

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им.
Н.И. Лобачевского»**

Институт информационных технологий, математики и механики

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета ННГУ
протокол от 30 ноября 2022 г. № 13

Рабочая программа дисциплины

Алгоритмы и структуры данных

Уровень высшего образования
магистратура

Направление подготовки
010402 Прикладная математика и информатика

Направленность образовательной программы
Анализ данных в прикладных областях

Форма обучения
очная

Нижний Новгород
2023

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Алгоритмы и структуры данных» (Б1.В.ДВ.02.02) относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, и предназначена для студентов 1-го курса магистратуры, обучающихся по специальности «Прикладная математика и информатика» (2 семестр).

Целями освоения дисциплины «Алгоритмы и структуры данных» являются овладение продвинутой структурой данных и алгоритмами для работы с информацией, представленной в виде последовательностей символов, а также прививание навыков оценивания сложности таких алгоритмов.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

| Формируемые компетенции (код, содержание компетенции) | Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции | | Наименование оценочного средства |
|---|--|---|----------------------------------|
| | Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора) | Результаты обучения по дисциплине | |
| ПК-4 Способен разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели решаемых научных проблем и задач | ПК-4.1. Знает методы разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач | ЗНАТЬ базовые структуры данных и алгоритмы для работы с информацией, представленной в виде последовательностей символов | Собеседование (зачет) |
| | ПК-4.2. Умеет применять методы разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач | УМЕТЬ профессионально разрабатывать и использовать программное обеспечение для решения задач научной и проектно-технологической | Контрольная работа |
| ПК-11 Способен разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели решаемых задач производственно-технологической деятельности | ПК-11.1. Знает методы разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых производственно-технологических задач | ЗНАТЬ технологии разработки и анализа алгоритмических, методических и технологических проблем. | Собеседование (зачет) |
| | ПК-11.2. Умеет применять методы разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых производственно-технологических задач | УМЕТЬ разрабатывать и применять математические методы для решения задач научной и проектно-технологической деятельности | Контрольная работа |

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Трудоемкость дисциплины

| | |
|-------------------------|----------------------|
| | Очная форма обучения |
| Общая трудоемкость | 3 ЗЕТ |
| Часов по учебному плану | 108 |

| | |
|--|-----------|
| в том числе | |
| аудиторные занятия (контактная работа): | 33 |
| - занятия лекционного типа | 16 |
| - занятия семинарского типа | 16 |
| - занятия лабораторного типа | |
| - текущий контроль (КСР) | 1 |
| самостоятельная работа | 75 |
| Промежуточная аттестация – зачет | |

3.2. Содержание дисциплины

| Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины | Всего (часы) | В том числе | | | | Самостоятельная работа обучающегося, часы |
|--|--------------|---|---------------------------|----------------------------|-------|---|
| | | Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы. Из них | | | | |
| | | Занятия лекционного типа | Занятия семинарского типа | Занятия лабораторного типа | Всего | |
| Период строки. Префикс функция. Z-функция. | 7 | 1 | 1 | | 2 | 5 |
| Trie(бор) структура. Алгоритм Ахо-Корасик. Функция ошибок. | 7 | 1 | 1 | | 2 | 5 |
| Суффиксный бор. Алгоритм Укконена. Задача о наибольшей общей подстроке. | 7 | 1 | 1 | | 2 | 5 |
| RMQ, SMQ и LCA структуры. Статический и динамический варианты. | 7 | 1 | 1 | | 2 | 5 |
| Суффиксный массив. Построение суффиксного массива за линейное время. Построение LCP массива за линейное время. | 7 | 1 | 1 | | 2 | 5 |
| Применение техник хеширования для строковых задач. Алгоритм Рабина-Карпа. | 7 | 1 | 1 | | 2 | 5 |
| Приближенное сопоставление строк с джокерами. Разные алгоритмы. | 7 | 1 | 1 | | 2 | 5 |
| Приближенное сопоставление строк по метрикам Хемминга и Левенштейна. | 7 | 1 | 1 | | 2 | 5 |
| Задача о наибольшей общей подпоследовательности. Алгоритм Ханта-Сцимански, метод четырех русских. | 7 | 1 | 1 | | 2 | 5 |
| Построение сжатых индексов. Преобразование Барроуза-Уилера. Wavelet tree. | 8 | 1 | 1 | | 2 | 6 |
| Конечные автоматы, введение. Минимальный автомат. Алгоритм Мура, Алгоритм Хопкрофта. | 8 | 1 | 1 | | 2 | 6 |
| Недетерминированные конечные автоматы. Регулярные выражения и регулярные языки. | 8 | 1 | 1 | | 2 | 6 |
| Сведение регулярного выражения к НКА. Сведение ДКА к регулярному выражению. Лемма о накачке. | 10 | 2 | 2 | | 4 | 6 |
| Контекстно свободные грамматики. Сведение к нормальной форме Хомского. Алгоритм СЮК. | 10 | 2 | 2 | | 4 | 6 |
| Текущий контроль (КСР) | 1 | | | | | |
| Промежуточная аттестация – зачет | | | | | 1 | |
| Итого | 108 | 16 | 16 | 0 | 33 | 75 |

Текущий контроль успеваемости реализуется в форме опросов на занятиях семинарского типа. Промежуточная аттестация проходит в традиционной форме (зачет).

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Виды самостоятельной работы студентов

- Выполнение дополнительных теоретических и практических заданий.
- Изучение дополнительных тем, указанных преподавателем.
- Программная реализация алгоритмов построения суффиксного и префиксного боров, суффиксного массива, LCP массива и др.

