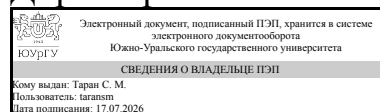


ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:

Директор



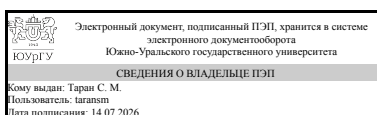
С. М. Таран

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.М0.09 Цифровые двойники в транспорте
для направления 23.04.02 Наземные транспортно-технологические комплексы
уровень Магистратура
магистерская программа Архитектура конструкторских процессов и систем на транспорте
форма обучения очная
кафедра-разработчик Передовая инженерная школа двигателестроения и специальной техники "Сердце Урала"

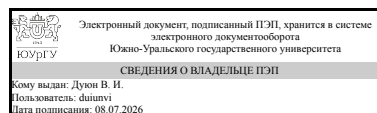
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 23.04.02 Наземные транспортно-технологические комплексы, утверждённым приказом Минобрнауки от 07.08.2020 № 917

Директор



С. М. Таран

Разработчик программы,
к.техн.н., доц., доцент



В. И. Дуюн

1. Цели и задачи дисциплины

Цель — сформировать у студентов системные знания и практические навыки в области разработки, внедрения и эксплуатации цифровых двойников для решения задач транспортной отрасли: от моделирования отдельных транспортных средств до управления сложными инфраструктурными системами

Краткое содержание дисциплины

Задачи: Изучить теоретические основы, архитектуру и классификацию цифровых двойников применительно к транспорту . Освоить методы сбора, обработки и анализа данных с датчиков, IoT-устройств и систем телеметрии . Получить навыки математического и компьютерного моделирования транспортных процессов и объектов с использованием Python и специализированного ПО . Научиться проектировать архитектуру и интегрировать цифровые двойники в существующую IT-инфраструктуру транспортных предприятий

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	Знает: базовые методы ИИ и принципы поиска, анализа и синтеза информации с применением современных цифровых технологий Умеет: применять базовые цифровые технологии, в том числе простейшие технологии искусственного интеллекта при решении типовых задач профессиональной деятельности в области наземных транспортно-технологических средств; Имеет практический опыт: использования элементов технологий искусственного интеллекта при решении простых задач профессиональной деятельности

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Бережливое производство, Перспективы развития наземных транспортных средств	Не предусмотрены

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Дисциплина	Требования
Перспективы развития наземных транспортных средств	Знает: принципы и преимущества использования системного подхода при решении типичных задач определения перспектив развития

	наземных транспортных средств Умеет: применять системный подход для решения поставленных задач Имеет практический опыт: применения простейших методов поиска, анализа информации с использованием информационных технологий; оформления результатов поиска, критического анализа и синтеза информации
Бережливое производство	Знает: способы выявления и анализа проблемных ситуаций при производстве и эксплуатации наземных транспортно-технологических средств Умеет: осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, возникающих при производстве и эксплуатации наземных транспортно-технологических средств Имеет практический опыт: проведения анализа проблемных ситуаций на основе системного подхода, возникающих при производстве и эксплуатации наземных транспортно-технологических средств

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч., 42,5 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам
		в часах
		Номер семестра
		3
Общая трудоёмкость дисциплины	144	144
<i>Аудиторные занятия:</i>	32	32
Лекции (Л)	16	16
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	16	16
Лабораторные работы (ЛР)	0	0
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	101,5	101,5
Подготовка к экзамену	21,5	21,5
Выполнение заданий для самостоятельной работы	50	50
Подготовка к занятиям	30	30
Консультации и промежуточная аттестация	10,5	10,5
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	экзамен

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Введение в цифровые двойники на транспорте	4	2	2	0
2	Архитектура и жизненный цикл цифрового двойника	4	2	2	0

3	Сбор, обработка и хранение данных	4	2	2	0
4	Математическое моделирование и симуляция	4	2	2	0
5	Разработка цифровых двойников на Python	4	2	2	0
6	Применение машинного обучения	4	2	2	0
7	Интеграция и бизнес-ценность	4	2	2	0
8	Передовые практики и кейсы	4	2	2	0

