

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
Математических методов исследования операций
Азарнова Т.В.
21.06.2021



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.Б.15. Исследование операций

- 1. Шифр и наименование направления подготовки / специальности:**
38.03.05 «Бизнес-информатика»
- 2. Профиль подготовки / специализация/магистерская программа:** Архитектура предприятия
- 3. Квалификация (степень) выпускника:** Бакалавр
- 4. Форма обучения:** Очная
- 5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** математических методов исследования операций
- 6. Составители программы:** Аснина Н.Г., к.т.н., доцент кафедры математических методов исследования операций
- 7. Рекомендована:** НМС факультета Прикладной математики, информатики и механики, протокол №9 от 24.05.2019. НМС факультета Прикладной математики, информатики и механики, протокол №10 от 15.06.2021
- 8. Учебный год:** 2021/2022 **Семестр(ы):** 6

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Цель:

Целью курса является теоретическая подготовка студентов по основам экономико-математического моделирования и формирования у них навыков практического использования аппарата математического моделирования в решении задач обоснования управленческих решений.

Задачи: состоят в:

- овладение основными понятиями и приемами построения математических моделей в области исследования операций;
- углублению знаний по основным классам задач исследования операций и методами их решения;
- получение навыков по построению моделей и применению методов решения задач исследования операций;

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина «Исследование операций» относится к обязательным дисциплинам базовой части (Б 1) профессионального цикла предназначенной для студентов, обучающихся по направлению подготовки 38.03.05 – «Бизнес информатика».

Дисциплины, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее:

- моделирование экономических процессов;
- методы оптимизации.

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников):

Компетенция		Планируемые результаты обучения
Код	Название	
ПК-4	проведение анализа инноваций в экономике, управлении и информационно-коммуникативных технологий	<p>Знать: математические постановки основных задач исследования операций, а также методы их анализа;</p> <p>Уметь: разрабатывать вербальные модели;</p> <p>Владеть навыками: владеть навыками решения базовых задач исследования операций.</p>
ПК-18	способность использовать соответствующий математический аппарат и инструментальные средства для обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования	<p>Знать: математические постановки основных задач исследования операций, а также методы их анализа; основные методы решения задач ИО приемы интерпретации результатов</p> <p>Уметь: разрабатывать вербальные модели; уметь записать математическую модель задачи, провести анализ её сложности и предложить эффективный алгоритм решения;</p> <p>Владеть навыками: владеть навыками решения базовых задач исследования операций.</p>

12. Структура и содержание учебной дисциплины

12.1 Объем дисциплины в зачетных единицах/часах в соответствии с учебным планом — 3/108.

13 Виды учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	По семестрам
			6 семестр
Контактная работа			
в том числе:	лекции	16	16
	практические	16	16
	лабораторные	16	16
	курсовая работа		
Самостоятельная работа (в том числе курсовая работа)		24	24
Промежуточная аттестация		36	36
Итого:		108	108

13.1. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
1	Введение	Предмет исследования операций. История предмета. Основные стадии операционных исследований. Определение проекта. Признаки проекта.	Исследование операций 38.03.05
2	Методика проведения исследования операций	Определение целей исследования. План исследования. Построение вербальной модели. Построение математической модели. Выбор метода.	Исследование операций 38.03.05
3	Разделы прикладной математики, изучаемые в курсе ИО	Управление запасами. Методы оптимизации: оптимизация на сетях. Теория расписаний. Теория игр. Теория массового обслуживания	Исследование операций 38.03.05
4	Оптимизация на сетях	Основные положения теории графов. Понятие сети, поток в сети, интенсивность вершин. Типы задач управления запасами. Понятие дерева, свойства дерева. Сетевая транспортная задача. Метод потенциалов в сетевой транспортной задаче. Задача о кратчайшем и критическом пути. Задачи сводящиеся к задаче о кратчайшем и критическом пути	Исследование операций 38.03.05
5	Задача о кратчайшем и критическом пути.	Алгоритм в задачах о кратчайшем и критическом пути. Задача о кратчайшем и критическом пути. Задачи, сводящиеся к задаче о кратчайшем и критическом пути.	Исследование операций 38.03.05
6	Теория расписаний	Основные положения теории расписаний. Одностадийные и многостадийные системы. Критерий оптимизации. Пример одностадийной системы с m приборами. Одностадийная система с одним прибором. Система конвейерного типа с двумя приборами. Задача о назначениях	Исследование операций 38.03.05

