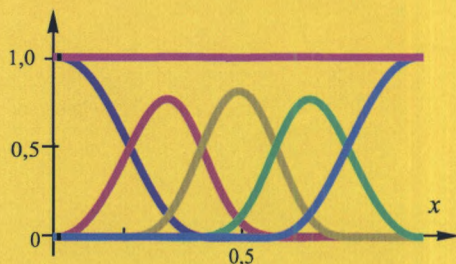
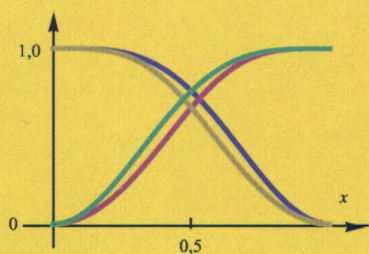
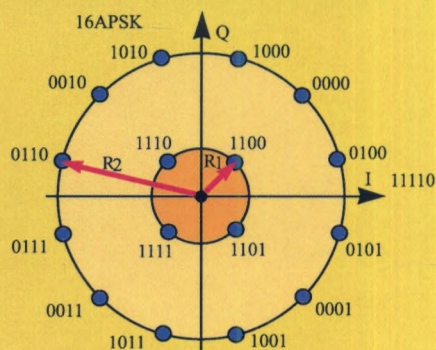
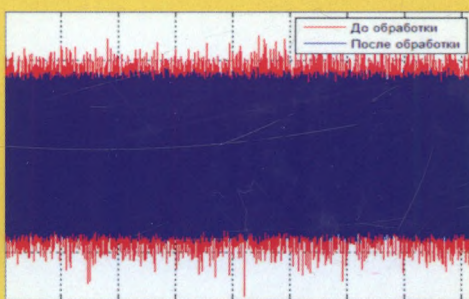
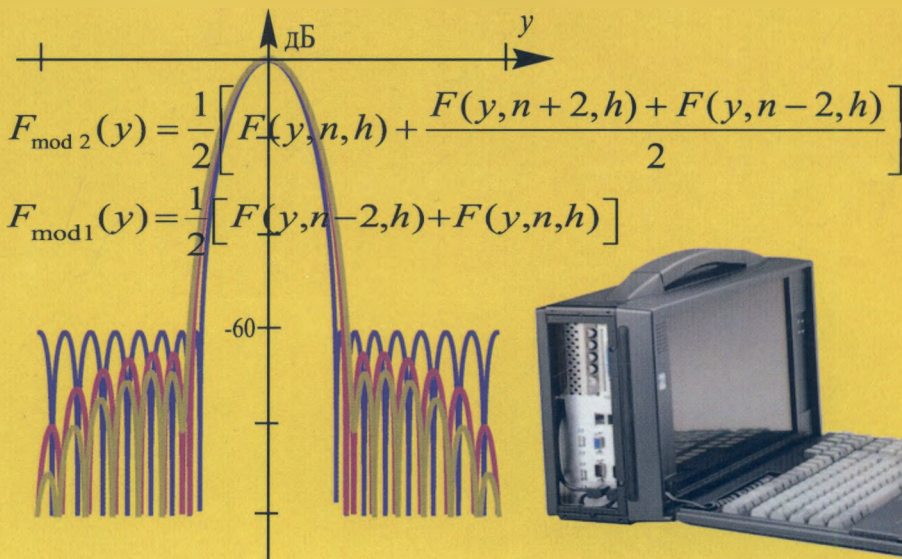


1940192

В.П. Дворкович  
А.В. Дворкович

# ТЕОРИЯ, ПРАКТИКА И МЕТРОЛОГИЯ АУДИОВИЗУАЛЬНЫХ СИСТЕМ

## Книга 1



В.П. Дворкович, А.В. Дворкович

**Теория, практика и метрология  
аудиовизуальных систем**

В 2-х книгах  
Книга 1

ТЕХНОСФЕРА  
Москва  
2019



Издание осуществлено при финансовой поддержке  
Российского фонда фундаментальных исследований  
по проекту № 19-17-00012, не подлежит продаже

УДК 004.421, 004.932, 519.722, 621.317, 621.397

ББК 32.811

Д 24



Рецензент: академик РАН Гуляев Ю.В.