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Введение в цифровые двойники на транспорте. Понятие, эволюция и основные принципы. Классификация: статические, динамические, прогнозные. Роль цифровых двойников в концепции Индустрии 4.0 и "умных городов"	2
2	2	Архитектура и жизненный цикл цифрового двойника. Основные компоненты: физический объект, виртуальная модель, соединение (данные). Уровни зрелости цифрового двойника (от "цифровой тени" до полностью автономного). Жизненный цикл: от проектирования до эксплуатации и утилизации	2
3	3	Сбор, обработка и хранение данных. Источники данных: IoT-датчики, телеметрия, SCADA, системы управления активами (EAM) . Протоколы передачи данных: MQTT, OPC-UA, REST API . Работа с большими данными: потоковая обработка (Kafka), временные ряды, специализированные базы данных	2
4	4	Математическое моделирование и симуляция. Детерминированные и стохастические модели. Моделирование динамики транспортных средств (кинематика, энергопотребление) . Моделирование транспортных потоков и логистических цепочек . Использование специализированных сред: Simulink, AnyLogic	2
5	5	Разработка цифровых двойников на Python. Библиотеки для научных вычислений и моделирования: NumPy, SciPy, Pandas. Визуализация данных: Matplotlib, Seaborn, Plotly Dash. Практический пример: создание цифрового двойника транспортного средства или элемента инфраструктуры	2
6	6	Применение машинного обучения. Прогнозирование состояний оборудования (предиктивная аналитика). Обнаружение аномалий в данных датчиков. Оптимизация маршрутов и управления движением.	2
7	7	Интеграция и бизнес-ценность. Интеграция цифровых двойников в IT-ландшафт предприятия (DevOps, CI/CD) . Экономическая оценка эффективности: ROI, TCO, KPI . Управление конфигурацией и версионностью двойников (GitOps)	2
8	8	Передовые практики и кейсы. Анализ мировых внедрений: Deutsche Bahn, CRRC, Сименс. Вопросы безопасности, стандартизации и сертификации (ГОСТ, ISO)	2

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Введение в цифровые двойники на транспорте. Понятие, эволюция и основные принципы. Классификация: статические, динамические,	2

		прогнозные. Роль цифровых двойников в концепции Индустрии 4.0 и "умных городов"	
2	2	Архитектура и жизненный цикл цифрового двойника. Основные компоненты: физический объект, виртуальная модель, соединение (данные). Уровни зрелости цифрового двойника (от "цифровой тени" до полностью автономного). Жизненный цикл: от проектирования до эксплуатации и утилизации	2
3	3	Сбор, обработка и хранение данных. Работа с данными: сбор, очистка и предобработка данных с датчиков	2
4	4	Математическое моделирование и симуляция. Моделирование динамики транспортных средств (кинематика, энергопотребление) . Моделирование транспортных потоков и логистических цепочек . Использование специализированных сред: Simulink, AnyLogic	2
5	5	Разработка цифровых двойников на Python. Моделирование в Python: создание простых моделей динамики транспортного средства Интеграционный проект: создание прототипа цифрового двойника для решения конкретной транспортной задачи (например, оптимизация маршрута или мониторинг состояния инфраструктуры)	2
6	6	Применение машинного обучения. Визуализация: разработка интерактивных дашбордов для мониторинга состояния объекта. Прогнозная аналитика: построение модели машинного обучения для предсказания износа деталей	2
7	7	Интеграция и бизнес-ценность. Интеграция цифровых двойников в IT-ландшафт предприятия (DevOps, CI/CD) . Экономическая оценка эффективности: ROI, TCO, KPI . Управление конфигурацией и версионностью двойников (GitOps)	2
8	8	Передовые практики и кейсы. Анализ применения интеграционного проекта	2

5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Подготовка к экзамену	Практикум по автоматике : Математическое моделирование систем автоматического регулирования : учеб. пособие для вузов по агроинженер. специальностям / Б. А. Карташов, А. Б. Карташов, О. С. Козлов и др.; под ред. Б. А. Карташова. - М. : КолосС, 2006. - 183 с. : ил. Макарова Т. М. Программирование на языке Python : метод. указания к дисциплине для студентов хим. направлений подготовки проектного обучения (магистратура) / Т. М. Макарова ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Теорет. и приклад. химия ; ЮУрГУ. - Челябинск : Издательский центр ЮУрГУ, 2022. - 33, [2] с. : ил.. URL: http://www.lib.susu.ac.ru/ftd?base=SUSU_METHOD&key=00490229k	3	21,5
Выполнение заданий для самостоятельной работы	Макарова Т. М. Программирование на языке Python : метод. указания к дисциплине для студентов хим. направлений подготовки проектного обучения (магистратура) / Т. М. Макарова ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Теорет. и приклад. химия ; ЮУрГУ. - Челябинск : Издательский центр ЮУрГУ, 2022. - 33, [2] с. : ил.. URL:	3	50

