Минобрнауки России
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Федеральный исследовательский центр «Карельский научный центр Российской академии наук»
(КарНЦ РАН)

УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор КарНЦ РАН
член-корр. РАН
_____ О.Н. Бахмет
«01» августа 20 22 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ «ДИСКРЕТНОЕ И ДИНАМИЧЕСКОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ»

НАУЧНАЯ СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 1.2.2. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ

г. Петрозаводск
2022

Разработчики:

Реттиева Анна Николаевна, ведущий научный сотрудник ИПМИ КарНЦ РАН, доктор физико-математических наук, доцент

Крижановский Андрей Анатольевич, ведущий научный сотрудник ИПМИ КарНЦ РАН, кандидат технических наук

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения программы аспирантуры

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины:

Формулировка компетенции	**Планируемые результаты обучения** (индикаторы достижения компетенции)
Владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности	***Знать:*** Основные понятия, модели, алгоритмы и теоретические положения из курса «Дискретное и динамическое программирование», классификацию задач и методов. ***Уметь:*** Применять полученную теоретическую базу для решения конкретных практических задач, грамотно использовать методы дискретного программирования в научных исследованиях. ***Владеть:*** Основными методами построения математических моделей планирования и управления динамическими системами и их анализа с помощью современных программных комплексов.
Способность проводить комплексные исследования научно-технических проблем с применением современных информационных технологий	***Знать:*** Основные аспекты дискретного программирования и анализа оптимизационных задач, классификацию моделей дискретной оптимизации, основные методы дискретного программирования, основные информационные технологии. ***Уметь:*** Применять полученную теоретическую базу для постановки и решения конкретных практических задач, грамотно использовать современные информационные технологии в научных исследованиях. ***Владеть:*** Навыками построения моделей дискретной оптимизации и их исследования с применением современных информационных технологий, навыками использования современных программных комплексов.
Способность к разработке программного обеспечения и алгоритмов интерпретации эксперимента на основе его математической модели	***Знать:*** Основные аспекты дискретной оптимизации, классификацию методов дискретного программирования, основные методы решения задач дискретной оптимизации, основные принципы динамического программирования. ***Уметь:*** Применять полученную теоретическую базу для решения конкретных практических задач, грамотно использовать методы дискретной оптимизации в научных исследованиях. ***Владеть:*** Навыками разработки программных комплексов, методами решения задач планирования и управления с помощью современных программных комплексов.
Способность к	***Знать:***

критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	Основные методы дискретного программирования, классификации моделей дискретной оптимизации, основные методы принятия решений, основные принципы математического моделирования. ***Уметь:*** Применять полученную теоретическую базу для решения конкретных практических задач, грамотно использовать методы дискретной оптимизации в научных исследованиях. ***Владеть:*** Навыками проведения лабораторного эксперимента, навыками обработки экспериментальных данных с помощью современных программных комплексов.
Готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач	***Знать:*** Основные аспекты дискретной оптимизации, классификации моделей дискретного программирования, основные методы принятия решений, основные принципы математического моделирования. ***Уметь:*** Применять полученную теоретическую базу для решения конкретных практических задач, грамотно использовать математические модели дискретного и динамического программирования в научных исследованиях. ***Владеть:*** Методами обработки экспериментальных данных и анализа с помощью современных программных комплексов, навыками проведения лабораторного эксперимента.
Способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития	***Знать:*** Основные методы дискретного программирования, классификацию моделей дискретной оптимизации, основные методы принятия решений. ***Уметь:*** Грамотно использовать математические модели дискретной оптимизации в научных исследованиях, применять полученную теоретическую базу для решения конкретных практических задач. ***Владеть:*** Методами обработки экспериментальных данных и анализа с помощью современных программных комплексов, навыками проведения лабораторного эксперимента.

2. Место дисциплины в структуре программы аспирантуры и язык преподавания

Дисциплина «Дискретное и динамическое программирование» входит в образовательный компонент учебного плана программы аспирантуры по научной специальности 1.2.2 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ и является дисциплиной по выбору. Согласно учебному плану, дисциплина проводится в 3-м и 4-м семестрах.

Изучение дисциплины опирается на знания, умения и навыки, приобретенные при освоении образовательной программы предыдущего уровня.

Язык преподавания – русский.

3. Виды учебной работы и тематическое содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы или 72 академических часа.

3.1. Виды учебной работы

Виды учебной работы	Объем в академических часах
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	72
В том числе:	
Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем). Всего	63
В том числе:	
Лекции (Л)	36
Практические занятия (Пр)	18
Лабораторные занятия (Лаб)	0
Вид промежуточной аттестации	зачет
Самостоятельная работа обучающихся (СР) (всего)	18
В том числе:	
Самостоятельное изучение разделов дисциплины, подготовка к занятиям	9
Подготовка к промежуточной аттестации	9

3.2. Краткое содержание дисциплины по разделам и видам учебной работы

№ п/п	Раздел дисциплины (тематический модуль)	Трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)					Оценочное средство
		Всего	Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа обучающихся	
Семестры № 3, 4							
1	Модели и методы дискретного программирования.	18	9	5	0	5	коллоквиумы, собеседования, практические работы
2	Задачи и методы динамического программирования.	18	9	4	0	4	
3	Теоретические основы вычислительной лингвистики и современные методы автоматической обработки естественного языка.	18	9	5	0	5	

