

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт вычислительной математики и информационных технологий



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Проф. Д.А. Таюрский



» 20__ г.

подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Дополнительные главы теории алгоритмов и структур данных Б1.В.06

Направление подготовки: 01.04.02 - Прикладная математика и информатика

Профиль подготовки: Анализ данных и его приложения

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2019

Автор(ы): Гайнутдинова А.Ф.

Рецензент(ы): Миссаров М.Д.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Аблаев Ф. М.

Протокол заседания кафедры No ____ от " ____ " _____ 20__ г.

Учебно-методическая комиссия Института вычислительной математики и информационных технологий:

Протокол заседания УМК No ____ от " ____ " _____ 20__ г.

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы
2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
 - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
 - 4.2. Содержание дисциплины
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
 - 6.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения
 - 6.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания
 - 6.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы
 - 6.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
 - 7.1. Основная литература
 - 7.2. Дополнительная литература
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Программу дисциплины разработал(а)(и) заместитель директора по научной деятельности Гайнутдинова А.Ф. (Директорат Института ВМ и ИТ, Институт вычислительной математики и информационных технологий), Aida.Gainutdinova@kpfu.ru

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Выпускник, освоивший дисциплину, должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-2	Управление аналитическими работами и подразделением, управление инфраструктурой разработки и сопровождение требований к системам
ПК-3	Руководство проектированием программного обеспечения
ПК-4	Выполнение работ и управление работами по созданию, модификации и сопровождению ИС
УК-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий
УК-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла

Выпускник, освоивший дисциплину:

Должен знать:

- основные алгоритмы дискретной оптимизации, структуры данных, способы работы с динамическими структурами данных;
- каким образом оценивается сложность алгоритмов, как различные способы реализации алгоритма влияют на сложность.

Должен уметь:

разбивать сложную задачу на составные части, анализировать связи между различными частями, использовать объектно-ориентированный подход, уметь подбирать структуру данных для реализации алгоритма с учетом оптимизации его сложности;

Должен владеть:

- навыками анализа асимптотического поведения различных функций;
- навыками эффективной реализации задач, требующих создания сложных структур данных, умением реализовать алгоритмы перебора;
- умением строить эффективные алгоритмы обработки различных структур данных;
- навыками проведения сравнительного анализа и оценки эффективности выбранных алгоритмов при решении конкретных задач;
- умениями и навыками разработки алгоритмов решения задач со сложной организацией данных.

Должен демонстрировать способность и готовность:

анализировать сложность решения задачи в зависимости от выбранной структуры данных, применять полученные знания на практике.

2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.В.06 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 01.04.02 "Прикладная математика и информатика (Анализ данных и его приложения)" и относится к вариативной части.

Осваивается на 1 курсе в 2 семестре.

3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных(ые) единиц(ы) на 72 часа(ов).

Контактная работа - 36 часа(ов), в том числе лекции - 24 часа(ов), практические занятия - 0 часа(ов), лабораторные работы - 12 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 36 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 0 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет во 2 семестре.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Графы. Основные определения, обозначения, способы представления. Обход в глубину (DFS).	2	6	0	2	6
2.	Тема 2. Обход графа в ширину (BFS). Кратчайшие пути в графе.	2	4	0	2	6
3.	Тема 3. Построение минимального основного дерева.	2	4	0	2	6
4.	Тема 4. Нахождение максимального потока.	2	4	0	2	6
5.	Тема 5. Задача о глобальном минимальном разрезе.	2	2	0	2	6
6.	Тема 6. Задача поиска подстроки в строке (Pattern Matching Problem).	2	4	0	2	6
	Итого		24	0	12	36

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Графы. Основные определения, обозначения, способы представления. Обход в глубину (DFS).

Графы. Основные определения, обозначения, способы представления.

Обход в глубину (DFS), его основные свойства. Реализация, анализ, оценка сложности.

Определение связности графа, подсчет компонент связности. Реализация, анализ, оценка сложности.

Дерево обхода в глубину. Классификация дуг графа относительно дерева обхода в глубину для ориентированных и неориентированных графов.

Топологическая сортировка графа. Реализация, анализ, оценка сложности.

Отношение взаимной достижимости в орг.графе. Компоненты сильной связности. Понятие метаграфа.

