Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 09.07.2026 14:01:23
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Транспортный факультет

УТВЕРЖДАЮ
И.о. декана
_____ /М.Р. Рыбакова/
«26» февраля 2026г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Алгоритмический синтез мультисенсорных систем на основе нейросетей

Направление подготовки/специальность
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Профиль/специализация
Электроника и технологии сенсорики

Квалификация
Бакалавр

Формы обучения
очная

Москва, 2026 г.

Разработчик(и):

преподаватель  / А.В.Арзамасова /

Согласовано:

Заведующий кафедрой «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»,
д.ф.-м.н., доцент  / А.А. Скворцов /

Содержание

1 Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине 4

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы 5

3 Структура и содержание дисциплины 5

3.1 Виды учебной работы и трудоемкость 5

3.2 Тематический план изучения дисциплины 6

3.3 Содержание дисциплины 7

3.4 Тематика курсовых проектов (курсовых работ) 11

4 Учебно-методическое и информационное обеспечение 13

4.1 Нормативные документы и ГОСТы 13

4.2 Основная литература 13

4.3 Дополнительная литература 14

4.4 Электронные образовательные ресурсы 14

4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение 15

4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы 15

5 Материально-техническое обеспечение 15

6 Методические рекомендации 15

6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения 15

6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины 16

7 Фонд оценочных средств 16

7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения 16

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения 17

7.3 Оценочные средства 18

1 Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Цель освоения дисциплины «Алгоритмический синтез мультисенсорных систем на основе нейросетей» — ознакомление студентов с архитектурами мультисенсорных систем, принципами интеграции гетерогенных сенсоров, методами алгоритмического синтеза систем обработки и слияния данных, а также нейросетевыми подходами к решению задач мультисенсорного восприятия в инженерных приложениях.

Задачи дисциплины «Алгоритмический синтез мультисенсорных систем на основе нейросетей»:

- Изучение физических принципов работы и характеристик основных типов сенсоров (камеры, лидары, радары, IMU, одометры, датчики состояния агрегатов) и источников мультисенсорных данных;
- Изучение основных принципов фузии данных, уровней интеграции (data-level, feature-level, decision-level) и соответствующих математических моделей;
- Изучение архитектур нейронных сетей для обработки различных типов сигналов (временные ряды, изображения, облака точек) и их сочетаний в составе мультисенсорных систем;
- Изучение методов алгоритмического синтеза архитектур мультисенсорных нейросетевых систем с учетом требований к точности, устойчивости и ресурсным ограничениям бортовой вычислительной платформы;
- Формирование навыков разработки и программной реализации алгоритмов предварительной обработки, синхронизации и интеграции данных от различных сенсоров;
- Формирование навыков обучения, валидации и анализа точности мультисенсорных нейросетевых моделей при решении задач навигации, обнаружения объектов, оценки состояния технических систем;
- Развитие у обучающихся способности применять методы нейросетевого синтеза мультисенсорных систем при решении задач авиации, робототехники и транспортных технологий.

  В результате освоения дисциплины у обучающихся формируются следующие знания и навыки:

- Знают принципы построения архитектур мультисенсорных систем, характеристики и модели ошибок различных типов сенсоров;
- Знают математические основы алгоритмического синтеза систем слияния данных: фильтр Калмана и его расширенные модификации (EKF, UKF), байесовские методы;
- Знают возможности современных фреймворков глубокого обучения (PyTorch) для решения задач мультисенсорной обработки и нейросетевого fusion;
- Обладают навыками работы с современными методами и инструментами разработки нейросетевых моделей мультисенсорных систем;
- Применяют методологии и технологии проектирования, реализации и оценки качества алгоритмов синтеза и обработки мультисенсорных данных;
- Знают принципы построения устойчивых и отказоустойчивых мультисенсорных систем реального времени в задачах транспорта и мобильной робототехники.

Обучение по дисциплине «Технология искусственного интеллекта» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование компетенций	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1. Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения	ОИОПК-1.1. Знает основы информационных технологий ИОПК-1.2. Умеет выполнять практические

задач профессиональной деятельности	работы по настройке компьютерной техники ИОПК-1.3. Владеет навыками работы с прикладным программным обеспечением ИОПК-1.4 Понимает принципы работы современных информационных технологий ИОПК-1.5 Использует современные информационные технологии для решения задач профессиональной деятельности

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к обязательной части блока Б1 «Дисциплины (модули)».

Дисциплина взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ОПОП:

- Математический анализ;
- Алгоритмизация и программирование;
- Программирование микроконтроллеров;

3 Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетные единицы (216 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	6
1	**Аудиторные занятия**	**108**	54	54
	В том числе:			
1.1	Лекции	36	18	18
1.2	Семинарские/практические занятия	36	18	18
1.3	Лабораторные занятия	36	18	18
2	**Самостоятельная работа**	**108**	54	54
	В том числе:			
2.1	…			
3	**Промежуточная аттестация**			
	Зачет/диф.зачет/экзамен	**Экзамен Экзамен + КП (6 сем.)**	Экзамен	Экзамен + КП
	Итого:	**216**	108	108

3.2 Тематический план изучения дисциплины (по формам обучения)

