

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

Кафедра компьютерных сетей

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета ИВТ

 Д.Ю. Чалый

« 24 » мая 2022 г.

Рабочая программа дисциплины
«Алгоритмы для пр-трудных задач»

Направление подготовки
01.04.02 Прикладная математика и информатика

Направленность (профиль)
«Математические основы искусственного интеллекта»

Квалификация выпускника
Магистр

Форма обучения
очная

Программа рассмотрена
на заседании кафедры
от «22» марта 2022 г.,
протокол № 7

Программа одобрена НМК
факультета ИВТ
протокол № 6 от
«18» апреля 2022 г. года

Ярославль

1. Цели освоения дисциплины

Дисциплина «Алгоритмы для NP-трудных задач» относится к обязательной части ОП магистратуры. Для освоения данной дисциплины студенту необходимы знания дискретной математики, теории вероятности, теории алгоритмов и анализа сложности алгоритмов.

Знания, полученные в рамках дисциплины «Алгоритмы для NP-трудных задач», могут быть использованы в научно-исследовательской работе и профессиональной деятельности.

2. Место дисциплины в структуре ОП магистратуры

Дисциплина «Алгоритмы для NP-трудных задач» относится к обязательной части ОП магистратуры.

Главной особенностью данного курса является ориентация не на стандарты и модели процессов разработки, а на реальные и эффективные практики взаимодействия конкретных участников процесса разработки (разработчиков, менеджеров, тестировщиков), применяемые в современной ИТ-индустрии.

Содержание курса тесно связано фактически со всеми дисциплинами, которые изучались студентами. Освоению данной программы предшествуют учебные курсы по программированию и современным информационным технологиям.

Дисциплина «Алгоритмы для NP-трудных задач» обеспечивает закрепление и углубление теоретических знаний и практических навыков по основным дисциплинам ИТ-цикла. Дисциплина позволит уже на уровне университета подготовить специалистов, способных не только решать конкретные задачи разработки программного обеспечения, но и самостоятельно и гармонично вписываться в бизнес-процессы компании, максимально полно реализуя свои способности как в интересах компании, так и в интересах собственного профессионального развития.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОП магистратуры

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих элементов компетенций в соответствии с ФГОС ВО, ОП ВО и приобретения следующих знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности:

Код компетенции	Формулировка компетенции	Перечень планируемых результатов обучения
Профессиональные компетенции		
ОПК-4	ОПК4.1 – Владеть навыками применения на практике новых научных принципов и методов исследований	Знать: - концептуальные и теоретические модели решаемых научных проблем и задач проектной и производственно-технологической деятельности. Уметь: - управлять проектами, планировать научно-исследовательскую деятельность, анализировать

		риски, управлять командой проекта; Владеть: - практическими навыками планирования работ по разработке проекта, подходами к управлению рисками
--	--	---

4. Объем, структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зач. ед., 144 акад. час.

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоемкость (в академических часах)						Формы текущего контроля успеваемости Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Контактная работа						
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные	самостоятельная работа	
1.	Сложность задач	2	1	1				9	
2.	Анализ подзадач	2	1	1				9	
3.	Псевдополиномиальные алгоритмы	2	1	1				9	
4.	Параметризованные алгоритмы	2	1	1				9	
5.	Частичный перебор	2	2	2				9	
6.	Метаэвристики	2	2	2				9	
7.	Вероятностные алгоритмы	2	3	3				3	
	Аппроксимационные алгоритмы	2	7	7				2	

	Всего за 2 семестр	18	18			59	Зачет
	Всего	18	18			59	

Содержание разделов дисциплины:

<p>Сложность задач Задача распознавания. Детерминированная машина Тьюринга. Полиномиальный алгоритм. Класс задач P. Недетерминированная машина Тьюринга. Класс задач NP. Класс co-NP. Полиномиальная сводимость. NP-полные и NP-трудные задачи. Теорема Кука-Левина. Схема доказательства NP-полноты задачи. Основные NP-полные задачи. NP-промежуточные задачи. Теорема Ладнера. Полиномиально разрешимые и NP-полные задачи двойники</p>
<p>Анализ подзадач Определение подзадачи задачи распознавания. Полиномиальные частные случаи задачи о расписании с предшествованием. Задача маршрутизации транспорта. Задача о раскраске графа. Алгоритм раскраски графа в 2 цвета. NP-полнота задачи о 3-раскраске. Теорема о четырех красках. NP-полнота задачи о 3-раскраске планарного графа</p>
<p>Псевдополиномиальные алгоритмы Псевдополиномиальный алгоритм. Псевдополиномиальные алгоритмы для задачи о сумме подмножества. Задачи с числовыми параметрами. Сильная и слабая NP-полнота. Сильная NP-полнота задачи коммивояжера. Два псевдополиномиальных алгоритма для задачи о рюкзаке по весам и стоимостям предметов</p>
<p>Параметризованные алгоритмы Параметризованные алгоритмы для задачи о вершинном покрытии. Техника параметрической редукции. Техника ограниченных деревьев поиска. Параметризованная задача. Класс FPT. FPT-алгоритмы для задач о вершинном покрытии и клике</p>
<p>Частичный перебор Поиск с возвратом (бэктрекинг). Алгоритм поиска с возвратом для решения головоломки «Судоку». Метод ветвей и границ. Решение задачи целочисленного программирования методом ветвей и границ. Задачи о покрытии и разбиении множества. Задачи о покрытии и разбиении множества в форме ЦЛП. Задача о вершинном покрытии в форме ЦЛП. Задача о нескольких рюкзаках. Задача о нескольких рюкзаках в форме ЦЛП. Алгоритм Мартелло-Гота для задачи о нескольких рюкзаках. Стратегии ускорения работы метода ветвей и границ</p>
<p>Метаэвристики Эвристический алгоритм и метаэвристики. Алгоритм локального поиска. Параметры настройки локального поиска. Примеры окрестностей для задач коммивояжера, максимальный разрез и MAX-SAT. Параметры локального поиска. Контрпримеры к локальному поиску. Поиск с запретами. Параметры настройки алгоритма поиска с запретами. Имитация отжига. Параметры настройки алгоритма имитации отжига. Примеры функций понижения температуры. Поиск с переменными окрестностями. Параметры настройки поиска с переменными окрестностями. Генетические алгоритмы. Параметры генетических алгоритмов. Примеры генетических алгоритмов для задач коммивояжера, максимальный разрез и MAX-SAT.</p>

Вероятностные алгоритмы

Вероятностная машина Тьюринга. Алгоритмы Лас-Вегас и Монте-Карло. Быстрая сортировка. Монте-Карло интегрирование. Алгоритмы Атлантик-Сити. Задача о квадратичном невычете. Вероятностный Лас-Вегас алгоритм для задачи о квадратичном невычете. Класс ZPP. Алгоритмы Монте-Карло с односторонней и двусторонней ошибкой. Классы RP и co-RP. Проверка чисел на простоту. Тест Соловея-Штрассена. Алгоритм генерации простых чисел. Класс BPP. Принцип принятия решения большинством голосов. Вероятность ошибки. Соотношение вероятностных классов сложности между собой и классами P и NP

Аппроксимационные алгоритмы

Определение аппроксимационного алгоритма. Основные методы разработки приближенных алгоритмов. 2-аппроксимационный MST-алгоритм для задачи коммивояжера. 2-аппроксимационный алгоритм для задачи о вершинном покрытии на основе линейного программирования. Разрыв целочисленности. Вероятностные аппроксимационные алгоритмы. 7/8-аппроксимационный алгоритм для задачи о максимальной 3-выполнимости. Полиномиальные и полностью полиномиальные приближенные схемы.

Полностью полиномиальная приближенная схема для задачи о рюкзаке. FPTAS и NP-полные в сильном смысле задачи. Классы NPO и APX. Сложность аппроксимации общей задачи коммивояжера. Сложность аппроксимации задачи о раскраске графа. Классификация задач по типам аппроксимационных алгоритмов

5. Образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В процессе обучения используются следующие образовательные технологии:

Лекция-беседа или «диалог с аудиторией», является наиболее распространенной и сравнительно простой формой активного вовлечения студентов в учебный процесс. Эта лекция предполагает непосредственный контакт преподавателя с аудиторией. Преимущество лекции-беседы состоит в том, что она позволяет привлекать внимание студентов к наиболее важным вопросам темы, определять содержание и темп изложения учебного материала с учетом особенностей студентов.

