

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»**

УТВЕРЖДЕНО

**Директор физтех-школы
радиотехники и компьютерных
технологий**

А.В. Дворкович

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Алгоритмы на графах
по направлению:	Информатика и вычислительная техника
профиль подготовки:	Компьютерные технологии и вычислительная техника Физтех-школа Радиотехники и Компьютерных Технологий кафедра микропроцессорных технологий в интеллектуальных системах управления
курс:	3
квалификация:	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 6 (весенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 0 час.

семинары: 30 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 15 час.

Всего часов: 45, всего зач. ед.: 1

Программу составил: Д.А. Погибельский, канд. физ.-мат. наук

Программа обсуждена на заседании кафедры микропроцессорных технологий в интеллектуальных системах управления 20.04.2020

Аннотация

Курс «Алгоритмы на графах» разработан с целью познакомить студентов с основными понятиями теории графов, и научить студентов сводить прикладные и теоретические задачи к задачам на графах. К основным разделам курса относятся: основные понятия и методы, используемые в современной теории графов; классические задачи на графах, и алгоритмы их решения; оценка сложности алгоритмов; различные способы представления графов в памяти ЭВМ.

Успешное освоение курса позволит студентам в дальнейшем самостоятельно четко и однозначно формулировать, и решать задачи из области теории графов.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

Освоение студентами фундаментальных знаний в современной теории графов и анализ алгоритмов, используемых при решении основных задач на графах.

Задачи дисциплины

- Обзор основных понятий теории графов, исследование различных типов объектов и подструктур в графах.
- Рассмотрение ряда классических задач на графах, изучение алгоритмов их решения, а также анализ сложности изученных алгоритмов.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.2 Находит, критически анализирует и выбирает информацию, необходимую для решения поставленной задачи
ОПК-2 Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности	ОПК-2.1 Способен применять современные вычислительную технику и сервисы сети Интернет в области (сфере) профессиональной деятельности
ОПК-3 Способен составлять и оформлять научные и (или) технические (технологические, инновационные) отчеты (публикации, проекты)	ОПК-3.3 Владеет методами визуального и графического представления результатов научной (научно-технической, инновационной технологической) деятельности в виде отчетов, научных публикаций
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты
ПК-2 Способен самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого коллектива организовывать и проводить научные исследования и их апробацию	ПК-2.1 Знает принципы построения научной работы, методы сбора и анализа полученного материала, способы аргументации
	ПК-2.2 Способен планировать и проводить научные исследования самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого научного коллектива

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- ☐ Основные понятия и методы, используемые в современной теории графов.
- ☐ Классические задачи, возникающие на графах. Алгоритмы их решения.
- ☐ Оценку сложности рассматриваемых в курсе алгоритмов.
- ☐ Различные способы представления графов в памяти ЭВМ.

уметь:

- ☐ Сводить прикладные и теоретические задачи к задачам на графах, находить эффективные алгоритмы их решения.
- ☐ Применять полученные теоретические знания для доказательства различных свойств графов и связанных с ними объектов.
- ☐ Анализировать сложность рассматриваемых в курсе алгоритмов. Обосновывать их корректность.

владеть:

- ☐ Навыками освоения большого объема информации.
- ☐ Навыками самостоятельной работы и использования информации из предлагаемой литературы.
- ☐ Культурой и умением четко и однозначно формулировать задачу из области теории графов.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий**

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Безконтурные ориентированные графы		2		1
2	Введение в предмет		1		
3	Гамильтоновы циклы		2		1
4	Двухсвязные компоненты		2		1
5	Деревья		2		1
6	Задача нахождения минимального остовного дерева		2		1
7	Задача о размещении центров графе		2		1
8	Компоненты сильной связности		2		1
9	Основные определения теории графов		1		1
10	Отношение доминирования на графе		2		1
11	Паросочетания		2		1
12	Поиск в глубину		1		1
13	Представления графов в памяти		2		1
14	Раскраска графа		2		1
15	Расстояния на графах		3		1
16	Эйлеровы циклы		2		1
Итого часов			30		15
Подготовка к экзамену		0 час.			

Общая трудоёмкость	45 час., 1 зач.ед.
--------------------	--------------------

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 6 (Весенний)

1. Безконтурные ориентированные графы

Определение безконтурного графа. Нумерация графа. Правильная нумерация ориентированного графа. Теорема о существовании правильной нумерации. Определение ярусной формы и высоты безконтурного графа. Теорема о связи высоты и критического пути. Определение истока/стока. Теорема о существовании истока/стока в безконтурном графе. Алгоритм поиска кратчайшего пути в безконтурном графе (Его вариации: самого длинного пути, самого надежного пути, пути с наибольшей пропускной способностью).

