

Оглавление

1 ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ.	
ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ	9
1.1 Введение	9
1.2 Звуковой сигнал	
и его оцифровка	13
1.2.1 Стробирование сигнала	13
1.2.2 Шум от оцифровки сигнала	
и его оценка	14
1.2.3 Формат wav	16
1.3 Преобразование Фурье	
от функции	17
1.3.1 Обобщенные функции *	18
1.4 Преобразование Фурье	
и обобщенные функции	20
1.4.1 Преобразование Фурье от единицы *	20
1.4.2 Операции с дельта-функцией	23
1.4.3 Формула обращения	24
1.4.4 Основные свойства преобразования	
Фурье	25
1.4.5 Автокорреляция	27
1.5 Преобразование Фурье	
от последовательности	28
1.5.1 Определение преобразования	28
1.5.2 Используемые обозначения	29
1.5.3 Свойства преобразования Фурье	
от последовательности	29

1.5.4	Свертка	30
1.6	Дискретное преобразование Фурье (ДПФ)	32
1.6.1	Определение ДПФ	32
1.6.2	Связь ряда Фурье и ДПФ	34
1.6.3	Преобразование вещественных последовательностей	35
1.6.4	Оценки спектра произвольного сигнала с помощью ДПФ	37
1.6.5	Сглаживание выборки при оценке спектра	39
1.7	ДПФ и корреляция между двумя последова- тельными	40
1.7.1	Свертка последовательностей	40
1.7.2	Корреляция между двумя последовательностями	41
1.8	Восстановление функции по дискретным значениям	43
1.8.1	Выборка значений функции с шагом T^*	44
1.8.2	Преобразование Фурье от единичной по- следовательности *	45
1.8.3	Формула Шеннона для значений функции, восстановленной по дискретным значениям	48
1.9	Линейные фильтры	50
1.9.1	Основные определения и обозначения	50
1.9.2	Фильтры с конечным временем отклика	52
1.9.3	Фильтры с бесконечным временем отклика	53
1.9.4	Устойчивость ИИ фильтров первого порядка	54
1.9.5	Соединение фильтров	54
1.9.6	Устойчивость фильтра в общем случае	55
1.10	Реализация фильтров	57

1.10.1	Проектирование фильтров	58
1.11	Идеальный фильтр	62
1.11.1	Спецификация фильтра	64
1.12	Вещественные ортогональные преобразования, связанные с ДПФ	65
1.12.1	ДПФ и матрицы	65
1.12.2	Преобразование Хартли	68
1.12.3	Собственные векторы матриц специального вида	68
1.12.4	Косинус-преобразование	71
1.12.5	Преобразование $i = 4$	71
1.13	Кенстр (cepstrum) сигнала	73
1.13.1	Разделение спектров при фильтрации	74
1.13.2	Обнаружение эха	76
1.13.3	Сжатое представление спектра	76
1.14	Вейвлет- (wavelet-) преобразование	77
1.14.1	Непрерывное вейвлет-преобразование	77
1.14.2	Дискретное вейвлет-преобразование	79
1.14.3	Multiresolution	82
1.15	Преобразование Адамара	82
2	ЦИФРОВЫЕ ВОДЯНЫЕ ЗНАКИ ВО ВРЕМЕННОЙ ОБЛАСТИ	86
2.1	Цифровые водяные знаки. Определение и классификация	86
2.2	ЦВЗ на основе наименее значащих битов	88
2.3	Линейные последовательностные машины и их применение	90
2.3.1	Определение линейной последовательностной машины	90
2.3.2	Преобразование бинарной последовательности с помощью ЛПМ	91

2.3.3	Изменение адресации с помощью ЛПМ	92
2.4	Создание водяных знаков с помощью процедуры «расширение спектра»	96
2.4.1	Основная процедура	96
2.4.2	Шифрование ЦВЗ с помощью ЛПМ	97
2.4.3	Модуляция ЦВЗ псевдослучайной последовательностью	100
2.5	Создание водяных знаков на основе анализа контейнера	103
2.5.1	Выбор водяного знака с точки зрения теории фильтрации	103
2.5.2	Конструирование ЦВЗ на основе фильтра	106
2.5.3	Метод главных компонент	109
2.6	Создание водяных знаков с помощью модуляции мощности фрагментов	113
2.7	Создание водяных знаков с помощью эха	117
2.7.1	Алгоритм внедрения	118
2.7.2	Извлечение ЦВЗ	120
3	ЦИФРОВЫЕ ВОДЯНЫЕ ЗНАКИ И ПРЕОБРАЗОВАНИЯ	124
3.1	Помещение водяного знака в коэффициенты Фурье	124
3.1.1	Внесение ЦВЗ в модули коэффициентов ДПФ	125
3.1.2	Кодирование ЦВЗ с помощью фазы сигнала	129
3.2	Внедрение ЦВЗ в модули коэффициентов преобразования Хартли и косинус-преобразования	132

3.2.1	Внедрение ЦВЗ в модули коэффициентов преобразования Хартли	132
3.2.2	Внедрение ЦВЗ в модули коэффициентов косинус-преобразования	134
3.3	Кодирование ЦВЗ с помощью фазы сигнала	134
3.3.1	Фазовый сдвиг сигнала в результате фильтрации	135
3.3.2	Симметричный фильтр и фазовый сдвиг	136
3.3.3	All-pass-фильтр	138
3.3.4	Создание ЦВЗ с помощью фазового сдвига	139
3.4	ИИР-фильтры и водяные знаки	144
3.4.1	Схема внедрения ЦВЗ с использованием ИИР-фильтра	145
3.4.2	Сравнение результатов фильтрации ЦВЗ с помощью FIR- и ИИР-фильтров	147
3.4.3	Длительность периода установления ИИР-фильтра	151
3.5	Внедрение водяных знаков с помощью вейвлет-преобразования	153
3.5.1	Внедрение и извлечение ЦВЗ на основе ДВП	154
3.6	Линейное предсказание и автоматическое обнаружение копий файла	155
3.6.1	Параметры линейного предсказания	156
3.6.2	Применение линейного предсказания для получения сглаженного спектра сигнала	158
3.6.3	Обнаружение схожих музыкальных произведений	159

4	ПРИЛОЖЕНИЕ	163
4.1	Основные сведения из линейной алгебры . . .	163
4.1.1	Операции над матрицами	163
4.1.2	Линейное пространство	163
4.1.3	Линейная зависимость и базис линейного пространства	164
4.1.4	Скалярное произведение векторов . . .	165
4.1.5	Ортонормированный базис и ортогональные матрицы	166
4.1.6	Скалярное произведение как мера близости двух векторов	167
4.1.7	Собственные векторы и собственные значения матрицы	168
4.1.8	Матрицы и квадратичные формы . . .	169
4.1.9	Экстремальные значения вещественной квадратичной формы	170
4.1.10	Формула Эйлера	170
	ЛИТЕРАТУРА	170