	http://www.lib.susu.ac.ru/ftd?base=SUSU_METHOD&key=00490229k		
Подготовка к занятиям	Златопольский Д. М. Основы программирования на языке Python : учебник / Д. М. Златопольский. - 2-е изд.. - М. : ДМК ПРЕСС, 2018. - 394, [1] с. : ил.	3	30

6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

№ КМ	Се-местр	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учитывается в ПА
1	3	Текущий контроль	Задание 1	1	5	Порядок начисления баллов 1. Задание выполнено полностью - 5 2. Есть небольшие ошибки - 4 3. Есть ошибки, но модель работает - 3 4. Модель не работает, грубые ошибки - 0	экзамен
2	3	Текущий контроль	Задание 2	1	5	Порядок начисления баллов 1. Задание выполнено полностью - 5 2. Есть небольшие ошибки - 4 3. Есть ошибки, но модель работает - 3 4. Модель не работает, грубые ошибки - 0	экзамен
3	3	Текущий контроль	Задание 3	1	5	Порядок начисления баллов 1. Задание выполнено полностью - 5 2. Есть небольшие ошибки - 4 3. Есть ошибки, но модель работает - 3 4. Модель не работает, грубые ошибки - 0	экзамен
4	3	Текущий контроль	Задание 4	1	5	Порядок начисления баллов 1. Задание выполнено полностью - 5 2. Есть небольшие ошибки - 4 3. Есть ошибки, но модель работает - 3 4. Модель не работает, грубые ошибки - 0	экзамен
5	3	Текущий контроль	Задание 5	1	5	Порядок начисления баллов 1. Задание выполнено полностью - 5 2. Есть небольшие ошибки - 4 3. Есть ошибки, но модель работает - 3 4. Модель не работает, грубые ошибки - 0	экзамен
6	3	Промежуточная аттестация	Экзамен	-	5	На экзамене студент отвечает на вопросы по билетам. В билете 1 вопрос и 1 задача Порядок начисления баллов за ответ на вопрос: 5 баллов - Ответил на вопрос без ошибок. Показал глубокое знание учебного материала. Ответил на уточняющие вопросы без затруднения. 4 балла - Ответил на вопрос без серьезных ошибок. Дал ответы на уточняющие вопросы. Допускает незначительные	экзамен

					ошибки в формулировках, но смысл ответа при этом не искажается. 3 балла- Допускает значительные неточности в формулировках. На уточняющие вопросы отвечает с затруднениями. 0 баллов. Не ответил на вопрос. В ответах допущены грубые искажения формулировок. Допускает грубые ошибки при ответах на уточняющие вопросы. Не понимает смысла задаваемых вопросов по пройденной теме. Порядок начисления баллов за решение задачи: 1. Задача решена верно, студент может объяснить выбранный порядок решения -3 балла 2. Задача решена верно, студент понимает порядок решения, но не всегда может аргументированно объяснить действия – 2 балла 3. Задача в основном решена верно, есть неточности в использовании алгоритмов решения, студент не всегда понимает последовательность решения и затрудняется пояснить свои действия – 1 балл 4. Задача не решена или студент не понимает хода решения, не может объяснить выполненные действия – 0 баллов	
--	--	--	--	--	---	--

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
экзамен	Рейтинг обучающегося по дисциплине определяется по результатам текущего контроля. Студент вправе прийти на экзамен для улучшения своего рейтинга и получить оценку с учетом текущего рейтинга и баллов за промежуточное испытание	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ KM					
		1	2	3	4	5	6
УК-1	Знает: базовые методы ИИ и принципы поиска, анализа и синтеза информации с применением современных цифровых технологий	+	+	+	+	+	+
УК-1	Умеет: применять базовые цифровые технологии, в том числе простейшие технологии искусственного интеллекта при решении типовых задач профессиональной деятельности в области наземных транспортно-технологических средств;	+	+	+	+	+	+
УК-1	Имеет практический опыт: использования элементов технологий искусственного интеллекта при решении простых задач профессиональной	+	+	+	+	+	+

