



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ИГУ»)**

Институт математики и информационных технологий  
Кафедра алгебраических и информационных систем



**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

**Б1.В.06 Алгоритмы теории графов**

Направление подготовки информационные технологии	02.03.02	Фундаментальная информатика и	и
Направленность (профиль) подготовки информационные технологии		Фундаментальная информатика и	
Квалификация выпускника	бакалавр		
Форма обучения	очная		

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

### Цель

Обучение основам современной теории графов и сравнительный анализ алгоритмов, используемых при решении задач на графах.

### Задачи:

- ознакомление с различными видами графов и методами их представления и обработки в программе;
- изучение и реализация на практике базовых и усложненных алгоритмов на графах;

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

2.1. Учебная дисциплина (модуль) относится к части программы, формируемой участниками образовательных отношений, и изучается на третьем курсе.

2.2. Для изучения данной учебной дисциплины (модуля) необходимы знания, умения и навыки, сформированные предшествующими дисциплинами: Дискретная математика, Информатика, Программирование.

2.3. Перечень последующих учебных дисциплин, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной: Системы искусственного интеллекта, Алгоритмы компьютерной графики.

## 3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование компетенций (элементов следующих компетенций) в соответствии с ФГОС ВО по соответствующему направлению подготовки.

### Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
ПК-3 Способность понимать и применять в научно-исследовательской и прикладной деятельности современный математический аппарат, теоретические основы информатики	ИДК ПК3.1 Способен понимать современный математический аппарат и теоретические основы информатики	Знает основные типы графов, их классификацию, основные элементы графов, базовые утверждения теории графов. Умеет доказывать базовые утверждения теории графов Владеет всеми способами представления графов в программе.
	ИДК ПК3.2 Способен применять в научно-исследовательской и прикладной деятельности современный математический аппарат	Знает методику моделирования различных процессов при помощи графов различного вида. Умеет представлять и обрабатывать иерархические структуры при помощи деревьев. Владеет терминологией теории графов.
	ИДК ПК3.3 Способен применять в научно-исследовательской и прикладной деятельности теоретические основы ин-	Знает взаимосвязь основных графовых конструкций с алгоритмами быстрого поиска информации. Умеет применять ориентиро-

	форматики	ванные и взвешенные графы для моделирования информационных процессов. Владеет основными алгоритмами обработки графовых структур.
ПК-5 Способность собирать, обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные, необходимые для проектной и производственно-технологической деятельности; способность к разработке новых алгоритмических, методических и технологических решений в конкретной сфере профессиональной деятельности, в том числе с применением технологий искусственного интеллекта	ИДК ПК5.1 Способен собирать, обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные, необходимые для проектной и производственно-технологической деятельности	Знает основные определения и понятия теории графов, методы представления графов в программе, базовые и усложненные алгоритмы на графах. Умеет находить взаимосвязи в предоставленных данных, объединять и комбинировать их в графовые структуры. Владеет навыками интерпретации и практического применения полученных при моделировании результатов.
	ИДК ПК5.2 Способен к разработке новых алгоритмических, методических и технологических решений в конкретной сфере профессиональной деятельности	Знает основные алгоритмы теории графов. Умеет применять изученные алгоритмы для решения конкретных практических задач, комбинировать на их основе более сложные алгоритмы. Владеет методами реализации изученных алгоритмов на языках программирования высокого уровня.
	ИДК ПК5.3 Способен применять методы искусственного интеллекта при решении типовых задач в профессиональной области	Знает методы применения теории графов в задачах искусственного интеллекта. Умеет систематизировать необходимые сведения и свойства в виде графовых структур. Владеет методикой поиска решения в больших графах состояний при помощи эмпирических оценок.
ПК-2 Способность проводить под научным руководством локальные исследования на основе существующих методов в конкретной области профессиональной деятельности, принимать участие в научных дискуссиях, выступать с сообще-	ИДК ПК2.1 Имеет навык подготовки и проведения публичных докладов по темам выполняемых работ	Знает основные виды графов с точки зрения визуализации представляемых результатов. Умеет представлять иерархические, циклические, реляционные модели графами соответствующего вида. Владеет основными инструментами отрисовки графов.

<p>ниями и докладами, устного, письменного и виртуального (размещение в информационных сетях) характера, представлять материалы собственных исследований; проводить корректуру, редактирование, реферирование работ.</p>		
	<p>ИДК ПК2.2 Владеет технологиями подготовки документов, способен проводить корректуру, редактирование, реферирование работ.</p>	<p>Знает основные программы для подготовки графических данных. Умеет построить, обработать и преобразовать необходимые графические включения в документе. Владеет навыками полуавтоматического построения и визуализации графов в соответствующих приложениях.</p>
	<p>ИДК ПК2.3 Способен проводить под научным руководством исследования на основе существующих методов в области профессиональной деятельности</p>	<p>Знает основные определения и понятия теории графов, методы представления графов в программе, базовые и усложненные алгоритмы на графах. Умеет систематизировать необходимые сведения и свойства в виде графовых структур. Владеет терминологией теории графов.</p>
<p>ПК-4 Способность понимать и применять в научно-исследовательской и прикладной деятельности современные языки программирования и программное обеспечение; операционные системы и сетевые технологии; применять алгоритмы и структуры данных при разработке программных решений</p>	<p>ИДК ПК4.1 Способен понимать современные языки программирования и программное обеспечение; операционные системы и сетевые технологии</p>	<p>Знает ресурсы языка программирования, необходимые для представления и обработки графов. Умеет сформулировать и программно промоделировать поставленную практическую задачу в терминах теории графов. Владеет практическими навыками поиска оптимального решения на графах.</p>
	<p>ИДК ПК4.2 Способен применять в научно-исследовательской и прикладной деятельности современные языки программирования и программное обеспечение; операционные системы и сетевые технологии</p>	<p>Знает методы представления графа в программе, их преимущества и недостатки. Умеет выбрать необходимый и самый эффективный для данной задачи вид представления графа в программе. Владеет навыками реализации известных алгоритмов на языке высокого уровня.</p>

	<p>ИДК ПК4.3 Способен применять алгоритмы и структуры данных при разработке программных решений</p>	<p>Знает базовые и усложненные алгоритмы теории графов, методы оценки их эффективности. Умеет реализовывать различные по сложности и эффективности алгоритмы на графах. Владеет навыками прямого и рекурсивного обхода графов.</p>
--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

#### 4. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Объем дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 часа, в том числе 35 часов на контроль, практическая подготовка 144 часа.  
Форма промежуточной аттестации: 6 семестр - экзамен.

