

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»
(РУТ (МИИТ))



Рабочая программа дисциплины (модуля),
как компонент образовательной программы
специализированного высшего образования
по направлению подготовки
09.04.01 Информатика и вычислительная техника,
утвержденной первым проректором РУТ (МИИТ)
Тимониным В.С.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Геоинформационные системы и анализ пространственных данных

Направление подготовки: 09.04.01 Информатика и вычислительная техника

Направленность (профиль): Искусственный интеллект и предиктивная аналитика в транспортных системах

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины (модуля) в виде электронного документа выгружена из единой корпоративной информационной системы управления университетом и соответствует оригиналу

Простая электронная подпись, выданная РУТ (МИИТ)
ID подписи: 5665
Подписал: заведующий кафедрой Нутович Вероника
Евгеньевна
Дата: 01.09.2026

1. Общие сведения о дисциплине (модуле).

Дисциплина направлена на подготовку востребованных инженеров-исследователей и архитекторов пространственных данных для транспортной отрасли. В условиях цифровизации инфраструктуры и перехода к интеллектуальным транспортным системам рынок испытывает дефицит специалистов, способных выстраивать автоматизированные конвейеры обработки геоданных и интегрировать их с алгоритмами машинного обучения. Студенты освоят полный жизненный цикл создания предиктивных геоаналитических подсистем – от семантического моделирования баз данных и топологической верификации телематических логов до генерации пространственных признаков и прототипирования веб-интерфейсов. Практическая работа строится на использовании импортозамещенного программного обеспечения и открытых стандартов, что гарантирует готовность выпускников к решению сложных инженерных задач в государственных и корпоративных секторах.

Целью освоения дисциплины является формирование у магистрантов системных компетенций в области проектирования, разработки и исследования интеллектуальных геоинформационных подсистем для предиктивного анализа транспортных потоков на основе методов пространственного машинного обучения.

Для достижения поставленной цели в рамках дисциплины решается комплекс задач, направленных на формирование у обучающихся способности: осуществлять сбор и очистку пространственно-временных данных с применением методологии ETL. Также решаются задачи по проектированию реляционно-пространственных баз данных и топологических правил для улично-дорожных сетей. Формируются навыки генерации информативных пространственных признаков и обучения предиктивных моделей градиентного бустинга. Завершающим этапом выступает интеграция алгоритмов искусственного интеллекта с геохранилищами и прототипирование интерактивных интерфейсов для конечных пользователей.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю).

Перечень формируемых результатов освоения образовательной программы (компетенций) в результате обучения по дисциплине (модулю):

ПК-2 - Способен осуществить сбор, очистку, подготовку и разметку данных используя методологию ETL для дальнейшего обучения моделей искусственного интеллекта;

ПК-4 - Способен проектировать, разрабатывать, тестировать и разворачивать интеллектуальные системы с применением перспективных методов исследования на основе мировых тенденций развития вычислительной техники и информационных технологий.

Обучение по дисциплине (модулю) предполагает, что по его результатам обучающийся будет:

Знать:

- фундаментальные концепции геоинформатики, классификацию пространственных данных и математические основы систем координат в приложении к транспортным сетям;
- теорию топологии, метрические операции и алгоритмы пространственного анализа векторных и растровых геометрических объектов;
- архитектуру, принципы семантического моделирования и проектирования реляционно-пространственных баз данных на базе СУБД PostgreSQL и расширения PostGIS;
- методы пространственного индексирования и стратегии оптимизации производительности сложных SQL-запросов к геохранилищам;
- концепцию, архитектурные паттерны и этапы реализации методологии ETL для пакетной и потоковой обработки зашумленных пространственно-временных данных;
- экосистему библиотек языка Python для программной манипуляции, трансформации и валидации векторных геоданных;
- математические модели и алгоритмы привязки точечных пространственно-временных логов к ребрам графа дорожной сети, включая вероятностные подходы;
- методы выявления, классификации и алгоритмического устранения топологических ошибок, разрывов и аномалий в геометрии транспортных сетей;
- принципы пространственно-временного обогащения данных и генерации информативных признаков для предиктивного моделирования;
- теоретические основы, математический аппарат и архитектуру алгоритмов градиентного бустинга на деревьях решений;
- метрики качества регрессии и классификации, методы пространственной кросс-валидации и стратегии предотвращения переобучения ML-моделей;
- методы интерпретируемости машинного обучения и оценки вклада сгенерированных пространственных признаков;

