

ФТД.В.02

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ (СРЕДСТВА)

Учебная дисциплина	<i>Эвристические алгоритмы дискретной оптимизации</i>
По направлению подготовки	<i>09.03.03</i>
	<i>«Прикладная информатика»</i>
Профиль (программа бакалавриата)	<i>«Разработка и управление web-контентом»</i>
Форма обучения	<i>Очно-заочная</i>

Оценочные материалы (средства) дисциплины рассмотрены (актуализированы) и утверждены на заседании кафедры прикладной информатики и высшей математики

Протокол заседания № 10 от «25» мая 2026 г.

Заведующий кафедрой Стрекалова Наталья Борисовна

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ПЕРЕЧЕНЬ КОМПЕТЕНЦИЙ И ЭТАПЫ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	3
2. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ (СРЕДСТВА) ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	4
3. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ (СРЕДСТВА) ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	20
4. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНОВАНИЯ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ И НАВЫКОВ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ	21
5. ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ УРОВЕНЬ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ.....	26
6. ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ.....	27

1. ПЕРЕЧЕНЬ КОМПЕТЕНЦИЙ И ЭТАПЫ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Оценочные материалы (средства) сформированы в соответствии с ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 09.03.03 «Прикладная информатика», утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 19.09.2017 № 922 (с изменениями и дополнениями от 26.11.2020, 08.02.2021). В соответствии с матрицей компетенций основной профессиональной образовательной программы «Разработка и управление web-контентом» (уровень бакалавриата) в процессе обучения по дисциплине «Эвристические алгоритмы дискретной оптимизации» происходит формирование закрепленных за дисциплиной компетенций обучающихся. Оценка сформированности компетенций на каждом этапе обучения происходит через оценку планируемых результатов обучения по дисциплине (знаний, умений, навыков).

Шифр компетенции Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций	Планируемые результаты обучения по дисциплине	Этапы формирования компетенции (семестры и темы)	Оценочные средства
ПК-3 Способен разрабатывать web-приложения	ПК-3.1. Осуществляет разработку программного кода и компонентов web-приложения, в том числе используя возможности специализированных цифровых платформ для индивидуальной и совместной разработки информационных систем	Знать: - терминологию теории графов, принципы построения модели машины Тьюринга; - основы моделирования с использованием генераторов случайных чисел - особенности задач дискретной оптимизации, метода ветвей и границ; Уметь: - моделировать и решать маршрутные задачи, задачу коммивояжера и составления расписания; - выбирать и обосновывать выбранный алгоритм решения задачи дискретной оптимизации; Владеть: - навыками поиска нестандартных	Тема 1. Введение в эвристические алгоритмы Тема 2. Использование эвристических алгоритмов Тема 3. Метод ветвей и границ Тема 4. Моделирование с использованием генераторов случайных чисел Тема 5. Машина Тьюринга	устный опрос по темам 1-5 выполнение практических работ по темам 1-5

		решений для задач дискретной оптимизации; - навыками применения эвристических алгоритмов для решения задач профессиональной деятельности.		
--	--	--	--	--

2. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ (СРЕДСТВА) ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Устные опросы

Примерные вопросы для проведения устного опроса по теме «Введение в эвристические алгоритмы»

1. Понятие алгоритма и его эффективность.
2. Виды функции сложности алгоритмов.
3. Анализ функции сложности по программе.
4. Теоретическая и практическая функции сложности.
5. Понятие рекурсии и итерации. Виды обхода бинарных деревьев.
6. Терминология теории графов.
7. Циклы на графе.
8. Представление графов на ПК.
9. Алгоритмы нахождения кратчайших путей на графах.

Критерии оценивания устного опроса:

- оценка «*отлично*» выставляется обучающемуся, если он ответил развернуто на один из заданных вопросов, активно дополнял ответы других обучающихся или задавал им дополнительные вопросы;
- оценка «*хорошо*» выставляется обучающемуся, если он ответил развернуто на один из заданных вопросов или ответил кратко на ряд вопросов;
- оценка «*удовлетворительно*» выставляется обучающемуся, если он кратко ответил на один из задаваемых вопросов или просто дополнял ответы других обучающихся, задавал им дополнительные вопросы;
- оценка «*неудовлетворительно*» выставляется обучающемуся, если он не смог ответить правильно на заданный вопрос, либо не отвечал на вопросы и не участвовал в их обсуждении.

Примерные вопросы для проведения устного опроса по теме «Использование эвристических алгоритмов»

1. Теоретическая сложность алгоритмов раскраски графов.
2. Особенности работы волнового алгоритма.
3. Особенности работы лучевых алгоритмов.
4. Особенности работы маршрутного алгоритма.
5. Маршрутный алгоритм.
6. Алгоритмы составления расписания.
7. Задача о кодовом замке.
8. Особенность алгоритмов раскраски вершин графа.

Критерии оценивания устного опроса:

- оценка «*отлично*» выставляется обучающемуся, если он ответил развернуто на один из заданных вопросов, активно дополнял ответы других обучающихся или задавал им дополнительные вопросы;
 - оценка «*хорошо*» выставляется обучающемуся, если он ответил развернуто на один из заданных вопросов или ответил кратко на ряд вопросов;
 - оценка «*удовлетворительно*» выставляется обучающемуся, если он кратко ответил на один из задаваемых вопросов или просто дополнял ответы других обучающихся, задавал им дополнительные вопросы;
- оценка «*неудовлетворительно*» выставляется обучающемуся, если он не смог ответить правильно на заданный вопрос, либо не отвечал на вопросы и не участвовал в их обсуждении.

Примерные вопросы для проведения устного опроса по теме «Метод ветвей и границ»

1. Понятие оценочной функции.
2. Расшифровка криптограмм.
3. Задача о радиоактивном шаре.
4. Гамильтонов цикл.
5. Задача коммивояжера.
6. Применение различных алгоритмов в задаче коммивояжера.

Критерии оценивания устного опроса:

- оценка «*отлично*» выставляется обучающемуся, если он ответил развернуто на один из заданных вопросов, активно дополнял ответы других обучающихся или задавал им дополнительные вопросы;
 - оценка «*хорошо*» выставляется обучающемуся, если он ответил развернуто на один из заданных вопросов или ответил кратко на ряд вопросов;
 - оценка «*удовлетворительно*» выставляется обучающемуся, если он кратко ответил на один из задаваемых вопросов или просто дополнял ответы других обучающихся, задавал им дополнительные вопросы;
- оценка «*неудовлетворительно*» выставляется обучающемуся, если он не смог ответить правильно на заданный вопрос, либо не отвечал на вопросы и не участвовал в их обсуждении.

Примерные вопросы для проведения устного опроса

по теме «Моделирование с использованием генераторов случайных чисел»

1. Числовые характеристики случайных чисел.
2. Метод середины квадрата.
3. Линейный конгруэнтный метод.
4. Полярный метод.

Критерии оценивания устного опроса:

- оценка «*отлично*» выставляется обучающемуся, если он ответил развернуто на один из заданных вопросов, активно дополнял ответы других обучающихся или задавал им дополнительные вопросы;
 - оценка «*хорошо*» выставляется обучающемуся, если он ответил развернуто на один из заданных вопросов или ответил кратко на ряд вопросов;
 - оценка «*удовлетворительно*» выставляется обучающемуся, если он кратко ответил на один из задаваемых вопросов или просто дополнял ответы других обучающихся, задавал им дополнительные вопросы;
- оценка «*неудовлетворительно*» выставляется обучающемуся, если он не смог ответить правильно на заданный вопрос, либо не отвечал на вопросы и не участвовал в их обсуждении.

Примерные вопросы для проведения устного опроса по теме «Машины Тьюринга»

1. Гипотетическая модель Тьюринга.
2. Структура машины Тьюринга.
3. Функциональные таблицы и диаграммы.
4. Примеры записи алгоритмов.
5. Композиция машины Тьюринга.

Критерии оценивания устного опроса:

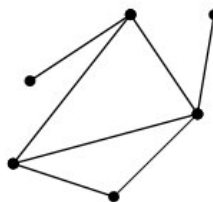
- оценка «*отлично*» выставляется обучающемуся, если он ответил развернуто на один из заданных вопросов, активно дополнял ответы других обучающихся или задавал им дополнительные вопросы;
 - оценка «*хорошо*» выставляется обучающемуся, если он ответил развернуто на один из заданных вопросов или ответил кратко на ряд вопросов;
 - оценка «*удовлетворительно*» выставляется обучающемуся, если он кратко ответил на один из задаваемых вопросов или просто дополнял ответы других обучающихся, задавал им дополнительные вопросы;
- оценка «*неудовлетворительно*» выставляется обучающемуся, если он не смог ответить правильно на заданный вопрос, либо не отвечал на вопросы и не участвовал в их обсуждении.

Практические задания

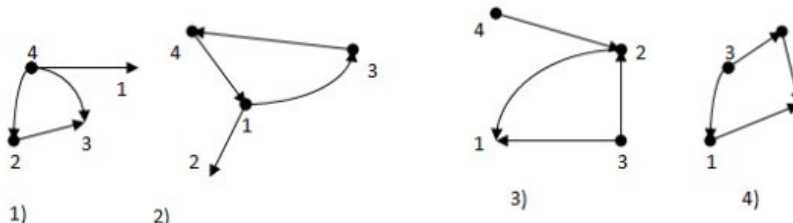
Практическое задание по теме «Введение в эвристические алгоритмы»

Задание:

1. Определить количество граней следующего графа:



2. Определить, какой из указанных графов является реализацией ориентированного графа $R(V, E)$ с множеством вершин $V = \{1, 2, 3, 4\}$ и списком дуг $E = \{(4, 1), (3, 4), (1, 2), (1, 3)\}$



3. Нарисуйте неориентированный граф G с множеством вершин $X = \{a, b, c, d, e\}$ и множеством ребер $U = \{(a, b), (a, e), (b, c), (b, d), (c, e), (d, e)\}$. Выпишите его матрицу смежности.

Критерии оценивания:

- оценка «отлично» выставляется студенту, который продемонстрировал высокий уровень освоения учебного материала; правильно выполнил практическое задание в полном объеме; продемонстрировал высокий уровень умения использовать теоретические знания при выполнении практических задач; понимает связь между различными математическими объектами; способен выявить причинно-следственные связи при решении задач; умеет оформлять результаты выполнения практического задания в соответствии с правилами оформления отчетных работ.
- оценка «хорошо» выставляется студенту, который знает основные определения и понятия, необходимые для выполнения практического задания; правильно решает типовые задачи, но допускает неточности в ходе решения; воспроизводит основные математические факты; умеет графически иллюстрировать задачу; оценивать достоверность полученного решения.
- оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, который умеет решать типовые задачи по предложенным методам и алгоритмам, но допускает ошибки при решении; умеет распознавать математические объекты; объясняет основные термины, понятия, определения разделов эвристических алгоритмов дискретной оптимизации.
- оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если он не правильно выполнил практическое задание; допускает ошибки в формулировке определений и правил, искажающие их смысл; беспорядочно и неуверенно излагает материал; демонстрирует такие недостатки в подготовке, которые являются серьезным препятствием к успешному овладению последующим материалом.

Практическое задание по теме «Использование эвристических алгоритмов»

Задание: Используя предоставленные функции, реализуйте алгоритм эвристического поиска методом подъема на холм на выбранном функциональном языке программирования. Протестируйте работу реализованного алгоритма эвристического поиска методом подъема на холм.

Производя поиск методом подъема на холм, мы двигаемся по дереву аналогично поиску в глубину, за исключением того, что выбор расширяемого узла производится на основе некоторой эвристической оценки оставшегося пути до цели. Чем лучше эвристическая оценка, тем выше эффективность поиска.

Для рассмотренной выше задачи оценкой оставшегося пути может служить расстояние до целевого города (рисунок 1). Это расстояние измеряется по прямой линии (обычно используют фразу *as-the-crow-flies* – «как ворона летит»). Заметим, что оно всегда меньше реального пути, который надо проделать.

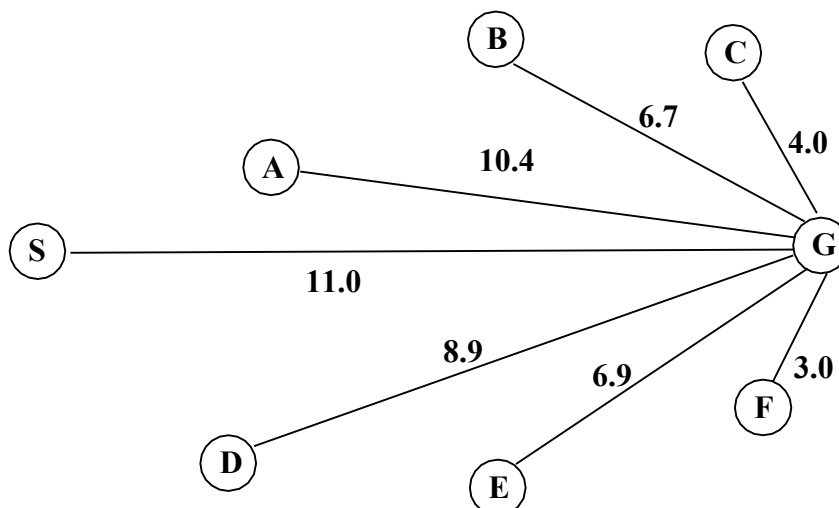


Рисунок 1 – Дистанция между городами

Алгоритм поиска следующий:

- Создать одноэлементную очередь, включающую в себя путь нулевой длины, соответствующий корневому узлу.
- Пока первый (головной) путь в очереди не заканчивается целью, или пока очередь не пуста, повторять.
- Удалить головной путь из очереди.
- Создать новые пути, расширяя данный путь.
- Удалить из новых путей все циклические.
- Отсортировать новые пути по эвристической оценке (частичный путь, имеющий наименьшее расстояние от конечного пункта пути до целевого пункта, должен оказаться в голове).
- Добавить новые пути в голову очереди.
- Если целевой путь найден, показать его, иначе сообщить о неудаче поиска.

Процесс поиска методом подъема на холм иллюстрирует пример, приведенный на рисунке 2. Движение по поисковому дереву показано волнистой точечной линией.

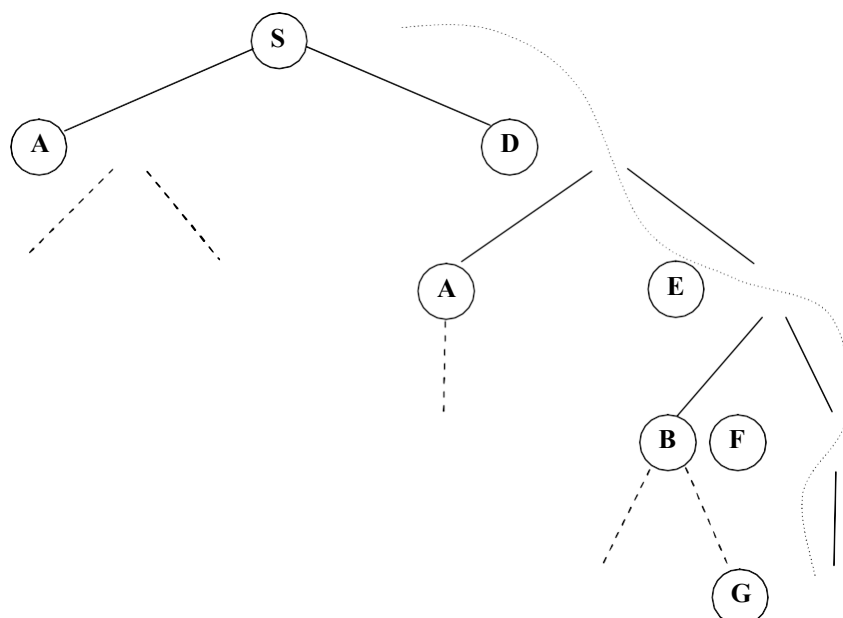


Рисунок 2 – Пример поиска методом подъема на холм

Критерии оценивания:

- оценка «отлично» выставляется студенту, который продемонстрировал высокий уровень освоения учебного материала; правильно выполнил практическое задание в полном объеме; продемонстрировал высокий уровень умения использовать теоретические знания при выполнении практических задач; понимает связь между различными математическими объектами; способен выявить причинно-следственные связи при решении задач; умеет оформлять результаты выполнения практического задания в соответствии с правилами оформления отчетных работ.
- оценка «хорошо» выставляется студенту, который знает основные определения и понятия, необходимые для выполнения практического задания; правильно решает типовые задачи, но допускает неточности в ходе решения; воспроизводит основные математические факты; умеет графически иллюстрировать задачу; оценивать достоверность полученного решения.
- оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, который умеет решать типовые задачи по предложенным методам и алгоритмам, но допускает ошибки при решении; умеет распознавать математические объекты; объясняет основные термины, понятия, определения разделов эвристических алгоритмов дискретной оптимизации.
- оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если он не правильно выполнил практическое задание; допускает ошибки в формулировке определений и правил, искажающие их смысл; беспорядочно и неуверенно излагает материал; демонстрирует такие недостатки в подготовке, которые являются серьезным препятствием к успешному овладению последующим материалом.

Практическое задание по теме «Метод ветвей и границ»

Ситуационная задача: ООО «Молоко Зауралья» осуществляет поставку собственной продукции, общее количество пунктов 19, необходимо решить задачу коммивояжера для ответа на вопрос является ли принятый на предприятии маршрут оптимальным. Обучающемуся необходимо выполнить последовательно нижепредставленные действия.

Первоочередной задачей любого предприятия является поиск резервов снижения затрат на осуществляемую деятельность и как следствие повышение собственной конкурентоспособности и рентабельности. В современных условиях поиск таких резервов строится на основе логистического подхода, что связано с расширением содержания логистики, превращающейся из вспомогательного элемента, обеспечивающего реализацию

хозяйственных процессов, в важный инструмент организации и ведения хозяйственной деятельности. При этом одним из приоритетных направлений совершенствования с точки зрения логистического подхода является оптимизация перевозок. Это связано в первую очередь со структурой логистических затрат, значительную долю в которых (20-40% и более) составляют именно расходы на транспортную составляющую.

Существуют различные теоретические алгоритмы оптимизации таких затрат, но они довольно трудоемки и долговременны, а современный уровень развития техники и технологий открывает новые возможности решения различного рода задач. Поэтому мы предлагаем решить задачу странствующего торговца, или коммивояжера (ЗК) посредством использования программы LibreOffice Calc. Задача коммивояжера заключается в нахождении оптимального маршрута, который проходит через все указанные пункты (города) хотя бы по одному разу с последующим возвращением в исходный пункт (город). В условиях задачи задаются критерий оптимальности маршрута (кратчайший, дешевый и т.п.) и соответствующие матрицы расстояний, стоимости и т.п. Задачу странствующего торговца начали изучать еще в XVIII веке математик из Ирландии сэр Уильям Р. Гамильтон и британский математик Томас П. Киркман. Считается, что общая формулировка задачи коммивояжера впервые была изучена Карлом Менгером в Вене и Гарварде. Позже проблема исследовалась Хасслером, Уитни и Мерриллом в Принстоне. За многие годы исследований было предложено множество вариантов решения ЗК, среди которых выделяют: алгоритм полного перебора, метод ветвей и границ, метод включения дальнего, BV-метод, генетический алгоритм, «Система муравьев» и некоторые другие [5]. Современный уровень развития технологий предлагает более широкие возможности для решения ЗК и определения наилучшего маршрута. Тем не менее, классическая задача коммивояжера относится к числу NP-сложных задач и требует для решения значительных вычислительных ресурсов. Требуемое для решения задачи время пропорционально $(n-1)!$ (где n – количество пунктов), в связи с чем можно сделать вывод о нецелесообразности попытки решения задачи странствующего торговца с числом городов более 50, т.к. для нахождения оптимального маршрута потребуется вычислительная мощность компьютеров всего мира. Однако при более «скромном» количестве пунктов, в которых необходимо побывать, решение ЗК посредством компьютерных вычислительных мощностей представляется наиболее эффективным, в частности в данной статье предлагается использовать надстройку LibreOffice Calc «Решатель» для целей минимизации затрат предприятия ООО «Молоко Зауралья» на доставку продукции.

Т.к. количество пунктов доставки не слишком велико для решения задачи воспользуемся возможностями надстройки «Решатель» программы LibreOffice Calc, который после задания ему условий задачи осуществит полный перебор всех возможных вариантов решения с целью планирования наилучшего маршрута. Алгоритм решения задачи коммивояжера посредством использования программного продукта LibreOffice Calc представлен на рис. 1 (на основании источника).

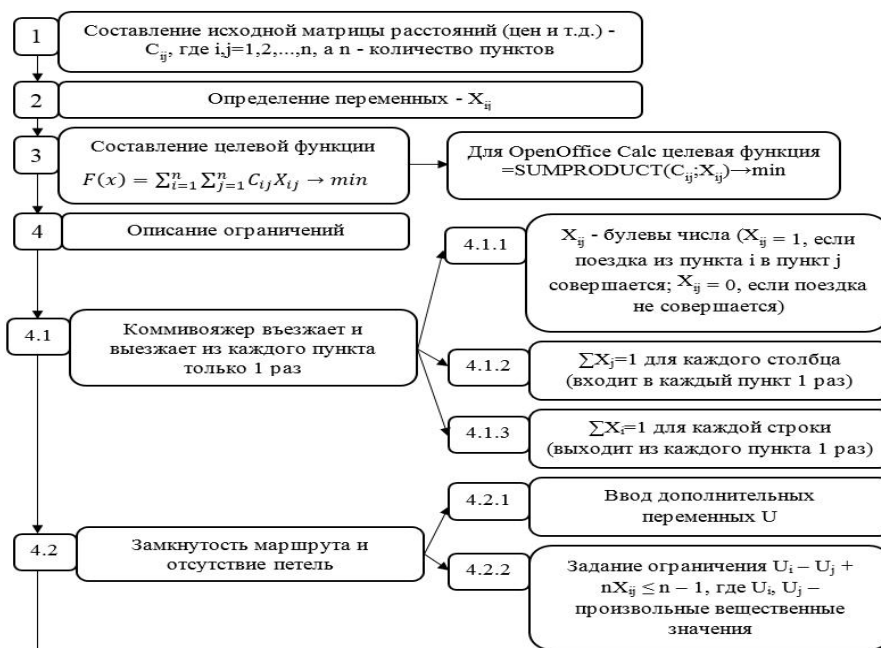


Рис. 1. – Алгоритм решения задачи коммивояжера с использованием надстройки «Решатель» LibreOffice Calc

ООО «Молоко Зауралья» (обозначим как пункт №1) осуществляет поставку продукции для следующих учреждений: ЗАО «Одиссей» (№2), школа №7 (№3), дом ребенка (№4), продовольственный магазин «Трио» (№5), ООО «Вира» (№6), детские сады 116 (№7), 122 (№8), 124 (№9), 126 (№10), 127 (№11), 129 (№12), 130 (№13), 131 (№14), 133 (№15), 134 (№16), 135 (№17), 138 (№18), 141 (№19). На основании данных сайта 2Гис (Курган) была составлена матрица расстояний C_{ij} (в км) между перечисленными выше пунктами (табл. 1 и табл. 2).

Таблица 1 - Матрица расстояний, в км (пункты 1-9)

Пункты	№2	№3	№4	№5	№6	№7	№8	№9
№1	7,63	8	7,06	7,1	8,46	8,52	7,95	7,96
№2	0,31	1,9	1,33	1,28	1,34	0,78	0,78	
№3	1,4	0,65	1,59	1,66	1,09	1,09		
№4	1,43	1,86	1,42	0,51	0,31			
№5	2,33	2,4	1,83	1,18				
№6	0,15	1,04	1,04					
№7	1,1	1,1						
№8	0,2							
№9								

Таблица 2 - Матрица расстояний, в км (пункты 1-19)

Пункты	№10	№11	№12	№13	№14	№15	№16	№17	№18	№19
№1	8,28	6,02	9,03	7,45	5,91	7,18	7,3	7,49	5,92	7,15
№2	1,1	2,53	1,85	0,38	3,12	0,78	0,87	1,73	2,42	1,83
№3	1,42	3,07	2,17	0,89	3,63	1,29	0,78	0,77	2,94	2,34
№4	0,19	2,13	1,93	1,35	2,73	0,57	1,67	1,33	2,03	1,98
№5	2,16	2,17	2,91	1,12	2,76	0,44	1,11	0,39	2,07	0,72
№6	1,37	3,53	1,07	1,54	4,12	1,96	1,36	2,73	3,43	3,37
№7	1,43	3,59	0,5	1,44	4,19	1,85	1,93	2,8	3,5	2,9
№8	0,52	3,02	1,61	0,88	3,62	1,28	1,36	2,23	2,93	2,33
№9	0,33	3,02	1,62	0,88	3,62	1,28	1,36	2,23	2,93	2,33
№10	3,35	1,94	1,21	3,95	1,61	1,69	2,56	3,26	2,66	
№11	4,1	2,52	0,41	2,25	3,34	2,56	0,26	2,22		
№12	2,12	4,7	2,54	2,44	3,3	7	3,95			

На предприятии принят следующий маршрут движения между пунктами: 1) ООО «Молоко Зауралья»; 2) детский сад 127; 3) детский сад 131; 4) детский сад 138; 5) детский сад 141; 6) детский сад 133; 7) продовольственный магазин «Трио»; 8) детский сад 135; 9) детский сад 134; ООО «Вира»; 11) детский сад 130; 12) ЗАО «Одиссей»; 13) детский сад 116; 14) детский сад 129; 15) детский сад 126; 16) дом ребенка; 17) детский сад 124; 18) детский сад 122; 19) школа №7; 20) ООО «Молоко Зауралья». Протяженность принятого маршрута составляет 28,28 км.

Для решения задачи странствующего торговца сформируем все необходимые данные на листе LibreOffice Calc. На основании табл. 1 и 2 составим матрицу расстояний C_{ij} (B3:T21, рис. 2), которая является симметричной. При этом расстояния между конкретным пунктом и им самим (например между ООО «Молоко Зауралья» и ООО «Молоко Зауралья») равняется 0. Но, в случае, если в матрицу будут добавлены нулевые значения программа сочтет их наиболее рациональными маршрутами и решение окажется неверным. Чтобы предотвратить такой расклад необходимо задать программе ограничение, при котором такие расстояния не будут учитываться. Для этого проставим вместо нулевых значений числовые значения значительно превышающие самое большое из расстояний задачи. В нашей практической ситуации самое большое числовое значение, характеризующее расстояние между пунктами, не превышает 10 км. Поэтому в качестве ограничительного числа предлагается взять 999 км. Под матрицей оставим место для дополнительных переменных U (C22:T22, рис. 2), количество которых на 1 меньше общего числа пунктов, т.е. применительно к данной задаче – 18. Дополнительные переменные нужны для определения порядка, в котором будет осуществляться маршрут, а значение на единицу меньше общего количества пунктов связано с тем, что предприятие заранее знает откуда будет начинаться маршрут (ООО «Молоко Зауралья») и соответственно, где он будет заканчиваться.

	A	B	C	D	E	F	G	O	P	Q	R	S	T
1	Матрица расстояний C_{ij}												
2	Пункты	N1	N2	N3	N4	N5	...	N14	N15	N16	N17	N18	N19
3	N1	999	7,63	8	7,06	7,1	...	5,91	7,18	7,3	7,49	5,92	7,15
4	N2	7,63	999	0,31	1,9	1,33	...	3,12	0,78	0,87	1,73	2,42	1,83
5	N3	8	0,31	999	1,4	0,65	...	3,63	1,29	0,78	0,77	2,94	2,34
6	N4	7,06	1,9	1,4	999	1,43	...	2,73	0,57	1,67	1,33	2,03	1,98
7	N5	7,1	1,33	0,65	1,43	999	...	2,76	0,44	1,11	0,39	2,07	0,72
8	N6	8,46	1,28	1,59	1,86	2,33	...	4,12	1,96	1,36	2,73	3,43	3,37
9	N7	8,52	1,34	1,66	1,42	2,4	...	4,19	1,85	1,93	2,8	3,5	2,9
10	N8	7,95	0,78	1,09	0,51	1,83	...	3,62	1,28	1,36	2,23	2,93	2,33
11	N9	7,96	0,78	1,09	0,31	1,18	...	3,62	1,28	1,36	2,23	2,93	2,33
12	N10	8,28	1,1	1,42	0,19	2,16	...	3,95	1,61	1,69	2,56	3,26	2,66
13	N11	6,02	2,53	3,07	2,13	2,17	...	0,41	2,25	3,34	2,56	0,26	2,22
14	N12	9,03	1,85	2,17	1,93	2,91	...	4,7	2,54	2,44	3,3	7	3,95
15	N13	7,45	0,38	0,89	1,35	1,12	...	2,91	0,96	1,35	1,72	2,21	2,37
16	N14	5,91	3,12	3,63	2,73	2,76	...	999	2,63	3,93	3,12	0,15	2,26
17	N15	7,18	0,78	1,29	0,57	0,44	...	2,63	999	1,78	0,84	1,94	1,34
18	N16	7,3	0,87	0,78	1,67	1,11	...	3,93	1,78	999	0,6	3,24	3,18
19	N17	7,49	1,73	0,77	1,33	0,39	...	3,12	0,84	0,6	999	2,43	1,13
20	N18	5,92	2,42	2,94	2,03	2,07	...	0,15	1,94	3,24	2,43	999	1,56
21	N19	7,15	1,83	2,34	1,98	0,72	...	2,26	1,34	3,18	1,13	1,56	999
22	U						...						
23													

Рис. 2. – Матрица расстояний и дополнительные переменные

Добавим на лист матрицу переменных, размер которых повторит матрицу расстояний – 19 на 19 пунктов (B26:T44, рис. 3). Под матрицей добавим строку «Входят» (B45:T45, рис. 3) и справа дополнительный столбец «Выходят» (U26:U44, рис. 3), с использованием которых будет

прописано ограничение того, что коммивояжер въезжает и выезжает из каждого пункта только 1 раз. Для соблюдения подобного ограничения пропишем формулу, которая будет суммировать значения по строкам (для столбца «Выходят») и по столбцам (для строки «Входят»), сумма должна будет равняться единице для соблюдения ограничения 4.1 алгоритма.

Скопируем данные формулы для всех 19 пунктов.

После построения матриц расстояний и переменных пропишем целевую функцию (ячейка D47, рис. 3). Цель задачи сводится к минимизации расстояний, для нахождения протяженности маршрута необходимо перемножить представленные выше матрицы, для этих целей в LibreOffice Calc предусмотрена функция SUMPRODUCT.

	A	B	C	D	E	S	T	U
24	Матрица переменных X_{ij}							
25	Пункты	N1	N2	N3	N4	N18	N19	Выходят
26	N1				...			=SUM(B26:T26)
27	N2				...			=SUM(B27:T27)
28	N3				...			0
29	N4				...			0
30	N5				...			0
31	N6				...			0
32	N7				...			0
33	N8				...			0
34	N9				...			0
35	N10				...			0
36	N11				...			0
37	N12				...			0
38	N13				...			0
39	N14				...			0
40	N15				...			0
41	N16				...			0
42	N17				...			0
43	N18				...			0
44	N19				...			=SUM(B44:T44)
45	Входят	=SUM(B26:B44)	=SUM(C26:C44)	0	...	0	=SUM(T26:T44)	
46								
47		Целевая функция	=SUMPRODUCT(B3:T21;B26:T44)					

Рис. 3. – Матрица переменных и целевая функция

Для соблюдения ограничения пункта 4.2.2 алгоритма необходимо составить дополнительную матрицу, в которую прописываются ограничения замкнутости маршрута. Т.к. количество переменных $U = 18$, то размер матрицы также будет 18 на 18 (C51:T68, рис. 4). Формула из пункта 4.2.2 также представлена на рис. 4.

	B	C	D	E	F	S	T
49	Замкнутость маршрута						
50	Пункты	N2	N3	N4	N5	N18	N19
51	N2	=SC\$22-C22+19*C27	=SC\$22-D22+19*D27	0	...	0	=SC\$22-T22+19*T27
52	N3	=SD\$22-C22+19*C28	=SD\$22-D22+19*D28	0	...	0	=SD\$22-T22+19*T28
53	N4	=SE\$22-C22+19*C29	=SE\$22-D22+19*D29	0	...	0	=SE\$22-T22+19*T29
54	N5	=SF\$22-C22+19*C30	=SF\$22-D22+19*D30	0	...	0	=SF\$22-T22+19*T30
55	N6	=SG\$22-C22+19*C31	=SG\$22-D22+19*D31	0	...	0	=SG\$22-T22+19*T31
56	N7	=SH\$22-C22+19*C32	=SH\$22-D22+19*D32	0	...	0	=SH\$22-T22+19*T32
57	N8	=SI\$22-C22+19*C33	=SI\$22-D22+19*D33	0	...	0	=SI\$22-T22+19*T33
58	N9	=SJ\$22-C22+19*C34	=SJ\$22-D22+19*D34	0	...	0	=SJ\$22-T22+19*T34
59	N10	=SK\$22-C22+19*C35	=SK\$22-D22+19*D35	0	...	0	=SK\$22-T22+19*T35
60	N11	=SL\$22-C22+19*C36	=SL\$22-D22+19*D36	0	...	0	=SL\$22-T22+19*T36
61	N12	=SM\$22-C22+19*C37	=SM\$22-D22+19*D37	0	...	0	=SM\$22-T22+19*T37
62	N13	=SN\$22-C22+19*C38	=SN\$22-D22+19*D38	0	...	0	=SN\$22-T22+19*T38
63	N14	=SO\$22-C22+19*C39	=SO\$22-D22+19*D39	0	...	0	=SO\$22-T22+19*T39
64	N15	=SP\$22-C22+19*C40	=SP\$22-D22+19*D40	0	...	0	=SP\$22-T22+19*T40
65	N16	=SQ\$22-C22+19*C41	=SQ\$22-D22+19*D41	0	...	0	=SQ\$22-T22+19*T41
66	N17	=SR\$22-C22+19*C42	=SR\$22-D22+19*D42	0	...	0	=SR\$22-T22+19*T42
67	N18	=SS\$22-C22+19*C43	=SS\$22-D22+19*D43	0	...	0	=SS\$22-T22+19*T43
68	N19	=ST\$22-C22+19*C44	=ST\$22-D22+19*D44	0	...	0	=ST\$22-T22+19*T44

Рис. 4. – Замкнутость маршрута

После того как данные задачи сформированы на листе LibreOffice Calc воспользуемся надстройкой «Решатель». Для этого в меню выберем Сервис – Решатель. Заполненное окно «Решателя» представлено на рис. 5.

Решатель

Целевая ячейка:

Результат: ☐ Максимум ☒ Минимум ☐ Значение

Изменяя ячейки:

Ограничительные условия

Ссылка на ячейку	Операция	Значение
SU\$26:SU\$44	<input "="" type="text" value="="/>	1
SB\$45:ST\$45	<input "="" type="text" value="="/>	1
SB\$26:ST\$44	Двоичное	
SC\$22:ST\$22	<input "="" type="text" value="<="/>	18

Параметры... Справка Закреть Решить

Рис. 5. – Надстройка «Решатель», заполненная данными

В целевую ячейку подставляется адрес ячейки, в которой прописана целевая функция SUMPRODUCT (D47). Результат стремится к минимуму, т.к. нашей целью является наиболее

короткий маршрут. В строке «Изменяя ячейки» указываются два набора данных – матрица переменных X_{ij} (ячейки B26:T44) и дополнительные переменные U (ячейки C22:T22). В задаче 4 ограничительных условия: 1) суммы, рассчитываемые по строке «Входит» должны быть равны единице (первое ограничение в «Решателе»); 2) суммы, рассчитываемые по столбцу «выходит» должны равняться единице (второе ограничение); 3) матрица переменных X_{ij} представляет собой булевы числа (третье ограничение); 4) полученные по формуле, прописанной в матрице «Замкнутость маршрута», значения не должны превышать общее количество пунктов задачи, уменьшенное на единицу, т.е. 18 (четвертое ограничение). Существует еще одно дополнительное ограничение, проставить которое возможно, выбрав Параметры «Решателя». Нужно поставить галочку у пункта «Принять переменные как неотрицательные» для того, чтобы дополнительные переменные U могли принимать значения большие или равные нулю. По нажатию на кнопку «решить» программа начнет подсчет всех возможных вариантов решения задачи и выведет для пользователя оптимальный (рис. 6).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
2	Пункты	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12	N13	N14	N15	N16	N17	N18	N19	
22	U		8	7	16		4	10	11	13	14	15	1	12	9	0	17	6	5	2	3
23																					
24	Матрица переменных X _{ij}																				
25	Пункты	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12	N13	N14	N15	N16	N17	N18	N19	Выходят
26	N1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
27	N2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
28	N3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
29	N4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
30	N5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
31	N6	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
32	N7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
33	N8	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
34	N9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
35	N10	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
36	N11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
37	N12	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
38	N13	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
39	N14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
40	N15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
41	N16	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
42	N17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
43	N18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
44	N19	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
45	Входят	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
46																					
47	Целевая функция	23,59																			
48																					
49	Замкнутость маршрута																				
50	Пункты	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12	N13	N14	N15	N16	N17	N18	N19		
51	N2	0	1	-8	4	-2	-3	-5	-6	-7	7	-4	18	8	-9	2	3	6	5		
52	N3	18	0	-9	3	-3	-4	-6	-7	-8	6	-5	-2	7	-10	1	2	5	4		
53	N4	8	9	0	12	6	5	3	2	1	15	4	7	16	18	10	11	14	13		
54	N5	-4	-3	-12	0	-6	-7	-9	-10	-11	3	-8	-5	4	-13	-2	18	2	1		
55	N6	2	3	-6	6	0	18	-3	-4	-5	9	-2	1	10	-7	4	5	8	7		
56	N7	3	4	-5	7	1	0	-2	-3	-4	10	18	2	11	-6	5	6	9	8		
57	N8	5	6	-3	9	3	2	0	18	-2	12	1	4	13	-4	7	8	11	10		
58	N9	6	7	-2	10	4	3	1	0	18	13	2	5	14	-3	8	9	12	11		
59	N10	7	8	18	11	5	4	2	1	0	14	3	6	15	-2	9	10	13	12		
60	N11	-7	-6	-15	-3	-9	-10	-12	-13	-14	0	-11	-8	1	-16	-5	-4	18	-2		
61	N12	4	5	-4	8	2	1	18	-2	-3	11	0	3	12	-5	6	7	10	9		
62	N13	1	2	-7	5	18	-2	-4	-5	-6	8	-3	0	9	-8	3	4	7	6		
63	N14	-8	-7	-16	-4	-10	-11	-13	-14	-15	18	-12	-9	0	-17	-6	-5	-2	-3		
64	N15	9	10	1	13	7	6	4	3	2	16	5	8	17	0	11	12	15	14		
65	N16	-2	18	-10	2	-4	-5	-7	-8	-9	5	-6	-3	6	-11	0	1	4	3		
66	N17	-3	-2	-11	1	-5	-6	-8	-9	-10	4	-7	-4	5	-12	18	0	3	2		
67	N18	-6	-5	-14	-2	-8	-9	-11	-12	-13	1	-10	-7	2	-15	-4	-3	0	18		
68	N19	-5	-4	-13	18	-7	-8	-10	-11	-12	2	-9	-6	3	-14	-3	-2	1	0		

Рис. 6. – Результаты решения задачи коммивояжера для ООО «Молоко Зауралья»

Важность решения поставленной задачи определяется тем, что согласно статистическим данным, около 98% от общего времени движения грузов занимает именно их прохождение по логистическим каналам, включая транспортировку. Этим и обусловлена необходимость поиска резервов снижения затрат на перевозки, т.е. определения наилучшего маршрута, что приведет к экономии времени на перевозки, горючего, износа транспортных средств и будет особенно ценно для предприятий, работающих по системе JIT (точно-в-срок).

Критерии оценивания:

- оценка «*отлично*» выставляется студенту, который продемонстрировал высокий уровень освоения учебного материала; правильно выполнил практическое задание в полном объеме; продемонстрировал высокий уровень умения использовать теоретические знания при выполнении практических задач; понимает связь между различными математическими объектами; способен выявить причинно-следственные связи при решении задач; умеет оформлять результаты выполнения практического задания в соответствии с правилами оформления отчетных работ.
- оценка «*хорошо*» выставляется студенту, который знает основные определения и понятия, необходимые для выполнения практического задания; правильно решает типовые задачи, но допускает неточности в ходе решения; воспроизводит основные математические факты; умеет графически иллюстрировать задачу; оценивать достоверность полученного решения.
- оценка «*удовлетворительно*» выставляется студенту, который умеет решать типовые задачи по предложенным методам и алгоритмам, но допускает ошибки при решении; умеет распознавать математические объекты; объясняет основные термины, понятия, определения разделов эвристических алгоритмов дискретной оптимизации.
- оценка «*неудовлетворительно*» выставляется студенту, если он не правильно выполнил практическое задание; допускает ошибки в формулировке определений и правил, искажающие их смысл; беспорядочно и неуверенно излагает материал; демонстрирует такие недостатки в подготовке, которые являются серьезным препятствием к успешному овладению последующим материалом.

Практическое задание по теме «Моделирование с использованием генераторов случайных чисел»

Задание:

- для $k = 4$ и $X_0 = 2134$ получить первые восемь псевдослучайных чисел, выработанных уже описанным алгоритмом в интервале $(0, 1)$.
- для $k = 0$, $m = 210$, $b = 101$, $X_0 = 432$ получить первые восемь псевдослучайных чисел, выработанных линейным конгруэнтным методом.

Критерии оценивания:

- оценка «*отлично*» выставляется студенту, который продемонстрировал высокий уровень освоения учебного материала; правильно выполнил практическое задание в полном объеме; продемонстрировал высокий уровень умения использовать теоретические знания при выполнении практических задач; описывает информационные системы, процессы и процедуры в виде связанной совокупности действий; умеет оформлять результаты выполнения практического задания в соответствии с правилами оформления отчетных работ.
- оценка «*хорошо*» выставляется студенту, который знает основные определения и понятия, необходимые для выполнения практического задания; правильно решает типовые задачи, но допускает неточности в ходе решения описывает информационные системы, процессы и процедуры в виде связанной совокупности действий; умеет графически иллюстрировать задачу.
- оценка «*удовлетворительно*» выставляется студенту, который умеет решать типовые задачи по предложенным методам и алгоритмам, но допускает ошибки при решении; описывает информационные системы, процессы и процедуры в виде связанной совокупности действий; объясняет основы системного анализа, понятие алгоритма как системы действий.
- оценка «*неудовлетворительно*» выставляется студенту, если он не правильно выполнил практическое задание; допускает ошибки в формулировке определений и правил, искажающие их смысл; беспорядочно и неуверенно излагает материал; демонстрирует

такие недостатки в подготовке, которые являются серьезным препятствием к успешному овладению последующим материалом.

Практическое задание по теме «Машина Тьюринга»

Задание: порядок выполнения работы

1. Изучить предлагаемый теоретический материал.
2. Выполнить следующие задания:
 1. Заменить во входном слове из 0 и 1 все буквы 0 на 1 и наоборот.
2. Дана десятичная запись натурального числа $n > 1$. Разработать машину Тьюринга, которая уменьшала бы заданное число n на 5. Автомат в состоянии q_1 обозревает одну из цифр числа. Кроме самой программы-таблицы, описать словами, что выполняется машиной в каждом состоянии.
3. На ленте машины Тьюринга находится число, записанное в десятичной системе счисления. Умножить это число на 3. Автомат в состоянии q_1 обозревает самую правую цифру числа. Кроме самой программы-таблицы, описать словами, что выполняется машиной в каждом состоянии.
4. Удалить из слова его второй символ. $A = \{a, b\}$.
5. Переместить ноль через блок единиц. (011111 $\rightarrow$ 111110).
6. Во входном слове из 0 и 1 переместить первую букву в конец слова.
7. Удвоение блока из 1.
8. Обратить слово из 0 и 1 (на выходе буквы слова в обратном порядке).

Теоретический материал для выполнения задания по теме «Машина Тьюринга»:

Машина Тьюринга (МТ) состоит из счетной ленты, читающей и пишущей головки, лентопротяжного механизма и операционного исполнительного устройства, которое может находиться в одном из дискретных состояний $q_0, q_1, \dots, q_s$, принадлежащих некоторой конечной совокупности (алфавиту внутренних состояний).

При этом q_0 называется начальным состоянием.

Читающая и пишущая головка может читать буквы рабочего алфавита $A = \{a_0, a_1, \dots, a_t\}$, стирать их и печатать. Каждая ячейка ленты в каждый момент времени занята буквой из множества A . Чаще всего встречается буква a_0 - «пробел».

Головка находится в каждый момент времени над некоторой ячейкой ленты - текущей рабочей ячейкой. Лентопротяжный механизм может перемещать ленту так, что головка оказывается над соседней ячейкой ленты. При этом возможна ситуация выхода за левый край ленты (ЛК), которая является аварийной, или машинного останова (МО), когда машина выполняет предписание об остановке.

Порядок работы МТ (с рабочим алфавитом $a_0, a_1, \dots, a_t$ и состояниями $q_0, q_1, \dots, q_s$) описывается таблицей машины Тьюринга. Эта таблица является матрицей с четырьмя столбцами и $(s + 1)(t + 1)$ строками.

Каждая строка имеет вид

$q_i a_j v_i j q_{ij}, 0 \leq i \leq s, 0 \leq j \leq t, q_{ij}$ принадлежит $\{q_0, q_1, \dots, q_s\}$

где:

~ q_i начальное состояние;

~ a_j обозначен элемент алфавита $\{a_0, a_1, \dots, a_t\}$;

~ v_{ij} – действие МТ, состоящее либо в занесении в ячейку ленты символа алфавита $a_0, a_1, \dots, a_t$, либо множества предписаний для лентопротяжного механизма: l – переместить ленту влево, r – переместить ленту вправо, s – остановить машину;

~ q_{ij} является последующим состоянием.

~ МТ работает согласно следующим правилам:

~ если МТ находится в состоянии q_i , головка прочитывает символ в рабочей ячейке.

~ Если v_{ij} – буква рабочего алфавита, то головка стирает содержимое рабочей ячейки и заносит туда эту букву.

~ Если v_{ij} – команда r или l для лентопротяжного механизма, то лента сдвигается на одну ячейку вправо или влево (если не происходит выход за левый край ленты) соответственно.

~ Если $v_{ij} = s$, то происходит машинный останов.

Пример №1. Алгоритм прибавления единицы к числу n в десятичной системе счисления. Дана десятичная запись числа n , требуется получить десятичную запись числа $n + 1$.

Внешний алфавит МТ должен состоять из десяти цифр $0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9$ и символа пробела $_$. Эти цифры записывают по одной в ячейке (по ряд, без пропусков).

При этом достаточно иметь два внутренних состояния машины: q_1 и q_2 .

Предположим, что в начальный момент головка находится над одной из цифр числа, а машина находится в состоянии q_1 . Тогда задача может быть решена в два этапа: движения головки к цифре единиц числа (во внутреннем состоянии q_1) и замене этой цифры на единицу большую (с учетом переноса 1 в следующий разряд, если это 9), во внутреннем состоянии q_2 .

a_i	q_i	
	q_1	q_2
0	0П q_1	1С q_2
1	1П q_1	2С q_2
2	2П q_1	3С q_2
3	3П q_1	4С q_2
4	4П q_1	5С q_2
5	5П q_1	6С q_2
6	6П q_1	7С q_2
7	7П q_1	8С q_2
8	8П q_1	9С q_2
9	9П q_1	0Л q_2
-	-Л q_2	1С q_2

Пример №2. На ленте машины Тьюринга содержится последовательность символов “+”. Напишите программу для машины Тьюринга, которая каждый второй символ “+” заменит на “-”. Замена начинается с правого конца последовательности. Автомат в состоянии q_1 обозревает один из символов указанной последовательности.

Решение.

В состоянии q_1 машина ищет правый конец числа.

В состоянии q_2 – пропускает знак “+”, при достижении конца последовательности – останавливается.

В состоянии q_3 машина знак “+” заменяет на знак “-”, при достижении конца последовательности она останавливается.

	a_0	+	-
q_1	$a_0 \text{Л} q_2$	$+ \text{П} q_1$	
q_2	$a_0 \text{С} q_2$	$+ \text{Л} q_3$	
q_3	$a_0 \text{С} q_2$	$- \text{Л} q_2$	

Пример №3. Дана десятичная запись натурального числа $n > 1$. Разработать машину Тьюринга, которая уменьшала бы заданное число n на 1. Автомат в состоянии q_1 обозревает правую цифру числа.

Решение

Состояние q_1 – уменьшаем младшую (очередную) цифру на 1. Если она не равна нулю, то после уменьшения сразу – останов, если же младшая цифра равна 0, то вместо нее пишем 9, смещаемся влево и вновь выполняем вычитание.

В клетку $[a_0, q_1]$ машина Тьюринга никогда не попадет, поэтому ее можно не заполнять.

a_i	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	a_0
q_1	$9 \text{Л} q_1$	$0 \text{С} q_1$	$1 \text{С} q_1$	$2 \text{С} q_1$	$3 \text{С} q_1$	$4 \text{С} q_1$	$5 \text{С} q_1$	$6 \text{С} q_1$	$7 \text{С} q_1$	$8 \text{С} q_1$	

Пример №4. На ленте машины Тьюринга находится число, записанное в десятичной системе счисления. Умножить это число на 2. Автомат в состоянии q_1 обозревает крайнюю левую цифру числа.

Решение

Состояние q_1 — поиск правой (младшей) цифры числа.

Состояние q_2 — умножение очередной цифры числа на 2 без прибавления 1 переноса.

Состояние q_3 — умножение очередной цифры числа на 2 с прибавлением 1 переноса.

	a_0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
q_1	$a_0 \text{Л} q_2$	$0 \text{П} q_1$	$1 \text{П} q_1$	$2 \text{П} q_1$	$3 \text{П} q_1$	$4 \text{П} q_1$	$5 \text{П} q_1$	$6 \text{П} q_1$	$7 \text{П} q_1$	$8 \text{П} q_1$	$9 \text{П} q_1$
q_2	$a_0 \text{Н} q_0$	$0 \text{Л} q_2$	$2 \text{Л} q_2$	$4 \text{Л} q_2$	$6 \text{Л} q_2$	$8 \text{Л} q_2$	$0 \text{Л} q_3$	$2 \text{Л} q_3$	$4 \text{Л} q_3$	$6 \text{Л} q_3$	$8 \text{Л} q_3$
q_3	$1 \text{Н} q_0$	$1 \text{Л} q_2$	$3 \text{Л} q_2$	$5 \text{Л} q_2$	$7 \text{Л} q_2$	$9 \text{Л} q_2$	$1 \text{Л} q_3$	$3 \text{Л} q_3$	$5 \text{Л} q_3$	$7 \text{Л} q_3$	$9 \text{Л} q_3$

Критерии оценивания:

- оценка «*отлично*» выставляется студенту, который продемонстрировал высокий уровень освоения учебного материала; правильно выполнил практическое задание в полном объеме; продемонстрировал высокий уровень умения использовать теоретические знания при выполнении практических задач; описывает информационные системы, процессы и процедуры в виде связанной совокупности действий; умеет оформлять результаты выполнения практического задания в соответствии с правилами оформления отчетных работ.
- оценка «*хорошо*» выставляется студенту, который знает основные определения и понятия, необходимые для выполнения практического задания; правильно решает типовые задачи, но допускает неточности в ходе решения описывает информационные системы, процессы и процедуры в виде связанной совокупности действий; умеет графически иллюстрировать задачу.
- оценка «*удовлетворительно*» выставляется студенту, который умеет решать типовые задачи по предложенным методам и алгоритмам, но допускает ошибки при решении; описывает информационные системы, процессы и процедуры в виде связанной совокупности действий; объясняет основы системного анализа, понятие алгоритма как системы действий.
- оценка «*неудовлетворительно*» выставляется студенту, если он не правильно выполнил практическое задание; допускает ошибки в формулировке определений и правил, искажающие их смысл; беспорядочно и неуверенно излагает материал; демонстрирует такие недостатки в подготовке, которые являются серьезным препятствием к успешному овладению последующим материалом.

3. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ (СРЕДСТВА) ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

ОЦЕНКА ЗНАНИЙ ОБУЧАЮЩИХСЯ НА ЗАЧЕТЕ

ПК-3 - Способен разрабатывать web-приложения

ПК-3.1. Осуществляет разработку программного кода и компонентов web-приложения, в том числе используя возможности специализированных цифровых платформ для индивидуальной и совместной разработки информационных систем

Обучающийся знает: терминологию теории графов, принципы построения модели машины Тьюринга; основы моделирования с использованием генераторов случайных чисел особенности задач дискретной оптимизации, метода ветвей и границ.

1. Понятие рекурсии и итерации. Виды обхода бинарных деревьев.
2. Терминология теории графов.
3. Циклы на графе.
4. Представление графов на ПК.
5. Алгоритмы нахождения кратчайших путей на графах.
6. Гипотетическая модель Тьюринга.
7. Структура машины Тьюринга.
8. Функциональные таблицы и диаграммы.
9. Примеры записи алгоритмов.
10. Композиция машины Тьюринга.

11. Виды функции сложности алгоритмов.
12. Анализ функции сложности по программе.
13. Терминология теории графов.
14. Циклы на графе.
15. Представление графов на ПК.
16. Алгоритмы нахождения кратчайших путей на графах.
17. Теоретическая сложность алгоритмов раскраски графов.
18. Особенности работы волнового алгоритма.
19. Особенности работы лучевых алгоритмов.
20. Особенности работы маршрутного алгоритма.
21. Маршрутный алгоритм.
22. Алгоритмы составления расписания.
23. Особенность алгоритмов раскраски вершин графа.

ОЦЕНКА УМЕНИЙ И НАВЫКОВ ОБУЧАЮЩИХСЯ НА ЗАЧЕТЕ

ПК-3 - Способен разрабатывать web-приложения

ПК-3.1. Осуществляет разработку программного кода и компонентов web-приложения, в том числе используя возможности специализированных цифровых платформ для индивидуальной и совместной разработки информационных систем

Обучающийся умеет: моделировать и решать маршрутные задачи, задачу коммивояжера и составления расписания; выбирать и обосновывать выбранный алгоритм решения задачи дискретной оптимизации.

Обучающийся владеет: навыками применения эвристических алгоритмов для решения задач профессиональной деятельности; навыками поиска нестандартных решений для задач дискретной оптимизации

Оценка достижения обучающимся запланированного результата обучения осуществляется по результатам практического задания, в котором обучающийся демонстрирует навыки применения эвристических алгоритмов для решения задач профессиональной деятельности, а также навыки поиска нестандартных решений для задач дискретной оптимизации.

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНОВАНИЯ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ И НАВЫКОВ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ

ПРОЦЕДУРА ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Для контроля усвоения обучающимися данной дисциплины и достижения запланированных результатов обучения учебным планом предусмотрен зачет, проводимый в форме устного ответа на 2 теоретических вопроса. При выставлении итоговой оценки по дисциплине учитываются результаты текущего контроля, отражающие сформированность практических умений и навыков обучающегося. Во время обучения обучающиеся участвуют в разных мероприятиях текущего контроля: участвуют в устных теоретических опросах,

выполняют практические задания. Для допуска к зачету обучающемуся необходимо выполнить все практические задания.

Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету:

1. Понятие эффективности алгоритма. Виды функции сложности алгоритмов.
2. Анализ функции сложности по программе.
3. Теоретическая и практическая функции сложности.
4. Понятие рекурсии и итерации.
5. Виды обхода бинарных деревьев.
6. Теория графов.
7. Циклы на графе.
8. Представление графов на ПК.
9. Алгоритмы нахождения кратчайших путей на графах.
10. Теоретическая сложность алгоритмов раскраски графов.
11. Особенности работы волнового алгоритма.
12. Особенности работы лучевых алгоритмов.
13. Особенности работы маршрутного алгоритма.
14. Маршрутный алгоритм.
15. Алгоритмы составления расписания.
16. Задача о кодовом замке.
17. Особенность алгоритмов раскраски вершин графа.
18. Понятие оценочной функции.
19. Расшифровка криптограмм.
20. Задача о радиоактивном шаре.
21. Гамильтонов цикл.
22. Задача коммивояжера.
23. Числовые характеристики случайных чисел.
24. Метод середины квадрата.
25. Линейный конгруэнтный метод.
26. Полярный метод.
27. Гипотетическая модель Тьюринга.
28. Структура машины Тьюринга.
29. Функциональные таблицы и диаграммы.
30. Композиция машины Тьюринга.

Критерии оценивания устного опроса:

- оценка «*отлично*» выставляется обучающемуся, если он ответил развернуто на оба заданных вопроса, активно дополнял ответы других обучающихся или задавал им дополнительные вопросы;
 - оценка «*хорошо*» выставляется обучающемуся, если он ответил развернуто на оба заданных вопроса или ответил кратко на ряд вопросов;
 - оценка «*удовлетворительно*» выставляется обучающемуся, если он кратко ответил на один из двух задаваемых вопросов или просто дополнял ответы других обучающихся, задавал им дополнительные вопросы;
- оценка «*неудовлетворительно*» выставляется обучающемуся, если он не смог ответить правильно ни на один из заданных вопросов, либо не отвечал на вопросы и не участвовал в их обсуждении.

КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ И КРИТЕРИИ ИХ ОЦЕНИВАНИЯ

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				
	1	2	3	4	5
ПК-3 - Способен разрабатывать web-приложения					
ПК-3.1. Осуществляет разработку программного кода и компонентов web-приложения, в том числе используя возможности специализированных цифровых платформ для индивидуальной и совместной разработки информационных систем					
Знать: - терминологию теории графов, принципы построения модели машины Тьюринга; - основы моделирования с использованием генераторов случайных чисел - особенности задач дискретной оптимизации, метода ветвей и границ;	Не знает	Фрагментарные знания терминологии теории графов, принципов построения модели машины Тьюринга, об особенностях задач дискретной оптимизации, метода ветвей и границ	Общие, но не структурированные знания терминологии теории графов, принципов построения модели машины Тьюринга; об особенностях задач дискретной оптимизации, метода ветвей и границ	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания терминологии теории графов, принципов построения модели машины Тьюринга; об особенностях задач дискретной оптимизации, метода ветвей и границ	Сформированные систематизированные прочные знания терминологии теории графов, принципов построения модели машины Тьюринга; об особенностях задач дискретной оптимизации, метода ветвей и границ
Уметь:	Не	Частично	В целом	В целом	Успешно

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				
	1	2	3	4	5
- моделировать и решать маршрутные задачи, задачу коммивояжера и составления расписания; - выбирать и обосновывать выбранный алгоритм решения задачи дискретной оптимизации;	умеет	освоенные умения моделировать и решать маршрутные задачи, задачу коммивояжера и составления расписания; умения выбирать и обосновывать выбранный алгоритм решения задачи дискретной оптимизации	освоенные, но не подкрепляемые знаниями и самостоятельностью выполнения умения моделировать и решать маршрутные задачи, задачу коммивояжера и составления расписания; умения выбирать и обосновывать выбранный алгоритм решения задачи дискретной оптимизации	сформированные и самостоятельно выполняемые, но не всегда интеллектуально обоснованные умения моделировать и решать маршрутные задачи, задачу коммивояжера и составления расписания; умения выбирать и обосновывать выбранный алгоритм решения задачи дискретной оптимизации	сформированные, самостоятельно и осознанно выполняемые умения моделировать и решать маршрутные задачи, задачу коммивояжера и составления расписания; умения выбирать и обосновывать выбранный алгоритм решения задачи дискретной оптимизации
Владеть: - навыками поиска нестандартных решений для задач дискретной оптимизации; - навыками применения эвристических алгоритмов для решения задач профессиональной деятельности.	Не владеет	Фрагментарно сформированные навыки применения эвристических алгоритмов для решения задач профессиональной деятельности и поиска нестандартных решений для задач дискретной оптимизации	В целом сформированные, но выполняемые на элементарном уровне навыки применения эвристических алгоритмов для решения задач профессиональной деятельности и поиска нестандартных решений для задач дискретной оптимизации	Сформированные, но не устойчивые в сложных ситуациях навыки применения эвристических алгоритмов для решения задач профессиональной деятельности и поиска нестандартных решений для задач дискретной оптимизации	Успешно сформированные, устойчивые, технологически грамотно выполняемые навыки применения эвристических алгоритмов для решения задач профессиональной деятельности и поиска нестандартных решений для задач дискретной оптимизации

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

В ходе промежуточной аттестации перевод результатов работы обучающихся (результатов текущего контроля) в систему оценки знаний осуществляется с ориентацией на критерии оценивания сформированности компетенций следующим образом:

- **оценка «зачтено»** выставляется обучающемуся, который при ответе на теоретический вопрос продемонстрировал глубокие, систематизированные и прочные знания (в соответствии с критериями сформированности компетенций), логично и обоснованно излагает материал, быстро ориентируется в дополнительных вопросах и даёт полные ответы;
- обучающийся выполнил все практические задания на оценку не ниже «удовлетворительно», в работе продемонстрировал устойчивые навыки работы и применения эвристических алгоритмов для решения задач профессиональной деятельности и поиска нестандартных решений для задач дискретной оптимизации;
- обучающийся участвовал во всех видах текущего контроля и получал по ним баллы не ниже «удовлетворительно».

Все вышеперечисленное свидетельствует об освоении теоретического материала дисциплины и формировании запланированных компетенций.

- **оценка «не зачтено»** выставляется обучающемуся, который не выполнил в полном объеме все практические задания;
- при ответе на теоретический вопрос было продемонстрировано незнание значительного объема материала, отсутствие стройного и логично выстроенного ответа, затруднение в употреблении терминов и приведении примеров, неумение выделить главное, сделать выводы и обобщения, неспособность отвечать на дополнительные вопросы;
- практическое задание выполнено со значительными отклонениями от требований, с грубыми ошибками и множеством замечаний, обучающийся продемонстрировал частично сформированные навыки работы и применения эвристических алгоритмов и поиска нестандартных решений для задач дискретной оптимизации;

Все вышеперечисленное подтверждает частичное освоение теоретического материала, несформированность необходимых умений, навыков и компетенций.

5. ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ УРОВЕНЬ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ

Компетенция ПК-3 Способен разрабатывать web-приложения.

Обучающийся знает: терминологию теории графов, принципы построения модели машины Тьюринга; основы моделирования с использованием генераторов случайных чисел; особенности задач дискретной оптимизации, метода ветвей и границ.

Обучающийся умеет: моделировать и решать маршрутные задачи, задачу коммивояжера и составления расписания; выбирать и обосновывать выбранный алгоритм решения задачи дискретной оптимизации.

Обучающийся владеет: навыками поиска нестандартных решений для задач дискретной оптимизации; навыками применения эвристических алгоритмов для решения задач профессиональной деятельности.

ЗАКРЫТЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое псевдограф в теории графов?

- а) Граф с петлями.
- б) Граф без петель.
- в) Граф с кратными рёбрами.
- г) Граф без кратных рёбер.

Верный ответ:

б) Псевдограф в теории графов — это граф с петлями.

2. Что является основным элементом машины Тьюринга?

- а) Лента с ячейками.
- б) Автомат для чтения и записи.
- в) Программа.
- г) Все вышеперечисленное.

Правильный ответ: г.

3. Что делает головка машины Тьюринга при работе?

- а) Считывает символы с ленты.
- б) Записывает символы на ленту.
- в) Стирает символы с ленты.
- г) Перемещается по ленте.

Правильный ответ: г.

4. Какие состояния имеет головка машины Тьюринга?

- а) Два состояния: чтение и запись.
- б) Множество состояний, определяемых внутренним алфавитом.
- в) Множество состояний, определяемых внешним алфавитом.
- г) Множество состояний, определяемых обоими алфавитами.

Правильный ответ: б.

5. Как определяется команда для головки машины Тьюринга?

- а) Пересечение внешнего и внутреннего алфавитов в таблице.
- б) Случайным образом выбирается команда из таблицы.
- в) Зависит от текущего состояния головки.
- г) Определяется пользователем.

Правильный ответ: а.

6. Что такое генератор случайных чисел (ГСЧ)?

- а) Математическая функция, создающая последовательность случайных чисел.
- б) Компьютерная программа, которая создаёт случайные числа.
- в) Устройство, которое производит случайные физические события.
- г) Всё вышеперечисленное верно.

Правильный ответ: г.

7. Какие параметры ГСЧ следует учитывать при моделировании?

- а) Распределение вероятностей, размер выборки и корреляцию между числами.
- б) Размер генератора и скорость генерации чисел.
- в) Тип генератора и его характеристики.
- г) Всё вышеперечисленное верно.

Правильный ответ: г.

8. В чём особенность задач дискретной оптимизации?

- а) Поиск оптимальных решений в непрерывном пространстве.
- б) Поиск оптимальных решений в дискретном пространстве.
- в) Поиск оптимальных решений в смешанном пространстве.
- г) Особенность задач дискретной оптимизации отсутствует.

Правильный ответ: б) Поиск оптимальных решений в дискретном пространстве.

9. Что лежит в основе метода ветвей и границ?

- а) Полный перебор всех возможных вариантов.
- б) Метод случайного поиска.
- в) Метод динамического программирования.
- г) Жадные алгоритмы.

Правильный ответ: а) Полный перебор всех возможных вариантов.

10. Как происходит ветвление в методе ветвей и границ?

- а) Разделение задачи на подзадачи с разными начальными условиями.
- б) Разделение задачи на подзадачи с разными целевыми функциями.
- в) Разделение задачи на подзадачи с разными ограничениями.
- г) Ветвление не используется в методе ветвей и границ.

Правильный ответ: а) Разделение задачи на подзадачи с разными начальными условиями.

ОТКРЫТЫЕ ВОПРОСЫ

Задание 1.

Определите длину кратчайшего пути между пунктами А и Е. Передвигаться можно только по дорогам, протяжённость которых указана в таблице:

А — В: 1 км

А — В — С — Е: 6 км

А — В — D — Е: 7 км

А — В — Е: 8 км

Ответ: Самый короткий путь — А — В — С — Е, длина маршрута — 6 км.

Задание 2.

Найдите все возможные маршруты из пункта В до пункта D и выберите самый короткий.

Ответ: Самый короткий маршрут — В — С — D, длина маршрута — 4 км.

Задание 3.

Определите длину кратчайшего пути между пунктами С и Е, если передвигаться можно только по дорогам, указанным в таблице.

Ответ: Самый короткий путь — С — D — Е, длина маршрута — 9 км.

Задание 4.

Найдите оптимальный маршрут коммивояжёра через 14 крупнейших городов Германии, учитывая критерий выгодности маршрута (самый короткий).

Ответ: Маршрут: Берлин — Франкфурт-На-Майне — Мюнхен — Кёльн — Штутгарт — Гамбург — Бремен — Ганновер — Дюссельдорф — Лейпциг — Дрезден — Нюрнберг — Висбаден — Бонн — Любек. Общая длина маршрута составляет 3440 километров.

Задание 5.

Решите геометрическую задачу коммивояжёра, в которой города представлены точками на плоскости, а расстояния между ними измеряются по длине кратчайшего пути на прямой.

Ответ: Оптимальный маршрут коммивояжёра проходит через следующие города: Берлин, Франкфурт-На-Майне, Мюнхен, Кёльн, Штутгарт, Гамбург, Бремен, Ганновер, Дюссельдорф, Лейпциг, Дрезден, Нюрнберг, Висбаден, Бонн и Любек.

Задание 6.

Рассмотрите симметричную задачу коммивояжёра, в которой расстояния между городами удовлетворяют неравенству треугольника. Найдите оптимальный маршрут коммивояжёра, проходящий через каждый город только один раз.

Ответ: Оптимальный маршрут коммивояжёра проходит через следующие города: Берлин, Франкфурт-На-Майне, Мюнхен, Кёльн, Штутгарт, Гамбург, Бремен, Ганновер, Дюссельдорф, Лейпциг, Дрезден, Нюрнберг, Висбаден, Бонн и Любек.

Задание 7.

Составьте расписание занятий для группы студентов, состоящей из 5 человек, учитывая следующие ограничения:

вместительность аудитории — 10 человек;

обязательное условие — проведение лекций в начале дня, практик — в конце;

равномерное распределение нагрузки для студентов, чтобы избежать переутомления;

предоставление свободных дней для преподавателей;

уменьшение количества занятий в пятницу.

Ответ:

Расписание занятий:

Понедельник:

Лекция №1 (10:00–11:30)

Практика №1 (12:00–13:30)

Вторник:

Практика №2 (10:00–11:30)

Лекция №2 (12:00–13:30)

Среда:

Практика №3 (10:00–11:30)

Практика №4 (12:00–13:30)

Четверг:

Практика №5 (10:00–11:30)

Практика №6 (12:00–13:30)

Пятница:

Практика №7 (10:00–11:30)

Практика №8 (12:00–13:30)

Задание 8:

Разработайте алгоритм составления расписания занятий для вуза, учитывая следующие факторы:

- ~ количество преподавателей и аудиторий;
- ~ требования к оборудованию аудиторий;
- ~ возможность проведения занятий преподавателями из других вузов;
- ~ лекции должны проводиться в начале дня, практики — в конце;
- ~ равномерное распределение нагрузки для студентов;
- ~ отсутствие окон в расписании студентов и преподавателей;
- ~ предоставление свободных дней для преподавателей;
- ~ уменьшение количества занятий в пятницу.

Ответ:

Алгоритм составления расписания занятий:

Получение информации об учебной нагрузке преподавателей и аудиторном фонде.

Формирование списка занятий с учётом обязательных ограничений (вместимость аудиторий, оборудование, преподаватели из других вузов) и дополнительных требований (лекции в начале дня, равномерное распределение нагрузки, отсутствие окон).

Оценка свободы расположения занятий в расписании и сортировка списка занятий по возрастанию их свободы расположения.

Подсчёт количества подходящих аудиторий для каждого занятия и количества занятий, проводимых каждым преподавателем.

Поиск наиболее подходящего времени и места проведения занятия с учётом полного перебора вариантов проведения занятия в пространстве (аудитории) и времени (номер пары, день недели).

Оценка качества составленного расписания и выдача его диспетчеру для редактирования.

Задание 9.

Предложите способ повышения качества составленного расписания занятий с помощью генетического алгоритма, учитывая следующие критерии:

- ~ равномерное распределение нагрузки студентов;
- ~ отсутствие окон в расписании студентов и преподавателей;
- ~ предоставление свободных дней для преподавателей;
- ~ уменьшение количества занятий в пятницу.

Ответ:

Для повышения качества составленного расписания занятий с помощью генетического алгоритма можно использовать следующий подход:

Ввести дополнительные настроечные коэффициенты для генетического алгоритма, которые будут влиять на распределение нагрузки студентов, наличие окон в расписании и предоставление свободных дней для преподавателей.

Провести оптимизацию расписания с использованием генетического алгоритма, учитывая указанные настроечные коэффициенты и критерии качества.

Оценить качество составленного расписания с учётом новых настроечных коэффициентов и критериев.

Если необходимо, провести дополнительную генерацию расписания с новыми настроечными коэффициентами и критериями.

Задание 10.

Задача о рюкзаке: найти оптимальный набор предметов с максимальной общей стоимостью, учитывая ограничения по весу и размеру рюкзака.

Ответ: используйте жадный алгоритм, который выбирает предметы с наибольшей удельной ценностью и добавляет их в рюкзак до тех пор, пока не будет превышено ограничение по весу или размеру.

Задание 11.

Задача о покрытии множества: найти минимальное множество наборов, которое покрывает все элементы множества.

Ответ: используйте алгоритм покрытия множества, основанный на поиске максимального независимого множества в двудольном графе.

Задание 12.

Задача о коммивояжёре: найти кратчайший маршрут, который посещает все вершины графа и возвращается в исходную вершину.

Ответ: используйте алгоритм Дейкстры или алгоритм Флойда-Уоршелла для нахождения кратчайшего пути.

Задание 13.

Задача о назначении: распределить работников по проектам таким образом, чтобы минимизировать общую стоимость выполнения проектов.

Ответ: используйте венгерский алгоритм или алгоритм Куна для нахождения оптимального назначения.

Задание 14.

Задача о расписании: составить расписание работы станков таким образом, чтобы минимизировать время простоя и максимизировать общую производительность.

Ответ: используйте алгоритм Литтла или алгоритм Джонсона для нахождения оптимального расписания.

Задание 15:

Задача о потоке минимальной стоимости: найти поток минимальной стоимости между двумя вершинами графа, удовлетворяющий ограничениям на пропускную способность рёбер.

Ответ: используйте алгоритм Форда-Беллмана или алгоритм Диница для нахождения минимального потока.

6. ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Составил:

В.Н. Маризина, к.п.н.



(подпись)

Заведующий кафедрой

Н.Б.Стрекалова, д.п.н., доцент



(подпись)

Заведующий выпускающей кафедрой

Н.Б.Стрекалова, д.п.н., доцент



(подпись)