4	Нейросетевые языковые модели, прикладные задачи NLP и оценка качества интеллектуальных языковых систем.	18	9	4	0	4	коллоквиумы, собеседования, практические работы
Вид промежуточной аттестации в семестре: зачет							
	Итого:	**72**	**36**	**18**	**0**	**18**	

3.3. Содержание аудиторных занятий

Содержание лекционных занятий

№ раздела	№ лекции	Основное содержание	Количество часов	В т.ч. с использованием ДОТ (*)
Семестры № 3, 4				
1	1-2	Основные модели и методы дискретного программирования.	2	0
1	3	Методы отсечений.	1	0
1	4-5	Методы ветвей и границ.	2	0
1	6	Переборные алгоритмы.	1	0
1	7	Приближенные методы решения и метаэвристики.	1	0
1	8-9	Задачи транспортного типа и управления запасами.	2	0
1	10-11	Структуры данных и реализация алгоритмов решения задач дискретного программирования.	2	0
1	12	Прикладные задачи дискретного программирования.	1	0
2	13-14	Основные задачи и методы динамического программирования.	2	0
2	15	Матроиды и жадные алгоритмы.	1	0
2	16-17	Структуры данных и реализация алгоритмов решения задач динамического программирования.	2	0
2	18	Прикладные задачи динамического программирования.	1	0
3	19-21	Предмет вычислительной лингвистики, уровни лингвистического анализа, основные направления и задачи автоматической обработки естественного языка.	3	0
3	22-24	Корпусная лингвистика, разметка корпусов, лингвистические ресурсы и стандарты представления текстовых данных.	3	0
3	25-27	Морфологический анализ текста: токенизация, нормализация, лемматизация, стемминг, частеречная разметка.	3	0
4	28-30	Нейросетевые методы обработки языка: эмбеддинги, рекуррентные модели, механизм внимания, архитектура трансформеров.	3	0
4	31-33	Современные языковые модели и большие языковые модели: дообучение, prompt-подходы, ограничения и риски применения.	3	0

4	34-36	Оценка качества NLP-систем: метрики, тестовые выборки, анализ ошибок, интерпретируемость и воспроизводимость результатов.	3	0
		Итого:	**36**	**0**

Содержание практических (или семинарских) занятий

№ раздела	№ занятия	Основное содержание	Количество часов	В т.ч. с использованием ДОТ (*)
Семестры № 3, 4				
1	1-2	Методы дискретного программирования и их реализация.	2	0
1	3-4	Методы отсечений и методы ветвей и границ.	2	0
1	5-6	Переборные алгоритмы и приближенные методы решения.	2	0
1	7	Прикладные задачи дискретного программирования.	1	0
2	8	Алгоритмы динамического программирования и их реализация.	1	0
2	9	Прикладные задачи динамического программирования.	1	0
3	10-12	Предварительная обработка текстовых данных: токенизация, нормализация, лемматизация, частеречная разметка русскоязычных текстов.	3	0
3	13-14	Работа с корпусами и лингвистическими ресурсами; построение частотных словарей, поиск коллокаций и анализ контекстов употребления.	2	0
4	15	Эксперименты с эмбеддингами и нейросетевыми языковыми моделями; сравнение результатов на одной прикладной задаче.	1	0
4	16-18	Проектирование и оценка прикладного NLP-решения: суммаризация, машинный перевод, вопросно-ответная или диалоговая система.	3	0
		Итого:	**18**	**0**

3.4. Организация самостоятельной работы обучающегося

№ раздела	Основное содержание	Количество часов	В т.ч. с использованием ДОТ (*)
Семестры № 3, 4			
1-4	Самостоятельное изучение разделов дисциплины,	9	

	подготовка к занятиям, в том числе: 1. Модели и методы дискретного программирования. 2. Задачи и методы динамического программирования. 3. Теоретические основы вычислительной лингвистики и современные методы автоматической обработки естественного языка. 4. Нейросетевые языковые модели, прикладные задачи NLP и оценка качества интеллектуальных языковых систем.		
1-4	Подготовка к зачёту по курсу (промежуточной аттестации)	9	
	Итого:	**18**	**0**

4. Образовательные технологии по дисциплине

Лекции, коллоквиумы, практические работы, собеседования, зачет. В течение семестра обучающиеся решают задачи, указанные преподавателем, к каждому семинару. Внеаудиторная работа обучающихся сопровождается рекомендацией литературы для самостоятельного изучения.

5. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

5.1. Текущий контроль осуществляется преподавателем дисциплины при проведении занятий в форме: коллоквиумы, собеседования, практические работы.

Оценочные средства для текущего контроля.

Вопросы к коллоквиуму:

1. Особенности построения математических моделей дискретного программирования.
2. Теоретические основы и классификация методов решения задач дискретного программирования.
2. Метод ветвей и границ и его модификации.
3. Двойственные схемы декомпозиции.
4. Оптимизация перестановок (задача о коммивояжере, задача о назначениях).
5. Задачи транспортного типа (задачи размещения, поиска наибольшего потока и пр.).
6. Приближенные методы решения задач и использование метаэвристик.
7. Общая задача динамического программирования. Рекуррентное соотношение Беллмана.
8. Условия разрешимости уравнения Беллмана и применение для решения задач динамического программирования.
9. Задачи раскроя и комплектации материалов.
10. Динамические модели с одним параметром.
11. Рекуррентные соотношения на графах.
12. Динамические модели с несколькими параметрами.
13. Связь динамического программирования и переборных алгоритмов.
14. Предмет, задачи и основные направления вычислительной лингвистики.
15. Уровни лингвистического анализа в задачах автоматической обработки текста.

16. Корпусная лингвистика: типы корпусов, принципы разметки и области применения.
17. Методы предварительной обработки текста: токенизация, нормализация, лемматизация, стемминг.
18. Морфологический анализ и частеречная разметка: основные подходы и проблемы для русского языка.
19. Синтаксический анализ текста: формальные грамматики, зависимости и методы парсинга.
20. Семантический анализ и дистрибутивные модели представления слов и текстов.
21. Статистические методы обработки естественного языка: n-граммные модели и признаки текста.
22. Классификация текстов, извлечение информации и распознавание именованных сущностей.
23. Машинный перевод и автоматическая суммаризация: постановка задач и критерии качества.
24. Нейросетевые методы обработки языка: эмбеддинги, рекуррентные сети, механизм внимания, трансформеры.
25. Современные языковые модели и большие языковые модели: возможности, ограничения и области применения.
26. Метрики оценки NLP-систем, анализ ошибок, интерпретируемость, воспроизводимость и этические аспекты исследований.

Вопросы к собеседованию:

1. Основы методов отсечения.
2. Переборные алгоритмы решения задач дискретного программирования.
3. Структуры данных и реализация переборных алгоритмов решения задач дискретного программирования.
4. Матроиды и жадные алгоритмы решения задач динамического программирования.
5. Теория двойственности и особенность выпуклых многогранников в методах динамического программирования.
6. Примеры прикладных задач динамического программирования. Классификация задач и методов динамического программирования.
7. Задача управления запасами.
8. Задачи теории расписаний.
9. Прикладные практические задачи динамического программирования. Задача раскроя ленты гофрополотна. Задача раскроя лесосырья на пиломатериалы и пр.
10. Динамика по множествам.
11. Приложения к теории игр и теории планирования экспериментов.
12. Особенности токенизации и сегментации русскоязычного текста.
13. Лемматизация и стемминг: различия, преимущества и ограничения.
14. Форматы представления и аннотирования лингвистических данных.
15. Лингвистические словари, тезаурусы, онтологии и графы знаний в задачах NLP.
16. Вероятностные языковые модели и методы сглаживания.
17. Векторные представления слов, предложений и документов.

18. Сравнение классических алгоритмов машинного обучения и нейросетевых моделей в задачах анализа текста.
19. Методы оценки качества классификации, извлечения информации и генерации текста.
20. Анализ ошибок NLP-моделей на специализированных и русскоязычных корпусах.
21. Ограничения современных языковых моделей: смещения, галлюцинации, зависимость от обучающих данных.
22. Использование вычислительной лингвистики в междисциплинарных исследованиях и прикладных проектах.

Задания к практическим работам:

1. Методы Гомори в задаче о коммивояжере, задаче о назначении.
2. Метод ветвей и границ для задачи коммивояжера, ранца. Метод Ленд и Дойг для задачи о ранце.
3. ε-оптимальный алгоритм ветвей и границ для задачи о ранце, приближенные алгоритмы: поиск с запретами, алгоритм имитации отжига, генетический алгоритм, локальный поиск.
4. Постановка и решение задачи раскроя лесосырья на пиломатериалы для деревообрабатывающего предприятия региона.
5. Жадные алгоритмы для задачи о рюкзаке, модифицированный жадный алгоритм для задачи о рюкзаке и алгоритм с точностью ¾.
6. Постановка и решение задачи распределения ресурсов между проектами для предприятия региона.
7. Выполнить предварительную обработку русскоязычного текстового корпуса: токенизацию, нормализацию, лемматизацию и частеречную разметку; представить результаты в структурированном виде.
8. Построить частотный словарь корпуса и выявить наиболее характерные коллокации, сравнив результаты для двух тематически различных подборок текстов.
9. Реализовать и сравнить не менее двух методов классификации текстов на выбранной коллекции данных, проанализировать метрики качества и типичные ошибки.
10. Выполнить задачу извлечения информации или распознавания именованных сущностей на русскоязычном материале и оценить качество полученного решения.
11. Сравнить классический и нейросетевой подходы к одной задаче NLP, например анализу тональности, суммаризации или машинному переводу, с интерпретацией различий в результатах.
12. Подготовить мини-проект по прикладной вычислительной лингвистике с использованием современной языковой модели, включая постановку задачи, описание данных, метод решения, оценку качества и анализ ограничений.

5.2. Промежуточная аттестация проводится в виде: зачет.

Подробно средства оценивания для проведения промежуточной аттестации обучающихся приведены в Фонде оценочных средств по данной дисциплине.

6. Методические рекомендации обучающимся по дисциплине, в том числе для

самостоятельной работы

Самостоятельная работа включает следующие виды работ:

- работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы;

- выполнение домашнего задания - выполнение практических работ, выдаваемых на практических занятиях;

- чтение статей, рекомендованных преподавателем, по темам для самостоятельного изучения;

- подготовка к зачету.

Рекомендации обучающимся при освоении лекционного материала:

- конспектирование основного содержания лекций;

- для лучшего усвоения материала после лекции рекомендуется прочесть конспект и соответствующий параграф или главу учебника.