- архитектурные паттерны интеграции предиктивных ML-моделей с пространственными базами данных посредством REST API;
- принципы и инструменты прототипирования интерактивных веб-интерфейсов геоаналитики;
- технологии рендеринга, пространственной кластеризации и отображения векторных тайлов и тепловых карт в веб-среде;
- стандарты, методологии и инструменты инженерного документирования архитектурных решений и результатов исследований;
- этические нормы, алгоритмы анонимизации и правовые аспекты работы с персональными геоданными и цифровым следом;
- глобальные тенденции развития интеллектуальных транспортных систем, цифровых двойников инфраструктуры и роль пространственного анализа.

Уметь:

- проектировать реляционно-пространственную схему базы данных при помощи СУБД PostgreSQL и расширения PostGIS в условиях необходимости хранения топологически выверенной улично-дорожной сети и исторических телематических данных;
- разрабатывать автоматизированные ETL-пайплайны для очистки и пространственной трансформации данных при помощи языка Python и специализированных библиотек в условиях высокой степени зашумленности исходных GPS-треков;
- осуществлять алгоритмическую привязку точечных пространственно-временных логов к ребрам графа дорожной сети при помощи методов пространственного поиска в условиях необходимости последующей агрегации потоков по сегментам сети;
- генерировать пространственно-временные признаки для алгоритмов машинного обучения при помощи пространственных SQL-запросов и векторных операций в условиях ограниченной вычислительной мощности;
- обучать и валидировать предиктивные модели градиентного бустинга при помощи специализированных библиотек в условиях необходимости обеспечения интерпретируемости вклада пространственных признаков;
- прототипировать интерактивные веб-интерфейсы интеллектуальных систем геоаналитики при помощи современных фреймворков в условиях необходимости отображения предиктивных тепловых карт для не-технического специалиста;
- интегрировать компоненты ETL, пространственной базы данных и ML-моделей в единую архитектуру при помощи REST API в условиях соблюдения требований к производительности пространственных запросов;

- документировать архитектурные решения и метрики качества разработанной интеллектуальной подсистемы при помощи офисных пакетов в условиях соблюдения стандартов оформления инженерной документации.

Владеть:

- методологией проведения прикладных геоинформационных исследований и оформления инженерной документации;
- навыками архитектурного проектирования интеллектуальных подсистем в условиях неопределенности исходных пространственных данных.

3. Объем дисциплины (модуля).

3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 2 з.е. (72 академических часа(ов)).

3.2. Объем дисциплины (модуля) в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении учебных занятий:

Тип учебных занятий	Количество часов	
	Всего	Семестр №1
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	48	48
В том числе:		
Занятия лекционного типа	16	16
Занятия семинарского типа	32	32

3.3. Объем дисциплины (модуля) в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации составляет 24 академических часа (ов).

3.4. При обучении по индивидуальному учебному плану, в том числе при ускоренном обучении, объем дисциплины (модуля) может быть реализован полностью в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации.

4. Содержание дисциплины (модуля).