3.2.1 Очная форма обучения

№ п/п	Разделы/темы дисциплины	Трудоемкость, час						Семестр
		Всего	Аудиторная работа				Самостоятельная работа	
			Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Практическая подготовка		
1	**Раздел 1. Введение в мультисенсорные системы и основы нейросетей**	**81**	**9**	**9**	**9**		**54**	**5**
1.1	Тема 1. Мультисенсорные системы: обзор, классификация, применение	14	3	2	2		7	5
1.2	Тема 2. Модели сенсоров, шумы и ошибки измерений	12	2	2	2		6	5
1.3	Тема 3. Введение в нейронные сети: MLP, активации, backprop	16	2	3	3		8	5
1.4	Тема 4. PyTorch: тензоры, autograd, базовое обучение модели	12	2	2	2		6	5
1.5	Тема 5. Предварительная обработка и нормализация сенсорных данных	19					19	5
2	**Раздел 2. Алгоритмы обработки и слияния данных (классические методы)**	**81**	**9**	**9**	**9**		**54**	**5**
2.1	Тема 1. Временная синхронизация и интерполяция сенсорных данных	15	2	2	2		9	5
2.2	Тема 2. Фильтр Калмана: одномерный и многомерный	18	3	3	3		9	5
2.3	Тема 3. EKF, UKF и фильтр частиц	18	2	2	2		12	5
2.4	Тема 4. Байесовские методы слияния данных	16	2	2	2		10	5
2.5	Тема 5. Формализация задачи синтеза как оптимизационной задачи	14					14	5
3	**Раздел 3. Нейросетевые архитектуры для мультисенсорного fusion**	**81**	9	9	**9**		54	**6**
3.1	Тема 1. Уровни fusion: ранний, поздний и промежуточный	16	3	2	2		9	6
3.2	Тема 2. CNN для пространственных сенсорных данных	16	2	2	2		10	6
3.3	Тема 3. RNN, LSTM и GRU для временных рядов сенсоров	18	2	3	3		10	6
3.4	Тема 4. Трансформеры и механизм attention в задачах sensor fusion	17	2	2	2		11	6
3.5	Тема 5. Обучение, валидация, метрики качества моделей	14					14	6
4	**Раздел 4. Проектирование мультисенсорных систем в**	**81**	**9**	**9**	**9**		**54**	**6**

	инженерных задачах							
4.1	Тема 1. Мультисенсорная система для транспортного средства	17	3	3	3		8	6
4.2	Тема 2. Мультисенсорная навигация мобильного робота	16	2	2	2		10	6
4.3	Тема 3. Мониторинг состояния технических объектов	16	2	2	2		10	6
4.4	Тема 4. Устойчивость, надёжность и отказоустойчивость	16	2	2	2		10	6
4.5	Тема 5. Оптимизация производительности прототипа	16					16	6
5	**Раздел 5. Курсовой проект (6 семестр)**	108					108	6
5.1	Постановка задачи, обзор литературы, выбор архитектуры	27					27	6
5.2	Реализация алгоритмических компонентов и нейросетевой модели	27					27	6
5.3	Интеграция, тестирование и оценка качества прототипа	27					27	6
5.4	Оформление и защита курсового проекта	27					27	6
Итого		**432**	**36**	**36**	**36**		**108**	**5-6**

3.3 Содержание дисциплины

Раздел 1. Введение в мультисенсорные системы и основы нейросетей

Тема 1. Мультисенсорные системы: обзор, классификация, области применения

Дано определение мультисенсорной системы и её отличие от одиночного датчика. Рассмотрена классификация мультисенсорных систем по типу взаимодействия сенсоров: комплементарные, избыточные и конкурентные. Представлены основные области применения: автономные транспортные средства, мобильная робототехника, навигация и позиционирование, мониторинг состояния объектов. Введены понятия sensor fusion и data fusion, рассмотрена их роль в архитектуре интеллектуальных систем. Приведены примеры реальных систем из сферы транспорта.

Тема 2. Модели сенсоров, шумы и ошибки измерений

Рассмотрены математические модели основных типов сенсоров: видеокамер, инерциальных измерительных устройств (IMU: акселерометр, гироскоп), лидаров, радаров, ультразвуковых датчиков и датчиков состояния. Представлены модели случайных и систематических ошибок: гауссовский шум, дрейф нуля, выбросы, температурная зависимость. Описаны метрики оценки качества сенсора: точность, разрешение, частота дискретизации, задержка передачи данных. Приведены примеры реальных характеристик сенсоров из даташитов.

Тема 3. Введение в нейронные сети: персептрон, MLP, функции активации, обратное распространение

Дано определение искусственного нейрона и однослойного персептрона. Рассмотрена многослойная полносвязная сеть (MLP) и принципы её применения к задачам регрессии и классификации на сенсорных данных. Представлены основные функции активации: ReLU, Sigmoid, Tanh, Softmax. Описан алгоритм обратного распространения ошибки, функции потерь (MSE, CrossEntropy) и оптимизаторы (SGD, Adam). Рассмотрены практические аспекты обучения: batch-размер, регуляризация, dropout, батч-нормализация.

Тема 4. Фреймворк PyTorch: тензоры, автодифференцирование, базовое обучение модели

Описана архитектура фреймворка PyTorch и его основных модулей: torch, torch.nn, torch.optim, torch.utils.data. Рассмотрены создание и операции с тензорами, работа на GPU. Дан обзор механизма автоматического дифференцирования (autograd). Представлен полный цикл создания, обучения и оценки нейросетевой модели на примере задачи аппроксимации временного ряда сенсора. Рассмотрены Dataset, DataLoader и практики подготовки гетерогенных данных.

Тема 5. Предварительная обработка и нормализация сенсорных данных

Представлены методы предобработки гетерогенных сенсорных данных: нормализация (min-max, z-score), заполнение пропусков, фильтрация выбросов (IQR, z-score, медианная фильтрация). Описаны подходы к преобразованию систем координат и пространственной согласованности данных от разных сенсоров. Рассмотрены форматы хранения и передачи мультисенсорных данных. Приведён обзор открытых датасетов для задач sensor fusion: KITTI, nuScenes, ETH-IMU-Camera.

Раздел 2. Алгоритмы обработки и слияния данных (классические методы)

Тема 1. Временная синхронизация и интерполяция сенсорных данных

Рассмотрена проблема временного рассогласования данных от сенсоров с различными частотами дискретизации и задержками передачи. Представлены методы временной синхронизации: линейная интерполяция, SLERP для ориентаций, экстраполяция, буферизация с временными метками. Описаны подходы к калибровке временных меток и оценке задержки (latency). Приведены практические примеры синхронизации IMU (200 Гц), GPS (10 Гц) и видеопотока (30 fps) в задаче визуально-инерциальной одометрии.

