

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе и
образовательным инновациям

О.Г. Прохоренко

«05» июля 2023 г.

Регистрационный № УД – 12449/уч.



ПОСТРОЕНИЕ И АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:

1-31 03 08

**Математика и информационные технологии
(по направлениям)**

Направление специальности:

1-31 03 08-01

**Математика и информационные технологии
(веб-программирование и интернет-технологии)**

2023 г.

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта высшего образования ОСВО 1-31 03 08-2021 типового учебного плана, регистрационный № G31-1-012/пр-тип. от 31.03.2021 и учебных планов: № G31-1-011/уч., от 25.05.2021, № G31-1-003/уч.ин. от 31.05.2021, № G31-1-004/уч.з. от 31.05.2021, №G31-1-220/уч. от 22.03.2022; №G31-1-225/уч.ин. от 27.05.2022; №G31-1-218/уч. з. от 27.05.2022.

СОСТАВИТЕЛИ:

С.В. Суздаль, доцент кафедры веб-технологий и компьютерного моделирования Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент.

С.А. Вельченко, старший преподаватель кафедры веб-технологий и компьютерного моделирования Белорусского государственного университета.

Д.В. Филимонов, ассистент кафедры веб-технологий и компьютерного моделирования Белорусского государственного университета.

Ю. М. Метельский, доцент кафедры математической кибернетики Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

И.С. Азаров, заведующий кафедрой электронных вычислительных средств ФКСиС БГУИР, доктор технических наук, доцент.

Ю.В. Полозков, заведующий кафедрой программного обеспечения информационных систем и технологий ФИТР БНТУ, кандидат технических наук, доцент.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой веб-технологий и компьютерного моделирования БГУ
(протокол № 12 от 30.05.2023 г.);

Научно-методическим советом БГУ
(протокол № 9 от 29.06.2023 г.)

Заведующая кафедрой

кандидат физ.-мат. наук, доцент



М.В. Игнатенко

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Дисциплина «Построение и анализ алгоритмов» знакомит студентов с такими фундаментальными понятиями как информация, размерность задачи и трудоемкость алгоритмов. В программу дисциплины включены разделы, позволяющие строить эффективные алгоритмы для разнообразных задач дискретной и комбинаторной оптимизации с использованием различных структур данных. Большое внимание уделяется таким способам решения задач, как организация перебора вариантов с отсечениями и построение приближенных алгоритмов. Даются начальные знания, необходимые для построения и анализа алгоритмов в условиях наличия неполной информации о входных данных.

Цели и задачи учебной дисциплины

Основной целью учебной дисциплины «Построение и анализ алгоритмов» является ознакомление студентов с наиболее часто используемыми комбинаторными алгоритмами, с основными идеями, методами и алгоритмическими стратегиями, что позволит подготовить их к решению реальных задач, возникающих на практике.

Развивающей целью учебной дисциплины является дальнейшее формирование у студентов навыков алгоритмического мышления и умения применять его в конкретных задачах.

Основными задачами, решаемыми в рамках изучения дисциплины «Построение и анализ алгоритмов», являются изучение терминологии, основных утверждений и методов их доказательства, освоение приемов решения типовых задач, а также ознакомление со способами моделирования практических задач в терминах задач из рассматриваемых разделов дискретной математики.

Место учебной дисциплины

Учебная дисциплина «Построение и анализ алгоритмов» относится к **модулю «Дискретная математика»** компонента учреждения образования.

Связи с другими учебными дисциплинами, включая учебные дисциплины компонента учреждения высшего образования, дисциплины специализации и др.

Основой для изучения дисциплины «Построение и анализ алгоритмов» являются дисциплины «Дискретная математика и теория графов», «Методы программирования», «Технологии программирования».

Методы, излагаемые в учебной дисциплине, используются при изучении дисциплины «Машинное обучение в облаке», «Параллельное программирование», а также при изучении ряда дисциплин специализации. Изучение дисциплины «Построение и анализ алгоритмов» позволяет дать студентам базу, необходимую для успешного усвоения материала перечисленных выше учебных

дисциплин, а также получить знания, необходимые им в дальнейшем для успешной работы

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Построение и анализ алгоритмов» должно обеспечить формирование следующей **специализированной компетенции:**

СК – 5. Применять основные понятия, утверждения и методы для решения базовых задач дискретной математике.

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать: принципы оценки комбинаторных алгоритмов; наиболее распространенные оценки алгоритмов; структуры данных, используемые при оценке алгоритмов; приемы исчерпывающего поиска; приемы декомпозиции; понятия полиномиальной разрешимой и NP-полной задач; списки наиболее распространенных NP-полных задач;

уметь: определять трудоемкость алгоритмов; применять структуры данных для построения алгоритмов; использовать поиск с возвратом для построения алгоритмов; использовать принцип «разделяй и властвуй» для декомпозиции задач; разрабатывать программные реализации основных алгоритмов и структур данных; применять основные алгоритмы и структуры данных для практических задач, возникающих при разработке программно-аппаратных систем обработки информации; разрабатывать эффективные алгоритмы поиска в графах;

владеть: методами создания и реализации структур данных; методами оценки трудоемкости алгоритмов; подходами к решению алгоритмических задач на основе известных алгоритмических стратегий.

Структура учебной дисциплины

Дисциплина изучается в 5-6 семестре очной формы обучения и в 3, 4, 5 семестрах заочной формы обучения. Всего на изучение учебной дисциплины «Построение и анализ алгоритмов» отведено:

– для очной формы получения высшего образования – 198 часов, в том числе 122 аудиторных часов, из них:

- в 5 семестре – 108 часов, в том числе 72 аудиторных часов, из них: лекции – 36 часов, практические занятия – 32 часа, управляемая самостоятельная работа – 4 часа.

- в 6 семестре – 90 часов, в том числе 50 аудиторных часов, из них: лекции – 16 часов, практические занятия – 30 часов, управляемая самостоятельная работа – 4 часа.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 6 зачетных единиц.

Форма текущей аттестации – зачет в 5 семестре, зачет и экзамен в 6 семестре очной формы обучения;

– для заочной формы получения высшего образования – всего - 198 часа, в том числе - 28 аудиторных часа, из них:

- в 3 семестре – 80 часов, в том числе 14 аудиторных часов, из них: лекции – 8 часов, практические занятия – 6 часов;

- в 4 семестре – 82 часов, в том числе 14 аудиторных часов, из них: лекции – 8 часов, практические занятия – 6 часов;

- в 5 семестре – всего 36 часов.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 6 зачетных единиц.

Форма текущей аттестации –зачет в 3 -4 семестре, экзамен в 5 семестре заочной формы обучения; а также предусмотрено написание контрольных работ в 4 и 5 семестре.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1. Структуры данных и сложность алгоритмов

Тема 1.1 Предмет теории алгоритмов. Прикладное значение эффективности алгоритмов. Связь с дискретной математикой, математической кибернетикой, программированием.

Тема 1.2 Структуры данных. Стеки, очереди, связанные списки, бинарные деревья.

Тема 1.3 Понятие алгоритма. Теоретико-числовые задачи: «НОД», «факториал», «возведение в степень», «дискретный логарифм».

Тема 1.4 Необходимость оценки трудоемкости алгоритмов. Принципы оценки трудоемкости комбинаторных алгоритмов. Асимптотики трудоемкости алгоритмов O , Ω , Θ .

Тема 1.5 Алгоритмы поиска подстроки в строке: прямой, Рабина-Карпа, конечный автомат, Кнута-Морриса-Пратта.

Тема 1.6 Алгоритмы сортировки. Быстрая сортировка. Сортировка слиянием. Линейные сортировки. Теорема о невозможности существования алгоритма сортировки в «худшем» и «в среднем» с трудоемкостью лучшей, чем $O(n \log n)$.

Тема 1.7 Алгоритмы поиска и выборки. Бинарный поиск. Интерполяционный поиск.

Тема 1.8 Деревья бинарного поиска. Сбалансированные деревья. Операции над деревьями. Хеширование. Открытая и закрытая адресация. Первичные и вторичные хеш-функции.

Тема 1.9 Детерминированные и недетерминированные машины Тьюринга. Клеточные автоматы. Игра «Жизнь». Программирование на игре «Жизнь».

Тема 1.10 Понятие о классах P , NP и $co-NP$. NP -полные задачи. Теорема Кука–Карпа–Левина. Сводимость по Куку и по Карпу. Доказательство NP -полноты для ряда комбинаторных задач. Списки наиболее известных NP -полных задач.

Раздел 2. Алгоритмы на графах

Тема 2.1 Структуры данных для представления графов: матрицы смежности, матрицы инцидентности, списки смежности, списки ребер. Алгоритмы поиска в ширину и глубину, их реализация

Тема 2.2 Поиск минимального остовного дерева и кратчайшего пути в графе.

Тема 2.3 Алгоритм нахождения эйлерова цикла.

Тема 2.4 Паросочетания в двудольных графах, метод увеличивающей цепи.

Раздел 3. Основные алгоритмические стратегии

Тема 3.1 Эвристики и метаэвристики. Алгоритмы локального поиска, поиска с запретами.

Тема 3.2 Генетические алгоритмы, алгоритмы имитации отжига.

Тема 3.3 Алгоритмы полного перебора, метод ветвей и границ.

Тема 3.4 Динамическое программирование и метод «разделяй и властвуй». Понятие о методах динамического программирования и «разделяй и властвуй».

Раздел 4. Приближенные алгоритмы и аппроксимация с гарантированной точностью

Тема 4.1 Алгоритмы с гарантированной оценкой точности. Жадные алгоритмы для покрытия множеств. Приближенные алгоритмы для вершинного покрытия.

Тема 4.2 Жадный алгоритм для задачи о рюкзаке. Алгоритм Кристофидеса.

Тема 4.3 Аппроксимация с заданной точностью. Решение задачи о рюкзаке с помощью динамического программирования.

Тема 4.4 Полностью полиномиальная приближенная схема для задачи о рюкзаке

Раздел 5. Вероятностный анализ детерминированных алгоритмов

Тема 5.1 Вероятностный анализ задачи об упаковке выполнимости КНФ.

Тема 5.2 Точность алгоритма для почти всех входов. Полиномиальность в среднем.

Раздел 6. Вероятностные алгоритмы и их анализ

Тема 6.1 Вероятностная проверка тождеств. Вероятностные методы в перчислительных задачах.

Тема 6.2 Вероятностное округление для задачи MAX-SAT. Максимальный разрез в графе.

Тема 6.3 Методы дерандомизации. Метод условных вероятностей. Метод малых вероятностных пространств. Полиномиальная проверка простоты.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Очная форма получения высшего образования с применением дистанционных образовательных технологий (ДОТ)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Структуры данных и сложность алгоритмов	20	18				3	
1.1	Предмет теории алгоритмов. Прикладное значение эффективности алгоритмов. Связь с дискретной математикой, математической кибернетикой, программированием.	2						
1.2	Структуры данных. Стеки, очереди, связанные списки, бинарные деревья.	2	2					
1.3	Теоретико-числовые задачи: «НОД», «факториал», «возведение в степень», «дискретный логарифм».	2	2					
1.4	Необходимость оценки трудоемкости алгоритмов. Принципы оценки трудоемкости комбинаторных алгоритмов. Асимптотики трудоемкости алгоритмов O , Ω , Θ .	2	2				1	Устный опрос
1.5	Алгоритмы поиска подстроки в строке: прямой, Рабина-Карпа, конечный автомат, Кнута-Морриса-Пратта.	2	2					
1.6	Алгоритмы сортировки. Быстрая сортировка. Сортировка слиянием. Линейные сортировки. Теорема о невозможности существования алгоритма сортировки в «худшем» и «в среднем» с трудоемкостью лучшей, чем $O(n \log n)$.	2	2				1	Отчет по аудиторным практическим упражнениям
1.7	Алгоритмы поиска и выборки. Би-	2	2					

	нарный поиск. Интерполяционный поиск.							
1.8	Деревья бинарного поиска. Сбалансированные деревья. Операции над деревьями. Хеширование. Открытая и закрытая адресация. Первичные и вторичные хеш-функции.	2	2				1	Отчет по аудиторным практическим упражнениям
1.9	Детерминированные и недетерминированные машины Тьюринга. Клеточные автоматы. Игра «Жизнь». Программирование на игре «Жизнь».	2	2					
1.10	Понятие о классах P , NP и $co-NP$. NP -полные задачи. Теорема Кука–Карпа–Левина. Сводимость по Куку и по Карпу. Доказательство NP -полноты для ряда комбинаторных задач. Списки наиболее известных NP -полных задач.	2	2					Контрольная работа по разделу 1
2	Алгоритмы на графах	8	8				1	
2.1	Структуры данных для представления графов: матрицы смежности, матрицы инцидентности, списки смежности, списки ребер. Алгоритмы поиска в ширину и глубину, их реализация	2	2					
2.2	Поиск минимального остовного дерева и кратчайшего пути в графе.	2	2				1	Устный опрос
2.3	Алгоритм нахождения эйлерова цикла.	2	2					
2.4	Паросочетания в двудольных графах, метод увеличивающей цепи.	2	2					
3	Основные алгоритмические стратегии	8	6				1	
3.1	Эвристики и метаэвристики. Алгоритмы локального поиска, поиска с запретами.	2						
3.2	Генетические алгоритмы, алгоритмы имитации отжига.	2	2					
3.3	Алгоритмы полного перебора, метод ветвей и границ.	2	2					
3.4	Динамическое программирование и метод «разделяй и властвуй». Понятие о методах динамического программирования и «разделяй и	2	2				1	Контрольная работа по разделу 3

	властвуй».							
4	Приближенные алгоритмы и аппроксимация с гарантированной точностью	8	14				1	
4.1	Алгоритмы с гарантированной оценкой точности. Жадные алгоритмы для покрытия множеств. Приближенные алгоритмы для вершинного покрытия.	2	4					
4.2	Жадный алгоритм для задачи о рюкзаке. Алгоритм Кристофидеса.	2	2					
4.3	Аппроксимация с заданной точностью. Решение задачи о рюкзаке с помощью динамического программирования.	2	4				1	Отчет по аудиторным практическим упражнениям
4.4	Полностью полиномиальная приближенная схема для задачи о рюкзаке	2	4					
5	Вероятностный анализ детерминированных алгоритмов	2	4				1	
5.1	Вероятностный анализ задачи об упаковке выполнимости КНФ.	1	2					
5.2	Точность алгоритма для почти всех входов. Полиномиальность в среднем.	1	2				1	Отчет по аудиторным практическим упражнениям
6	Вероятностные алгоритмы и их анализ	6	12				1	
6.1	Вероятностная проверка тождеств. Вероятностные методы в перечислительных задачах.	2	4					
6.2	Вероятностное округление для задачи MAX-SAT. Максимальный разрез в графе.	2	4					
6.3	Методы дерандомизации. Метод условных вероятностей. Метод малых вероятностных пространств. Полиномиальная проверка простоты.	2	4				1	Контрольная работа по разделу 6
	ИТОГО	52	62				8	

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Заочная форма получения высшего образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Структуры данных и сложность алгоритмов	7	4				
1.1	Предмет теории алгоритмов. Прикладное значение эффективности алгоритмов. Связь с дискретной математикой, математической кибернетикой, программированием.	1					
1.2	Структуры данных. Стеки, очереди, связанные списки, бинарные деревья.						
1.3	Понятие алгоритма. Теоретико-числовые задачи: «НОД», «факториал», «возведение в степень», «дискретный логарифм».	1					Устный опрос
1.4	Необходимость оценки трудоемкости алгоритмов. Принципы оценки трудоемкости комбинаторных алгоритмов. Асимптотики трудоемкости алгоритмов O , Ω , Θ .	1	1				Отчет по аудиторным практическим упражнениям, учебная дискуссия
1.5	Алгоритмы поиска подстроки в строке: прямой, Рабина-Карпа, конечный автомат, Кнута-Морриса-Пратта.						
1.6	Алгоритмы сортировки. Быстрая сортировка. Сортировка слиянием. Линейные сортировки. Теорема о невозможности существования алгоритма сортировки в «худшем» и «в среднем» с трудоемкостью лучшей, чем $O(n \log n)$.	1	0,5				Отчет по аудиторным практическим упражнениям, анализ кейсов
1.7	Алгоритмы поиска и выборки. Бинарный поиск. Интерполяционный поиск	1	1				Отчет по аудиторным практическим упражнениям
1.8	Деревья бинарного поиска. Сбалансированные						

	рованные деревья и реализуемые с их помощью структуры. Операции над деревьями. Хеширование. Открытая и закрытая адресация. Первичные и вторичные хеш-функции						(инд работам)
1.9	Детерминированные и недетерминированные машины Тьюринга. Клеточные автоматы. Игра «Жизнь». Программирование на игре «Жизнь».	1	0,5				Отчет по аудиторным практическим упражнениям (инд работам)
1.10	Понятие о классах P , NP и $co-NP$. NP -полные задачи. Теорема Кука–Карпа–Левина. Сводимость по Куку и по Карпу. Доказательство NP -полноты для ряда комбинаторных. Списки наиболее известных NP -полных задач	1	1				Контрольная работа по разделу 1 с устной защитой
2	Алгоритмы на графах	2	2				
2.1	Структуры данных для представления графов: матрицы смежности, матрицы инцидентности, списки смежности, списки ребер. Алгоритмы поиска в ширину и глубину, их реализация	1	1				Устный опрос
2.2	Поиск минимального остовного дерева и кратчайшего пути в графе.						Отчет по аудиторным практическим упражнениям (инд работам)
2.3	Алгоритм нахождения эйлерова цикла.	1	1				
2.4	Паросочетания в двудольных графах, метод увеличивающей цепи						
3	Основные алгоритмические стратегии	2	2				
3.1	Эвристики и метаэвристики. Алгоритмы локального поиска, поиска с запретами.	0,5	0,5				Отчет по аудиторным практическим упражнениям (инд работам)
3.2	Генетические алгоритмы, алгоритмы имитации отжига.						Отчет по аудиторным практическим упражнениям (инд работам)
3.3	Алгоритмы полного перебора, метод ветвей и границ	1	1				
3.4	Динамическое программирование и метод «разделяй и властвуй». Понятие о методах динамического программирования и «разделяй и властвуй».	0,5	0,5				Контрольная работа по разделу 3 с устной защитой

4	Приближенные алгоритмы и аппроксимация с гарантированной точностью	2	1,5				
4.1	Алгоритмы с гарантированной оценкой точности. Жадные алгоритмы для покрытия множеств. Приближенные алгоритмы для вершинного покрытия.	1	0,5				Отчет по аудиторным практическим упражнениям (инд работам)
4.2	Жадный алгоритм для задачи о рюкзаке. Алгоритм Кристофидеса.						
4.3	Аппроксимация с заданной точностью. Решение задачи о рюкзаке с помощью динамического программирования.	1	1				Контрольная работа по разделу 4 с устной защитой
4.4	Полностью полиномиальная приближенная схема для задачи о рюкзаке						
5	Вероятностный анализ детерминированных алгоритмов	1	1				
5.1	Вероятностный анализ задачи об упаковке выполнимости КНФ.						Отчет по аудиторным практическим упражнениям (инд работам)
5.2	Точность алгоритма для почти всех входов. Полиномиальность в среднем	1	1				
6	Вероятностные алгоритмы и их анализ	2	1,5				
6.1	Вероятностная проверка тождеств. Вероятностные методы в перечислительных задачах.						Отчет по аудиторным практическим упражнениям (инд работам)
6.2	Вероятностное округление для задачи MAX-SAT. Максимальный разрез в графе.	1	0,5				
6.3	Методы дерандомизации. Метод условных вероятностей. Метод малых вероятностных пространств. Полиномиальная проверка простоты	1	1				Коллоквиум
	ИТОГО	16	12				

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1. Лафоре, Р. Структуры данных и алгоритмы Java / Роберт Лафоре ; [пер. с англ. Е. Матвеев]. - 2-е изд. - Санкт-Петербург ; Москва ; Минск : Питер, 2023. - 701 с.
2. Программирование. Сборник задач : учебное пособие / [О. Г. Архипов и др.] ; под ред. М. М. Марана. - Изд. 2-е, стер. - Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2022. - 137 с. - URL: <https://reader.lanbook.com/book/223418>.
3. Алгоритмы: построение и анализ : [пер. с англ.] / Т. Кормен [и др.]. - 3-е изд. - Москва ; Санкт-Петербург : Вильямс, 2018. - 1323 с
4. Луридадас, П. Алгоритмы для начинающих : теория и практика для разработчика / Панос Луридадас ; [пер. с англ. Е. М. Егоровой]. - Москва : Бомбора, 2020.
5. Апанасевич, С. А. Структуры и алгоритмы обработки данных. Линейные структуры : учебное пособие / Апанасевич С. А. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 136 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/206261>.
6. Павлов, Л. А. Структуры и алгоритмы обработки данных : учебник / Л. А. Павлов, Н. В. Первова. - Изд. 2-е, испр. и доп. - Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2020. - 254 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/156929>.
7. Андрианова, А. А. Алгоритмизация и программирование. Практикум : учебное пособие / А. А. Андрианова, Л. Н. Исмагилова, Т. М. Мухтарова. - Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2019. - 236 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/206258>.
8. Рафгарден, Т. Совершенный алгоритм. Основы = Algorithms Illuminated / Тим Рафгарден ; [пер. с англ. А. Логунов]. - Санкт-Петербург [и др.] : Питер, 2019. - 253 с. - URL: <https://ibooks.ru/reading.php?short=1&productid=365286>.

Перечень дополнительной литературы

1. Вирт, Н. Алгоритмы и структуры данных / Н. Вирт. – Санкт-Петербург: Невский диалект, 2001. – 352 с.
2. Скиена, С. Алгоритмы. Руководство по разработке / С. Скиена. – Санкт-Петербург: БХВ, 2016. – 720 с.
3. Емеличев, В.А. Лекции по теории графов / В.А. Емеличев, О.И. Мельников, В.И. Сарванов, Р.И. Тышкевич. – М.: Наука, 1990. – 384 с.
4. Кнут, Д. Искусство программирования. Т. 2. Получисленные алгоритмы / Д. Кнут. – М.: Вильямс, 2007. – 832 с.
5. Ахо, А. Построение и анализ вычислительных алгоритмов / А. Ахо, Дж. Хопкрофт, Дж. Ульман. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2001. – 384 с.
6. Гэри, М. Вычислительные машины и труднорешаемые задачи / М. Гэри, Д. Джонсон. – М.: Мир, 1982. – 416 с.

7. Кнут, Д. Искусство программирования. Т. 1. Основные алгоритмы / Д. Кнут. – М.: Вильямс, 2006. – 720 с.
8. Кузюрин, Н.Н. Эффективные алгоритмы и сложность вычислений / Н.Н. Кузюрин, С.А. Фомин. – М.: МФТИ, 2015. – 363 с.
9. Шень, А.Х. Программирование: теоремы и задачи / А.Х. Шень. – М.: МЦНМО, 2004. – 296 с.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой отметки

Объектом диагностики компетенций студентов являются знания, умения, полученные ими в результате изучения учебной дисциплины. Выявление учебных достижений студентов осуществляется с помощью мероприятий текущего контроля и промежуточной аттестации.

Для диагностики компетенций могут использоваться следующие средства текущего контроля: проведение контрольных работ, устные опросы, отчет по аудиторным практическим упражнениям, коллоквиум, дискуссия.

Оценка за ответы на лекциях и практических занятиях определяется полнотой ответа, обоснованием аргументов, приведением практических примеров и т.д.

Формой текущей аттестации по дисциплине «Построение и анализ алгоритмов» предусмотрен **зачет** в 5-6 семестре и **экзамен** в 6 очной формы обучения; **зачет** в 3-4 семестре и **экзамен** в 5 семестре заочной формы обучения.

При формировании итоговой отметки используется рейтинговая система оценки знаний студента, дающая возможность проследить и оценить динамику процесса достижения целей обучения. Рейтинговая система предусматривает использование весовых коэффициентов для текущего контроля знаний и текущей аттестации студентов по дисциплине.

Весовые коэффициенты, определяющие вклад текущего контроля знаний в итоговую отметку:

формирование отметки за текущую успеваемость:

- опрос на практических занятиях – 30%;
- отчет по аудиторным практическим упражнениям (индивидуальным работам) – 30%;
- контрольная работа – 40%;

Итоговая отметка по дисциплине рассчитывается на основе отметки текущей успеваемости (рейтинговая система оценки знаний) и экзаменационной отметки с учетом их весовых коэффициентов. Вес отметки по текущей успеваемости составляет 40 %, экзаменационной отметки – 60 %.

Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы студентов

Раздел 1. Структуры данных и сложность алгоритмов.

Тема № 1.4. Необходимость оценки трудоемкости алгоритмов. Принципы оценки трудоемкости комбинаторных алгоритмов. Асимптотики трудоемкости алгоритмов O , Ω , Θ . (1 ч.)

Задание (примерный вариант). Провести асимптотический анализ алгоритма.

Форма контроля – устный опрос.

Тема № 1.6. Алгоритмы сортировки. Быстрая сортировка. Сортировка слиянием. Линейные сортировки. Теорема о невозможности существования алгоритма сортировки в «худшем» и «в среднем» с трудоемкостью лучшей, чем $O(n \log n)$. (1 ч.)

Задание (примерный вариант). Реализовать алгоритмы сортировки, подсчитать количество элементарных операций, оценить время работы сортировок, сравнить результаты с теоретическими показателями.

Форма контроля – отчет по аудиторным практическим упражнениям.

Тема № 1.8. Деревья бинарного поиска. Сбалансированные деревья. Операции над деревьями. Хеширование. Открытая и закрытая адресация. Первичные и вторичные хеш-функции. (1 ч.)

Задание (примерный вариант). Реализовать структуры данных, позволяющие работать с деревьями. Провести балансировку деревьев и обойти их узлы. Реализовать хеш-таблицу и провести вычислительный эксперимент.

Форма контроля – отчет по аудиторным практическим упражнениям.

Раздел 2. Алгоритмы на графах

Тема № 2.2. Поиск минимального остовного дерева и кратчайшего пути в графе. (1 ч.)

Задание (примерный вариант). Решить задачи на графах, используя алгоритмы Прима, Краскала, Дейкстры, Флойда-Уоршелла. Определить эйлеровость графа и найти разбиение на доли, если таковое существует. Показать невозможность такого разбиения в противном случае.

Форма контроля – устный опрос.

Раздел 3. Основные алгоритмические стратегии.

Тема № 3.4. Динамическое программирование и метод «разделяй и властвуй». Понятие о методах динамического программирования и «разделяй и властвуй». (1 ч.)

Задание (примерный вариант). Решить задачи, используя генетические или эвристические алгоритмы, различными способами найти решение задачи коммивояжера.

Форма контроля – контрольная работа по разделу 3.

Раздел 4. Приближенные алгоритмы и аппроксимация с гарантированной точностью

Тема № 4.3. Аппроксимация с заданной точностью. Решение задачи о рюкзаке с помощью динамического программирования. (1 ч.)

Задание (примерный вариант). Реализовать алгоритм Кристофидеса или решить задачу с помощью динамического программирования. Провести вычислительный эксперимент.

Форма контроля – отчет по аудиторным практическим упражнениям.

Раздел 5. Вероятностный анализ детерминированных алгоритмов

Тема № 5.2. Точность алгоритма для почти всех входов. Полиномиальность в среднем. (1 ч.)

Задание (примерный вариант). Провести вычислительный эксперимент, сделать выводы, исходя из теоретических оценок.

Форма контроля – отчет по аудиторным практическим упражнениям.

Раздел 6. Вероятностные алгоритмы и их анализ.

Тема № 6.3. Методы дерандомизации. Метод условных вероятностей. Метод малых вероятностных пространств. Полиномиальная проверка простоты. (1 ч.)

Задание (примерный вариант). Найти максимальный разрез в графе и провести полиномиальную проверку простоты.

Форма контроля – контрольная работа по разделу 6.

Рекомендуемые темы контрольных работ

1. Оценка трудоемкости алгоритмов; доказательство NP -полноты и NP -трудности алгоритмических задач; машины Тьюринга; бинарный и интерполяционный поиск; деревья бинарного поиска; хеширование с открытой и закрытой адресацией; алгоритмы поиска в ширину и глубину; поиск минимального остовного дерева и кратчайшего пути в графе; алгоритм нахождения эйлера цикла; паросочетания в двудольных графах, метод увеличивающей цепи; динамическое программирование.

2. Жадный алгоритм для задачи о рюкзаке; полностью полиномиальная приближенная схема; жадные алгоритмы для покрытия множеств. приближенные алгоритмы для вершинного покрытия; вероятностный анализ задачи об упаковке выполнимости КНФ; вероятностная проверка тождеств; вероятностное округление для задачи MAX-SAT; нахождение максимального разреза в графе; метод условных вероятностей; полиномиальная проверка простоты.

Примерная тематика практических занятий

Занятие № 1. Структуры данных. Стеки, очереди, связные списки, бинарные деревья.

Занятие № 2. Теоретико-числовые задачи: «НОД», «факториал», «возведение в степень», «дискретный логарифм».

Занятие № 3. Необходимость оценки трудоемкости алгоритмов. Принципы оценки трудоемкости комбинаторных алгоритмов. Асимптотики трудоемкости алгоритмов O , Ω , Θ .

Занятие № 4. Алгоритмы поиска подстроки в строке: прямой, Рабина-Карпа, конечный автомат, Кнута-Морриса-Пратта.

Занятие № 5. Алгоритмы сортировки. Быстрая сортировка. Сортировка слиянием. Линейные сортировки. Теорема о невозможности существования алгоритма сортировки в «худшем» и «в среднем» с трудоемкостью лучшей, чем $O(n \log n)$.

Занятие № 6. Алгоритмы поиска и выборки. Бинарный поиск. Интерполяционный поиск.

Занятие № 7. Деревья бинарного поиска. Сбалансированные деревья. Операции над деревьями. Хеширование. Открытая и закрытая адресация. Первичные и вторичные хеш-функции.

Занятие № 8. Детерминированные и недетерминированные машины Тьюринга. Клеточные автоматы. Игра «Жизнь». Программирование на игре «Жизнь».

Занятие № 9. Понятие о классах P , NP и $co-NP$ NP -полные задачи. Теорема Кука–Карпа–Левина. Сводимость по Куку и по Карпу. Доказательство NP -полноты для ряда комбинаторных задач. Списки наиболее известных NP -полных задач.

Занятие № 10. Структуры данных для представления графов: матрицы смежности, матрицы инцидентности, списки смежности, списки ребер. Алгоритмы поиска в ширину и глубину, их реализация

Занятие № 11. Поиск минимального остовного дерева и кратчайшего пути в графе

Занятие № 12. Алгоритм нахождения эйлерова цикла.

- Занятие № 13.** Паросочетания в двудольных графах, метод увеличивающей цепи.
- Занятие № 14.** Генетические алгоритмы, алгоритмы имитации отжига.
- Занятие № 15.** Алгоритмы полного перебора, метод ветвей и границ.
- Занятие № 16.** Динамическое программирование и метод «разделяй и властвуй». Понятие о методах динамического программирования и «разделяй и властвуй».
- Занятие № 17.** Алгоритмы с гарантированной оценкой точности. Жадные алгоритмы для покрытия множеств. Приближенные алгоритмы для вершинного покрытия.
- Занятие № 18.** Алгоритмы с гарантированной оценкой точности. Жадные алгоритмы для покрытия множеств. Приближенные алгоритмы для вершинного покрытия.
- Занятие № 19.** Жадный алгоритм для задачи о рюкзаке. Алгоритм Кристофидеса.
- Занятие № 20.** Аппроксимация с заданной точностью. Решение задачи о рюкзаке с помощью динамического программирования.
- Занятие № 21.** Аппроксимация с заданной точностью. Решение задачи о рюкзаке с помощью динамического программирования.
- Занятие № 22.** Полностью полиномиальная приближенная схема для задачи о рюкзаке
- Занятие № 23.** Полностью полиномиальная приближенная схема для задачи о рюкзаке
- Занятие №24.** Вероятностный анализ задачи об упаковке выполнимости КНФ.
- Занятие № 25.** Точность алгоритма для почти всех входов. Полиномиальность в среднем.
- Занятие № 26.** Вероятностная проверка тождеств. Вероятностные методы в перечислительных задачах.
- Занятие № 27.** Вероятностная проверка тождеств. Вероятностные методы в перечислительных задачах.
- Занятие № 28.** Вероятностное округление для задачи MAX-SAT. Максимальный разрез в графе.
- Занятие № 29.** Вероятностное округление для задачи MAX-SAT. Максимальный разрез в графе.
- Занятие № 30.** Методы дерандомизации. Метод условных вероятностей. Метод малых вероятностных пространств. Полиномиальная проверка простоты.
- Занятие № 31.** Методы дерандомизации. Метод условных вероятностей. Метод малых вероятностных пространств. Полиномиальная проверка простоты.

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины

Следующие подходы могут быть использованы при организации образовательного процесса:

- **эвристический подход**
 - демонстрация многообразия решений большинства профессиональных задач и жизненных проблем;
 - индивидуализация обучения через возможность самостоятельно ставить цели, осуществлять рефлекссию собственной образовательной деятельности.
- **практико-ориентированный подход**, который предполагает
 - освоение содержания образования через решения практических задач;
 - приобретение навыков эффективного выполнения разных видов профессиональной деятельности;
 - ориентация на генерирование идей, реализацию групповых студенческих проектов, развитие предпринимательской культуры;
 - использование процедур, способов оценивания, фиксирующих сформированность профессиональных компетенций.
- **метод анализа конкретных ситуаций (кейс-метод)**
 - приобретение студентом знаний и умений для решения практических задач;
 - анализ ситуации, используя профессиональные знания, собственный опыт, дополнительную литературу и иные источники.
- **метод развития критического мышления**, то есть способность оценивать и анализировать ситуации с различных позиций, с целью прихода к обоснованному и твердому решению.
- **метод группового обучения** часто встречающиеся для математических специальностей выделяют восемь форм группового обучения (обучение в командах, метод учебного турнира, метод командной поддержки индивидуального обучения, метод кооперативного взаимообучения, метод группового исследования, лабораторный метод, поисковый метод, приложение).
- **метод учебной дискуссии**, с одной стороны, предполагает наличие у учащихся умения ясно и точно формулировать свои мысли, строить систему аргументированных доказательств, с другой стороны, учит их мыслить, спорить, доказывать свою правоту. Преподаватель должен сам демонстрировать перед учениками образец такого стиля аргументации, учить их точно излагать свои мысли и терпимо относиться к формулировкам оппонентов, уважительно вносить поправки в их аргументацию, ненавязчиво сохранять за собой право на последнее слово, не претендуя на обладание истиной в последней инстанции.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа студентов – это любая деятельность, связанная с воспитанием мышления будущего профессионала. В широком смысле под самостоятельной работой следует понимать совокупность всей самостоятельной деятельности студентов, как в учебной аудитории, так и вне её, в контакте с преподавателем или в его отсутствии.

Самостоятельная работа реализуется:

1. Непосредственно в процессе аудиторных занятий на лекциях и практических занятиях.
2. В контакте с преподавателем вне рамок расписания на консультациях по учебным вопросам, в ходе творческих контактов, при ликвидации задолженностей, при выполнении индивидуальных заданий и т.д.
3. В библиотеке, дома, в общежитии, на кафедре при выполнении студентом учебных и творческих задач.

При изучении дисциплины организация самостоятельной работы студентов должна представлять единство трех взаимосвязанных форм:

1. Внеаудиторная самостоятельная работа;
2. Аудиторная самостоятельная работа, которая осуществляется под непосредственным руководством преподавателя;
3. Творческая, в том числе научно-исследовательская работа.

Виды внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут принимать разнообразные формы: изучение рекомендуемой литературы по дисциплине, подготовка и написание рефератов, докладов, очерков и других письменных работ на заданные темы.

Аудиторная самостоятельная работа может реализовываться при проведении практических занятий, а также во время чтения лекций.

При чтении лекционного курса непосредственно в аудитории иногда возникает необходимость проконтролировать усвоение материала основной массой студентов путем проведения экспресс-опросов по конкретным темам.

На практических занятиях нужно значительную часть времени отводить на самостоятельное решение задач. Типичное практическое занятие целесообразно строить следующим образом:

1. Вводное слово преподавателя (цели занятия, основные вопросы, которые должны быть рассмотрены).
2. Беглый опрос.
3. Решение 1 – 2 типовых задач (с вызовом студента к доске).
4. Самостоятельное решение задач.
5. Разбор типовых ошибок при решении (в конце текущего занятия или в начале следующего).

Результативность самостоятельной работы студентов во многом определяется наличием активных методов ее контроля. В рамках дисциплины существуют следующие виды контроля:

- входной контроль знаний и умений студентов в начале изучения дисциплины;
- текущий контроль, то есть регулярное отслеживание уровня усвоения материала на лекциях и практических занятиях;
- промежуточный контроль по окончании изучения раздела учебной дисциплины;
- самоконтроль, осуществляемый студентом в процессе изучения дисциплины при подготовке к контрольным мероприятиям;
- итоговый контроль по дисциплине в виде экзамена.

Примерный перечень вопросов к зачету

1. Трудоемкость алгоритмов
2. Алгоритмы сортировки. QuickSort. Сложность задачи сортировки
3. Сортировка слиянием. Сложность задачи сортировки
4. Бинарные поисковые деревья
5. Хеширование
6. Графы. Структуры данных для представления графов
7. Алгоритм для нахождения эйлерова цикла
8. Поиск в ширину и его применение
9. Поиск в глубину и его применение
10. Задача об остовном дереве. Алгоритмы Прима и Краскала, их реализация, доказательство оптимальности
11. Кратчайший путь между парой вершин в графе. Алгоритм Дейкстры
12. Кратчайшие пути между всеми вершинами графа. Алгоритм Флойда-Уоршелла
13. Паросочетания в двудольных графах. Алгоритм построения наибольшего паросочетания в двудольном графе
14. Алгоритм Гейла-Шепли решения задачи об устойчивом паросочетании
15. Потоки и разрезы в сетях, алгоритм Флойда-Фолкерсона

Примерный перечень вопросов к экзамену

1. Трудоемкость алгоритмов
2. Алгоритмы сортировки. QuickSort. Сложность задачи сортировки
3. Сортировка слиянием. Сложность задачи сортировки
4. Бинарные поисковые деревья
5. Хеширование
6. Графы. Структуры данных для представления графов
7. Алгоритм для нахождения эйлерова цикла

8. Поиск в ширину и его применение
9. Поиск в глубину и его применение
10. Задача об остовном дереве. Алгоритмы Прима и Краскала, их реализация, доказательство оптимальности
11. Кратчайший путь между парой вершин в графе. Алгоритм Дейкстры
12. Кратчайшие пути между всеми вершинами графа. Алгоритм Флойда-Уоршелла
13. Паросочетания в двудольных графах. Алгоритм построения наибольшего паросочетания в двудольном графе
14. Алгоритм Гейла-Шепли решения задачи об устойчивом паросочетании
15. Алгоритм ссылочного ранжирования (на примере простейшего алгоритма подсчета PageRank)
16. Сжатие информации. Алгоритм Хаффмана
17. Потоки и разрезы в сетях, алгоритм Флойда-Фолкерсона
18. Алгоритмические стратегии (принцип «Разделяй и властвуй», динамическое программирование, жадные алгоритмы)
19. Алгоритмы поиска подстроки. Алгоритм Кнута-Морриса-Пратта
20. Алгоритмы поиска подстроки. Алгоритм Бойера-Мура
21. Алгоритмы поиска подстроки. Алгоритм Рабина-Карпа
22. Машины Тьюринга
23. Классы P и NP. Полиномиальное сведение
24. NP-полные задачи. Шесть основных NP-полных задач (по Гери и Джонсону)
25. Алгоритмы с гарантированной оценкой точности. Задача упаковки
26. Метод локального поиска и поиска с запретами. Алгоритм 2-замены для задачи коммивояжера
27. Метод ветвей и границ. Задача коммивояжера
28. Алгоритм Кристофидеса решения метрической задачи коммивояжера
29. Задача упаковки
30. Задача о раскраске графа. Эвристические алгоритмы ее решения
31. Генетические алгоритмы

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
«Параллельное программирование»	Веб-технологий и компьютерного моделирования	Нет	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения (протокол № 12 от 30.05.2023 г.)

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ УВО

на _____ год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании веб-технологий и компьютерного моделирования Белорусского государственного университета (протокол. № _____ от _____ г.)

Заведующий кафедрой,
кандидат физ.-мат. наук, доцент

М.В. Игнатенко

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета,
доктор физ.-мат. наук, профессор

С.М. Босяков