

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ имени академика
С.П. КОРОЛЕВА

В.Г. Никитин

**УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ МЕДИЦИНСКИХ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ
СИСТЕМ**

Учебное пособие

Самара 2004

УДК 616+534.292

Ультразвуковые изображения медицинских диагностических систем. Учебное пособие./ В.Г. Никитин; Самарский государственный аэрокосмический университет, Самара, 2004, 203 с.

Рассмотрены: математические основы процессов формирования и обработки изображений, физические основы получения ультразвуковых изображений, особенности работы ультразвуковых сканеров, вопросы обработки и передачи ультразвуковой информации.

Пособие предназначено для студентов, обучающихся по специальности 190500- «Биотехнические и медицинские аппараты и системы», подготовлено на кафедре медицинских диагностических систем.

Табл. 5, Илл. 80, Библ. 10 наим.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С.П. Королева.

Рецензенты: д.т.н., профессор А.Е. Дубинин, Н.В. Зубцов
ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1. ВОСПРИЯТИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ И ИХ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ	8
1.1. Общие принципы визуализации медицинских изображений	8
1.2. Количественные описания при получении и восприятии изображения	18
1.2.1. Измерение амплитуды отображаемого сигнала	19
1.2.2. Меры пространственных характеристик систем визуализации	19
1.3. Характеристики зрительного восприятия человека	20
1.3.1. Острота зрения и восприятие яркостного контраста	22
1.3.2. Фактор времени в зрительном восприятии	25
1.4. Место ультразвука в медицинской визуализации	27
1.5. Семантика интерпретации изображений	28
2. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССОВ ФОРМИРОВАНИЯ И ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ	33
2.1. Понятие объекта и его изображения	33
2.2. Соотношение связывающее объект и изображение	35
2.3. Общая проблема обработки изображений	39
2.4. Дискретное преобразование Фурье и модели систем визуализации	43
2.5. Общая теория реконструкции изображений	47
3. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОЛУЧЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ	49
3.1. Распространение акустических волн и их взаимодействие с биотканями	49
3.1.1. Скорость звука	49
3.1.2. Характеристики акустического поля	51
3.1.3. Акустический импеданс	52
3.1.4. Затухание	52
3.1.5. Поглощение	54
3.1.6. Рассеяние	55
3.2. Влияние движения биоструктур	59
3.3. Параметры визуализации и нелинейные эффекты	60
3.4. Акустические поля излучателей	61
3.5. Физические принципы и теория построения изображений	67
3.5.1. Сканирование в эхо-импульсном режиме	67
3.5.2. Спекл	70
3.5.3. Сложное сканирование и подавление эффектов когерентности при формировании изображения	70
4. ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ СКАНЕРОВ	70
4.1. Основные характеристики ультразвуковых сканеров	70
4.2. Формирование и фокусировка ультразвукового луча	79
4.3. Практические рекомендации при работе в режимах В и М	106
4.4. Оценка качества изображения ультразвуковых сканеров	116
4.5. Артефакты акустического изображения	136
5. ОТОБРАЖЕНИЕ, РЕГИСТРАЦИЯ, АРХИВИРОВАНИЕ, ОБРАБОТКА И ПЕРЕДАЧА УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ИНФОРМАЦИИ	155
5.1. Отображение информации	155
5.2. Регистрация изображений	157
5.3. Архивирование и обработка изображений	160
5.4. Передача изображений	163
5.5. Получение трехмерных изображений	165
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	174
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	176
СЛОВАРЬ ОСНОВНЫХ ТЕРМИНОВ	177

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время из всех известных методов интроскопии для визуализации в медицинской диагностике наиболее широко используется ультразвук, способный проникать внутрь тела человека и взаимодействовать с биотканью без негативных последствий. Информация о структуре тела содержится в прошедшем и рассеянном излучении, и задача системы визуализации состоит в расшифровке этой информации. В отличие от рентгеновских лучей ультразвуковые волны, как и свет, преломляются и отражаются на границах раздела сред с различными акустическими показателями преломления, что позволяет создавать фокусирующие системы.

С точки зрения выбора конкретного способа построения систем визуализации в зависимости от используемого вида излучения между ультразвуком и световым (или рентгеновским) излучением имеются существенные различия. Ультразвуковые волны распространяются достаточно медленно, поэтому при характерных размерах органов в теле легко измерить соответствующие времена распространения, что позволяет использовать эхо-импульсные методы для формирования акустических изображений. С другой стороны, скорость ультразвуковых волн достаточно велика для того, чтобы накопить и реконструировать всю информацию в виде полного кадра изображения, т.е. можно в динамике наблюдать, например, движение элементов сокращающегося сердца.

Еще одно отличие ультразвука заключается в том, что ультразвуковые волны когерентны и, как в случае лазерного излучения, структура формируемого изображения в значительной степени определяется интерференционными эффектами, поэтому в результате суммирования сигналов на неплоской поверхности волнового фронта в принятом сигнале могут наблюдаться флуктуации, связанные с интерференцией когерентных составляющих.

Задачи, решаемые электронными вычислителями, в медицинской интроскопии можно разделить на три основных типа: обработка информации, включая и непосредственную обработку изображений; автоматический анализ медицинских изображений; восстановление двух- и трехмерных изображений по серии разноракурсных одномерных сигналов детекторов, чувствительных к применяемому для исследования виду излучения. Восстановление изображений по серии одномерных, называемое