельность	Информационно-коммуникационные технологии
Информирование	e-mail; Портал НГТУ; Среда электронного обучения НГТУ; ЭБС
Консультирование	e-mail; Портал НГТУ; Среда электронного обучения НГТУ; ЭБС
Контроль	Среда электронного обучения НГТУ
Размещение учебных материалов	Среда электронного обучения НГТУ; ЭБС

4. Правила аттестации обучающихся по дисциплине

Для аттестации обучающихся по дисциплине используется балльно-рейтинговая система (БРС), позволяющая выставлять оценки по традиционной шкале и 15-уровневой ECTS.
Краткая информация о БРС приведена в табл. 4.1.
Подробная информация о БРС приводится в Приложении №1 к рабочей программе.

Таблица 4.1

Оцениваемые виды деятельности обучающихся	Мин. балл	Максимальный балл
Семестр: 3		
Практические занятия:	30	60
Контрольные работы:	10	20
Зачет:	10	20

В таблице 4.2 представлено соответствие форм контроля заявляемым требованиям к результатам освоения дисциплины.

Таблица 4.2

Коды компетенций	Индикаторы достижения компетенций	Формы контроля	
		Контр. раб.	Зачет
ПК-6.В/НА	ПК-6.В/НА 2. Выбирает комплексы методов и инструментальных средств искусственного интеллекта для решения задач в зависимости от особенностей предметной области	+	+

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в приложении № 1 к рабочей программе.

5. Литература

Основная литература

1. Мартин, О. Байесовский анализ на Python : практическое руководство / О. Мартин ; пер. с анг. А. В. Снастина. - Москва : ДМК Пресс, 2020. - 340 с. - ISBN 978-5-97060-768-8. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/1873497 (дата обращения: 17.06.2026). – Режим доступа: по подписке.

2. Фильтры СВЧ в телекоммуникационных системах : учебное пособие / А. Н. Зикий, А. В. Помазанов, А. В. Андрианов, А. С. Кочубей ; Южный федеральный университет. - Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2024. - 152 с. - ISBN 978-5-9275-4778-4. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.ru/catalog/product/2191412 (дата обращения: 17.06.2026). – Режим доступа: по подписке.

3. Игнатьев, В. В. Методы управления техническими объектами с помощью интеллектуальных регуляторов на основе самоорганизации баз знаний : монография / В. В. Игнатьев ; Южный федеральный университет. - Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2020. - 142 с. - ISBN 978-5-9275-3562-0. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.ru/catalog/product/1308393 (дата обращения: 17.06.2026). – Режим доступа: по подписке.

Дополнительная литература

1. Гупал, В. М. Методы распознавания сложных систем. Байесовская процедура - оптимальная процедура распознавания : монография / В. М. Гупал. - Москва : Компания Спутник+, 2005. - 78 с. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/358812 (дата обращения: 17.06.2026). – Режим доступа: по подписке.

Интернет-ресурсы

1. Асанов В. Б. Планирование и организация проведения эксперимента [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие. Ч. 1 / В. Б. Асанов ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2017. - 21 с. Режим доступа: http://ciu.nstu.ru/fulltext/unofficial/2017/lib_975_1496923026.docx. - Загл. с экрана.

2. Меледина Т. В. Методы планирования и обработки результатов научных исследований [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Т. В. Меледина, М. М. Данина. - Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2015. - 110 с. - Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/70915. - Загл. с экрана.

6. Методическое и программное обеспечение, информационные технологии

6.1 Методическое обеспечение

1. Храмова, Т. В. Дискретная математика. Элементы теории графов : учебное пособие / Т. В. Храмова. — Новосибирск : Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2014. — 43 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/45466.html (дата обращения: 17.06.2026). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

2. Хаггарти, Р. Дискретная математика для программистов : учебное пособие / Р. Хаггарти. — Москва : Техносфера, 2012. — 400 с. — ISBN 978-5-94836-303-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/12723.html (дата обращения: 17.06.2026). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

3. Храмова, Т. В. Лекции по теории графов : учебное пособие / Т. В. Храмова. — Новосибирск : Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2011. — 98 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/55480.html (дата обращения: 17.06.2026). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

4. Атрощенко, В. А. Теория автоматов : учебное пособие / В. А. Атрощенко, Н. Д. Чигликова, Н. О. Сальникова. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2025. — 296 с. — ISBN 978-5-9729-2486-8. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/154319.html (дата обращения: 17.06.2026). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

6.2 Специализированное программное обеспечение

Использование специализированного программного обеспечения для изучения дисциплины не требуется

6.3 Информационные технологии

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине применяются элементы дистанционных образовательных технологий, а также синхронного и асинхронного взаимодействия в электронной информационно-образовательной среды НГТУ.

7. Материально-техническое обеспечение

Компьютерный класс

№	Наименование	Назначение
1	Презентационное оборудование (мультимедиа-проектор, экран, компьютер для управления)	Проведение лекций и практических занятий
2	Компьютерный класс (Компьютеры объединены в локальную сеть с выходом в Internet)	Выполнение практических занятий