БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Ректор Белорусского
государственного университета
_____А.Д.Король

15 июля 2024 г.

Регистрационный № 2680/б.

ПОСТРОЕНИЕ И АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ

Учебная программа для учреждения образования по учебной дисциплине для специальности

6-05-0533-07 Математика и компьютерные науки

Профилизация: Веб-программирование и интернет-технологии

2024 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 6-05-0533-07-2023; учебных планов БГУ № 6-5.4-55/03 от 15.05.2023, № 6-54-55-23з от 31.05.2023.

СОСТАВИТЕЛЬ:

Дмитрий Васильевич Филимонов, старший преподаватель кафедры веб-технологий и компьютерного моделирования механико-математического факультета Белорусского государственного университета.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

А.И.Шербаф, доцент кафедры информатики и методики преподавания информатики физико-математического факультета Белорусского государственного педагогического университета имени Максима Танка, кандидат физико-математических наук;

К.Г.Атрохов, старший преподаватель кафедры компьютерной математики и системного анализа механико-математического факультета Белорусского государственного университета.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой веб-технологий и компьютерного моделирования БГУ
(протокол № 13 от 26.06.2024)

Научно-методическим Советом БГУ
(протокол № 9 от 28.06.2024)

Заведующий кафедрой _____ М.В.Игнатенко

Зам. декана по идеолог. и воспит. работе _____ О. Н. Карневич

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цели и задачи учебной дисциплины

Учебная дисциплина «Построение и анализ алгоритмов» знакомит студентов с такими фундаментальными понятиями как информация, размерность задачи и трудоемкость алгоритмов, а также с основами разработки и анализа эффективных алгоритмов решения экстремальных комбинаторных задач. 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.

Основной целью учебной дисциплины 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 дисциплины 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 в системе подготовки специалиста с высшим образованием

Учебная дисциплина относится к модулю **«Дискретная математика»** компонента учреждения образования.

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

Учебная дисциплина предполагает освоение основ теории алгоритмов в рамках курса «Методы программирования», предварительное ознакомление с алгоритмическими парадигмами при изучении дисциплин «Практикум по программированию», «Технологии программирования», «Вычислительная геометрия». При изучении некоторых тем предполагается выполнение учебных заданий, закрепляющих знания по изученным ранее математическим дисциплинам («Алгебра и теория чисел», «Математический анализ»), расширяющих математический аппарат теории графов, излагаемой в курсе «Дискретная математика и теория графов». Кроме того, разделы, излагаемые в шестом семестре, также рассматривают вопросы, ранее освещенные в

дисциплинах «Компьютерная математика», «Численные методы» и «Теория вероятностей и математическая статистика».

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Построение и анализ алгоритмов» должно обеспечить формирование следующих компетенций:

универсальные компетенции:

Владеть основами исследовательской деятельности, осуществлять поиск, анализ и синтез информации;

Решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе применения информационно-коммуникационных технологий.

базовые профессиональные компетенции:

Применять современные технологии и базовые конструкции языков программирования для реализации алгоритмических прикладных задач и разработки веб-проектов.

специализированные компетенции:

Применять основные понятия, утверждения и методы для решения базовых задач дискретной математики.

В результате изучения данной дисциплины студент должен

знать:

- наиболее распространенные оценки алгоритмов;
- принципы оценки комбинаторных 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 возвращением 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;

иметь навык:

- проектирования и реализации структур данных;
- оценки трудоемкости алгоритмов;
- решения алгоритмических задач на основе известных алгоритмических стратегий.

Структура учебной дисциплины

Дисциплина изучается в 5-м и 6-м семестре очной формы. В соответствии с учебным планом на изучение учебной дисциплины «Построение и анализ алгоритмов» **для очной формы** получения высшего образования отведено: 210 часов, в том числе 122 часа аудиторных (лекции – 54 часа, лабораторные занятия – 68 часов). Из них:

5-й семестр:

Лекции – 20 часов, лабораторные занятия – 30 часов, из которых управляемая самостоятельная работа (УСР) – 4 часа.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

Форма промежуточной аттестации – зачет.

6-й семестр:

Лекции – 34 часа, лабораторные занятия – 30 часов, из которых управляемая самостоятельная работа (УСР) – 4 часа.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

Форма промежуточной аттестации – экзамен.

Дисциплина изучается в 3,4,5 семестрах. В соответствии с учебным планом всего на изучение учебной дисциплины «Построение и анализ алгоритмов» **для заочной формы** получения высшего образования отведено: 210 часов, в том числе 28 аудиторных (лекции – 16 часов, лабораторные занятия – 12 часов). Из них:

3-й семестр:

Лекции – 8 часов, лабораторные занятия – 6 часов.