2. Введение в предмет

Области применения теории графов. Примеры прикладных задач и их графовые модели.

3. Гамильтоновы циклы

Гамильтонов цикл/граф. Утверждение о количестве гамильтоновых графов. Теорема Дирака. Задача коммивояжера. Метрическая задача коммивояжера. Эвристический 2-приближенный алгоритм решения метрической задачи коммивояжера. Алгоритм Кристофидиса.

4. Двухсвязные компоненты

Поиск в глубину на неориентированном графе. Классификация ребер при поиске в глубину. Компонента связности. Точка сочленения. Теорема о существовании вершин, не являющихся точками сочленения. Двухсвязный граф. Определение блока. Алгоритм выделения блоков и точек сочленения.

5. Деревья

Эквивалентные определения дерева. Бинарные деревья. Хранение и поиск информации в бинарных деревьях. Самобалансирующиеся деревья (на примере красно-черных деревьев): принцип работы, добавление/удаление и поиск узла.

6. Задача нахождения минимального остовного дерева

Определение остовного дерева. Критерии минимальности остовного дерева: цепной и разрезный. Алгоритм Краскала. Алгоритм Прима.

7. Задача о размещении центров графе

Определения эксцентриситета, центра, радиуса, диаметра, периферии графа. Алгоритм нахождения центра. Обобщение задачи для случая точек. Определение вершинного центра. Алгоритм размещения абсолютного центра.

8. Компоненты сильной связности

Отношение достижимости. Сильно-связный граф. Фактор-граф. Теорема о форме фактор-графа. Применение поиска в глубину для построения компонент сильной связности. Корень компоненты сильной связности. Определение нижней связи. Алгоритм Тарьяна поиска компонент сильной связности.

9. Основные определения теории графов

Определение графа. Ориентированный/неориентированный граф. Определение вершин и ребер. Инцидентность вершин и ребер. Степень вершин. Полустепень захода/исхода. Определение цепи, пути, цикла, контура. Теорема о существовании цикла в неориентированном графе. Определение источника/стока.

10. Отношение доминирования на графе

Отношение доминирования. Свойства отношения доминирования. Дерево доминаторов. Фронт доминирования.

11. Паросочетания

Определение двудольного графа. Свойства двудольного графа. Паросочетания и совершенные паросочетания. Теорема Холла. Задача о трансверсялах.

12. Поиск в глубину

Алгоритм поиска в глубину на ориентированном графе. Понятие глубинной нумерации. Классификация дуг относительно поиска в глубину. Теорема о соотношении глубинных номеров относительно поперечных дуг. Алгоритм построения правильной нумерации.

13. Представления графов в памяти

Матрица смежности. Матрица инцидентности. Список смежности. Модифицированный список смежности.

Оценка сложности типовых операций на различных представлениях графа в памяти. (источка/стока, всех источников/стоков и т.д.)

14. Раскраска графа

Хроматическое число графа. К-раскраска. Примеры практического применения раскраски графа. Жадный алгоритм раскраски графа.

15. Расстояния на графах

Типы задач о нахождении кратчайших путей на графах. Дерево кратчайших путей. Алгоритм Дейкстры и обоснование его корректности. Алгоритм Флойда и обоснование его корректности. Транзитивное замыкание графа. Алгоритм Уоршелла.

16. Эйлеровы циклы

Эйлеров цикл. Эйлеров граф. Задача определения эйлеровости графа. Критерий эйлеровости графа. Теорема о количестве эйлеровых графов. Алгоритм нахождения эйлерова цикла. Задача китайского почтальона.

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

Необходимое оборудование для практических занятий: компьютер и мультимедийное оборудование (проектор, звуковая система).

Необходимое программное обеспечение: MS PowerPoint.

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Т.Х. Кормен, Ч.И. Лейзерсон, Р.Л. Ривест, К. Штайн, Алгоритмы: построение и анализ. – М.: Вильямс, 2007.
2. А. Ахо, Р. Сети, Д. Ульман, М Лэм. Компиляторы: принципы, технологии и инструменты, М: Вильямс, 2008.
3. Ф. Харари, Теория графов. – М.: Либроком, 2009.

Дополнительная литература

1. Кристофидес Н. Теория графов. Алгоритмический подход. – М.: Мир, 1978.

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

Не используются

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

Не предусмотрено.

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

Для успешного освоения курса «Алгоритмы на графах» студенту рекомендуется вести конспектирование учебного материала. Отдельное внимание следует уделять изучению и проработке рекомендованной литературы.

Самостоятельная работа включает в себя;

- чтение и конспектирование рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала (по конспектам, учебной и научной литературе);
- решение задач, предлагаемых студентам на практических занятиях;
- подготовку к дифференцированному зачету.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в результате анализа итогов самостоятельных работ, а также индивидуальных консультаций.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Информатика и вычислительная техника
профиль подготовки:	Компьютерные технологии и вычислительная техника Физтех-школа Радиотехники и Компьютерных Технологий кафедра микропроцессорных технологий в интеллектуальных системах управления
курс:	3
квалификация:	бакалавр
Семестр, формы промежуточной аттестации: 6 (весенний) - Дифференцированный зачет	
Разработчик:	Д.А. Погибельский, канд. физ.-мат. наук

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.2 Находит, критически анализирует и выбирает информацию, необходимую для решения поставленной задачи
ОПК-2 Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности	ОПК-2.1 Способен применять современные вычислительную технику и сервисы сети Интернет в области (сфере) профессиональной деятельности
ОПК-3 Способен составлять и оформлять научные и (или) технические (технологические, инновационные) отчеты (публикации, проекты)	ОПК-3.3 Владеет методами визуального и графического представления результатов научной (научно-технической, инновационной технологической) деятельности в виде отчетов, научных публикаций
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты
ПК-2 Способен самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого коллектива организовывать и проводить научные исследования и их апробацию	ПК-2.1 Знает принципы построения научной работы, методы сбора и анализа полученного материала, способы аргументации
	ПК-2.2 Способен планировать и проводить научные исследования самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого научного коллектива
	ПК-2.3 Способен проводить апробацию результатов научно-исследовательской работы посредством публикации научных статей и участия в конференциях

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Алгоритмы на графах» обучающийся должен:

знать:

- ☐ Основные понятия и методы, используемые в современной теории графов.
- ☐ Классические задачи, возникающие на графах. Алгоритмы их решения.
- ☐ Оценку сложности рассматриваемых в курсе алгоритмов.
- ☐ Различные способы представления графов в памяти ЭВМ.

уметь:

- ☐ Сводить прикладные и теоретические задачи к задачам на графах, находить эффективные алгоритмы их решения.
- ☐ Применять полученные теоретические знания для доказательства различных свойств графов и связанных с ними объектов.
- ☐ Анализировать сложность рассматриваемых в курсе алгоритмов. Обосновывать их корректность.

владеть:

- ☐ Навыками освоения большого объема информации.
- ☐ Навыками самостоятельной работы и использования информации из предлагаемой литературы.
- ☐ Культурой и умением четко и однозначно формулировать задачу из области теории графов.

3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

С целью контроля освоения обучающимися учебного материала проводится устный опрос в начале занятия по теме прошлой семинара или в конце занятия по пройденной теме.

4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Перечень контрольных вопросов для сдачи дифференцированного зачета:

1. Основные способы представления графов в памяти ЭВМ. Оценка типовых операций на различных представлениях.
2. Бинарные деревья поиска. Красно-черные деревья.
3. Алгоритм поиска кратчайшего пути в безконтурном графе и его вариации.
4. Поиск в глубину. Глубинная нумерация, классификация дуг при поиске в глубину.
5. Алгоритм Тарьяна поиска компонент сильной связности.
6. Алгоритм выделения блоков и точек сочленения.
7. Расстояния на графах. Алгоритм Дейкстры.
8. Алгоритм Флойда. Транзитивное замыкание графа. Алгоритм Уоршелла.
9. Определения эксцентриситета. Алгоритм нахождения центра графа. Алгоритм размещения абсолютного центра.
10. Алгоритм Краскала. Цепной критерий минимальности остовного дерева.
11. Алгоритм Прима. Разрезный критерий минимальности остовного дерева.
12. Эйлеровы графы. Алгоритм нахождения эйлерова цикла. Задача китайского почтальона.
13. Эвристический 2-приближенный алгоритм решения метрической задачи коммивояжера. Алгоритм Кристофидиса
14. Примеры практического применения раскраски графа. Жадный алгоритм раскраски графа.
15. Отношение доминирования. Свойства отношения доминирования. Дерево доминаторов.
16. Определение двудольного графа. Теорема Холла. Задача о трансверсальных.

Критерии оценивания

Оценка отлично (10) выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично (9) выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично (8) выставляется студенту, показавшему систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо (7) выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо (6) выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо (5) выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно (4) выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно (3) выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно (2) выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно (1) выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Дифференцированный зачет проводится в устной форме.

При проведении дифференцированного зачета обучающемуся предоставляется 20 минут на подготовку. Опрос обучающегося проводится в течение 30 минут.

Во время проведения дифференцированного зачета обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины.