

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Механико-математический факультет

**УТВЕРЖДАЮ**
декан механико-
математического факультета
_____/А.И.
Шафаревич /
« 14 » октября 2021г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины:

Теория сложности управляющих систем

Уровень высшего образования:
магистратура

Направление подготовки / специальность:
02.04.01 "Математика и компьютерные науки" (3++)

Направленность (профиль)/специализация ОПОП:
Интеллектуальные системы. Теория и приложения

Форма обучения:
очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
на заседании Ученого совета механико-математического факультета
(протокол № 7 от 14 октября 2021 года)

Москва 2021

Рабочая программа дисциплины (модуля) разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки 02.04.01 "Математика и компьютерные науки" утвержденного Приказом Министерства образования и науки РФ от 10 января 2018 г. N 13.

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО:

дисциплина относится к блоку профессиональной подготовки вариативной части ОПОП ВО.

2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия (если есть):

Для того чтобы изучение дисциплины было возможно, обучающийся должен иметь представление об основных понятиях дискретной математики и теории дискретных функций.

3. Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников.

Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)		
Содержание и код компетенции.	Индикатор (показатель) достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, сопряженные с индикаторами достижения компетенций
ПК-6. Способен руководить проектами со стороны заказчика по созданию, поддержке и использованию системы искусственного интеллекта на основе нейросетевых моделей и методов	ПК-6.2. Руководит созданием систем искусственного интеллекта на основе моделей искусственных нейронных сетей и инструментальных средств со стороны заказчика ПК-6.3. Руководит проектами по разработке, систем искусственного интеллекта на основе моделей глубоких нейронных сетей и нечетких моделей и методов со стороны заказчика	ПК-6.2. З-1. Знает принципы построения систем искусственного интеллекта на основе искусственных нейронных сетей, методы и подходы к планированию и реализации проектов по созданию систем искусственного интеллекта ПК-6.2. У-1. Умеет руководить выполнением коллективной проектной деятельности для создания, поддержки и использования систем искусственного интеллекта на основе искусственных нейронных сетей ПК-6.3. З-1. Знает принципы построения моделей глубоких нейронных сетей и глубокого машинного обучения ПК-6.3. З-2. Знает подходы к применению моделей на основе нечеткой логики в системах искусственного интеллекта ПК-6.3. У-1. Умеет руководить выполнением коллективной проектной деятельности для создания, поддержки и использования систем искусственного интеллекта на основе моделей глубоких нейронных сетей и нечетких моделей и методов

4. Объем дисциплины (модуля) составляет 3 з.е., в том числе 48 академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем, 60 академических часов на самостоятельную работу обучающихся.

5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий:

5.1. Структура дисциплины (модуля) по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий (в строгом соответствии с учебным планом)

Наименование разделов и тем дисциплины (модуля), Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Номинальные трудозатраты обучающегося			Всего академических часов	Форма текущего контроля успеваемости* (наименование)
	Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы, академические часы		Самостоятельная работа обучающегося, академические часы		
	Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа			
Тема 1 Основные понятия теории сложности управляющих систем	2	2	5	9	опрос
Тема 2. Схемы из функциональных элементов	6	6	15	27	опрос
Тема 3. Контактные схемы	6	6	15	27	опрос
Тема 4. Мощностная сложность контактных схем	4	4	10	18	опрос
Тема 5. Плоские схемы	4	4	10	18	опрос
Тема 6. Связь между сложностью и глубиной схем	2	2	5	9	опрос
Другие виды самостоятельной работы (отсутствуют)	—	—			—
Промежуточная аттестация (экзамен)					
Итого	24	24	60	108	—

5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

№ п/п	Наименование разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплин
1.	Тема 1 Основные понятия теории сложности управляющих систем.	Общее понятие сложности управляющих систем. Задача синтеза. Функция Шеннона.
2.	Тема 2. Схемы из функциональных элементов	Схемы из функциональных элементов (СФЭ). Простейшие методы синтеза. Синтез дешифраторов и мультиплексоров. Метод синтеза Шеннона для СФЭ. Нижняя оценка функции Шеннона для СФЭ. Метод синтеза Лупанова для СФЭ. Синтез сумматора и счетчика четности.
3.	Тема 3. Контактные схемы	Контактные схемы (КС). Простейшие методы синтеза. Синтез КС для линейных функций. Метод синтеза Шеннона для контактных схем. Нижняя оценка функции Шеннона для контактных схем. Метод каскадов для КС и СФЭ. Модифицированный метод синтеза Лупанова для контактных схем. Задача синтеза схем для функций из специальных классов, примеры ее решения.
4.	Тема 4. Мощностная сложность контактных схем	Ориентированные контактные схемы. Мощностная сложность. Простейшие методы синтеза. Верхняя оценка сложности. Нижняя оценка функции Шеннона в классе произвольных ОКС. Нижняя оценка функции Шеннона в классе древовидных ОКС.
5.	Тема 5. Плоские схемы	Плоские схемы. Порядок роста функции Шеннона площади плоских схем. Асимптотика площади дешифратора в специальном базисе в классе прямоугольных схем. Пример не прямоугольной схемы с меньшей сложностью.
6.	Тема 6. Связь между сложностью и глубиной схем	Сложность и глубина формул. Связь между сложностью и глубиной формул. Метод Храпченко.

6. Фонд оценочных средств (ФОС, оценочные и методические материалы) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю).

6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости, критерии и шкалы оценивания (в отсутствие утвержденных соответствующих локальных нормативных актов на факультете)

Примеры задач:

1. Для заданной функции f построить СФЭ в стандартном базисе со сложностью не более L .

(1) $f = x_1^{-1} \& x_2^{-2}$, $L = 2$

(2) $f = x_1^{-1} \vee x_2^{-2}$, $L = 2$

(3) $f = x_1 \sim x_2$, $L = 4$

(4) $f = x_1 \oplus x_2$, $L = 4$

(5) $f = x_1 x_2 \oplus x_1 x_3 \oplus x_2 x_3$, $L = 4$

(6) $f = x_1 x_2 \vee x_1 x_3 \vee x_2 x_3$, $L = 4$

(7) $f = (01111110)$, $L = 6$

(8) $f = (00011111)$, $L = 2$

(9) $f = (10001101)$, $L = 4$

2. Для заданной функции f построить СФЭ в базисе B .

(1) $f = x_1 \oplus x_2$, $B = \{(1)|, -(2) \rightarrow, -\}$

(2) $f = x_1 \rightarrow x_2$, $B = \{(1) \downarrow, -(2) \&, -\}$

(3) $f = x_1 \vee x_2$, $B = \{(1)|, -(2) \&, \sim\}$

(4) $f = x_1 \& x_2$, $B = \{(1) \downarrow, -(2) \vee, \oplus\}$

3. Построить методом каскадов СФЭ/КС для функции.

(1) $x_1 \oplus x_2 \oplus (x_3 \vee x_4)$

(2) $x_1 \oplus x_2 \oplus (x_3 \& x_4)$

(3) $(x_1 \vee x_2) \oplus (x_3 \vee x_4)$

(4) $(x_1 \vee x_2) \oplus (x_3 \& x_4)$

(5) $x_1 x_2 x_3 \oplus x_1 x_3 x_4 \oplus x_2 x_3 x_4$

4. Построить методом Лупанова СФЭ для функции.

(1) $(x_1 \sim x_2) \vee (x_3 \oplus x_4 x_5)$

(2) $(x_1 \oplus x_2 \oplus x_3) \vee (x_4 \oplus x_5)$

(3) $(x_1 \sim x_2) \vee (x_3 \oplus x_4 \oplus x_5)$

(4) $(x_1 \oplus x_2) \& (x_3 \oplus x_4 x_5)$

Параметры алгоритма $k = 3$, $s = 3$.

5. Установить асимптотику функции Шеннона для сложности реализации функций от переменных $x_1, x_2, \dots, x_n$, $n=1, 2, \dots$, из множества (класса) $Q(n)$, где $Q(n)$:

(1) $Q(n) = \{f(x_1, \dots, x_n): f(0, x_2, \dots, x_n) = 1\}$ (в классе КС);

(2) $Q(n) = \{f(x_1, \dots, x_n): f(-x_1, -x_2, \dots, -x_n) = f(x_1, x_2, \dots, x_n)\}$ (в классе СФЭ);

(3) $Q(n) = \{f(x_1, \dots, x_n): f(x_1, x_2, \dots, x_n) = f(x_2, x_1, \dots, x_n)\}$ (в классе КС);

6. Построить ориентированные КС для функции и вычислить их мощностную сложность.

(1) $x_1 \oplus x_2 \oplus (x_3 \vee x_4)$

$$(2) x_1 \oplus x_2 \oplus (x_3 \& x_4)$$

$$(3) (x_1 \vee x_2) \oplus (x_3 \vee x_4)$$

$$(4) (x_1 \vee x_2) \oplus (x_3 \& x_4)$$

$$(5) x_1 x_2 x_3 \oplus x_1 x_3 x_4 \oplus x_2 x_3 x_4$$

7. Построить плоские схемы для функции и вычислить их переключательную сложность и глубину.

$$(1) (x_1 \sim x_2) \vee (x_3 \oplus x_4 x_5)$$

$$(2) (x_1 \oplus x_2 \oplus x_3) \vee (x_4 \oplus x_5)$$

$$(3) (x_1 \sim x_2) \vee (x_3 \oplus x_4 \oplus x_5)$$

$$(4) (x_1 \oplus x_2) (x_3 \oplus x_4 x_5)$$

8. Для заданной функции f построить схему по методу Храпченко.

$$(1) f = x_1 x_2 \oplus x_1 x_3 \oplus x_2 x_3, L = 4$$

$$(2) f = x_1 x_2 \vee x_1 x_3 \vee x_2 x_3, L = 4$$

$$(3) f = (01111110), L = 6$$

$$(4) f = (10001101), L = 4$$

6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине, критерии и шкалы оценивания

Вопросы к экзамену:

1. Общее понятие сложности управляющих систем. Задача синтеза. Функция Шеннона.
2. Схемы из функциональных элементов (СФЭ). Простейшие методы синтеза. Синтез дешифраторов и мультиплексоров.
3. Метод синтеза Шеннона для СФЭ. Нижняя оценка функции Шеннона для СФЭ.
4. Метод синтеза Лупанова для СФЭ. Синтез сумматора и счетчика четности.
5. Контактные схемы (КС). Простейшие методы синтеза. Синтез КС для линейных функций.
6. Метод синтеза Шеннона для контактных схем. Нижняя оценка функции Шеннона для контактных схем. Метод каскадов для КС и СФЭ.
7. Модифицированный метод синтеза Лупанова для контактных схем. Задача синтеза схем для функций из специальных классов, примеры ее решения.
8. Ориентированные контактные схемы. Мощностная сложность. Простейшие методы синтеза. Верхняя оценка сложности.

9. Нижняя оценка функции Шеннона в классе произвольных ОКС. Нижняя оценка функции Шеннона в классе древовидных ОКС.
10. Плоские схемы. Порядок роста функции Шеннона площади плоских схем.
11. Асимптотика площади дешифратора в специальном базисе в классе прямоугольных схем. Пример не прямоугольной схемы с меньшей сложностью.
12. Сложность и глубина формул. Связь между сложностью и глубиной формул.

ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ результатов обучения (РО) по дисциплине				
Оценка	2 (не зачтено)	3 (зачтено)	4 (зачтено)	5 (зачтено)
виды оценочных средств				
Знания (виды оценочных средств: опрос, тесты)	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Умения (виды оценочных средств: практические задания)	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: выполнение и защита курсовой работы, отчет по практике, отчет по НИР и т.п.)	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

7. Ресурсное обеспечение:

7.1. Перечень основной и дополнительной литературы

Перечень основной и дополнительной учебной литературы:

1. Яблонский С.В. Введение в дискретную математику: Учеб. пособие. М.: Наука. 1986. (1-4)
2. Лупанов О. Б. О синтезе некоторых классов управляющих систем // Проблемы кибернетики, вып. 10. – М.: Физматгиз, 1963. – С 63-97. (3-7)
3. Ложкин С. А. Лекции по основам кибернетики. М.: МГУ, 2004. (Главы 2,4). (1-7)
4. Шуткин Ю. С. О реализации булевых функций информационными графами // Дискретная математика. – 2008. – Т. 20, № 4. – С. 31 – 41 (8-9)
5. Жуков Д.А. О вычислении частичных булевых функций клеточными схемами. // Дискретный анализ и исследование операций. Апрель -- июнь 2004. Серия 1. Том 11, № 2, С. 32 – 40 (10)
6. Г. В. Калачев. Порядок мощности плоских схем, реализующих булевы функции. Дискретная математика, 26(1):49–74, 2014. (10-11)
7. Храпченко В. М. О соотношении между сложностью и глубиной формул. (12)

7.2. Перечень лицензионного программного обеспечения, в том числе отечественного производства нет

7.3. Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем нет

7.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. [https://mk.cs.msu.ru/index.php/Основы кибернетики \(2-й поток, 3 курс\)](https://mk.cs.msu.ru/index.php/Основы_кибернетики_(2-й_поток,_3_курс)), - части 2,3.
2. <http://intsys.msu.ru/>
3. <http://intsys.msu.ru/science/books/>

7.5. Описание материально-технического обеспечения.

Аудитории для проведения лекционных занятий с проекторами и с выходом в интернет.

8. Соответствие результатов обучения по данному элементу ОПОП результатам освоения ОПОП указано в Общей характеристике ОПОП.

9. Разработчик (разработчики) программы.

д.ф.-м.н., проф. С.А.Ложкин
к.ф.-м.н., м.н.с. Ю.С.Шуткин