Выбор целевой области

и создание 3D­модели

на основе данных диагностики пациента

Фрагмент конспекта

А.С. Грицай

А.В Блохин

# Слайд № 1

Выбор целевой области и создание 3D­модели на основе данных диагностики пациента.

# СЛАЙД № 2

Медицинское изображение – относительно новое понятие в медицинской диагностике. Это – собирательный термин, включающий в себя совокупность методических, методологических, понятийных и технологических вопросов.

Медицинское изображение (Medical Imaging) – это структурно-функциональный образ органов человека, предназначенный для диагностики заболеваний и изучения анатомофизиологической картины организма. Иногда его называют также диагностическим изображением (Diagnostic Imaging). Основными источниками для получения медицинских изображений являются методы лучевой диагностики - рентгенологический, магнитно-резонансный, радионуклидный и ультразвуковой. К этим изображениям можно отнести также оптические изображения, основанные на биолюминесценции и флюоресценции. Новым направлением в медицинской визуализации является оптическая когерентная томография, которая начинает широко применяться в офтальмологии.

По данным Института Здоровья США в 2010 году в мире выполнено 5 млрд. диагностических изображений. При этом доза облучения населения составила 50% от всей совокупной дозы радиации. В широком понимании термин медицинское изображение включает в себя, помимо лучевых образов, также картины органов, получаемые другими физическими способами исследования: эндоскопическими, оптическими, микроскопическими, инфракрасными и пр. Заметим, что визуализацию органов, удаленных в процессе операции (например, рентгенографическаую картину экстерпированной молочной железы) или изображение трупа на компьютерной томограмме («добродетельная аутопсия») нельзя считать медицинскими изображениями.

Они относятся к другому разделу медицины - патологии. С другой стороны, некоторые функциональные данные, которые не имеют первоначального образа (например, ЭКГ или электроэнцефалограмма), но которые могут быть в процессе последующей компьютерной обработки представлены в виде карт с позиционированием исследуемых функциональных зон, можно рассматривать также как один из вариантов медицинских изображений. Многочисленные медицинские образы, независимо от способа их получения, могут быть объединены в две основные группы: аналоговые и цифровые (дигитальные).

# СЛАЙД № 3

К аналоговым относятся такие изображения, в которых заключена информация непрерывного характера. Подобные изображения являются основными при восприятии человеком окружающего его мира. Всем аналоговым изображениям, включая медицинские, свойствен ряд недостатков. В частности, затруднено их компактное хранение, обработка в соответствии с потребностями диагностики, передача от пользователя к пользователю. В аналоговых изображениях всегда присутствует много лишних сигналов, или шумов, которые ухудшают их качество.

Аналоговые изображения:

• традиционная пленочная рентгенография;

• линейная томография;

• аналоговая рентгеноскопия.

# СЛАЙД № 4

Этих недостатков лишены цифровые медицинские изображения. Они имеют в своей основе ячеистую структуру (матрицу), которая содержит информацию об органе в виде набора цифр, полученных из датчиков диагностического аппарата. С помощью компьютера из сигналов, хранящихся в магнитной памяти, по сложным алгоритмам создается (реконструируется) изображение органов. Цифровые изображения характеризуются высоким качеством, отсутствием посторонних сигналов (шумов). Их легко сохранять в компактном виде на различных магнитных и оптических носителях, обрабатывать на компьютере и пересылать на большие расстояния по сетям телекоммуникаций. Необходимо подчеркнуть, что на современном этапе развития медицинской визуализации цифровые изображения становятся доминирующими в медицинской диагностике.

Цифровые изображения:

• цифровая рентгенография;

• цифровая рентгеноскопия;

• визиография;

• компьютерная рентгеновская томография;

• дентальная компьютерная томография;

• магнитно-резонансная томография;

• однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ОФЭКТ);

• позитронная эмиссионная томография (ПЭТ);

• сонография;

• ультразвуковое допплеровское картирование;

• мультимодальные (сплавленные, или гибридные) изображения (КТ/ОФЭКТ, КТ/ПЭТ, МРТ/ПЭТ).

