

**Правительство Российской Федерации**

**Государственное образовательное бюджетное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Государственный университет - Высшая школа экономики»  
Нижегородский филиал**

Факультет бизнес-информатики и прикладной математики

**Программа дисциплины  
«Дискретные модели и алгоритмы»**

для направления 010400.68 «Прикладная математика и информатика»  
подготовки магистра

Автор программы: Малышев Д.С., к.ф.-м.н., dsmalishev.hse.ru

Одобрена на заседании кафедры ПМИ «1» сентября 2010г  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Калягин В.А.

Рекомендована секцией УМС «Математика и информатика» «\_\_» \_\_\_\_\_ 2010г  
Председатель \_\_\_\_\_ Демкин В.М.

Утверждена УМС филиала «\_\_» \_\_\_\_\_ 2010г.  
Председатель \_\_\_\_\_ Л.Г.Макарова



## 1 Область применения и нормативные ссылки

Настоящая программа учебной дисциплины устанавливает минимальные требования к знаниям и умениям студента и определяет содержание и виды учебных занятий и отчетности.

Программа предназначена для преподавателей, ведущих данную дисциплину, учебных ассистентов и студентов направления подготовки 010400.62 «Прикладная математика и информатика», изучающих дисциплину «Дискретная модели и алгоритмы».

Программа разработана в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом ВПО по направлению «Прикладная математика и информатика», степень — магистр прикладной математики и информатики.

Образовательной программой 010400.68 «Прикладная математика и информатика».

Рабочим учебным планом университета по направлению подготовки 010400.62 «Прикладная математика и информатика», утвержденным в 2010г.

## 2 Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Дискретные модели и алгоритмы» являются подготовка в области основ гуманитарных, социальных, экономических, математических и естественнонаучных знаний, получение высшего профессионально профилированного (на уровне магистра) образования, позволяющего выпускнику успешно работать в избранной сфере деятельности, обладать универсальными и предметно-специализированными компетенциями, способствующими его социальной мобильности и устойчивости на рынке труда.

## 3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

В результате освоения дисциплины студент должен:

- Знать дискретные модели
- Уметь применять на практике изученные методы и алгоритмы
- Иметь навыки (приобрести опыт) решения математических задач, возникающих в некоторых прикладных областях

В результате освоения дисциплины студент осваивает следующие компетенции:

Компетенция	Код по ФГОС/ НИУ	Дескрипторы – основные признаки освоения (показатели достижения результата)	Формы и методы обучения, способствующие формированию и развитию компетенции
способностью совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень, добиваться нравственного и физического совершенствования своей личности	ОК-6	применяет	Самостоятельная работа
способностью использовать углубленные знания правовых и этических норм при оценке последствий своей профессиональной деятельности, при разработке и	ОК-9	применяет	Чтение лекций, проведение практических занятий, самостоятельная работа



Компетенция	Код по ФГОС/ НИУ	Дескрипторы – основные признаки освоения (показатели достижения результата)	Формы и методы обучения, способствующие формированию и развитию компетенции
осуществлении социально значимых проектов			
способностью проводить семинарские и практические занятия с обучающимися, а также лекционные занятия спецкурсов по профилю специализации	ПК-8	применяет	Чтение лекций, проведение практических занятий, самостоятельная работа
способностью разрабатывать учебно-методические комплексы для электронного и мобильного обучения	ПК-9	представляет связи	Чтение лекций, проведение практических занятий, самостоятельная работа
способностью разрабатывать аналитические обзоры состояния области прикладной математики и информационных технологий по профильной направленности ООП магистратуры	ПК-10	представляет связи	Чтение лекций, проведение практических занятий, самостоятельная работа
способностью работать в международных проектах по тематике специализации	ПК-11	применяет	Чтение лекций, проведение практических занятий, самостоятельная работа
способностью участвовать в деятельности профессиональных сетевых сообществ по конкретным направлениям	ПК-12	представляет связи	Чтение лекций, проведение практических занятий, самостоятельная работа

#### 4 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Настоящая дисциплина относится к циклу дисциплин направления (вузовский компонент) и блоку дисциплин, обеспечивающих подготовку магистра по направлению «Прикладная математика и информатика».

Изучение данной дисциплины базируется на следующих дисциплинах: «Дискретная математика», «Основы информатики и программирования», «Алгоритмы и структуры данных».

#### 5 Тематический план учебной дисциплины

№	Название раздела	Всего часов	Аудиторные часы			Самостоятельная работа
			Лекции	Семинары	Практические занятия	



1	Модели вычислений	18	4		4	10
2	Анализ алгоритмов	32	6		6	20
3	Структуры данных	36	8		8	20
4	Алгоритмы и их эффективные реализации	36	8		8	20
5	Эффективные и «труднорешаемые» задачи	18	4		4	10
6	Строковые алгоритмы	22	6		6	10
	<b>ИТОГО</b>	<b>162</b>	<b>36</b>		<b>36</b>	<b>90</b>

## 6 Формы контроля знаний студентов

Тип контроля	Форма контроля	1 год				Параметры
		1	2	3	4	
Текущий	Контрольная работа (зачетная неделя)		*			Написание программы, сравнивающей два предложенных алгоритма
	Реферат (5 неделя модуля)			*		Письменная работа по написанной программе
Итоговый	Экзамен			*		Устно-письменная работа

### 6.1 Критерии оценки знаний, навыков

При выполнении контрольной работы студент должен написать программу и отобразить графики времени работы предложенных алгоритмов. Программа оценивается по правильности выполнения контрольных тестов. Реферат оценивается с позиций полноты изложения и корректности сделанных выводов. При ответе на экзамене студент должен демонстрировать знание изученных структур данных и понимание работы соответствующих алгоритмов. Оценки по всем формам текущего контроля выставляются по 10-ти балльной шкале.

## 7 Содержание дисциплины

1. **Модели вычислений.** 16 проблема Гильберта и ее роль в формировании понятия алгоритма. Машина Тьюринга-Поста. Алгоритмы Маркова. Методика Флойда верификации тьюринговых программ. Понятие об измерении временной и пространственной сложности алгоритмов.

Формы и методы проведения занятий по разделу: чтение лекций, проведение практических занятий. Литература по разделу: [1, 2 часть, 1 глава].

2. **Анализ алгоритмов.** Виды асимптотических оценок алгоритмов.  $O$ ,  $\Omega$ ,  $\theta$ -символика и другие сведения из математического анализа, необходимые для асимптотического оценивания алгоритмов. Амортизационные оценки. Методы доказательства амортизационных оценок. Амортизационный анализ работы двоичного счетчика.

Формы и методы проведения занятий по разделу: чтение лекций, проведение практических занятий. Литература по разделу: [1, 2 часть, 2 глава], [2,4].

### 3. Структуры данных.

3.1. Понятие об абстрактных структурах данных. Список, как абстрактная структура данных, ее конкретные реализации в машинной памяти (прямой и последовательный доступы).

3.2. Структура данных – разделенное множество. Реализации разделенных множеств при помощи списков, с помощью деревьев со сжатием и без сжатия путей. Оценки трудоемкости операций, теорема Тарьяна.

3.3. Структура данных – приоритетная очередь.

3.3.1. Реализация приоритетных очередей на основе завершенных  $d$ -арных деревьев. Комбинаторные свойства таких деревьев.

3.3.2. Комбинаторные свойства левосторонних деревьев, реализация приоритетных очередей на их основе, оценки выполнения основных операций.

3.3.3. Комбинаторные свойства биномиальных деревьев. Реализация приоритетных очередей на основе биномиальных деревьев с оценками трудоемкостей.

3.3.4. Фибоначчиевы кучи, оценки трудоемкости операций.

2.4. Структура данных – поисковое дерево. Критерии и способы балансировки поисковых деревьев. Красно-черные деревья и их комбинаторные свойства. AVL-деревья и их комбинаторные свойства. B-деревья и их комбинаторные свойства.

Формы и методы проведения занятий по разделу: чтение лекций, проведение практических занятий. Литература по разделу: [1, 3 часть], [2,4].

### 4. Алгоритмы и их эффективные реализации

4.1. Задача сортировки данных и ее решение пирамидальной сортировкой.

4.2. Задача о минимальном остовном дереве, ее решение при помощи разделенных множеств.

4.3. Задача о кратчайших путях в графе и ее решение с использованием приоритетной очереди.

4.4. Задача о поиске пары пересекающихся отрезков на плоскости, ее решение при помощи поисковых деревьев.

4.5. Комбинированное использование различных структур данных в рамках одного алгоритма (например, Round Robin).

Формы и методы проведения занятий по разделу: чтение лекций, проведение практических занятий. Литература по разделу: [1, 3 часть], [2,4].

5. **Эффективная разрешимость и «труднорешаемость» дискретных задач.** Классы сложности  $P, NP, NPC$ , гипотеза  $P \neq NP$ . Подходы к решению  $NP$ -полных задач: выделение эффективно решаемых случаев, построение приближенных и эвристических алгоритмов.

Формы и методы проведения занятий по разделу: чтение лекций, проведение практических занятий. Литература по разделу: [1, 2 часть, 1 глава], [2].

6. **Строковые алгоритмы.** Алгоритмы поиска фрагментов в текстах («наивный» и Кнута-Морриса-Пратта). Суффиксные деревья и алгоритмы (по МакКрейту и Укконену) их построения. Доказательство оценок трудоемкости.

Формы и методы проведения занятий по разделу: чтение лекций, проведение практических занятий. Литература по разделу: [1, 2 часть, 5 глава], [4].

## 8 Образовательные технологии

При реализации учебной работы предполагается использовать разбор практических задач.

## 9 Оценочные средства для текущего контроля и аттестации студента

### 9.1 Тематика заданий текущего контроля

Тематика лабораторных работ:

1. Нахождение кратчайших путей в графе
2. Нахождение минимального остовного дерева
3. Построение выпуклой оболочки системы точек на плоскости
4. Поиск пары пересекающихся отрезков на плоскости

Варианты лабораторной работы для каждого студента утверждается преподавателем в индивидуальном порядке.

### 9.2 Вопросы для оценки качества освоения дисциплины

Примерный перечень вопросов к экзамену по всему курсу.

1. Формализации понятия алгоритма посредством машины Тьюринга-Поста и алгоритмов Маркова.
2. Методика Флойда верификации тьюринговых программ и пример ее работы.
3.  $O$ ,  $\Omega$ ,  $\theta$ -символика и другие сведения из математического анализа, необходимые для асимптотического оценивания алгоритмов. Амортизационные оценки.
4. Понятие об абстрактных типах данных и структурах данных для их реализации в памяти прямого доступа. Примеры абстрактных типов данных.
5. Разделенные множества. Способы представления разделенных множеств с оценками трудоемкости операций. Теорема Тарьяна. Примеры алгоритмов эффективно использующих разделенные множества.
6. Реализация разделенных множеств с помощью списков, оценки трудоемкости операций.
7. Реализация разделенных множеств с помощью деревьев без сжатия путей, оценки трудоемкости операций.
8. Реализация разделенных множеств с помощью деревьев со сжатием путей, оценки трудоемкости операций.
9. Комбинаторные свойства  $d$ -деревьев. Оценка высоты  $d$ -кучи, состоящей из  $n$  элементов.
10. Реализация приоритетной очереди на основе  $d$ -деревьев. Оценки трудоемкости операций.
11. Написать псевдокод операции всплытия в  $d$ -куче. Привести оценку временной трудоемкости этой операции.
12. Написать псевдокод операции погружения в  $d$ -куче. Привести оценку временной трудоемкости этой операции.
13. Написать псевдокод операции окучивания массива. Привести оценку временной трудоемкости этой операции.
14. Написать псевдокод операции изъятия элемента с минимальным ключом из  $d$ -кучи. Привести оценку временной трудоемкости этой операции.

15. Пирамидальная сортировка. Оценка трудоемкости этапов пирамидальной сортировки.
16. Использование приоритетной очереди в алгоритме нахождения кратчайших путей в графе.
17. Комбинаторные свойства левосторонних деревьев. Реализация приоритетных очередей на основе левосторонних деревьев с оценками трудоемкости.
18. Комбинаторные свойства биномиальных деревьев. Реализация приоритетных очередей на основе биномиальных деревьев. Реализация основных операций с оценками трудоемкости.
19. Фибоначчиевы кучи, оценки трудоемкости операций.
20. Самоорганизующиеся кучи, амортизационная оценка трудоемкости операций при работе с самоорганизующейся кучей.
21. Красно-черные деревья и их комбинаторные свойства.
22. AVL-деревья и их комбинаторные свойства. Оценки трудоемкости операций с AVL-деревьями.
23. Понятие о полиномиально разрешимых и труднорешаемых задачах.
24. Сложностные классы P, NP, NPC. Способы решения NP-полных задач.
25. «Наивный» алгоритм и алгоритм Кнута-Морриса-Пратта поиска фрагмента в тексте с доказательством оценок трудоемкостей.
26. Суффиксные деревья и алгоритм МакКрейта.
27. Суффиксные деревья и алгоритм Укконена.

## 10 Порядок формирования оценок по дисциплине

На оценку за итоговый контроль влияют оценки за выполнение контрольной работы, реферата и экзамена ( $O_{\text{контр}}$ ,  $O_{\text{реф}}$  и  $O_{\text{экзамен}}$  соответственно). В диплом выставляется результирующая оценка по учебной дисциплине, которая формируется по следующей формуле:

$$O_{\text{накопленная}} = 0.5 * O_{\text{контр.}} + 0.5 * O_{\text{реферат}} + 0 * O_{\text{аудитор.}} + 0 * O_{\text{сам.раб.}}$$

$$O_{\text{дисциплина}} = 0.6 * O_{\text{экзамен}} + 0.4 * O_{\text{накопленная}}$$

## 11 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 11.1 Базовый учебник

Алексеев В.Е., Таланов В.А.. Графы. Модели вычислений. Алгоритмы: Учебник. Нижний Новгород: Из-во ННГУ, 2005.

### 11.2 Основная литература

- [1]. Алексеев В.Е., Таланов В.А.. Графы. Модели вычислений. Алгоритмы: Учебник. Нижний Новгород: Из-во ННГУ, 2005.

### 11.3 Дополнительная литература

- [2]. Ахо А., Хопкрофт Дж., Ульман Дж. Структуры данных и алгоритмы. М.: Вильямс, 2000.



[3]. Гэри М., Джонсон Д. Вычислительные машины и труднорешаемые задачи: Пер. с англ. – М. Мир, 1982. – 416 Стр.

[4]. Н. Thomas, С.Е. Cormen, R.L. Leiserson, C.S. Rivest. Introduction to algorithms. the MIT Press, 2006.

## **12 Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Для выполнения и демонстрации лабораторных работ предполагается использовать ресурсы вычислительного кластера Нижегородского филиала ГУ-ВШЭ.

Автор программы

Д.С. Малышев