

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Галунин Сергей Александрович
Должность: проректор по учебной работе
Дата подписания: 28.06.2023 14:55:53
Уникальный программный ключ:
08ef34338325bdb0ac5a47baa5472ce36cc3fc3b

Приложение к ОПОП
«Математические методы в ин-
формационных технологиях»



СПбГЭТУ «ЛЭТИ»
ПЕРВЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
**«Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)»
(СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)»**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ДИСЦИПЛИНЫ

«ВВЕДЕНИЕ В ТРОПИЧЕСКУЮ МАТЕМАТИКУ»

для подготовки бакалавров

по направлению

01.03.02 «Прикладная математика и информатика»

по профилю

«Математические методы в информационных технологиях»

Санкт-Петербург

2023

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Разработчики:

старший преподаватель Казакевич В.Г.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры АМ
12.01.2023, протокол № 6

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией
ФКТИ, 16.02.2023, протокол № 2

Согласовано в ИС ИОТ

Начальник ОМОЛА Загороднюк О.В.

1 СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Обеспечивающий факультет	ФКТИ
Обеспечивающая кафедра	АМ
Общая трудоемкость (ЗЕТ)	3
Курс	4
Семестр	8
Виды занятий	
Лекции (академ. часов)	16
Практические занятия (академ. часов)	16
Иная контактная работа (академ. часов)	1
Все контактные часы (академ. часов)	33
Самостоятельная работа, включая часы на контроль (академ. часов)	75
Всего (академ. часов)	108
Вид промежуточной аттестации	
Дифф. зачет (курс)	4

2 АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

«ВВЕДЕНИЕ В ТРОПИЧЕСКУЮ МАТЕМАТИКУ»

Дисциплина «Тропическая математика» предусматривает изучение основных положений тропической математики геометрии над тропическим полукольцом. Подробно изучаются наиболее часто используемые для решения актуальных задач инструменты – тропические многочлены, системы тропических уравнений, тропические рекуррентные соотношения и так далее. Также рассматриваются актуальные приложения тропической математики в computer science, в частности, в качестве теоретической основы для изучения и проектирования нейронных сетей.

SUBJECT SUMMARY

«TROPICAL MATHEMATICS»

Basic principles of tropical mathematics – a geometry over a tropical semiring – are considered in this course. Frequently used tools such as tropical polynomials, systems of tropical equations, tropical recurrent relations etc. are considered in detail. Applications considered include the use of tropical mathematics as a theoretical basis of neural net analysis and design.

3 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

3.1 Цели и задачи дисциплины

1. Основной целью дисциплины является формирование представления о приложении тропической математики как теоретической основы для анализа и проектирования нейронных сетей, то есть как фундаментальной основы для развития перспективных технологий; освоение методов описания структуры нейронных сетей с применением аппарата тропической математики, а также освоение конкретных приемов решения задач тропической математики -алгебраических, геометрических -являющихся модельными для построения эффективной архитектуры нейронных сетей, а также для их оптимизации.
2. Для реализации поставленной цели изучаются основные понятия тропической математики, ее методы и приложения к классическим и современным задачам. В рамках изучения дисциплины осваиваются методы описания, построения и оптимизации архитектуры нейронных сетей с применением аппарата тропической математики, а также отрабатываются конкретные приемы тропических вычислений.
3. Знания типовых приемов работы с тропической моделью формируют умения тропической интерпретации классических оптимизационных алгоритмов, что наглядно демонстрирует возможность овладения новыми математическими теориями.
4. Освоение техники тропических вычислений, касающиеся умения реализовывать тропические алгоритмы, дает возможности для перспективного использования новых математической теории к технологиям (на примере тропической математики и нейросетей).
5. Формирование навыков использования тропической арифметики и ее простейших приложений дают возможности в дальнейшем использовать их при

разработке новейших технологий.

3.2 Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина изучается на основе ранее освоенных дисциплин учебного плана:

1. «Алгебраические структуры»

и обеспечивает подготовку выпускной квалификационной работы.