7. Методические рекомендации преподавателям по дисциплине

Практические работы, коллоквиумы и собеседования оцениваются по системе: зачтено, не зачтено. Зачет оценивается по системе: неудовлетворительно, удовлетворительно.

Самостоятельная работа обучающихся должна быть направлена на решение следующих задач:

- развитие навыков работы с разноплановыми источниками;
- осуществление эффективного поиска информации;
- развитие навыков самостоятельной работы с периодическими источниками, в том числе, на иностранном языке.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Дисциплина полностью обеспечена учебной литературой, представленной в печатном или электронном виде. Для осуществления образовательной деятельности по дисциплине рекомендуется следующая основная и дополнительная литература.

8.1. Основная литература:

1. Поляк, Б. Т. Введение в оптимизацию. - Изд. 2-е, испр. и доп. - Москва: URSS, 2014. - 386 с.
2. Нестеров, Ю. Е. Введение в выпуклую оптимизацию. - Москва: Издательство МЦНМО, 2010. - 278 с.
3. Горелик, В. А. Исследование операций и методы оптимизации. Москва: Академия, 2013. – 271 с.
4. Большакова Е. И., Воронцов К. В., Ефремова Н. Э., Клышинский Э. С., Лукашевич Н. В., Сапин А. С. Автоматическая обработка текстов на естественном языке и компьютерная лингвистика: учеб. пособие. — М.: МИЕМ НИУ ВШЭ, 2017. Открытый доступ в формате PDF на сайте ВШЭ. URL: https://www.hse.ru/data/2017/08/12/1174382135/NLP_and_DA.pdf
5. Jurafsky D., Martin J. H. *Speech and Language Processing: An Introduction to Natural Language Processing, Computational Linguistics, and Speech Recognition with Language*

Models. 3rd ed. Online manuscript. Stanford University, 2026. URL: https://web.stanford.edu/~jurafsky/slp3/

6. Bird S., Klein E., Loper E. *Natural Language Processing with Python: Analyzing Text with the Natural Language Toolkit*. Электронная версия книги, обновленная для Python 3 и NLTK 3. URL: https://www.nltk.org/book/

8.2. Дополнительная литература:

1. Васильев, Ф. П. Методы оптимизации Ч. I, Конечномерные задачи оптимизации. Принципы максимума. Динамическое программирование. - Изд. новое, перераб. и доп. - Москва: Издательство МЦНМО, 2011. - 619 с.
2. Васильев, Ф. П. Методы оптимизации Ч. II, Оптимизация в функциональных пространствах. Регуляризация. Аппроксимация. - Изд. новое, перераб. и доп. - Москва : Издательство МЦНМО, 2011. – с. 628-1056.
3. Бахвалов Н. С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М. Численные методы: учебное пособие - 7-е изд. - Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. - 636 с.
4. Бахвалов Н. С., Лапин А.В., Чижонков Е.В. Численные методы в задачах и упражнениях: учебное пособие для вузов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. - 240 с.
5. Карманов, В.Г. Математическое программирование. - 5-е изд., стереотип. - Москва: Физматлит, 2001. - 263 с.
6. Мажукин, В. И. Математическое моделирование в экономике: учебное пособие / В. И. Мажукин, О. Н. Королева, Ч. 1: Численные методы и вычислительные алгоритмы. Ч. 2: Лабораторный практикум по численным методам и вычислительным алгоритмам. - М.: Флинта: Московский психолого-социальный институт, 2008. – 226 с.
7. Мажукин, В. И. Математическое моделирование в экономике: учебное пособие / В. И. Мажукин, О. Н. Королева; Рос. акад. образования, Моск. психол.-соц. ин-т, Ч. 3, Экономические приложения. - 3-е изд. - М.: Флинта: Московский государственный университет, 2008. – 174 с.
8. Соколов, А. В. Методы оптимальных решений: Учебное пособие для вузов: [в 2 т.] / А. В. Соколов, В. В. Токарев. - Москва: Физматлит, 2011. - (Анализ и поддержка решений). - Т. 1: Общие положения. Математическое программирование. - 563 с.
9. Тарасевич, Ю. Ю. Математическое и компьютерное моделирование: вводный курс: учебное пособие для вузов / Ю. Ю. Тарасевич. - Изд. 6-е. - Москва: URSS, 2013. – 148 с.
10. Токарев, В. В. Методы оптимальных решений: Учебное пособие для вузов: [в 2 т.]. - 2-е изд., испр. - Москва: Физматлит, 2011. - (Анализ и поддержка решений). - Т. 2 : Многокритериальность. Динамика. Неопределенность. - 416 с.
11. Шапкин, А. С. Математические методы и модели исследования операций: учебник для вузов / А. С. Шапкин, Н. П. Мазаева. - 4-е изд. - Москва: Дашков и К, 2007. - 396 с.
12. Боярский К. К. Введение в компьютерную лингвистику: учеб. пособие. — СПб.: НИУ ИТМО, 2014. Открытый PDF-доступ на сайте библиотеки ИТМО. URL: https://books.ifmo.ru/file/pdf/1470.pdf
13. Сидорова Е. А. Основы компьютерной лингвистики: учеб. пособие. — Новосибирск: ИПЦ НГУ, 2023. Свободный доступ из сети Интернет на сайте электронной библиотеки НГУ. URL: https://e-lib.nsu.ru/dsweb/Get/Resource-9050/0000.pdf/en/info