Тема 2. Фильтр Калмана: одномерный и многомерный

Дан вывод оптимального линейного фильтра Калмана из теории наилучшей линейной несмещённой оценки (BLUE). Представлены уравнения предсказания и коррекции для одномерного и многомерного случаев. Рассмотрено описание системы в пространстве состояний: матрицы перехода, наблюдения, процессного шума и шума измерений. Описан алгоритм реализации фильтра для задачи слияния данных GPS и одометра. Приведены условия оптимальности и практические ограничения метода.

Тема 3. Расширенный фильтр Калмана (EKF), UKF и фильтр частиц

Описана нелинейная постановка задачи слияния данных. Представлен расширенный фильтр Калмана (EKF) на основе линеаризации нелинейных функций по первому члену ряда Тейлора (Якобиан). Рассмотрен Unscented Kalman Filter (UKF) и принцип sigma-точек как метод более точной аппроксимации нелинейных преобразований распределений. Дан обзор фильтра частиц (Particle Filter) как байесовского метода для произвольных распределений. Приведены сравнительные характеристики методов применительно к задачам навигации транспортных средств.

Тема 4. Байесовские методы слияния данных

Представлена байесовская постановка задачи слияния: апостериорная плотность вероятности как объект оценивания. Рассмотрены методы максимума апостериорной вероятности (MAP) и максимального правдоподобия (MLE) для объединения независимых измерений от нескольких сенсоров. Описаны динамические байесовские сети и скрытые марковские модели (HMM) применительно к мультисенсорным системам. Приведены примеры байесовской диагностики состояния транспортного средства.

Тема 5. Формализация задачи синтеза мультисенсорной системы

Введена формальная постановка задачи алгоритмического синтеза мультисенсорной системы как задачи многокритериальной оптимизации. Рассмотрены критерии качества: точность оценки состояния, устойчивость к отказу сенсора, вычислительная стоимость,

задержка принятия решения. Описаны подходы к выбору архитектуры fusion с учётом ограничений реального времени и вычислительной платформы. Представлена методология проектирования алгоритмов для встраиваемых платформ.

Раздел 3. Нейросетевые архитектуры для мультисенсорного fusion

Тема 1. Уровни fusion: ранний, поздний и промежуточный (early/late/mid-level fusion)

Рассмотрены три основных архитектурных уровня нейросетевого слияния данных: ранний fusion (конкатенация сырых входных данных), поздний fusion (слияние независимых предсказаний), промежуточный fusion (слияние извлечённых признаков). Приведены сравнительные характеристики подходов: точность, устойчивость к пропаданию сенсора, требования к обучающим данным. Рассмотрены современные benchmark-архитектуры sensor fusion для задач автономного вождения.

Тема 2. CNN для обработки пространственных сенсорных данных

Описаны принципы работы свёрточных нейронных сетей применительно к задачам обработки изображений с камер, лидарных точечных облаков и радарных карт. Рассмотрены CNN-кодировщики для извлечения пространственных признаков: ResNet, EfficientNet. Представлены методы применения CNN к данным точечных облаков: PointNet, проекционные представления (range image, BEV). Рассмотрена реализация пространственного кодировщика на PyTorch.

Тема 3. RNN, LSTM и GRU для временных рядов сенсоров

Описаны рекуррентные нейронные сети (RNN) и проблема затухающего и взрывающегося градиента при обучении на длинных последовательностях. Представлены LSTM и GRU как решение данной проблемы: описание ячейки памяти, вентилей. Рассмотрено применение рекуррентных архитектур к задачам прогнозирования состояния объекта по временным рядам IMU, акселерометра и GPS. Приведена реализация мультисенсорной LSTM-модели оценки траектории на PyTorch.

Тема 4. Трансформеры и механизм внимания (attention) в задачах sensor fusion

Дан обзор архитектуры трансформера: механизм scaled dot-product attention, multi-head attention, позиционное кодирование, encoder-decoder структура. Рассмотрено применение attention-механизмов к задачам мультисенсорного fusion: автоматическое взвешивание вкладов разных сенсоров, устойчивость к пропаданию сенсора. Представлены современные fusion-архитектуры на трансформерах: CrossViT, TransFuser, BEVFusion. Реализован пример cross-modal attention-модуля на PyTorch.

Тема 5. Обучение и валидация нейросетевых моделей. Метрики качества

Представлены методы обучения нейросетевых моделей fusion: предобучение encoder-частей, multi-task learning, fine-tuning на целевой задаче. Описаны метрики оценки качества мультисенсорных систем: RMSE, MAE, точность позиционирования (ATE, RTE), Average Precision (AP) для обнаружения. Рассмотрены методы валидации: разбиение на train/val/test, аблационные исследования. Описаны принципы интерпретации ошибок и анализа вклада каждого сенсора.

Раздел 4. Проектирование мультисенсорных систем в инженерных задачах

Тема 1. Мультисенсорная система для транспортного средства

Рассмотрена задача позиционирования и одометрии наземного транспортного средства с использованием GPS, IMU, энкодеров колёс и видеокамеры. Описана архитектура мультисенсорной системы локализации: модели движения, модели наблюдений, fusion-алгоритм. Представлена реализация нейросетевого модуля visual-inertial odometry на PyTorch. Проведена оценка производительности на открытых датасетах (KITTI, Oxford RobotCar).

Тема 2. Мультисенсорная навигация мобильного робота

Рассмотрена задача автономной навигации мобильного робота с использованием LiDAR, IMU и RGB-камеры. Описаны принципы одновременной локализации и построения карты (SLAM) на основе мультисенсорных данных. Представлена нейросетевая модель для оценки относительной позиции и ориентации робота. Рассмотрены инструментальные средства симуляции и тестирования: Gazebo, ROS-пакеты для работы с сенсорными данными.

Тема 3. Мониторинг состояния технических объектов

Представлена задача диагностики и мониторинга состояния технических объектов (транспортных средств, мостовых конструкций, оборудования) на основе данных вибрационных датчиков, термодатчиков и датчиков тока. Рассмотрена нейросетевая архитектура для обнаружения аномалий и прогнозирования остаточного ресурса. Описаны методы интерпретируемости нейросетевых моделей (SHAP, attention-визуализация) применительно к задачам промышленной диагностики.

Тема 4. Устойчивость, надёжность и отказоустойчивость мультисенсорных систем

Рассмотрены основные угрозы надёжности мультисенсорных систем: физическая деградация сенсора, потеря сигнала, засветка или засорение, атаки на данные (adversarial perturbations). Описаны методы обнаружения и компенсации отказа сенсора в алгоритмах fusion: мониторинг ковариации, детектор аномалий, переключение между режимами. Представлены подходы к оценке устойчивости нейросетевых моделей. Рассмотрена архитектурная избыточность как принцип проектирования надёжных систем.

Тема 5. Оценка и оптимизация производительности прототипа

Представлены методы профилирования нейросетевых моделей (torch.profiler, FLOPS-анализ) и оптимизации для работы в реальном времени: квантизация (INT8), прунинг, дистилляция знаний, ONNX-экспорт. Рассмотрены ограничения встраиваемых вычислительных платформ (NVIDIA Jetson, Raspberry Pi) и способы адаптации моделей. Описаны метрики производительности: задержка (latency), пропускная способность (throughput), энергопотребление. Приведены примеры оптимизации fusion-пайплайна.

Раздел 5. Курсовой проект (6 семестр)

Этап 1. Постановка задачи, обзор литературы и выбор архитектуры системы

Обучающиеся формулируют задачу курсового проекта из предложенного перечня тем или предлагают собственную тему, согласованную с преподавателем. Проводится обзор современных подходов к решению выбранной задачи мультисенсорного синтеза. Выполняется анализ существующих архитектур и обоснование выбора подхода. Составляется техническое задание, план работы и структура пояснительной записки.

Этап 2. Реализация базовых алгоритмических компонентов и нейросетевой модели

Выполняется программная реализация выбранного алгоритма слияния данных и нейросетевой архитектуры на Python/PyTorch. Реализуются вспомогательные модули: загрузка и подготовка датасета, конвейер препроцессинга, вычисление метрик. Проводится первичное обучение модели на подготовленных данных и анализ начальных результатов.

Этап 3. Интеграция, тестирование и оценка качества прототипа

Выполняется интеграция всех компонентов в единый прототип мультисенсорной системы. Проводится тестирование на контрольных данных, анализ ошибок, сравнение с базовым алгоритмом (baseline). Исследуется устойчивость системы при деградации отдельных сенсоров. Документируются результаты экспериментов и формулируются выводы о качестве работы системы.

Этап 4. Оформление и защита курсового проекта

Обучающиеся оформляют пояснительную записку к курсовому проекту в соответствии с установленными требованиями ГОСТ и кафедральными стандартами. Подготавливается презентация с описанием постановки задачи, архитектуры системы, деталей реализации и результатов экспериментов. Проводится публичная защита курсового проекта перед преподавателем и/или комиссией.

3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

3.4.1 Семинарские/практические занятия

Раздел 1. Введение в мультисенсорные системы и основы нейросетей

Практическое занятие №1: Разбор архитектур мультисенсорных систем на примерах из транспорта и робототехники. Классификация и области применения.

Практическое занятие №2: Математические модели сенсоров. Вывод уравнений шума и погрешности. Расчётные задачи на оценку точности измерений.

Практическое занятие №3: Архитектура MLP: вывод формул прямого и обратного распространения. Задачи классификации и регрессии на сенсорных данных.

Практическое занятие №4: Работа с PyTorch: разбор кода построения и обучения модели. Задачи на тензорные операции и вычислительный граф autograd.

Практическое занятие №5: Методы нормализации и предобработки сенсорных данных. Кейс: подготовка датасета для задачи слияния данных GPS и IMU.

Раздел 2. Алгоритмы обработки и слияния данных (классические методы)

Практическое занятие №6: Алгоритмы временной синхронизации. Задачи на линейную и сплайн-интерполяцию временных рядов разной частоты дискретизации.

Практическое занятие №7: Вывод уравнений фильтра Калмана. Расчётные задачи по оценке вектора состояния системы по двум источникам измерений.

Практическое занятие №8: Линеаризация нелинейных функций. Вывод матрицы Якобиана для EKF. Сравнительный анализ EKF и UKF на модельных задачах.

Практическое занятие №9: Байесовские методы слияния: постановка, разбор расчётных задач, кейс позиционирования по двум независимым датчикам.

Практическое занятие №10: Проектирование мультисенсорной системы: выбор архитектуры, критерии качества, формализация как оптимизационной задачи

Раздел 3. Нейросетевые архитектуры для мультисенсорного fusion

Практическое занятие №11: Проектирование архитектур early/late/mid-level fusion. Разбор схем из современных публикаций по автономному вождению.

Практическое занятие №12: Анализ CNN-архитектур для данных лидара и камеры. Разбор PointNet. Задачи на проектирование encoder-модулей.

Практическое занятие №13: Архитектуры LSTM/GRU для временных рядов. Задачи прогнозирования состояния объекта по данным IMU и вибродатчиков.

Практическое занятие №14: Механизм attention и трансформеры для sensor fusion. Разбор архитектуры TransFuser. Проектирование cross-modal attention.

Практическое занятие №15: Метрики качества мультисенсорных систем. Разбор методов валидации и ablation study на примере задачи навигации.

Раздел 4. Проектирование мультисенсорных систем в инженерных задачах

Практическое занятие №16: Кейс «Мультисенсорная локализация транспортного средства». Анализ архитектуры, разбор pipeline, постановка задачи проекта.

Практическое занятие №17: Кейс «Навигация мобильного робота». Проектирование fusion-пайплайна LiDAR+IMU. Разбор SLAM-подходов.

Практическое занятие №18: Кейс «Мониторинг состояния оборудования». Проектирование нейросетевой диагностической системы. Требования к отказоустойчивости.

3.4.2 Лабораторные занятия

Раздел 1. Введение в мультисенсорные системы и основы нейросетей

Лабораторная работа №1: «Обзор и классификация сенсоров. Анализ характеристик, шумовых моделей и погрешностей»

Лабораторная работа №2: «Моделирование сигналов от нескольких сенсоров с аддитивным гауссовским шумом на Python»

Лабораторная работа №3: «Реализация базовой нейросети (MLP) на PyTorch для задачи аппроксимации данных сенсора»

Раздел 2. Алгоритмы обработки и слияния данных (классические методы)

Лабораторная работа №4: «Алгоритмы временной синхронизации и интерполяции разнородных сенсорных данных»

Лабораторная работа №5: «Реализация одноканального фильтра Калмана для сглаживания и оценки состояния по данным сенсора»

Лабораторная работа №6: «Расширенный фильтр Калмана для слияния данных IMU и GPS в задаче позиционирования»

Лабораторная работа №7: «Байесовский подход к оценке состояния системы. Реализация MAP-оценщика»

Раздел 3. Нейросетевые архитектуры для мультисенсорного fusion

Лабораторная работа №8: «Нейросетевая модель early fusion для двух сенсоров: конкатенация признаков, обучение на PyTorch»

Лабораторная работа №9: «Мультисенсорная CNN-модель для обработки пространственных данных (камера + лидар)»

Лабораторная работа №10: «LSTM-модель для оценки траектории движения по данным IMU»

Лабораторная работа №11: «Обучение и оценка нейросетевого sensor fusion на реальных/симулированных данных. Анализ метрик качества»

Раздел 4. Проектирование мультисенсорных систем в инженерных задачах

Лабораторная работа №12: «Прототип мультисенсорной системы позиционирования транспортного средства (GPS + IMU + нейросеть)»

Лабораторная работа №13: «Мультисенсорная система мониторинга состояния технического объекта»

Лабораторная работа №14: «Оценка устойчивости и отказоустойчивости алгоритма fusion при деградации одного из сенсоров»

Лабораторная работа №15: «Оптимизация нейросетевой модели fusion: квантизация и оценка производительности в реальном времени»

3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

1. «Алгоритмический синтез мультисенсорной системы навигации наземного транспортного средства на основе нейросетей»
2. «Нейросетевая мультисенсорная система мониторинга состояния инфраструктурного объекта»
3. «Система слияния данных видеокамеры и IMU для оценки траектории движения транспортного средства»
4. «Разработка нейросетевого алгоритма fusion для объединения данных лидара и камеры в задаче обнаружения препятствий»
5. «Мультисенсорная система локализации мобильного робота на основе глубокого обучения»

6. «Нейросетевая система раннего обнаружения аномалий по данным вибрационных и температурных датчиков»

7. «Алгоритмический синтез системы ситуационной осведомлённости автономного транспортного средства»

8. «Мультисенсорная система управления транспортным средством: интеграция данных GPS, IMU и видеокамеры»

9. «Разработка отказоустойчивого нейросетевого алгоритма позиционирования при частичном пропадании сенсоров»

10. «Нейросетевая система классификации состояния дорожного покрытия по мультисенсорным данным»

11. «Синтез системы распознавания активности пользователя на основе слияния данных акселерометра и видеопотока»

12. «Мультисенсорная система оценки технического состояния транспортного средства на основе машинного обучения»

4 Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1 Нормативные документы и ГОСТы

1. ГОСТ Р 27.002-2009 «Надёжность в технике. Термины и определения».
2. ГОСТ Р 51897-2011 «Менеджмент риска. Термины и определения».
3. ГОСТ 34.601-90 «Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Стадии создания».

4.2 Основная литература

1. Платонов, А. В. Машинное обучение : учебное пособие для вузов / А. В. Платонов. — 2-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2026. — 89 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-20732-3. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/589132 (дата обращения: 07.04.2026).

2. Ким, Д. П. Теория автоматического управления : учебник и практикум для вузов / Д. П. Ким. — Москва : Издательство Юрайт, 2026. — 309 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-21250-1. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/583409 (дата обращения: 07.04.2026).

3. Ягодкина, Т. В. Теория автоматического управления : учебник и практикум для вузов / Т. В. Ягодкина, В. М. Беседин. — Москва : Издательство Юрайт, 2026. — 461 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-19566-8. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/583421 (дата обращения: 07.04.2026).

4. Кремер, Н. Ш. Теория вероятностей и математическая статистика : учебник и практикум для вузов / Н. Ш. Кремер. — 5-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2026. — 538 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-10004-4. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/587171 (дата обращения: 07.04.2026).

5. Воронов, М. В. Системы искусственного интеллекта : учебник и практикум для среднего профессионального образования / М. В. Воронов, В. И. Пименов, И. А. Небаев. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2026. — 268 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-17699-5. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/590238 (дата обращения: 07.04.2026).

6. Бессмертный, И. А. Системы искусственного интеллекта : учебник для вузов / И. А. Бессмертный. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2026. — 164 с.

— (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-18416-7. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/584276 (дата обращения: 07.04.2026).

7. Пантюшин, В. А. Дистанционное зондирование и фотограмметрия: оценка качества цифровой аэрофотосъемки материалов : учебное пособие для среднего профессионального образования / В. А. Пантюшин. — Москва : Издательство Юрайт, 2026. — 109 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-20727-9. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/589966 (дата обращения: 07.04.2026).

4.3 Дополнительная литература

1. Ким, Д. П. Теория автоматического управления. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы. Задачник : учебник для вузов / Д. П. Ким. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2026. — 331 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01459-4. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/584633 (дата обращения: 07.04.2026).

2. Гашков, С. Б. Дискретная математика : учебник и практикум для среднего профессионального образования / С. Б. Гашков, А. Б. Фролов. — 4-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2026. — 530 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-17715-2. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/587732 (дата обращения: 07.04.2026).

3. Станкевич, Л. А. Интеллектуальные системы и технологии : учебник и практикум для среднего профессионального образования / Л. А. Станкевич. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2026. — 478 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-20364-6. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/587749 (дата обращения: 07.04.2026).

4. Станкевич, Л. А. Интеллектуальные системы и технологии : учебник и практикум для вузов / Л. А. Станкевич. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2026. — 478 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-20363-9. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/583592 (дата обращения: 07.04.2026).

5. Вадутов, О. С. Электроника. Математические основы обработки сигналов : учебник и практикум для вузов / О. С. Вадутов. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 307 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-6551-3. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/537281 (дата обращения: 07.04.2026).

6. Белов, Л. А. Радиоэлектроника. Формирование стабильных частот и сигналов : учебник для вузов / Л. А. Белов. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2026. — 268 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-14694-3. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/586025 (дата обращения: 07.04.2026).

4.4 Электронные образовательные ресурсы

1. Официальная документация Python — https://docs.python.org/3/
2. Справочник по NumPy — https://numpy.org/doc/
3. Документация pandas— https://pandas.pydata.org/docs/
4. Документация scikit-learn Documentation — https://scikit-learn.org/stable/
5. Документация Matplotlib Documentation — https://matplotlib.org/stable/
6. Электронный ресурс Kaggle Learn — https://www.kaggle.com/learn
7. Электронный ресурс OpenML — https://www.openml.org/
8. Документация PyTorch — https://pytorch.org/docs/stable/index.html
9. Агрегатор статей и открытых реализаций алгоритмов Papers with Code — https://paperswithcode.com

4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

1. Visual Studio Code.
2. Jupyter Notebook / JupyterLab.
3. Библиотеки NumPy, Pandas, Matplotlib, Seaborn, Scikit-Learn, TensorFlow, PyTorch, SciPy, OpenCV.

4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. IEEE Xplore Digital Library — база данных научных публикаций по электронике, вычислительной технике и системам управления. URL: https://ieeexplore.ieee.org.

2. arXiv.org — открытый репозиторий препринтов по информатике и инженерным наукам. URL: https://arxiv.org.

3. Elsevier ScienceDirect — база данных научных журналов. URL: https://www.sciencedirect.com.

4. Google Scholar — поисковая система научных публикаций. URL: https://scholar.google.com.

5. KITTI Vision Benchmark Suite — эталонный датасет для задач компьютерного зрения и навигации. URL: https://www.cvlibs.net/datasets/kitti.

5 Материально-техническое обеспечение

Лабораторные практические занятия и самостоятельная работа студентов по дисциплине «Алгоритмический синтез мультисенсорных систем на основе нейросетей» проводятся в специализированной аудитории, оснащённой современной оргтехникой и персональными компьютерами с установленным программным обеспечением (Python 3.10+, PyTorch, Jupyter Notebook, NumPy, SciPy, Pandas, Matplotlib, OpenCV, ONNX Runtime) и доступом к локальному или облачному окружению Python, необходимому для выполнения практических заданий и работы с демонстрационными учебными наборами данных. Число рабочих мест в аудитории должно быть достаточным для обеспечения индивидуальной или парной работы студентов, а часть рабочих станций должна иметь доступ к GPU (NVIDIA, не менее 6 ГБ видеопамяти) либо к облачным вычислительным ресурсам (Google Colab Pro, Yandex Cloud) для обучения нейросетевых моделей. Рабочее место преподавателя должно быть оснащено современным компьютером, подключённым к проектору или интерактивной панели для вывода учебного материала на настенный экран, а также обеспечено доступом в Интернет для работы с образовательными платформами (Юрайт), открытыми датасетами и документацией фреймворков. Для проведения практических занятий и иллюстрации решений задач аудитория должна иметь доску (маркерную или меловую), а при необходимости — доступ к симуляторам мультисенсорных систем, эталонным датасетам (KITTI, nuScenes, собственные датасеты кафедры) и лабораторным образцам сенсоров (IMU-модуль, GPS-приёмник, видеокамера).

6 Методические рекомендации

6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

При подготовке к занятиям следует предварительно проработать материал занятия, предусмотрев его подачу точно в отведенное для этого время занятия. Следует подготовить необходимые материалы — теоретические сведения, демонстрационные примеры, наборы данных, шаблоны ноутбуков, практические задания и средства визуализации результатов. Целесообразно сочетать теоретическое объяснение с короткими интуитивными примерами, связанными с инженерными задачами: анализом сигналов, обработкой изображений,

классификацией состояния объектов и принятием решений в транспортных системах. Каждая лекционная тема должна сопровождаться практическим заданием, в котором студент проходит полный цикл: от загрузки данных до интерпретации результата.

При проверке работ и отчетов следует учитывать не только правильность выполнения задания, но и корректность подготовки данных, осмысленность выбора модели, интерпретацию метрик качества, аккуратность визуализации и аргументированность выводов.

6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Изучение дисциплины осуществляется в строгом соответствии с целевой установкой в тесной взаимосвязи с учебным планом. Основой подготовки студентов являются лекционные и практические занятия, в рамках которых формируются первоначальные представления о методах искусственного интеллекта и навыки их применения в Python.

В процессе самостоятельной работы студенты закрепляют и углубляют знания, полученные во время аудиторных занятий, повторяют теоретические понятия, дорабатывают практические задания, анализируют результаты мини-проектов и готовятся к промежуточной аттестации.

Особое внимание следует уделять не механическому использованию библиотек, а пониманию смысла выполняемых операций: что является признаком, что предсказывает модель, как интерпретируется ошибка и почему результат может оказаться нестабильным. При выполнении заданий рекомендуется сопровождать код краткими пояснениями, графиками и выводами по полученным результатам.

Самостоятельная работа осуществляется индивидуально. Контроль самостоятельной работы организуется в двух формах:

- самоконтроль и самооценка студента;
- контроль со стороны преподавателей (текущий и промежуточный).

Текущий контроль осуществляется на аудиторных занятиях, промежуточный контроль осуществляется на экзамене в письменной (устной) форме.

Критериями оценки результатов самостоятельной работы студента являются:

- уровень освоения студентом учебного материала;
- умения студента использовать теоретические знания при выполнении практических задач;
- сформированность компетенций;
- оформление материала в соответствии с требованиями.

7 Фонд оценочных средств

7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

Вводная лекция включает представление и описание итоговой работы, необходимой для оценивания уровня знаний по дисциплине. Студенты, чей уровень знаний достаточен для выполнения представленной работы самостоятельно, могут выполнить итоговую работу и защитить ее не позднее проведения первого рубежного контроля знаний. Дата проведения первого рубежного контроля объявляется преподавателем за неделю до его проведения и наступает в период первого месяца обучения.

В период изучения дисциплины будет проведено два теоретических рубежных контроля. Теоретический рубежный контроль включает три вопроса, ответы на которые оцениваются преподавателем по 5-ти бальной шкале. Рубежный контроль проводится строго в определенную дату и требует присутствия (очно или дистанционно) всех обучающихся.

Во время проведения лабораторных работ отмечаются студенты активно включенные в работу. Работа в течение семестра оценивается при выставлении итоговой оценки.

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

Промежуточная аттестация обучающихся в форме зачета проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине, при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра.

Шкала оценивания	Описание
Зачтено	Выполнены все **обязательные условия подготовки студента к промежуточной аттестации**, предусмотренные программой дисциплины. Студент продемонстрировал освоение необходимых знаний, умений и навыков в объеме, достаточном для достижения планируемых результатов обучения.
Не зачтено	Не выполнены **обязательные условия подготовки студента к промежуточной аттестации**, предусмотренные программой дисциплины, ИЛИ студент допустил существенные ошибки, свидетельствующие о недостаточном уровне сформированности знаний, умений и навыков и невозможности достижения планируемых результатов обучения.

Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (обязательные условия подготовки студента), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

Шкала оценивания	Описание
Отлично	Выполнены все **обязательные условия подготовки студента к промежуточной аттестации**, предусмотренные программой дисциплины. Студент оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при переносе знаний и умений на новые, нестандартные задачи.
Хорошо	Выполнены все **обязательные условия подготовки студента к промежуточной аттестации**, предусмотренные программой дисциплины. Студент оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками. В то же время при ответе допускает несущественные погрешности, задачи решает с недочетами, не влияющими на общий ход решения.
Удовлетворительно	Выполнены все **обязательные условия подготовки**

	студента к промежуточной аттестации, предусмотренные программой дисциплины. Студент оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками. Но показывает неглубокие знания, при ответе не допускает грубых ошибок или противоречий, однако в формулировании ответа отсутствует должная связь между анализом, аргументацией и выводами, в решении задач могут содержаться грубые ошибки. Для получения правильного ответа требуются уточняющие вопросы.
Неудовлетворительно	Не выполнены обязательные **условия подготовки студента к промежуточной аттестации**, предусмотренные программой дисциплины, ИЛИ студентом допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями.

7.3 Оценочные средства

7.3.1 Текущий контроль

Вопросы первого рубежного контроля

1. Дайте определение мультисенсорной системы. Чем она отличается от одиночного датчика?
2. Перечислите основные типы сенсоров и области их применения в транспортных и робототехнических системах.
3. Что такое sensor fusion? Назовите три уровня fusion и их отличия.
4. Опишите математическую модель сенсора с аддитивным гауссовским шумом.
5. Что такое MLP? Каков принцип работы алгоритма обратного распространения ошибки?
6. Перечислите основные функции активации и объясните их применение.
7. Для чего используется нормализация данных перед подачей в нейросеть?
8. Что такое autograd в PyTorch? Каков принцип вычисления градиентов?
9. В чём отличие EKF от стандартного фильтра Калмана? Что такое Якобиан?
10. Опишите принцип работы Unscented Kalman Filter (UKF) и его преимущества перед EKF.
11. Как формулируется байесовская задача слияния данных? Что такое апостериорная вероятность?
12. Сформулируйте задачу синтеза мультисенсорной системы как задачу оптимизации. Назовите возможные критерии качества.

Вопросы второго рубежного контроля

1. Опишите архитектуры CNN, LSTM и трансформера и приведите пример задачи sensor fusion для каждой.
2. В чём разница между early, late и mid-level fusion? Когда целесообразно применять каждый из подходов?
3. Что такое механизм внимания (attention)? Как он используется в задачах мультисенсорного fusion?
4. Назовите метрики качества для задач позиционирования (RMSE, ATE, RTE) и объясните их смысл.
5. Что такое ablation study? Зачем он проводится для мультисенсорных нейросетевых моделей?

6. Перечислите основные подходы к обеспечению отказоустойчивости мультисенсорной системы при пропадании одного из сенсоров.
7. Что такое квантизация нейросетевой модели? Как она влияет на производительность системы реального времени?