Построение метаграфа за линейное время. Реализация, анализ, оценка сложности.

Нахождение точек сочленения графа. Реализация, анализ, оценка сложности.

Нахождение мостов графа. Реализация, анализ, оценка сложности.

Эйлеровы обходы графов. Построение эйлерова обхода графа в помощью обхода в глубину.

Тема 2. Обход графа в ширину (BFS). Кратчайшие пути в графе.

Обход графа в ширину (BFS) и его основные свойства. Дерево обхода в ширину. Сравнение алгоритмов BFS и DFS.

Кратчайшие пути в графе. Их свойства. Нахождение кратчайших путей с помощью обхода в ширину. Алгоритм Дейкстры. Нахождение кратчайших путей в ациклических графах за линейное время. Реализация, анализ, оценка сложности.

Нахождение кратчайших путей в графах с отрицательными весами ребер. Алгоритм Беллмана-Форда. Реализация, анализ, оценка сложности.

Нахождение кратчайших путей между двумя заданными вершинами. Реализация, анализ, оценка сложности.

Двунаправленный алгоритм Дейкстры. Реализация, анализ, оценка сложности.

Нахождение кратчайших путей между всеми парами вершин. Алгоритмы Джонсона.

Системы потенциалов в задаче о кратчайших путях. Алгоритмы A* нахождения кратчайших путей. Реализация, анализ, оценка сложности.

Использование маяков (landmarks) для быстрого поиска кратчайших путей. Алгоритм ALT. Реализация, анализ, оценка сложности.

Тема 3. Построение минимального основного дерева.

Дерево как частный случай графа. Свойства дерева. Понятие минимального остова (MST) взвешенного графа. Общий алгоритм построения MST. Понятие разреза и его свойства. Лемма о минимальном ребре, пересекающем разрез.

Алгоритм Краскала построения MST. Реализация алгоритма Краскала с использованием системы непересекающихся множеств. Реализация, анализ, оценка сложности. Алгоритм Краскала с использованием сжатия путей.

Алгоритм Прима построения MST. Реализация, анализ, оценка сложности.

Алгоритм Борушки построения MST. Реализация, анализ, оценка сложности.

Тема 4. Нахождение максимального потока.

Транспортные сети, потоки в сетях. Основные понятия и свойства. Понятие разреза, его свойства. Лемма о максимальном потоке и минимальном разрезе с доказательством. Критерий максимальной пропускной способности. Алгоритм Форда-Фалкерсона нахождения максимального потока, его реализация, анализ алгоритма, оценка сложности.

Тема 5. Задача о глобальном минимальном разрезе.

Задача о нахождении глобального минимального разреза (MinCutProblem) и о нахождении минимального разреза между двумя заданными вершинами (s-t-MinCutProblem), связь между двумя этими задачами.

Нахождение глобального минимального разреза. Алгоритм Штёра-Вагнера. Реализация алгоритма, анализ, оценка сложности.

Тема 6. Задача поиска подстроки в строке (Pattern Matching Problem).

Задача поиска подстроки в строке (Pattern Matching Problem): различные варианты постановки. Наивный алгоритм. Реализация, анализ, оценка сложности.

Понятие преобработки. Префикс-функция, её определение и свойства. Построение префикс-функции за линейное время, реализация, анализ, оценка сложности. Алгоритм Кнута-Морриса-Пракса, реализация, анализ, оценка сложности.

Z-функция, её определение и свойства. Построение Z-функции за линейное время, реализация, анализ, оценка сложности. Алгоритм поиска подстроки в строке в помощь Z-функции.

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 5 апреля 2017 года №301).

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996ин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений".