##### 4.1. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ, С УКАЗАНИЕМ ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ И ОТВЕДЕННОГО НА НИХ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСОВ

№ п/п	Раздел дисциплины/темы	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости
			Контактная работа преподавателя с обучающимися			Самостоятельная работа + контроль	
			Лекции	Семинарские (практические занятия)	Контроль обучения		
1	Графы, их элементы и методы представления	6	6	6	2	14	устный опрос
2	Кратчайшие пути на графах	6	8	8	2	14	тест
3	Связность и паросочетания	6	6	6	2	14	тест
4	Сети и потоки	6	6	6	2	14	тест
5	Деревья и структуры данных	6	6	6	2	14	тест
<b>Итого часов</b>			32	32	10	70	144

##### 4.2. ПЛАН ВНЕАУДИТОРНОЙ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Се- местр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное сред- ство	Учебно- методическое обеспечение са- мостоятельной работы
		Вид самостоя- тельной работы	Сроки выполне- ния	Затраты времени (час.)		
6	Графы, их элементы и методы представления	УИЛТ	1-я полови- на курса + подготовка к экз.	14	устный опрос	
6	Кратчайшие пути на графах	УИЛТ	1-я полови- на курса + подготовка к экз.	14	тест	e-maxx.ru ru.algorithmica.org/
6	Связность и паросочетания	УИЛТ	2-я полови- на курса + подготовка к экз.	14	тест	e-maxx.ru ru.algorithmica.org/
6	Сети и потоки	УИЛТ	2-я полови- на курса + подготовка к экз.	14	тест	e-maxx.ru ru.algorithmica.org/
6	Деревья и структуры данных	УИЛТ	2-я полови- на курса + подготовка к экз.	14	тест	e-maxx.ru ru.algorithmica.org/
Общая трудоемкость самостоятельной работы по дисциплине (час)				70		
Из них объем самостоятельной работы с использованием электронного обучения и дистанци- онных образовательных технологий (час)				64		

*Виды самостоятельной работы:*

*Р – написание реферата, Д – подготовка доклада, У – выполнение упражнений,*

*Э – написание эссе, Пт – выполнение проекта, К - кейс-задание, Пф – портфолио,*

*И – информационный поиск, Прз – презентация, Л – изучение литературы,*

*Т (по желанию) — заполнение таблицы Донны Огл «Знал, хотел узнать, узнал»*

*Ин (по желанию) — заполнение таблицы, содержащей 4 столбца — «V» - уже знал, «+» — новое, «-» — думал иначе, «?» — не понял, есть вопросы.*

### **4.3. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА**

#### **Раздел 1. Графы, их элементы и методы представления**

Граф, определение, полный, планарный, двудольный графы. Дерево. Ориентированный граф, взвешенный граф. Числовые характеристики графа. Маршрут, путь, цепь, цикл, простые цепь и цикл. Ярус, диаметр, мост, точка сочленения. Обходы графа.

#### **Раздел 2. Кратчайшие пути на графах**

Путь, кратчайший путь. Волновой алгоритм. Обход в ширину, очередь. Поиск выхода из лабиринта. Графы с неотрицательными ребрами. Алгоритм Дейкстры. Случай ребер разного знака. Циклы отрицательного веса. Алгоритм Форда-Беллмана. Алгоритм Флойда.

#### **Раздел 3. Связность и паросочетания**

Поиск компонент связности, обход в глубину. Алгоритм поиска мостов и точек сочленения. Двудольные графы и паросочетания. Алгоритм Куна поиска максимального паросочетания. Задача о назначениях, венгерский алгоритм решения задачи о назначениях.

#### **Раздел 4. Сети и потоки**

Сеть, поток в сети, пропускная способность, увеличивающий путь. Алгоритм Форда-Фалкерсона поиска максимального потока в сети.

#### **Раздел 5. Деревья и структуры данных**

Дерево, элементы и методы представления дерева. Бинарные деревья и их приложение в обработке и хранении данных. Бинарное дерево поиска. Бинарная куча. Динамические алгоритмы на поддеревьях.