Форма промежуточной аттестации – контрольная работа.

4-й семестр:

Лекции – 8 часов, лабораторные занятия – 6 часов.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

Форма промежуточной аттестации – зачёт, контрольная работа.

5-й семестр:

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

Форма промежуточной аттестации – экзамен, контрольная работа.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1 Основные структуры данных и полиномиальные алгоритмы

Тема 1.1 ***Введение. Принципы оценки алгоритмов***

Объект и предмет дисциплины. Определение алгоритма. Прикладное значение эффективности алгоритмов – временная и пространственная сложность алгоритма, О-нотация. Основная теорема о рекуррентных соотношениях. Оценка сложности алгоритма умножения в столбик. Алгоритм Карацубы.

Тема 1.2 ***Хранение информации***

Понятие абстракции. Абстрактные типы данных (АТД), их реализация структурами данных (СД): связный список, стек, очередь, очередь с приоритетом.

Бинарное дерево. Построение приоритетной очереди с помощью бинарного дерева (СД «Двоичная куча»). Преобразование массива в двоичную кучу. Стратегии выбора оптимальных структур данных.

Тема 1.3 ***Упорядочивание информации***

Сортировки. Классификация сортировок по их основной операции (обменные, вставочные, выборочные, сливающие, сравнивающие). Оценка сложности. Теорема о нижней оценке для сортировки сравнениями. Определение эвристики. Эвристика выбора опорного элемента в быстрой сортировке.

Устойчивость, адаптивность, поточность сортировок. Предпосылки для использования отличных от массивов СД в сортировках. Пирамидальная сортировка, плавная сортировка Дейкстры (SmoothSort). Гибридные сортировки.

Тема 1.4 ***Поиск в упорядоченной информации***

Бинарный и интерполирующий поиск. Проблема экспоненциально возрастающих данных, гибридный поиск.

Обходы и поиск в бинарном дереве. Проверка графа на наличие циклов. Бинарные деревья поиска. Поиск наименьшего общего предка двух вершин.

Тема 1.5 ***Упорядочивание поступающих данных***

Самобалансирующиеся (АВЛ) деревья, операция вращения. Красно-черные деревья, 2-3-деревья, Б- и М-деревья. Декартово дерево.

Тема 1.6 ***Поиск без упорядочивания, эффективная индексация***

Декартово и красно-черное деревья как реализации АТД «Ассоциативный массив», другие реализации. Проблема больших данных, ее преодоление с помощью хэш-таблиц. Основные понятия и определения (хэш-функции, их качество, коллизии). Семейства хэш-функций. Примеры эффективных хэш-функций. Способы разрешения коллизий. Задача о поиске N наибольших (наименьших) элементов без сортировки. Передовые и перспективные направления в индексации (Cuckoo Hashing, Tiny pointers, SwissTable).

Тема 1.7 ***Эффективный поиск последовательностей***

Регулярные выражения, операции над ними, метасимволы, шаблоны. Машины Тьюринга. Детерминированные и недетерминированные конечные автоматы (ДКА и НДКА).

Поиск подстроки в строке. Понятие об амортизационном анализе алгоритмов. Задача о поиске геометрического центра в пространстве строк. Функция Левенштейна. Алгоритм Хиршберга.

Раздел 2 Введение в теорию алгоритмов

Тема 2.1 ***Понятие о классах сложности задач***

Задача о геометрическом центре пространства строк как пример задачи 3-Выполнимость. Гипотеза экспоненциального времени. Гипотеза P=NP, ее значимость, связь классов P, NP с ДКА и НДКА. Задачи Раздела 1 как примеры P-класса. Примеры распространенных NP-задач, 3-Выполнимость как задача класса NP. Пример переформулировки задачи из P-класса в NP-задачу.

Определение NP-полной задачи. Сводимость, теорема Кука-Карпа-Левина. Шесть основных NP-полных задач, 3-Выполнимость как NP-полная задача. Прикладная значимость сводимости NP-полных задач. Класс FPT. Определение NP-трудных задач.

Тема 2.2 ***Исследование множеств на отделимость. Двудольность и 3-сочетания***

Задача о разделении множества строк на непересекающиеся подмножества подстрок. Представление графов в виде строк матриц смежности. Приложения отделимости.

