

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования "Пермский  
государственный национальный исследовательский  
университет"**

**Кафедра математического обеспечения вычислительных систем**

**Авторы-составители: Дураков Андрей Викторович  
Чупин Антон Викторович  
Городилов Алексей Юрьевич**

Рабочая программа дисциплины  
**КОМБИНАТОРНЫЕ АЛГОРИТМЫ**  
Код УМК 74396

Утверждено  
Протокол №5  
от «09» июня 2020 г.

Пермь, 2020

## **1. Наименование дисциплины**

Комбинаторные алгоритмы

## **2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина входит в вариативную часть Блока « Б.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление: **01.03.02** Прикладная математика и информатика

направленность Интеллектуальный анализ данных и математическое моделирование

### **3. Планируемые результаты обучения по дисциплине**

В результате освоения дисциплины **Комбинаторные алгоритмы** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

**01.03.02** Прикладная математика и информатика (направленность : Интеллектуальный анализ данных и математическое моделирование)

**ПК.7** способность к разработке и применению алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программного обеспечения

#### 4. Объем и содержание дисциплины

<b>Направления подготовки</b>	01.03.02 Прикладная математика и информатика (направленность: Интеллектуальный анализ данных и математическое моделирование)
<b>форма обучения</b>	очная
<b>№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины</b>	10
<b>Объем дисциплины (з.е.)</b>	4
<b>Объем дисциплины (ак.час.)</b>	144
<b>Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:</b>	56
<b>Проведение лекционных занятий</b>	28
<b>Проведение лабораторных работ, занятий по иностранному языку</b>	28
<b>Самостоятельная работа (ак.час.)</b>	88
<b>Формы текущего контроля</b>	Входное тестирование (1) Защищаемое контрольное мероприятие (1) Итоговое контрольное мероприятие (1) Письменное контрольное мероприятие (1)
<b>Формы промежуточной аттестации</b>	Экзамен (10 триместр)

## 5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

### Комбинаторные алгоритмы

Комбинаторные алгоритмы предназначены для выполнения вычислений на различного рода объектах, возникающих в прикладных комбинаторных задачах и при исследовании дискретных математических структур.

Теоретическая часть курса посвящена углубленному изучению основных задач комбинаторной оптимизации и изучению основных методов их решения: переборный, приближенный (в том числе жадный), динамический, эвристический (в том числе генетический). В практической части курса основное внимание уделяется реализации и сравнению основных алгоритмов на одной из известных задач.

### Рекуррентные соотношения.

Линейные однородные рекуррентные соотношения с постоянными коэффициентами, метод решения.

Неоднородные соотношения. Особые случаи неоднородности. Системы линейных рекуррентных уравнений с постоянными коэффициентами и их решение методом исключения неизвестных.

Полиномиальные и экспоненциальные производящие функции. Линейные рекуррентные соотношения с переменными коэффициентами и применение производящих функций для их решения. Решение рекуррентных соотношений вида  $T(n) = a \cdot T(n/d) + b \cdot n^k$ .

### Теория Пойа.

Теория пересчета Пойа. Разложение подстановки в произведение циклов. Цикловой индекс группы подстановок. Теорема Пойа. Задача об ожерелье. Задача о числе различных булевых функций. Задача об окрашивании граней куба. Лемма Бернсайда.

### Абстрактные структуры данных.

Некоторые основные абстрактные (не зависящие от конкретных языковых конструкций) структуры данных. Стеки, очереди, списки (однонаправленные, двунаправленные), двоичные деревья. Декартово дерево, применение на практике, простой способ построения, линейный алгоритм построения. Дерево отрезков, применение, организация в памяти, способ построения. Дерево Фенвика. Бинарная куча.

Влияние структуры данных на сложность алгоритма. Примеры удачного применения различных структур в задачах комбинаторной оптимизации.

Диаграмма Вороного и алгоритмы ее построения.

### Генерация комбинаторных объектов.

Рассматривается задача генерации комбинаторных объектов, в том числе перестановок, всех подмножеств заданного конечного множества, двоичных векторов, сочетаний  $k$  элементов из  $n$ . Основное внимание уделяется линейным алгоритмам генерации объектов в лексикографическом порядке и в порядке минимального изменения (коды Грея, Джонсона-Троттера). Для всех рассматриваемых алгоритмов обосновывается их корректность и оценивается временная сложность.

### Генерация случайных комбинаторных объектов.

Генерация случайных комбинаторных объектов с равномерным распределением.

Алгоритм построения случайной перестановки. Алгоритм генерации случайного подмножества и случайного сочетания.

### Методы сокращения полного перебора.

Тривиальные способы отсека неперспективных решений. Оценка решения в задаче коммивояжера.

Метод ветвей и границ как универсальный способ сокращения полного перебора всех вариантов.

Способы ветвления и оценивания. Метод ветвей и границ для задачи "о рюкзаке" и для задачи коммивояжера. Алгоритм Литтла.

### **Эффективные алгоритмы решения комбинаторных задач.**

Приближенные и "жадные" алгоритмы в задачах оптимизации.

"Жадные" алгоритмы решения задачи коммивояжера, оптимальной правильной раскраски графа.

Приближенные алгоритмы решения задачи об оптимальной одномерной упаковке.

Погрешность приближенного алгоритма, существование фиксированной погрешности. Задачи, не имеющие алгоритмов решения с фиксированной погрешностью. Оценки погрешности для различных алгоритмов.

Вероятностные алгоритмы. Надежность вероятностного алгоритма.

Динамическое программирование.

### **Эвристические методы решения.**

Понятие эвристики и эвристических алгоритмов.

Понятие генетического алгоритма, основные определения (популяция, особь, ген), некоторые способы кодирования решений. Классическая схема генетического алгоритма, основные операторы. Параметры генетического алгоритма. Применение к задаче коммивояжера и к задаче "о рюкзаке". Оценки эффективности генетических алгоритмов.

Метод имитации отжига.

### **Индивидуальное задание**

Индивидуальное задание заключается в реализации нескольких алгоритмов (как минимум, одного точного переборного и одного приближенного) для решения одной задачи (из предлагаемого списка комбинаторных задач), их исследовании, оценки и сравнении.

Защита индивидуальной работы заключается в проведении доклада с разъяснением задачи и основных алгоритмов решения, а также в сдаче работающей программы по ней.

### **Решение на основе переборного алгоритма**

Решение на основе переборного алгоритма заключается в упорядоченном переборе всех возможных вариантов с последующим выбором варианта с оптимальной характеристикой. В большинстве задач решение не эффективно по времени, однако всегда позволяет точно решить поставленную задачу. Перебор может осуществляться как рекурсивно, так и итерационно.

### **Решение на основе приближенного (жадного) алгоритма**

Решение на основе жадного алгоритма строится на основе идеи локальной оптимизации, когда на каждом шаге алгоритма выбирается такой вариант построения ответа, который является наиболее оптимальным на данном шаге. Во многих задачах локальная оптимальность не гарантирует глобальной оптимальности. Такие алгоритмы, как правило, эффективны по времени, но не всегда гарантируют получение точного ответа.

### **Решение на основе эвристического алгоритма**

Эвристические алгоритмы используют различные правила, полученные опытным путем на основе мнения экспертов в данной предметной области или других рациональных соображений. Такие эвристические правила как правило не имеют строгого доказательства, поэтому точность ответа не гарантируется. Однако на практике такие алгоритмы показывают хорошие результаты как по точности ответов, так и по скорости работы.

### **Оформление и защита отчета**

Отчет по программе должен содержать следующую информацию:

а. фамилия, имя, номер группы;

- b. название решаемой задачи;
- c. краткое описание фактически реализованных алгоритмов;
- d. порядок роста функции сложности реализованных алгоритмов (в случае затруднений с определением порядка роста функции сложности указать хотя бы класс сложности алгоритмов);
- e. использованный язык программирования и среда разработки;
- f. характеристики оборудования, использованного для тестирования (процессор, тактовая частота, объем ОЗУ)
- g. в случае если формат входных данных отличается от рекомендованного – описание формата;
- h. значение  $V_{\max}$  - максимального объема входных данных, при котором программы решают задачу за приемлемое время (не более 1-2 мин);
- i. для каждой серии тестов: количество тестов и значения характеристик алгоритмов (среднее время работы, для приближенных алгоритмов – процент тестов, в которых его решение совпало с точным решением и среднее относительное отклонение приближенного решения от точного);
- j. вывод о соответствии экспериментальных данных (из пункта i) и теоретических оценок (из пункта d);
- k. качественный вывод о применимости реализованных алгоритмов.

### **Экзамен**

Проведение экзамена подразумевает ответ на теоретический вопрос и преследует цель закрепления и обобщения изученного материала.

## **6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

## **7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

## 8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

### Основная:

1. Галкина В. А. Дискретная математика: комбинаторная оптимизация на графах: учебное пособие / В. А. Галкина. - Москва: Гелиос АРВ, 2003, ISBN 5-85438-069-2.-232.-Библиогр.: с. 227-228
2. Костюкова, Н. И. Комбинаторные алгоритмы для программистов : учебное пособие / Н. И. Костюкова. — 3-е изд. — Москва, Саратов : Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа, 2020. — 216 с. — ISBN 978-5-4497-0368-2. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/89441.html>

### Дополнительная:

1. Грэхем Р. Л., Кнут Д., Паташник О. Конкретная математика. Основание информатики / Р. Л. Грэхем, Д. Кнут, О. Паташник ; ред. А. Б. Ходулев ; пер.: Б. Б. Походзей, А. Б. Ходулев. - Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009, ISBN 978-5-94774-997-7.-703.-Библиогр.: с. 651-683
2. Морозенко В. В. Дискретная математика: учебное пособие / В. В. Морозенко. - Пермь, 2006, ISBN 5-7944-0608-9.-226.-Библиогр.: с. 223-224
3. Ильев, В. П. Комбинаторные задачи на графах : учебное пособие / В. П. Ильев. — Омск : Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского, 2013. — 80 с. — ISBN 978-7779-1668-6. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/24890>

## **9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины**

<http://intuit.valrkl.ru/course-147/index.html> Комбинаторные алгоритмы для программистов

## **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

Образовательный процесс по дисциплине **Комбинаторные алгоритмы** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

- доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС);

- доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Необходимое лицензионное и (или) свободно распространяемое программное обеспечение:

- Microsoft Visual Studio

При освоении материала и выполнении заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ (**student.psu.ru**).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).

система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.

система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

## **11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Для лекционных занятий требуется аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения лабораторных занятий - меловая и (или) маркерная доска, компьютерный класс (аппаратное и программное обеспечение определено в Паспортах компьютерных классов)

Для групповых (индивидуальных) консультаций - аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения текущего контроля - аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской.

Самостоятельная работа студентов: аудитория, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», с обеспеченным доступом в электронную информационно-образовательную среду университета, помещения Научной библиотеки ПГНИУ.

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютера с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными

компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине  
Комбинаторные алгоритмы**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции и  
критерии их оценивания**