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

| Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций) | Шкала оценивания сформированности компетенций | | | | | | |
|--|--|--|---|---|--|--|--|
| | плохо | неудовлетворительно | удовлетворительно | хорошо | очень хорошо | отлично | превосходно |
| | Не зачтено | | Зачтено | | | | |
| <u>Знания</u> | Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа | Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. | Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок. | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько незначительных ошибок | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. | Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. |
| <u>Умения</u> | Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа | При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. | Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме. | Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. | Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. | Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными незначительными недочетами, выполнены все задания в полном объеме. | Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов |
| <u>Навыки</u> | Отсутствие владения материалом. Невозможность | При решении стандартных задач не продемонстрированы | Имеется минимальный набор навыков для | Продemonстрированы базовые навыки при | Продemonстрированы базовые навыки при | Продemonстрированы навыки при решении | Продemonстрирован творческий подход к |

| | | | | | | | |
|--|---|--|--|---|---|---|------------------------------|
| | ть оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа | ированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки. | решения стандартных задач с некоторыми недочетами. | решении стандартных задач с некоторыми недочетами | решении стандартных задач без ошибок и недочетов. | нестандартных задач без ошибок и недочетов. | решению нестандартных задач. |
|--|---|--|--|---|---|---|------------------------------|

Шкала оценки при промежуточной аттестации

| Оценка | | Уровень подготовки |
|------------|---------------------|--|
| зачтено | Превосходно | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно» |
| | Отлично | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично» |
| | Очень хорошо | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо» |
| | Хорошо | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо» |
| | Удовлетворительно | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно» |
| не зачтено | Неудовлетворительно | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо» |
| | Плохо | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо» |

5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

5.2.1 Контрольные вопросы

| вопросы | Код формируемой компетенции |
|---|-----------------------------|
| 1. Сформулируйте понятие периода и бордера строки. Сформулируйте понятия префикс функции и Z-функции. Приведите линейные алгоритмы построения последних. | ПК-4 |
| 2. Опишите алгоритм построения префиксного бора по набору образцов. Сформулируйте понятие функции ошибок. Опишите алгоритм Ахо-Корасик. | ПК-4 |
| 3. Дайте определение суффиксного бора. Каким образом можно осуществить сжатие суффиксного бора до линейной памяти? Приведите алгоритм Укконена. | ПК-4 |
| 4. Дайте определение суффиксного массива. Каким образом и за какое время можно решать задачу о подстроке пользуясь суффиксным массивом? Расскажите как строить суффиксный массив за линейное время. | ПК-4 |
| 5. Дайте определения SMQ, RMQ и LCA структур, их | ПК-4 |

| | |
|---|-------|
| статических и динамических вариантов. Какую сложность имеют основные операции данных структур в статическом и динамическом вариантах? Приведите конкретные методы приводящие к этим трудоемкостям. | |
| 6. Дайте определение LCP массива. Приведите линейный алгоритм построения LCP массива. Для каких задач используется LCP-массив? | ПК-4 |
| 7. Сформулируйте задачу сопоставления двух строк с джокерами. Приведите алгоритм основанный на алгоритме Ахо-Корасик. Приведите алгоритм основанный на быстром преобразовании Фурье. Приведите алгоритм основанный на технике полиномиального хеширования. | ПК-4 |
| 8. Сформулируйте задачу сопоставления двух строк с не более чем k ошибками. Приведите алгоритм который решает данную задачу за время $O(nk)$ с использованием LCP-структуры для метрики Хемминга. Приведите алгоритм Ландау-Вишкина, который решает аналогичную задачу для метрики Левенштейна. | ПК-11 |
| 9. Расскажите о том как техники хеширования могут применяться для задач на строках. Расскажите о полиномиальном хешировании. Расскажите алгоритм Рабина-Карпа. | ПК-11 |
| 10. Опишите задачу построения сжатого индекса. Каким образом это осуществимо? Расскажите о преобразовании Барроуза-Уилера. Опишите структуру данных wavelet tree. | ПК-11 |
| 11. Сформулируйте задачи о наибольшей общей подстроке и о наибольшей общей подпоследовательности. Как первая из этих задач может быть решена за линейное время. Приведите алгоритм Ханта-Сцимански и метод «четырёх русских» для второй задачи. | ПК-11 |
| 12. Дайте определения детерминированного и недетерминированного конечных автоматов. Дайте определения регулярных выражений и языков. Дайте определение минимального автомата. Приведите алгоритмы минимизации Мура и Хопкрофта. | ПК-11 |
| 13. Опишите метод сведения регулярного выражения к недетерминированному конечному автомату. Опишите метод сведения регулярного выражения к детерминированному конечному автомату. Сформулируйте и докажите лемму о накачке. | ПК-11 |
| 14. Дайте определения и примеры контекстно свободных грамматик. Дайте определение нормальной формы Хомского. Как осуществляется приведение к нормальной форме Хомского. Расскажите алгоритм СЮК разбора грамматики. | ПК-11 |

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Алексеев В. Е., Таланов В. А. Графы. Модели вычислений. – <https://www.intuit.ru/studies/courses/101/101/info>.

б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

- <http://logic.pdmi.ras.ru/~yura/strings.html>
- <https://www.coursera.org/learn/algorithms-on-strings>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой (лекционного и семинарского типа), оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной

техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду ННГУ.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению 01.04.02 Прикладная математика и информатика.

Автор: Грибанов

Заведующий кафедрой АГиДМ Н.Ю. Золотых

Программа одобрена на заседании методической комиссии института информационных технологий, математики и механики от 30 ноября 2022 года, протокол № 3.