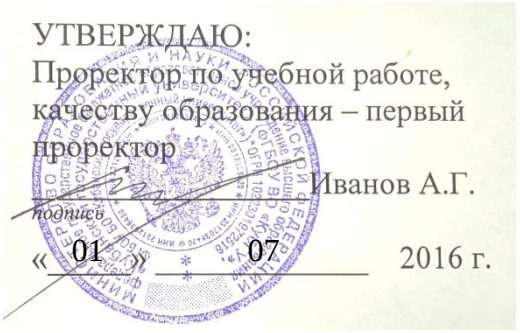
Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Кубанский государственный университет»

Факультет компьютерных технологий и прикладной математики
Кафедра вычислительных технологий



Р А Б О Ч А Я П Р О Г Р А М М А У Ч Е Б Н О Й Д И С Ц И П Л И Н Ы
Б1.Б.03 «ДИСКРЕТНАЯ МАТЕМАТИКА»

Направление подготовки/специальность_02.03.02 **Фундаментальная информатика и ин-формационные технологии**
(код и наименование направления подготовки/специальности)

Направленность (профиль) / специализация__Вычислительные технологии_____
(наименование направленности (профиля) специализации)

Программа подготовки _академический бакалавриат_____
(академическая /прикладная)

Форма обучения___очная_____
(очная, очно-заочная, заочная)

Квалификация (степень) выпускника____бакалавр_____
(бакалавр, магистр, специалист)

Краснодар 2016

Рабочая программа дисциплины Б1.Б.03 «ДИСКРЕТНАЯ МАТЕМАТИКА» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 02.03.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии

Программу составил(а):

Кособуцкая Екатерина Владимировна, доцент, к. физ.-мат. н.
Ф.И.О. , должность, ученая степень, ученое звание — подпись

Рабочая программа дисциплины Б1.Б.03 «ДИСКРЕТНАЯ МАТЕМАТИКА» утверждена на заседании кафедры
Вычислительных Технологий
протокол № 9 «22 » апреля 2016 г.

Заведующий кафедрой (разработчика) Миков А. И.
фамилия, инициалы — подпись

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета
Компьютерных Технологий и Прикладной Математики
протокол № 7 « 29» июня 2016 г.

Председатель УМК факультета Малыхин К. В.
фамилия, инициалы — подпись

Рецензенты:

Гаркуша О.В., доцент кафедры информационных технологий ФБГОУ ВО «Кубанский государственный университет», кандидат физико-математических наук.

Зайков В.П. Ректор НЧОУ ВО «Кубанский институт информзащиты» д.экон. наук, к.т.н., доцент.

1. Цели и задачи изучения дисциплины (модуля)

1.1 Цель освоения дисциплины

Цели изучения дисциплины «Дискретная математика» определены федеральным государственным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 02.03.02 «Фундаментальные информатика и информационные технологии», в рамках которого преподается дисциплина.

1.2 Задачи дисциплины

Основными задачами освоения дисциплины является изучение методов, алгоритмов и средств дискретной математики (дискретных структур), наиболее часто применяемым в фундаментальной информатике (компьютерных науках), и служащим основой для разработки информационных технологий.

1.3 Место дисциплины (модуля) в образовательной программе

Дисциплина «Дискретная математика» относится к базовой части обязательных дисциплин. Для изучения дисциплины необходимо знание обязательного минимума содержания среднего образования, в особенности математики и информатики и ИКТ. Знания, получаемые при изучении дискретной математики, используются при изучении всех дисциплин профессионального цикла учебного плана бакалавра.

1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Изучения данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся следующих **профессиональных компетенций**:

№ п.п	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или ее части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
1	ОПК-3	Способностью к разработке алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программирования, математических, информационных и имитационных моделей, созданию информационных ресурсов глобальных сетей, образовательного контента, прикладных баз данных, текстов и средств тестирования систем и средств на соответствие стандартам и исходным требованиям	основные постановки естественно-научных задач, приводящие к моделям дискретной математики	строить математические модели для процессов, исследуемых естественными науками	методами математического анализа и моделирования

2.	ПК-2	Способностью понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат, фундаментальные концепции и системные методологии, международные и профессиональные стандарты в области информационных технологий	методы математической логики, теории отношений, теории кодирования, применяемые при проектировании информационных систем	уметь решать задачи, сформулированные на языке дискретной математики	методами преобразований и вычислений в дискретной математике

2. Структура и содержание дисциплины

2.1 Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 15 зач.ед. (540 часов), их распределение по видам работ представлено в таблице.

Вид учебной работы		Всего часов	Семестры (часы)			
			1	2	3	
Контактная работа, в том числе:						
Аудиторные занятия (всего):		334	126	118	90	
Занятия лекционного типа		140	54	50	36	
Лабораторные занятия		194	72	68	54	
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)		-	-	-	-	
Иная контактная работа:						
Контроль самостоятельной работы (КСР)		10	4	2	4	
Промежуточная аттестация (ИКР)		1,2	0,5	0,2	0,5	
Самостоятельная работа, в том числе:						
Курсовая работа		-	-	-	-	
Проработка учебного (теоретического материала)		70,4	29,8	19,8	20,8	
Выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений, презентаций)		-	-	-	-	
Реферат		-	-	-	-	
Подготовка к текущему контролю		35	11	4	20	
Контроль:						
Подготовка к экзамену:		89,4	44,7	-	44,7	
Общая трудоемкость	**Час.**	**540**	**216**	**144**	**180**	
	В том числе контактная работа	**345.2**	**130.5**	**120.2**	**94.5**	
	Зач.ед.	**15**	**6**	**4**	**5**	

2.2 Структура дисциплины

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.

Разделы дисциплины, изучаемые в 1 семестре.

№	Наименование разделов (тем)	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛР	СР
1	2	3	4	5	6	7
1	Теория множеств	14	4	-	6	4
2	Отношения и функции	18	4	-	6	8
3	Алгебра логики	38	10	-	18	10
4	Логические исчисления	26	6	-	10	10
5	Элементы теории графов	71	30	-	32	9
	Итого:		54	-	72	41

Разделы дисциплины, изучаемые во 2 семестре.