Мастер-класс – это особая форма учебного занятия, когда преподаватель-мастер передает свой опыт путем прямого и комментированного показа последовательности действий, методов, приемов и форм педагогической деятельности. Целью проведения мастер-класса является профессиональное, интеллектуальное и эстетическое воспитание студентов, и прежде всего, развитие в ходе мастер-класса способности студента самостоятельно и нестандартно мыслить.

Практическое занятие – занятие, посвященное освоению конкретных умений и навыков и закреплению полученных на лекции знаний по предложенному алгоритму.

6. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

В процессе осуществления образовательного процесса используются: для разработки документов, презентаций, для работы с электронными таблицами

OfficeStd 2013 RUS OLP NL Acdmc 021-10232

LibreOffice (свободное)

издательская система LaTeX;

– для поиска учебной литературы библиотеки ЯрГУ – Автоматизированная библиотечная информационная система "БУКИ-NEXT" (АБИС "Буки-Next").

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

- 1 Алгоритмы: построение и анализ: пер. с англ. / Т. Кормен, Ч. Лейзерсон, Р. Ривест, К. Штайн - 3-е изд. - М.; СПб.: Диалектика, 2020. - 1323 с.: ил.

Дополнительная литература:

- 2 Асанов, М. О. Дискретная математика: графы, матроиды, алгоритмы : учебное пособие / М. О. Асанов, В. А. Баранский, В. В. Расин. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 364 с.— Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/130477> (дата обращения: 06.10.2021). Режим доступа: для авториз. пользователей.
- 3 Методы оптимизации: теория и алгоритмы : учебное пособие для академического бакалавриата / А. А. Черняк, Ж. А. Черняк, Ю. М. Метельский, С. А. Богданович. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2018. — 357 с. — (Бакалавр. Академический курс). — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/415561> (дата обращения: 06.10.2021).
- 4 Крупский, В. Н. Теория алгоритмов. Введение в сложность вычислений : учебное пособие для бакалавриата и магистратуры / В. Н. Крупский. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 117 с. — (Авторский учебник) — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/444131> (дата обращения: 06.10.2021).
- 5 Есипов, Б. А. Методы исследования операций : учебное пособие / Б. А. Есипов. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 304 с. — ISBN 978-5-8114-0917-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/168876> (дата обращения: 06.10.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

8. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине включает в свой состав специальные помещения:

-учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа и практических занятий (семинаров);

-учебные аудитории для проведения лабораторных занятий;

- учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций,

- учебные аудитории для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации;

-помещения для самостоятельной работы;

-помещения для хранения и профилактического обслуживания технических средств обучения.

Специальные помещения укомплектованы средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Для проведения занятий лекционного типа предлагаются наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, хранящиеся на электронных носителях и обеспечивающие тематические иллюстрации, соответствующие рабочим программам дисциплин.

Помещения для лабораторных занятий и самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

Число посадочных мест в лекционной аудитории больше либо равно списочному составу потока, а в аудитории для практических занятий (семинаров) – списочному составу группы обучающихся.

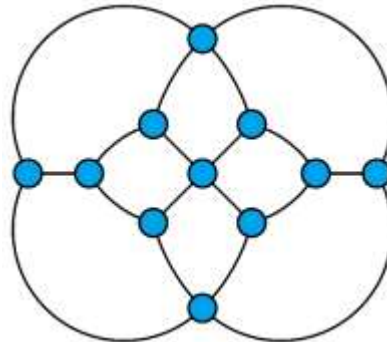
**Приложение №1 к рабочей программе дисциплины
«Алгоритмы для NP-трудных задач»**

**Фонд оценочных средств
для проведения текущей и промежуточной аттестации студентов
по дисциплине**

1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

1.1. Контрольные задания и иные материалы, используемые в процессе текущей аттестации

1. Какому классу сложности принадлежит задача о размере наибольшей клики. Задан граф $G = (V, E)$ и положительное целое K . Верно ли, что наибольшая клика в графе G имеет размер K ?
 - а) P;
 - б) NPC;
 - в) NPI
 - г) P^{NP}
2. Определите хроматическое число графа