Д24 Дворкович В.П., Дворкович А.В.

Теория, практика и метрология аудиовизуальных систем

В 2-х книгах

Книга 1

М.: ТЕХНОСФЕРА, 2019. – 644с. ISBN 978-5-94836-578-7

1540192

Настоящая книга посвящена анализу теоретических проблем и практической реализации аудиовизуальных систем, включая создание алгоритмов реализации и метрологическое обеспечение соответствующего оборудования, оценку параметров и качественных показателей современных цифровых телекоммуникационных систем реального времени. Данная монография является продолжением тем, рассмотренных авторами в книгах, опубликованных московским издательством «ТЕХНОСФЕРА»: «Видеоинформационные системы. Теория и практика» (2012 г.), «Метрологическое обеспечение видеоинформационных систем» (2015 г.), «Оконные функции для гармонического анализа сигналов» (2016 г.), а также с результатами последних мировых достижений по разработке и стандартизации новых высокоэффективных (включая сверх высокой четкости) телевизионных и мультимедийных систем.

Книга содержит 16 глав. В первой приведено краткое изложение материалов о видеоинформационных приложениях, системах формирования и представления цифровой видеоинформации, преобразовании в цифровую форму изображений различного разрешения – от видеотелефонии до «цифрового кино». Во 2-ой главе излагаются основные проблемы метрологического обеспечения и специфические особенности измерений и контроля в видеоинформационных системах, критерии оценки искажений видеоинформации и специальных измерительных сигналов, синтез сигналов для оценки аналого-цифровых видеоинформационных систем. Третья глава посвящена анализу проблем создания высокоточных алгоритмов обработки измерительных сигналов для оценки параметров видеоинформационных систем, глава 4 – исследованиям статистической и визуальной избыточности монохромных и цветных изображений. В главе 5 рассматриваются основные методы сжатия изображений, анализируются методы построения фрактального кодирования изображений. Вейвлеты и краткомасштабная обработка изображений рассмотрены в главе 6, в главе 7 – сведения о гармоническом анализе сигналов с использованием оконных функций, глава 8 посвящена проблемам внутрикадровой и межкадровой обработки изображений. В главе 9 изложены проблемы реализации кодирующих систем статических изображений JPEG и JPEG-2000, а также алгоритмы, применяемые в основных стандартах кодирования динамических изображений H.261, H.263, H.264/AVC и H.265/HEVC. Глава 10 посвящена анализу структур речевой и звуковой информации, изложению методов их цифрового кодирования и метрологической оценки качества их преобразования, в 11-й главе излагаются основные параметры и методы измерения интерфейсов в цифровых видеоинформационных системах, глава 12 посвящена анализу основных методов модуляции и помехоустойчивого кодирования цифровой информации. В главе 13 анализируются основные стандарты систем цифрового телевизионного вещания, 14-я глава посвящена измерениям в цифровых европейских системах DVB-T/T2, DVB-S/S2 и DVB-C/C2. В 15-й главе дано краткое описание утвержденных МСЭ стандартов современных систем цифрового звукового радиовещания DAB, ISDB-TSB, IBOC, DRM, CDR, основное внимание уделено анализу метрологического обеспечения отечественной мультимедийной системы RAVIS, глава 16 посвящена проблемам технологии видеоконференцсвязи и ее использованию в телемедицине и дистанционном образовании.

Авторы считают, что публикация настоящей книги внесёт существенный вклад России в общемировую систему цифровых телекоммуникаций, взаимодействие с международными стандартами телерадиовещания.

УДК 004.421, 004.932, 519.722, 621.317, 621.397

ББК 32.811

© Дворкович В.П., Дворкович А.В., 2019

© АО «РИЦ «ТЕХНОСФЕРА», оригинал-макет, оформление, 2019

ISBN 978-5-94836-578-7

# СОДЕРЖАНИЕ

## КНИГА I, ГЛАВЫ I–9

ВСТУПИТЕЛЬНОЕ СЛОВО.....	20
ПРЕДИСЛОВИЕ.....	25
PREFACE or “WHAT IS THIS BOOK ABOUT?” .....	39

### ГЛАВА I

<b>ВИДЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ. СИСТЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ И ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЦИФРОВОЙ ВИДЕОИНФОРМАЦИИ .....</b>	<b>51</b>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------

1.1. Форматы изображений. Статические и динамические эталонные изображения .....	53
1.1.1. Аналоговые и цифровые растровые изображения.....	53
1.1.2. Цветовые системы.....	55
- Цветовая система RGB .....	56
- Цветовые системы CMY и CMYK.....	59
- Цветовая система HSI .....	60
- Цветовые системы YUV, YIQ, YD <sub>R</sub> D <sub>B</sub> , YC <sub>R</sub> C <sub>B</sub> .....	62
- Цветовая система CIELAB.....	63
1.1.3. Статические и динамические эталонные изображения .....	64
- Статические эталонные изображения .....	64
- Динамические эталонные изображения.....	66
1.2. Системы формирования и передачи видеоинформации .....	68
1.2.1. Монохромное телевидение .....	68
1.2.2. Цветное телевидение .....	70
- Система NTSC .....	71
- Система PAL .....	73
- Система SECAM.....	74
1.2.3. Уменьшение объема информации при преобразовании составляющих ТВ сигналов в цифровую форму.....	76
1.2.4. Качественные показатели телевизионных изображений.....	79
1.2.5. Телевидение повышенной, высокой и ультравысокой четкости, стереоскопическое и многокурсное телевидение .....	81
1.2.6. Видеотелефония и видеоконференцсвязь, домашнее видео .....	82
1.3. Цифровое представление видеоинформации .....	84
1.3.1. Представление изображения конечным объемом данных.....	84
1.3.2. Фурье-преобразование, теорема о дискретизации .....	88
1.3.3. Изображение, изменяющееся во времени .....	91
1.3.4. Квантование. Импульсно-кодовая модуляция.....	93

## **ГЛАВА 2. МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИГНАЛЫ АНАЛОГОВЫХ И ЦИФРОВЫХ ВИДЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ..... 96**

2.1.	Метрологическое обеспечение и специфические особенности измерений и контроля в видеоинформационных системах.....	96
2.1.1.	Основные задачи метрологии .....	97
2.1.2.	Оценка искажений формы сигналов .....	99
2.2.	Краткие сведения о погрешностях измерений и контроля.....	101
2.3.	Синтез измерительных сигналов для анализа аналоговых и цифровых видеоинформационных систем .....	120
2.3.1.	Системные искажения стандартных измерительных сигналов.....	121
2.3.2.	Критерии оптимальности измерительных сигналов для оценки каналов аналоговой и цифровой передачи видеоинформации .....	126
2.3.3.	Синтез оптимальных измерительных сигналов для оценки каналов аналоговых и цифровых видеоинформационных систем.....	130
2.3.4.	Синтез измерительных сигналов, форма которых совпадает с огибающей их спектра.....	136
2.3.5.	Синтез измерительных сигналов для оценки эхо-радиосигналов.....	140
2.3.6.	Искажения измерительных сигналов в системах с частичным подавлением одной боковой полосы.....	148

## **ГЛАВА 3 АНАЛИЗ ИЗОБРАЖЕНИЙ И СИГНАЛОВ В ВИДЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ..... 159**

3.1.	Классификация характерных искажений аналоговых и цифровых систем формирования и передачи сигналов изображения .....	159
3.1.1.	Перечень основных параметров аналоговых и аналого-цифровых видеосигналов .....	160
3.1.2.	Искажения изображений в цифровых видеоинформационных системах .....	160
	- Блокинг-эффект .....	160
	- Мозаичный эффект .....	161
	- Размытие изображения .....	161
	- Окантовки на границах .....	161
	- Размытие цветов .....	161
	- Искажения типа «ступеньки» .....	162
	- Искажения, имеющие вид базисных функций ДКП .....	163
	- Ложные границы .....	163
	- Эффект «комаров» .....	164
	- Зернистый шум в стационарной области .....	164
	- Неправильные цвета .....	165
	- «Эффекты привидения» .....	166