№	Наименование разделов (тем)	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛР	СР
1	2	3	4	5	6	7
6	Транспортные сети	20	8		8	4
7	Элементы теории кодирования	60	20		36	4
8	Элементы криптографии	42	16		16	10
9	Элементы теории алгоритмов	20	6		8	6
	Итого:		50		68	24

Разделы дисциплины, изучаемые в 3 семестре.

№	Наименование разделов	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛР	СР
1	2	3	4	5	6	7
10	Элементы комбинаторики и комбинаторного анализа	93	24	-	48	21
11	Перечисление графов	38	12	-	6	20
	Итого:		36	-	54	41

2.3 Содержание разделов дисциплины

2.3.1 Занятия лекционного типа

№ раздела	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1	Теория множеств	Понятие множества. Подмножество, пустое множество, универсум. Способы задания множеств: перечислением элементов, указанием характеристического свойства, с помощью диаграмм Эйлера-Венна. Операции над множествами: объединение, пересечение, дополнение, разность. Свойства операций. Декартово произведение множеств. Мощность множества. Понятие равномощности. Конечное, счетно-бесконечное, счетное множества. Свойства счетных множеств.	ЛР
2	Отношения и функции	Понятия отношения, областей отправления и прибытия, множества значений. Обратное отношение. Понятие функции. Образы и прообразы. Сюрьекция, иньекция, биекция. Композиция отображений. Бинарные отношения, n-местные отношения. Способы задания бинарных отношений. Свойства бинарных отношений на множестве: рефлексивность, антирефлексивность, симметричность, антисимметричность, транзитивность.Отношение эквивалентности. Классы эквивалентности. Отношение порядка. Строгий и нестрогий порядок. Линейный порядок. Частичный порядок. Минимальные элементы. Замыкание отношений. Замыкание относительно свойства. Транзитивное замыкание. Рефлексивное замыкание.	ЛР
3	Алгебра логики	Определение булевой функции. Элементарные булевы функции. Способы задания булевых функций – формулы и таблицы. Алгебра булевых функций. Существенные и несущественные переменные. Правила подстановки. Законы алгебры логики. Определение ДНФ, КНФ, СДНФ, СКНФ. Разложение булевых функций по переменным. Представление любой булевой функции через дизъюнкцию, конъюнкцию и отрицание. Построение СДНФ и СКНФ. Схемы из функциональных элементов. Минимальные ДНФ. Принцип двойственности. Специальные классы булевых функций: сохраняющие нуль, сохраняющие единицу, самодвойственные, монотонные, линейные. Полиномы Жегалкина. Замыкание множества булевых функций. Свойства замыкания. Принадлежность некоторых булевых функций рассмотренным замкнутым классам. Полнота. Полные системы булевых функций. Теорема редук-	ЛР

		ции. Теорема Поста (критерий функциональной полноты).	
4	Логические исчисления	Исчисление высказываний. Алфавит исчисления высказываний. Формулы исчисления высказываний. Аксиомы исчисления высказываний. Правила вывода исчисления высказываний. Методы построения выводов. Исчисление предикатов. Понятие предиката. Область истинности. Тождественно-истинные, тождественно-ложные и выполнимые предикаты. Кванторы. Алфавит исчисления предикатов. Формулы исчисления предикатов. Аксиомы исчисления предикатов. Правила вывода исчисления предикатов. Логическое следование и логическая эквивалентность.	ЛР
5	Элементы теории графов	Основные понятия. Граф, мультиграф, псевдограф. Ориентированные, неориентированные графы. Смежность, инцидентность. Изолированные, концевые вершины. Изображение графов. Полные графы. Дополнение графа. Клика. Степень вершины в неориентированном графе. Теорема Эйлера. Степени вершин ориентированного графа. Изоморфизм графов. Способы задания графов: матрица инцидентности, список ребер графа, матрица смежности, списки смежности Части, суграфы, подграфы. Операции с частями графа: дополнение, сумма, произведение, прямая сумма. Графы и бинарные отношения. Маршруты, цепи, циклы. Длина маршрута. Расстояние между вершинами. Пути из вершин и ребер. Понятие достижимости. Связные компоненты графа. Транзитивное замыкание графа. Эйлеровы графы. Теорема Эйлера о сумме степеней. Эйлеров контур. Гамильтонов цикл. Гамильтоновы графы. Регулярные графы. Граф K_p , число ребер. Двудольные графы. Связный граф. Компоненты связности. Точки сочленения и мосты. Числа вершинной и реберной связности, неравенства. Связность в орграфах. Дерево, лес. Корневые деревья. Бинарные деревья. Остовные деревья. Алгоритм Краскала нахождения кратчайшего остова. Геометрические графы. Правильная реализация. Планарные графы. Операции стягивания и подразбиения ребра графа. Гомеоморфные графы. Грани планарного графа. Теорема Эйлера о соотношении количества вершин, ребер и граней связного планарного графа. Критерий планарности Понтрягина-Куратовского. Критерий планарности Вагнера. Реберный граф. Независимость и покрытия. Паросочетания. Совершенные паросочетания. Теорема Ф.Холла. Теорема Д.Кенига. Венгерская теорема. Алгоритм нахождения наибольшего паросочетания в двудольном графе. Задача о назначениях. Доминирующие множества.	ЛР

		Задача о наименьшем покрытии. Раскраска графов. Правильная раскраска. Алгоритм построения правильной раскраски. Хроматическое число. Хроматический многочлен. Понятие гиперкуба и код Грея. Взвешенные орграфы. Кратчайшие пути. Алгоритм Э. Дейкстры поиска кратчайшего пути.	
6	Транспортные сети	Понятие транспортной сети. Пропускная способность ребер. Поток, величина потока. Полный поток. Максимальные потоки. Сечения транспортных сетей. Алгоритм Форда-Фалкерсона нахождения максимального потока.	ЛР
7	Элементы теории кодирования	Понятие кодирования. Формулировка задачи кодирования. Свойства кодирования. Алфавитное кодирование. Критерий однозначности декодирования. Префиксный код. Алгоритм проверки однозначности декодирования. Неравенство Макмиллана. Алгоритм К. Шеннона построения префиксного кода по набору длин. Коды с минимальной избыточностью. Метод Хаффмена построения оптимальных кодов. Дерево кода. Самокорректирующиеся коды. Коды, обнаруживающие и исправляющие ошибки. Метод Хэмминга построения кодов, исправляющих одну ошибку. Геометрические свойства кодов Хемминга. Линейные коды. Свойства линейных кодов. Коды Грея и гиперкуб.	ЛР
8	Элементы криптографии	Криптология, криптография, криптоанализ, криптосистема. Шифрование и дешифрование. Симметричные и асимметричные криптосистемы. Распределение ключей, управление ключами. Криптостойкость шифра. Общие требования к современным криптосистемам. Элементарные сведения из модулярной арифметики. Использование модулярной арифметики в криптографии. Шифры замены. Аффинные шифры. Шифрование с открытым ключом.	ЛР
9	Элементы теории алгоритмов	Формализация понятия алгоритм. Машина Тьюринга. Компоненты. Правильные вычисления. Функции, вычислимые по Тьюрингу. Композиция машин Тьюринга.	ЛР
10	Элементы комбинаторики и комбинаторного анализа	Комбинаторные задачи. Размещения, сочетания и перестановки без повторений. Размещения, сочетания и перестановки с повторениями. Основные правила комбинаторики: правило суммы, правило произведения, правило включений и исключений. Бином Ньютона. Биномиальные коэффициенты. Треугольник Паскаля. Свойства биномиальных коэффициентов. Полиномиальные коэффициенты. Полиномиальная формула. Разбиение множества на блоки. Числа Стирлинга 2-го рода. Разбиения на циклы. Числа Стирлинга 1-го рода. Разбиение числа на слагаемые. Диаграммы Фер-	ЛР

		рерса. Рекуррентные соотношения. Примеры. Числа Каталана. Схема нахождения общего решения линейных рекуррентных уравнений. Однородное линейное рекуррентное уравнение. Характеристический многочлен. Случаи простых и кратных корней. Неоднородное линейное рекуррентное уравнение. Понятие производящей функции. Основные свойства производящей функции. Применение производящих функций для решения рекуррентных уравнений. Производящая функция биномиальных коэффициентов. Экспоненциальные производящие функции и их использование при решении комбинаторных задач. Подстановки (перестановки) и их свойства. Задача о разупорядочении. Произведение подстановок. Представление подстановок в виде произведения циклов. Тип подстановки. Цикловой индекс группы подстановок. Лемма Бернсайда. Теорема Пойа.	
11	Перечисление графов	Основные понятия. Помеченные графы. Производящая функция для помеченных графов. Автоморфизмы. Количество способов распределения пометок в графе. Производящая функция для помеченных орграфов. Число связных помеченных графов. Лемма пересчета всех помеченных графов. Экспоненциальные производящие функции помеченных и помеченных связных графов. Блоки. Экспоненциальные производящие функции для помеченных блоков. Производящая функция для помеченных эйлеровых графов. Число k-раскрашенных помеченных графов. Число помеченных деревьев. Теорема Кэли. Матричная теорема о деревьях. Эйлеровы контуры в орграфах. Матричная теорема о деревьях для орграфов.	ЛР

2.3.2 Занятия семинарского типа

Учебным планом не предусмотрены

2.3.3 Лабораторные занятия

№ работы	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Форма текущего контроля
1	1	Множества. Способы задания. Операции над множествами.	ЛР, КР
2	1	Множества. Доказательства тождеств. Метод математической индукции.	ЛР, КР
3	1	Мощность множеств.Формула включения и исключения.	ЛР, КР
4	2	Отношения и функции. Бинарные отношения на множестве. Матрицы бинарных отношений.	ЛР, КР
5	2	Свойства бинарных отношений на множестве.	ЛР, КР
6	2	Отношения эквивалентности и порядка.	ЛР, КР

7	3	Таблицы истинности. Формулы. Законы алгебры логики.	ЛР, КР
8	3	Существенные и фиктивные переменные.	ЛР, КР
9	3	Разложение булевых функций по переменным. Построение ДНФ, КНФ, СДНФ,СКНФ.	ЛР, КР
10	3	Принцип двойственности. Двойственные функции.	ЛР, КР
11	3	Специальные классы булевых функций: сохраняющие нуль, сохраняющие единицу, самодвойственные, монотонные,	ЛР, КР
12	3	Специальные классы булевых функций: линейные. Полиномы Жегалкина.	ЛР, КР
13	3	Полные системы булевых функций. Теорема редукции.	ЛР, КР
14	3	Полные системы булевых функций. Теорема Поста (критерий функциональной полноты).	ЛР, КР
15	3	Схемы из функциональных элементов.	ЛР
16	4	Вывод секвенций в исчислении высказываний.	ЛР
17	4	Построение выводов формул в исчислении высказываний	ЛР
18	4	Построение и преобразование формул логики предикатов	ЛР
19	4	Преобразования формул с кванторами	ЛР
20	4	Равносильность формул с предикатами	ЛР
21	5	Матрицы инцидентности, смежности, списки ребер и списки смежности ориентированных и неориентированных графов.	ЛР, КР
22	5	Полные графы. Дополнение графа. Части графа. Подграфы. Изоморфизм графов.	ЛР, КР
23	5	Маршруты, цепи, циклы. Связность графов.	ЛР, КР
24	5	Транзитивное замыкание. Определение количества путей заданной длины ориентированного графа.	ЛР, КР
25	5	Эйлеровы графы.	ЛР, КР
26	5	Остовное дерево. Алгоритм Краскала нахождения кратчайшего остова	ЛР
27	5	Планарные графы.	ЛР, КР
28	5	Независимость и покрытия.	ЛР, КР
29	5	Паросочетания. Алгоритм нахождения наибольшего паросочетания в двудольном графе. Задача о назначениях.	ЛР, КР
30	5	Доминирующие множества. Задача о наименьшем покрытии.	ЛР, КР
31	5	Раскраска графов. Правильная раскраска. Алгоритм построения правильной раскраски.	ЛР, КР
32	5	Хроматическое число. Хроматический многочлен.	ЛР, КР
33	5	Понятие гиперкуба и код Грея.	ЛР, КР
34	5	Алгоритм Э. Дейкстры поиска кратчайшего пути.	ЛР
35	5	Бинарные деревья поиска. Обход бинарных деревьев	ЛР
36	5	Алгоритмы поиска остовных деревьев.	ЛР
37	6	Максимальные потоки. Сечения транспортных сетей.	ЛР
38, 39	6	Алгоритм Форда-Фалкерсона нахождения максимального потока.	ЛР, КР
40	6	Топологическая сортировка сети.	ЛР, КР
41, 42	7	Префиксный код. Алгоритм проверки однозначности	ЛР

		декодирования	
43, 44	7	Неравенство Макмиллана. Алгоритм К. Шеннона построения префиксного кода по набору длин.	ЛР, КР
45,46	7	Коды с минимальной избыточностью.	ЛР, КР
47,48	7	Метод Хаффмена построения оптимальных кодов.	ЛР, КР
49	7	Дерево кода.	ЛР, КР
50, 51	7	Самокорректирующиеся коды.	ЛР, КР
52,53	7	Метод Хэмминга построения кодов, исправляющих одну ошибку.	ЛР, КР
54, 55	7	Линейные коды и их свойства. Порождающие матрицы.	ЛР
56	7	Поиск ошибок методом лидеров смежных классов.	ЛР
57	7	Коды Грея и гиперкуб.	ЛР
58	7	Двойственный код. Матрица контроля четности.	ЛР
59, 60	8	Элементы модулярной арифметики	ЛР
61	8	Шифры замены.	ЛР
62	8	Афинные шифры.	ЛР
63, 64	8	Шифрование с открытым ключом.	ЛР
65, 66	8	Элементы криптоанализа.	ЛР
67	9	Определение применимости заданной машины Тьюринга к заданному слову.	ЛР, КР
68	9	Построение простых машин Тьюринга.	ЛР, КР
69	9	Построение машин Тьюринга.	ЛР, КР
70	9	Композиция машин Тьюринга.	ЛР, КР
71	10	Решение задач на размещения, сочетания и перестановки без повторений	ЛР, КР
72	10	Решение задач на размещения, сочетания и перестановки с повторениями.	ЛР, КР
73	10	Правило включений и исключений Бином Ньютона. Биномиальные коэффициенты.	ЛР, КР
74	10	Свойства биномиальных коэффициентов. Полиномиальные коэффициенты	ЛР, КР
75	10	Разбиение множества на блоки. Числа Стирлинга 2-го рода.	ЛР, КР
76	10	Разбиения на циклы. Числа Стирлинга 1-го рода.	ЛР, КР
77	10	Разбиение числа на слагаемые.	ЛР, КР
78	10	Схема нахождения общего решения линейных рекуррентных уравнений. Однородное линейное рекуррентное уравнение. Простые корни	ЛР, КР
79, 80	10	Схема нахождения общего решения линейных рекуррентных уравнений. Однородное линейное рекуррентное уравнение. кратные корни	ЛР, КР
81, 82	10	Неоднородное линейное рекуррентное уравнение.	ЛР, КР
83, 84	10	Применение производящих функций для решения рекуррентных уравнений.	ЛР, КР
85, 86	10	Производящая функция биномиальных коэффициентов	ЛР, КР
87, 88	10	Экспоненциальные производящие функции и их использование при решении комбинаторных задач.	ЛР, КР
89	10	Подстановки (перестановки) и их свойства.	ЛР
90	10	Задача о разупорядочении	ЛР
91, 92	10	Представление подстановок в виде произведения циклов.	ЛР
93, 94	10	Цикловой индекс группы подстановок. Лемма Берн-	ЛР

		сайда.	
95	11	Число помеченных деревьев. Теорема Кэли	ЛР
96	11	Матричная теорема о деревьях.	ЛР
97	11	Матричная теорема о деревьях для орграфов.	ЛР

Примечание: КР – контрольная работа.

2.3.4 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Учебным планом не предусмотрены.

3. Образовательные технологии

При проведении занятий по дисциплине используются следующие образовательные технологии:

– технология разноуровнего обучения (дифференцированное обучение);

– технология коллективного взаимодействия (организованный диалог, коллективный способ обучения).

Технология адаптивного обучения (индивидуализированное обучение)

Семестр	Вид занятия (Л, ПЗ, ЛР)	Используемые интерактивные образовательные технологии	Количество часов
1	Л	Компьютерные презентации и обсуждение	54
1	ЛР	Разбор конкретных ситуаций (задач), тренинги по решению задач.	72
1	КСР	Проверка контрольных работ	4
2	Л	Компьютерные презентации и обсуждение	50
2	ЛР	Разбор конкретных ситуаций (задач), тренинги по решению задач.	68
2	КСР	Проверка контрольных работ	2
3	Л	Компьютерные презентации и обсуждение	36
3	ЛР	Разбор конкретных ситуаций (задач), тренинги по решению задач.	54
3	КСР	Проверка контрольных работ	4
Итого:			344

4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

4.1 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля

Фонд оценочных средств дисциплины состоит из средств текущего контроля выполнения контрольных работ, средств итоговой аттестации (зачет в 1, 2, 3 семестрах, и экзамен в 1-ом и 3-ем).

Оценка успеваемости осуществляется по результатам:

- выполнения контрольных работ;
- оценок коллоквиумов;
- ответов на теоретические вопросы при сдаче зачета;
- ответа на экзамене (для выявления знания и понимания теоретического материала дисциплины).

Образцы контрольных работ по основным разделам курса

Раздел 3. Алгебра логики

Вариант 1

1. Какие из следующих логических формул являются тождественно истинными (тавтологиями)

   1) $\overline{BC}+(AC\to B)$
   2) $AB\oplus(\overline{A+C})B$
   3) $(A\equiv B)+(B\oplus(C\to A))$
   4) $\overline{AB}+(A\equiv(C\to B))$
   5) $(B\oplus C)+(\overline{B\to A}\to C)$

2. Перечислить существенные переменные функции

   $((x\oplus yz)\to\bar{x}y)\vee\overline{z\to y}$

3. Построить СДНФ функции

   $((x\to yz)\to\bar{y})\oplus(yz\equiv xy)$

4. Методом неопределенных коэффициентов построить полином Жегалкина функции

   $\overline{x\to y}\oplus(x\equiv y)$

5. Выяснить, полна ли система функций.

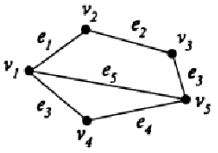
   $\Phi=\{\bar{x},\ x\vee(y\equiv z),(x\to y)\oplus zy\}$

Раздел 5. Элементы теории графов

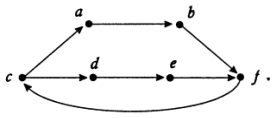
Вариант 1

1. Для следующих графов построить матрицы инцидентности, смежности, список ребер и список смежности.

а)



б)

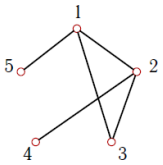


2. Для ориентированного графа п.1. найти количество путей длины 3.
3. Построить граф, соответствующий следующей матрице смежности, и определить количество путей длины 2.

$$\begin{bmatrix} 0&1&0&0&1&0\\ 1&0&1&1&0&0\\ 0&1&0&1&0&0\\ 0&1&1&0&1&1\\ 1&0&0&1&0&1\\ 0&0&0&1&1&0 \end{bmatrix}$$

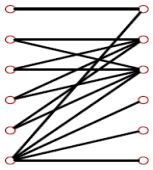
1. Проверить, является ли граф планарным. Ответ обосновать.

2. По заданному графу построить его реберный граф. Вычислить количество ребер построенного графа.



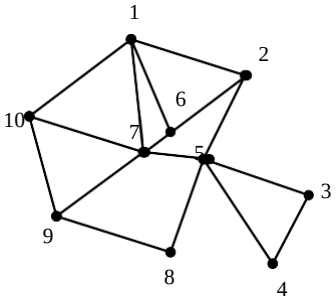
3. Построить правильную раскраску графа

4. В заданном двудольном графе найти число совершенных паросочетаний и одно из наибольших паросочетаний.



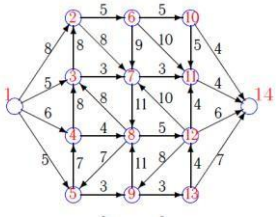
5. Найти:

a) независимое подмножество вершин графа, максимальное независимое подмножество вершин графа, наибольшее независимое подмножество вершин графа;
b) доминирующее подмножество вершин графа, минимальное доминирующее подмножество вершин графа, наименьшее доминирующее подмножество вершин графа;
c) вершинное покрытие графа, минимальное вершинное покрытие графа, наименьшее вершинное покрытие графа;
d) реберное покрытие графа, минимальное реберное покрытие графа, наименьшее реберное покрытие графа.

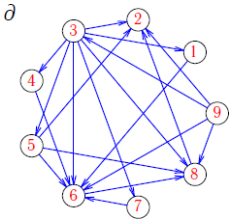


Раздел 6. Транспортные сети

1. Задана пропускная способность дуг транспортной сети. Исток в вершине 1 и сток в вершине 14. Определить максимальный поток сети.



2. Найти порядковую функцию сети.



Раздел 7. Элементы теории кодирования

Вариант 1

1. Выбрать максимальное по числу элементов подмножество B множества A с условием, что двоичные разложения наименьшей длины чисел из B представляют собой префиксный код
   A={2, 3, 7, 8, 11, 12, 13, 14}.
2. Построить двоичный префиксный код C с заданной последовательностью L длин кодовых слов.
   L=(2, 2, 3, 3, 4, 4, 4, 4).
3. С помощью неравенства Макмиллана выяснить, может ли набор чисел L быть набором длин кодовых слов однозначно декодируемого кода в q-значном алфавите
   L=(1, 2, 2, 2, 3, 3, 3, 3), q=3.
4. С помощью процедуры Хаффмена построить двоичный код с минимальной избыточностью для набора вероятностей P
   P=(0,3; 0,3; 0,2; 0,04; 0,03; 0,03; 0,03; 0,03; 0,03; 0,01).
5. Построить оптимальный (P, q)-код для заданных P и q
   P=(0,3; 0,2; 0,1; 0,1; 0,1; 0,1; 0,1), q=4.
6. Для префиксного кода C с заданным набором P построить дерево D(C, P, q), соответствующее коду. Определить, является ли дерево насыщенным.
   $C = \{0,\ 10,\ 11,\ 120,\ 121,\ 122\}, \quad P = \left(\frac{1}{2};\ \frac{1}{6};\ \frac{1}{12};\ \frac{1}{12};\ \frac{1}{12};\ \frac{1}{12}\right);$
7. Построить по методу Хэмминга кодовое слово для сообщения α=10101011.
8. По каналу связи передавалось кодовое слово, построенное по методу Хэмминга для сообщения α. После передачи по каналу связи, искажающему слово не более чем в одном разряде, было получено слово β. Восстановить исходное сообщение.
   β=110001110.

Раздел 9. Элементы теории алгоритмов.

Вариант № 1.

1. Выяснить, применима ли машина Тьюринга Т к слову Р. Предполагается, что q_1 – начальное состояние, q_0 – заключительное состояние, в начальный момент головка машины обозревает самую левую единицу на ленте и в качестве пустого символа берется 0.

   T: $q_10 \to q_21R$ P=$1^3 01^2$
   $q_11 \to q_21L$
   $q_20 \to q_31R$
   $q_21 \to q_30R$
   $q_31 \to q_11R$
   $q_30 \to q_00S$

2. По заданной машине Тьюринга Т и начальной конфигурации K_1 найти заключительную конфигурацию

   T: $q_10 \to q_21R$ $K_1=1^2 01q_11^2$
   $q_11 \to q_20L$
   $q_20 \to q_01S$
   $q_21 \to q_11L$

3. Построить в алфавите {0,1} машину Тьюринга, переводящую конфигурацию $K_1 = q_1 1^n$ в конфигурацию $K_0=q_0 1^n\, 01^n (n\geq 1)$.

4. Построить композицию $T_1 \cdot T_2$ машин Тьюринга T_1 и T_2 по паре состояний (q_{10}, q_{21}) и найти результат применения композиции к слову $D = 1^4 0^2 1^3 01^2$.

T_1:

	0	1
q_{11}	$q_{10}0L$	$q_{12}1R$
q_{12}	$q_{13}0R$	$q_{13}1R$
q_{13}	$q_{11}0R$	$q_{11}0R$

T_2:

	0	1
q_{21}	$q_{22}1L$	$q_{22}1L$
q_{22}	$q_{20}0R$	$q_{21}0L$

Раздел 10. Элементы комбинаторики и комбинаторного анализа.

Контрольная работа № 1

1. Сколькими способами из колоды карт в 36 листов можно выбрать неупорядоченный набор из 5 карт так, чтобы в этом наборе было бы точно 1 король, 2 дамы, 1 пиковая карта.
2. Сколько различных слов можно получить перестановкой букв слова ***атаман,*** при условии, что согласные идут в алфавитном порядке, но буквы «***а»*** не стоят рядом.
3. Сколько натуральных чисел от 1 до 1000 не делятся ни на 4, ни на 5, ни на 6, ни на 7.
4. Подсчитать количество различных перестановок цифр числа ***4244522***, при которых ни какие 3 одинаковые цифры не идут рядом.
5. Сколькими способами можно разложить 5 различных открыток по 3-м различным конвертам, если пустых конвертов быть не должно.
6. Сколько четырехбуквенных слов можно составить, используя буквы из набора ***aaa,bbbb,cc, dd***.

Контрольная работа № 2

1. Выразить дробь через элементарные дроби $\dfrac{x^2}{(x-1)(x+3)(x-5)}$.
2. Найти решение рекуррентного уравнения 4-го порядка

   $u_0 = 3;\quad u_1 = -3;\quad u_2 = 12;\quad u_3 = -3;$

   $u_n = 3u_{n-1} + 3u_{n-2} - 7u_{n-3} - 6u_{n-4};\quad n \geq 4.$
3. Найти решение рекуррентного уравнения методом производящих функций

   $u_0 = 0;\ u_1 = -9;$

   $u_n = -2u_{n-1} + 8u_{n-2} + 27 \cdot 5^n;\ n \geq 2.$
4. В урне 4 красных, 6 синих, 7 зеленых и 3 белых шара. Сколько существует способов выбора 8 ша ров, если зеленых должно быть не менее 2-х, синих четное количество, красных – 1 шар.
5. Найти производящую функцию, в которой коэффициент при x^n описывает количество неотрицательных целочисленных решений уравнения

   $x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = n,$ где $0 \leq x_1 \leq 3$ и x_2 четно .
6. Сколько последовательностей длины 8 можно сформировать из целых чисел 1, 2, 3, 4, если должно быть одна цифра 3, не менее двух цифр 4, нечетное количество цифр 1 и четное количество цифр 2.

Образцы вопросов к коллоквиуму (1 семестр)

1. Понятие множества. Способы задания множеств. Примеры.
2. Операции над множествами. Свойства операций. Декартово произведение множеств.
3. Мощность множества. Понятие равномощности. Конечное, счетно-бесконечное, счетное множества. Свойства счетных множеств.
4. Понятие отношения. Образы и прообразы. Обратное отношение. Примеры.
5. Понятие функции. Сюрьекция, иньекция, биекция. Композиция отображений.
6. Бинарные отношения, n-местные отношения. Способы задания бинарных отношений. Примеры.
7. Свойства бинарных отношений на множестве.
8. Отношение эквивалентности. Классы эквивалентности. Примеры.
9. Отношение порядка. Строгий и нестрогий порядок. Линейный порядок. Частичный порядок. Минимальные элементы.
10. Замыкание отношений. Замыкание относительно свойства. Транзитивное замыкание. Рефлексивное замыкание.
11. Определение булевой функции. Элементарные булевы функции. Способы задания булевых функций – формулы и таблицы.
12. Законы алгебры логики. Правила подстановки. Существенные и несущественные переменные.
13. Определение ДНФ, КНФ, СДНФ, СКНФ. Разложение булевых функций по переменным.
14. Представление любой булевой функции через дизъюнкцию, конъюнкцию и отрицание. Построение СДНФ и СКНФ. Минимальные ДНФ.
15. Принцип двойственности.
16. Специальные классы булевых функций: сохраняющие нуль, сохраняющие единицу, самодвойственные, монотонные, линейные.
17. Полиномы Жегалкина. Построение методом неопределенных коэффициентов.
18. Полиномы Жегалкина. Построение преобразованием вектора значений функции.
19. Замыкание множества булевых функций. Свойства замыкания.
20. Полные системы булевых функций. Теорема редукции. Теорема Поста (критерий функциональной полноты).

Перечень вопросов, которые выносятся на экзамен в 1 семестре

1. Понятие множества. Способы задания множеств. Примеры.
2. Операции над множествами. Свойства операций. Декартово произведение множеств.
3. Мощность множества. Понятие равномощности. Конечное, счетно-бесконечное, счетное множества. Свойства счетных множеств.
4. Понятие отношения. Образы и прообразы. Обратное отношение. Примеры.
5. Понятие функции. Сюрьекция, иньекция, биекция. Композиция отображений.
6. Бинарные отношения, n-местные отношения. Способы задания бинарных отношений. Примеры.
7. Свойства бинарных отношений на множестве.
8. Отношение эквивалентности. Классы эквивалентности. Примеры.
9. Отношение порядка. Строгий и нестрогий порядок. Линейный порядок. Частичный порядок. Минимальные элементы.
10. Замыкание отношений. Замыкание относительно свойства. Транзитивное замыкание. Рефлексивное замыкание.
11. Определение булевой функции. Элементарные булевы функции. Способы задания булевых функций – формулы и таблицы.
12. Законы алгебры логики. Правила подстановки. Существенные и несущественные переменные.
13. Определение ДНФ, КНФ, СДНФ, СКНФ. Разложение булевых функций по переменным.
14. Представление любой булевой функции через дизъюнкцию, конъюнкцию и отрицание. По-

строение СДНФ и СКНФ.
15. Схемы из функциональных элементов. Минимальные ДНФ.
16. Принцип двойственности.
17. Специальные классы булевых функций: сохраняющие нуль, сохраняющие единицу, самодвойственные, монотонные, линейные.
18. Полиномы Жегалкина. Построение методом неопределенных коэффициентов.
19. Замыкание множества булевых функций. Свойства замыкания.
20. Полные системы булевых функций. Теорема редукции. Теорема Поста (критерий функциональной полноты).
21. Понятие логического исчисления. Исчисление высказываний. Аксиомы и схемы аксиом, правила вывода.
22. Понятие предиката. Исчисление предикатов. Примеры применения логики предикатов для записи математических выражений.
23. Основные понятия теории графов. Изоморфизм графов. Примеры.
24. Определение неориентированного графа; способы задания. Примеры.
25. Определение ориентированного графа; способы задания. Примеры.
26. Части, суграфы, подграфы. Операции с частями графов.
27. Маршруты, цепи, циклы.
28. Эйлеровы графы, эйлеровы циклы. Гамильтоновы циклы.
29. Понятие связности неориентированных графов. Точки сочленения, мосты, блоки. Меры связности. Примеры.
30. Понятие связности для ориентированных графов. Примеры.
31. Деревья. Основные свойства деревьев. Бинарные деревья. Примеры.
32. Остовное дерево. Число остовов. Матричная теорема Кирхгофа.
33. Геометрические графы. Реализуемость графов. Планарность графов.
34. Взвешенные орграфы. Кратчайшие пути.

Перечень вопросов, которые выносятся на зачет во 2 семестре

1. Понятие транспортной сети. Пропускная способность ребер. Поток, величина потока. Полный поток.
2. Максимальные потоки. Сечения транспортных сетей.
3. Алгоритм Форда-Фалкерсона нахождения максимального потока.
4. Понятие кодирования. Формулировка задачи кодирования. Свойства кодирования.
5. Алфавитное кодирование. Критерий однозначности декодирования. Префиксный код.
6. Алгоритм проверки однозначности декодирования.
7. Неравенство Макмиллана. Алгоритм К. Шеннона построения префиксного кода по набору длин.
8. Коды с минимальной избыточностью. Метод Хаффмена построения оптимальных кодов. Дерево кода.
9. Самокорректирующиеся коды. Коды, обнаруживающие и исправляющие ошибки. Метод Хэмминга построения кодов, исправляющих одну ошибку.
10. Геометрические свойства кодов Хемминга.
11. Линейные коды. Свойства линейных кодов.
12. Коды Грея и гиперкуб.
13. Криптология, криптография, криптоанализ, криптосистема.
14. Шифрование и дешифрование. Симметричные и асимметричные криптосистемы. Распределение ключей, управление ключами. Криптостойкость шифра.
15. Общие требования к современным криптосистемам.
16. Элементарные сведения из модулярной арифметики. Использование модулярной арифметики в криптографии.
17. Шифры замены.
18. Аффинные шифры.
19. Шифрование с открытым ключом

20. Формализация понятия алгоритм. Машина Тьюринга. Компоненты.
21. Правильные вычисления. Функции, вычислимые по Тьюрингу. Композиция машин Тьюринга

Перечень вопросов, которые выносятся на экзамен в 3 семестре

1. Транспортные сети. Основные понятия и определения. Теорема.
2. Максимальные потоки. Теорема.
3. Основные понятия и примеры кодирования. Постановка задач теории кодирования.
4. Алфавитное кодирование. Взаимно-однозначное кодирование. Примеры.
5. Теорема Маркова и неравенство Мак-Миллана.
6. Двоичное кодирование.
7. Коды с минимальной избыточностью. Процедура Хаффмена для построения оптимального (p,2)-кода.
8. Дерево кода.
9. Коды, обнаруживающие и исправляющие ошибки.
10. Построение кодов Хэмминга.
11. Геометрические свойства кодов Хэмминга.
12. Линейные коды.
13. Свойства линейных кодов.
14. Понятие двойственного кода. Теорема.
15. Матрица Хэмминга.
16. Коды Грея.
17. Размещения, перестановки и сочетания без повторений. Примеры.
18. Размещения, перестановки и сочетания с повторениями. Примеры.
19. Основные правила комбинаторики. Правило суммы и произведения. Правило включений и исключений. Примеры.
20. Бином Ньютона. Биномиальные коэффициенты. Свойства биномиальных коэффициентов. Полиномиальные коэффициенты.
21. Разбиения. Числа Стирлинга 2-го рода. Разбиение числа на слагаемые.
22. Рекуррентные соотношения. Определения и примеры.
23. Схема нахождения общего решения однородного линейного рекуррентного уравнения. Примеры.
24. Схема нахождения общего решения неоднородного линейного рекуррентного уравнения. Примеры.
25. Понятие производящей функции. Примеры.
26. Решение рекуррентных уравнений с помощью производящих функций.
27. Использование производящих функций для комбинаторных подсчетов. Производящая функция биномиальных коэффициентов.
28. Экспоненциальные производящие функции.
29. Подстановки. Свойства подстановок. Разупорядочение.
30. Понятие циклового индекса. Лемма Бернсайда. Теорема Пойа.
31. Основные понятия теории перечисления графов. Подсчет количества неориентированных помеченных графов порядка p.
32. Подсчет количества ориентированных помеченных графов порядка p.
33. Подсчет количества связных помеченных графов порядка p.
34. Лемма пересчета помеченных графов. Теорема о соотношении экспоненциальных производящих функций для помеченных графов и помеченных связных графов.
35. Помеченные блоки. Соотношение для экспоненциальных производящих функций помеченных блоков и связных графов.
36. Подсчет количества помеченных эйлеровых графов.
37. Подсчет количества k-раскрашенных помеченных графов.
38. Теорема Кэли подсчета количества помеченных деревьев порядка p. Код Прюфера.
39. Матричная теорема о деревьях.