- а) 1;
 - б) 2;
 - в) 3;
 - г) 4.
3. NP-полная задача A называется слабо NP-полной, если
 - а) A содержит своим частным случаем полиномиально разрешимую задачу;
 - б) для A существует полиномиальный алгоритм;
 - в) для A существует псевдополиномиальный алгоритм;
 - г) найдётся задача из класса NP, которая не сводится к A .
4. Рассматривается задача о рюкзаке. Заданы n предметов с весами w_1, \dots, w_n и стоимостями v_1, \dots, v_n , а также положительное целое W – ограничение вместимости рюкзака. Требуется положить в рюкзак подмножество предметов с максимальной суммарной стоимостью, чтобы сумма весов выбранных предметов не превосходила ограничение W .
Рассматривается следующий алгоритм динамического программирования.

$$m(i, w) = \begin{cases} m(i-1, w), & \text{если } w_i > w, \\ \max\{m(i-1, w), m(i-1, w-w_i) + v_i\}, & \text{если } w_i \leq w, \end{cases}$$

где $m(i, w)$ – максимальная стоимость, которую можно получить из первых i предметов с ограничением рюкзака w .

Оцените трудоёмкость этого алгоритма.

- а) n ;
 - б) nW ;
 - в) n^2 ;
 - г) n^2W .
5. Пусть в NP-трудной задаче A задан граф на n вершинах, степень которых ограничена параметром k . Алгоритм с какой трудоёмкостью позволит отнести задачу A к классу FPT?
- а) n^k ;
 - б) $k \cdot n^3$;
 - в) $2^k \cdot n^3$;
 - г) $k \cdot 2^n$.
6. Каждой вершине графа $G = (V, E)$ сопоставим переменную x_i . Какая задача записана в форме целочисленного линейного программирования:

$$\sum_{i=1}^{|V|} x_i \rightarrow \max,$$

$$x_i + y_j \leq 1, \forall (i, j) \in E,$$

$$x_i \in \{0, 1\}.$$

- а) задача о независимом множестве;
 - б) задача о вершинном покрытии;
 - в) задача о клике;
 - г) задача коммивояжёра.
7. Вероятностный алгоритм, который гарантирует получение верного ответа, но работает за недетерминированное время принадлежит классу:
- а) Лас-Вегас;
 - б) Монте-Карло;
 - в) Атлантик-Сити;
 - г) Макао?
8. Рассматривается задача о максимальной 3-выполнимости. Задана булева формула в конъюнктивной нормальной форме, n – число логических переменных, m – число дизъюнкций. Каждая дизъюнкция содержит ровно 3 литерала. Найти набор значений логических переменных, для которого было бы выполнено наибольшее число дизъюнкций.

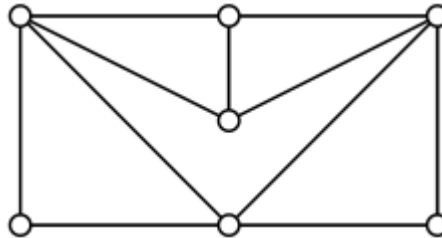
Рассматривается следующий вероятностный аппроксимационный алгоритм: каждой логической переменной с вероятностью $\frac{1}{2}$ назначаем значение «истина» или «ложь». Найдите коэффициент аппроксимации алгоритма.

- а) $\frac{1}{2}$;
- б) $\frac{3}{4}$;
- в) $\frac{7}{8}$;
- г) $\frac{15}{16}$.

9. Расположите классы сложности в верном порядке вложенности.

- а) $P \subseteq RP \subseteq BPP \subseteq ZPP$;
- б) $P \subseteq ZPP \subseteq RP \subseteq BPP$;
- в) $P \subseteq BPP \subseteq ZPP \subseteq RP$;
- г) $ZPP \subseteq P \subseteq RP \subseteq BPP$.

10. Какие из перечисленных циклов есть в графе:



- а) гамильтонов цикл и эйлеров цикл;
- б) только гамильтонов цикл;
- в) только эйлеров цикл;
- г) в графе нет ни гамильтонова, ни эйлерова циклов.

Правильные ответы

Вопрос №	Правильный ответ	Вопрос №	Правильный ответ
1	г	6	а
2	б	7	а
3	в	8	в
4	б	9	б
5	в	10	б

Критерии оценки

- «Отлично» – 9 правильных ответов;
- «Хорошо» – 7 правильных ответов;
- «Удовлетворительно» – 5 правильных ответов;
- «Неудовлетворительно» – 4 и менее правильных ответов.