### 4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/н	№ раздела и темы	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (час.)		Оценочные средства	Формируемые компетенции (индикаторы)*
			Всего часов	Из них практическая подготовка		
1	2	3	4	5	6	7
1	1.1	Полный, планарный, двудольный графы	0.5	0.5	устный опрос	ПК-3(ИДК <sub>ПК3.1</sub> , ИДК <sub>ПК3.2</sub> , ИДК <sub>ПК3.3</sub> ), ПК-5 (ИДК <sub>ПК5.1</sub> , ИДК <sub>ПК5.2</sub> , ИДК <sub>ПК5.3</sub> ) ПК-4 (ИДК <sub>ПК4.1</sub> , ИДК <sub>ПК4.2</sub> , ИДК <sub>ПК4.3</sub> )
	1.2	Дерево	0.5	0.5	устный опрос	ПК-3(ИДК <sub>ПК3.1</sub> , ИДК <sub>ПК3.2</sub> , ИДК <sub>ПК3.3</sub> ), ПК-5 (ИДК <sub>ПК5.1</sub> , ИДК <sub>ПК5.2</sub> , ИДК <sub>ПК5.3</sub> ) ПК-4 (ИДК <sub>ПК4.1</sub> , ИДК <sub>ПК4.2</sub> , ИДК <sub>ПК4.3</sub> )
	1.3	Ориентированный граф, взвешенный граф	1	1	устный опрос	ПК-3(ИДК <sub>ПК3.1</sub> , ИДК <sub>ПК3.2</sub> , ИДК <sub>ПК3.3</sub> ), ПК-5 (ИДК <sub>ПК5.1</sub> , ИДК <sub>ПК5.2</sub> , ИДК <sub>ПК5.3</sub> ) ПК-4 (ИДК <sub>ПК4.1</sub> , ИДК <sub>ПК4.2</sub> , ИДК <sub>ПК4.3</sub> )
	1.4	Числовые характеристики графа	1	1	устный опрос	ПК-3(ИДК <sub>ПК3.1</sub> , ИДК <sub>ПК3.2</sub> , ИДК <sub>ПК3.3</sub> ), ПК-5 (ИДК <sub>ПК5.1</sub> , ИДК <sub>ПК5.2</sub> , ИДК <sub>ПК5.3</sub> ) ПК-4 (ИДК <sub>ПК4.1</sub> , ИДК <sub>ПК4.2</sub> , ИДК <sub>ПК4.3</sub> )
	1.5	Маршрут, путь, цепь, цикл, простые цепь и цикл	1	1	устный опрос	ПК-3(ИДК <sub>ПК3.1</sub> , ИДК <sub>ПК3.2</sub> , ИДК <sub>ПК3.3</sub> ), ПК-5 (ИДК <sub>ПК5.1</sub> , ИДК <sub>ПК5.2</sub> , ИДК <sub>ПК5.3</sub> ) ПК-4 (ИДК <sub>ПК4.1</sub> , ИДК <sub>ПК4.2</sub> , ИДК <sub>ПК4.3</sub> )

	1.6	Ярус, диаметр, мост, точка сочленения	1	1	устный опрос	ПК-3(ИДК <sub>ПК3.1</sub> , ИДК <sub>ПК3.2</sub> , ИДК <sub>ПК3.3</sub> ), ПК-5 (ИДК <sub>ПК5.1</sub> , ИДК <sub>ПК5.2</sub> , ИДК <sub>ПК5.3</sub> ) ПК-4 (ИДК <sub>ПК4.1</sub> , ИДК <sub>ПК4.2</sub> , ИДК <sub>ПК4.3</sub> )
	1.7	Обходы графа	1	1	выполнение заданий в АТС	ПК-3(ИДК <sub>ПК3.1</sub> , ИДК <sub>ПК3.2</sub> , ИДК <sub>ПК3.3</sub> ), ПК-5 (ИДК <sub>ПК5.1</sub> , ИДК <sub>ПК5.2</sub> , ИДК <sub>ПК5.3</sub> ) ПК-4 (ИДК <sub>ПК4.1</sub> , ИДК <sub>ПК4.2</sub> , ИДК <sub>ПК4.3</sub> )
2	2.1	Путь, кратчайший путь	1	1	выполнение заданий в АТС	ПК-3(ИДК <sub>ПК3.1</sub> , ИДК <sub>ПК3.2</sub> , ИДК <sub>ПК3.3</sub> ), ПК-5 (ИДК <sub>ПК5.1</sub> , ИДК <sub>ПК5.2</sub> , ИДК <sub>ПК5.3</sub> ) ПК-4 (ИДК <sub>ПК4.1</sub> , ИДК <sub>ПК4.2</sub> , ИДК <sub>ПК4.3</sub> )
	2.2	Волновой алгоритм	1	1	выполнение заданий в АТС	ПК-3(ИДК <sub>ПК3.1</sub> , ИДК <sub>ПК3.2</sub> , ИДК <sub>ПК3.3</sub> ), ПК-5 (ИДК <sub>ПК5.1</sub> , ИДК <sub>ПК5.2</sub> , ИДК <sub>ПК5.3</sub> ) ПК-4 (ИДК <sub>ПК4.1</sub> , ИДК <sub>ПК4.2</sub> , ИДК <sub>ПК4.3</sub> )
	2.3	Обход в ширину, очередь	1	1	выполнение заданий в АТС	ПК-3(ИДК <sub>ПК3.1</sub> , ИДК <sub>ПК3.2</sub> , ИДК <sub>ПК3.3</sub> ), ПК-5 (ИДК <sub>ПК5.1</sub> , ИДК <sub>ПК5.2</sub> , ИДК <sub>ПК5.3</sub> ) ПК-4 (ИДК <sub>ПК4.1</sub> , ИДК <sub>ПК4.2</sub> , ИДК <sub>ПК4.3</sub> )
	2.4	Поиск выхода из лабиринта	1	1	выполнение заданий в АТС	ПК-3(ИДК <sub>ПК3.1</sub> , ИДК <sub>ПК3.2</sub> , ИДК <sub>ПК3.3</sub> ), ПК-5 (ИДК <sub>ПК5.1</sub> , ИДК <sub>ПК5.2</sub> , ИДК <sub>ПК5.3</sub> ) ПК-4 (ИДК <sub>ПК4.1</sub> , ИДК <sub>ПК4.2</sub> , ИДК <sub>ПК4.3</sub> ) ПК-2 (ИДК <sub>ПК2.1</sub> , ИДК <sub>ПК2.2</sub> , ИДК <sub>ПК2.3</sub> )
	2.5	Алгоритм Дейкстры	1	1	выполнение заданий в АТС	ПК-3(ИДК <sub>ПК3.1</sub> , ИДК <sub>ПК3.2</sub> , ИДК <sub>ПК3.3</sub> ), ПК-5 (ИДК <sub>ПК5.1</sub> , ИДК <sub>ПК5.2</sub> , ИДК <sub>ПК5.3</sub> ) ПК-4 (ИДК <sub>ПК4.1</sub> , ИДК <sub>ПК4.2</sub> , ИДК <sub>ПК4.3</sub> )
	2.6	Циклы отрицательного веса	1	1	выполнение	ПК-3(ИДК <sub>ПК3.1</sub> , ИДК <sub>ПК3.2</sub> ,