8.3. Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Интернет ресурсы

1. Научная электронная библиотека elibrary.ru: https://elibrary.ru/
2. Общероссийский портал Math-Net.Ru: https://www.mathnet.ru/
3. Научная электронная информационная система ScienceDirect: https://www.sciencedirect.com/
4. Google Академия: https://scholar.google.ru/
5. Реферативная электронная база данных (The database Zentralblatt MATH): https://zbmath.org/
6. НЭБ Национальная электронная библиотека: https://rusneb.ru/
7. Hugging Face. *NLP Course*. Полный бесплатный онлайн-курс по NLP и трансформерам с кодом и практическими заданиями, включая дообучение моделей и ключевые задачи NLP. URL: https://huggingface.co/learn
8. Python 3 + NLTK — программная библиотека для обработки текстов на естественном языке. URL: https://www.nltk.org/
9. Hugging Face Transformers — открытая библиотека для работы с современными языковыми моделями. URL: https://github.com/huggingface/transformers
10. spaCy — библиотека NLP для промышленной и исследовательской обработки текстов. URL: https://spacy.io/

Перечень программного обеспечения

1) Mathematica
2) Python, Google Colab
3) Средства подготовки и просмотра публикаций (LaTeX, Word)

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническая база КарНЦ РАН обеспечивает проведение всех видов дисциплинарной и междисциплинарной подготовки, практической и научно-исследовательской работы обучающихся, предусмотренных учебным планом и соответствует действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

Минимально-необходимый перечень для информационно-технического и материально-технического обеспечения дисциплины:

- аудитория для проведения лекционных и практических занятий, оснащенная рабочими местами для обучающихся и преподавателя, доской, мультимедийным оборудованием;
- оборудованное рабочее место с доступом в Интернет.

Минобрнауки России
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Федеральный исследовательский центр «Карельский научный центр Российской академии наук»
(КарНЦ РАН)

УТВЕРЖДАЮ
И.о. Генерального директора КарНЦ РАН
член-корр. РАН
_____ О.Н. Бахмет
«11» сентября 20 26 г.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ «ДИСКРЕТНОЕ И ДИНАМИЧЕСКОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ»

1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ
(шифр и наименование научной специальности)

20 _____ / 20 _____ учебный год

<table>
<tr><th>№ п/п</th><th>Наименование разделов программы, в которые внесены дополнения и (или) изменения</th><th>Внесенные изменения</th><th>Основание для внесения изменений: дата и № протокола заседания УС или иного документа</th></tr>
<tr><td>1.</td><td>Подпункт 3.2. Краткое содержание дисциплины по разделам и видам учебной работы</td><td>Подпункт 3.2. изменен и изложен в следующей редакции:
3.2. Краткое содержание дисциплины по разделам и видам учебной работы
<table>
<tr><th rowspan="2">№ п/п</th><th rowspan="2">Раздел дисциплины (тематический модуль)</th><th colspan="5">Трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)</th><th rowspan="2">Оценочное средство</th></tr>
<tr><th>Всего</th><th>Лекции</th><th>Практические занятия</th><th>Лабораторные занятия</th><th>Самостоятельная работа обучающихся</th></tr>
<tr><td colspan="8">Семестры № 3, 4</td></tr>
<tr><td>1</td><td>Модели и методы дискретного программирования.</td><td>18</td><td>9</td><td>5</td><td>0</td><td>5</td><td></td></tr>
<tr><td>2</td><td>Задачи и методы динамического программирования.</td><td>18</td><td>9</td><td>4</td><td>0</td><td>4</td><td></td></tr>
<tr><td>3</td><td>Теоретические основы вычислительной</td><td>18</td><td>9</td><td>5</td><td>0</td><td>5</td><td></td></tr>
</table></td><td>Основание для внесения дополнений в рабочую программу дисциплины – периодическая актуализация программы (решение УС КарНЦ РАН от 11.09.2026 № 42)</td></tr>
</table>

				лингвистики и современные методы автоматической обработки естественного языка.						
			4	Нейросетевые языковые модели, прикладные задачи NLP и оценка качества интеллектуальных языковых систем.	18	9	4	0	4	
			Вид промежуточной аттестации в семестре: зачет							
				Итого:	**72**	**36**	**18**	**0**	**18**	
2.	Подпункт 3.3. Содержание аудиторных занятий	Подпункт 3.3. изменен и изложен в следующей редакции: **3.3. Содержание аудиторных занятий** **Содержание лекционных занятий**								

№ раздела	№ лекции	Основное содержание	Количество часов	В т.ч. с использованием ДОТ (*)
Семестры № 3, 4				
1	1-2	Основные модели и методы дискретного программирования.	2	0
1	3	Методы отсечений.	1	0
1	4-5	Методы ветвей и границ.	2	0
1	6	Переборные алгоритмы.	1	0
1	7	Приближенные методы решения и метаэвристики.	1	0
1	8-9	Задачи транспортного типа и управления запасами.	2	0
1	10-11	Структуры данных и реализация алгоритмов решения задач дискретного программирования.	2	0
1	12	Прикладные задачи дискретного программирования.	1	0
2	13-14	Основные задачи и методы динамического программирования.	2	0
2	15	Матроиды и жадные алгоритмы.	1	0
2	16-17	Структуры данных и реализация алгоритмов решения задач динамического программирования.	2	0
2	18	Прикладные задачи динамического программирования.	1	0
3	19-21	Предмет вычислительной лингвистики, уровни лингвистического анализа, основные направле-	3	0