Темы докладов

1. Теорема Ладнера
2. Сильная NP-полнота задачи 3-разбиение
3. Сильная NP-полнота задачи об упорядочивании внутри интервалов
4. Сильная NP-полнота задачи об изоморфизме подлеса
5. Решение задачи о рюкзаке методом ветвей и границ
6. Решение задачи коммивояжера методом ветвей и границ
7. Вероятностный алгоритм для задачи о минимальном разрезе в мультиграфе
8. Вероятностный алгоритм Фрейвалдса проверки умножения матриц
9. Генетический алгоритм раскраски графа
10. Алгоритм Кристофидеса для задачи коммивояжера
11. Вероятностный алгоритм Каргера-Штейна для задачи о минимальном разрезе

12. Полиномиальная приближенная схема Грэхема для построения расписания работы на идентичных параллельных машинах
13. Полиномиальная приближенная схема для задачи об упаковке в контейнеры
14. Тест Миллера-Рабина
15. Лемма Шварца-Зиппеля и вероятностный тест равенства двух многочленов
16. Применение локального поиска в нейронных сетях Хопфилда
17. Рандомизированный алгоритм маршрутизации пакетов
18. Задача о независимом множестве в графах с ограниченной древовидной шириной
19. Жадный аппроксимационный алгоритм для задачи о выборе центров
20. Сегментация изображений на базе локального поиска
21. Распределение регистров с помощью раскраски графа
22. Алгоритмы Дрейфуса-Вагнера и Коу-Марковски-Бермана для задачи о дереве Штейнера
23. 4/3-аппроксимационный алгоритм для задачи MAX-SAT
24. Рандомизация кэширования
25. Жадные эвристики для задачи об упаковке в контейнеры
26. Квантовый алгоритм Шора для задачи факторизации чисел
27. Алгоритм Лина-Кернигана для задачи коммивояжера
28. Метод ветвей и границ для задачи о поиске k ближайших соседей
29. Алгоритмы решения 3-SAT за время меньше
30. Вероятностный алгоритм поиска корней квадратного многочлена над конечным полем
31. Вероятностный алгоритм Чу построения триангуляции Делоне
32. Аппроксимационный алгоритм для максимизации банковского флоута
33. Сложность аппроксимации задачи минимизации времени работы независимых параллельных машин
34. Алгоритм «Dancing Links» для укладки пентамино
35. 3-приближенный алгоритм для задачи о кратчайшей надстроке
36. 3/2-приближенный алгоритм для задачи о многонаправленном разрезе
37. Аппроксимационный алгоритм для задачи о дереве Штейнера со сбором премий
38. Проектирование и маршрутизация телекоммуникационных сетей с помощью целочисленного линейного программирования
39. Генетический алгоритм для задачи составления расписания занятий
40. Алгоритм имитации отжига для решения нонограмм
41. Монте-Карло алгоритм для головоломки «Какуро»
42. Муравьиный алгоритм для задачи о минимальном остовном дереве ограниченного диаметра
43. Квадратичная задача о назначении клавиш французской клавиатуры
44. Алгоритм Гейтса-Пападимитриу для сортировки блинчиков
45. Алгоритмы ветвей и границ (МТМ и Mulknar) для задачи о нескольких рюкзаках
46. Квадратичная задача о рюкзаке, алгоритм QuadBranch
47. Решение sudoku с помощью задачи о точном покрытии
48. Квадратичная задача о назначениях. Метод Гилмора-Лоулера. Метод Каку-Томпсона
49. Алгоритмы ветвей и границ для построения минимальных эволюционных деревьев
50. Алгоритм Ловаса-Вемпала для вычисления объема выпуклых тел