# СЛАЙД № 5

Аналоговые медицинские изображения могут быть преобразованы в матричные, и наоборот, матричные – в аналоговые. Оцифровку аналоговых изображений с твердых носителей и ввод их в память компьютера осуществляют с помощью сканеров.

Для оцифровки пленочных рентгенограмм применяются транспарентные сканеры – дигитайзеры. У этих сканеров рабочий диапазон оптической плотности должен быть выше 3,0 D. В качестве оцифровочного устройства может быть использована также цифровая фотокамера. Основным способом оцифровки рентгеновского изображения с УРИ или оптической системы является ПЗС-матрица (прибор с зарядовой связью). Кроме того, цифровые рентгеновские изображения могут получаться путем прямой рентгенографии на плоских полупроводниковых детекторах - ddR (digital direct Radiography) либо на основе технологии пластин с запоминающим люминофором - CR (Computer Radiography). Устройства для реализации технологии CR, также, как и транспарентные сканеры, именуются дигитайзерами. В некоторых аппаратах для лучевой визуализации (гамма-камеры, ультразвуковые аппараты) цифровые изображения получаются из аналоговых с помощью аналого-цифровых преобразователей (АЦП).

# СЛАЙД № 6

Медицинские изображения в кардиологии собираются детекторами в точно заданные периоды кардиоцикла под управлением электрокардиограммы - т. н. ЭКГ-синхронизированные исследования. Таким путем осуществляются визуализацию сердца при рентгеновской компьютерной и магнитно-резонансной томографии, сцинтиграфии (ОФЭКТ и ПЭТ). Одновременно при этих исследованиях компьютер производит расчет и представление всех требуемых функциональных параметров сердечной деятельности.

# СЛАЙД № 7

Представление диагностических изображений на дисплее может иметь двоякий характер. Векторные изображения состоят из набора элементарных линий и кривых, описываемых математическими формулами в виде объектов, называемых векторами. Последние имеют графическую характеристику и могут изменяться врачом в соответствии с выбранными программами без ухудшения качества изображения. К недостаткам векторных изображений относится необходимость значительных ресурсов адресуемой памяти компьютера.

# слайд № 8

Матричные изображения – основные в лучевой диагностике. Они имеют в своей основе растр, состоящий из большого числа ячеек – пикселей, либо, при объемном характере – вокселей. Пространственное разрешение матричных изображений тесно связано с количеством содержащихся в них пикселей. Чем больше пикселей содержит изображение, тем лучше его качество. При обработке цифровых изображений, в частности при изменении его размера либо при воспроизведении его на принтере с низкой разрешающей способностью оно может деформироваться – появляется зубчатость контуров, пропадают мелкие детали. В отечественной рентгенологии данный факт наблюдается при попытках произвести бумажные копии при цифровой флюорографии и компьютерной томографии. Именно по этой причине (а также вследствие неизбежного при этом сужения фотографической широты) оценку таких изображений нельзя признать корректной. Для представления указанных выше изображений в виде твердых копий единственным правильным решением является использования лазерных или инфракрасных камер. Отметим, что с помощью специальных компьютерных программ векторные изображения могут быть переведены в матричные и наоборот.

# Слайд № 9

Каждому из элементов матрицы изображения на экране дисплея соответствует определенный участок адресуемой памяти. Таким образом, вся площадь растрового дисплея содержит совокупность пикселей, имеющую свою размерность. В медицинской диагностике экранная площадь дисплея обычно формируется в виде следующих матриц: 64x64, 128x128, 256x256, 512x512. 1024x1024, 2048х2048, 4096х4096 пикселей.

Чем больше число пикселей, на которое разбивается экранная площадь дисплея, тем выше разрешающая способность системы отображения. Чем крупнее матрица изображения, тем более фрагментарным оно представляется наблюдателю (рис. 8.3). Но с увеличением числа пикселей в изображении возрастает емкость адресуемой памяти компьютера. А это неизбежно требует дополнительных аппаратных и программных ресурсов. Поэтому на практике выбирают оптимальный уровень размера матрицы, при котором сохраняется баланс между производительностью компьютера и приемлемым качеством изображения.

