

**Программа учебной дисциплины  
«Алгоритмы и структуры данных - 2»**

Утверждена  
Академическим советом ОП  
Протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ . \_\_\_\_\_ .20 \_\_\_\_\_

Разработчик	Объедков Сергей Александрович, Доцент, Департамент анализа данных и искусственного интеллекта
Число кредитов	4
Контактная работа (час.)	64
Самостоятельная работа (час.)	88
Курс, Образовательная программа	2 (Б) курс, Прикладная математика и информатика
Формат изучения дисциплины	Без использования онлайн курса

**1. Цель, результаты освоения дисциплины и пререквизиты**

Цели:

1. ознакомление студентов с основами алгоритмической теории сложности, приближенными и вероятностными методами решения труднорешаемых задач, в том числе задач, возникающих в анализе данных

Планируемые результаты обучения (ПРО):

1. Уметь проводить анализ корректности и временной сложности алгоритмов; распознавать класс сложности задач
2. Уметь адаптировать известные и проектировать новые алгоритмы для решения вычислительно сложных задач на практике
3. Уметь разбить задачу на подзадачи, эффективно реализовать программные компоненты для отдельных подзадач и связать их воедино

Пререквизиты:

1. Дискретная математика
2. Основы и методология программирования
3. Алгоритмы и структуры данных

**2. Содержание учебной дисциплины**

Тема (раздел дисциплины)	Объем в часах	Планируемые результаты обучения (ПРО), подлежащие контролю	Формы контроля
	лк		
	см		
	onl/cp		
Основы теории вычислительной сложности	10	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Уметь проводить анализ корректности и временной сложности алгоритмов; распознавать класс сложности задач</li> </ul>	ДЗ1, Ауд, Экз,
	10		
	28		
Методы решения труднорешаемых	6	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Уметь адаптировать известные и проектировать новые алгоритмы для решения вычислительно сложных задач</li> </ul>	ДЗ1, ДЗ2, Ауд, Экз,
	6		

задач	16	на практике • Уметь разбить задачу на подзадачи, эффективно реализовать программные компоненты для отдельных подзадач и связать их воедино	
Задачи и алгоритмы анализа данных	16	• Уметь адаптировать известные и проектировать новые алгоритмы для решения вычислительно сложных задач на практике • Уметь разбить задачу на подзадачи, эффективно реализовать программные компоненты для отдельных подзадач и связать их воедино	Д32, Ауд, Экз,
	16		
	44		
<b>Часов по видам учебных занятий:</b>	32		
	32		
	88		
<b>Итого часов:</b>	152		

### Содержание разделов дисциплины:

#### 1. Основы теории вычислительной сложности

Машины Тьюринга. Классы P, NP, coNP, примеры задач из этих классов. NP-полнота. Полиномиальные сведения. Теорема Кука – Левина. NP-полные задачи: 3-SAT, Not-All-Equal-3-SAT, задачи о клике, вершинном покрытии, независимом множестве, гамильтоновом пути, максимальном разрезе, сумме подмножества, рюкзаке и др. Теорема об иерархии классов сложности по времени.

#### 2. Методы решения труднорешаемых задач

Локальный поиск, градиентный спуск, алгоритм Метрополиса, имитация отжига. Рандомизированные и приближенные алгоритмы. Приближенное решение задачи о максимальном разрезе. Алгоритмы типа Монте-Карло и Лас-Вегас. Простой рандомизированный алгоритм для вычисления означивания переменных, максимизирующего число истинных дизъюнктов в 3-КНФ.

#### 3. Задачи и алгоритмы анализа данных

Сегментация изображений (передний/задний план) с помощью минимального разреза. NP-трудность задачи сегментации изображений на три класса. Приближенный алгоритм сегментации изображений на несколько классов. Кластеризация на основе минимального остовного дерева, максимизирующая минимальное межкластерное расстояние. NP-трудность кластеризации, минимизирующей максимальное внутрикластерное расстояние. Приближенный алгоритм кластеризации, минимизирующий максимальное расстояние до центра кластера. Поточковые алгоритмы. Эффективное перечисление последовательностей. Полиномиальная задержка, кумулятивная задержка, сложность алгоритма относительно размера входа и выхода.

### 3. Оценивание

- Д31, Не блокирующее, Домашнее задание
- Д32, Не блокирующее, Домашнее задание
- Ауд, Не блокирующее, Работа на семинаре
- Экз, Не блокирующее, Экзамен (письменный)

**Формула округления:** Стандартное арифметическое округление

**Шкала оценки:** Десятибалльная

**Вид формулы оценивания:** Линейная

**Формула оценивания:**

Округление( $0,15 * Д31 + 0,15 * Д32 + 0,3 * Ауд + 0,4 * Экз$ )

## 4. Примеры оценочных средств

1

Докажите, что класс NP-полных языков не замкнут относительно пересечения.

2

Приведите полиномиальный алгоритм сведения задачи о раскраске графа в три цвета:

[Дано:] Граф  $G$ .

[Вопрос:] Можно ли раскрасить вершины графа  $G$  в три цвета так, чтобы цвета всех смежных вершин были различны?

к следующей задаче:

[Дано:] 3-КНФ  $\phi$ .

[Вопрос:] Существует ли для формулы  $\phi$  такой набор истинностных значений, что в каждой дизъюнкции из  $\phi$  будет ровно один истинный литерал?

Докажите корректность сведения.

3

Рассмотрим задачу о коммивояжере:

[Дано:] Неориентированный граф с весами на ребрах.

[Найти:] Цикл наименьшего веса, проходящий через каждую вершину ровно один раз.

В каких из следующих случаев удаление вершины из графа может привести к увеличению стоимости решения (т.е. веса цикла)?

- Все веса --- отрицательные.

- Вершина --- точка на плоскости, а вес ребра --- евклидово расстояние между точками, которые оно соединяет.

Поясните ответ.

4

Рассмотрим следующую задачу:

[Дано:]  $n$  работ, для каждой из которых указано время выполнения:  $t_1, \dots, t_n$ . Среди работ нет такой, время выполнения которой превышает суммарное время выполнения всех остальных работ.

[Вопрос:] Как распределить работы между двумя работниками так, чтобы минимизировать разницу между суммарным временем  $T_1$  работы одного из них и суммарным временем  $T_2$  работы другого?

Будем решать эту задачу при помощи локального поиска, начиная с произвольного распределения всех работ и на каждом шаге перераспределяя одну работу, если это приводит к уменьшению  $|T_1 - T_2|$ , пока возможно. Докажите, что этот алгоритм находит оптимальное распределение, или приведите контрпример.

5

В игре ---  $n$  фишек, из них  $i$  фишек — у вас на руках в начале игры. После каждого раунда вы с вероятностью  $2/3$  отдаете одну фишку, а с вероятностью  $1/3$  забираете одну фишку. Игра продолжается  $t$  раундов. Если в какой-то момент у вас на руках не окажется ни одной фишки или окажутся все  $n$  фишек, игра завершается досрочно. В конце игры вы получаете  $2^j$  рублей, где  $j$  --- число фишек у вас на руках в этот момент. Вычислите математическое ожидание выигрыша.

## 5. Ресурсы

### 5.1. Рекомендуемая основная литература

п/п	Наименование
1	<i>Т. Кормен, Ч. Лейзерсон, Р. Ривест, К. Штайн</i> Алгоритмы: построение и анализ, 2-е изд. – М.; СПб.; Киев: Вильямс, 2005 (или более поздние издания)

2	<i>Jure Leskovec, Jeffrey David Ullman, Anand Rajaraman</i> Mining of Massive Datasets, Cambridge University Press, 2014 (или более поздние издания)
---	--

## 5.2. Рекомендуемая дополнительная литература

п/п	Наименование
1	<i>Sanjeev Arora; Boaz Barak</i> Computational Complexity: A Modern Approach, Cambridge University Press, 2009 (или более поздние издания)
2	<i>E. Dahlhaus, D. S. Johnson, C. H. Papadimitriou, P. D. Seymour, M. Yannakakis</i> The Complexity of Multiterminal Cuts, SIAM Journal on Computing. – 1994. – Vol. 23 (4). – P. 864–894
3	<i>D.S. Johnson, M. Yannakakis, C.H. Papadimitriou</i> On generating all maximal independent sets, Information Processing Letters. – 1988. Vol. 27 (3). – P. 119–123

## 5.3. Программное обеспечение

п/п	Наименование	Условия доступа/скачивания
1	Microsoft Windows 7 Professional RUS Microsoft Windows 8.1 Professional RUS Microsoft Windows 10	Из внутренней сети университета (договор)
2	Microsoft Office Professional Plus 2010	Из внутренней сети университета (договор)
3	Microsoft Windows 7 Professional RUS / Microsoft Windows 10 / Microsoft Windows 8.1 Professional RUS	Из внутренней сети университета (договор)
4	Microsoft Office Professional Plus 2010	Из внутренней сети университета (договор)
5	Интерпретатор языка Python 3.x	Свободно распространяемое программное обеспечение
6	Компилятор языка C++11 (g++ 4.8)	Свободно распространяемое программное обеспечение

## 5.4. Профессиональные базы данных, информационные справочные системы, интернет-ресурсы (электронные образовательные ресурсы)

п/п	Наименование	Условия доступа/скачивания
<b>Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы</b>		
1	Электронно-библиотечная система Юрайт	URL: <a href="https://biblio-online.ru/">https://biblio-online.ru/</a>
2	Книги ebrary	Из внутренней сети университета (договор)
3	Books24x7	Из внутренней сети университета (договор)
4	ProQuest	Из внутренней сети университета (договор)
5	Science Direct	Из внутренней сети университета (договор)
<b>Интернет-ресурсы (электронные образовательные ресурсы)</b>		
1	Открытое образование	URL: <a href="https://openedu.ru/">https://openedu.ru/</a>

## 5.5. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебные аудитории для лекционных по дисциплине обеспечивают использование и демонстрацию тематических иллюстраций, соответствующих программе дисциплины в составе:

- ПЭВМ с доступом в Интернет (операционная система, офисные программы, антивирусные программы);

- мультимедийный проектор с дистанционным управлением.

Учебные аудитории для лабораторных и самостоятельных занятий по дисциплине оснащены ПЭВМ, с возможностью подключения к сети Интернет и доступом к электронной информационно-

образовательной среде НИУ ВШЭ.

## **6. Особенности организации обучения для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

В случае необходимости, обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обучающегося) а для инвалидов также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида, могут предлагаться следующие варианты восприятия учебной информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей, в том числе с применением электронного обучения и дистанционных технологий:

6.1.1. *для лиц с нарушениями зрения:* в печатной форме увеличенным шрифтом; в форме электронного документа; в форме аудиофайла (перевод учебных материалов в аудиоформат); в печатной форме на языке Брайля; индивидуальные консультации с привлечением тифлосурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации.

6.1.2. *для лиц с нарушениями слуха:* в печатной форме; в форме электронного документа; видеоматериалы с субтитрами; индивидуальные консультации с привлечением сурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации.

6.1.3. *для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:* в печатной форме; в форме электронного документа; в форме аудиофайла; индивидуальные задания и консультации.