51. Оптимизация SQL запросов: динамическое программирование и вероятностные алгоритмы
52. Генетический алгоритм для задачи настройки системы распределения электроэнергии
53. Полиномиальная приближенная схема Арора для евклидовых задач коммивояжера и дерева Штейнера
54. Полиномиальная приближенная схема для задачи о локализации робота с минимальным маршрутом
55. KMS алгоритм раскраски графов с хроматическим числом 3
56. Вероятностный алгоритм развития персонажа в игре «Heroes of Might and Magic III»
57. Подход к игре «Тантрикс» на основе целочисленного линейного программирования
58. Аппроксимационные алгоритмы для задачи о прощальных поцелуях
59. Аппроксимационные алгоритмы для задачи о пожарных и эпидемии
60. Моделирование глобальных изменений температуры с помощью генетических алгоритмов
61. Задача коммивояжера на решетке с запрещенной окрестностью и выборочная лазерная плавка ($r=1$)
62. Задача о блинчиках и бедной официантке
63. Решение нонограмм с помощью генетического алгоритма
64. Задача о наведении вооружений на цели: генетический алгоритм, имитация отжига и VNS – локальный поиск с чередующимися окрестностями
65. Алгоритм Бансала раскраски гиперграфа с малым несоответствием
66. Задача о кластеризации электоральных округов
67. Задача об оптимизации работы склада - Amazon

Показатели	Критерии
Содержание доклада	Анализирует изученный материал, Выделяет наиболее значимые для раскрытия темы факты, научные положения, Соблюдает логическую последовательность в изложении материала
Аргументированно отвечает на вопросы	Проявляет критическое мышление
Представление доклада	Использует иллюстративные, наглядные материалы, Владеет культурой речи

Критерии оценки

- «Отлично» – доклад полностью соответствует описанным критериям;
- «Хорошо» – доклад соответствует описанным критериям за исключением некоторых замечаний не более чем по нескольким пунктам критериев;

- «Удовлетворительно» – доклад соответствует более чем половине описанных критериев;
- «Неудовлетворительно» – доклад не соответствует большей части описанных критериев.

Вариант экзаменационного билета

Задания	Ответы												
1. Описать принцип работы генетического алгоритма	Раздел 6												
2. Привести постановку задачи расписания с отношением предшествования	Раздел 2												
3. Описать алгоритмы Монте-Карло с односторонней и двусторонней ошибками	Раздел 7												
4. Применимы ли псевдополиномиальные алгоритмы к задаче коммивояжера?	Не применимы. Задача коммивояжера является сильно NP-полной, так как NP-полна уже с весами 1 и 2 (к ней сводится задача о гамильтоновом цикле, раздел 3.6)												
5. Решить задачу о рюкзаке: <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>Вес</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Стоимость</td> <td>4</td> <td>7</td> <td>8</td> <td>10</td> <td>13</td> </tr> </table> <p style="text-align: center;">если $W = 5$</p>	Вес	1	2	2	3	4	Стоимость	4	7	8	10	13	Максимальная стоимость 19 Предметы 1,2,3
Вес	1	2	2	3	4								
Стоимость	4	7	8	10	13								
6. Сформулировать задачу о независимом множестве в форме ЦЛП	$\sum_{i=1}^n x_i \rightarrow \max,$ $x_i + x_j \leq 1, \forall (i, j) \in E,$ $x_i \in \{0,1\}$												

Критерии оценки

- «Отлично» – даны верные ответы на 5 вопросов из билета;
- «Хорошо» – даны верные ответы на 4 вопроса из билета;
- «Удовлетворительно» – даны верные ответы на 3 вопроса из билета;
- «Неудовлетворительно» – даны верные ответы на 2 и менее вопросов из билета.

2. Перечень компетенций, этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкалы оценивания

2.1. Шкала оценивания сформированности компетенций и ее описание

Оценивание уровня сформированности компетенций в процессе освоения дисциплины осуществляется по следующей трехуровневой шкале:

Пороговый уровень - предполагает отражение тех ожидаемых результатов, которые определяют минимальный набор знаний и (или) умений и (или) навыков, полученных студентом в результате освоения дисциплины. Пороговый уровень является обязательным уровнем для студента к моменту завершения им освоения данной дисциплины.

Продвинутый уровень - предполагает способность студента использовать знания, умения, навыки и (или) опыт деятельности, полученные при освоении дисциплины, для решения профессиональных задач. Продвинутый уровень превосходит пороговый уровень по нескольким существенным признакам.

Высокий уровень - предполагает способность студента использовать потенциал интегрированных знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, полученных при освоении дисциплины, для творческого решения профессиональных задач и самостоятельного поиска новых подходов в их решении путем комбинирования и использования известных способов решения применительно к конкретным условиям. Высокий уровень превосходит пороговый уровень по всем существенным признакам.