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p><b>ПК.7</b> способность к разработке и применению алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программного обеспечения</p>	<p>Знать наиболее известные алгоритмы комбинаторной оптимизации, особенности точных, приближенных, эвристических, переборных, «жадных» алгоритмов; уметь выбирать наиболее подходящие методы решения задач с учетом поставленных ограничений; разрабатывать алгоритмы для решения конкретных задач дискретной оптимизации; оценивать сложность разработанных алгоритмов и обосновывать их корректность; генерировать и оценивать количество комбинаторных объектов с заданными свойствами; владеть навыками применения известных комбинаторных алгоритмов для решения практических оптимизационных задач.</p>	<p align="center"><b>Неудовлетворител</b></p> <p>Не знает алгоритмы комбинаторной оптимизации, особенности точных, приближенных, эвристических, переборных, «жадных» алгоритмов; не умеет разрабатывать алгоритмы для решения конкретных задач дискретной оптимизации; оценивать сложность разработанных алгоритмов; не способен применять известные комбинаторных алгоритмы для решения практических оптимизационных задач.</p> <p align="center"><b>Удовлетворительн</b></p> <p>Знает основные алгоритмы комбинаторной оптимизации, некоторые особенности точных, приближенных, эвристических, переборных, «жадных» алгоритмов; в целом умеет разрабатывать алгоритмы для решения конкретных задач дискретной оптимизации; оценивать сложность разработанных алгоритмов; способен применять известные комбинаторных алгоритмы для решения практических оптимизационных задач.</p> <p align="center"><b>Хорошо</b></p> <p>Сформированы знания об алгоритмах комбинаторной оптимизации, особенностях точных, приближенных, эвристических, переборных, «жадных» алгоритмов; умеет выбирать подходящие методы решения задач с учетом поставленных ограничений; разрабатывать алгоритмы для решения конкретных задач дискретной оптимизации; оценивать сложность разработанных алгоритмов; генерировать и оценивать количество комбинаторных объектов с заданными свойствами;</p>

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;"><b>Хорошо</b></p> <p>способен применять известные комбинаторных алгоритмы для решения практических оптимизационных задач.</p> <p style="text-align: center;"><b>Отлично</b></p> <p>Сформированы систематические знания об алгоритмах комбинаторной оптимизации, особенностях точных, приближенных, эвристических, переборных, «жадных» алгоритмов;</p> <p>в совершенстве умеет выбирать наиболее подходящие методы решения задач с учетом поставленных ограничений; разрабатывать алгоритмы для решения конкретных задач дискретной оптимизации; оценивать сложность разработанных алгоритмов и обосновывать их корректность; генерировать и оценивать количество комбинаторных объектов с заданными свойствами;</p> <p>успешно применяет навыки применения известных комбинаторных алгоритмов для решения практических оптимизационных задач.</p>

## Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : СУОС

**Вид мероприятия промежуточной аттестации :** Экзамен

**Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации :** Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

**Максимальное количество баллов :** 100

### Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 42 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 42 балла

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<b>Входной контроль</b>	Рекуррентные соотношения. <b>Входное тестирование</b>	Знание базовых понятий естественных наук, математики и информатики, знание базовых алгоритмов оптимизации, в частности, алгоритмов на графах, способность применять современные языки программирования, операционные системы, электронные библиотеки.
<b>ПК.7</b> способность к разработке и применению алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программного обеспечения	Теория Пойа. <b>Письменное контрольное мероприятие</b>	Знает основные методы генерации и подсчета комбинаторных объектов; умеет оценивать количество комбинаторных объектов с заданными свойствами и определять сложность алгоритмов их генерации

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p><b>ПК.7</b> способность к разработке и применению алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программного обеспечения</p>	<p>Оформление и защита отчета <b>Защищаемое контрольное мероприятие</b></p>	<p>Знать наиболее известные алгоритмы комбинаторной оптимизации, а также структуры данных, используемые для их эффективной реализации на практике; уметь разрабатывать алгоритмы для решения конкретных задач дискретной оптимизации; использовать различные стратегии алгоритмов, уметь выбирать наиболее подходящие методы решения задач с учетом поставленных ограничений, экспериментально и теоретически сравнивать алгоритмы по времени работы и точности решения.</p>
<p><b>ПК.7</b> способность к разработке и применению алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программного обеспечения</p>	<p>Экзамен <b>Итоговое контрольное мероприятие</b></p>	<p>Знать точные и приближенные подходы к решению комбинаторных экстремальных задач, особенности эвристических, переборных, «жадных» алгоритмов; владеть известными комбинаторными алгоритмами для решения практических оптимизационных задач, навыками формализации практических проблем и их сведения к модельным задачам комбинаторной оптимизации.</p>

### Спецификация мероприятий текущего контроля

#### Рекуррентные соотношения.

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **0**

Проходной балл: **0**

Показатели оценивания	Баллы
Составлена программа, решающая задачу по нахождению кратчайшего расстояния между заданными вершинами в ориентированном взвешенном графе. Программа эффективна по времени.	5
Составлена программа, решающая комбинаторную задачу оптимизации полным перебором либо другим точным алгоритмом.	3
Составлена программа, решающая задачу по нахождению кратчайшего расстояния между заданными вершинами в неориентированном невзвешенном графе. Эффективность программы не имеет значения.	2

## Теория Пойа.

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **24**

Проходной балл: **10**

Показатели оценивания	Баллы
Умеет решать линейные рекуррентные соотношения с постоянными коэффициентами	7
Умеет решать линейные рекуррентные соотношения с применением полиномиальных производящих функций	7
Знает основные методы генерации и подсчета комбинаторных объектов	5
Знает основы теории Пойа, умеет применять ее для вычисления числа комбинаторных объектов с заданными свойствами	5

## Оформление и защита отчета

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **17**

Показатели оценивания	Баллы
Программа, реализующая алгоритм решения задачи динамического программирования (по вариантам) успешно запускается и верно решает задачу	5
Программа, реализующая алгоритм сжатия данных успешно запускается и верно решает задачу, при этом в программе эффективно реализованы подходящие абстрактные структуры данных	5
Программа, реализующая один из абстрактных типов данных (по вариантам) успешно запускается и верно решает задачу не менее, чем на 80% тестов, при этом все необходимые операции реализованы эффективно	5
Программа, реализующая точный переборный алгоритм с использованием генерации комбинаторных объектов (по вариантам) успешно запускается и верно решает задачу не менее, чем на 80% тестов, при этом алгоритм реализован эффективно, не содержит явно излишних операторов, не требует выделения избыточной памяти	4
Программа, реализующая алгоритм сокращенного перебора (по методу ветвей и границ) или эвристический алгоритм успешно запускается и верно решает задачу	4
Программа, реализующая алгоритм сокращенного перебора или эвристический алгоритм успешно запускается и верно решает задачу не менее, чем на 80% тестов, при этом алгоритм реализован эффективно, не содержит явно излишних операторов, не требует выделения избыточной памяти, не содержит явных ограничений на объем данных и входные значения	4
Программа, реализующая точный переборный алгоритм с использованием генерации комбинаторных объектов (по вариантам) успешно запускается и верно решает задачу	4
Программа, реализующая приближенный ("жадный") алгоритм (по вариантам) успешно запускается и верно решает задачу	3
Программа, реализующая алгоритм решения задачи динамического программирования (по	3

вариантам) успешно запускается и верно решает задачу не менее, чем на 80% тестов, при этом алгоритм реализован эффективно, не содержит явно излишних операторов, не требует выделения избыточной памяти, не содержит явных ограничений на объем данных и входные значения	
Программа, реализующая приближенный ("жадный") алгоритм (по вариантам) успешно запускается и верно решает задачу не менее, чем на 80% тестов, при этом алгоритм реализован эффективно, не содержит явно излишних операторов, не требует выделения избыточной памяти, не содержит явных ограничений на объем данных и входные значения	3

### Экзамен

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **36**

Проходной балл: **15**

Показатели оценивания	Баллы
Выполнение текущих и дополнительных заданий в течение периода обучения	8
Владеет известными комбинаторными алгоритмами для решения практических оптимизационных задач	7
Знает абстрактные структуры данных, их особенности. Умеет обосновать выбор подходящей структуры для заданной задачи	7
Знает точные и приближенные подходы к решению комбинаторных задач оптимизации, особенности эвристических, переборных, «жадных» алгоритмов.	7
Владеет навыками формализации практических проблем и их сведения к модельным задачам комбинаторной оптимизации	7