3.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен достичь следующие результаты обучения по дисциплине:

Код компетенции/ индикатора компетенции	Наименование компетенции/индикатора компетенции
СПК-12	Способен применять результаты математических исследований в различных областях, ориентированных на решение задач развития информационных технологий
<i>СПК-12.1</i>	<i>Знает прикладные аспекты фундаментальных математических исследований, методы решения оптимизационных задач</i>
<i>СПК-12.2</i>	<i>Умеет применять результаты математических исследований, оптимизировать и адаптировать алгоритмы при разработке и развитии информационных технологий.</i>

4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Содержание разделов дисциплины

4.1.1 Наименование тем и часы на все виды нагрузки

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Лек, ач	Пр, ач	ИКР, ач	СР, ач
1	Введение	1			4
2	Тропическая арифметика	3	3		16
3	Приложение к классическим задачам	4	5		18
4	Тропическая геометрия	4	4		18
5	Применение тропической математики к нейронным сетям	3	4		19
6	Заключение	1		1	0
	Итого, ач	16	16	1	75
	Из них ач на контроль	0	0	0	0
	Общая трудоемкость освоения, ач/зе	108/3			

4.1.2 Содержание

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
1	Введение	История тропической математики. Актуальность области, примеры современных прикладных и теоретических задач, для решения которых может быть использован аппарат тропической математики.
2	Тропическая арифметика	Определение тропических операций, тропического полукольца (полуполя). Многочлены над тропическим полуполем. Понятие корня тропического многочлена. Рациональные функции над тропическим полуполем. Матрицы над тропическим полуполем.
3	Приложение к классическим задачам	Линейные тропические системы уравнений. Алгоритм Григорьева. Классические алгоритмы на графах в тропической интерпретации: плюсы и минусы. Тропическая интерпретация задач линейного программирования.
4	Тропическая геометрия	Тропическая прямая. Тропическая кривая: условие сбалансированности. Диаграмма Ньютона, многоугольник и многогранник Ньютона. Амебы.
5	Применение тропической математики к нейронным сетям	Применение аппарата тропической математики для нейронных сетей: ReLU и Max-Lin-Min.

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
6	Заключение	Обзор новейших результатов в области тропической математики, описание возможных направлений дальнейших исследований, постановка конкретных задач для дальнейшей самостоятельной или совместной проектной работы.

4.2 Перечень лабораторных работ

Лабораторные работы не предусмотрены.

4.3 Перечень практических занятий

Наименование практических занятий	Количество ауд. часов
1. Тропическая арифметика	3
2. Приложение к классическим задачам	5
3. Тропическая геометрия	4
4. Применение тропической математики к нейронным сетям	4
Итого	16

4.4 Курсовое проектирование

Курсовая работа (проект) не предусмотрены.

4.5 Реферат

Реферат не предусмотрен.

4.6 Индивидуальное домашнее задание

Индивидуальное домашнее задание не предусмотрено.

4.7 Доклад

Доклад подразумевает работу с актуальным литературным источником из периодических научно-технических изданий или баз данных (перечень ресурсов представлен в п.5.2).

Примерная тематика докладов:

- Тропическая арифметика. Тропическое полукольцо, тропическое полуполе.
- Тропические многочлены. Тропические кривые.
- Диаграмма Ньютона и ее разбиение.
- Тропическая геометрия глубоких нейронных сетей.
- Задача перечисления плоских алгебраических кривых. Тропическое вырождение комплексных кривых.

Требования к докладу: ограничение времени доклада (15'), обязательное обозначение задачи и методов решения вне тропического подхода; раскрытие мотивационной составляющей использования тропических подходов (например, оценка сложности алгоритма, сложности вычислений, оптимизация технических параметров, времени и пр.)

4.8 Кейс

Кейс не предусмотрен.

4.9 Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы

Изучение дисциплины сопровождается самостоятельной работой студентов с рекомендованными преподавателем литературными источниками и информационными ресурсами сети Интернет.

Для лучшего усвоения материала студентам рекомендуется индивидуально (или в составе небольших групп) разбирать свежие статьи по теме курса (статьи будут рекомендованы преподавателем), а также излагать друг другу усвоенное.

Кроме того, студентам будет предоставлена возможность консультиро-

ваться с преподавателем: в рамках консультаций будет предоставлена возможность задавать возникающие в процессе самостоятельной работы вопросы, а также получать индивидуальные методические рекомендации.

Текущая СРС	Примерная трудоемкость, ач
Работа с лекционным материалом, с учебной литературой	20
Опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	0
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	0
Выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	0
Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	0
Подготовка к контрольным работам, коллоквиумам	0
Выполнение расчетно-графических работ	0
Выполнение курсового проекта или курсовой работы	0
Поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, анализ научных публикаций по заданной теме	20
Работа над междисциплинарным проектом	0
Анализ данных по заданной теме, выполнение расчетов, составление схем и моделей, на основе собранных данных	0
Подготовка к зачету, дифференцированному зачету, экзамену	35
ИТОГО СРС	75

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

№ п/п	Название, библиографическое описание	К-во экз. в библи.
Основная литература		
1	Кнут Д.Э. Искусство программирования [Текст] : в 3 т. : [учеб. пособие] : пер. с англ. -(Классический труд). Т. 1 : Основные алгоритмы : учебное пособие, 2000. -712 с.	14
Дополнительная литература		
1	Круглов, Владимир Васильевич. Искусственные нейронные сети. Теория и практика [Текст] : монография / В.В.Круглов, В.В.Борисов, 2001. -382 с.	42
2	Соколов, Алексей Иванович. Нейронные сети и нейродинамические системы [Текст] : учеб. пособие / А. И. Соколов, С. С. Чистякова, 2016. -83 с.	20

5.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых при освоении дисциплины

№ п/п	Электронный адрес
1	Архив https://arxiv.org
2	Страница Димы Григорьева на сайте Санкт-Петербургского отделения математического института имени Стеклова https://logic.pdmi.ras.ru/~grigorev/
3	Видеозаписи заседаний семинара по основам тропической математики кафедры АМ СПбГЭТУ "ЛЭТИ" https://www.youtube.com/playlist?list=PLTTi7zF-eOchcIz9dao-xHW3ewdri76uY
4	Документы студенческого семинара по нейронным сетям и тропической математике на базе кафедры АМ СПбГЭТУ "ЛЭТИ" https://docs.google.com/document/d/1m3x9CTcezqsdRbRK1dUQNAijqSEsJ5D6HXvVRTUhaho/edit#...
5	Казарян М. Э. Тропическая геометрия. https://www.mccme.ru/free-books/dubna/kazarjan.pdf

5.3 Адрес сайта курса

Адрес сайта курса: <https://vec.etu.ru/moodle/course/view.php?id=13138>

6 Критерии оценивания и оценочные материалы

6.1 Критерии оценивания

Для дисциплины «Введение в тропическую математику» предусмотрены следующие формы промежуточной аттестации: зачет с оценкой.

Зачет с оценкой

Оценка	Описание
Неудовлетворительно	Курс не освоен. Студент испытывает серьезные трудности при ответе на ключевые вопросы дисциплины
Удовлетворительно	Студент в целом овладел курсом, но некоторые разделы освоены на уровне определений и формулировок теорем
Хорошо	Студент овладел курсом, но в отдельных вопросах испытывает затруднения. Умеет решать задачи
Отлично	Студент демонстрирует полное овладение курсом, способен применять полученные знания при решении конкретных задач.

Особенности допуска

Допуск к дифференцированному зачету студент получает по результатам контроля, который включает в себя контроль посещаемости (не менее 80 % занятий), подготовка и выступление с докладом и выполнение контрольной работы. Оценка дифференцированного зачета полностью базируется на результатах текущего контроля.

6.2 Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Вопросы к дифф.зачету

№ п/п	Описание
1	Определение тропического \min -полукольца. Тропическая арифметика в \min -реализации.
2	Определение тропического \max -полукольца. Тропическая арифметика в \max -реализации
3	Матричное исчисление над тропическим полукольцом в \min -реализации.
4	Матричное исчисление над тропическим полукольцом в \max -реализации.
5	Системы линейных тропических уравнений в \min -реализации. Решение тропической линейной системы: метод Григорьева для \min -реализации.
6	Системы линейных тропических уравнений в \max -реализации. Решение тропической линейной системы: метод Григорьева для \max -реализации.
7	Алгоритмы поиска кратчайших путей во взвешенном ориентированном графе -тропическая интерпретация.
8	Многочлены над тропическим полукольцом. Корни тропического многочлена. Кратность.
9	Тропические многочлены одной переменной.
10	Тропические многочлены двух переменных.
11	Тропическая прямая.
12	Тропические кривые. Условие согласованности.
13	Многоугольник и диаграмма Ньютона -случай одной переменной.
14	Многогранник и диаграмма Ньютона -случай двух переменных.
15	Многогранник и диаграмма Ньютона -общий случай.
16	Приведение тропического многочлена к каноническому виду.
17	Тропические рациональные функции. Тропическая интерпретация непрерывной кусочно-линейной функции.
18	Связь тропических рациональных функций и нейронных сетей.
19	Интерпретация ReLU-нейросетей в тропических терминах.
20	Интерпретация Max-Lin-Min -нейросетей в тропических терминах.

Образцы задач (заданий) для контрольных (проверочных) работ

Контрольная работа содержит следующие задачи (расположенные по возрастанию сложности):

1. Определение тропических операций. Вычислить в тропическом смысле численное значение выражения.
2. Определение тропического полукольца (полуполя). Проверка аксиом.
3. Определение тропического многочлена. Вычислить значение тропического многочлена в точке.
4. Определение корня тропического многочлена. Найти корни данного тропического многочлена.
5. Решить систему линейных тропических уравнений, используя алгоритм Григорьева.

Весь комплект контрольно-измерительных материалов для проверки сформированности компетенции (индикатора компетенции) размещен в закрытой части по адресу, указанному в п. 5.3

6.3 График текущего контроля успеваемости

Неделя	Темы занятий	Вид контроля
7	Тропическая арифметика	
8	Приложение к классическим задачам	Контрольная работа
10	Применение тропической математики к нейронным сетям	
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		Доклад / Презентация

6.4 Методика текущего контроля

на лекционных занятиях

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее **80** % занятий) и зачетной контрольной работы, по результатам которого студент получает допуск к дифференцированному зачету.

Оценка дифференцированного зачета полностью базируется на результатах текущего контроля и выставляется по результатам 15-минутного выступления с докладом по одной из актуальных статей. Работа над докладами ведется в течение семестра в рамках самостоятельной работы студентов.

Оценивание контрольной работы производится по двухбалльной системе "зачет\незачет" исходя из количества решенных задач:

"не зачтено" - решено менее 3 задач;

"зачтено" - решено 3 и более задачи.

Оценивание доклада производится по следующим критериям:

новизна рассматриваемого научного результата (0-1 балл);

степень раскрытия и понимание сущности проблемы (0-2 балла);

презентация проблематики (0-2 балла).

При этом студент должен показать: понимание представляемой методики исследования и знание особенностей её применения, понимание и умение объяснять особенности применения новейших научных методов, возможные области их применения и т.д., умение давать качественную и количественную оценку получаемых моделей (сетей), прогнозировать их реакции на различные воздействия на исходные данные.

Активная работа на лекционных занятиях учитывается с положительным весом.

Содержательное оппонирование докладам других студентов также учитывается с положительным весом.

на практических (семинарских) занятиях

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее **80** % занятий), а также оценку активности участия студентов в занятиях - решение задач у доски, участие в обсуждениях, ответы на вопросы, задаваемые в ходе занятия.

Участие в каждом практическом занятии оценивается по 2-балльной шкале по следующим критериям:

0 баллов - студент отсутствовал на занятии или не участвовал в обсуждении.

1 балл - студент участвовал в обсуждении достаточно формально, соглашаясь с суждениями и решениями других.

2 балла - студент содержательно участвовал в обсуждении, самостоятельно решал задачи и задавал содержательные вопросы по существу обсуждаемых тем.

самостоятельной работы студентов

Контроль самостоятельной работы студентов осуществляется на лекционных занятиях студентов по методикам, описанным выше.

7 Описание информационных технологий и материально-технической базы

Тип занятий	Тип помещения	Требования к помещению	Требования к программному обеспечению
Лекция	Лекционная аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, персональный IBM-совместимый ПК Pentium или выше, проектор, экран, меловая или маркерная доска.	Свободно распространяемое ПО или ПО, разработанное в РФ, соответствующее по характеристикам Windows XP, Microsoft Office 2007 и выше.
Практические занятия	Аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, персональный IBM-совместимый ПК Pentium или выше, проектор, экран, меловая или маркерная доска.	Свободно распространяемое ПО или ПО, разработанное в РФ, соответствующее по характеристикам Windows XP, Microsoft Office 2007 и выше.
Самостоятельная работа	Помещение для самостоятельной работы	Оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.	Свободно распространяемое ПО или ПО, разработанное в РФ, соответствующее по характеристикам Windows XP, Microsoft Office 2007 и выше.

8 Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ

Адаптированная программа разрабатывается при наличии заявления со стороны обучающегося (родителей, законных представителей) и медицинских показаний (рекомендациями психолого-медико-педагогической комиссии). Для инвалидов адаптированная образовательная программа разрабатывается в соответствии с индивидуальной программой реабилитации.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Дата	Изменение	Дата и номер протокола заседания УМК	Автор	Начальник ОМОЛА