Разбиение как NP-полная задача. Проверка двудольности, паросочетание. Дополняющий путь, максимальное паросочетание. Алгоритм Эдмондса-Карпа. Задача о стабильных паросочетаниях. Алгоритм Гейла-Шепли. Стабильные 3-сочетания как NP-полная задача. Жадный алгоритм для 3-сочетаний.

Тема 2.3 ***Исследование множеств на отделимость. Раскраска графов***

Раскраска графа. Понятие о задачах распознавания и задачах оптимизации, N-Выполнимость. Критерий Эйлера планарности графа, контрпример. Алгоритм Хопкрофта-Тарьяна проверки планарности. Топологическая сортировка для проверки графа на ацикличную ориентированность, поиск пути максимальной длины. Хроматическое число. Алгоритмы раскрасок. Числа Грунди и Брукса.

Тема 2.4 ***Исследование множеств на отделимость. Клики***

Поиск клики как NP-полная задача. Свойства клики, ребра-мосты. Поиск максимальной клики. Поиск клики как NP-трудная и FTP-задачи. Поиск жадным алгоритмом. Поиск всех клик в графе. Поиск клик максимального веса, точный алгоритм Rozman-Konc, основанный на методе ветвей и границ.

Тема 2.5 ***Задачи целочисленного программирования***

Задача об упаковке контейнера как NP-полная, ее приложения и разновидности. Решение методом ветвей и границ, границы его применимости.

Метод Гомори. Приближенные методы решения. Поточная формулировка задачи.

Задача о рюкзаке как общий случай задачи об упаковке контейнера, ее разновидности, приложения. Решение 0\1-задачи о рюкзаке методом ветвей и границ.

Тема 2.6 ***Остовные деревья и эйлеровы графы***

Задача Штейнера, ее варианты. Задача Штейнера в графах, минимальное остовное дерево и алгоритмы его построения (Прима, Краскала, Борувки).

Эйлеров путь, теорема о его существовании. Эйлеров цикл, алгоритм Герхольцера. СД «Дека». Полиномиальный подсчет количества эйлеровых циклов, «Теорема B.E.S.T.», собственные значения матриц, представляющих графы. Задача о вершинном покрытии как представитель класса NP-полных.

Раздел 3 Задача коммивояжера

Тема 3.1 ***Гамильтоновы графы***

Гамильтонов путь (ГП) как NP-трудная задача. Теорема Дирака о существовании ГП. Полиномиальный алгоритм поиска ГП в случае орграфа. Теорема Рахмана-Кайкобада, потребность в поиске кратчайшего пути. Алгоритмы Дейкстры, Беллмана-Форда, A*. Гамильтонов цикл (ГЦ) как NP-полная задача. Поиск ГЦ в произвольном графе алгоритмом Беллмана-Хелда-Карпа. Поиск всех кратчайших путей в графе, алгоритмы Флойда-Уоршелла, Джонсона.

Тема 3.2 ***Задача коммивояжера***

Задача коммивояжера (TSP) как представитель класса NP-полных, ее прикладная ценность. Решение симметричного и асимметричного варианта TSP. Метрический вариант TSP, метод остовного дерева, алгоритм Кристофидеса.

Тема 3.3 ***Стратегии оптимизации***

Решение TSP для минимального остовного дерева с существенным (n>100) числом вершин как частный случай задачи. Определение метаэвристики. Локальная оптимизация, метод сопряженных градиентов, оптимизация имитацией отжига, поиск с запретами. Влияние дифференцируемости, аналитичности функций на выбор метода оптимизации и ограничение параметров.

Раздел 4 Вероятностные алгоритмы и структуры данных

Тема 4.1 ***Генетические алгоритмы***

Генетические алгоритмы (ГА) как вероятностный случай метода простой итерации. Особенности кодирования информации. Стратегии отбора, скрещивания, мутации, замещения. Вымирание. Вероятностные факторы, влияющие на скорость сходимости.

Тема 4.2 ***Роевые алгоритмы***

Преимущества кооперативных стратегий перед конкурентными. Определение роевых алгоритмов (РА), их отличия от генетических. Понятия об агентах, их рациональности и эгоистичности. Определения игр, игр с совершенной и несовершенной информацией, нулевой суммой. Выделение задач, наиболее желательных для ГА и РА. Алгоритмы роя частиц, муравьиной колонии. Особенности настройки параметров, отвечающих за доверие и сомнение агентов.

Тема 4.3 ***Введение в вероятностные структуры данных***

Определение, значимость в современных информационных технологиях. СД «Фильтр Блума», проверка принадлежности элемента множеству. СД «HyperLogLog», оценка количества уникальных элементов множества. СД «Count-Min Sketch», подсчет частоты элементов в потоке данных.

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	Формы контроля знаний
		Лекции	Практические (семинарские) занятия	Лабораторные занятия	Иное		
5 семестр							
Раздел 1 Основные структуры данных и полиномиальные алгоритмы							
1.1	Введение. Принципы оценки алгоритмов	2				1	Опрос
1.2	Хранение информации	4		6			Опрос, отчет по аудиторным практическим упражнениям
1.3	Упорядочивание информации	4		6			Отчет по лабораторной работе с устной защитой, контрольная работа
1.4	Поиск в упорядоченной информации	2		6		1	Отчет по аудиторным практическим упражнениям, контрольная работа, выполнение заданий
1.5	Упорядочивание поступающих данных	4		4		1	Отчет по аудиторным практическим упражнениям, контрольная работа, выполнение заданий
1.6	Поиск без упорядочивания, эффективная индексация	2		4		1	Отчет по лабораторной работе с устной защитой, контрольная работа, выполнение заданий
1.7	Эффективный поиск последовательностей	2		4			Отчет по лабораторной работе с устной защитой

6 семестр							
Раздел 2 Введение в теорию алгоритмов							
2.1	Понятие о классах сложности задач	2				1	Опрос, выполнение заданий
2.2	Исследование множеств на отделимость. Двудольность и 3-Сочетания	4		4			Отчет по лабораторной работе с устной защитой
2.3	Исследование множеств на отделимость. Раскраска графов	4		4			Отчет по аудиторным практическим упражнениям, контрольная работа
2.4	Исследование множеств на отделимость. Клики	2		2			Отчет по лабораторной работе с устной защитой
2.5	Задачи целочисленного программирования	2		4		1	Отчет по аудиторным практическим упражнениям, контрольная работа, выполнение заданий
2.6	Остовные деревья и эйлеровы графы	4		2			Отчет по лабораторной работе с устной защитой
Раздел 3 Задача коммивояжера							
3.1	Гамильтоновы графы	4		4			Отчет по аудиторным практическим упражнениям
3.2	Задача коммивояжера	4		4		1	Отчет по аудиторным практическим упражнениям, контрольная работа, выполнение заданий
3.3	Стратегии оптимизации	2		2			Отчет по лабораторной работе с устной защитой
Раздел 4 Вероятностные алгоритмы и структуры данных							
4.1	Генетические алгоритмы	2		2			Отчет по лабораторной работе с устной защитой
4.2	Роевые алгоритмы	2		2		1	Отчет по аудиторным практическим

							упражнениям, контрольная работа, выполнение заданий
4.3	Введение в вероятностные структуры данных	2					Опрос
	ВСЕГО ЧАСОВ	**54**		**60**		**8**	

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Заочная форма получения высшего образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов				Количество часов УСР	Формы контроля знаний
		Лекции	Практические (семинарские) занятия	Лабораторные занятия	Иное		
3 семестр							
Раздел 1 Основные структуры данных и полиномиальные алгоритмы							
1.1	Введение. Принципы оценки алгоритмов	1					Опрос
1.2	Хранение информации	1		1			Отчет по аудиторным практическим упражнениям (инд. работам)
1.3	Упорядочивание информации	2		1			Отчет по аудиторным практическим упражнениям (инд. работам)
1.4	Поиск в упорядоченной информации	1		1			Отчет по аудиторным практическим упражнениям (инд. работам)
1.5	Упорядочивание поступающих данных	1		1			Отчет по аудиторным практическим упражнениям (инд. работам)
1.6	Поиск без упорядочивания, эффективная индексация	1		1			Отчет по аудиторным практическим упражнениям (инд. работам)
1.7	Эффективный поиск последовательностей	1		1			Контрольная работа по разделу с устной защитой
4 семестр							
Раздел 2 Введение в теорию алгоритмов							
2.1	Понятие о классах	1					Опрос

	сложности задач						
2.2 2.3 2.4 2.5	Исследование множеств на отделимость. Двудольность и 3-Сочетания Исследование множеств на отделимость. Раскраска графов Исследование множеств на отделимость. Клики Задачи целочисленного программирования	2		2			Отчет по аудиторным практическим упражнениям (инд. работам)
2.6	Остовные деревья и эйлеровы графы	1		1			Отчет по аудиторным практическим упражнениям (инд. работам)
Раздел 3 Задача коммивояжера							
3.1 3.2 3.3	Гамильтоновы графы Задача коммивояжера Стратегии оптимизации	2		2			Отчет по аудиторным практическим упражнениям (инд. работам), контрольная работа по разделу с устной защитой
Раздел 4 Вероятностные алгоритмы и структуры данных							
4.1 4.2 4.3	Генетические алгоритмы Роевые алгоритмы Введение в вероятностные структуры данных	2		1			Контрольная работа по разделу с устной защитой
	ВСЕГО ЧАСОВ	**16**		**12**			

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Основная литература

1. Котов, В.М. Теория алгоритмов. Организация перебора и приближенные алгоритмы : учебно-методическое пособие для студ. учреждений высшего образования, обуч. по спец. "Информатика" / В. М. Котов, Е. П. Соболевская, Г. П. Волчкова ; БГУ. – Минск : БГУ, 2022. – 151 с. – URL: https://elib.bsu.by/handle/123456789/312810.
2. Павлов, Л. А. Структуры и алгоритмы обработки данных : учебник / Л. А. Павлов, Н. В. Первова. – Изд. 3-е, стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2021. – 254 с. – URL: https://e.lanbook.com/book/156929.
3. Апанасевич, С. А. Структуры и алгоритмы обработки данных. Линейные структуры : учебное пособие / С. А. Апанасевич. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 134 с. – URL: https://e.lanbook.com/book/206261.
4. Лафоре, Р. Структуры данных и алгоритмы Java / Роберт Лафоре ; [пер. с англ. Е. Матвеев]. – 2-е изд. – Санкт-Петербург : Питер, 2023. – 701 с.
5. Луридас, П. Алгоритмы : самый краткий и понятный курс / П. Луридас ; [пер. с англ. М. А. Райтмана]. – Москва : Бомбора, 2022. – 191 с.

Дополнительная литература

6. Вирт, Н. Алгоритмы и структуры данных / Н. Вирт. – Санкт-Петербург: Невский диалект, 2001. – 352 с.
7. Скиена, С. Алгоритмы. Руководство по разработке / С. Скиена. – Санкт- Петербург: БХВ, 2016. – 720 с.
8. Ахо, А. Компиляторы: принципы, технологии и инструментарий, 2-е изд. : пер. с англ. – М.: Вильямс, 2008. – 1184 с.
9. Емеличев, В.А. Лекции по теории графов / В.А. Емеличев, О.И. Мельников, В.И. Сарванов, Р.И. Тышкевич. – М.: Наука, 1990. – 384 с.
10. Кнут, Д. Искусство программирования. Т. 2. Получисленные алгоритмы / Д. Кнут. – М.: Вильяме, 2007. – 832 с.
11. Ахо, А. Построение и анализ вычислительных алгоритмов / А. Ахо, Дж. Хопкрофт, Дж. Ульман. – М.: Вильямс, 2001. – 384 с.
12. Гэри, М. Вычислительные машины и труднорешаемые задачи / М. Гэри, Д. Джонсон. – М.: Мир, 1982. – 416 с.
13. Кнут, Д. Искусство программирования. Т. 1. Основные алгоритмы / Д.Кнут. – М.: Вильямс, 2006. – 720 с.
14. Кузюрин, Н.Н. Эффективные алгоритмы и сложность вычислений / Н.Н. Кузюрин, С.А. Фомин. – М.: МФТИ, 2015. – 363 с.
15. Шень, А.Х. Программирование: теоремы и задачи / А.Х. Шень. – М.: МЦНМО, 2004. – 296 с.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой отметки

Диагностика результатов учебной деятельности по учебной дисциплине проводится преподавателем, как правило, во время аудиторных занятий. Для диагностики используются:

– устный опрос;

– выполнение лабораторных работ, заданий для УСР и аудиторных практических упражнений;

– выполнение контрольных работ.

Формой промежуточной аттестации в 5-м семестре по дисциплине учебным планом очной формы обучения предусмотрен **зачет**, в 6-м – **экзамен**. Формой промежуточной аттестации в 4-м семестре по дисциплине учебным планом заочной формы обучения предусмотрен **зачет**, в 5-м – **экзамен**. Зачет по дисциплине проходит в форме контрольного опроса в устной или письменной форме, выполнения заданий на компьютере. Явка студента на зачет является обязательной.

Для формирования итоговой отметки по учебной дисциплине используется модульно-рейтинговая система оценки знаний студента, дающая возможность проследить и оценить динамику процесса достижения целей обучения. Рейтинговая система предусматривает использование весовых коэффициентов для текущей и промежуточной аттестации студентов по учебной дисциплине.

Формирование итоговой отметки в ходе проведения контрольных мероприятий текущей аттестации (примерные весовые коэффициенты, определяющие вклад текущей аттестации в отметку при прохождении промежуточной аттестации):

- устный опрос – 30%;
- выполнение лабораторных работ, заданий для УСР и аудиторных практических заданий – 30%;
- выполнение контрольных работ – 40%.

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

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

Тема 1.1. Введение. Принципы оценки алгоритмов (1 ч)

Исследовать сложность алгоритма Евклида, определить данные, работая с которыми алгоритм наименее эффективен.

Форма контроля – опрос.

Тема 1.4. Поиск в упорядоченной информации (1 ч)

Реализовать одну из модификаций бинарного или интерполирующего поиска. Исследовать эффективность модификации на величинах, представляющих собой экспоненциально растущую последовательность.

Форма контроля – выполнение заданий.

Тема 1.5. Упорядочивание поступающих данных (1 ч)

Реализовать 2-3-дерево, Б-дерево и М-дерево. Сравнить их производительность на данных с большим числом дублирующихся элементов. Объяснить полученные результаты.

Форма контроля – выполнение заданий.

Тема 1.6. Поиск без упорядочивания, эффективная индексация (1 ч)

Оценить лавинный эффект и качество устойчивости к коллизиям для выбранной хэш-функции.

Форма контроля – выполнение заданий.

Тема 2.1. Понятие о классах сложности задач (1 ч)

Свести одну из предложенных в [12, с. 99-101] задач к какой-либо основной NP-полной задаче.

Форма контроля – выполнение заданий.

Тема 2.5. Задачи целочисленного программирования (1 ч)

Решить поточный вариант задачи о контейнерах.

Форма контроля – выполнение заданий.

Тема 3.2. Задача коммивояжера (1 ч)

Решить задачу коммивояжера, переформулированную в задачу маршрутизации транспорта (Vehicle Routing Problem).

Форма контроля – выполнение заданий.

Тема 4.2. Роевые алгоритмы (1 ч)

Для метода муравьиной колонии подобрать такие параметры распространения феромона, которые позволят избежать следования агентов по собственным следам (т.н. явление муравьиных кругов).

Форма контроля – выполнение заданий.

Примерный перечень лабораторных занятий

1. Структуры данных «Связный список», «Стек». Слияние двух отсортированных списков. Реализация стека на связном списке. Проверка баланса скобок. Рекурсивное обращение стека.

2. Структуры данных «Очередь», «Очередь с приоритетом». Реализация очереди на списке. Задача о быстром шахматном коне. Задача о сглаживании очереди (Queue Flatten Problem).

3. Бинарное дерево. Эффективная реализация очереди с приоритетом на полном бинарном дереве (структура данных «Двоичная куча»). Преобразование массива в двоичную кучу.

4. Сортировки вставками, выбором, слиянием. Исследование эффективности «быстрой сортировки» при выборе различных опорных элементов.

5. Эффективность сортировки вставками для почти упорядоченного массива при реализации на очереди с приоритетом. Подсчитывающие, поразрядные сортировки.

6. Пирамидальная сортировка. Получение отсортированного массива слиянием в очереди с приоритетом нескольких отсортированных.

7. Бинарный, интерполирующий поиск. Задача о поиске среди экспоненциально возрастающих данных.

8. Сравнение поиска в глубину и в ширину в бинарном дереве. Префиксный, инфиксный, постфиксный обходы. Проверка графа на наличие циклов, поиск диаметра дерева.

9. Бинарные деревья поиска. Поиск наименьшего общего предка двух вершин. Поиск наибольшего по включению бинарного дерева поиска в обычном бинарном дереве.

10. Сравнение самобалансирующихся (АВЛ) и красно-черных деревьев поиска.

11. Структуры данных «2-3-дерево», «Б-дерево», «М-дерево», «Декартово дерево». Построение декартова дерева из инфиксного обхода бинарного дерева.

12. Хэширование. Разрешение коллизий линейным зондированием, двойным хэшированием, цепочками переполнения.

13. Задача о поиске N наибольших (наименьших) элементов без сортировки. Реализация хэш-сортировки. Сравнение хэш-сортировки, быстрой, пирамидальной и плавной сортировки Дейкстры (SmoothSort).

14. Алгоритмы поиска подстроки в строке (Рабина-Карпа, Кнута-Морриса-Пратта).

15. Алгоритм Ахо-Корасик поиска подстроки в строке. Задача о поиске геометрического центра в пространстве строк. Алгоритм Хиршберга.

16. Проверка графа на двудольность. поиск максимального паросочетания алгоритмом Эдмондса-Карпа.

17. Задача о стабильных паросочетаниях. Алгоритм Гейла-Шепли. Жадный алгоритм для поиска стабильных 3-Сочетаний.

18. Генерация планарного графа заданной плотности алгоритмом на основе триангуляции Делоне. Проверка графа на ацикличную ориентированность с помощью топологической сортировки. Поиск пути максимальной длины.

19. Алгоритмы раскраски графа (рекурсивный, жадный, Уэлша-Пауэлла, DSatur).

20. Жадный алгоритм для поиска клик в графе. Поиск всех клик в графе. Поиск клик максимального веса модифицированным методом ветвей и границ.

21. Решение задачи об упаковке контейнера методом ветвей и границ.

22. Решение 0/1-задачи о рюкзаке методом ветвей и границ, приближенными методами (First Fit, Next Fit, Best Fit).

23. Поиск минимального остовного дерева алгоритмами Прима, Краскала. Поиск эйлерова цикла, алгоритм Герхольцера. Реализация структуры данных «Дека».

24. Сравнение эффективности алгоритмов поиска кратчайшего пути в графе (Дейкстры, Беллмана-Форда, A*).

25. Сравнение эффективности алгоритмов поиска всех кратчайших путей в графе (Флойда-Уоршелла, Джонсона).

26. Решение метрической задачи коммивояжера алгоритмом, основанным на построении выпуклой оболочки. Решение метрической задачи коммивояжера методом остовного дерева.

27. Решение метрической задачи коммивояжера алгоритмом Кристофидеса.

28. Сравнение решений, полученных использованием алгоритма Кристофидеса, метода отжига, поиска с запретами, для метрической задачи коммивояжера, поставленной на минимальном остовном дереве.

29. Решение метрической задачи коммивояжера генетическим алгоритмом.

30. Решение метрической задачи коммивояжера методом муравьиной колонии.

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины

Следующие подходы могут быть использованы при организации образовательного процесса:

– ***эвристический подход***, в основе которого

– индивидуализация обучения через возможность самостоятельно ставить цели, осуществлять рефлексию собственной образовательной деятельности;

– демонстрация многообразия решений большинства профессиональных задач.

– ***метод развития критического мышления***, то есть способности оценивать и анализировать ситуации с различных позиций, с целью получения обоснованного решения.

– ***метод учебной дискуссии***, который, с одной стороны, предполагает наличие у учащихся умения ясно и точно формулировать свои мысли, строить

систему аргументированных доказательств; с другой стороны, учит их мыслить, вести дискуссии, 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.

– анализ ситуации, используя профессиональные знания, собственный опыт, дополнительную литературу и иные источники (***кейс-метод***).

– ***практико-ориентированный подход***, основанный на решении проектных задач, размещенных на странице курса дисциплины (https://edummf.bsu.by/course/view.php?id=1189). Данный подход предполагает

– освоение дисциплины через решение практических задач, приближенных к профессиональным;

– приобретение навыков эффективного выполнения разных видов профессиональной деятельности;

– ориентацию на реализацию групповых студенческих проектов, развитие предпринимательской культуры;

– использование процедур, способов оценивания, фиксирующих сформированность профессиональных компетенций.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся

При изучении учебной дисциплины рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы:

– изучение основной и дополнительной литературы по учебной дисциплине;

– изучение материалов электронных источников по вопросам учебной дисциплины, в том числе размещенных в электронной библиотеке БГУ elib.bsu.by;

– подготовка к лабораторным занятиям и контрольным работам;

– выполнение домашних заданий и лабораторных работ, в том числе проектных заданий, размещенных на странице курса дисциплины (https://edummf.bsu.by/course/view.php?id=1189).

Для организации самостоятельной работы студентов по учебной дисциплине рекомендуется использовать возможности образовательного портала edummf.bsu.by и системы управления обучением Moodle для размещения текущей организационной информации и учебно-программных материалов, в том числе вопросов к экзаменам/зачетам, а также контроля выполнения заданий.

Основной формой УСР с учетом специфики дисциплины является самостоятельное под методическим управлением преподавателя выполнение студентами учебных (исследовательских) заданий. Количество часов на УСР

указано в учебно-методической карте. Конкретная форма проведения и контроля УСР выбирается преподавателем. В качестве основного вида контроля предполагается проверка выполнения заданий для УСР (примерный их перечень указан выше). Кроме того, знание материала, рассматриваемого студентами в рамках УСР, проверяется в числе прочих при прохождении промежуточной аттестации (на экзаменах или зачетах).

Примерный перечень вопросов к зачету

1. Трудоемкость алгоритмов
2. Алгоритмические парадигмы «Полный перебор», «Разделяй и властвуй», «Поиск с возвратом», «Жадный алгоритм», «Рекурсия», «Динамическое программирование»
3. Бинарные деревья поиска, поиск в ширину и в глубину, обходы
4. Структура данных «Двоичная куча»
5. Правила выбора оптимальных структур данных. Преимущества и недостатки списков, стеков, очередей, очередей с приоритетом
6. Классификация сортирующих алгоритмов. Примеры
7. Быстрая сортировка. Сложность задачи сортировки
8. Сортировка слиянием. Сложность задачи сортировки
9. Гибридные сортировки. Сложность задачи сортировки
10. Сортировки, применимые для потоков данных
11. Бинарный и интерполирующий поиск
12. Самобалансирующиеся деревья
13. Абстрактный тип данных «Ассоциативный массив» и реализующие его структуры данных
14. Хэширование
15. Машины Тьюринга, детерминированные и недетерминированные конечные автоматы
16. Алгоритмы поиска подстроки в строке

Примерный перечень вопросов к экзамену

1. Трудоемкость алгоритмов
2. Алгоритмические парадигмы «Полный перебор», «Разделяй и властвуй», «Поиск с возвратом», «Жадный алгоритм», «Рекурсия», «Динамическое программирование»
3. Бинарные деревья поиска, поиск в ширину и в глубину, обходы
4. Структура данных «Двоичная куча»
5. Правила выбора оптимальных структур данных. Преимущества и недостатки списков, стеков, очередей, очередей с приоритетом
6. Классификация сортирующих алгоритмов. Примеры
7. Быстрая сортировка. Сложность задачи сортировки
8. Сортировка слиянием. Сложность задачи сортировки
9. Гибридные сортировки. Сложность задачи сортировки
10. Сортировки, применимые для потоков данных
11. Бинарный и интерполирующий поиск
12. Самобалансирующиеся деревья
13. Абстрактный тип данных «Ассоциативный массив» и реализующие его структуры данных
14. Хэширование
15. Машины Тьюринга, детерминированные и недетерминированные конечные автоматы
16. Алгоритмы поиска подстроки в строке
17. Гипотеза P = NP. Задачи классов NP, NP-полные задачи. Шесть основных NP-полных задач
18. Двудольность графа. Стабильные паросочетания, задача 3-Сочетания
19. Задачи распознавания и оптимизации. Класс NP-трудных задач, класс FPT-задач
20. Раскраска графа. Сложность задачи
21. Поиск клики, варианты формулировки. Сложность задачи
22. Задача об упаковке контейнера, варианты формулировки. Сложность задачи
23. Задача о 0\1-рюкзаке. Сложность задачи
24. Задача Штейнера, варианты формулировки. Сложность задачи
25. Эйлеровы пути и циклы, задача о вершинном покрытии. Сложность поиска эйлерова пути
26. Гамильтоновы пути и циклы. Сложность поиска гамильтонова цикла
27. Поиск кратчайшего пути в графе. Сложность задачи
28. Задача коммивояжера, варианты формулировки. Метод остовного дерева, его сложность
29. Метрическая задача коммивояжера. Алгоритм Кристофидеса, его сложность

30. Стратегии оптимизации. Влияние дифференцируемости и аналитичности функций на выбор метода оптимизации

31. Генетические алгоритмы. Принципы отбора, операторы скрещивания, мутации. Стратегии замещения

32. Роевые алгоритмы. Примеры задач, для которых роевые алгоритмы наиболее эффективны

33. Вероятностные структуры данных. Примеры применения

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УО

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)
Технологии программирования	Веб-технологий и компьютерного моделирования	Предложения отсутствуют	Рекомендовать к утверждению учебную программу (протокол № 13 от 26.06.2024)

Заведующий кафедрой веб-технологий
и компьютерного моделирования
доцент, кандидат физ.-мат. наук М.В. Игнатенко

26.06.2024

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ УО

на _____/_____ учебный год

№п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
_____ (протокол № ____ от _____ 202_ г.)

Заведующий кафедрой

_____ _____

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

_____ _____