Положение от 29 декабря 2018 г. № 0.1.1.67-08/328 "О порядке проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Положение № 0.1.1.67-06/241/15 от 14 декабря 2015 г. "О формировании фонда оценочных средств для проведения текущей, промежуточной и итоговой аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Положение № 0.1.1.56-06/54/11 от 26 октября 2011 г. "Об электронных образовательных ресурсах федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Регламент № 0.1.1.67-06/66/16 от 30 марта 2016 г. "Разработки, регистрации, подготовки к использованию в учебном процессе и удаления электронных образовательных ресурсов в системе электронного обучения федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Регламент № 0.1.1.67-06/11/16 от 25 января 2016 г. "О балльно-рейтинговой системе оценки знаний обучающихся в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Регламент № 0.1.1.67-06/91/13 от 21 июня 2013 г. "О порядке разработки и выпуска учебных изданий в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

6.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения

Этап	Форма контроля	Оцениваемые компетенции	Темы (разделы) дисциплины
Семестр 2			
	Текущий контроль		
1	Контрольная работа	УК-2, УК-1, ПК-4, ПК-3, ПК-2	1. Графы. Основные определения, обозначения, способы представления. Обход в глубину (DFS). 2. Обход графа в ширину (BFS). Кратчайшие пути в графе. 3. Построение минимального основного дерева.
2	Устный опрос	УК-2, УК-1, ПК-4, ПК-3, ПК-2	1. Графы. Основные определения, обозначения, способы представления. Обход в глубину (DFS). 2. Обход графа в ширину (BFS). Кратчайшие пути в графе. 3. Построение минимального основного дерева. 4. Нахождение максимального потока. 5. Задача о глобальном минимальном разрезе. 6. Задача поиска подстроки в строке (Pattern Matching Problem).
3	Компьютерная программа	УК-2, УК-1, ПК-4, ПК-3, ПК-2	1. Графы. Основные определения, обозначения, способы представления. Обход в глубину (DFS). 2. Обход графа в ширину (BFS). Кратчайшие пути в графе. 3. Построение минимального основного дерева. 4. Нахождение максимального потока. 6. Задача поиска подстроки в строке (Pattern Matching Problem).
	Зачет	ПК-2, ПК-3, ПК-4, УК-1, УК-2	

6.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
Семестр 2					
Текущий контроль					
Контрольная работа	Правильно выполнены все задания. Продемонстрирован высокий уровень владения материалом. Проявлены превосходные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Правильно выполнена большая часть заданий. Присутствуют незначительные ошибки. Продемонстрирован хороший уровень владения материалом. Проявлены средние способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены более чем наполовину. Присутствуют серьезные ошибки. Продемонстрирован удовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены низкие способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены менее чем наполовину. Продемонстрирован неудовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены недостаточные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	1

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
Устный опрос	В ответе качественно раскрыто содержание темы. Ответ хорошо структурирован. Прекрасно освоен понятийный аппарат. Продemonстрирован высокий уровень понимания материала. Превосходное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Основные вопросы темы раскрыты. Структура ответа в целом адекватна теме. Хорошо освоен понятийный аппарат. Продemonстрирован хороший уровень понимания материала. Хорошее умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Тема частично раскрыта. Ответ слабо структурирован. Понятийный аппарат освоен частично. Понимание отдельных положений из материала по теме. Удовлетворительное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Тема не раскрыта. Понятийный аппарат освоен неудовлетворительно. Понимание материала фрагментарное или отсутствует. Неумение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	2
Компьютерная программа	Высокий уровень умений и навыков программирования, в том числе моделирования, алгоритмизации, использования языка программирования. Поставленная задача полностью решена.	Хороший уровень умений и навыков программирования, в том числе моделирования, алгоритмизации, использования языка программирования. Поставленная задача в основном решена.	Удовлетворительный уровень умений и навыков программирования, в том числе моделирования, алгоритмизации, использования языка программирования. Поставленная задача решена частично.	Недостаточный уровень умений и навыков программирования, в том числе моделирования, алгоритмизации, использования языка программирования. Поставленная задача не решена.	3
	Зачтено		Не зачтено		
Зачет	Обучающийся обнаружил знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справился с выполнением заданий, предусмотренных программой дисциплины.		Обучающийся обнаружил значительные пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустил принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий и не способен продолжить обучение или приступить по окончании университета к профессиональной деятельности без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.		

6.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Семестр 2

Текущий контроль

1. Контрольная работа

Темы 1, 2, 3

Вариант 1.

1. Пусть двоичное дерево $T = (V, E)$ задано списком смежности и указан корень дерева r . Вершина дерева u называется предком вершины v , если путь от r до v в T проходит через u . Мы хотим выполнить линейную предобработку дерева так, чтобы после этого была возможность отвечать на вопросы типа "является ли u предком v ?" за время $O(1)$. Возможно ли это?

2. Дан сильно связный ориентированный граф $G = (V, E)$ с положительными весами и вершина v_0 . Постройте эффективный алгоритм, который для всех пар вершин находит кратчайшие среди путей, проходящих через v_0 .

Вариант 2.

1. Имеется направленный граф $G = (V, E)$ с положительной целочисленной пропускной способностью с каждого ребра e , источником s и стоком t . Также задан целочисленный максимальный поток s - t в G , определяемый величиной потока $f(e)$ по каждому ребру e . Допустим, мы выбираем некоторое ребро e и увеличиваем его пропускную способность на одну единицу. Покажите, как найти максимальный поток в полученном графе за время $O(m + n)$, где m - количество ребер в G , а n - количество вершин в G .

2. Дан ориентированный граф, каждой вершине u которого приписана цена (price) $p(u)$, представляющая собой целое положительное число. Определим массив $cost$ следующим образом: $cost[u]$ - минимальная цена вершин, достижимых из u (включая u). Необходимо заполнить массив $cost$ для всех вершин графа.

- Постройте линейный алгоритм для ориентированных ациклических графов.

- Обобщите алгоритм так, чтобы он (по-прежнему за линейное время) решал задачу для произвольных ориентированных графов.

2. Устный опрос

Темы 1, 2, 3, 4, 5, 6

1. Как реализуется обход в глубину графа. Какова сложность этого алгоритма.
2. Чем отличается обход в глубину ориентированного и неориентированного графа. На какие типы подразделяются ребра графа в соответствии с обходом в глубину.
3. Как реализуется обход в ширину графа. Какова сложность этого алгоритма.
4. Что такое точки сочленения графа и мосты. Каково их значение. С какой сложностью можно найти их в графе.

3. Компьютерная программа

Темы 1, 2, 3, 4, 6

1. Разработайте абстрактный класс Graph.

Поля класса: bool directed (true, если граф ориентированный, false в противном случае), int num_v -- число вершин графа, public: class iterator (предварительное описание класса итератор);

Конструкторы: Graph(int n, bool d) -- создает пустой граф с указанным числом вершин и с заданным значением флага d (соответствующий признаку ориентированности графа).

virtual ~Graph() -- деструктор.

Get-методы int get_num_v(), bool is_directed();

void insert(const Edge& edge) = 0;

virtual bool is_edge(int source, int dest) const = 0;

virtual Edge get_edge(int source, int dest) const = 0 (возвращает ребро между двумя заданными вершинами, или ребро с весом бесконечность, если заданного ребра нет в графе) ;

virtual iterator begin(int source) const = 0 (возвращает итератор на первое ребро, смежное с заданной вершиной);

virtual iterator end(int source) const = 0 (возвращает значение итератора за последним ребром, смежным с заданной вершиной);

void load_edges_from_file(istream& in) -- загружает ребра из файла данных;

static Graph* create_graph (istream& in, bool is_directed, const string& type) -- служебная функция, создающая и возвращающая граф, заданный матрицей смежности или списками смежности по данным из заданного файла (поток "in" связан с входным файлом, содержащим данные для графа. Первая строка входного файла содержит число вершин графа. Остальные строки содержат данные для ребер (соответственно три или два числа в строке). Параметр type -- строка "Matrix", если граф задается матрицей смежности, "List" если граф задается списками смежности)

- а. Создать граф с заданным числом вершин.
- б. Итерировать по всем вершинам графа.
- в. Итерировать по всем вершинам, смежным с заданной вершиной.
- г. Определять, существует ли ребро между двумя заданными вершинами.
- д. Определять вес ребра между двумя заданными вершинами.
- е. Вставить ребро в граф.

2. Магистерская программа по информатике состоит из n семестровых курсов. Граф G отражает зависимости: вершины графа соответствуют курсам, из v идет ориентированное ребро в w, если w можно изучать только после v. Постройте линейный по времени алгоритм, который по G определяет минимальное количество семестров, необходимое для изучения всей программы (в одном семестре может быть сколько угодно курсов).

3. Между двумя вершинами графа может быть несколько разных путей минимальной длины. Дан граф $G = (V, E)$ с положительными весами и его вершина s. Найдите все вершины t, для которых есть лишь один кратчайший путь из s в t, за время $O((|V| + |E|) \log |V|)$. (Вершина s входит в их число.)

Зачет

Вопросы к зачету:

1. Графы. Основные определения, обозначения, способы представления. Влияние способа представления графов на вычислительную сложность алгоритмов. Способы обхода вершин графа.
2. Обход в глубину (DFS), его основные свойства. Реализация, анализ, оценка сложности. Дерево обхода в глубину.
3. Дерево обхода в глубину. Классификация дуг графа относительно дерева обхода в глубину для ориентированных и неориентированных графов.
4. Определение связности графа, подсчет компонент связности. Реализация, анализ, оценка сложности.
5. Топологическая сортировка графа. Реализация, анализ, оценка сложности.
6. Нахождение мостов графа. Реализация, анализ, оценка сложности.
7. Нахождение точек сочленения графа. Реализация, анализ, оценка сложности.
8. Отношение взаимной достижимости в орг. графе. Компоненты сильной связности. Понятие метаграфа. Построение метаграфа за линейное время. Реализация, анализ, оценка сложности.
9. Обход графа в ширину (BFS) и его основные свойства. Дерево обхода в ширину. Сравнение алгоритмов BFS и DFS.
10. Кратчайшие пути в графе. Их свойства. Нахождение кратчайших путей с помощью обхода в ширину. Алгоритм Дейкстры. Реализация, анализ, оценка сложности в зависимости от используемых структур данных.

11. Нахождение кратчайших путей в графах с отрицательными весами ребер. Алгоритм Беллмана-Форда. Реализация, анализ, оценка сложности.
12. Нахождение кратчайших путей в ациклических графах за линейное время. Реализация, анализ, оценка сложности.
13. Нахождение кратчайших путей между всеми парами вершин. Алгоритм Джонсона.
14. Задача нахождения кратчайших путей между двумя заданными вершинами и алгоритмы ее решения. Двухнаправленный алгоритм Дейкстры. Реализация, анализ, оценка сложности.
15. Системы потенциалов в задаче о кратчайших путях. Алгоритмы A* нахождения кратчайших путей. Реализация, анализ, оценка сложности.
16. Использование маяков (landmarks) для быстрого поиска кратчайших путей. Алгоритм ALT. Реализация, анализ, оценка сложности.
17. Дерево как частный случай графа. Свойства дерева. Понятие минимального остовного дерева (MST) взвешенного графа. Общий алгоритм построения MST. Понятие разреза и его свойства. Лемма о минимальном ребре, пересекающем разрез.
18. Алгоритм Прима построения MST. Реализация, анализ, оценка сложности.
19. Алгоритм Краскала построения MST. Реализация алгоритма Краскала с использованием системы непересекающихся множеств. Реализация, анализ, оценка сложности. Алгоритм Краскала с использованием сжатия путей.
20. Алгоритм Краскала для внешней памяти. Приоритетные очереди для внешней памяти. Реализация, анализ, оценка сложности.
21. Алгоритм Борувки построения MST. Реализация, анализ, оценка сложности.
22. Транспортные сети, потоки в сетях. Основные понятия и свойства. Понятие разреза, его свойства. Теорема о максимальном потоке и минимальном разрезе. Критерий максимальности потока.
23. Ускоренный алгоритм нахождения максимального потока. Реализация, анализ, оценка сложности.
24. Алгоритм Форда Фалкерсона нахождения максимального потока. Реализация, анализ, оценка сложности.
25. Задача о глобальном минимальном разрезе (MinCutProblem) и о минимальной s-t разрезе (s-t-MinCutProblem), из связи. Нахождение глобального минимального разреза. Алгоритм Штёра-Вагнера. Реализация, анализ, оценка сложности.

6.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

В КФУ действует балльно-рейтинговая система оценки знаний обучающихся. Суммарно по дисциплине (модулю) можно получить максимум 100 баллов за семестр, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов.

Для зачёта:

56 баллов и более - "зачтено".

55 баллов и менее - "не зачтено".

Для экзамена:

86 баллов и более - "отлично".

71-85 баллов - "хорошо".