					заданий АТС	в ИДК <sub>ПК3.3</sub> ), ПК-5 (ИДК <sub>ПК5.1</sub> , ИДК <sub>ПК5.2</sub> , ИДК <sub>ПК5.3</sub> ) ПК-4 (ИДК <sub>ПК4.1</sub> , ИДК <sub>ПК4.2</sub> , ИДК <sub>ПК4.3</sub> )
	2.7	Алгоритм Форда-Беллмана	1	1	выполнение заданий АТС	в ПК-3(ИДК <sub>ПК3.1</sub> , ИДК <sub>ПК3.2</sub> , ИДК <sub>ПК3.3</sub> ), ПК-5 (ИДК <sub>ПК5.1</sub> , ИДК <sub>ПК5.2</sub> , ИДК <sub>ПК5.3</sub> ) ПК-4 (ИДК <sub>ПК4.1</sub> , ИДК <sub>ПК4.2</sub> , ИДК <sub>ПК4.3</sub> )
	2.8	Алгоритм Флойда	1	1	выполнение заданий АТС	в ПК-3(ИДК <sub>ПК3.1</sub> , ИДК <sub>ПК3.2</sub> , ИДК <sub>ПК3.3</sub> ), ПК-5 (ИДК <sub>ПК5.1</sub> , ИДК <sub>ПК5.2</sub> , ИДК <sub>ПК5.3</sub> ) ПК-4 (ИДК <sub>ПК4.1</sub> , ИДК <sub>ПК4.2</sub> , ИДК <sub>ПК4.3</sub> )
3	3.1	Поиск компонент связности, обход в глубину	1	1	выполнение заданий АТС	в ПК-3(ИДК <sub>ПК3.1</sub> , ИДК <sub>ПК3.2</sub> , ИДК <sub>ПК3.3</sub> ), ПК-5 (ИДК <sub>ПК5.1</sub> , ИДК <sub>ПК5.2</sub> , ИДК <sub>ПК5.3</sub> ) ПК-4 (ИДК <sub>ПК4.1</sub> , ИДК <sub>ПК4.2</sub> , ИДК <sub>ПК4.3</sub> )
	3.2	Алгоритм поиска мостов и точек сочленения	1	1	выполнение заданий АТС	в ПК-3(ИДК <sub>ПК3.1</sub> , ИДК <sub>ПК3.2</sub> , ИДК <sub>ПК3.3</sub> ), ПК-5 (ИДК <sub>ПК5.1</sub> , ИДК <sub>ПК5.2</sub> , ИДК <sub>ПК5.3</sub> ) ПК-4 (ИДК <sub>ПК4.1</sub> , ИДК <sub>ПК4.2</sub> , ИДК <sub>ПК4.3</sub> ) ПК-2 (ИДК <sub>ПК2.1</sub> , ИДК <sub>ПК2.2</sub> , ИДК <sub>ПК2.3</sub> )
	3.3	Двудольные графы и паросочетания. Алгоритм Куна поиска максимального паросочетания.	2	2	выполнение заданий АТС	в ПК-3(ИДК <sub>ПК3.1</sub> , ИДК <sub>ПК3.2</sub> , ИДК <sub>ПК3.3</sub> ), ПК-5 (ИДК <sub>ПК5.1</sub> , ИДК <sub>ПК5.2</sub> , ИДК <sub>ПК5.3</sub> ) ПК-4 (ИДК <sub>ПК4.1</sub> , ИДК <sub>ПК4.2</sub> , ИДК <sub>ПК4.3</sub> )
	3.4	Задача о назначениях, венгерский алгоритм решения задачи о назначениях	2	2	выполнение заданий АТС	в ПК-3(ИДК <sub>ПК3.1</sub> , ИДК <sub>ПК3.2</sub> , ИДК <sub>ПК3.3</sub> ), ПК-5 (ИДК <sub>ПК5.1</sub> , ИДК <sub>ПК5.2</sub> , ИДК <sub>ПК5.3</sub> ) ПК-4 (ИДК <sub>ПК4.1</sub> , ИДК <sub>ПК4.2</sub> , ИДК <sub>ПК4.3</sub> )
4	4.1	Сеть, поток в сети, пропускная способность, увеличивающий путь	2	2	выполнение заданий АТС	в ПК-3(ИДК <sub>ПК3.1</sub> , ИДК <sub>ПК3.2</sub> , ИДК <sub>ПК3.3</sub> ), ПК-5 (ИДК <sub>ПК5.1</sub> ,

						ИДК <sub>ПК5.2</sub> , ИДК <sub>ПК5.3</sub> ПК-4 (ИДК <sub>ПК4.1</sub> , ИДК <sub>ПК4.2</sub> , ИДК <sub>ПК4.3</sub> )
	4.2	Алгоритм Форда-Фалкерсона поиска максимального потока в сети	4	4	выполнение заданий в АТС	ПК-3(ИДК <sub>ПК3.1</sub> , ИДК <sub>ПК3.2</sub> , ИДК <sub>ПК3.3</sub> ), ПК-5 (ИДК <sub>ПК5.1</sub> , ИДК <sub>ПК5.2</sub> , ИДК <sub>ПК5.3</sub> ) ПК-4 (ИДК <sub>ПК4.1</sub> , ИДК <sub>ПК4.2</sub> , ИДК <sub>ПК4.3</sub> )
5	5.1	Дерево, элементы и методы представления дерева	1	1	устный опрос	
	5.2	Бинарные деревья и их приложение в обработке и хранении дан- ных	2	2	выполнение заданий в АТС	ПК-3(ИДК <sub>ПК3.1</sub> , ИДК <sub>ПК3.2</sub> , ИДК <sub>ПК3.3</sub> ), ПК-5 (ИДК <sub>ПК5.1</sub> , ИДК <sub>ПК5.2</sub> , ИДК <sub>ПК5.3</sub> ) ПК-4 (ИДК <sub>ПК4.1</sub> , ИДК <sub>ПК4.2</sub> , ИДК <sub>ПК4.3</sub> )
	5.3	Бинарное дерево поиска	1	1	выполнение заданий в АТС	ПК-3(ИДК <sub>ПК3.1</sub> , ИДК <sub>ПК3.2</sub> , ИДК <sub>ПК3.3</sub> ), ПК-5 (ИДК <sub>ПК5.1</sub> , ИДК <sub>ПК5.2</sub> , ИДК <sub>ПК5.3</sub> ) ПК-4 (ИДК <sub>ПК4.1</sub> , ИДК <sub>ПК4.2</sub> , ИДК <sub>ПК4.3</sub> ) ПК-2 (ИДК <sub>ПК2.1</sub> , ИДК <sub>ПК2.2</sub> , ИДК <sub>ПК2.3</sub> )
	5.4	Бинарная куча	1	1	выполнение заданий в АТС	ПК-3(ИДК <sub>ПК3.1</sub> , ИДК <sub>ПК3.2</sub> , ИДК <sub>ПК3.3</sub> ), ПК-5 (ИДК <sub>ПК5.1</sub> , ИДК <sub>ПК5.2</sub> , ИДК <sub>ПК5.3</sub> ) ПК-4 (ИДК <sub>ПК4.1</sub> , ИДК <sub>ПК4.2</sub> , ИДК <sub>ПК4.3</sub> ) ПК-2 (ИДК <sub>ПК2.1</sub> , ИДК <sub>ПК2.2</sub> , ИДК <sub>ПК2.3</sub> )
	5.5	Динамические алгоритмы на поддеревьях	1	1	выполнение заданий в АТС	ПК-3(ИДК <sub>ПК3.1</sub> , ИДК <sub>ПК3.2</sub> , ИДК <sub>ПК3.3</sub> ), ПК-5 (ИДК <sub>ПК5.1</sub> , ИДК <sub>ПК5.2</sub> , ИДК <sub>ПК5.3</sub> ) ПК-4 (ИДК <sub>ПК4.1</sub> , ИДК <sub>ПК4.2</sub> , ИДК <sub>ПК4.3</sub> )
		<b>Всего</b>	32			

АТС – автоматические тестирующие системы

#### 4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СР)

Тема	Задание	Формируемые компетенции
Тема 1 Алгоритмы построения минимального каркаса	Алгоритм Прима. Быстрая версия алгоритма Прима.	ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5
Тема 2 Система непересекающихся множеств	Алгоритм Краскала. СММ и её применение при реализации быстрого алгоритма Краскала	ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5
Тема 3 Дерево отрезков	Различные задачи на быстрые модификацию и поиск ответа на ДО	ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5

#### 4.4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Самостоятельная работа студентов всех форм и видов обучения является одним из обязательных видов образовательной деятельности, обеспечивающей реализацию требований Федеральных государственных стандартов высшего образования. Согласно требованиям нормативных документов самостоятельная работа студентов является обязательным компонентом образовательного процесса, так как она обеспечивает закрепление получаемых на лекционных занятиях знаний путем приобретения навыков осмысления и расширения их содержания, навыков решения актуальных проблем формирования общекультурных и профессиональных компетенций, научно-исследовательской деятельности, подготовки к семинарам, лабораторным работам, сдаче зачетов и экзаменов. Самостоятельная работа студентов представляет собой совокупность аудиторных и внеаудиторных занятий и работ. Самостоятельная работа в рамках образовательного процесса в вузе решает следующие задачи:

- закрепление и расширение знаний, умений, полученных студентами во время аудиторных и внеаудиторных занятий, превращение их в стереотипы умственной и физической деятельности;
- приобретение дополнительных знаний и навыков по дисциплинам учебного плана;
- формирование и развитие знаний и навыков, связанных с научно-исследовательской деятельностью;
- развитие ориентации и установки на качественное освоение образовательной программы;
- развитие навыков самоорганизации;
- формирование самостоятельности мышления, способности к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- выработка навыков эффективной самостоятельной профессиональной теоретической, практической и учебно-исследовательской деятельности.

**Подготовка к лекции.** Качество освоения содержания конкретной дисциплины прямо зависит от того, насколько студент сам, без внешнего принуждения формирует у себя установку на получение на лекциях новых знаний, дополняющих уже имеющиеся по данной дисциплине. Время на подготовку студентов к двухчасовой лекции по нормативам составляет не менее 0,2 часа.

**Подготовка к практическому занятию.** Подготовка к практическому занятию включает следующие элементы самостоятельной деятельности: четкое представление цели и задач его проведения; выделение навыков умственной, аналитической, научной деятельности, которые станут результатом предстоящей работы. Выработка навыков осуществляется с помощью получения новой информации об изучаемых процессах и с помощью знания о том, в какой степени в данное время студент владеет методами исследовательской деятельности, которыми

он станет пользоваться на практическом занятии. Подготовка к практическому занятию нередко требует подбора материала, данных и специальных источников, с которыми предстоит учебная работа. Студенты должны дома подготовить к занятию 3–4 примера формулировки темы исследования, представленного в монографиях, научных статьях, отчетах. Затем они самостоятельно осуществляют поиск соответствующих источников, определяют актуальность конкретного исследования процессов и явлений, выделяют основные способы доказательства авторами научных работ ценности того, чем они занимаются. В ходе самого практического занятия студенты сначала представляют найденные ими варианты формулировки актуальности исследования, обсуждают их и обосновывают свое мнение о наилучшем варианте. Время на подготовку к практическому занятию по нормативам составляет не менее 0,2 часа.

