

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Механико-математический факультет

УТВЕРЖДАЮ:

Декан

 Л. В. Гензе

« 30 » 06 20 22 г.

Рабочая программа дисциплины

Современные методы анализа и визуализации больших данных

по направлению подготовки

01.04.01 Математика

Направленность (профиль) подготовки :

Математический анализ и моделирование (Mathematical Analysis and Modelling)

Форма обучения

Очная

Квалификация

Магистр

Год приема

2022

Код дисциплины в учебном плане: Б1.О.2.03

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

 А. В. Старченко

Председатель УМК

 Е. А. Тарасов

Томск – 2022

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПК-1 Способен самостоятельно решать исследовательские задачи в рамках реализации научного (научно-технического, инновационного) проекта.

ПК-2 Способен представлять научные (научно-технические) результаты профессиональному сообществу.

УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИПК 1.1 Проводит исследования, направленные на решение отдельных исследовательских задач

ИПК 1.2 Определяет способы практического использования научных (научно-технических) результатов

ИПК 1.3 Осуществляет наставничество в процессе проведения исследований

ИПК 2.1 Обладает навыками публичного представления результатов проведённых исследований на научных студенческих конференциях

ИПК 2.2 Демонстрирует умение готовить текст для публикации по результатам научных исследований

ИУК 1.1 Выявляет проблемную ситуацию, на основе системного подхода осуществляет её многофакторный анализ и диагностику.

ИУК 1.2 Осуществляет поиск, отбор и систематизацию информации для определения альтернативных вариантов стратегических решений в проблемной ситуации.

ИУК 1.3 Предлагает и обосновывает стратегию действий с учетом ограничений, рисков и возможных последствий.

2. Задачи освоения дисциплины

Целями и задачами освоения дисциплины «Современные методы анализа и визуализация данных» являются

– Подготовка магистров по направлению «Математический анализ и моделирование» к использованию современных методов анализа и визуализации больших данных в профессиональной деятельности,

– Освоение понятий и методов анализа и визуализации больших данных, закрепления основных теоретико-вероятностных представлений, сформированных ранее в курсах теории вероятностей, математической статистики и многомерного статистического анализа.

– Умение провести статистический анализ и визуализацию данных с использованием языка Питон при решении задач науки и практической деятельности.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплина (модули)».

Дисциплина относится к обязательной части образовательной программы.

4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине

Второй семестр, зачет с оценкой

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: теория вероятностей и математическая статистика, современные компьютерные технологии.

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 часов, из которых:

-лекции: 16 ч.

-практические занятия: 16 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Тема 1.

Краткое содержание темы. Введение в большие данные: основная терминология, признаки, характеристики, источники, функции и задачи; методы и технологии: основные методы работы с большими данными, технологии, которые используются с большими данными. Визуализация данных. Разновидности анализа данных. Вычислительные и численно-аналитические аспекты анализа данных. Контролируемые переменные и переменные отклика.

Тема 2.

Краткое содержание темы. Визуализация аналитических данных: работа с библиотеками `pandas` и `matplotlib`, обзор других библиотек для визуализации (`seaborn`, `plotly`). Краткое содержание темы.

Тема 3. Описание данных и визуализация входных данных и результатов предварительного анализа

Краткое содержание темы. Многомерная случайная величина. Функция распределения $F(x)$ для непрерывной k -мерной случайной величины. Плотность распределения вероятностей. Моменты L -того порядка. Матрицы парных корреляций и парных ковариаций. Параметры связи между признаками в генеральной совокупности. Выборка. Статистики. Оценки по выборке. Подгонка распределения.

Тема 4. Зависимость данных. Техники выявления зависимостей

Краткое содержание. Корреляционный анализ для многомерной нормальной совокупности. Регрессионная модель. Регрессионная матрица. Анализ остатков. МНК для оценивания параметров линейной регрессионной модели. Гребневая регрессия. Значимость оценок. Критерий Фишера для установления значимости регрессионной модели. Прогнозирование. Доверительный интервал для результатов прогноза

Тема 5. Классификация данных и снижение размерности.

Краткое содержание. Кластерный анализ. Цели и задачи кластерного анализа. Сходство близость расстояние. Предварительное обнаружение кластеров. Иерархические методы кластерного анализа: дивизимные и агломеративные. Дендрограммы. Итеративные методы кластерного анализа: k -средних и FOREL. Примеры применения методов кластерного анализа при решении задач классификации цифровых изображений. Классификаторы Байеса. Линейный дискриминантный анализ (ЛДА), ЛДА Фишера. Деревья решений применительно к решению задач классификации и регрессии...

9. Текущий контроль по дисциплине

В ходе реализации дисциплины используются классические образовательные технологии – практические занятия; самостоятельное изучение рекомендованной литературы и постепенное выполнение индивидуальных заданий; промежуточная аттестация в виде теста и проверки индивидуального задания. Образовательные технологии и содержание дидактического материала подобраны так чтобы сформировать компетенции ПК-1, ПК-2, УК-1.

Вопросы теста позволяют оценить, насколько студент освоил терминологию анализа и визуализации данных, знает основные модули и функции PYTHON. Проверка индивидуальных заданий – насколько он способен самостоятельно создать и реализовать план проведения анализа и графического представления исходных, промежуточных и итоговых результатов анализа. А также представить результаты проводимого анализа. Итоги фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

При выполнении индивидуальных заданий требуется:

- Освоить понятия и терминологию предметной области;
- Построить или выбрать и освоить модель, в рамках которой необходимо решить поставленные задачи;
- Подобрать метод решения и разработать алгоритм решения.
- Создать комплекс программ на языке высокого уровня;
- Реализовать обмен данными между отдельными программами комплекса;
- Провести численный эксперимент;
- Осуществить визуализацию полученных результатов;
- Написать отчет о проведенном исследовании.
- Защитить отчет.

Для успешного освоения материала студентам необходимо посещать занятия, а во время самостоятельной работы пользоваться основной и дополнительной литературой, базами данных и информационно-справочными системами, которые представлены в списке литературы. Самостоятельная работа студентов состоит в повторении материала изучаемого на практических занятиях и самостоятельного изучения материалов предлагаемых для самостоятельного изучения, более глубокого анализа темы с помощью литературы.

Текущий и итоговый контроль осуществляется в рамках рейтинг плана. Результаты рейтинг-плана позволяют оценить достигнутые значения индикаторов сформированности компетенций ИПК 1.1, ИПК 1.2, ИПК 1.3, ИПК 2.1, ИПК 2.2, ИУК 1.1, ИУК 1.2, ИУК 1.3. Все студенты в начале курса включаются в рейтинг план, если посещаемость аудиторных занятий за время прохождения курса (по объективным или субъективным причинам) оказывается ниже 50%, то студент исключается из рейтинг-системы. И может сдавать зачет в плановом порядке по разрешению деканата.

№	Вид	Оценка	Вес
1	Посещение и работа на лекции	M ₁	5
2	Индивидуальное задание 1	M ₂	10
3	Индивидуальное задание 2	M ₃	15
4	Индивидуальное задание 3	M ₄	15
5	Индивидуальное задание 4	M ₅	10

6	Коллоквиум	M ₆	10
7	Тест 1 (входной)	M ₇	5
8	Тест 2 (перед экзаменом)	M ₈	5
9	Зачет	M ₉	25

В основные методические задачи курса входит своевременное выполнение задач рейтинг-плана, время выполнения, которых ограничено Система контроля и оценки знаний обучающихся представлена набором практических, самостоятельных, индивидуальных и тестовых заданий для самоконтроля. Выполнение самостоятельных, индивидуальных и тестовых заданий дает возможность самостоятельно проверить и оценить приобретенные знания, обнаружить имеющиеся пробелы и сделать собственные выводы. Помимо этого, в курсе представлены вопросы для зачета по всему курсу «Современные методы анализа и визуализации данных», которые используются для формирования билетов к зачету и базовая литература, отражающая теоретический материал.

По каждому пункту рейтинга необходимо набрать не менее 50% от максимально возможного балла.

Форма итогового контроля – экзамен, который является результатом выполнения рейтинг плана более чем на 70% всех позиций включенных в рейтинг-план или проводится очно.

Коллоквиум состоит из 1 вопроса и не менее 3-х вопросов преподавателя и не менее 3-х вопросов студентов. Обозначение оценки M₅. Коллоквиум проводится очно или в виртуальной аудитории. Ответы на вопрос оценивается согласно критериям, приведенным в курсе, там же приводится алгоритм расчета итоговой оценки.

Суммарная оценка M вычисляется по формуле $M = \sum_{i=1}^9 (W_i M_i)$, здесь W_i – вес оценок M₁ – M₉. Вес задается в зависимости от вклада соответствующего вида контроля в формирование компетенций. Если M менее 65%, то итоговая оценка «неудовлетворительно»;

если M не менее 65% и не более 75%, то «удовлетворительно»;

если M не менее 75% и не более 85% то «хорошо»;

если M не менее 85% то «отлично».

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Зачет с оценкой во Второе семестре проводится в письменной форме по билетам. Билет содержит два теоретических вопроса и задачу. Продолжительность зачета 1,5 часа.

Примерный перечень теоретических вопросов

1. Данные. Хранение данных. Качество данных. Структура и объем данных.
2. Большие данные основная терминология, признаки, характеристики, источники, функции и задачи.
3. Большие данные методы и технологии: основные методы работы с большими данными, технологии, которые используются при обработки больших данными.
4. Данные. Контролируемые переменные и переменные отклика. Разновидности исследований.
5. Распределение генеральной совокупности. Частные и условные распределения и плотности. Зависимость и независимость подсистемы случайных переменных.
6. Характеристики генеральной совокупности: математическое ожидание, начальные и центральные моменты, среднеквадратическое отклонение. Ковариация, матрица ковариаций.

7. Зависимость между компонентами случайного вектора. Регрессия, остаточный член регрессии. Среднеквадратическая регрессия.
8. Линейная регрессия. Показатели линейной зависимости. Множественный коэффициент корреляции и его квадрат.
9. Характеристики генеральной совокупности: математическое ожидание, начальные и центральные моменты, среднеквадратическое отклонение. Коэффициент корреляции, матрица парных корреляций и ее свойства.
10. Параметры связи между признаками генеральной совокупности. Многомерная нормально распределенная генеральная совокупность.
11. Выборка из генеральной совокупности. Точечные оценки параметров многомерной генеральной совокупности.
12. Выборочные мода, медиана, среднее квадратическое отклонение, симметрия и эксцесс.
13. Статистическая гипотеза, критерий, наблюдаемое значение критерия, процедура проверки статистической гипотезы. Ошибка 1-го рода.
14. Гипотезы о параметрах многомерной нормально распределенной генеральной совокупности.
15. Множественное линейное уравнение регрессии. Основные понятия. Оценивание коэффициентов регрессии в двумерном случае.
16. Поле рассеяния пар признаков. Корреляционный анализ. Регрессионный анализ. Модели регрессии. Использование регрессионного анализа.
17. Множественная линейная регрессия. Регрессионная матрица. Метод наименьших квадратов, получения оценок коэффициентов регрессии.
18. Анализ остатков для оценивания пригодности эмпирической модели регрессии.
19. Множественное линейное уравнение регрессии. Проверка значимости множественной линейной регрессии. Свойства оценок коэффициентов регрессии.
20. Классификация без обучения (непараметрический случай). Основные понятия кластерного анализа. Расстояние между объектами: расстояние Махаланобиса, евклидово расстояние, Хеммингово расстояние. Расстояние между классами. Качество разбиения.
21. Предварительное выявление кластеров. Основные типы кластер-процедур.
22. Метод кластеризации K-средних. Пример.
23. Метод кластеризации FOREL. Пример.
24. Факторный анализ. Цели факторного анализа. Постановка задачи факторного анализа. Основные понятия факторного анализа. Основная модель факторного анализа. Классификация факторов.
25. Метод K ближайших соседей.
26. Классификатор Байеса.
27. Линейный дискриминантный анализ (ЛДА). ЛДА Фишера.

11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» - <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=6765>

Презентации лекций –

https://docs.google.com/presentation/d/1PuD5UO3wbCN0A5ruZE2JThkmuWd8WdKYcGuhVrIsWI/edit?usp=drive_link

https://docs.google.com/presentation/d/1fEEhXbyBEHfRm81ZuR56H7KOtecwLd12usqomqQm74E/edit?usp=drive_link

https://docs.google.com/presentation/d/1v9BDfvnwRCmGbyOyEtU-sfNbF1D4RU-gLvhu3rObm_A/edit?usp=drive_link

https://docs.google.com/presentation/d/1CgPavj_pSX_IP3jRrud9e-bbighg1RC4ZdwYRIrOowI/edit?usp=drive_link
https://drive.google.com/file/d/1weBbdjzLqsYo9kOdipxJgBSufLeYOK95/view?usp=drive_link
https://drive.google.com/file/d/1pcVSWy0N58qGAE9LBYGTAAhkh0wJUDfos/view?usp=drive_link
https://docs.google.com/presentation/d/1uURFuJSXPkocHqK21-IcOiO-HmDMkOkYxbrZ2-sIUlg/edit?usp=drive_link
https://drive.google.com/file/d/1WyLk0hzJOMYJ4u-lXVsCgAP0e6ZyQQ-8/view?usp=drive_link
https://docs.google.com/presentation/d/17Rfew8dg9hy_c0pPE8mSV6sJUUnQfeDTmETmiQqL8KOO/edit?usp=drive_link

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

Таблица 11.1. Система критериев при оценивании ответов на вопросы контрольной работы

Полный, логически обоснованный ответ, изложенный кратко и ясно	45-50 баллов
Полный ответ, но имеются не критичные логические несоответствия, при этом форма изложения достаточно ясная и понятная.	30-44 баллов
Ответ не является полным (примерно 50%- 60%), но изложенная часть логически не противоречива и изложена ясно и понятно.	20-29 баллов
Ответ является неполным (примерно 30%- 40%), изложение логически противоречиво, но понятно.	10-19 баллов
Неполный логически противоречивый недоказательный ответ.	1-9 баллов
Ответ отсутствует по сути.	0 баллов

Таблица 11.2. Система критериев при оценивании индивидуального задания

Содержание отчета и ответ по лабораторной работе (индивидуальному заданию) является содержательным, четко, ясно, кратко изложенным. Студент правильно понимает и использует терминологию. Знает и умеет формулировать актуальные и практически важные задачи, знает основные модели и методы, используемые при решении задач, уверенно владеет математическим аппаратом. Демонстрирует умение понимать, доказательно и логически связно отвечать на вопросы.	90-100 баллов
Содержание отчета и ответ по лабораторной работе (индивидуальному заданию) является содержательным, однако изложен недостаточно четко, ясно и кратко. Студент правильно понимает, но неуверенно использует терминологию. Знает и умеет формулировать актуальные и практически важные задачи, знает основные модели и методы, используемые при решении задач, не достаточно уверенно владеет математическим аппаратом. Демонстрирует умение понимать, доказательно и логически связно отвечать на вопросы.	70-89 баллов
Содержание отчета и ответ индивидуальному заданию является содержательным, однако изложен недостаточно четко, ясно и кратко. Студент правильно понимает, но неуверенно использует терминологию. Умеет формулировать актуальные и практически важные задачи только с помощью наводящих вопросов, знает некоторые модели и методы, используемые при решении задач, не достаточно уверенно владеет математическим аппаратом. Демонстрирует ограниченные умения понимать суть вопросов, однако пользуясь	45-69 баллов

наводящей информацией частично отвечать на вопросы.	
Содержание отчета и ответ по индивидуальному заданию является неполным, изложен недостаточно четко и ясно. Студент ограниченно понимает и неуверенно использует терминологию. Не умеет формулировать актуальные и практически важные задачи даже с помощью наводящих вопросов. Не четко знает модели и методы, используемые при решении задач. Слабо владеет математическим аппаратом. Демонстрирует неспособность понимать суть вопросов, даже пользуясь наводящей информацией. частично отвечать на вопросы.	25-44 баллов
Неполное логически противоречивое изложение отчета и ответ индивидуальному заданию. Студент плохо понимает и неправильно использует терминологию. Не может сформулировать задачи и привести примеры практического использования	1-24 баллов
Студент отказался от выполнения индивидуального задания и написания отчета.	0 баллов

в) План семинарских / практических занятий по дисциплине.

№ практического занятия	Тема практического занятия
1	Описательные статистики. Подгонка распределений. Визуализация.
2	Подготовка к выполнению индивидуального задания № 1
3	Корреляционный и регрессионный анализ. Визуализация.
4	Подготовка к выполнению индивидуального задания № 2
5	Иерархические методы кластеризации. Методы К-средних и Forel. Визуализация.
6	Синтетические (модельные) данные. Подготовка к выполнению индивидуального задания № 3
7	Методы классификации с учителем. К ближайших соседей. Байесовский классификатор.
8	ЛДА Фишера. Деревья решений. Подготовка к выполнению индивидуального задания № 4

г) Методические указания по выполнению индивидуальных заданий.

При выполнении индивидуальных заданий требуется:

- Освоить понятия и терминологию предметной области;
- Построить или выбрать и освоить модель, в рамках которой необходимо решить поставленные задачи;
- Подобрать метод решения и разработать алгоритм решения.
- Создать комплекс программ на языке высокого уровня;
- Реализовать обмен данными между отдельными программами комплекса;
- Провести численный эксперимент;
- Осуществить визуализацию полученных результатов;
- Написать отчет о проведенном исследовании.
- Защитить отчет.

д) Вопросы для коллоквиума.

1. Многомерная случайная величина. Генеральная совокупность.
2. Функция распределения непрерывной многомерной случайной величины.
3. Функция плотности вероятности и ее свойства.
4. Определение L -го момента случайного вектора. Начальные, центральные моменты.

5. Математическое ожидание. Дисперсия.
6. Определение ковариационной матрицы и ее свойства.
7. Определение корреляционной матрицы и ее свойства.
8. Функция регрессии. Остаточный член регрессии. Среднеквадратическая регрессия. Линейная среднеквадратическая регрессия.
9. Определение выборки. Необходимость выборочного обследования. Репрезентативная выборка.
10. Два взгляда на выборку. Статистики.
11. Оценки параметров по выборки. Оценка средних и дисперсий. Несмещенность, состоятельность и эффективность оценки.

е) Примеры вариантов входного теста.

ВАРИАНТ № 1

Вычислить максимальное, минимальное значения и размах выборки:

0.726; 4.129; 2.047; 6.203; 2.568; -1.385; 3.851;

7.086; 1.271; -1.694; 6.981; 5.022; 6.839;

Построить вариационный статистический ряд дискретной случайной

величины, вычислить оценку медианы, моды и построить гистограмму

22; 23; 24; 24; 24; 24; 23; 23; 24; 22; 22; 24; 24; 23;

23;

Вычислить среднее и оценку дисперсии выборки:

4.0; 7.0; 4.0;

ВАРИАНТ № 2

Вычислить максимальное, минимальное значения и размах выборки:

5.561; -2.074; 3.636; -1.366; 3.496; -2.243; 4.317;

3.326; 1.701; 4.054; -0.099; 0.583;

Построить вариационный статистический ряд дискретной случайной

величины, вычислить оценку медианы, моды и построить гистограмму

17; 18; 17; 17; 16; 16; 17; 18; 16; 18; 17; 18; 16; 18;

