Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Факультет вычислительной математики и кибернетики

УТВЕРЖДАЮ
декан факультета вычислительной
математики и кибернетики

_____________/И.А. Соколов /
«27» сентября 2022г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

по дисциплине

Основы кибернетики

Уровень высшего образования:

бакалавриат

Направление подготовки / специальность:

01.03.02 "Прикладная математика и информатика" (3++)

Направленность (профиль) ОПОП:

Искусственный интеллект и анализ данных

Форма обучения:

очная

Рассмотрен и утвержден

на заседании Ученого совета факультета ВМК

(протокол №7, от 27 сентября 2022 года)

Москва 2022

1. ФОРМЫ И ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

В процессе и по завершении изучения дисциплины оценивается формирование у студентов следующих компетенций:

Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)		
Содержание и код компетенции.	**Индикатор (показатель) достижения компетенции**	**Планируемые результаты обучения по дисциплине, сопряженные с индикаторами достижения компетенций**
ОПК-2. Способен использовать и адаптировать существующие математические методы и системы программирования для разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач	ОПК-2.1. Знание приемов написания и анализа алгоритмов и компьютерных программ; ОПК-2.2. Способность анализировать и конструировать конкретные алгоритмы на языке высокого уровня для решения разнообразных математических задач на компьютере. ОПК-2.3. Знание парадигм структурного, процедурно-модульного и объектно-ориентированного программирования на языке высокого уровня.	Знать: 1. основы теории дизъюнктивных нормальных форм (ДНФ); 2. основы теории эквивалентных преобразований схем; 3. основные методы синтеза логических схем, а также базовые приемы получения нижних оценок сложности систем булевых функций, реализованных схемами; 4. элементы теории надежности и контроля управляющих систем; 5. основы теории NP-полных алгоритмов; 6. методологию построения и анализа основных моделей, возникающих в рамках теории дискретных управляющих систем и теории алгоритмов; 7. методы получения оценок и характер роста функций Шеннона сложности и длины ДНФ и функций Шеннона сложности схем (в том числе для некоторых специальных классов функций и для схем с некоторыми связанными с требованиями самокорректирования ограничениями). Уметь: 1. получать схемные и формульные представления для булевых функций, находить оценки сложности их реализаций; 2. строить эквивалентные преобразования формул и схем; 3. строить близкие к оптимальным тесты для схем, получать оценки длины миимальных тестов;

		4. доказывать NP-полноту некоторых задач методом полиномиального сведения к ним других задач; 5. доказывать полиномиальность некоторых алгоритмов; 6. применять на практике основные методы теории дискретных управляющих систем; 7. находить, анализировать и обрабатывать научно-техническую информацию в областях, примыкающих к математической кибернетике. Владеть: 1. основными методами дискретной математики и теории управляющих систем для решения научных и прикладных задач; 2. навыками решения практических задач методами математической кибернетики и теории управляющих систем; 3. современной методологией теории управляющих систем для установления новых научных фактов в области математической кибернетики.

1.1. Текущий контроль успеваемости

Текущий контроль успеваемости осуществляется путем оценки результатов выполнения заданий практических (семинарских) занятий, самостоятельной работы, предусмотренных учебным планом и посещения занятий/активность на занятиях.

В качестве оценочных средств текущего контроля успеваемости предусмотрены:

контрольная работа

ВАРИАНТ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ №1

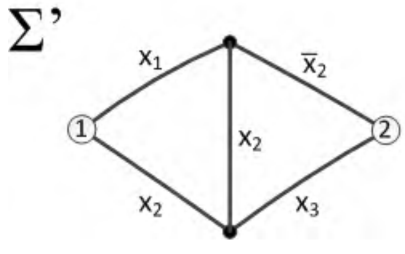
1. Определение элементарной конъюнкции и элементарной дизъюнкции, ДНФ и КНФ, их «геометрическая» интерпретация. Критерий единственности ДНФ.
2. Определение пучка, регулярной точки и регулярной грани ФАЛ; ДНФ ΣT и критерий вхождения в неё простых импликант.
3. Определение монотонной ФАЛ и её «нижних» единиц. Утверждение о сокращённой ДНФ монотонной ФАЛ, особенности её тупиковых ДНФ.
4. Определение кратчайшей ДНФ и её связь с тупиковыми ДНФ, определение функции Шеннона $\lambda(n)$ для длины кратчайших ДНФ, реализующих ФАЛ от n БП. Поведение функции Шеннона $\lambda(n)$ (идея получения верхней оценки и пример ФАЛ, на которой достигается