4.1. Занятия лекционного типа.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
1	Фундаментальные основы геоинформатики и математический аппарат пространственного анализа Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none">- классификация пространственных данных и базовые концепции геоинформатики в приложении к транспортным сетям;- математические основы систем координат, проекций и их влияние на точность транспортных расчетов;- теория топологии и метрические операции над векторными и растровыми геометрическими объектами.
2	Архитектура геохранилищ и семантическое моделирование пространственных БД Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none">- принципы проектирования реляционно-пространственных баз данных для хранения улично-дорожных сетей;- архитектура и возможности СУБД PostgreSQL и расширения PostGIS;- методы хранения исторических телематических данных и атрибутивной информации.
3	Пространственное индексирование и оптимизация геоаналитических запросов Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none">- алгоритмы и структуры пространственного индексирования;- стратегии оптимизации производительности сложных SQL-запросов к геохранилищам;- оценка вычислительной сложности пространственных операций в транспортных задачах.
4	Методология ETL и программная экосистема обработки геоданных Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none">- архитектурные паттерны и этапы реализации ETL для пакетной обработки пространственно-временных данных;- экосистема библиотек языка Python для манипуляции геоданными;- методы программной трансформации и валидации векторных слоев.
5	Топологическая верификация и алгоритмы привязки треков Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none">- методы выявления и алгоритмического устранения топологических ошибок и разрывов в геометрии сетей;- математические модели привязки точечных пространственно-временных логов к ребрам графа;- вероятностные подходы и алгоритмы динамического программирования в задаче Map Matching.
6	Пространственно-временной Feature Engineering для предиктивного моделирования Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none">- принципы пространственного обогащения данных и генерации информативных признаков;- методы расчета сетевых, метрических и контекстных признаков для участков транспортных сетей;- формирование целевых переменных и разметка данных для алгоритмов машинного обучения.
7	Предиктивное моделирование и интерпретируемость ИИ-моделей Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none">- теоретические основы и математический аппарат градиентного бустинга на деревьях решений;- метрики качества регрессии и классификации, методы пространственной кросс-валидации;- методы объяснимого искусственного интеллекта и оценка важности пространственных признаков.
8	Интеграция интеллектуальных систем, веб-визуализация и этика геоданных Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none">- архитектурные паттерны интеграции ML-моделей с пространственными БД посредством REST

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	<p>API;</p> <ul style="list-style-type: none"> - технологии рендеринга векторных тайлов и прототипирование веб-интерфейсов; - этические нормы, алгоритмы анонимизации и правовые аспекты работы с цифровым следом; - глобальные тенденции развития интеллектуальных транспортных систем и цифровых двойников.

4.2. Занятия семинарского типа.

Практические занятия

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
1	<p>Анализ предметной области и выбор систем координат для транспортной сети</p> <p>Студент анализирует предметную область интеллектуального мониторинга транспортных потоков и обосновывает выбор оптимальной системы координат. Магистрант рассчитывает геодезические параметры для минимизации искажений при вычислении длин участков улично-дорожной сети. По итогам исследования обучающийся составляет аналитическую записку с математическим обоснованием применяемых проекций.</p>
2	<p>Проектирование реляционно-пространственной схемы базы данных</p> <p>Обучающийся проектирует реляционно-пространственную схему базы данных для хранения топологии графа и исторических телематических логов. Студент чертит ER-диаграммы с учетом типов геометрических объектов и описывает связи между атрибутивными таблицами. Результатом работы выступает спецификация структуры геохранилища.</p>
3	<p>Разработка топологических правил и ограничений целостности</p> <p>Студент разрабатывает свод топологических правил для предотвращения появления висячих узлов и самопересечений в моделируемой сети. Обучающийся составляет набор SQL-скриптов и инструкций для автоматической валидации геометрии ребер. Магистрант описывает логику обработки нарушений целостности при импорте новых данных.</p>
4	<p>Формирование технического задания на импорт базовой геометрии</p> <p>Магистрант формирует техническое задание и алгоритмическую схему импорта базовой векторной геометрии из открытых источников. Студент описывает последовательность трансформаций систем координат и правила маппинга атрибутивных тегов. Результатом является блок-схема процесса первичного наполнения геохранилища.</p>
5	<p>Анализ сырых телематических данных и выявление аномалий</p> <p>Студент проводит статистический анализ сырых пространственно-временных данных телеметрии для выявления грубых промахов. Обучающийся составляет профиль данных и классифицирует типы ошибок GPS-треков. По итогам работы формируется стратегия алгоритмической фильтрации выбросов.</p>
6	<p>Проектирование алгоритма очистки геометрий и устранения разрывов</p> <p>Обучающийся проектирует конвейер очистки геометрий и алгоритмы устранения топологических разрывов в сегментах сети. Студент описывает логику сглаживания треков и правила операций привязки в виде псевдокода. Магистрант обосновывает выбранные пороги допусков для процедур snapping и упрощения линий.</p>
7	<p>Разработка логики алгоритма привязки точечных логов к ребрам графа</p> <p>Магистрант разрабатывает математическую модель привязки точечных логов к ребрам графа с использованием вероятностных подходов. Студент рассчитывает матрицы эмиссий и переходов для алгоритмов скрытых марковских моделей. Результатом работы является архитектурная схема модуля Map Matching.</p>
8	<p>Планирование процедур агрегации потоков и расчета метрик</p> <p>Студент планирует процедуры пространственной агрегации очищенных потоков и расчета базовых метрик загруженности. Обучающийся разрабатывает спецификацию витрин данных и SQL-</p>

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
	запросов для сводки скоростных характеристик. Магистрант описывает логику временных окон для анализа пиковых нагрузок.
9	Генерация пространственно-временных признаков и обогащение датасета Обучающийся осуществляет концептуальное проектирование процедур пространственного обогащения данных. Студент описывает методы расчета сетевых метрик и плотности объектов инфраструктуры в буферных зонах. По итогам занятия формируется реестр информативных признаков для моделирования.
10	Формирование целевой переменной и стратегии пространственной разметки Студент формирует целевую переменную и разрабатывает стратегию пространственно-временной разметки данных. Обучающийся обосновывает пороговые значения для классификации транспортных аномалий. Магистрант описывает методы балансировки классов в условиях несимметричного распределения заторов.
11	Проектирование архитектуры модели градиентного бустинга Магистрант проектирует архитектуру предиктивной модели и осуществляет теоретический подбор начальных гиперпараметров. Студент составляет план пространственной кросс-валидации для предотвращения утечки данных. Результатом работы является спецификация обучающей выборки и метрик оценки.
12	Анализ важности пространственных признаков и интерпретация результатов Обучающийся анализирует важность сгенерированных признаков и интерпретирует результаты моделирования. Студент готовит аналитический отчет с визуализацией вклада различных геометрических факторов в итоговый прогноз. Магистрант формулирует рекомендации по оптимизации инфраструктуры на основе выводов модели.
13	Проектирование архитектуры интеграции ML-модели с геохранилищем Студент проектирует архитектуру интеграции обученной модели с базой данных и описывает контракты REST API. Обучающийся чертит схемы асинхронного взаимодействия компонентов системы. Магистрант обосновывает выбор форматов сериализации векторных тайлов и атрибутивных ответов.
14	Разработка макета интерактивного веб-интерфейса Магистрант разрабатывает интерактивный макет веб-интерфейса для визуализации предиктивных тепловых карт. Студент описывает сценарии пользовательского взаимодействия и логику пространственной кластеризации объектов. Результатом является прототип дашборда для не-технических специалистов.
15	Планирование сценариев нагрузочного тестирования Обучающийся планирует сценарии нагрузочного тестирования интеллектуальной подсистемы. Студент рассчитывает требования к производительности пространственных SQL-запросов при пиковых обращениях. Магистрант составляет профиль тестирования и спецификацию метрик времени отклика.
16	Структурирование инженерного паспорта системы Студент структурирует инженерный паспорт разработанной системы и подготавливает финальную защитную документацию. Обучающийся объединяет архитектурные схемы, спецификации ETL-процессов и отчеты о качестве модели. Магистрант оформляет итоговое R&D-портфолио в строгом соответствии со стандартами.

4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

№ п/п	Вид самостоятельной работы
1	Изучение рекомендованной литературы.
2	Подготовка к промежуточной аттестации.

5. Перечень изданий, которые рекомендуется использовать при освоении дисциплины (модуля).

№ п/п	Библиографическое описание	Место доступа
1	Душкин, Р. В. Интеллектуальные транспортные системы : монография / Р. В. Душкин. — Москва : ДМК Пресс, 2020. — 280 с. — ISBN 978-5-97060-887-6. — Текст : электронный	Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/190755 (дата обращения: 18.06.2026)
2	Интеграция знаний в цифровых инфраструктурах пространственных данных : монография / С. А. Ямашкин, А. А. Ямашкин, Е. О. Ямашкина, В. В. Занозин. — Саранск : МГУ им. Н.П. Огарева, 2021. — 216 с. — ISBN 978-5-7103-4242-8. — Текст : электронный	Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/311555 (дата обращения: 18.06.2026)
3	Груздев, А. В. Предварительная подготовка данных в Python / А. В. Груздев. — Москва : ДМК Пресс, 2023 — Том 1 : Инструменты и валидация — 2023. — 816 с. — ISBN 978-5-93700-156-6. — Текст : электронный	Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/314945 (дата обращения: 18.06.2026)
4	Жуковский, О. И. Геоинформационные системы : учебное пособие / О. И. Жуковский. — Москва : ТУСУР, 2014. — 130 с. — ISBN 978-5-4332-0194-1. — Текст : электронный	Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/110359 (дата обращения: 18.06.2026)
5	Комиссаров, А. В. Автоматизированные технологии сбора и обработки пространственных данных : учебник / А. В. Комиссаров. — Новосибирск : СГУГиТ, 2016. — 307 с. — ISBN 978-5-87693-988-3. — Текст : электронный	Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/157309 (дата обращения: 18.06.2026)
6	Кадочникова, Е. И. Статистический анализ пространственных данных : учебное пособие / Е. И. Кадочникова, Ю. А. Варламова. — Казань : КФУ, 2023. — 140 с. — ISBN 978-5-00130-700-6. — Текст : электронный	Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/332354 (дата обращения: 18.06.2026)

6. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, которые могут использоваться при освоении дисциплины (модуля).

Электронно-библиотечная система «Лань» – <https://e.lanbook.com/>;

Официальная документация PostGIS – <https://postgis.net/documentation/manual/>;

Официальная документация GeoPandas – <https://geopandas.org/en/stable/docs.html>;

Официальная документация CatBoost – <https://catboost.ai/docs/en/>;

Официальная документация Streamlit – <https://docs.streamlit.io/>.

7. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства, необходимого для освоения дисциплины (модуля).

отечественные операционные системы – сертифицированные дистрибутивы Linux для развертывания серверной инфраструктуры и ETL-процессов;

русские офисные пакеты – инструменты для подготовки инженерной документации, аналитических записок и презентаций по ГОСТ;

открытые среды разработки – интерактивные блокноты и редакторы кода для прототипирования алгоритмов и работы с виртуальными окружениями;

реляционные СУБД – системы управления базами данных с пространственными расширениями из реестра отечественного ПО;

фреймворки машинного обучения – библиотеки для манипуляции векторными геоданными, трансформации координат и построения моделей градиентного бустинга;

платформы веб-визуализации – инструменты для быстрого создания интерактивных дашбордов и геоаналитических интерфейсов;

средства тестирования API – открытые утилиты для проверки контрактов взаимодействия между ML-моделями и геохранилищами.

8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю).

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные компьютерной техникой и наборами демонстрационного оборудования.

Для практических занятий – наличие персональных компьютеров вычислительного класса.

9. Форма промежуточной аттестации:

Зачет в 1 семестре.

10. Оценочные материалы.

Оценочные материалы, применяемые при проведении промежуточной аттестации, разрабатываются в соответствии с локальным нормативным актом РУТ (МИИТ).

Авторы:

старший преподаватель кафедры
«Цифровые технологии управления
транспортными процессами»

И.С. Разживайкин

Согласовано:

Заведующий кафедрой ЦТУТП

В.Е. Нутович

Председатель учебно-методической
комиссии

Н.А. Андриянова