16; 18;

Вычислить среднее и оценку дисперсии выборки:

0.0; 9.0; 6.0;

ВАРИАНТ № 3

Вычислить максимальное, минимальное значения и размах выборки:

-0.713; -1.215; 2.638; 5.993; 7.121; 6.466; 3.934;

-1.353; -0.205; -0.417; 1.887; -1.639; -1.319; -1.515;

3.156; 0.526; -1.275; 5.324; 3.151; 2.929;

Построить вариационный статистический ряд дискретной случайной

величины, вычислить оценку медианы, моды и построить гистограмму

15; 15; 15; 16; 15; 15; 14; 14; 16; 15; 14; 15; 14; 14;

15; 14; 14;

Вычислить среднее и оценку дисперсии выборки:

-2.0; 10.0; 10.0;

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

1. Чураков Е. П. Введение в многомерные статистические методы : учебное пособие /Е. П. Чураков. – Электрон. дан. – СПб. : Лань, 2016. – 146 с. – URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=87598

2. Айвазян С.А. Методы эконометрик. М.: Магистр, Инфра-М, 2014. – 506 с.

3. Сидняев Н. И. Теория планирования эксперимента и анализ статистических данных : учебное пособие для магистров / Н. И. Сидняев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Юрайт, 2015. – 495 с.

4. Федорова О.П. Электронный учебный курс (ЭУК) «Современные анализ и визуализация данных» URL: <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=798>

5. Уэс Маккинли. Python и анализ данных / Пер. с англ. Слинкин А. А. – М.: ДМК Пресс, 2015. – 482 с.:

б) дополнительная литература:

1. Гайдышев И. Анализ и обработка данных. Специальный справочник. С.Пб.: ПИТЕР, 2001. – 751с.

2. Дубров А. М., Мхитарян В.С., Трошин Л.И. Многомерные статистические методы. М.: Финансы и статистика, 2003. – 352 с.

3. Боровиков В. П. Прогнозирование в системе Statistica в среде Windows: основы теории и интенсивная практика на компьютере: [учебное пособие для вузов по специальности "Прикладная математика"] / В. П. Боровиков, Г. И. Ивченко. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М. : Финансы и статистика, 2006. – 367 с.

4. Загоруйко Н.Г. Прикладные методы анализа данных и знаний. Новосибирск: Изд. ИМ СО РАН, 1999. – 270 с.

5. Васильев А. Н. Python на примерах. Практический курс •по программированию. - СПб.: Наука и Техника, 2016. - 432 с

б) Электронный учебник StatSoft:

http://statsoft.ru/resources/statistica_text_book.php

(Дата обращения 9.02.2023 г.)...

в) ресурсы сети Интернет:

- <http://statsoft.ru/> Компания StatSoft Russia – официальный представитель правообладателя программных продуктов серии Statistica компании TIBCO.

- <https://www.mathworks.com/>

- <https://pythonru.com/baza-znaniy/gde-brat-dannye-dlja-analiza> - Базы данных для обучения и исследований.

- Общероссийская Сеть КонсультантПлюс Справочная правовая система. <http://www.consultant.ru>

13. Перечень информационных технологий

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office On-eNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);

– Anaconda Navigator версия не ниже 2.0.3

– публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).

б) информационные справочные системы:

– Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ – <http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>

– Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ – <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>

– ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>

– ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>

– Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>

– ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>

– ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

- <http://e-science.sources.ru/> – портал естественных наук
- <http://www.coursera.org/> – сайт обучающих курсов ведущих вузов мира
- <https://ocw.mit.edu/index.htm> – сайт открытых курсов MIT– ...

14. Материально-техническое обеспечение

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения занятий семинарского типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

15. Информация о разработчиках

Стребкова Екатерина Александровна, кафедра вычислительной математики и компьютерного моделирования, старший преподаватель.

Федорова Ольга Петровна, к.ф.-м.н., кафедра вычислительной математики и компьютерного моделирования, доцент.