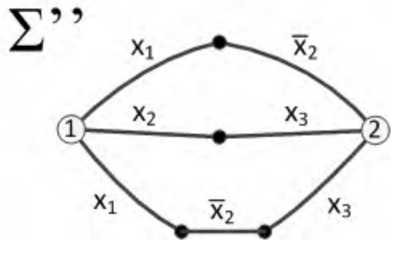
нижняя оценка).

5. Определение функции Шеннона $\mu(n)$ для числа минимальных ДНФ у ФАЛ от n БП, её нижняя оценка и пример ФАЛ, на которой эта оценка достигается.
6. Построить сокращённую ДНФ ФАЛ $f(x_1, x_2, x_3, x_4)$, столбец значений которой имеет вид $\tilde{\alpha}_f = (1110\ 0001\ 1011\ 1100)$.
7. На основе ФАЛ покрытия для редуцированной таблицы Квайна построить ядро, ДНФ Квайна, ДНФ сумма тупиковых и все тупиковые ДНФ функции $f(\tilde{x}^4)$, заданной сокращённой ДНФ:
$$D_{сокр}(f) = \bar{x}_1 x_2 \vee x_1 \bar{x}_2 \vee \bar{x}_2 x_4 \vee x_2 \bar{x}_3 \vee \bar{x}_1 x_4 \vee x_1 \bar{x}_3 \vee \bar{x}_3 x_4.$$

ВАРИАНТ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ №2

1. Определение структуры СФЭ в базисе $\{x_1 \vee x_2, x_1 \sim x_2, \bar{x}_1\}$ как помеченного графа специального вида, определение ФАЛ, реализуемой в вершине СФЭ, и системы ФАЛ, реализуемой этой СФЭ. Определение приведённой СФЭ, утверждение о соотношениях между рангом, сложностью и глубиной приведённой СФЭ с 1 выходом в стандартном базисе.
2. Определение эквивалентных формул. Верхняя оценка числа попарно не эквивалентных формул от БП $x_1, \ldots, x_n$, имеющих сложность не больше, чем L, в стандартном базисе, а также в базисе $\{x_1 \to x_2, \bar{x}_1\}$.
3. Определение подсхемы заданной КС из неориентированных контактов с неразделёнными полюсами, принцип эквивалентной замены. Определение тождества для КС из неориентированных контактов с неразделёнными полюсами и его подстановки; описание указанной подстановки одного из основных тождеств, результатом которой является тождество для π-схем, моделирующее формульное тождество $x_1 x_1 \vee x_1 \bar{x}_1 = x_1$.
4. Суммарное цикломатическое число КС и его изменение при ЭП КС на базе различных основных тождеств. Идея и основные этапы доказательства утверждения об отсутствии КПСТ в классе всех КС.
5. Тождества перехода от одного базиса к другому; утверждение о моделировании ЭП формул в различных базисах и идея его доказательства.
6. С помощью расширенной системы основных тождеств $\tilde{\tau}^{осн}$ построить ЭП для формул F′ и F″:
$$\mathrm{F}' = (\bar{x}_1 \vee x_2 x_3 \vee \bar{x}_2 \bar{x}_3)(\bar{x}_2 \vee (x_1 \vee \bar{x}_3)(\bar{x}_1 \vee x_3)),\ \mathrm{F}'' = \left(\overline{x_2(x_1 \vee x_3)} \vee x_1 x_3\right)(x_2 \vee \overline{x_1 x_3})$$
7. С помощью системы основных тождеств τ_∞ построить ЭП для КС Σ' и Σ'', указав без каких тождеств вида $t_6^{(i)}$ при этом нельзя обойтись. Упрощённый вариант задачи: преобразовать КС Σ' описанным способом в КС, все контакты которой лежат на цепях, соединяющих различные полюса и не имеющих общих внутренних вершин.