40. Эйлеровы контуры в ориентированных графах.

4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

4.2.1 Пример тестового задания

4.2.2 Критерии оценивания к зачету

Оценка “зачтено” - практические задания выполнены в срок в объеме не менее 80%. студент демонстрирует правильные, уверенные действия по применению полученных знаний на практике, грамотное и логически стройное изложение материала при аргументации ответов на вопросы при защите лабораторных.

Оценка «не зачтено» - практические задания не выполнены либо предоставлены не в срок в объеме менее 60%, студент демонстрирует наличие грубых ошибок в ответе, непонимание сущности излагаемого вопроса, неумение применять знания на практике, неуверенность и неточность ответов на дополнительные и наводящие вопросы.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;

– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

– при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

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

Для лиц с нарушениями зрения:

– в печатной форме увеличенным шрифтом,

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

4.2.3 Критерии оценивания к экзамену

Оценка «отлично»: точные формулировки алгоритмов, теорем и правильные доказательства; точные определения математических объектов и ясные и правильные определения объектов, характеризующихся неформализованными понятиями.

Оценка «хорошо»: при ответе на один вопрос даны точные формулировки алгоритмов, теорем и правильные доказательства; точные определения математических объектов и ясные и правильные определения объектов, характеризующихся неформализованными понятиями; при ответе на второй вопрос имеются неточности формулировки алгоритмов, теорем или пробелы в правильных доказательствах; недостаточно точные определения математических объектов или

неясные и не совсем правильные определения объектов, характеризующихся неформализованными понятиями.

Оценка «удовлетворительно»: при ответе на оба вопроса имеются неточности формулировки алгоритмов, теорем или пробелы в правильных доказательствах; недостаточно точные определения математических объектов или неясные и не совсем правильные определения объектов, характеризующихся неформализованными понятиями.

Оценка «неудовлетворительно»: отсутствует ответ хотя бы на один из вопросов или имеются существенные неточности в формулировках алгоритмов, теорем, приведены неправильные доказательства; неверные определения математических объектов и неправильные определения объектов, характеризующихся неформализованными понятиями.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;

– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

– при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

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

Для лиц с нарушениями зрения:

– в печатной форме увеличенным шрифтом,

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

5.1 Основная литература

1. Новиков Ф. А. Дискретная математика для программистов : : учебное пособие для студентов вузов / / Новиков, Федор Алексеевич. ; Ф. А. Новиков. - 2-е изд. - СПб. [и др.] : ПИТЕР , 2004. - 363 с. : : ил. - (Учебник для вузов.). с. 349-350. - ISBN 5947237415979. (29 экз. в библиотеке КубГУ).
2. Мальцев И.А. Дискретная математика. Издательство "Лань", 2011, ISBN: 978-5-8114-1010-1, 304 с. (электронный ресурс библиотеки КубГУ).
3. Шевелев Ю.П. Дискретная математика. Издательство "Лань", 2008, ISBN 978-5-8114-0810-8, 592 с. (электронный ресурс библиотеки КубГУ).
4. Лихтарников Л.М., Сукачева Т.Г. Математическая логика. Курс лекций. Задачник-практикум и решения. Издательство "Лань", 2009, ISBN: 978-5-8114-0082-9, 288 с. (электронный ресурс библиотеки КубГУ).

5.2 Дополнительная литература

1. Дискретная математика [Текст] : учебное пособие для студентов учреждений среднего профессионального образования / С. А. Канцедал. - Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2013. - 221 с. - (Профессиональное образование). - Библиогр.: с. 218-219. (19 экз. в библиотеке КубГУ).

2. Дискретная математика. Контролирующие материалы к тестированию [Текст] : учебное пособие / И. В. Бабичева. - Изд. 2-е, испр. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2013. - 159 с. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Библиогр.: с. 156-157. (22 экз. в библиотеке КубГУ)

3. Хаггарти, Р. Дискретная математика для программистов : учебное пособие / Р. Хаггарти ; пер. с англ. под ред. С.А. Кулешова ; пер. с англ. А.А. Ковалев, В.А. Головешкин, М.В. Ульянова. - изд. 2-е, испр. - Москва : РИЦ "Техносфера", 2012. - 400 с. : табл., схем. - (Мир программирования). - ISBN 978-5-94836-303-5 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=89024

1. .

6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Электронная библиотечная система eLIBRARY.RU (http://www.elibrary.ru)/

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

По курсу предусмотрено проведение лекционных занятий, на которых дается основной систематизированный материал, и лабораторных работ, во время которых закрепляется теоретический материал решением задач.

Важнейшим этапом курса является самостоятельная работа по дисциплине с использованием указанных литературных источников.

Для лучшего освоения дисциплины при ответах на ЛР студент должен ответить на несколько вопросов из лекционной части курса.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

8.1 Перечень информационных технологий.

– Проверка домашних заданий и консультирование посредством электронной почты.

– Использование электронных презентаций при проведении лекций и практических занятий.

8.2 Перечень необходимого программного обеспечения

MSOffice.

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

№	Вид работ	Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и оснащенность
1.	Лекционные занятия	Лекционная аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) и соответствующим программным обеспечением (ПО) PowerPoint. ауд. 129, 131, А305.
2.	Лабораторные занятия	Аудитории для лабораторных занятий, оборудованные досками.
3.	Групповые (индивидуальные) консультации	Аудитории для лабораторных занятий, оборудованные досками.
4.	Текущий контроль, промежуточная аттестация	Аудитория, приспособленная для письменного ответа при промежуточной аттестации.
5.	Самостоятельная работа	Кабинет для самостоятельной работы, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», программой экранного увеличения и обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.