Вопросы итогового теста

1. Классификация мультисенсорных систем: комплементарные, избыточные, конкурентные.
2. Математические модели основных типов сенсоров. Гауссовский шум. Параметры оценки качества сенсора.
3. Алгоритм фильтра Калмана: постановка задачи, вывод уравнений, условия оптимальности.
4. Расширенный фильтр Калмана (EKF): линеаризация нелинейных функций, матрица Якобиана.
5. Unscented Kalman Filter (UKF): принцип sigma-точек, сравнение с EKF.
6. Байесовская оценка состояния системы: MAP и MLE для задачи слияния данных двух сенсоров.
7. Временная синхронизация сенсорных данных: методы и их ограничения.
8. Формализация задачи алгоритмического синтеза мультисенсорной системы. Критерии качества и ограничения.
9. Архитектура CNN для задач обработки пространственных сенсорных данных. PointNet.
10. Рекуррентные нейронные сети (LSTM, GRU) для обработки временных рядов сенсоров.
11. Уровни sensor fusion: early, late, mid-level. Сравнительный анализ.
12. Механизм attention в трансформерах и его применение к задачам мультисенсорного fusion.
13. Методы обучения нейросетевых моделей fusion: multi-task learning, предобучение, fine-tuning.
14. Метрики качества мультисенсорных систем для задач позиционирования и классификации.
15. Устойчивость, надёжность и отказоустойчивость мультисенсорных систем.
16. Оптимизация нейросетевых моделей для работы в реальном времени: квантизация, прунинг.
17. Мультисенсорная система позиционирования транспортного средства: архитектура, алгоритмы, датасеты.
18. Мультисенсорная навигация мобильного робота: SLAM, LiDAR+IMU fusion.
19. Нейросетевая диагностика состояния технических объектов по данным вибрационных и термодатчиков.
20. Pytorch: ключевые модули для разработки мультисенсорных нейросетевых систем.

7.3.2 Промежуточная аттестация

ТИПОВАЯ ПРОГРАММА ЗАЧЕТА

На зачёт студенты получают практико-ориентированное задание, позволяющее комплексно оценить знания, умения и практические навыки по дисциплине «Алгоритмический синтез мультисенсорных систем на основе нейросетей». Практическое задание предполагает работу с набором мультисенсорных данных, их предобработку, реализацию алгоритма слияния данных или обучение простой нейросетевой модели и интерпретацию полученного результата. Время выполнения задания без учёта времени проверки преподавателем — 40 минут.

ВРЕМЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ
40 минут.

ЗАДАНИЕ НА ЗАЧЕТ

Разработать и продемонстрировать прототип алгоритма обработки и слияния данных от нескольких сенсоров для одной из следующих учебных инженерных задач:

- фильтрация и оценка состояния объекта по данным одного сенсора с использованием фильтра Калмана;
- слияние данных двух сенсоров (например, акселерометр и GPS) для оценки положения объекта;
- нейросетевая классификация состояния транспортного объекта по данным нескольких датчиков;
- обнаружение аномалий в данных датчиков на основе простой нейросетевой или статистической модели.

Требования к выполнению задания:

1. Выполнить загрузку и первичный анализ мультисенсорного набора данных: типы сенсоров, частоты дискретизации, наличие пропусков и выбросов.
2. Провести базовую предобработку данных: нормализацию, временну́ю синхронизацию, удаление или замену пропущенных значений.
3. Выделить сенсорные потоки (признаки) и целевую переменную или наблюдаемое состояние.
4. Реализовать алгоритм слияния данных (фильтр Калмана) или обучить простую нейросетевую модель (MLP/LSTM) на PyTorch.
5. Оценить качество модели/алгоритма с использованием не менее одной метрики (RMSE, accuracy, F1) и одной визуализации.
6. Сформулировать краткий вывод о применимости полученного решения и его возможных ограничениях.
7. Представить файл ноутбука (.ipynb) или репозиторий с кодом и краткое устное объяснение результата.

Пример итогового проекта

В качестве итогового мини-проекта рекомендуется задача «Оценка положения транспортного средства по данным GPS и IMU». Студенты получают набор данных с показаниями акселерометра, гироскопа и GPS-координатами, реализуют одноканальный фильтр Калмана (либо LSTM-модель), вычисляют RMSE по сравнению с опорной траекторией и делают вывод об адекватности выбранной модели шума.

Альтернативный вариант — «Классификация режима движения транспортного средства по данным IMU». Студенты получают временны́е ряды акселерометра и гироскопа, строят MLP- или LSTM-модель классификации кинематического состояния (стоит / равномерное движение / торможение / поворот), оценивают точность и показывают, как мультисенсорные данные позволяют автоматически распознавать режимы движения.

ТИПОВАЯ ПРОГРАММА ЭКЗАМЕНА

Экзамен проводится по билетам. Билет включает в себя два теоретических вопроса и одну практическую задачу, позволяющих комплексно оценить знания, умения и практические навыки по дисциплине «Алгоритмический синтез мультисенсорных систем на основе нейросетей». Время выполнения задания без учёта времени его проверки преподавателем — 40 минут.

ВРЕМЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

40 минут.

ЗАДАНИЕ ЭКЗАМЕНА (Пример экзаменационных билетов)

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Экзамен по дисциплине: **Программирование**

Билет №

Вопрос 1.

Что такое мультисенсорная система? Приведите классификацию по типу взаимодействия сенсоров. Перечислите основные типы сенсоров, применяемых в задачах транспортной навигации и мобильной робототехники, и дайте определение понятию sensor fusion.

Вопрос 2.

Что такое фильтр Калмана? Запишите уравнения шага предсказания и шага коррекции. Объясните физический смысл матриц ковариации ошибки предсказания (P) и шума измерений (R). В каких условиях фильтр Калмана является оптимальным оценщиком состояния системы?

Задача

Разработайте Разработайте на языке Python алгоритм слияния данных акселерометра и GPS для оценки положения объекта по предложенному набору данных.
Требуется:

- загрузить и визуализировать данные от каждого сенсора отдельно;
- провести временну́ю синхронизацию данных GPS (10 Гц) и акселерометра (100 Гц);
- реализовать одноканальный фильтр Калмана для оценки позиции по одной из осей;
- построить график сравнения оценки фильтра с «сырыми» данными GPS;
- вычислить RMSE между результатом фильтрации и эталонной траекторией и сделать вывод.

УСЛОВИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

В качестве ответа представить ссылку на git-репозиторий или ноутбук (.ipynb) с кодом, графиками и кратким текстовым пояснением хода решения.