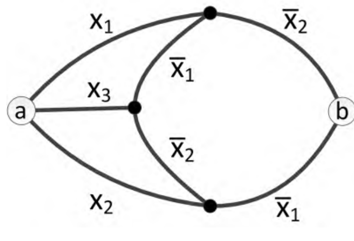
ВАРИАНТ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ №3

1. Определение сложности $L_Б^C(F)$ системы ФАЛ $F = (f_1, \ldots, f_m)$ в классе СФЭ над базисом $Б$ и формулировка утверждения о простейшей нижней оценке этой сложности. Универсальная система ФАЛ $\overrightarrow{P_2}(n)$ порядка n и оценка указанного вида для её сложности.
2. Определение функции Шеннона $L^K(n)$ и её верхняя оценка, получаемая методом Шеннона, с описанием структуры и указанием сложности схемы, построенной для произвольной ФАЛ f.

3. Операция присоединения одной вершины СФЭ к другой вершине этой схемы и её свойства, определение строго приведённой СФЭ. Формулировка утверждения о верхней оценке сложности $L_Б^C\left(\overrightarrow{P_2}(n)\right)$ и идея его доказательства.
4. Определение m-регулярного множества наборов куба B^q, $q > m$, от БП $x_1, \ldots, x_q$, его свойства и задание с помощью системы ФАЛ от БП $x_1, \ldots, x_m$. Построить 2-регулярное подмножество куба B^5 от БП x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, на котором ФАЛ $x_1 \cdot x_2$, $x_1 \to x_2$ и $x_1 \oplus x_2$ совпадают с одной из ФАЛ $x_3, x_4, \bar{x}_5$.
5. С помощью моделирования совершенной ДНФ на основе контактного дерева построить $(1,1)$–КС, реализующую ФАЛ $f(x_1, x_2, x_3)$, где $\tilde{\alpha}_f = (10010101)$, а затем получить из этой ККС инверсную схему.
6. Построить минимальную $(1,1)$–КС для ФАЛ f:
$$f(x_1, x_2, x_3, x_4) = (x_1 \oplus x_2) \vee (x_1 \sim x_2) x_3 x_4 .$$
7. С помощью метода каскадов, последовательно разлагая реализуемые ФАЛ по x_1, x_2, x_3, x_4, построить $(1,2)$–КС $\sum$ для системы ФАЛ $F = (f_1, f_2)$ и СФЭ S для ФАЛ f_1, где $f_1 = (0001\ \ 1001\ \ 1001\ \ 1000)$, $f_2 = (x_1 \vee x_2) x_3 x_4 \vee x_1 \bar{x}_3 \bar{x}_4$.

ВАРИАНТ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ №4

1. Определение ДУМ; описание ДУМ порядка m и ранга p, связанного с разбиением куба B^m на p непустых подмножеств, его мощность. Построить таблицу значений ФАЛ, образующих ДУМ порядка 3 и ранга 4, связанное с каким-либо разбиением куба B^3 на 4 подмножества мощности 1, 2, 2, 3.
2. Нижняя мощностная оценка функции Шеннона $L^K(n)$ и те соотношения, из которых она выводится (определение $L^K(n)$, верхняя оценка числа схем и её сравнение с числом ФАЛ).
3. Утверждение о сложности СФЭ, получаемых асимптотически наилучшим методом синтеза, и вытекающая из него верхняя оценка соответствующей функции Шеннона.
4. Описание разложения (представления) ФАЛ, на котором основано доказательство утверждения из п. 3, и структура соответствующей схемы с указанием основного по сложности блока.
5. Определение диагностического теста отделимой по столбцам матрицы M, $M \in B^{p,s}$, понятие тупикового и минимального диагностического теста. Формулировка утверждения об оценках длины диагностического теста для почти всех матриц указанного вида, где $p = p(s)$ и $s = 1,2, \ldots$.
6. Применяя методы самокоррекции однородных подсхем к π-схеме, которая моделирует формулу, подобную формуле $\left(x_1 x_2 x_5 \vee \bar{x}_2(\bar{x}_1 \vee x_4)\right)\left(\bar{x}_1 \vee x_3 x_5 (x_2 \vee x_4)\right)$, построить эквивалентную ей $(0,1)$-самокорректирующуюся КС сложности не больше, чем 19.



