

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. Таюрский Д.А.

"__" _____ 20__ г.

Программа дисциплины

Комбинаторная оптимизация

Направление подготовки: 01.04.02 - Прикладная математика и информатика

Профиль подготовки: Открытая информатика

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2016

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) доцент, к.н. (доцент) Лернер Э.Ю. (кафедра анализа данных и исследования операций, отделение фундаментальной информатики и информационных технологий), Eduard.Lerner@gmail.com

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-1	способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу
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-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 алгебраические структуры
- основы анализа и геометрические методы исследования асимптотического поведения дифференциального уравнения;
- статистические методы обработки информации, в частности.

Должен уметь:

- оперировать с алгебраическими и аналитическими объектами;
- понимать геометрический смысл многомерных алгебраических объектов и математических аналитических структур;
- провести первичную статистическую обработку данных и понимать их вероятностную природу;
- понижать размерность исходных данных без существенной потери информации;
- исследовать (математическими статистическими методами) эмпирические зависимости.

Должен владеть:

- навыками алгебраической, функционально-аналитической и статистической грамотности;
- умением применять свои навыки в рамках существующих программных средств (пакетов аналитических вычислений).

Должен демонстрировать способность и готовность:

Решать поставленные задачи.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ОД.5 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 01.04.02 "Прикладная математика и информатика (Открытая информатика)" и относится к обязательным дисциплинам. Осваивается на 2 курсе в 3 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 4 зачетных(ые) единиц(ы) на 144 часа(ов).

Контактная работа - 56 часа(ов), в том числе лекции - 14 часа(ов), практические занятия - 0 часа(ов), лабораторные работы - 42 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 52 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 36 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 3 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. Эйлеров и гамильтонов цикл, задача коммивояжера, применение этих понятий	3	4	0	10	10
2.	Тема 2. Элементы теории сложности, практическое применение в задачах комбинаторной оптимизации	3	2	0	4	6
3.	Тема 3. Совместное использование математических и алгоритмических основ при разработке алгоритмов комбинаторной оптимизации.	3	2	0	6	8
4.	Тема 4. Вероятностный анализ алгоритмов и рандомизированные алгоритмы.	3	2	0	8	10
5.	Тема 5. Жадные алгоритмы для решения задач комбинаторной оптимизации. Когда они работают?	3	2	0	6	8
6.	Тема 6. Алгоритмы для решения труднорешаемых задач комбинаторной оптимизации с гарантированной максимальной погрешностью и псевдополиномиальные алгоритмы.	3	2	0	8	10
	Итого		14	0	42	52

4.2 Содержание дисциплины (модуля)

Тема 1. Эйлеров и гамильтонов цикл, задача коммивояжера, применение этих понятий

1) Эйлеров и гамильтонов цикл. Задача коммивояжера. Эффективный алгоритм решения задачи нахождения эйлерова цикла и эйлерова пути в графе. Примеры задач, сводимых к ним.

(Иванов, Кристофидес, Пападимитриу-Стайглиц)

2) Задача о безотходной укладке трапеций одинаковой высоты в полосе той же самой высоты. Различные её варианты (без возможности переворота, с возможностью переворота, с вывертыванием наизнанку).

Неэффективность модели этой задачи с трапециями-вершинами и эффективность модели с вершинами ? углами наклона трапеций. Как решать в каждом случае? (лекции, эксклюзив)

3) Эффективный алгоритм для решения задачи минимизации отходов при укладке трапеций одинаковой высоты в полосе той же самой высоты. (Последняя лекция, эксклюзив).

Тема 2. Элементы теории сложности, практическое применение в задачах комбинаторной оптимизации

Понятие задач распознавания из классов P и NP. NP-полноты задачи распознавания. Как доказывать NP-полноту (на примерах). Понятие трудно-решаемой задачи комбинаторной оптимизации и эффективного алгоритма для задачи комбинаторной оптимизации. (Гэри-Джонсон, Пападимитриу-Стайглиц).

Тема 3. Совместное использование математических и алгоритмических основ при разработке алгоритмов комбинаторной оптимизации.

1) Совместное использование математических и алгоритмических основ при разработке алгоритмов на примере решения в натуральных числах уравнения $a/(b+c)+b/(a+c)+c/(b+a)=4$.

(интернет-ссылки во время чтения курса)

2) а)-Понятие ЧУМа, теорема Мирского. б)-Решение задачи о разбиении набора точек на возрастающие ломанные. (а-Спивак Цепи и антицепи, разбор задачи о людоедах <https://www.mcsme.ru/circles/oim/materials/spivak-04-2.pdf>, википедия. б-Статья Лернер, Волосков <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/633/1/012066/pdf>

Тема 4. Вероятностный анализ алгоритмов и рандомизированные алгоритмы.

1) а)-Задача об устойчивом паросочетании и алгоритм Гейла-Шепли для её решения.

б)-Сложность алгоритма Гейла-Шепли в худшем случае. в)-Использование разложения перестановки на циклы для более быстрой реализации алгоритма Гейла-Шепли.

(Кнут, Устойчивые паросочетания: а-лекции 2, б-4 и в-6)

2) Вероятностный анализ алгоритмов. а)-Анализ среднего количества присваиваний при нахождении максимального элемента массива. б)-Принцип отложенных решений в вероятностном анализе. Задача собирателя купонов. Оценка сверху среднего количества операций переприсваивания в алгоритме Гейла-Шепли при случайных матрицах предпочтений (а-Кнут, Искусство программирования, том 1, б-Кнут, Устойчивые паросочетания, лекции 2 и 4).

3) а)-Порождение случайных перестановок. Метод Монте-Карло для подсчета иномерных интегралов.

б)-Быстрая сортировка со случайным выбором разделяющего элемента.

в)-Алгоритмы Монте-Карло, Лас-Вегаса и шершудские алгоритмы, примеры таких алгоритмов. (а - Кнут Искусство программирования, том 3, б-Кормен, в-Макконел и презентация Андреевой)

4) Более детальный разбор некоторых рандомизированных алгоритмов. а)-Алгоритм Миллера-Рабина для проверки на простоту и его сложность. Почему он работает?

б)-Рандомизированный алгоритм поиска минимального разреза в мультиграфе.

(а-Кормен, б-Презентация Андреевой, книга Motwani)

Тема 5. Жадные алгоритмы для решения задач комбинаторной оптимизации. Когда они работают?

Жадные алгоритмы. Когда они работают. Матроиды, определения и свойства, теорема Радо-Эдмондса. Минимальный остов. Задача о расписании для одного прибора. Оптимальные структуры для последней задачи. (Кормен)

Тема 6. Алгоритмы для решения труднорешаемых задач комбинаторной оптимизации с гарантированной максимальной погрешностью и псевдополиномиальные алгоритмы.

1) Алгоритмы для решения труднорешаемых задач с гарантированной максимальной погрешностью. Относительная, абсолютная погрешность. Алгоритм Кристофидеса для евклидовой задачи коммивояжера. (Пападимитриу-Стайглиц)

2) Псевдополиномиальные алгоритмы. Алгоритм для решения задачи о рюкзаке с помощью динамического программирования и его применение к решению задачи о разбиении с ограничением сверху на разбиваемые числа. Подсчет количества билетов, ?счастливых по-казански?.

(Пападимитриу-Стайглиц, статья для журнала Математическое просвещение)

3) а)-Алгоритм локального поиска при решении задач комбинаторной оптимизации. б)-Метод отжига.

Применение к задаче коммивояжера (а-Пападимитриу Стайглиц; про отжиг, см. например

<http://vuz.exponenta.ru/PDF/book/bm61.pdf> + статья в википедии)

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)

Официальный черновик перевода книги Кнута под редакцией Лернера - <http://kek.ksu.ru/EOS/Lerner/KnuthRu.pdf>

Статья Лернер Волосков, используемая в курсе - <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/633/1/012066/pdf>

Статья Спивака "Цепи и антицепи", размещенная автором на сайте своего института - <https://www.mccme.ru/circles/oim/materials/spivak-04-2.pdf>

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

Методические рекомендации по самостоятельной работе для студентов

Рабочей программой дисциплины 'Комбинаторная оптимизация' предусмотрена самостоятельная работа студентов в объеме 52 часа. Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- чтение студентами рекомендованной литературы и усвоение теоретического материала дисциплины;
- подготовку к практическим занятиям, контрольным работам и выполнению домашних заданий;

- работу с Интернет-источниками;
- подготовку к сдаче экзамена.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение настоящей дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе дисциплины 'Математические методы в химии'. По каждой из тем для самостоятельного изучения, приведенных в рабочей программе дисциплины, следует сначала прочитать рекомендованную литературу и при необходимости составить краткий конспект основных положений, терминов, сведений, требующих запоминания и являющихся основополагающими в этой теме и для освоения последующих разделов курса.

Работа с конспектом лекций

Просмотрите конспект сразу после занятий, отметьте материал конспекта лекций, который вызывает затруднения для понимания. Попытайтесь найти ответы на затруднительные вопросы, используя рекомендуемую литературу. Если самостоятельно не удалось разобраться в материале, сформулируйте вопросы и обратитесь за помощью к преподавателю на консультации или ближайшей лекции.

Регулярно отводите время для повторения пройденного материала, проверяя свои знания, умения и навыки по контрольным вопросам.

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 "Открытая информатика".

Приложение 2
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ОД.5 Комбинаторная оптимизация

Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 01.04.02 - Прикладная математика и информатика

Профиль подготовки: Открытая информатика

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2016

Основная литература:

1) Асанов, М.О. Дискретная математика: графы, матроиды, алгоритмы [Электронный ресурс] : учеб. пособие / М.О. Асанов, В.А. Баранский, В.В. Расин. ? Электрон. дан. ? Санкт-Петербург : Лань, 2010. ? 368 с.

<https://e.lanbook.com/reader/book/536/#1>

2) Сигал, И.Х. Введение в прикладное дискретное программирование: модели и вычислительные алгоритмы [Электронный ресурс] : учеб. пособие / И.Х. Сигал, А.П. Иванова. ? Электрон. дан. ? Москва : Физматлит, 2007. ? 304 с. ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/2312/#5>

3) Баранов, В.И. Экстремальные комбинаторные задачи и их приложения [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.И. Баранов, Б.С. Стечкин. ? Электрон. дан. ? Москва : Физматлит, 2006. ? 240 с. ? Режим доступа:

<https://e.lanbook.com/book/2721>

Дополнительная литература:

1) Комбинаторные алгоритмы: множества, графы, коды/Быкова В.В. - Краснояр.: СФУ, 2015. - 152 с.: ISBN 978-5-7638-3155-9

<http://znanium.com/bookread2.php?book=550333>

2) Экстремальные задачи дискретной математики: Учебник / С.А.Канцедаль - М.: ИД ФОРУМ, НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 304 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование) (Переплёт) ISBN 978-5-8199-0633-0

<http://znanium.com/bookread2.php?book=515491>

3) Таранников, Ю.В. Комбинаторные свойства дискретных структур и приложения к криптологии [Электронный ресурс] : учеб. пособие ? Электрон. дан. ? Москва : МЦНМО, 2011. ? 152 с. ? Режим доступа:

<https://e.lanbook.com/book/56418>

Приложение 3
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ОД.5 Комбинаторная оптимизация

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: Открытая информатика

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2016

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