3.1.3.	Тестовые видеопоследовательности для анализа искажений при цифровом кодировании статических изображений .....	166
3.1.4.	Анализ искажений при MPEG-подобном межкадровом кодировании.....	170
3.1.5.	Испытательные таблицы для анализа искажений в аналого-цифровых каналах .....	171
3.2.	Алгоритмы обработки измерительных сигналов при оценке параметров видеоинформационных систем .....	179
3.2.1.	Дискретная и непрерывная оптимальная фильтрация постоянных уровней видеоимпульсов.....	179
	- Условия оптимальной линейной фильтрации помехи.....	179
	- Зависимость оптимального уменьшения дисперсии помехи от величины интервала обработки сигнала .....	185
	- Реализация специальных сигналов для повышения точности оценки уровней.....	187
3.2.2.	Цифровая обработка быстроизменяющихся процессов .....	189
	- Активные методы поиска экстремумов .....	190
	- Поиск экстремумов с применением методов стохастической аппроксимации.....	193
	- Поиск экстремумов с применением методов цифровой фильтрации ....	196
	- Поиск переходов сигнала через заданный потенциальный уровень .....	201
3.2.3.	Алгоритмы обработки измерительных сигналов и результатов измерений.....	203
	- Особенности измерения размахов синусоидальных колебаний .....	206
	- Специфика анализа импульсных характеристик .....	208
3.2.4.	Алгоритмы оценки параметров помех.....	209
	- Методы одновременной оценки параметров флуктуационных и синусоидальных помех.....	213
	- Особенности оценки частот синусоидальных помех по дискретным выборкам .....	215
3.2.5.	Цифровые методы оценки флуктуационных помех в сигналах динамического изображения .....	218
	- Дискретное преобразование сигнала подвижного изображения.....	221
	- Линейная фильтрация флуктуационной помехи в динамическом изображении .....	223
	- Повышение эффективности анализа флуктуационных помех с применением нелинейных методов цифровой обработки .....	225

## ГЛАВА 4

### СТАТИСТИЧЕСКАЯ И ВИЗУАЛЬНАЯ ИЗБЫТОЧНОСТЬ

#### ИЗОБРАЖЕНИЙ..... 229

4.1.	Статистическая избыточность дискретизированных данных.....	230
4.1.1.	Информационная теорема .....	230
4.1.2.	Виды статистического кодирования.....	231
	- Методы представления целых чисел .....	233
	- Алгоритм Шеннона – Фано .....	236

- Алгоритм Хаффмана .....	237
- Блочное и условное кодирование .....	240
- Арифметическое кодирование .....	242
- Словарные методы кодирования последовательной дискретной информации .....	244
- Статистические методы моделирования последовательной дискретной информации .....	246
- Построение контекстного дерева .....	250
- Контекстные методы энтропийного кодирования .....	255
- Ассоциативное кодирование Буяновского .....	255
- Метод Барроуза – Уилера .....	259
4.1.3. Кодирование с преобразованием .....	259
- Кодирование с предсказанием .....	259
- Кодирование с дискретным преобразованием .....	261
4.1.4. Статистика монохромных и цветных изображений .....	265
- Статистика монохромных изображений без преобразования .....	265
- Статистика монохромных изображений с преобразованием .....	268
- Статистика цветных изображений .....	269
4.1.5. Кодирование с сокращением объема передаваемой информации .....	270
4.1.6. Структура классической системы связи .....	271
4.2. Визуальная избыточность изображений .....	273
4.2.1. Заметность пространственных изменений яркости изображений .....	273
4.2.2. Заметность временных изменений яркости изображений .....	278
4.2.3. Влияние помех .....	278
4.2.4. Специфические особенности восприятия цветов .....	280
4.2.5. Методы субъективной оценки качества изображений .....	283
4.2.6. Компьютерные методы хранения изображений .....	285

## ГЛАВА 5

### ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ СЖАТИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ..... 291

5.1. Непосредственное кодирование изображений и кодирование с предсказанием .....	293
5.1.1. Импульсно-кодовая модуляция .....	293
5.1.2. Кодирование изображений с предсказанием. Дифференциальная импульсно-кодовая модуляция .....	295
5.1.3. Основные виды предсказания .....	300
- Внутрикадровое предсказание .....	300
- Межкадровое предсказание .....	302
5.1.4. Квантование сигналов. Ошибки предсказания .....	304
5.1.5. Помехоустойчивость кодирования с предсказанием .....	308
5.2. Групповое кодирование изображений .....	309
5.2.1. Дискретные линейные ортогональные преобразования .....	310
- Дискретное преобразование Фурье .....	311
- Преобразование Хаара .....	315
- Преобразование Уолша – Адамара .....	316
- Дискретное синусное преобразование .....	317

- Дискретные косинусные преобразования .....	318
- Преобразование Кархунена – Лоэва.....	321
- Другие виды преобразований .....	323
5.2.2. Квантование коэффициентов преобразования .....	324
5.2.3. Кодирование коэффициентов преобразования.....	327
5.2.4. Межкадровое или трехмерное кодирование .....	328
5.3. Другие методы кодирования изображений .....	329
5.3.1. Кодирование с использованием гибридных преобразований .....	329
5.3.2. Другие методы блочного и интерполяционного кодирования .....	330
- Алгоритм LBG .....	332
- Алгоритм Эквитца .....	333
5.4. Фрактальные методы кодирования изображений .....	338

## ГЛАВА 6

### ВЕЙВЛЕТЫ И КРАТНОМАСШТАБНАЯ

### ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЙ ..... 345

6.1. Непрерывное вейвлет-преобразование .....	346
6.2. Дискретное вейвлет-преобразование .....	349
6.3. Кратномасштабный вейвлет-анализ .....	351
6.4. Основные сведения о субполосном кодировании .....	354
6.4.1. Двухканальная система субполосного дискретного преобразования сигналов .....	354
- Ортогональные КИХ-фильтры с нечетным числом отсчетов цифровой решетки и линейной (нулевой) ФЧХ.....	358
- Ортогональные КИХ-фильтры с четным числом отсчетов цифровой решетки .....	361
- Квадратурно-зеркальные КИХ-фильтры .....	366
6.4.2. Трехканальная система субполосного дискретного преобразования сигналов .....	368
6.4.3. Четырехканальная система субполосного дискретного преобразования сигналов .....	374
6.4.4. Пятиканальная система субполосного дискретного преобразования сигналов .....	379
6.4.5. Кратномасштабное дискретное вейвлет-преобразование изображений.....	384
6.5. Обработка изображений с кратномасштабным дискретным вейлет-преобразованием .....	387
6.5.1. Основные положения .....	387
6.5.2. Зависимость энергетических характеристик субполос изображения от вида вейвлет-базиса разложения .....	389
6.5.3. Выбор маски квантования компонент вейвлет-преобразований изображения.....	392
6.5.4. Обработка тестовых изображений двухполосными вейвлет-фильтрами .....	397
6.5.5. Обработка тестовых изображений с различными вариантами вейвлет-фильтров.....	399



<b>ГЛАВА 7</b>	
<b>ГАРМОНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СИГНАЛОВ</b>	
<b>С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОКОННЫХ ФУНКЦИЙ ..... 405</b>	
7.1.	Структуры оконных функций и их основные параметры ..... 406
7.1.1.	Основные положения ..... 406
7.1.2.	Основные параметры оконных функций ..... 410
	- Эквивалентная шумовая полоса ..... 410
	- Усиление преобразования ..... 411
	- Корреляция перекрывающихся участков ..... 412
	- Паразитная амплитудная модуляция спектра ..... 414
	- Максимальные потери преобразования ..... 414
	- Просачивание спектральных составляющих ..... 415
	- Минимальная разрешаемая полоса ..... 415
	- Относительная разность шумовой полосы окна и его полосы по уровню -3 дБ ..... 416
	- Максимальный уровень боковых лепестков ..... 416
	- Скорость спада боковых лепестков в дБ на октаву ( $\Delta W$ ) ..... 416
	- Выбор оконных функций при цифровой обработке сигналов ..... 416
7.2.	Классические оконные функции ..... 417
7.2.1.	Прямоугольная и треугольная оконные функции ..... 417
	- Прямоугольное окно (окно Дирихле) ..... 417
	- Треугольное окно (окно Файера и Барлетта) ..... 418
7.2.2.	Оконные функции Хеннинга вида $\cos^a(x)$ ..... 419
	- Косинусоидальный лепесток ..... 420
	- Косинус-квадратичное окно Хеннинга / окно Ханна ..... 420
	- Косинус-кубичная оконная функция ..... 421
	- Квадрат косинус-квадратичной оконной функции ..... 421
7.2.3.	Оконные функции Хемминга, Блэкмана, Блэкмана – Херриса ..... 421
	- Окно Хемминга (модификация окна Хеннинга) ..... 421
	- Окно Блэкмана ..... 422
	- Окна Блэкмана – Херриса ..... 423
7.2.4.	Оконные функции Наталла, Блэкмана – Наталла, Барлета – Ханна; окно с плоской вершиной ..... 424
	- Окна Наталла и Блэкмана – Наталла ..... 424
	- Гибридное окно Барлета – Ханна ..... 424
	- Окно с плоской вершиной ..... 425
7.3.	Оконные функции Дольфа – Чебышева, Барсилона – Темеша и их модификации ..... 426
7.3.1.	Окна Дольфа – Чебышева (Dolph – Chebyshev) и Барсилона – Темеша (Barcilon – Temes) ..... 426
7.3.2.	Модификации окон Дольфа – Чебышева и Барсилона – Темеша ..... 432
7.4.	Синтез высокоэффективных оконных функций с использованием минимизации спектральных составляющих вне пределов заданного интервала ..... 438
7.4.1.	Минимизация мощности боковых лепестков спектров окон с косинусоидальными составляющими ..... 438

7.4.2.	Результаты расчетов параметров спектров окон с четными косинусоидальными составляющими .....	439
7.4.3.	Результаты расчетов параметров спектров окон с нечетными косинусоидальными составляющими .....	444
7.5.	Синтез высокоэффективных оконных функций с использованием минимизации различий их формы и спектра .....	446
7.6.	Алгоритмы максимизации спада уровней боковых лепестков спектра оконных функций.....	451

## ГЛАВА 8

### ВНУТРИКАДРОВАЯ И МЕЖКАДРОВАЯ

### ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЙ .....

457

8.1.	Изменения коэффициентов квантования блоков в JPEG-подобных алгоритмах видеокompрессии .....	459
8.2.	Направленное пространственное внутрикадровое предсказание в стандарте H.264/AVC .....	463
8.2.1.	Режим предсказания пикселей яркости блоков 16x16.....	463
8.2.2.	Режим предсказания пикселей яркости блоков 8x8 .....	465
8.2.3.	Режим предсказания пикселей яркости блоков 4x4 .....	471
8.2.4.	Режим предсказания пикселей блоков цветности.....	475
8.3.	Направленное пространственное внутрикадровое предсказание в стандарте H.265/HEVC .....	478
8.4.	Внутрикадровая обработка изображений для уменьшения влияния блокинг-эффекта .....	480
8.4.1.	Процесс фильтрации краев при $b_s < 4$ .....	483
8.4.2.	Процесс фильтрации краев при $b_s = 4$ .....	484
8.5.	Методы анализа и компенсации движения в динамических изображениях.....	486
8.5.1.	Принципы упрощенных методов анализа движения .....	488
	- Метод полного перебора.....	488
	- Логарифмический, комбинированный по двум направлениям, трехшаговый, иерархический методы.....	489
8.5.2.	Методы, основанные на использовании стандартных преобразований.....	490
	- Методы, основанные на оптическом уравнении .....	490
	- Использование временной и пространственной корреляции для поиска векторов движения.....	492
	- Использование временной и пространственной корреляции векторов с оптимизацией возмущения битового потока.....	493
8.5.3.	Методы, использующие преобразование Фурье.....	494
	- Методы полного перебора с преобразованием Фурье и фазовой корреляции.....	494
	- Методы фазовой корреляции .....	495
8.5.4.	Оптимизация поиска векторов движения по стандарту MPEG-4 (метод быстрого поиска MVFAST) .....	497
8.5.5.	Повышение эффективности анализа движения по опорным точкам.....	500

8.5.6.	Дополнительные возможности компенсации движения деталей в динамических изображениях .....	508
	- Основные уравнения .....	510
	- Результаты экспериментов .....	513
8.5.7.	Анализ векторов движения и межкадровое предсказание по стандарту H.264/AVC .....	515
	- Межкадровое предсказание в P-слайсах .....	515
	- Межкадровое предсказание в B-слайсах .....	518
	- Предсказания векторов движения .....	519
8.5.8.	Анализ векторов движения и межкадровое предсказание по стандарту H.265/HEVC .....	519
	- Векторы движения .....	519
	- Компенсация движения .....	521
8.6.	Анализ смены сюжета в динамических изображениях .....	523
8.7.	Визуализация параметров кодирования видеoinформации в соответствии со стандартами H.264/AVC и H.265/HEVC .....	528
8.7.1.	Режимы оценки внутрикадрового предсказания .....	528
8.7.2.	Режимы оценки межкадрового предсказания .....	531
8.7.3.	Режим оценки деблокирующей фильтрации .....	531

## ГЛАВА 9

### СТАНДАРТЫ КОДИРОВАНИЯ СТАТИЧЕСКИХ И ДИНАМИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ .....

533

9.1.	Стандарты кодирования статических изображений .....	534
9.1.1.	Стандарт JPEG и его модификация .....	536
9.1.2.	Стандарт JPEG-2000 .....	539
9.2.	Стандарты кодирования динамических изображений .....	546
9.2.1.	Стандарт H.261 .....	549
9.2.2.	Стандарт ITU-T H.263 .....	550
9.2.3.	Стандарт MPEG-1 .....	551
9.2.4.	Стандарт MPEG-2 .....	551
	- Общие положения стандарта MPEG-2 .....	552
	- Масштабируемость в MPEG-2 .....	554
	- Транспортный и программный потоки MPEG-2 .....	555
	- Структура и параметры кодирования программного потока .....	557
	- Структура и параметры кодирования транспортного потока .....	557
	- Частота системных часов .....	557
	- Витопоток стандарта MPEG-2 .....	557
	- Структура битового потока видеопоследовательности стандарта MPEG-2 .....	560
	- Уровень макроблоков .....	565
9.2.5.	Стандарт MPEG-4 .....	566
	- Кодированное представление медийных объектов .....	566
	- Аудиообъекты .....	569
	- Видеообъекты .....	571
9.2.6.	H.264/AVC MPEG-4 Part 10. Продвинутое видеокодирование .....	579

- Профили и уровни стандарта H.264/AVC .....	581
- Эффективность сжатия динамических изображений в стандарте H.264/AVC .....	582
- Уровень сетевой абстракции .....	586
- Уровень видеокодирования .....	588
- Внутрикадровое предсказание .....	592
- Межкадровое предсказание .....	592
- Преобразование, масштабирование и квантование .....	594
- Квантование .....	596
- Обратное квантование .....	599
- Деблокирующая фильтрация .....	601
- Энтропийное кодирование .....	601
- Использование кодов переменной длины .....	602
9.2.7 H.265/ HEVC MPEGН. Часть 2.	
Высокоэффективное видеокодирование .....	605
- Алгоритм кодирования стандарта HEVC .....	608
- Пакет кодового дерева (Coding Tree Unit, CTU) и блок кодового дерева (Coding Tree Block, CTB) .....	613
- Кодовый пакет (Coding Unit, CU) и кодовый блок (Coding Block, CB) .....	613
- Пакет предсказания (Prediction Unit, PU) и блок предсказания (Prediction Block, PB) .....	614
- Пакет преобразования (Transform Unit, TU) и блок преобразования (Transform Block, TB) .....	614
- Внутрикадровое предсказание .....	614
- Векторы движения .....	615
- Компенсация движения .....	615
- Управление квантованием .....	615
- Арифметическое кодирование .....	615
- Деблокирующая фильтрация (Deblocking Filtering, DF) .....	616
- Адаптивный сдвиг значений отсчетов (Sample Adaptive Offset, SAO) .....	616
9.3. Некоторые проблемы реализации видеокодирующих систем .....	617
9.3.1. Методика построения промежуточных кадров видеопоследовательности .....	617
9.3.2. Методика регулировки потока при сжатии динамических изображений .....	620
- Вычисление количества битов, выделяемых на кадр и на коэффициенты ДКП .....	622
- Обновление R-D-модели .....	624
9.3.3. Анализ смены сюжета .....	627
- Распознавание движения камеры .....	628
- Распознавание смены сюжета, не связанного с движением камеры .....	628
9.3.4. Оценка быстродействия кодирования изображений .....	631
9.4. Возможности кодирования стереоскопических изображений в рамках совместимости со стандартами MPEG .....	632
9.4.1. Общее описание стереоскопии .....	633
9.5. Проблемы совершенствования цифровых методов кодирования изображений – Универсальный видео кодек H.266/VVC .....	640



Дворкович Виктор Павлович (1938 г.р.) – заведующий кафедрой мультимедийных технологий и телекоммуникаций МФЕИ, д.т.н., профессор, действительный член академий МАИ и МТА, член президиума РНТОРЭС им. А.С. Попова, многие годы является членом диссертационных советов, экспертного совета ВАК, экспертом ИАС РФФИ и РНФ. Стаж работы в области связи – более 50 лет, основными местами работы были Научно-исследовательский институт радио (НИИР) и Главный радиочастотный центр (ГРЧЦ). Основная область деятельности – разработка теории и новых методов цифровой обработки аудиовизуальной информации и компьютерная метрология. За годы работы под руководством Дворковича В.П. в советское время было произведено и внедрено в область связи более 500 тысяч измерительных приборов. Он опубликовал более 250 научных трудов, в том числе 15 книг, имеет более 70 авторских свидетельств СССР и патентов РФ. Активно занимается преподавательской деятельностью, в том числе многие годы был доцентом института повышения квалификации ГРЧЦ и профессором кафедры университета им. Н.Э. Баумана.



Александр Викторович Дворкович (1967 г.р.) – директор физтех-школы радиотехники и компьютерных технологий МФТИ, д.т.н., член-корреспондент РАН, член диссертационных советов МЭИ и МЭИС, председатель диссертационного совета МФТИ, член президиума РНТОРЭС им. А.С. Попова, эксперт ИАС РФФИ и Международного союза электросвязи (МСЭ), руководитель секции цифровой обработки изображений международной конференции «Цифровая обработка сигналов и ее применение», эксперт кластера «Космос и телекоммуникации» ФНЦ «Сколково».

В телекоммуникационной отрасли работает более 25 лет. Основная область деятельности – разработка теории, алгоритмов и систем цифровой обработки и передачи потоков видео и звуковой информации. Автор опубликовал более 150 научных работ, в том числе 10 книг, имеет около 30 патентов Российской Федерации. Активно занимается преподавательской деятельностью, многие годы является профессором кафедры МЭИ, заведующим лабораторией МФТИ.

014

С 1996 года совместная деятельность Виктора Павловича и Александра Викторовича Дворковичей связана с созданием принципиально новых методов и устройств, метрологического обеспечения видеoinформационных систем, разработкой отечественной цифровой системы мультимедийного вещания «РАВИС» (RAVIS – Realtime AudioVisual Information System). Результаты разработки системы «РАВИС» отражены в пяти национальных стандартах, определяющих ее параметры, требования к соответствующей аппаратуре и ее метрологическому обеспечению, а также в отчетах международных организаций ИТУ и СЕРТ, подготовленных на основе множества вкладов в эти организации. В основу разработок высокоэффективных систем кодирования и передачи мультимедийной информации положено восемь совместных патентов. В 2004 году В.П. и А.В. Дворковичи были удостоены премии Правительства РФ в области науки и техники. В последние годы издательстве «ТЕХНОСФЕРА» вышел ряд их фундаментальных монографий: «Цифровые видеoinформационные системы (теория и практика)», 2012 г.; «Оконные функции для гармонического анализа сигналов», два издания 2014 и 2016 гг., «Измерения в видеoinформационных системах (теория и практика)», 2015 г. Настоящая книга является естественным объединением и дополнением указанных монографий авторов, выпущенных в издательстве «ТЕХНОСФЕРА» в 2012–2016 гг.