2.2. Перечень компетенций, этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования

Индикаторы достижения компетенций	Критерии оценивания компетенций		
	Неудовлетворительный уровень	Базовый уровень	Повышенный уровень
ОПК4.1 – Владеть навыками применения на практике новых научных принципов и методов исследований	Неудовлетворительно (не зачтено)	Удовлетворительно (зачтено)	Хорошо или отлично (зачтено)
ОПК4.2 – Уметь применять на практике новые научные принципы и методы исследований	Неудовлетворительно (не зачтено)	Удовлетворительно (зачтено)	Хорошо или отлично (зачтено)
ОПК4.3 – Знать способы применения на практике новых научных принципов и методов исследований	Неудовлетворительно (не зачтено)	Удовлетворительно (зачтено)	Хорошо или отлично (зачтено)

3. Методические рекомендации преподавателю по процедуре оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Целью процедуры оценивания является определение степени овладения студентом ожидаемыми результатами обучения (знаниями, умениями, навыками и (или) опытом деятельности).

Процедура оценивания степени овладения студентом ожидаемыми результатами обучения осуществляется с помощью методических материалов, представленных в разделе «Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций»

3.1 Критерии оценивания степени овладения знаниями, умениями, навыками и (или) опытом деятельности, определяющие уровни сформированности компетенций

Пороговый уровень (общие характеристики):

- владение основным объемом знаний по программе дисциплины;
- знание основной терминологии данной области знаний, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы без существенных ошибок;
- владение инструментарием дисциплины, умение его использовать в решении стандартных (типовых) задач;
- способность самостоятельно применять типовые решения в рамках рабочей программы дисциплины;
- усвоение основной литературы, рекомендованной рабочей программой дисциплины;
- знание базовых теорий, концепций и направлений по изучаемой дисциплине;
- самостоятельная работа на практических и лабораторных занятиях, периодическое участие в групповых обсуждениях, достаточный уровень культуры исполнения заданий.

Продвинутый уровень (общие характеристики):

- достаточно полные и систематизированные знания в объеме программы дисциплины;
- использование основной терминологии данной области знаний, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать выводы;
- владение инструментарием дисциплины, умение его использовать в решении учебных и профессиональных задач;
- способность самостоятельно решать сложные задачи (проблемы) в рамках рабочей программы дисциплины;
- усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой дисциплины;
- умение ориентироваться в базовых теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им сравнительную оценку;
- самостоятельная работа на практических и лабораторных занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

Высокий уровень (общие характеристики):

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам дисциплины;
- точное использование терминологии данной области знаний, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;

- безупречное владение инструментарием дисциплины, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- способность самостоятельно и творчески решать сложные задачи (проблемы) в рамках рабочей программы дисциплины;
- полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой дисциплины;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку;
- активная самостоятельная работа на практических и лабораторных занятиях, творческое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

3.2 Описание процедуры выставления оценки

В зависимости от уровня сформированности каждой компетенции по окончании освоения дисциплины студенту выставляется оценка «зачтено», «незачтено».

Показатели и критерии, используемые при выставлении оценки подробно описаны в разделе «Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций».

Высокий уровень формирования компетенций соответствует оценке «отлично» за практические задания и тест.

Продвинутый уровень формирования компетенций соответствует оценке «хорошо» за практические задания и тест.

Пороговый уровень формирования компетенций соответствует оценке «удовлетворительно» за практические задания и тест.

Оценка «отлично» выставляется студенту, у которого каждая компетенция (полностью или частично формируемая данной дисциплиной) сформирована на высоком уровне.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, у которого каждая компетенция (полностью или частично формируемая данной дисциплиной) сформирована не ниже, чем на продвинутом уровне.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, у которого каждая компетенция (полностью или частично формируемая данной дисциплиной) сформирована не ниже, чем на пороговом уровне.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, у которого хотя бы одна компетенция (полностью или частично формируемая данной дисциплиной) сформирована ниже, чем на пороговом уровне.

Оценка «зачет» выставляется студенту, у которого каждая компетенция (полностью или частично формируемая данной дисциплиной) сформирована не ниже, чем на пороговом уровне.

Оценка «незачтено» выставляется студенту, у которого хотя бы одна компетенция (полностью или частично формируемая данной дисциплиной) сформирована ниже, чем на пороговом уровне.

