

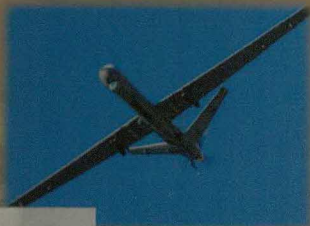
26-1936 ч.1

НА ДОМ НЕ ВЫДАЕТСЯ



Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

Я. В. Петросян, В. В. Шипко



26-01936

# ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЙ В АППАРАТУРЕ КОМПЛЕКСОВ СПЕЦИАЛЬНОГО МОНИТОРИНГА (С ПРИМЕНЕНИЕМ РУТНОН)

Часть 1

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил  
«Военно-воздушная академия им. проф. Н. Е. Жуковского  
и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж)

Я. В. Петросян, В. В. Шипко

**ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЙ  
В АППАРАТУРЕ КОМПЛЕКСОВ  
СПЕЦИАЛЬНОГО МОНИТОРИНГА  
(С ПРИМЕНЕНИЕМ PYTHON)**

*Учебное пособие*

В двух частях

Часть 1



Воронеж  
Издательско-полиграфический центр  
«Научная книга»  
2025

УДК 004.932  
ББК 32.972.13  
ПЗ1

Р е ц е н з е н т

доктор технических наук, профессор *Е. А. Самойлин*

**Петросян, Я. В.**

ПЗ1

Цифровая обработка изображений в аппаратуре комплексов специального мониторинга (с применением Python) : учебное пособие : в 2 ч. / Я. В. Петросян, В. В. Шипко. – Воронеж : Издательско-полиграфический центр «Научная книга», 2025.

ISBN 978-5-4446-2152-3.

Часть 1. – 2025. – 162 с. – Текст : непосредственный.

ISBN 978-5-4446-2140-0.

В учебном пособии изложено формирование цифровых изображений и их представление в компьютерном виде. Рассматриваются математические подходы выполнения яркостной коррекции, фильтрации и геометрических преобразований полутоновых цифровых изображений с их реализацией на языке программирования Python.

Учебное пособие предназначено для курсантов обучающимся по специальностям: «Применение и эксплуатация наземных средств воздушной разведки», «Применение подразделений и эксплуатация разведывательных средств и систем комплексов с беспилотными летательными аппаратами», «Применение и эксплуатация комплексов с беспилотными летательными аппаратами». Учебное пособие также может быть полезно научным работникам, а также соискателям учёных степеней, использующим цифровую обработку изображений.

Пособие издано в авторской редакции.

УДК 004.932  
ББК 32.972.13

ISBN 978-5-4446-2140-0 (ч. 1)  
ISBN 978-5-4446-2152-3

© Петросян Я. В., Шипко В. В., 2025

© ВУНЦ ВВС «ВВА», 2025

© Оформление.

Издательско-полиграфический центр  
«Научная книга», 2025

# ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>1. Введение в дисциплину</b>	<b>6</b>
1.1 Введение в цифровую обработку сигналов . . . . .	6
1.2 Технические и программные средства, применяемые при изучении дисциплины . . . . .	8
1.3 История развития цифровой обработки изображений . . . . .	9
<b>2. Дискретизация и квантование изображений</b>	<b>21</b>
2.1 Регистрация изображений . . . . .	21
2.1.1 Регистрация изображения с помощью одиночного сенсора . . . . .	21
2.1.2 Регистрация изображения с помощью линейки сенсоров . . . . .	23
2.1.3 Регистрация изображения с помощью матрицы сенсоров . . . . .	24
2.1.4 ПЗС-матрицы . . . . .	25
2.1.5 КМОП-матрицы . . . . .	26
2.1.6 Матричный цветофильтр . . . . .	29
2.2 Дискретизация и квантование непрерывных изображений . . . . .	31
2.3 Представление изображений в цифровой форме . . . . .	34
2.3.1 Представление изображений в виде массивов данных (таблиц) . . . . .	34
2.3.2 Типы изображений . . . . .	36
<b>3. Компьютерное представление изображений</b>	<b>38</b>
3.1 Операции над изображениями . . . . .	38
3.1.1 Чтение графических файлов . . . . .	38
3.1.2 Преобразование типов изображения в пиксели . . . . .	40
3.1.3 Получение метаданных файла изображения . . . . .	41
3.1.4 Просмотр изображений . . . . .	42
3.1.5 Запись изображения в файл . . . . .	43
3.2 Форматы представления изображений . . . . .	44
3.3 Форматы графических файлов . . . . .	45
<b>4. Статистические характеристики изображения</b>	<b>49</b>
4.1 Гистограмма яркости. Квантили распределения . . . . .	49
4.2 Описательные статистики изображения . . . . .	54
<b>5. Преобразование яркости изображения</b>	<b>58</b>
5.1 Анализ гистограммы яркости . . . . .	58
5.1.1 Нормальное изображение . . . . .	58

5.1.2	Контрастное изображение . . . . .	59
5.1.3	Слабоконтрастное изображение . . . . .	59
5.1.4	Недо- или переэкспонированное изображение . . . . .	60
5.1.5	Потеря информации в светах или тенях . . . . .	60
5.2	Функция преобразования яркостей . . . . .	61
5.2.1	Функция преобразования яркостей . . . . .	61
5.2.2	Таблица подстановки . . . . .	61
5.3	Экспоненциальное и сигмоидальное преобразование . . . . .	63
5.3.1	Экспоненциальная функция . . . . .	64
5.3.2	Сигмоидальная функция . . . . .	65
5.4	Кусочно-линейная функция . . . . .	66
<b>6.</b>	<b>Гистограммные методы улучшения изображений</b>	<b>69</b>
6.1	Расчёт гистограммы яркости . . . . .	69
6.2	Линейное контрастирование . . . . .	70
6.3	Нормализация гистограммы . . . . .	71
6.4	Эквализация гистограммы . . . . .	73
<b>7.</b>	<b>Пространственная фильтрация изображений</b>	<b>79</b>
7.1	Основы пространственной фильтрации . . . . .	79
7.2	Сглаживающие пространственные фильтры . . . . .	83
7.3	Фильтры, основанные на порядковых статистиках . . . . .	87
<b>8.</b>	<b>Пространственные фильтры усиления резкости</b>	<b>91</b>
8.1	Понятие резкости . . . . .	91
8.2	Усиление резкости с использованием лапласиана . . . . .	92
8.3	Нерезкое маскирование . . . . .	95
<b>9.</b>	<b>Преобразование Фурье и частотная область изображения</b>	<b>98</b>
9.1	Преобразование Фурье и его обращение . . . . .	99
9.1.1	Фурье-преобразование . . . . .	99
9.1.2	Дискретное преобразование Фурье одной переменной . . . . .	100
9.2	Двумерное дискретное преобразование Фурье и его обращение . . . . .	102
9.3	Частотная область изображения . . . . .	103
<b>10.</b>	<b>Частотные фильтры</b>	<b>108</b>
10.1	Фильтрация в частотной области . . . . .	108
10.2	Фильтры низких и высоких частот . . . . .	110
10.2.1	Фильтры низких частот . . . . .	110
10.2.2	Идеальный фильтр низких частот . . . . .	111
10.2.3	Фильтры низких частот Баттерворта . . . . .	111
10.2.4	Гауссов фильтр низких частот . . . . .	113

10.2.5	Фильтры высоких частот . . . . .	116
10.3	Режекторные и полосовые фильтры . . . . .	118
10.3.1	Режекторные фильтры . . . . .	118
10.3.2	Полосовые фильтры . . . . .	119
10.4	Узкополосные фильтры . . . . .	121
<b>11.</b>	<b>Конструирование частотных фильтров</b>	<b>123</b>
11.1	Преобразование пространственных фильтров в частотные . . . . .	123
11.2	Лапласиан в частотной области . . . . .	125
11.3	Нерезкое маскирование в частотной области . . . . .	126
<b>12.</b>	<b>Геометрические преобразования на плоскости</b>	<b>129</b>
12.1	Начальные сведения по геометрическим преобразованиям цифровых изображений . . . . .	129
12.1.1	Математический аппарат для работы с координатами точек . . . . .	129
12.1.2	Проблемы вычислений на плоскости . . . . .	130
12.1.3	Однородные координаты . . . . .	130
12.2	Евклидовы преобразования . . . . .	132
12.3	Аффинные преобразования . . . . .	132
12.4	Проективное преобразование . . . . .	134
<b>13.</b>	<b>Определение коэффициентов геометрического преобразования с помощью согласования в конечном числе точек</b>	<b>140</b>
13.1	Постановка задачи согласования изображений в конечном числе точек . . . . .	140
13.2	Вычисление матрицы аффинного преобразования . . . . .	142
13.3	Вычисление матрицы проективного преобразования . . . . .	144
13.4	Полиномиальное преобразование . . . . .	146
<b>14.</b>	<b>Сшивка изображений</b>	<b>150</b>
14.1	Требования к производству аэрофотосъёмочных работ для последующей сшивки изображений . . . . .	150
14.2	Определение особых точек . . . . .	150
14.3	Создание единого изображения . . . . .	156
14.3.1	Вычисление размера холста . . . . .	156
14.3.2	Вычисление положения каждого изображения на холсте . . . . .	157
14.3.3	Сшивка большого количества изображений . . . . .	160
	<b>Список литературы</b>	<b>162</b>