**Подготовка к лабораторному занятию.** Самостоятельная подготовка к лабораторному занятию направлена: на развитие способности к чтению научной и иной литературы; на поиск дополнительной информации в сети Интернет, позволяющей глубже разобраться в некоторых вопросах; на выделение при работе с разными источниками необходимой информации, которая требуется для полноценного выполнения практических заданий; на развитие умения осуществлять анализ выбранных источников информации, оценивания достоверности источника; на возможность самостоятельного решения ряда задач, предложенных для самостоятельного прорешивания. Время на подготовку к лабораторному занятию по нормативам составляет не менее 0,2 часа.

**Подготовка к коллоквиуму.** Коллоквиум представляет собой коллективное обсуждение раздела дисциплины на основе самостоятельного изучения этого раздела студентами. Подготовка к данному виду учебных занятий осуществляется в следующем порядке. Преподаватель дает список вопросов, ответы на которые следует получить при изучении определенного перечня научных источников. Студентам во внеаудиторное время необходимо прочитать специальную литературу, выписать из нее ответы на вопросы, которые будут обсуждаться на коллоквиуме, мысленно сформулировать свое мнение по каждому из вопросов, которое они выскажут на занятии. Время на подготовку к коллоквиуму по нормативам составляет не менее 0,2 часа.

**Подготовка к контрольной работе.** Контрольная работа назначается после изучения определенного раздела (разделов) дисциплины и представляет собой совокупность развернутых письменных ответов студентов на вопросы, которые они заранее получают от преподавателя. Самостоятельная подготовка к контрольной работе включает в себя: — изучение конспектов лекций, раскрывающих материал, знание которого проверяется контрольной работой; повторение учебного материала, полученного при подготовке к семинарским, практическим занятиям и во время их проведения; изучение дополнительной литературы, в которой конкретизируется содержание проверяемых знаний; составление в мысленной форме ответов на поставленные в контрольной работе вопросы; формирование психологической установки на успешное выполнение всех заданий. Время на подготовку к контрольной работе по нормативам составляет 2 часа.

**Подготовка к зачету.** Самостоятельная подготовка к зачету должна осуществляться в течение всего семестра. Подготовка включает следующие действия: перечитать все лекции, а также материалы, которые готовились к семинарским и практическим занятиям в течение семестра, соотнести эту информацию с вопросами, которые даны к зачету, если информации недостаточно, ответы находят в предложенной преподавателем литературе. Рекомендуются делать краткие записи. Время на подготовку к зачету по нормативам составляет не менее 4 часов.

**Подготовка к экзамену.** Самостоятельная подготовка к экзамену схожа с подготовкой к зачету, особенно если он дифференцированный. Но объем учебного материала, который нужно восстановить в памяти к экзамену, вновь осмыслить и понять, значительно больше, поэтому требуется больше времени и умственных усилий. Важно сформировать целостное представление о содержании ответа на каждый во-

прос, что предполагает знание разных научных трактовок сущности того или иного явления, процесса, умение раскрывать факторы, определяющие их противоречивость, знание имен ученых, изучавших обсуждаемую проблему. Необходимо также привести информацию о материалах эмпирических исследований, что указывает на всестороннюю подготовку студента к экзамену. Время на подготовку к экзамену по нормативам составляет 36 часов для бакалавров.

В ФБГОУ ВО «ИГУ» организация самостоятельной работы студентов регламентируется Положением о самостоятельной работе студентов, принятым Ученым советом ИГУ 22 июня 2012 г.

#### **4.5.ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ РАБОТ (ПРОЕКТОВ)**

Не предусмотрено.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

а) основная литература:

1. Алексеев, В. Б. Лекции по дискретной математике: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. ВПО 010400 "Прикладная математика и информатика" и 010300 "Фундамент. информатика и информ. технологии" / В. Б. Алексеев. - М. : Инфра-М, 2013. - 89 с. - ISBN 978-5-16-005559-6 (26 экз.)
2. Верников Б. М., Шур А. М. Графы и алгоритмы на них. Екатеринбург, изд-во Екатеринбургская академия современного искусства, 2012. - 158 с. Режим доступа: ЭБС "Лань" (<http://e.lanbook.com>, неограниченный доступ)
3. Балагура А. А. Комбинаторика. Булевы функции. Графы : учеб. пособие / А. А. Балагура, О. В. Кузьмин. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2012. - 114 с.(69 экз.)
4. Лакеев, А. В. Элементы теории обыкновенных графов: учеб.. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2014. - 83 с. (51 экз.)

б) дополнительная литература:

1. Асанов М. О., Баранский В. А., Расин В. В. Дискретная математика: графы, матроиды, алгоритмы: учебное пособие. Изд-во "Лань", 2020. - 364 с. Режим доступа: ЭБС "Лань" (<http://e.lanbook.com>, неограниченный доступ)
2. Вороненко, А. А. Дискретная математика. Задачи и упражнения с решениями: учеб.-метод. пособие : учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. ВПО 01.03.02 (010400) "Прикл. математика и информатика" и 02.03.02 (010300) "Фундамент. информатика и информ. технологии" / А. А. Вороненко, В. С. Федорова. - М. : Инфра-М, 2015. - 104 с.(25 экз.)

в) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:

1. e-maxx.ru
2. codeforces.com
3. acmp.ru
4. ru.algorithmica.org/

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. УЧЕБНО-ЛАБОРАТОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ:**

Для проведения лекционных и лабораторных занятий необходима компьютерная аудитория на 25 мест с презентационным оборудованием и доской.

### **6.2. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:**

1. CodeBlocks 20.03



2. NetBeans IDE6.7.1
3. Far Manager 20b1807.86
4. Python 3.8

### **6.3.ТЕХНИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОННЫЕ СРЕДСТВА:**

АТС acmp.ru, codeforces.com, olymp.isu.ru, презентационное оборудование, персональный компьютер с возможностью демонстрации презентаций и написанных программ.

## **7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

При реализации данного курса используются следующие образовательные технологии: технологии традиционного обучения, игровые технологии, технологии проблемного обучения, технологии обучения в сотрудничестве, технологии контекстного обучения, интерактивные технологии, технологии дистанционного обучения, активные педагогические технологии.

## **8. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

### **8.1. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ВХОДНОГО КОНТРОЛЯ**

Тесты в АТС на знание основных конструкций языков C++ и Python.

### **8.2. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ**

Текущий контроль осуществляется путем проверки решенных студентом задач на сайтах acmp.ru, codeforces.com, olymp.isu.ru

#### **Примеры оценочных средств текущего контроля**

##### **Алгоритм Флойда**

(Время: 1 сек. Память: 16 Мб Сложность: 36%)

Полный ориентированный взвешенный граф задан матрицей смежности. Постройте матрицу кратчайших путей между его вершинами. Гарантируется, что в графе нет циклов отрицательного веса.

##### **Входные данные**

В первой строке входного файла INPUT.TXT записано единственное число  $N$  ( $1 \leq N \leq 100$ ) - количество вершин графа. В следующих  $N$  строках по  $N$  чисел - матрица смежности графа ( $j$ -ое число в  $i$ -ой строке соответствует весу ребра из вершины  $i$  в вершину  $j$ ). Все числа по модулю не превышают 100. На главной диагонали матрицы - всегда нули.

##### **Выходные данные**

В выходной файл OUTPUT.TXT выведите N строк по N чисел - матрицу кратчайших расстояний между парами вершин. j-ое число в i-ой строке должно быть равно весу кратчайшего пути из вершины i в вершину j.

Пример

№ INPUT.TXT OUTPUT.TXT

```
1 4          0 5 7 13
    0 5 9 100 12 0 2 8
    100 0 2 8 11 16 0 7
    100 100 0 7 4
    4 100 100 0
```

### Алгоритм Форда-Беллмана

(Время: 1 сек. Память: 16 Мб Сложность: 38%)

Дан ориентированный граф, в котором могут быть кратные ребра и петли. Каждое ребро имеет вес, выражающийся целым числом (возможно, отрицательным). Гарантируется, что циклы отрицательного веса отсутствуют.

Требуется посчитать длины кратчайших путей от вершины номер 1 до всех остальных вершин.

Входные данные

Во входном файле INPUT.TXT записано сначала число N ( $1 \leq N \leq 100$ ) - количество вершин графа, далее идет число M ( $0 \leq M \leq 10000$ ) - количество ребер. Далее идет M троек чисел, описывающих ребра: начало ребра, конец ребра и вес (вес - целое число от -100 до 100).

Выходные данные

В выходной файл OUTPUT.TXT выведите N чисел - расстояния от вершины номер 1 до всех вершин графа. Если пути до соответствующей вершины не существует, вместо длины пути выведите число 30000.

Пример

№ INPUT.TXT OUTPUT.TXT

```
1 4 5      0 10 11 30000
1 2 10
2 3 10
1 3 100
3 1 -10
2 3 1
```

### Алгоритм Дейкстры

(Время: 1 сек. Память: 16 Мб Сложность: 47%)

Дан ориентированный взвешенный граф. Для него вам необходимо найти кратчайшее расстояние от вершины S до вершины F.

Входные данные

В первой строке входного файла INPUT.TXT записаны три числа: N, S и F ( $1 \leq N \leq 100$ ;  $1 \leq S, F \leq N$ ), где N - количество вершин графа. В следующих N строках записаны по N чисел - матрица смежности графа, где число в i-ой строке j-ом столбце соответствует ребру из i в j: -1 означает отсутствие ребра между вершинами, а любое неотрицательное целое число (от 0 до 100) - наличие ребра данного веса. На главной диагонали матрицы всегда записаны нули.

Выходные данные

В выходной файл OUTPUT.TXT необходимо вывести искомое расстояние или -1, если пути между указанными вершинами не существует.

Пример

№ INPUT.TXT OUTPUT.TXT

```
1 3 2 1      3
0 1 1
4 0 1
2 1 0
```

### Цикл отрицательного веса

(Время: 1 сек. Память: 16 Мб Сложность: 46%)

Дан взвешенный граф. Определить, есть ли в нем цикл отрицательного веса.

Входные данные

Во входном файле INPUT.TXT в первой строке записано число  $N$  ( $1 \leq N \leq 100$ ) - количество вершин графа. В следующих  $N$  строках находится по  $N$  чисел - матрица смежности графа. Веса ребер не превышают по модулю 10000. Если ребра нет, соответствующее значение равно 100000.

Выходные данные

В выходной файл OUTPUT.TXT выведите "YES", если цикл существует, или "NO" в противном случае.

Пример

№ INPUT.TXT OUTPUT.TXT

```
1 2      YES
    0 -1
    -1 0
```

### Коммерческий калькулятор

(Время: 1 сек. Память: 16 Мб Сложность: 52%)

Фирма OISAC выпустила новую версию калькулятора. Этот калькулятор берет с пользователя деньги за совершаемые арифметические операции. Стоимость каждой операции в долларах равна 5% от числа, которое является результатом операции.

На этом калькуляторе требуется вычислить сумму  $N$  натуральных чисел (числа известны). Нетрудно заметить, что от того, в каком порядке мы будем складывать эти числа, иногда зависит, в какую сумму денег нам обойдется вычисление суммы чисел (тем самым, оказывается нарушен классический принцип «от перестановки мест слагаемых сумма не меняется»).

Например, пусть нам нужно сложить числа 10, 11, 12 и 13. Тогда если мы сначала сложим 10 и 11 (это обойдется нам в \$1.05), потом результат — с 12 (\$1.65), и затем — с 13 (\$2.3), то всего мы заплатим \$5, если же сначала отдельно сложить 10 и 11 (\$1.05), потом — 12 и 13 (\$1.25) и, наконец, сложить между собой два полученных числа (\$2.3), то в итоге мы заплатим лишь \$4.6.

Напишите программу, которая будет определять, за какую минимальную сумму денег можно найти сумму данных  $N$  чисел.

Входные данные

Во входном файле INPUT.TXT записано число  $N$  ( $2 \leq N \leq 100000$ ). Далее идет  $N$  натуральных чисел, которые нужно сложить, каждое из них не превышает 10000.

## Выходные данные

В выходной файл OUTPUT.TXT выведите, сколько денег нам потребуется на нахождение суммы этих  $N$  чисел. Результат должен быть выведен с двумя знаками после десятичной точки без лидирующих нулей.

## Примеры

№ INPUT.TXT OUTPUT.TXT

1 4 4.60

10 11 12 13

2 2 0.10

1 1

## Адаптивный поиск

(Время: 2 сек. Память: 16 Мб Сложность: 80%)

Ни для кого не секрет, что в основе реляционной базы данных лежит таблица, которую можно рассматривать как одномерный массив записей. Известно, что при поиске все записи таблицы просматриваются последовательно, начиная с самой первой и заканчивая найденной.

Технический отдел компании установил, что часто бывает так, что поиск одной и той же записи в таблице производится несколько раз. Основываясь на этом, программисты решили после каждого нового поискового запроса менять порядок следования записей в таблице. Другими словами, после поиска найденная запись перемещается на первое место в таблице. Очевидно, что чем чаще осуществляется поиск определенной записи, тем ближе она будет к началу таблицы и тем быстрее будет поиск этой записи.

Вашей задачей является написать программу, которая для каждого из  $M$  последовательно заданных поисковых запросов будет определять количество просмотренных записей при поиске заданной. Для простоты обозначения будем считать, что имеется таблица с  $N$  записями, где запись – это число от 1 до  $N$ . В начале все записи в таблице расположены в порядке возрастания, то есть на  $i$ -м месте в таблице находится число  $i$ . Для приведенного ниже примера при  $M = 2$ ,  $N = 6$  и запросах на поиск чисел «5» и «3» потребуется 5 и 4 просмотра записей соответственно.

## Входные данные

Первая строка входного файла INPUT.TXT содержит два целых числа  $N$  и  $M$  ( $1 \leq N, M \leq 65535$ ) — количество записей в таблице и количество запросов на поиск соответственно. Числа разделены одиночным пробелом.

Вторая строка содержит  $M$  натуральных чисел  $A_i$  ( $1 \leq A_i \leq N$ ), разделенных одиночными пробелами, где  $A_i$  — запрос на поиск числа  $A_i$  в таблице. Запросы на поиск выполняются последовательно в порядке их ввода.

## Выходные данные

Единственная строка выходного файла OUTPUT.TXT должна содержать  $M$  натуральных чисел, разделенных одиночными пробелами,  $i$ -е число – это количество просмотренных записей при поиске числа  $A_i$ .

## Примеры

№ INPUT.TXT	OUTPUT.TXT
1 6 2 5 3	5 4
2 10 10 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	10 10 10 10 10 10 10 10 10 10
3 3 14 3 2 3 3 1 1 2 2 1 1 1 2 1	3 3 2 1 3 1 3 1 2 1 1 1 2 2

## 8.3. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ

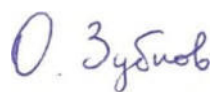
### Список вопросов для промежуточной аттестации:

#### Примерные вопросы к экзамену

1. Граф, определение, полный, планарный, двудольный графы. Ориентированный граф, взвешенный граф. Числовые характеристики графа.
2. Маршрут, путь, цепь, цикл, простые цепь и цикл. Ярус, диаметр, мост, точка сочленения.
3. Обходы графа.
4. Понятие алгоритма. Примеры алгоритмических процессов.
5. Сложность и эффективность алгоритма.
6. Путь, кратчайший путь. Волновой алгоритм.
7. Обход в ширину, очередь. Поиск выхода из лабиринта.
8. Графы с неотрицательными ребрами. Алгоритм Дейкстры.
9. Случай ребер разного знака. Циклы отрицательного веса.
10. Алгоритм Форда-Беллмана.
11. Алгоритм Флойда.

12. Поиск компонент связности, обход в глубину.
13. Алгоритм поиска мостов и точек сочленения.
14. Двудольные графы и паросочетания. Алгоритм Куна поиска максимального паросочетания.
15. Задача о назначениях, венгерский алгоритм решения задачи о назначениях.
16. Сеть, поток в сети, пропускная способность, увеличивающий путь.
17. Алгоритм Форда-Фалкерсона поиска максимального потока в сети.
18. Дерево, элементы и методы представления дерева.
19. Бинарные деревья и их приложение в обработке и хранении данных.
20. Бинарное дерево поиска.
21. Бинарная куча.
22. Дерево отрезков.

**Разработчик:**



(подпись)

доцент кафедры АиИС  
(занимаемая должность)

Зубков О.В.  
(Ф.И.О.)

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 02.03.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии» (уровень бакалавриата), утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 23 августа 2017 г. N 808, зарегистрированный в Минюсте России «14» сентября 2017 г. № 48185 с изменениями и дополнениями с изменениями и дополнениями от: 26 ноября 2020 г., 8 февраля 2021 г.

Программа рассмотрена на заседании кафедры Алгебраических и информационных систем ИМИТ ИГУ «4» апреля 2023 г.

Протокол № 9 Зав. кафедрой  Пантелеев В. И.

*Настоящая программа, не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.*