56-70 баллов - "удовлетворительно".

55 баллов и менее - "неудовлетворительно".

Форма контроля	Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	Этап	Количество баллов
Семестр 2			
Текущий контроль			
Контрольная работа	Контрольная работа проводится в часы аудиторной работы. Обучающиеся получают задания для проверки усвоения пройденного материала. Работа выполняется в письменном виде и сдаётся преподавателю. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий.	1	15
Устный опрос	Устный опрос проводится на практических занятиях. Обучающиеся выступают с докладами, сообщениями, дополнениями, участвуют в дискуссии, отвечают на вопросы преподавателя. Оценивается уровень домашней подготовки по теме, способность системно и логично излагать материал, анализировать, формулировать собственную позицию, отвечать на дополнительные вопросы.	2	10
Компьютерная программа	Обучающиеся самостоятельно составляют программу на определённом языке программирования в соответствии с заданием. Программа сдаётся преподавателю в электронном виде. Оценивается реализация алгоритмов на языке программирования, достижение заданного результата.	3	25

Форма контроля	Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	Этап	Количество баллов
Зачет	Зачёт нацелен на комплексную проверку освоения дисциплины. Обучающийся получает вопрос (вопросы) либо задание (задания) и время на подготовку. Зачёт проводится в устной, письменной или компьютерной форме. Оценивается владение материалом, его системное освоение, способность применять нужные знания, навыки и умения при анализе проблемных ситуаций и решении практических заданий.		50

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

7.1 Основная литература:

1. Вирт, Никлаус. Алгоритмы и структуры данных. Новая версия для Оберона / Никлаус Вирт ; пер. с англ. под ред. д.ф.-м.н. Ткачева Ф. В. - Москва : ДМК Пресс, 2014. - 272 с.
2. Тюкачев, Н.А. С#. Алгоритмы и структуры данных [Электронный ресурс] / Н.А. Тюкачев, В.Г. Хлебостроев. - Электрон. дан. - Санкт-Петербург : Лань, 2017. - 232 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/94748>
3. Комбинаторные алгоритмы: множества, графы, коды/БыковаВ.В. - Краснояр.: СФУ, 2015. - 152 с.: ISBN 978-5-7638-3155-9 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/550333>
4. Струченков В.И., Дискретная оптимизация. Модели, методы, алгоритмы решения прикладных задач [Электронный ресурс] / Струченков В.И. - М. : СОЛОН-ПРЕСС, 2016. - 192 с. - ISBN 978-5-91359-181-4 - Режим доступа: <http://www.studmedlib.ru/book/ISBN9785913591814.html>

7.2. Дополнительная литература:

1. Окулов, С.М. Динамическое программирование [Электронный ресурс] : учеб. пособие / С.М. Окулов, О.А. Пестов. - Электрон. дан. - Москва : Издательство 'Лаборатория знаний', 2015. - 299 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/66114>
2. Черняк, А.А. Математическое программирование. Алгоритмический подход [Электронный ресурс] : учеб. пос. / А.А. Черняк, Ж.А. Черняк, Ю.М. Метельский. - Минск: Выш. шк., 2006. - 352 с.: ил. - ISBN 978-985-06-1356-1. - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/505174>

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Алгоритмы и структуры данных - <https://www.lektorium.tv/course/22823>
 Видеолекции курса Алгоритмы и структуры данных - <https://yandexdataschool.ru/edu-process/courses/algorithms>
 Основные структуры данных и алгоритмы - <http://codenamecrud.ru/ruby-programming/common-data-structures-and-algorithms>