7. В контактной схеме возможна одна из следующих четырёх неисправностей:
   a. замыкание контактов $\bar{x}_1$;
   b. замыкание контактов x_1;
   c. обрыв контактов x_2, x_3;
   d. обрыв контактов x_1, x_3.

   Построить все тупиковые диагностические тесты.
8. Установить асимптотику сложности реализации схемами из функциональных элементов самой сложной из тех ФАЛ $f(x_1, \ldots, x_n)$, $n \geq 1$, которые на любой паре противоположенных наборов принимают одинаковые значения.
9. По КНФ $K = (x_1 \vee x_2 \vee x_3)(\bar{x}_2 \vee \bar{x}_4)(x_1 \vee x_4)x_5$, являющейся входом для языка ВЫПОЛНИМОСТЬ построить граф G и число k, являющиеся входом для языка КЛИКА.

1.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация осуществляется в форме экзамена
В качестве средств, используемых на промежуточной аттестации предусматривается:
Билеты

1.3. Типовые задания для проведения промежуточной аттестации

Вопросы к экзамену.

1. Представление функций алгебры логики (ФАЛ) дизъюнктивными нормальными формами (ДНФ) и его «геометрическая» интерпретация. Совершенная ДНФ и критерий единственности ДНФ.
2. Сокращённая ДНФ и способы её построения.
3. Тупиковая ДНФ, ядро и ДНФ пересечение тупиковых. ДНФ Квайна, критерий вхождения простых импликант в тупиковые ДНФ и его локальность.
4. Особенности ДНФ линейных и монотонных ФАЛ. Функция покрытия, таблица Квайна и построение всех тупиковых ДНФ.
5. Градиентный алгоритм и оценка длины градиентного покрытия, лемма о «протыкающих» наборах. Использование градиентного алгоритма для построения ДНФ.
6. Задача минимизации ДНФ. Поведение функции Шеннона и оценки типичных значений для ранга и длины ДНФ.
7. Алгоритмические трудности минимизации ДНФ и оценки максимальных значений некоторых связанных с ней параметров. Теорема Ю.И. Журавлёва о ДНФ сумма минимальных.
8. Формулы, способы их задания и эквивалентные преобразования. Оптимизация подобных формул по глубине.
9. Эквивалентные преобразования формул с помощью тождеств. Полнота системы основных тождеств для эквивалентных преобразований формул базиса $Б_0$.
10. Задание формул графами, схемы из функциональных элементов (СФЭ). Оценка числа формул и СФЭ в базисе $Б_0=\{\&, \vee, \neg\}$.
11. Эквивалентные преобразования СФЭ и моделирование с их помощью формульных преобразований. Моделирование эквивалентных преобразований формул и схем в различных базисах, теорема перехода.
12. Контактные схемы (КС) и π-схемы, оценка их числа. Особенности функционирования многополюсных КС.
13. Эквивалентные преобразования КС. Основные тождества, вывод вспомогательных и обобщённых тождеств.
14. Полнота системы основных тождеств. Отсутствие конечной полной системы тождеств в классе всех КС.
15. Некоторые модификации и частные случаи основных классов схем (каскадные КС и BDD, КМОП-схемы, вычисляющие программы и др.)
16. Реализация автоматных функций схемами из функциональных элементов и элементов задержки, схемы с «мгновенными» обратными связями.
17. Задача синтеза. Методы синтеза схем на основе ДНФ и связанные с ними верхние оценки сложности функций.
18. Нижние оценки сложности ФАЛ, реализация некоторых ФАЛ и минимальность некоторых схем.
19. Разделительные КС и лемма Шеннона. Метод каскадов для КС и СФЭ, примеры его применения. Метод Шеннона.
20. Нижние мощностные оценки функций Шеннона.
21. Дизъюнктивно-универсальные множества ФАЛ. Асимптотически наилучший метод О.Б. Лупанова для синтеза СФЭ в базисе $Б_0$.
22. Регулярные разбиения единичного куба и моделирование ФАЛ переменными. Методы синтеза формул в базисе $Б_0$, поведение функции Шеннона для глубины ФАЛ.

23. Асимптотически наилучший метод синтеза КС. Синтез схем для некоторых дешифраторов и мультиплексоров.
24. Задача синтеза схем для ФАЛ из специальных классов. Асимптотически оптимальные методы синтеза СФЭ и КС для ФАЛ из некоторых классов.
25. Схемы на КМОП-транзисторах и реализация ими простейших функций. Задачи логического и топологического синтеза СБИС, основные этапы и методы их решения.
26. Самокорректирующиеся КС и методы их построения. Асимптотически наилучший метод синтеза КС, корректирующих 1 обрыв (1 замыкание).
27. Задача контроля схем и тесты для таблиц. Построение всех тупиковых тестов, оценки длины диагностического теста.
28. Полиномиальная сводимость языков. Классы P и NP, NP-полнота, формулировка теоремы Кука. Примеры NP-полных проблем.
29. Доказательство теоремы Кука.

Типовые задачи к экзамену.

Задачи на ДНФ

1. По заданной ФАЛ построить её сокращённую ДНФ, ДНФ Квайна, ДНФ сумма тупиковых, все тупиковые ДНФ.

Задачи на эквивалентные преобразования и структурное моделирование

1. По заданным эквивалентным формулам или КС построить эквивалентное преобразование, переводящее их друг в друга с помощью основных тождеств.
2. По заданной формуле построить подобную ей формулу минимальной глубины.
3. По заданной формуле с поднятыми отрицаниями построить моделирующую её π схему и обратно.
4. По данной каскадной КС построить инверсную каскадную КС.

Задачи на синтез схем

1. По заданной ФАЛ с помощью простейших методов, метода каскадов или метода Шеннона построить реализующую её СФЭ или КС.
2. Оценить сверху или снизу сложность конкретной ФАЛ или сложность самой сложной ФАЛ из заданного множества в заданном классе схем.

Задачи на самокоррекцию и тесты

1. По заданной КС построить эквивалентную ей самокорректирующуюся КС.
2. По заданной таблице или КС и списку её неисправностей построить все тупиковые проверяющие (диагностические) тесты.

Задачи на сложность алгоритмов

1. Построить полиномиальное сведение одного языка к другому.

Экзаменационный билет состоит из двух вопросов и задачи, например

1. Эквивалентные преобразования СФЭ и моделирование с их помощью формульных преобразований. Моделирование эквивалентных преобразований формул и схем в различных базисах, теорема перехода.
2. Дизъюнктивно-универсальные множества ФАЛ. Асимптотически наилучший метод О.Б. Лупанова для синтеза СФЭ в базисе $Б_0$.
3. Построить сокращённую ДНФ ФАЛ $f(x_1, x_2, x_3, x_4)$, столбец значений которой имеет вид $\tilde{\alpha}_f = (1100\ 0011\ 1001\ 1110)$.

2. КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ результатов обучения (РО) по дисциплине				
Оценка виды оценочных средств	**2 (не зачтено)**	**3 (зачтено)**	**4 (зачтено)**	**5 (зачтено)**
Знания (виды оценочных средств: приведены в п. 1.2.)	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Умения (виды оценочных средств: приведены в п. 1.2.)	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера)	Успешное и систематическое умение
Навыки (владения, опыт деятельности) (виды оценочных средств: приведены в п. 1.2..)	Отсутствие навыков (владений, опыта)	Наличие отдельных навыков (наличие фрагментарного опыта)	В целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме	Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач