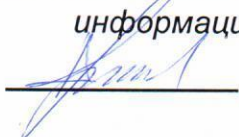


МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой  
Программного обеспечения и администрирования  
информационных систем

  
Артемов М.А.  
02.04.2024г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
Б1.О.13 Цифровая обработка сигналов

**1. Код и наименование направления подготовки:**

02.04.03 Математическое обеспечение и администрирование  
информационных систем

**2. Специализация / профиль / магистерская программа:** Управление проектированием  
и разработкой информационных систем (ФГОС3++)

**3. Квалификация (степень) выпускника:** магистр

**4. Форма обучения:** очная

**5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:**

программного обеспечения и администрирования информационных систем

**6. Составители программы:**

Крыжко И.Б., к.т.н, с.н.с.

**7. Рекомендована:** НМС факультета ПММ, протокол №5 от 22.03.2024

---

**8. Учебный год:** 2024-2025

**Семестр(ы)/Триместр(ы):** 3

### 9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Цель изучения дисциплины: получение практических навыков по разработке и реализации алгоритмов цифровой обработки сигналов

Задачи: ознакомление с основными принципами и методами цифровой обработки сигналов (моделирование, фильтрация, спектральный анализ и др.).

**10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:** Дисциплина относится к вариативной части (дисциплины по выбору) Блока 1 и имеет логические и содержательно-методические связи с дисциплинами “Линейная алгебра”, “Математическая статистика”, “Теория вероятностей”, изучаемых в рамках программы подготовки бакалавра.

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

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ОПК-2.3	Внедряет и поддерживает разработанное ПО	ОПК-2.3	Разрабатывает план развертывания программного продукта, устанавливает и активирует программное обеспечение, обеспечивает поддержку разработанного ПО	знать: принципы изучения сложных программных продуктов уметь: работать с технической документацией и описаниями
ОПК-3.3	Соблюдает информационную безопасность при разработке ПО	ОПК-3.3	Разрабатывает план обеспечения защиты данных от хищений или изменений как случайного, так и умышленного характера	знать: основные типы угроз и способы противодействия. уметь: разработать целостные концепции развертывания и защиты информационной системы владеть (иметь навык(и)): навыками развертывания и сопровождения ПО
ОПК-4.2	Учитывает нормы профессиональной этики при разработке ПО	ОПК-4.2	Не использовать ПО с целью навредить другим людям, обеспечивать тайну частной жизни, точность и защиту частной собственности при разработке ПО.	знать: нормы профессиональной этики уметь: соблюдать нормы, связанные с точным выполнением инструкций по эксплуатации систем и обработке информации владеть: средствами обнаружения несанкционированного использования информационной системы

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/часах в соответствии с учебным планом — 5/180.**

**Форма промежуточной аттестации экзамен**

### 13. Виды учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	По семестрам
			3 семестр
Аудиторные занятия		48	48
в том числе:	лекции	32	32
	практические		
	лабораторные	16	16
Самостоятельная работа		96	96
в том числе: курсовая работа (проект)			
Форма промежуточной аттестации (экзамен – ___ час.)		36	36
Итого:		180	180

#### 13.1. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
1. Лекции			
1.1	Основные понятия теории линейных систем.	Линейная алгебра, линейные системы, нелинейные системы, устойчивость	Онлайн курс "Цифровая обработка сигналов", <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10496">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10496</a>
1.2	Метод наименьших квадратов.	Классический МНК, рекурсивный МНК, фильтр Винера	
1.3	Фильтр Калмана и его обобщения.	Дискретный фильтр Калмана, основная и альтернативные формы записи. Ninfy фильтру	
3. Лабораторные работы			
3.1	Основные понятия теории линейных систем.	Линейная алгебра, линейные системы, нелинейные системы, устойчивость	
3.2	Метод наименьших квадратов.	Классический МНК, рекурсивный МНК, фильтр Винера	
3.3	Фильтр Калмана и его обобщения.	Дискретный фильтр Калмана, основная и альтернативные формы записи. Ninfy фильтру	

#### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)				
		Лекции	Лабораторные	Практические	Самостоятельная работа	Всего
1	Основные понятия теории линейных систем.	12	4		36	52
2	Метод наименьших квадратов.	12	4		36	52
3	Фильтр Калмана и его обобщения.	8	8		24	40
Итого:		32	16		96	144

#### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Работа с конспектами лекций, выполнение практических и лабораторных заданий, заданий текущей и промежуточной аттестаций.

При использовании дистанционных образовательных технологий и электронного обучения выполнять все указания преподавателей по работе на LMS-платформе, своевременно подключаться к online-занятиям, соблюдать рекомендации по организации самостоятельной работы

#### 15. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

(список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Цифровая обработка сигналов. Конспект лекций : учебно-методическое пособие для вузов / Воронеж. гос. ун-т ; сост. : Д.Н. Борисов, Н.Н. Винокурова .— Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2010 .
2	Цифровая обработка сигналов и изображений в радиофизических приложениях / М.А. Басараб [и др.] ; под ред. В.Ф. Кравченко .— М. : Физматлит, 2007
3	Матвеев Ю.Н.. Цифровая обработка сигналов. [Электронный ресурс] : . — Электрон. дан. — Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, 2013. — 166 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/43698">https://e.lanbook.com/book/43698</a>

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
4	Синицын, Игорь Николаевич. Фильтры Калмана и Пугачева / И.Н. Синицын .— М. : Логос, 2006 .— 636 с.
5	Марковская теория оценивания в радиотехнике / Под ред. М.С. Ярлыкова .— М. : Радиотехника, 2004 .— 503 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
6	Электронный каталог Научной библиотеки Воронежского государственного университета. — <a href="http://www.lib.vsu.ru/">http://www.lib.vsu.ru/</a>
7	ЭБС «Издательство Лань» <a href="http://e.lanbook.com/">http://e.lanbook.com/</a>

#### 16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

(учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных) работ и др.)

№ п/п	Источник
1	Цифровая обработка сигналов. Решение задач : учебно-методическое пособие для вузов / Воронеж. гос. ун-т ; сост. Д.Н. Борисов .— Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2010

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

При реализации дисциплины используются модульно-рейтинговая и личностно-ориентированные технологии обучения (ориентированные на индивидуальность студента, компьютерные и коммуникационные технологии). В рамках дисциплины предусмотрены следующие виды лекций: информационная, лекция-визуализация, лекция с применением обратной связи.

Дисциплина реализуется с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий, для организации самостоятельной работы обучающихся используется

онлайнкурс, размещенный на платформе Электронного университета ВГУ (LMS moodle), а также другие Интернет-ресурсы, приведенные в п.15в

## 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Лекционная аудитория должна быть оборудована учебной мебелью, компьютером, мультимедийным оборудованием (проектор, экран, средства звуковоспроизведения), допускается переносное оборудование.

Лабораторные занятия должны проводиться в специализированной аудитории, оснащенной учебной мебелью и персональными компьютерами с доступом в сеть Интернет (компьютерные классы, студии), мультимедийным оборудованием (мультимедийный проектор, экран, средства звуковоспроизведения), Число рабочих мест в аудитории должно быть таким, чтобы обеспечивалась индивидуальная работа студента на отдельном персональном компьютере. Для самостоятельной работы необходимы компьютерные классы, помещения, оснащенные компьютерами с доступом к сети Интернет. Программное обеспечение (см. файл МТО): – ОС Windows 10, интернет-браузер (Google Chrome, Mozilla Firefox), ПО Adobe Reader, ПО Matlab, ПО Scilab, ПО Gnu Octave

## 19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Основные понятия теории линейных систем.	ОПК-3.3	ОПК-3.3	КИМы для проведения текущей аттестации Задания для лабораторных работ
2.	Метод наименьших квадратов.	ОПК-2.3	ОПК-2.3	
3.	Фильтр Калмана и его обобщения.	ОПК-4.2	ОПК-4.2	
Промежуточная аттестация форма контроля – <u>экзамен</u>				КИМы для проведения итоговой аттестации

## 20. Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в формах: устного опроса; защиты лабораторных работ, выполнения контрольных работ.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования. Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в форме зачета с оценкой и экзамена. Для получения положительной итоговой оценки необходимо выполнение всех лабораторных и контрольных работ.

### 20.1 Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью лабораторных и контрольных работ.

Текущая аттестация проводится на занятии одновременно во всей учебной группе в виде теста в электронной образовательной среде «Электронный университет ВГУ», адрес курса — «Цифровая обработка сигналов» <https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10496>, адрес теста текущей аттестации — <https://edu.vsu.ru/mod/quiz/view.php?id=1195047> Тест составляется из материалов ФОСа, формируется системой автоматически путём добавления случайных вопросов, количество которых соответствует имеющимся образцам билетов. Большая часть вопросов проверяется

автоматически, проверки преподавателем с ручным оцениванием требуют только отдельные вопросы, представленные в форме эссе. Ограничение по времени на каждую попытку — 1 час 30 минут

### Примеры лабораторных работ

1. МНК оценка набора неизвестных по набору измерений, линейная задача.

а. Общее условие для вариантов задач: для интервала наблюдения  $t \in [0, T]$  и наборов измерений в моменты  $t_i = h \cdot i, h = 0.01, i = \overline{1, n}$

- i. построить графики зависимостей  $\Delta_{x_1}(n), \Delta_{x_2}(n), \sigma_{x_1}(n), \sigma_{x_2}(n)$ , где  $\Delta$  - ошибка по конкретной выборке,  $\sigma$  - СКО по выборке,  $n = \overline{10, 200}$ .
- ii. построить график зависимости числа обусловленности  $\mu(H(n))$

б. Варианты задач

i. Линейная аппроксимация

$$\text{переменные } x = (x_1, x_2)^T$$

$$\text{функция } y(t) = x_1 + x_2 t$$

измерения  $z_i = y(t_i) + \alpha t^2 + \xi_i$ , где  $\xi$  - независимые равнооточные погрешности.

ii. Кубическая аппроксимация

$$\text{переменные } x = (x_1, x_2, x_3)^T$$

$$\text{функция } y(t) = x_1 + x_2 t + x_3 t^2$$

измерения  $z_i = y(t_i) + \alpha \cos(2L\pi t / T) + \xi_i$ , где  $\xi$  - независимые равнооточные погрешности,  $L$  - параметр.

iii. Аппроксимация

$$\text{переменные } x = (x_1, x_2)^T$$

$$\text{функция } y(t) = x_1 + x_2 \ln(1 + t)$$

измерения  $z_i = y(t_i) + \alpha t^2 + \xi_i$ , где  $\xi$  - независимые равнооточные погрешности.

iv. Аппроксимация

$$\text{переменные } x = (x_1, x_2)^T$$

$$\text{функция } y(t) = x_1 + x_2 \frac{1}{1 + t}$$

измерения  $z_i = y(t_i) + \alpha t^2 + \xi_i$ , где  $\xi$  - независимые равнооточные погрешности.

v. Аппроксимация

$$\text{переменные } x = (x_1, x_2)^T$$

$$\text{функция } y(t) = x_1 + x_2 \sqrt{1 + t}$$

измерения  $z_i = y(t_i) + \alpha t^2 + \xi_i$ , где  $\xi$  - независимые равнооточные погрешности.

vi. Аппроксимация

$$\text{переменные } x = (x_1, x_2)^T$$

$$\text{функция } y(t) = x_1 + x_2 \sqrt{1 + t^2}$$

измерения  $z_i = y(t_i) + \alpha t^2 + \xi_i$ , где  $\xi$  - независимые равнооточные погрешности.

vii. Аппроксимация

переменные  $x = (x_1, x_2)^T$

функция  $y(t) = x_1 + x_2 \frac{1}{\sqrt{1+t}}$

измерения  $z_i = y(t_i) + \alpha t^2 + \xi_i$ , где  $\xi$  - независимые равнооточные погрешности.

viii. Аппроксимация

переменные  $x = (A_1, B_1)^T$

функция  $y(t) = A_1 \cos(2\pi t / T) + A_2 \sin(2\pi t / T)$

измерения  $z_i = y(t_i) + \alpha t + \xi_i$ , где  $\xi$  - независимые равнооточные погрешности.

ix. Аппроксимация

переменные  $x = (A_1, A_2, B_1, B_2)^T$

функция

$y(t) = A_1 \cos(2\pi t / T) + B_1 \sin(2\pi t / T) + A_2 \cos(2(2\pi t / T)) + B_2 \sin(2(2\pi t / T))$

измерения  $z_i = y(t_i) + \alpha t + \xi_i$ , где  $\xi$  - независимые равнооточные погрешности.

x. Аппроксимация

переменные  $x = (x_1, x_2)^T$

функция  $y(t) = x_1 \cos(2\pi t / T) + x_2 \ln(t+1)$

измерения  $z_i = y(t_i) + \alpha t + \xi_i$ , где  $\xi$  - независимые равнооточные погрешности.

xi. Аппроксимация

переменные  $x = (x_1, x_2)^T$

функция  $y(t) = x_1 \sin^2(2\pi t / T) + x_2 / (t+1)$

измерения  $z_i = y(t_i) + \alpha t + \xi_i$ , где  $\xi$  - независимые равнооточные погрешности.

xii. Аппроксимация

переменные  $x = (x_1, x_2)^T$

функция  $y(t) = x_1 / \sqrt{1+t^2} + x_2 \sin(2\pi t / T)$

измерения  $z_i = y(t_i) + \alpha t + \xi_i$ , где  $\xi$  - независимые равнооточные погрешности.

xiii. Аппроксимация

переменные  $x = (x_1, x_2)^T$

функция  $y(t) = x_1 \sqrt{1+2t} + x_2 \cos(2\pi t^2 / T)$

измерения  $z_i = y(t_i) + \alpha t + \xi_i$ , где  $\xi$  - независимые равнооточные погрешности.

- xiv. переменные  $x = (x_1, x_2)^T$   
 функция  $y(t) = x_1 / \sqrt{1+t} + x_2 \sqrt{1+t}$   
 измерения  $z_i = y(t_i) + \alpha t + \xi_i$ , где  $\xi$  - независимые равнооточные погрешности.
- xv. переменные  $x = (x_1, x_2)^T$   
 функция  $y(t) = x_1 / \sqrt{1+t} + x_2 \sin(4\pi\sqrt{1+t} / T)$   
 измерения  $z_i = y(t_i) + \alpha t + \xi_i$ , где  $\xi$  - независимые равнооточные погрешности.
- xvi. переменные  $x = (x_1, x_2)^T$   
 функция  $y(t) = x_1 e^{t/T} + x_2 \sqrt{1+t}$   
 измерения  $z_i = y(t_i) + \alpha t + \xi_i$ , где  $\xi$  - независимые равнооточные погрешности.
- xvii. переменные  $x = (x_1, x_2)^T$   
 функция  $y(t) = x_1 e^{\sin(2\pi t/T)} + x_2 e^{\cos(2\pi t/T)}$   
 измерения  $z_i = y(t_i) + \alpha t + \xi_i$ , где  $\xi$  - независимые равнооточные погрешности.

2. Фильтр Калмана для скалярной переменной

переменная  $x$

измерения  $z_i = x + \xi_i$ , где  $\xi$  - независимые равнооточные измерения.

3. Фильтры для задач пункта 1.

a. Реализовать фильтр Калмана.

b. Фильтр с постоянными коэффициентами как фильтр Калмана с постоянной матрицей  $P = P(100)$ .

c. Сравнить работу фильтров a и b.

4. МНК оценка набора неизвестных по набору измерений, нелинейная задача. Варианты:

- i. переменные  $x = (x_1, x_2)^T$   
 функция  $y(t) = x_1 t + x_2 \sqrt{t} + x_1 x_2$   
 измерения  $z_i = y(t_i) + \xi_i$
- ii. переменные  $x = (x_1, x_2)^T$   
 функция  $y(t) = \sin(x_1 t) + x_2 t$   
 измерения  $z_i = y(t_i) + \xi_i$
- iii. переменные  $x = (x_1, x_2)^T$   
 функция  $y(t) = \sin(x_1 + x_2 t / T)$   
 измерения  $z_i = y(t_i) + \xi_i$
- iv. переменные  $x = (x_1, x_2)^T$   
 функция  $y(t) = \log_{10}(x_1 t) + x_2 t$   
 измерения  $z_i = y(t_i) + \xi_i$



- v. переменные  $x = (x_1, x_2)^T$   
 функция  $y(t) = x_1 t + x_2^2 t$   
 измерения  $z_i = y(t_i) + \xi_i$
- vi. переменные  $x = (x_1, x_2)^T$   
 функция  $y(t) = x_1 + x_2 t + x_1 x_2 (t + 1)^2$   
 измерения  $z_i = y(t_i) + \xi_i$
- vii. переменные  $x = (x_1, x_2)^T$   
 функция  $y(t) = x_1 + \cos(x_2 t)$   
 измерения  $z_i = y(t_i) + \xi_i$
- viii. переменные  $x = (x_1, x_2)^T$   
 функция  $y(t) = x_1 \ln(1 + t) + x_2 t + \sqrt{x_1 x_2}$   
 измерения  $z_i = y(t_i) + \xi_i$
- ix. переменные  $x = (x_1, x_2)^T$   
 функция  $y(t) = x_1^2 t + x_2 \sqrt{t} + x_1 x_2$   
 измерения  $z_i = y(t_i) + \xi_i$
- x. переменные  $x = (x_1, x_2)^T$   
 функция  $y(t) = x_1^2 \cos(t) + x_2 \sqrt{t} + x_1 x_2$   
 измерения  $z_i = y(t_i) + \xi_i$
- xi. переменные  $x = (x_1, x_2)^T$   
 функция  $y(t) = x_1 + \sin(x_1 t) + \cos(x_2 t)$   
 измерения  $z_i = y(t_i) + \xi_i$
- xii. переменные  $x = (x_1, x_2)^T$   
 функция  $y(t) = x_1^2 + x_2^2$   
 измерения  $z_i = y(t_i) + \xi_i$
- xiii. переменные  $x = (x_1, x_2)^T$   
 функция  $y(t) = \sqrt{x_1^2 + x_2^2}$   
 измерения  $z_i = y(t_i) + \xi_i$
- xiv. переменные  $x = (x_1, x_2)^T$   
 функция  $y(t) = x_1^2 \cos(t) + x_2^2 (1 + \sin(t))$   
 измерения  $z_i = y(t_i) + \xi_i$

## 20.2 Итоговый контроль успеваемости

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: вопросы к экзамену.

### Вопросы к экзамену

1. Дискретные последовательности и системы.
2. Периодическая дискретизация
3. Дискретное преобразование Фурье.
4. Быстрое преобразование Фурье.
5. Фильтры с импульсной характеристикой конечной длины.
6. Фильтры с импульсной характеристикой бесконечной длины.
7. Квадратурные сигналы.
8. Дискретное преобразование Гильберта.
9. Линейные и нелинейные системы. Линеаризация.
10. Устойчивость линейных систем.
11. Оценивание константы методом наименьших квадратов.
12. Метод наименьших квадратов для линейных независимых равнооточных измерений.
13. Метод наименьших квадратов для линейных измерений общего вида.
14. Метод наименьших квадратов для нелинейных измерений.
15. Рекурсивный метод наименьших квадратов.
16. Прогнозирование вектора состояния и ковариационной матрицы.
17. Дискретный фильтр Калмана.
18. Альтернативная формулировка фильтра Калмана.
19. Обобщение фильтра Калмана на случай коррелированных шумов.
20. Оптимальное сглаживание
  - a. В закрепленной точке,
  - b. С постоянным запаздыванием.
21. Применение фильтра Калмана для случая нелинейной модели прогноза состояний.
22. Применение фильтра Калмана для случая нелинейных измерений.

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

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Отличное знание теоретического материала, правильное и эффективное решение задачи, правильные ответы на тестовые вопросы. Должны быть выполнены ВСЕ лабораторные работы	<i>Повышенный уровень</i>	<i>Отлично</i>
Хорошее знание теоретического материала, в целом правильное решение задачи. НО: допускает незначительные ошибки в решении задачи. Неправильный ответ на тест. ИЛИ: выполнены все показатели повышенного уровня, но не зачтена одна задача.	<i>Базовый уровень</i>	<i>Хорошо</i>
Решение задачи не доведено до конца или недостаточное знание теоретического материала, ошибки в тестах Неоптимальное решение задачи и недостаточное владение теоретическим материалом. ИЛИ: выполнены все показатели базового уровня, но по дисциплине не зачтены более одной задачи.	<i>Пороговый уровень</i>	<i>Удовлетворительно</i>
Задача не решена или серьезные пробелы в знании теоретического материала (с незнанием могут быть связаны и грубые ошибки в ответе на тестовые вопросы)	–	<i>Неудовлетворительно</i>

## Задания ФОС

### Вопросы с вариантами ответов

1. Выборочное среднее это

- a. отношение суммы всех измеренных значений показателя к величине выборки
- b. среднее значение квадратов отклонений отдельных его значений от среднего выборочного.
- c. корень квадратный из выборочной дисперсии

Ответ: a

2. Выборочная дисперсия это

- a. отношение суммы всех измеренных значений показателя к величине выборки
- b. среднее значение квадратов отклонений отдельных его значений от среднего выборочного.
- c. корень квадратный из дисперсии

Ответ: b

3. Среднее квадратическое отклонение это

- a. отношение суммы всех измеренных значений показателя к величине выборки
- b. среднее значение квадратов отклонений отдельных его значений от среднего выборочного.
- c. корень квадратный из дисперсии

Ответ: c

4. Прямое измерение некоторой величины это

- a. измерение, при котором значение величины измеряется непосредственно
- b. измерение, при котором измеряется значения величин, связанных с измеряемой величиной известной зависимостью

Ответ: a

5. Косвенное измерение некоторой величины это

- a. измерение, при котором значение величины измеряется непосредственно
- b. измерение, при котором измеряется значения величин, связанных с измеряемой величиной известной зависимостью

Ответ: b

6. Метод наименьших квадратов позволяет подобрать

- a. параметры некоторой функции так, чтобы сумма квадратов разностей измерений и аналитических данных была минимальной
- b. вид некоторой аналитической функции, среднее значение которой совпадает с выборочным средним измерений
- c. функцию так, чтобы ее квадрат совпадал с выборочным средним измерений

Ответ: a

7. Составляющую погрешности измерений, остающуюся постоянной при повторных измерениях одной и той же величины называют

- a. случайной ошибкой
- b. аномальной ошибкой
- c. систематической ошибкой

Ответ: c

8. Редко появляющуюся и резко отличающуюся по величине от прочих погрешность измерений называют

- a. случайной ошибкой
- b. аномальной ошибкой
- c. систематической ошибкой

Ответ: b

9. Изменяющуюся случайным образом при повторных измерениях одной и той же величины погрешность называют

- a. случайной ошибкой
- b. аномальной ошибкой
- c. систематической ошибкой

Ответ: a

10. Фильтр Калмана применяется

- a. только для систем с коэффициентами, зависящими от времени
- b. только для систем с постоянными коэффициентами
- c. для произвольных динамических систем

Ответ: c

## Открытые задания.

1. Как называется отношение суммы всех измеренных значений показателя к величине выборки (два слова)?

Ответ: выборочное среднее

2. Как называется среднее значение квадратов отклонений отдельных его значений от среднего выборочного (два слова)?

Ответ: выборочная дисперсия

3. Как называется корень квадратный из выборочной дисперсии (сокращение)?

Ответ: СКО

4. Как называется измерение, при котором измеряется непосредственно значение измеряемой величины (одно слово)?

Ответ: прямое

5. Как называется измерение, при котором измеряются значения величин, связанных с измеряемой величиной известной зависимостью (одно слово)?

Ответ: косвенное

6. Как называется реализация метода максимального правдоподобия для случая, когда погрешности измерений независимы и распределены по нормальному закону (сокращение)?

Ответ: МНК

7. Как называется составляющая погрешности измерений, остающаяся постоянной при повторных измерениях одной и той же величины (одно слово)?

Ответ: систематическая

8. Как называется составляющая погрешности измерений, редко появляющаяся и резко отличающаяся по величине от прочих (одно слово)?

Ответ: аномальная

9. Как называется составляющая погрешности измерений, изменяющаяся случайным образом при повторных измерениях одной и той же величины (одно слово)?

Ответ: случайная

10. Как называется фильтр, используемый для оценки метода наименьших квадратов параметров произвольных динамических систем (одно слово)?

Ответ: Калмана

**Критерии и шкалы оценивания заданий ФОС:**

Для оценивания выполнения заданий используется балльная шкала:

1) закрытые задания (тестовые с вариантами ответов, средний уровень сложности):

- 1 балл – указан верный ответ;
- 0 баллов – указан неверный ответ (полностью или частично неверный).

2) открытые задания (тестовые с кратким текстовым ответом, повышенный уровень сложности):

- 2 балла – указан верный ответ;
- 0 баллов – указан неверный ответ (полностью или частично неверный).