13.2. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)				Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	
1	Введение	1				1
2	Методика проведения исследования операций	2	3	3	12	20
3	Разделы прикладной математики, изучаемые в курсе ИО	2	3	3	12	20
4	Оптимизация на сетях	3	4	2	12	21
5	Задача о кратчайшем и критическом пути.	4	3	4	12	23
6	Теория расписаний	4	3	4	12	23
Итого:		16	16	16	60	108

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Для лучшего усвоения материала студентам рекомендуется домашняя работа с конспектами лекций, презентациями, выполнение практических заданий для самостоятельной работы, выполнение лабораторных работ, использование рекомендованной литературы и методических материалов. В рамках общего объема часов, отведенных для изучения дисциплины, предусматривается выполнение следующих видов самостоятельных работ студентов (СРС): изучение теоретического материала, выполнение заданий по темам, изученным на лекционных и практических занятиях.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины (список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Шапкин, А. С. Математические методы и модели исследования операций : учебник / А. С. Шапкин, В. А. Шапкин. — 6-е изд. — Москва : Дашков и К, 2016. — 400 с. — ISBN 978-5-394-02610-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/72413 (дата обращения: 02.02.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2	Исследование операций : учебное пособие / составители Д. Г. Ловяников, И. Ю. Глазкова. — Ставрополь : СКФУ, 2017. — 108 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/155286 (дата обращения: 02.02.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3	

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
4	Кутузов, А.Л. Исследование операций: учеб. пособие [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон. дан. — СПб. : СПбГПУ (Санкт-Петербургский государственный политехнический университет), 2011. — 99 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=64797
5	Вентцель, (И. Грекова) Е. С. Введение в исследование операций / Е.С. Вентцель (И. Грекова). — Москва : Издательство Советское радио, 1964. — 392 с. — http://biblioclub.ru/ . — <URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=473745 >.
6	

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)*:

№ п/п	Ресурс
1.	ЭБС Лань
2.	ЭБС ЮРАЙТ

3.	edu.vsu.ru
----	------------

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы
(учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных), курсовых работ и др.)

№ п/п	Источник
1	Горлач, Б. А. Исследование операций. Практикум для студентов технических и экономических специальностей вузов : учебное пособие для вузов / Б. А. Горлач, Н. Л. Додонова. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 200 с. — ISBN 978-5-8114-6731-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/162371 (дата обращения: 02.02.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2	Модели оптимизации. Математическое программирование, исследование операций : учебно-методическое пособие / составители Т. А. Бенгина [и др.]. — 2-е изд. — Самара : АСИ СамГТУ, 2018. — 156 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/127731 (дата обращения: 02.02.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

При реализации дисциплины могут использоваться технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии на базе портала edu.vsu.ru, а также другие доступные ресурсы сети Интернет.

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Лекционная аудитория должна быть оснащенной современным компьютером с подключенным к нему проектором с видеотерминала на настенный экран. Практические и лабораторные занятия должны проводиться в специализированной аудитории, оснащенной современными персональными компьютерами и программным обеспечением в соответствии с тематикой изучаемого материала. Предполагаемое оборудование для компьютерных классов: компьютеры в составе: системный блок: процесс Intel(R) Core(TM) i3-4160 CPU @ 3.60GHz, оперативная память 8Гб, HDD 500Гб, видеокарта NVIDIA GeForce GTX 750; монитор: Acer V226HQL; мультимедиа-проектор ViewSonic PA503W. Коммутатор HP ProCurve Switch 1400-24G; мультимедийная акустическая система SVEN SPS-702.

19. Фонд оценочных средств:

19.1. Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов обучения

Код и содержание компетенции (или ее части)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)	ФОС* (средства оценивания)
ПК-4	Знать: математические постановки основных задач исследования операций, а также методы их анализа;	2.Методика проведения исследования операций 3.Разделы прикладной математики, изучаемые в курсе ИО	Тест

	Уметь: разрабатывать вербальные модели; Владеть навыками: владеть навыками решения базовых задач исследования операций.	4. Оптимизация на сетях 5. Задача о кратчайшем и критическом пути. 6. Теория расписаний	Лабораторные работы: 1-8
ПК-18	Знать: математические постановки основных задач исследования операций, а также методы их анализа; основные методы решения задач ИО приемы интерпретации результатов	2. Методика проведения исследования операций 3. Разделы прикладной математики, изучаемые в курсе ИО	Тест
	Уметь: разрабатывать вербальные модели; уметь записать математическую модель задачи, провести анализ её сложности и предложить эффективный алгоритм решения; Владеть навыками: владеть навыками решения базовых задач исследования операций.	4. Оптимизация на сетях 5. Задача о кратчайшем и критическом пути. 6. Теория расписаний	Лабораторные работы: 1-8

19.2 Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

Для оценивания результатов обучения на экзамене используются следующие показатели:

- 1) знание учебного материала и владение понятийным аппаратом теории анализа данных;
- 2) умение анализировать многомерные данные;
- 3) умение применять методы анализа данных при решении задач в различных прикладных областях; ;
- 5) владение навыками использования пакета Statistica для решения задач анализа данных;
- 6) владение навыками построения и проверки качества моделей анализа данных;
- 7) владение навыками интерпретации полученных результатов в терминах прикладной области с целью получения новых знаний и выводов.

Для оценивания результатов обучения на экзамене используется 4-балльная шкала: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), сдал все практические и лабораторные работы, среднее количество правильных ответов на вопросы тестов превышает 80%.	Повышенный уровень	Отлично
Обучающийся владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), но не сдал одну практическую или лабораторную работу, среднее количество правильных ответов на вопросы тестов находится в диапазоне 70-80%.	Базовый уровень	Хорошо
Обучающийся демонстрирует неуверенное владение понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), не сдал две практических или лабораторных работы, среднее количество правильных ответов на вопросы	Пороговый уровень	Удовлетворительно

тестов находится в диапазоне 60-70%.		
Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки, не сдал более двух практических или лабораторных работы, среднее количество правильных ответов на вопросы тестов менее 70%.	–	Неудовлетворительно

19.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Тестовые задания, Лабораторные работы, Устный опрос

Тестовые задания

1. Какое из определений исследования операции принадлежит Е.С. Венцель?

Исследование операций – это:

- А) Комплекс мер, предпринимаемых для реализации определенных операций
- Б) Искусство давать плохие ответы в тех случаях, когда иными способами

даются еще худшие ответы

В) Теория применения количественных методов анализа в процессе принятия решений во всех областях целенаправленной деятельности

Г) Научные методы распределения ресурсов при организации производства

Варианты ответов:

- 1) А
- 2) Б
- 3) В
- 4) Г

2. 1. Термин "исследование операций" появился ...

Варианты ответов:

- 1) в годы второй мировой войны
- 2) в 50-ые годы XX века
- 3) в 60-ые годы XX века
- 4) в 70-ые годы XX века
- 5) в 90-ые годы XX века
- 6) в начале XXI века

3. Сколько признаков проекта вы знаете?

Варианты ответов:

- 1) 2
- 2) 4
- 3) 5
- 4) 6

4. Всякое операционное исследование, как правило, проходит следующие

этапы:

- Определение цели исследования и изучение предметной области.
- Формулировка проблемы и построение вербальной модели.
- Построение математической модели.
- Выбор метода.
- Проверка на адекватность.
- Внедрение полученного результата.

Вопрос: на какое место следует поставить пункт «формирование плана исследований»?

Варианты ответов:

- 1) 2
- 2) 4
- 3) 5

5. Математическое программирование...

А) занимается изучением экстремальных задач и разработкой методов их решения

Б) представляет собой процесс создания программ для компьютера под руководством математиков

В) занимается решением математических задач на компьютере

Варианты ответов:

- 1) А
- 2) Б
- 3) В

6. В сетевой транспортной задаче условием баланса является:

А) Необходимым и достаточным

Б) Только необходимым

В) Только достаточным

Г) Ни тем, ни другим

Варианты ответов:

- 1) А
- 2) Б
- 3) В
- 4) Г

7. Малое предприятие производит изделия двух видов. На изготовление одного изделия вида А расходуется 2 кг сырья, на изготовление одного изделия вида В – 1 кг. Всего имеется 60 кг сырья. Требуется составить план производства, обеспечивающий получение наибольшей выручки, если отпускная стоимость одного изделия вида А 3 д.е., вида В - 1 у.е., причем изделий вида А требуется изготовить не более 25, а вида В - 1 у.е., причем изделий вида А требуется изготовить не более 25, а вида В – не более

Целевой функцией данной задачи является...

А) $F(x_1, x_2) = 3x_1 + x_2 \rightarrow \max$

Б) $F(x_1, x_2) = 25x_1 + 30x_2 \rightarrow \max$

В) $F(x_1, x_2) = 2x_1 + x_2 \rightarrow \max$

Г) $F(x_1, x_2) = 60 - 2x_1 - x_2 \rightarrow \min$

Варианты ответов:

- 1) А
- 2) Б
- 3) В
- 4) Г

8. К какой математической задаче сводится задача оптимизация временной структуры проекта:

А) К задаче о кратчайшем пути

Б) К задаче о критическом пути

В) К задаче Джонсона

Г) К задаче поиска оптимальной партии заказа

Варианты ответов:

1. А

2. Б
3. В
4. Г

9. К какому разделу исследования операций относится задача Джонсона:

- А) Оптимизация на сетях
- Б) Управление запасами
- В) Теория расписаний

Варианты ответов:

1. А
2. Б
3. В

10. В задаче о замене оборудования

2	3	4	5	6
1 2	10 16	20	26	
2	8	12	18 24	
3		7 10 20		
4		8 10		
5				5

Оптимальные затраты равны:

- А) 26
- Б) 24
- В) 20

Варианты ответов:

1. А
2. Б
3. В

Тест №2

1. Какое из определений исследований операций принадлежит Саати:

- А) Комплекс мер, предпринимаемых для реализации определенных операций
- Б) Искусство давать плохие ответы в тех случаях, когда иными способами даются еще худшие ответы
- В) Теория применения количественных методов анализа в процессе принятия решений во всех областях целенаправленной деятельности
- Г) Научные методы распределения ресурсов при организации производства

Варианты ответов:

- 1) А
- 2) Б
- 3) В
- 4) Г

2. Первоначально под операцией понимали:

- А) Военную операцию
- Б) Операцию по очистке поверхности моря от разлитой нефти
- В) Операция по пересадке почки

Варианты ответов:

- 1) А
- 2) Б

3) В

3. Какой из признаков проекта ошибочен:

А) Направлен на достижение конкретных целей

Б) Включает в себя координированное управление взаимосвязанными действиями

В) Имеет ограниченную протяженность во времени с определенными началом и концом

Г) Имеет неограниченный бюджет

Д) Неповторим и уникален

Варианты ответов:

1) А

2) Б

3) В

4) Г

5) Д

4. Всякое операционное исследование, как правило, проходит следующие этапы:

А) Определение цели исследования и изучение предметной области.

Б) Формирование плана исследований

В) Формулировка проблемы и построение вербальной модели.

Г) Построение математической модели.

Д) Выбор метода.

Е) Проверка на адекватность.

И) Внедрение полученного результата.

Варианты ответов:

1) А

2) Б

3) В

4) Г

5) Д

6) Е

7) И

5. К какому этапу следует вернуться, если получившаяся модель неадекватна?Варианты ответов:

1) А

2) Б

3) В

4) Г

6. Задача линейного программирования состоит в:

А) Отыскании наибольшего (наименьшего) значения линейной функции при наличии линейных ограничений

Б) Создание линейной программы на избранном языке программирования, предназначенной для решения поставленной задачи

В) Описания линейного алгоритма решения заданной задачи

Варианты ответов:

1) А

2) Б

3) В

7. В сетевой транспортной задаче условие баланса это:

А) $\sum T_i = 0$

Б) $\sum A_i = \sum B_j$

В) $\sum T_i = 1$

Варианты ответов:

1) А

2) Б

3) В

8. Малое предприятие производит изделия двух видов. На изготовление одного изделия вида А расходуется 2 кг сырья, на изготовление одного изделия вида В – 1 кг. Всего имеется 60 кг сырья. Требуется составить план производства, обеспечивающий получение наибольшей выручки, если отпускная стоимость одного изделия вида А 3 д.е., вида В - 1 у.е., причем изделий вида А требуется изготовить не более 25, а вида В – не более 30. Допустимым планом данной задачи является план:

А) $X=(20,20)$

Б) $X=(25,15)$

В) $X=(20,25)$

Г) $X=(30,10)$

Варианты ответов:

1) А

2) Б

3) В

4) Г

9. Результатом решения задачи оптимизации временной структуры проекта должен быть:

А) Календарный план-график выполнения работ

Б) Длина кратчайшего пути

Г) Длина критического пути

Варианты ответов:

1) А

2) Б

3) В

10. К какому разделу исследования операций относится задача о кратчайшем пути?

А) Оптимизация на сетях

Б) Управление запасами

В) Теория расписаний

Варианты ответов:

4. А

5. Б

6. В

11. В задаче о замене оборудования

2	3	4	5	6
1 2	10	16	20	26
2		8	12	18 24
3			7 10	20

4 8 10
5 5

Оборудование следует заменить в следующих периодах:

- A) 1 2 4
- Б) 2 4
- В) 1 4 6

Варианты ответов:

- 1) А
- 2) Б
- 3) В

Лабораторная работа №1. Сетевая транспортная задача.

Методом потенциалов решить сетевую транспортную задачу, заданную по матрице смежности на рис. 1. Если даны интенсивности двух вершин, для остальных вершин интенсивности задаются самостоятельно, учитывая условия баланса.

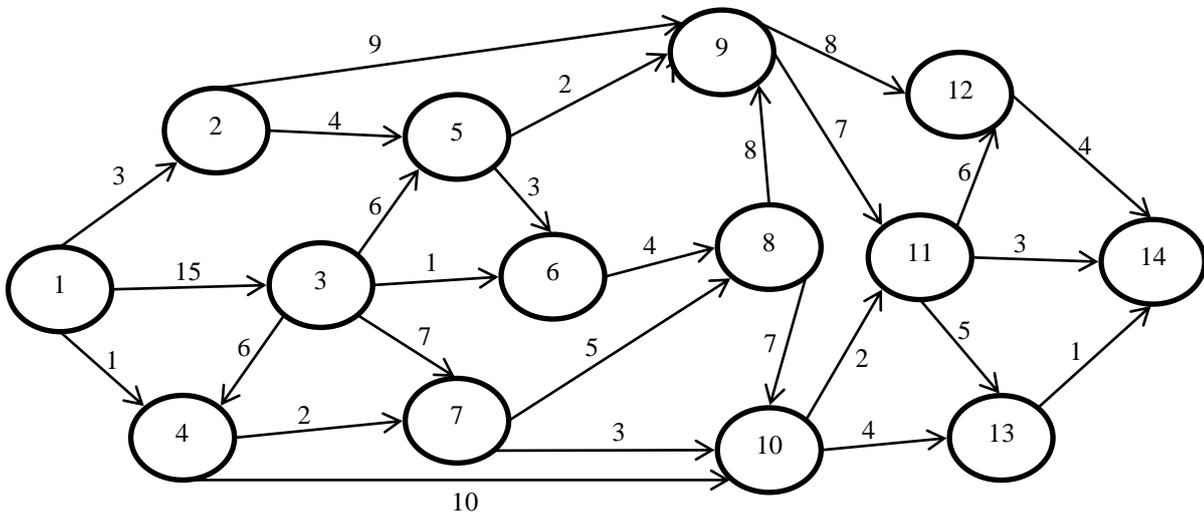
0	2	3	4	0
0	0	1	0	0
0	0	0	4	0
0	7	0	0	1
4	5	0	0	0

Рис. 1

1. $t_2 = 6, t_5 = 7$.
2. $t_1 = -9, t_4 = -4$.
3. $t_3 = -2, t_5 = 6$.
4. $t_2 = 2, t_4 = -5$.
5. $t_2 = 1, t_3 = -4$.
6. $t_1 = -9, t_5 = 4$.
7. $t_4 = -2, t_5 = 8$.
8. $t_2 = 1, t_5 = 9$.
9. $t_1 = -5, t_2 = 9$.
10. $t_3 = -3, t_4 = 7$.
11. $t_3 = -8, t_5 = 10$.
12. $t_2 = 8, t_5 = 1$.
13. $t_1 = -10, t_5 = 1$.
14. $t_4 = -4, t_5 = 2$.
15. $t_2 = 1, t_3 = -6$.

Лабораторная работа №2 задача о кратчайшем и критическом пути

Решить задачу о кратчайшем и критическом пути, используя граф, изображённый на рисунке, заменив веса трёх указанных дуг новыми значениями, приведёнными ниже



1. $c_{1,3} = 5, c_{3,6} = 11, c_{5,6} = 13.$
2. $c_{2,5} = 7, c_{6,8} = 14, c_{8,10} = 1.$
3. $c_{1,4} = 10, c_{3,4} = 2, c_{11,14} = 13.$
4. $c_{8,9} = 10, c_{9,11} = 4, c_{13,14} = 11.$
5. $c_{1,2} = 8, c_{6,8} = 1, c_{10,11} = 12.$
6. $c_{4,10} = 6, c_{8,10} = 17, c_{5,6} = 10.$
7. $c_{3,4} = 16, c_{7,8} = 3, c_{11,12} = 12.$
8. $c_{1,3} = 1, c_{2,5} = 14, c_{2,9} = 19.$
9. $c_{10,13} = 7, c_{11,13} = 15, c_{8,10} = 4.$
10. $c_{5,6} = 8, c_{7,10} = 8, c_{10,13} = 1.$
11. $c_{1,4} = 16, c_{4,7} = 5, c_{8,9} = 1.$
12. $c_{1,3} = 1, c_{3,4} = 16, c_{3,5} = 12.$
13. $c_{7,8} = 7, c_{7,10} = 5, c_{8,10} = 2.$
14. $c_{11,12} = 16, c_{12,14} = 1, c_{11,13} = 15.$
15. $c_{10,11} = 12, c_{9,11} = 4, c_{9,12} = 18.$
16. $c_{6,8} = 8, c_{7,8} = 2, c_{5,9} = 12.$
17. $c_{2,9} = 1, c_{3,6} = 10, c_{3,7} = 17.$
18. $c_{2,5} = 1, c_{5,6} = 6, c_{8,10} = 10.$
19. $c_{7,10} = 2, c_{8,10} = 9, c_{9,11} = 11.$
20. $c_{3,4} = 5, c_{4,10} = 13, c_{11,14} = 13.$
21. $c_{9,12} = 18, c_{12,14} = 3, c_{11,12} = 16.$
22. $c_{5,6} = 1, c_{2,5} = 9, c_{1,2} = 17.$
23. $c_{9,11} = 17, c_{10,11} = 6, c_{11,13} = 2.$
24. $c_{7,8} = 16, c_{1,3} = 17, c_{6,8} = 1.$

Лабораторная работа №3. Задача о замене оборудования.

Решить задачу о замене оборудования с матрицей, имеющей вид:

	2	3	4	5	6	7
1						
2						
3						
4						
5						
6						

Для которой заданы пять значений элементов, остальные значения произвольные с выполнением условия для всех $i, c_{i,j} < c_{i,j} + 1$

1. $C_{1,4} = 7, C_{1,7} = 25, C_{3,7} = 36, C_{6,7} = 2$
2. $C_{2,4} = 4, C_{3,4} = 8, C_{3,6} = 20, C_{6,7} = 2$
3. $C_{1,2} = 10, C_{2,4} = 6, C_{2,6} = 25, C_{5,6} = 12$
4. $C_{3,4} = 9, C_{3,7} = 30, C_{4,5} = 24, C_{4,7} = 30$
5. $C_{1,3} = 25, C_{1,6} = 29, C_{4,6} = 17, C_{5,7} = 13$
6. $C_{1,7} = 14, C_{2,4} = 37, C_{2,6} = 40, C_{4,5} = 5$
7. $C_{3,5} = 18, C_{4,5} = 25, C_{4,7} = 30, C_{5,6} = 9$
8. $C_{1,3} = 15, C_{1,6} = 25, C_{4,6} = 31, C_{5,7} = 11$
9. $C_{1,4} = 10, C_{1,6} = 17, C_{4,7} = 22, C_{5,7} = 12$
10. $C_{2,4} = 4, C_{2,7} = 25, C_{3,4} = 14, C_{4,5} = 21$
11. $C_{3,5} = 10, C_{3,7} = 34, C_{4,6} = 27, C_{5,7} = 7$

Лабораторная работа №4. Оптимизация временной структуры проекта

Решить задачу:

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
t_i	5	2	3	7	4	6	5	2	5	3
I_i^*	-	-	-	1,2	2,3	2,4	4,6	5,6	6,7	5,8

Для каждого варианта определены номера работ, которые исключаются (не учитываются в рамках данной конкретной задачи; если номер исключённой работы встречается в каком-либо множестве предшествующих работ, то его необходимо исключить из этого множества).

Работы, которые исключаются:

Номер варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Исключаемые номера работ	1,4	1,6	2,6	2,4	2,7	3,5	3,8	3,9	7,9	9,10	8,10	7,8

13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
2,10	1,3	3,10	4,6	4,8	4,10	5,7	5,9	6,7	6,10	3,4	4,9	1,9

Лабораторная работа №5.

Для системы с тремя приборами и семью требованиями найти:

1. Три или больше расписаний с помощью эвристических правил.
2. Вычислить длину каждого расписания.
3. Определить рекордное расписание и значение рекорда.
4. Вычислить нижнюю оценку длины расписания.
5. Сравнить оценку с рекордом.

Исходные данные приведены на (рис. 2).

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A_i	1	3	6	8	9	7	3	7	8	5
B_i	2	1	1	9	7	10	2	6	9	9
C_i	9	1	3	4	7	4	3	8	9	7

Рис. 2

Для каждого варианта из данной системы нужно исключить три требования в соответствии с правилами из (рис. 2.1)

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Номера исключаемы х требований	1,3, 5	2,4, 6	4,6, 8	3,5, 7	1,4, 7	2,4,1 0	1,2, 3	5,6, 7	1,2, 9	3,4, 5

Рис. 2.1

Лабораторная работа №6. Задача о назначениях.

Дана матрица С (рис. 3).

3	6	4	8	10	15
4	8	9	10	12	16
2	4	10	12	14	15
5	6	9	10	10	11
1	2	3	4	5	6
5	6	7	9	10	12

Рис. 3

Решить задачу о назначениях

Для каждого варианта в исходной матрице С вычеркнуть три элемента.

Координаты вычеркиваемых элементов приведены на (рис. 4).

Номер варианта	Координаты	Номер варианта	Координаты
1	(1,3);(2,1);(3,2)	3	(1,3);(3,2);(5,6)
2	(1,3);(2,1);(4,5)	4	(1,3);(3,2);(6,4)
Номер варианта	Координаты	Номер варианта	Координаты
5	(2,1);(3,2);(4,5)	7	(2,1);(5,6);(6,4)
6	(2,1);(3,2);(5,6)	8	(3,2);(4,5);(5,6)

Рис.4

Лабораторная работа № 7 Задача коммивояжера

Дана матрица С (рис. 7.3).

∞	6	4	8	10	15
4	∞	9	10	12	16
2	4	∞	12	14	15
5	6	9	∞	10	11
1	2	3	4	∞	6
5	6	7	9	10	∞

Рис. 7.3

Решить задачу коммивояжера методом ветвей и границ

Для каждого варианта в исходной матрице С заменить три элемента своими (произвольными) числами. Координаты заменяемых элементов приведены на рис.7.4.

Номер варианта	Координаты	Номер варианта	Координаты	Номер варианта	Координаты	Номер варианта	Координаты
1	(1,3);(2,1); (3,2)	3	(1,3);(3,2); (5,6)	5	(2,1);(3,2); (4,5)	7	(2,1);(5,6); (6,4)
2	(1,3);(2,1); (4,5)	4	(1,3);(3,2); (6,4)	6	(2,1);(3,2); (5,6)	8	(3,2);(4,5); (5,6)
Номер варианта	Координаты	Номер варианта	Координаты	Номер варианта	Координаты	Номер варианта	Координаты
9	(1,3);(2,1); (5,6)	12	(1,3);(4,5); (5,6);	15	(2,1);(3,2); (6,4)	18	(3,2);(4,5); (6,4)
10	(1,3);(2,1); (6,4)	13	(1,3);(4,5); (6,4)	16	(2,1);(4,5); (5,6)	19	(3,2);(5,6); (6,4)
11	(1,3);(3,2); (4,5)	14	(1,3);(5,6); (6,4)	17	(2,1);(4,5); (6,4)	20	(4,5);(5,6); (6,4)
21	(1,2);(2,1); (4,5)	22	(1,2);(3,2); (4,5)	23	(2,1);(1,3); (6,4)	24	(2,1);(4,5); (6,6)