		ния и задачи автоматической обработки естественного языка.		
3	22-24	Корпусная лингвистика, разметка корпусов, лингвистические ресурсы и стандарты представления текстовых данных.	3	0
3	25-27	Морфологический анализ текста: токенизация, нормализация, лемматизация, стемминг, частеречная разметка.	3	0
4	28-30	Нейросетевые методы обработки языка: эмбеддинги, рекуррентные модели, механизм внимания, архитектура трансформеров.	3	0
4	31-33	Современные языковые модели и большие языковые модели: дообучение, prompt-подходы, ограничения и риски применения.	3	0
4	34-36	Оценка качества NLP-систем: метрики, тестовые выборки, анализ ошибок, интерпретируемость и воспроизводимость результатов.	3	0
		Итого:	**36**	**0**

Содержание практических (или семинарских) занятий

№ раздела	№ занятия	Основное содержание	Количество часов	В т.ч. с использованием ДОТ (*)
Семестры № 3, 4				
1	1-2	Методы дискретного программирования и их реализация.	2	0
1	3-4	Методы отсечений и методы ветвей и границ.	2	0
1	5-6	Переборные алгоритмы и приближенные методы решения.	2	0
1	7	Прикладные задачи дискретного программирования.	1	0
2	8	Алгоритмы динамического программирования и их реализация.	1	0
2	9	Прикладные задачи динамического программирования.	1	0
3	10-12	Предварительная обработка текстовых данных: токенизация, нормализация, лемматизация, частеречная разметка русскоязычных текстов.	3	0
3	13-14	Работа с корпусами и лингвистическими ре-	2	0

<table>
<tr><td></td><td></td><td>
<table>
<tr><td></td><td></td><td>сурсами; построение частотных словарей, поиск коллокаций и анализ контекстов употребления.</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>4</td><td>15</td><td>Эксперименты с эмбеддингами и нейросетевыми языковыми моделями; сравнение результатов на одной прикладной задаче.</td><td>1</td><td>0</td></tr>
<tr><td>4</td><td>16-18</td><td>Проектирование и оценка прикладного NLP-решения: суммаризация, машинный перевод, вопросно-ответная или диалоговая система.</td><td>3</td><td>0</td></tr>
<tr><td colspan="3">Итого:</td><td>18</td><td>0</td></tr>
</table>
</td><td></td></tr>
<tr><td>3.</td><td>Подпункт 3.4. Организация самостоятельной работы обучающегося</td><td>
Подпункт 3.4. изменен и изложен в следующей редакции:
3.4. Организация самостоятельной работы обучающегося
<table>
<tr><th>№ раздела</th><th>Основное содержание</th><th>Количество часов</th><th>В т.ч. с использованием ДОТ (*)</th></tr>
<tr><td colspan="4">Семестры № 3, 4</td></tr>
<tr><td>1-4</td><td>Самостоятельное изучение разделов дисциплины, подготовка к занятиям, в том числе:
1. Модели и методы дискретного программирования.
2. Задачи и методы динамического программирования.
3. Теоретические основы вычислительной лингвистики и современные методы автоматической обработки естественного языка.
4. Нейросетевые языковые модели, прикладные задачи NLP и оценка качества интеллектуальных языковых систем.</td><td>9</td><td></td></tr>
<tr><td>1-4</td><td>Подготовка к зачёту по курсу (промежуточной аттестации)</td><td>9</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">Итого:</td><td>18</td><td>0</td></tr>
</table>
</td><td></td></tr>
<tr><td>4.</td><td>Пункт 5. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине</td><td>
Пункт 5. изменен и изложен в следующей редакции:
5. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине
5.1. Текущий контроль осуществляется преподавателем дисциплины при проведении занятий в форме: коллоквиумы, собеседования, практические работы.
Оценочные средства для текущего контроля.
Вопросы к коллоквиуму:
1. Особенности построения математических моделей дискретного программирования.
2. Теоретические основы и классификация методов решения задач дискретного программирования.
2. Метод ветвей и границ и его модификации.
3. Двойственные схемы декомпозиции.
4. Оптимизация перестановок (задача о коммивояжере, задача о назначениях).
</td><td></td></tr>
</table>

		5. Задачи транспортного типа (задачи размещения, поиска наибольшего потока и пр.). 6. Приближенные методы решения задач и использование метаэвристик. 7. Общая задача динамического программирования. Рекуррентное соотношение Беллмана. 8. Условия разрешимости уравнения Беллмана и применение для решения задач динамического программирования. 9. Задачи раскроя и комплектации материалов. 10. Динамические модели с одним параметром. 11. Рекуррентные соотношения на графах. 12. Динамические модели с несколькими параметрами. 13. Связь динамического программирования и переборных алгоритмов. 14. Предмет, задачи и основные направления вычислительной лингвистики. 15. Уровни лингвистического анализа в задачах автоматической обработки текста. 16. Корпусная лингвистика: типы корпусов, принципы разметки и области применения. 17. Методы предварительной обработки текста: токенизация, нормализация, лемматизация, стемминг. 18. Морфологический анализ и частеречная разметка: основные подходы и проблемы для русского языка. 19. Синтаксический анализ текста: формальные грамматики, зависимости и методы парсинга. 20. Семантический анализ и дистрибутивные модели представления слов и текстов. 21. Статистические методы обработки естественного языка: n-граммные модели и признаки текста. 22. Классификация текстов, извлечение информации и распознавание именованных сущностей. 23. Машинный перевод и автоматическая суммаризация: постановка задач и критерии качества. 24. Нейросетевые методы обработки языка: эмбеддинги, рекуррентные сети, механизм внимания, трансформеры. 25. Современные языковые модели и большие языковые модели: возможности, ограничения и области применения. 26. Метрики оценки NLP-систем, анализ ошибок, интерпретируемость, воспроизводимость и этические аспекты исследований. **Вопросы к собеседованию:** 1. Основы методов отсечения. 2. Переборные алгоритмы решения задач дискретного программирования. 3. Структуры данных и реализация переборных алгоритмов решения задач дискретного программирования. 4. Матроиды и жадные алгоритмы решения задач динамического программирования. 5. Теория двойственности и особенность выпуклых многогранников в методах динамического программирования. 6. Примеры прикладных задач динамического программирования. Классификация задач и методов динамического программирования. 7. Задача управления запасами. 8. Задачи теории расписаний. 9. Прикладные практические задачи динамического программирования. Задача раскроя ленты гофрополотна. Задача раскроя лесосырья на пиломатериалы и пр. 10. Динамика по множествам. 11. Приложения к теории игр и теории планирования экспериментов. 12. Особенности токенизации и сегментации русскоязычного текста. 13. Лемматизация и стемминг: различия, преимущества и ограничения. 14. Форматы представления и аннотирования лингвистических данных. 15. Лингвистические словари, тезаурусы, онтологии и графы знаний в задачах NLP.	

		16. Вероятностные языковые модели и методы сглаживания. 17. Векторные представления слов, предложений и документов. 18. Сравнение классических алгоритмов машинного обучения и нейросетевых моделей в задачах анализа текста. 19. Методы оценки качества классификации, извлечения информации и генерации текста. 20. Анализ ошибок NLP-моделей на специализированных и русскоязычных корпусах. 21. Ограничения современных языковых моделей: смещения, галлюцинации, зависимость от обучающих данных. 22. Использование вычислительной лингвистики в междисциплинарных исследованиях и прикладных проектах. **Задания к практическим работам:** 1. Методы Гомори в задаче о коммивояжере, задаче о назначении. 2. Метод ветвей и границ для задачи коммивояжера, ранца. Метод Ленд и Дойг для задачи о ранце. 3. ε-оптимальный алгоритм ветвей и границ для задачи о ранце, приближенные алгоритмы: поиск с запретами, алгоритм имитации отжига, генетический алгоритм, локальный поиск. 4. Постановка и решение задачи раскроя лесосырья на пиломатериалы для деревообрабатывающего предприятия региона. 5. Жадные алгоритмы для задачи о рюкзаке, модифицированный жадный алгоритм для задачи о рюкзаке и алгоритм с точностью 3/4. 6. Постановка и решение задачи распределения ресурсов между проектами для предприятия региона. 7. Выполнить предварительную обработку русскоязычного текстового корпуса: токенизацию, нормализацию, лемматизацию и частеречную разметку; представить результаты в структурированном виде. 8. Построить частотный словарь корпуса и выявить наиболее характерные коллокации, сравнив результаты для двух тематически различных подборок текстов. 9. Реализовать и сравнить не менее двух методов классификации текстов на выбранной коллекции данных, проанализировать метрики качества и типичные ошибки. 10. Выполнить задачу извлечения информации или распознавания именованных сущностей на русскоязычном материале и оценить качество полученного решения. 11. Сравнить классический и нейросетевой подходы к одной задаче NLP, например анализу тональности, суммаризации или машинному переводу, с интерпретацией различий в результатах. 12. Подготовить мини-проект по прикладной вычислительной лингвистике с использованием современной языковой модели, включая постановку задачи, описание данных, метод решения, оценку качества и анализ ограничений. 5.2. Промежуточная аттестация проводится в виде: зачет. Подробно средства оценивания для проведения промежуточной аттестации обучающихся приведены в Фонде оценочных средств по данной дисциплине.	
5.	Пункт 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	Пункт 8. изменен и изложен в следующей редакции: **8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины** Дисциплина полностью обеспечена учебной литературой, представленной в печатном или электронном виде. Для осуществления образовательной деятельности по дисциплине рекомендуется следующая основная и дополнительная литература. 8.1. Основная литература: 1. Поляк, Б. Т. Введение в оптимизацию. - Изд. 2-е, испр. и доп. - Москва: URSS, 2014. - 386 с. 2. Нестеров, Ю. Е. Введение в выпуклую оптимизацию. - Москва: Издательство МЦНМО, 2010. - 278 с. 3. Горелик, В. А. Исследование операций и методы оп-	

		тимизации. Москва: Академия, 2013. – 271 с. 4. Большакова Е. И., Воронцов К. В., Ефремова Н. Э., Клышинский Э. С., Лукашевич Н. В., Сапин А. С. Автоматическая обработка текстов на естественном языке и компьютерная лингвистика: учеб. пособие. — М.: МИЕМ НИУ ВШЭ, 2017. Открытый доступ в формате PDF на сайте ВШЭ. URL: https://www.hse.ru/data/2017/08/12/1174382135/NLP_and_DA.pdf 5. Jurafsky D., Martin J. H. *Speech and Language Processing: An Introduction to Natural Language Processing, Computational Linguistics, and Speech Recognition with Language Models*. 3rd ed. Online manuscript. Stanford University, 2026. URL: https://web.stanford.edu/~jurafsky/slp3/ 6. Bird S., Klein E., Loper E. *Natural Language Processing with Python: Analyzing Text with the Natural Language Toolkit*. Электронная версия книги, обновленная для Python 3 и NLTK 3. URL: https://www.nltk.org/book/ 8.2. Дополнительная литература: 1. Васильев, Ф. П. Методы оптимизации Ч. I, Конечномерные задачи оптимизации. Принципы максимума. Динамическое программирование. - Изд. новое, перераб. и доп. - Москва: Издательство МЦНМО, 2011. - 619 с. 2. Васильев, Ф. П. Методы оптимизации Ч. II, Оптимизация в функциональных пространствах. Регуляризация. Аппроксимация. - Изд. новое, перераб. и доп. - Москва : Издательство МЦНМО, 2011. – с. 628-1056. 3. Бахвалов Н. С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М. Численные методы: учебное пособие - 7-е изд. - Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. - 636 с. 4. Бахвалов Н. С., Лапин А.В., Чижонков Е.В. Численные методы в задачах и упражнениях: учебное пособие для вузов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. - 240 с. 5. Карманов, В.Г. Математическое программирование. - 5-е изд., стереотип. - Москва: Физматлит, 2001. - 263 с. 6. Мажукин, В. И. Математическое моделирование в экономике: учебное пособие / В. И. Мажукин, О. Н. Королева, Ч. 1: Численные методы и вычислительные алгоритмы. Ч. 2: Лабораторный практикум по численным методам и вычислительным алгоритмам. - М.: Флинта: Московский психолого-социальный институт, 2008. – 226 с. 7. Мажукин, В. И. Математическое моделирование в экономике: учебное пособие / В. И. Мажукин, О. Н. Королева; Рос. акад. образования, Моск. психол.-соц. ин-т, Ч. 3, Экономические приложения. - 3-е изд. - М.: Флинта: Московский государственный университет, 2008. – 174 с. 8. Соколов, А. В. Методы оптимальных решений: Учебное пособие для вузов: [в 2 т.] / А. В. Соколов, В. В. Токарев. - Москва: Физматлит, 2011. - (Анализ и поддержка решений). - Т. 1: Общие положения. Математическое программирование. - 563 с. 9. Тарасевич, Ю. Ю. Математическое и компьютерное моделирование: вводный курс: учебное пособие для вузов / Ю. Ю. Тарасевич. - Изд. 6-е. - Москва: URSS, 2013. – 148 с. 10. Токарев, В. В. Методы оптимальных решений: Учебное пособие для вузов: [в 2 т.]. - 2-е изд., испр. - Москва: Физматлит, 2011. - (Анализ и поддержка решений). - Т. 2 : Многокритериальность. Динамика. Неопределенность. - 416 с. 11. Шапкин, А. С. Математические методы и модели исследования операций: учебник для вузов / А. С. Шапкин, Н. П. Мазаева. - 4-е изд. - Москва: Дашков и К, 2007. - 396 с.	

		12. Боярский К. К. Введение в компьютерную лингвистику: учеб. пособие. — СПб.: НИУ ИТМО, 2014. Открытый PDF-доступ на сайте библиотеки ИТМО. URL: https://books.ifmo.ru/file/pdf/1470.pdf 13. Сидорова Е. А. Основы компьютерной лингвистики: учеб. пособие. — Новосибирск: ИПЦ НГУ, 2023. Свободный доступ из сети Интернет на сайте электронной библиотеки НГУ. URL: https://e-lib.nsu.ru/dsweb/Get/Resource-9050/0000.pdf/en/info 8.3. Программное обеспечение и Интернет-ресурсы: Интернет ресурсы 1. Научная электронная библиотека elibrary.ru: https://elibrary.ru/ 2. Общероссийский портал Math-Net.Ru: https://www.mathnet.ru/ 3. Научная электронная информационная система ScienceDirect: https://www.sciencedirect.com/ 4. Google Академия: https://scholar.google.ru/ 5. Реферативная электронная база данных (The database Zentralblatt MATH): https://zbmath.org/ 6. НЭБ Национальная электронная библиотека: https://rusneb.ru/ 7. Hugging Face. *NLP Course*. Полный бесплатный онлайн-курс по NLP и трансформерам с кодом и практическими заданиями, включая дообучение моделей и ключевые задачи NLP. URL: https://huggingface.co/learn 8. Python 3 + NLTK — программная библиотека для обработки текстов на естественном языке. URL: https://www.nltk.org/ 9. Hugging Face Transformers — открытая библиотека для работы с современными языковыми моделями. URL: https://github.com/huggingface/transformers 10. spaCy — библиотека NLP для промышленной и исследовательской обработки текстов. URL: https://spacy.io/ Перечень программного обеспечения 1) Mathematica 2) Python, Google Colab 3) Средства подготовки и просмотра публикаций (LaTeX, Word)	