

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

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: 2017

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
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 (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
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 (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

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 ОПОП ВО

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-2	готовность действовать в нестандартных ситуациях, нести социальную и этическую ответственность за принятые решения
ОК-3	готовность к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала
ОПК-3	способностью самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе, в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности, расширять и углублять своё научное мировоззрение
ОПК-4	способностью использовать и применять углубленные знания в области прикладной математики и информатики
ПК-11	способностью разрабатывать аналитические обзоры состояния области прикладной математики и информационных технологий
ПК-5	способностью управлять проектами, планировать научно-исследовательскую деятельность, анализировать риски, управлять командой проекта
ПК-6	способностью организовывать процессы корпоративного обучения на основе технологий и развития корпоративных баз знаний
ПК-8	способностью разрабатывать корпоративные стандарты и профили функциональной стандартизации приложений, систем, информационной инфраструктуры
ПК-9	способностью к преподаванию математических дисциплин и информатики в образовательных организациях основного общего, среднего общего, среднего профессионального и высшего образования

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

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 (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ОД.6 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 01.04.02 "Прикладная математика и информатика (Анализ данных и его приложения)" и относится к обязательным дисциплинам.

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 3 зачетных(ые) единиц(ы) на 108 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 - 72 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	16
2.	Тема 2. Обход графа в ширину (BFS). Кратчайшие пути в графе.	2	4	0	2	14
3.	Тема 3. Построение минимального основного дерева.	2	4	0	2	12
4.	Тема 4. Нахождение максимального потока.	2	4	0	2	12
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	12
	Итого		24	0	12	72

4.2 Содержание дисциплины (модуля)

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 основного дерева (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 Борувки 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 потока. 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-Пратта, 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 помощью 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"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

- соответствие компетенций планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю);
- критерии оценивания сформированности компетенций;
- механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);
- описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;
- критерии оценивания для каждого оценочного средства;
- содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.

Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модуля).

7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы.

Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;

- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

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	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.
лабораторные работы	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.
самостоятельная работа	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.

Вид работ	Методические рекомендации
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)

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

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

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Компьютерный класс.

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".

*Приложение 2
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ОД.6 Дополнительные главы теории алгоритмов и
структур данных*

Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

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: 2017

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>

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>

*Приложение 3
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ОД.6 Дополнительные главы теории алгоритмов и
структур данных*

Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

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: 2017

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

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.