

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
20.04.01 Техносферная безопасность,
утвержденной первым проректором РУТ (МИИТ)
Тимониным В.С.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Основы математического моделирования транспортных систем

Направление подготовки: 20.04.01 Техносферная безопасность

Направленность (профиль): Гигиена и техносферные риски транспортных систем

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: 9116
Подписал: заведующий кафедрой Вильк Михаил Франкович
Дата: 30.06.2026

1. Общие сведения о дисциплине (модуле).

Цель дисциплины «Основы математического моделирования транспортных систем» — сформировать у обучающихся способность применять математический аппарат для описания, анализа и оптимизации транспортных процессов, обеспечивая обоснованный выбор управленческих решений в транспортной сфере; к задачам относятся освоение методов построения детерминированных и стохастических моделей транспортных потоков, изучение алгоритмов решения транспортных задач (в том числе с использованием специализированного ПО), выработка навыков верификации и валидации моделей, а также интерпретации результатов моделирования для повышения эффективности и устойчивости транспортных систем.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю).

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

ПК-1 - Способен анализировать результаты теоретических и экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию технологических процессов транспортного производства, решать вопросы реализации результатов исследований и разработок, готовить научные публикации;

ПК-2 - Способность анализировать и планировать ключевые показатели транспортной отрасли и оптимизировать бизнес-процессы.

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

Знать:

методы теоретического и экспериментального исследования в транспортном производстве, подходы к статистической обработке и верификации данных, требования к оформлению научно-технической документации и публикаций, а также нормативные и правовые основы внедрения результатов разработок в технологические процессы.

Уметь:

интерпретировать результаты исследований с учётом специфики транспортных систем, выявлять узкие места и резервы повышения эффективности, формулировать технически и экономически обоснованные рекомендации по совершенствованию процессов, структурировать материалы для отчётов и научных статей.

Владеть:

инструментами анализа данных и моделирования транспортных процессов, навыками представления результатов в виде графиков, таблиц и расчётных схем, приёмами подготовки публикаций для рецензируемых изданий, а также методами согласования и сопровождения внедрения разработок на предприятиях транспортной отрасли.

Знать:

систему ключевых показателей эффективности (KPI) в транспортной отрасли, методики их расчёта и мониторинга, современные инструменты планирования и оптимизации бизнес-процессов (включая Lean, Six Sigma, методы сетевого планирования), а также нормативно-правовую и отраслевую базу, регулирующую деятельность транспортных предприятий.

Уметь:

собирать, систематизировать и анализировать данные по основным показателям работы транспортной системы, выявлять факторы, влияющие на эффективность, строить прогнозные и оптимизационные модели, разрабатывать мероприятия по улучшению показателей с учётом ограничений по безопасности, экологии и экономике.

Владеть:

цифровыми инструментами и ПО для анализа данных и моделирования бизнес-процессов, методами оценки экономической и технологической эффективности предлагаемых решений, навыками формирования планов мероприятий и контроля их реализации, а также приёмами презентации и защиты проектных предложений перед заинтересованными сторонами.

3. Объем дисциплины (модуля).**3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).**

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 4 з.е. (144 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):	24	24
В том числе:		

Занятия лекционного типа	8	8
Занятия семинарского типа	16	16

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 120 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	Введение в математическое моделирование транспортных систем: понятия, цели, классификация моделей. Раскрытие сущности модели и моделирования применительно к транспорту; виды моделей (детерминированные/стохастические, статические/динамические, аналитические/имитационные); этапы построения модели; критерии адекватности и области применения в транспортной отрасли.
2	Основы теории транспортных сетей и графовые модели. Представление транспортной инфраструктуры в виде графа: вершины, дуги, веса; матрицы смежности и инцидентности; задачи поиска кратчайших путей (алгоритмы Дейкстры, Флойда–Уоршелла) и их применение для оптимизации маршрутов и оценки связности сети.
3	Транспортная задача линейного программирования и методы её решения. Математическая постановка классической транспортной задачи по критерию минимума транспортных издержек; методы построения начального опорного плана (северо-западный угол, метод минимального элемента); решение методом потенциалов; анализ вырожденности и альтернативных планов.
4	Модели распределения транспортных потоков и равновесные состояния Принципы формирования транспортных корреспонденций; гравитационные и энтропийные модели; модели пользовательского равновесия (Уордроп) и системного оптимума; калибровка параметров на основе данных обследований и матриц корреспонденций.
5	Оптимизация маршрутизации и задачи коммивояжера в транспортных приложениях. Постановка задач маршрутизации (VRP, VRP с ограничениями по вместимости и времени); эвристические методы (Кларка–Райта, локальные поиски); задача коммивояжера и её модификации для развозочно-сборных маршрутов; учёт технологических и временных окон.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
6	Стохастические модели и учёт неопределённости в транспортных системах. Источники неопределённости (спрос, время движения, отказы техники); вероятностные распределения параметров; модели на базе теории очередей для узлов транспортной сети (посты погрузки/разгрузки, пункты пропуска); оценка надёжности и устойчивости маршрутов.
7	Имитационное моделирование транспортных процессов. Принципы дискретно-событийного и агентного моделирования; структура имитационной модели, входные и выходные переменные; валидация и верификация; применение специализированного ПО (AnyLogic, Arena, SUMO) для анализа пропускной способности и задержек.
8	Методы прогнозирования объёмов перевозок и временных рядов. Анализ динамики грузо- и пассажиропотоков; декомпозиция временного ряда (тренд, сезонность, случайная компонента); скользящие средние, экспоненциальное сглаживание, ARIMA-модели; оценка точности прогнозов и выбор критерия (MAE, RMSE).
9	Многокритериальная оптимизация и принятие решений в транспортных задачах. Постановка многокритериальных задач (стоимость, время, экологичность, безопасность); методы свёртки критериев, построение множества Парето; анализ компромиссов и роль лица, принимающего решения; примеры выбора стратегии развития транспортного узла.
10	Интеграция моделей и цифровые платформы для управления транспортными системами. Концепция цифровых двойников транспортных систем; взаимодействие оптимизационных, имитационных и прогнозных моделей; источники данных (GPS, датчики, ГИС) и требования к качеству данных; обзор современных платформ и стандартов обмена данными в транспортном моделировании.

4.2. Занятия семинарского типа.

Лабораторные работы

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
1	Построение и анализ транспортной сети в виде графа: расчёт матриц смежности и инцидентности, поиск кратчайших путей На примере реальной или условной улично-дорожной сети студенты строят граф, формируют матрицы, реализуют алгоритмы Дейкстры и Флойда–Уоршелла (в Excel/Python/Mathcad), сравнивают результаты и оценивают вычислительную сложность методов.
2	На примере реальной или условной улично-дорожной сети студенты строят граф, формируют матрицы, реализуют алгоритмы Дейкстры и Флойда–Уоршелла (в Excel/Python/Mathcad), сравнивают результаты и оценивают вычислительную сложность методов. Студенты формируют матрицу затрат и балансов поставок/потребностей, строят начальный план методами «северо-западного угла» и «минимального элемента», выполняют оптимизацию методом потенциалов, анализируют альтернативные решения и чувствительность к изменениям параметров.
3	Моделирование распределения транспортных потоков: калибровка гравитационной модели по матрице корреспонденций. На основе заданных или собранных данных студенты подбирают параметры гравитационной функции, калибруют модель по наблюдаемым потокам, оценивают точность аппроксимации и интерпретируют экономический смысл коэффициентов.
4	Оптимизация маршрутов доставки: решение задачи коммивояжёра и VRP с ограничениями.

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
	С использованием эвристик (метод Кларка–Райта, локальные поиски) студенты строят оптимальные маршруты для парка транспортных средств с учётом грузоподъёмности и временных окон, сравнивают варианты по суммарному пробегу и времени, визуализируют результаты на карте.
5	Имитационное моделирование работы транспортного узла (погрузочно-разгрузочного пункта) средствами дискретно-событийного подхода. В AnyLogic/Arena студенты создают модель узла как системы массового обслуживания, задают распределения интервалов прибытия и длительности обслуживания, оценивают показатели эффективности (длину очереди, загрузку персонала, простой техники) и тестируют сценарии оптимизации.
6	Прогнозирование объёмов перевозок: построение и верификация моделей временных рядов. На реальных данных грузо- или пассажиропотоков студенты выполняют декомпозицию ряда, подбирают модели скользящего среднего, экспоненциального сглаживания или ARIMA, оценивают точность прогнозов по метрикам MAE/RMSE, выбирают оптимальную модель и строят доверительные интервалы.
7	Стохастическое моделирование транспортных процессов: учёт неопределённости параметров методом Монте-Карло. Студенты задают вероятностные распределения для ключевых параметров (время в пути, спрос, отказы техники), проводят серию имитационных прогонов, строят распределения выходных показателей, рассчитывают риски превышения сроков/бюджета и определяют устойчивые решения.
8	Многокритериальная оптимизация транспортного плана: построение множества Парето и выбор компромиссного решения На примере задачи распределения грузов или расписания рейсов студенты формулируют несколько критериев (стоимость, время, выбросы), строят множество Парето, применяют методы свёртки и анализа компромиссов, обосновывают выбор решения с учётом приоритетов ЛПР.
9	Верификация и валидация транспортной модели: проверка адекватности и анализ чувствительности. Студенты проводят тесты на корректность логики модели, сравнивают результаты с эталонными данными, выполняют анализ чувствительности к ключевым параметрам, оценивают доверительные интервалы и формулируют рекомендации по улучшению качества модели.
10	Интеграция данных и построение прототипа цифрового двойника участка транспортной сети. Используя ГИС-данные, статистику потоков и параметры инфраструктуры, студенты формируют единый информационный каркас модели, настраивают обмен данными между модулями (прогноз, оптимизация, имитация), визуализируют результаты и описывают требования к масштабированию решения для реальной эксплуатации.

4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

№ п/п	Вид самостоятельной работы
1	Подготовка к лабораторным работам
2	Выполнение курсовой работы.
3	Подготовка к промежуточной аттестации.

4.4. Примерный перечень тем курсовых работ

- Оптимизация транспортной сети города с применением графовых моделей и алгоритмов поиска кратчайших путей.
- Решение многопродуктовой транспортной задачи с учётом ограничений по инфраструктуре и тарифам..
- Моделирование и оптимизация развозочных маршрутов для парка разнородных транспортных средств (CVRP).
- Прогнозирование пассажиропотоков на городском маршруте с использованием временных рядов и машинного обучения.
- Имитационное моделирование работы транспортного узла (станции/терминала) как системы массового обслуживания
- Оценка влияния неопределённости параметров на устойчивость транспортного плана методом Монте Карло.
- Многокритериальная оптимизация расписания движения общественного транспорта.
- Калибровка и верификация гравитационной модели распределения транспортных потоков по данным обследований.
- Разработка цифрового прототипа фрагмента транспортной системы (участка сети) с интеграцией прогнозных, оптимизационных и имитационных модулей.
- Анализ устойчивости и надёжности транспортной сети при частичных отказах элементов (перекрытиях, авариях).

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

№ п/п	Библиографическое описание	Место доступа
1	Математическое моделирование технических систем Тарасик Владимир Петрович Учебник НИЦ ИНФРА-М , 2024	https://znanium.ru/catalog/document?id=436739
2	Математическое моделирование Истягина Елена Борисовна, Пьяных Артём Анатольевич, Пьяных Татьяна Анатольевна Учебное пособие Сибирский федеральный университет , 2022	https://znanium.ru/catalog/document?id=432453

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

Росстат (rosstat.gov.ru) — статистика по объемам грузо- и пассажироперевозок, подвижному составу, инфраструктуре по регионам и видам транспорта; подходит для макромоделей и прогнозирования.

Единая межведомственная информационно-статистическая система (ЕМИСС) (fedstat.ru) — агрегированные показатели транспортной отрасли, в том числе динамика и территориальное распределение; удобно для построения трендов и калибровки моделей.

Открытые данные Минтранса России (mintrans.gov.ru/opendata) — сведения о дорожной сети, маршрутах, инфраструктурных проектах; полезны для построения графов транспортных сетей.

Портал открытых данных Москвы (data.mos.ru) и аналогичные порталы крупных городов — данные по общественному транспорту, загруженности дорог, остановкам, парковкам; хороши для городских транспортных моделей и имитации.

ФГИС СКДФ (федеральная государственная информационная система контроля дорожного фонда) — данные о состоянии и характеристиках автомобильных дорог; применимы при оценке пропускной способности и надёжности сети.

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

AnyLogic. Универсальная платформа для имитационного моделирования. В ней есть специализированные библиотеки для транспортных задач: можно моделировать сложные системы, комбинируя разные подходы (дискретно-событийный, агентный, системная динамика). Подходит для логистики, управления очередями, оптимизации работы терминалов. Есть разные варианты лицензирования: Professional (для сложных проектов и интеграции), University Researcher (для учебных и публичных исследований), а также облачные опции.

TransNet. Российская разработка, нацеленная именно на прогноз автомобильных и пассажирских потоков в транспортных сетях на основе математического моделирования. Часто выбирают для задач, где важна работа с отечественной терминологией и данными.

RITM?. Интеграционная платформа (тоже российская). Её сильная сторона — объединение разрозненных данных и подсистем в единое рабочее пространство: мониторинг транспорта, данные с камер и датчиков, результаты транспортных моделей, работа АСУДД. Позволяет создавать комплексные решения для управления транспортным комплексом агломерации или региона, в том числе для работы в режиме реального времени. Совместима с отечественными ОС (Astra Linux, RED).

ritm3.ru +1

«Авеню 2.0». Специализируется на моделировании транспортных потоков и оптимизации режимов работы светофорного регулирования. Подходит для анализа влияния разных сценариев (изменение фаз светофора, введение ограничений) на пропускную способность.

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 и лабораторного оборудования.

9. Форма промежуточной аттестации:

Курсовая работа в 1 семестре.

Экзамен в 1 семестре.

10. Оценочные материалы.

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

Авторы:

ассистент кафедры «Управление
безопасностью в техносфере»

Р.Л. Кудрявцева

Согласовано:

Заведующий кафедрой ГТ

М.Ф. Вильк

Председатель учебно-методической
комиссии

Н.А. Андриянова