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	<p>Изучение курса 'Дополнительные главы теории алгоритмов и структур данных' имеет своей целью дать студентам углубленные систематизированные знания об известных алгоритмах дискретной оптимизации, о существующих структурах данных, использующихся в алгоритмах для решения задач дискретной математики, об оценках эффективности выполнения основных операций. Одной из основных задач курса является изучение студентами фундаментальных алгоритмов обработки данных (задача поиска, сортировка, алгоритмы на графах, оптимизационные задачи), различных способов реализации алгоритмов, основанных на различных структурах данных и их способах представления, их сравнительный сложностной анализ. Кроме того, в рамках курса предполагается проведение лабораторных занятий, на которых производится отработка практических навыков в области программирования, позволяющих на творческом уровне применять эффективные методы решения задач, включающих в себя анализ задач, выбор подходящей структуры данных, реализацию построенного алгоритма на одном из языков программирования.</p> <p>Это может быть успешным только при условии правильной организации работы на каждом этапе учебного процесса: на лекциях, на лабораторных занятиях, при подготовке к занятиям и зачету, при выполнении практических задач и контрольных работ, при самостоятельном изучении отдельных разделов.</p> <p>Лекционные занятия:</p> <p>На первом лекционном занятии по данной учебной дисциплине необходимо ознакомить студентов с содержанием курса, раскрыть место и роль дисциплины в современном программировании, ее практическое значение, проанонсировать основные разделы курса, порядок его изучения, изложить основные требования, которые должны быть выполнены студентом для положительной аттестации по данному курсу, довести до студентов требования к знанию предмета, ответить на вопросы. Каждое лекционное занятие следует начинать с краткого напоминания о том, что рассматривалось в предыдущей лекции, при этом рекомендуется провести устный опрос по изученному материалу. Излагаемый на лекции теоретический материал необходимо подкреплять практическими примерами и задачами, закрепляющими правильное понимание теории. Необходимо заострять внимание студентов на вопросах сложности реализации алгоритмов и выполнения основных операций для структур данных. Необходимо обсуждать, как меняется сложность реализации алгоритма для решения различных задач в зависимости от используемых структур данных. В конце лекции необходимо ответить на возникающие вопросы. Полезно инициировать дискуссии по рассматриваемым вопросам, с целью приучить студентов критически относиться к процессу разработки алгоритма и выбору структур данных для его реализации. Полезно завести рабочую тетрадь для учета посещаемости занятий студентами и их активности на занятиях в соответствующих баллах.</p>

Вид работ	Методические рекомендации
лабораторные работы	<p>Лабораторные занятия:</p> <p>В начале лабораторного занятия необходимо напомнить основные понятия и теоретические результаты, а также продемонстрировать подходы к решению практических задач. Следует предложить выступить с решением тем студентам, которые по тем или иным причинам пропустили лекционное занятие или проявляют пассивность. Целесообразно в ходе обсуждения решения задачи задавать выступающим и аудитории дополнительные и уточняющие вопросы с целью выяснения уровня усвоения теоретических аспектов обсуждаемых проблем. Поощрять выступления с места в виде кратких дополнений и вопросов к выступающим и преподавателю. Полезно проводить групповые и индивидуальные консультации студентов по вопросам, возникающим у студентов в ходе их подготовки к текущей и промежуточной аттестации по учебной дисциплине, рекомендовать в помощь учебные и другие материалы, а также справочную литературу. В рамках курса предусмотрено выполнение практических заданий, связанных с решением задач дискретной математики. Целью выполнения практических заданий является закрепление теоретических знаний, полученных на лекциях и в ходе самостоятельного изучения материала, отработка навыков применения теоретических знаний на практике. При выполнении заданий студент должен осознанно и критически подойти к выбору алгоритма, подходящей структуры данных, реализовать алгоритм на одном из языков программирования, протестировать программу на различных входных данных, уделив особое внимание подготовке тестов, способных выявить возможные недочеты как алгоритмического характера, так и связанные с программной реализацией алгоритма. Выполненные задания должны быть сданы преподавателю с подробным устным объяснением, каким именно образом производился выбор алгоритма и подходящей структуры данных, какие еще варианты структур данных было возможно использовать для данной задачи и с учетом каких соображений было отдано предпочтение выбранной студентом структуре данных. Студент должен оценить сложность построенного им алгоритма и объяснить, каким именно образом данная оценка сложности им получена. Такой подход призван научить студента критически подходить к своей работе, к выбранному им решению, с учетом возможных существующих альтернатив, научить аргументировать свой выбор. Выполнение практических заданий направлено на расширение кругозора студента, поскольку он должен ознакомиться с возможными способами решения проблемы, с большим спектром задач дискретной математики, уметь защищать выбранную точку зрения.</p>
самостоятельная работа	<p>Самостоятельная работа:</p> <p>Преподаватель организует самостоятельную работу студентов, отмечая вопросы, которые должны быть изучены самостоятельно, и рекомендуя литературные источники. На лабораторных занятиях преподаватель, для закрепления у студентов полученных знаний, предлагает для самостоятельного выполнения упражнения аналогичные тем, которые были рассмотрены ранее на занятии. Также для самостоятельного решения предлагается: доказательство некоторых частных утверждений, что способствует более глубокому пониманию изучаемой темы и развитию абстрактного мышления, а также выполнение практических заданий, которые студент должен сдать преподавателю на лабораторном занятии. Решение практических задач предусматривает систематическую самостоятельную работу студентов над дополнительными материалами; развитие навыков самоконтроля, способствующих интенсификации учебного процесса. Изучение лекционного материала по конспекту лекций также должно сопровождаться изучением рекомендуемой литературы, основной и дополнительной. Основной целью организации самостоятельной работы студентов является систематизация и активизация знаний, полученных ими на лекциях и в процессе подготовки к лабораторным занятиям. Студентам следует стремиться к активизации знаний на занятиях и по другим общематематическим дисциплинам. Таким образом, самостоятельная работа по изучению курса предполагает внеаудиторную работу, включающую:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Выполнение упражнений, оставленных на дом. 2. Изучение вопросов, оставленных на самостоятельное изучение. 3. Подготовку к зачету. <p>Этапы подготовки к лабораторным занятиям:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Просмотр записей лекционного курса. 2. Составление резюме прочитанной главы соответствующего раздела рекомендуемого теоретического источника ли учебника. 3. Выполнение заданий по теме и их комментирование. <p>Особо важным этапом является резюме прочитанного теоретического источника, так как это является важным условием подготовки к зачету.</p>

Вид работ	Методические рекомендации
контрольная работа	При подготовке к контрольной работе необходимо просмотреть лекционный материал по соответствующим темам, воспользоваться при необходимости основной и дополнительной литературой из списка рекомендованных источников. Также рекомендуется просмотреть решения задач по темам, выносимым на контрольную работу, которые выполнялись на лабораторных занятиях.
устный опрос	Устный опрос направлен на проверку правильности усвоения материала и выявление проблемных мест. Для подготовки к устному опросу рекомендуется просмотреть конспекты лекций, при необходимости воспользоваться дополнительной литературой. Рекомендуется задавать вопросы на лекциях, во время рассмотрения очередной темы, чтобы не оставалось непонятых моментов.
компьютерная программа	Компьютерная программа выполняется на занятиях и самостоятельно во время самостоятельной работы. Готовая компьютерная программа сдается преподавателю с подробным объяснением. Особое внимание при этом должно уделяться вопросам эффективности и сложности. Рекомендуется своевременно выполнять задания по программированию, с тем, чтобы не накапливать большого объема не сданного материала.
зачет	При подготовке к зачету особое внимание должно уделяться систематизации полученных знаний. При подготовке рекомендуется воспользоваться конспектами лекций и также литературой из списка основной и дополнительной литературы. Возникающие вопросы, особенно по темам, выносимым на самостоятельное изучение, рекомендуется обсуждать на консультациях.

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

Освоение дисциплины "Дополнительные главы теории алгоритмов и структур данных" предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows Professional 7 Russian

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 2010 Professional Plus Russian

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "Консультант студента", доступ к которой предоставлен обучающимся. Многопрофильный образовательный ресурс "Консультант студента" является электронной библиотечной системой (ЭБС), предоставляющей доступ через сеть Интернет к учебной литературе и дополнительным материалам, приобретенным на основании прямых договоров с правообладателями. Полностью соответствует требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования к комплектованию библиотек, в том числе электронных, в части формирования фондов основной и дополнительной литературы.

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Освоение дисциплины "Дополнительные главы теории алгоритмов и структур данных" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Компьютерный класс, представляющий собой рабочее место преподавателя и не менее 15 рабочих мест студентов, включающих компьютерный стол, стул, персональный компьютер, лицензионное программное обеспечение. Каждый компьютер имеет широкополосный доступ в сеть Интернет. Все компьютеры подключены к корпоративной компьютерной сети КФУ и находятся в едином домене.

12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 01.04.02 "Прикладная математика и информатика" и магистерской программе Анализ данных и его приложения .