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Мак-Лоун Р. Р. Математическое моделирование / Пер. с англ. под ред. Ю. П. Гупало. - М. : Мир, 1979. - 277 с. : ил.
2. Финансовая математика : Математическое моделирование финансовых операций : учебное пособие по специальностям 060400 "Финансы и кредит", 060500 "Бухгалт. учет, анализ и аудит" / В. Я. Габескирия, О. М. Гусарова, Н. К. Кобелев и др.; под ред. В. А. Половникова, А. И. Пилипенко ; Всерос. заоч. финансово-экон. ин-т (ВЗФЭИ). - М. : Вузовский учебник: ВЗФЭИ, 2007. - 358, [1] с. : ил.
3. Макарова Т. М. Программирование на языке Python : метод. указания к дисциплине для студентов хим. направлений подготовки проектного обучения (магистратура) / Т. М. Макарова ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Теорет. и приклад. химия ; ЮУрГУ. - Челябинск : Издательский центр ЮУрГУ, 2022. - 33, [2] с. : ил.. URL: http://www.lib.susu.ac.ru/ftd?base=SUSU_METHOD&key=00490229k

б) дополнительная литература:

1. Златопольский Д. М. Основы программирования на языке Python : учебник / Д. М. Златопольский. - 2-е изд.. - М. : ДМК ПРЕСС, 2018. - 394, [1] с. : ил.
2. Седжвик Р. Программирование на языке Python : учеб. курс ; пер. с англ. / Р. Седжвик, К. Уэйн, Р. Дондеро. - М.; СПб. : Диалектика, 2019. - 736 с. : ил.
3. Практикум по автоматике : Математическое моделирование систем автоматического регулирования : учеб. пособие для вузов по агроинженер. специальностям / Б. А. Карташов, А. Б. Карташов, О. С. Козлов и др.; под ред. Б. А. Карташова. - М. : КолосС, 2006. - 183 с. : ил.
4. Самарский А. А. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры / А. А. Самарский, А. П. Михайлов. - 2-е изд., испр.. - М. : Физматлит, 2002. - 316 с. : ил.
5. Тихонов А. Н. Математическое моделирование технологических процессов и метод обратных задач в машиностроении. - М. : Машиностроение, 1990. - 263 с. : ил.

в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке: Не предусмотрены

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Макарова Т. М. Программирование на языке Python : метод. указания к дисциплине для студентов хим. направлений подготовки проектного обучения (магистратура) / Т. М. Макарова ; Юж.-Урал. гос. ун-т,

Каф. Теорет. и приклад. химия ; ЮУрГУ. - Челябинск : Издательский центр ЮУрГУ, 2022. - 33, [2] с. : ил.. URL:

http://www.lib.susu.ac.ru/ftd?base=SUSU_METHOD&key=00490229k

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Макарова Т. М. Программирование на языке Python : метод. указания к дисциплине для студентов хим. направлений подготовки проектного обучения (магистратура) / Т. М. Макарова ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Теорет. и приклад. химия ; ЮУрГУ. - Челябинск : Издательский центр ЮУрГУ, 2022. - 33, [2] с. : ил.. URL:
http://www.lib.susu.ac.ru/ftd?base=SUSU_METHOD&key=00490229k

Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Дополнительная литература	Электронный каталог ЮУрГУ	Зильберман С. З. Математическое моделирование электрических машин : учеб. пособие к лаб. работам / С. З. Зильберман ; Челяб. гос. техн.ун-т, Каф. Электромеханика и электромехан. системы ; ЮУрГУ. - Челябинск : Издательство ЧГТУ, 1992. - 59,[1] с. : ил.. URL: http://www.lib.susu.ac.ru/ftd?base=SUSU_METHOD&key=000033278

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Math Works-MATLAB (Simulink R2008a, SYMBOLIC MATH)(бессрочно)
2. Python Software Foundation-Python (бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Нет

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Практические занятия и семинары	319 (2)	Компьютеры, программное обеспечение, программы
Лекции	319 (2)	Компьютеры, программное обеспечение, программы