Приложение №2 к рабочей программе дисциплины «Алгоритмы для NP-трудных задач»

Методические указания для студентов по освоению дисциплины

Основными видами учебных занятий по курсу являются лекции и семинары. В рамках лекций предполагается максимально уйти от репродуктивного стиля обучения и широко применять интерактивные элементы. В частности, предполагается использовать технику проблемных вопросов и диалогичность, позволяя студентам самостоятельно воссоздавать новое знание, а не пассивно воспринимать уже подготовленную информацию. Данный подход выглядит для рассматриваемого курса особенно оправданным в силу специфики предмета, выраженной в множестве возможных точек зрения на объекты его предметной области и необходимости постоянного нахождения компромиссов в ходе практической деятельности участников процесса разработки.

2-3 лекции в рамках курса предполагается проводить приглашёнными специалистами индустриального партнёра, а также выпускниками магистерской программы прошлых лет, готовыми поделиться своими личными историями успеха в области ИТ-индустрии.

В рамках семинаров предполагается рассмотрение проблемных ситуаций, специально разработанных в рамках проекта на основе анализа процессов индустрии программного обеспечения. При этом предполагается широко использовать ролевые игры и метод кейсов, в рамках которых студенты смогут представить себя в ситуации, максимально приближенной к реальной, принять в этой ситуации решение и увидеть его последствия. Другим полезным в рамках разрабатываемого курса подходом может быть мозговой штурм в командах с последующим обсуждением результатов. Такие методы позволят не только сориентировать студентов на восприятие нового материала, но также помогут им в построении логических цепочек между изучаемыми техниками и процессами.

Для закрепления знаний предполагается активно использовать практику дистанционного выполнения домашних заданий в одной из систем управления обучением (LMS) с последующей оценкой студентами работ других участников по заранее подготовленному списку критериев. Также возможно финальное обсуждение предложенных решений для обсуждения границ их применимости и типичных ошибок.

Особенностью предлагаемого курса является использование интерактивных форм обучения, которые подразумевают активное участие со стороны студентов. На основании проявленного ими интереса и степени их вовлечённости в рассматриваемые ситуации можно сделать выводы о доступности предлагаемого материала: его сложности и понимании контекста студентами. Помимо внешней оценки, проводимой преподавателям, студентам также будет дополнительно предложено самостоятельно провести оценку, дать советы по улучшению по улучшению материала, например, в рамках обсуждения результатов выполнения заданий.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов по дисциплине

Для самостоятельной работы особенно рекомендуется использовать учебную литературу, указанную в разделе № 7 данной рабочей программы.

Также для подбора учебной литературы рекомендуется использовать широкий спектр интернет-ресурсов:

1. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online» (www.biblioclub.ru) - электронная библиотека, обеспечивающая доступ к наиболее востребованным материалам-первоисточникам, учебной, научной и художественной литературе ведущих издательств (*регистрация в электронной библиотеке – только в сети университета. После регистрации работа с системой возможна с любой точки доступа в Internet.).

2. Для самостоятельного подбора литературы в библиотеке ЯрГУ рекомендуется использовать:

1. Личный кабинет (http://lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_login.php) дает возможность получения on-line доступа к списку выданной в автоматизированном режиме литературы, просмотра и копирования электронных версий изданий сотрудников университета (учеб. и метод. пособия, тексты лекций и т.д.) Для работы в «Личном кабинете» необходимо зайти на сайт Научной библиотеки ЯрГУ с любой точки, имеющей доступ в Internet, в пункт меню «Электронный каталог»; пройти процедуру авторизации, выбрав вкладку «Авторизация», и заполнить представленные поля информации.

2. Электронная библиотека учебных материалов ЯрГУ (http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php) содержит более 2500 полных текстов учебных и учебно-методических материалов по основным изучаемым дисциплинам, изданных в университете. Доступ в сети университета, либо по логину/паролю.

3. Электронная картотека «Книгообеспеченность» (http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_bookreq_find.php) раскрывает учебный фонд научной библиотеки ЯрГУ, предоставляет оперативную информацию о состоянии книгообеспеченности дисциплин основной и дополнительной литературой, а также цикла дисциплин и специальностей. Электронная картотека «Книгообеспеченность» доступна в сети университета и через Личный кабинет.