С увеличением числа пикселей в матрице качество изображения улучшается.

Так, например, в радионуклидной визуализации – ОФЭКТ, ПЭТ, – при которой диагностическая информация носит, в основном, функциональный характер, отдают предпочтение крупным матрицам: 128х128 и 256х256. Таким способом освобождается оперативная память компьютера для выполнения сложных параметрических расчетов и построений. В цифровой рентгенографии, компьютерной и магнитно-резонансной томографии, при которых решаются диагностические задачи преимущественно структурного характера, применяются более мелкие матрицы: 512х512, 1024х1024. В цифровой маммографии применяются наиболее мелкие матрицы: 1024х1024, 2048х2048, которые обеспечивают высокое пространственное разрешение. Это имеет решающее значение при выявлении мелких кальцификатов и стромальных нарушений в молочной железе).

# слайд № 10

Сравнивая аналоговые и цифровые рентгеновские изображения, необходимо помнить, что все цифровые технологии получения рентгенограмм обеспечивают относительно невысокую разрешающую способность - в диапазоне 0,7-4,5 пар л./ мм. Цифровая флюорография имеет разрешающую способность 4 пар л./мм. Только цифровая маммография обеспечивает высокое разрешение - до 10 пар л./мм.

В то же время пленочная рентгенография имеет лучшую разрешающую способность: у системы экран-пленка - 8-10 пар л./мм, у безэкранной пленки высокого разрешения -15-20 пар л./мм.

Используемые в медицинской диагностике растровые изображения имеют не только различные размеры матрицы и, следовательно, количество находящихся в ней пикселей, но и различную структуру самого пикселя. Как известно, каждый пиксель изображения формируется в адресуемой памяти процессора различным числом бит — от 1 до 24. Чем большим количеством бит представлен каждый пиксел изображения, тем оно богаче по своим зрительным свойствам и тем больше информации об исследуемом объекте оно содержит (табл. 8.1). Количество бит, содержащихся в одном пикселе, называют его глубиной. Оптимальным вариантом чёрно-белого (палитрового) изображения является однобайтный пиксель, который содержит 256 градаций серого цвета: от белого — 0 ед. до черного — 256 ед. Это - т. н. стандартная серая шкала. Большая глубина пикселя требует больше ресурсов компьютера, что сказывается на его конечной производительности. Поэтому в лучевой диагностике применяют различную глубину пикселя в зависимости от используемого метода и поставленной задачи (таблица на слайде).

Так, в ультразвуковой диагностике, которая решает, в основном, функциональные задачи, либо опознание сравнительно грубых морфологических структур, чаще используют 6-битный пиксель, у которого 64 оттенка серого цвета, реже - 8-битный с 256 оттенками серой шкалы. Допплеровское картирование требует большую глубину пикселя, вплоть до 12-битных, у которой имеется цветовая палитра, состоящая из нескольких миллионов оттенков цветовой гаммы.

В радионуклидной диагностике, где изображения решают главным образом функциональные задачи, применяют преимущественно 8-битный пиксель с 256 вариантами оценок уровней серой шкалы или цвета.

Системы медицинской диагностики для изучения структур имеют более мелкие матрицы: 256x256, 512x512, 1024x1024 пикселей (иногда и выше - до 4096x4096 пикселей). Для формирования таких образов при 8-битном пикселе нужно занять в памяти компьютера соответственно от нескольких сотен килобайт до 1-5 МБ памяти. Еще больше ресурсов компьютера расходуется при построении объемных (3D) изображение и особенно при создании потоков четырехмерной (4D) графики. Современные компьютерные томографы для выполнения одного исследования с потоковыми и трехмерными файлами (4-D) с цветовым кодированием данных требуют до 5 ГБ оперативной памяти компьютера. В некоторых системах для получения медицинских изображений принята воксельная (объемная) структура их образования и интерпретации. Размерность воксельной матрицы такая же, как и пиксельной: 256х256, 512х512 и т.д.

Так, в ультразвуковой диагностике, которая решает, в основном, функциональные задачи, либо опознание сравнительно грубых морфологических структур, чаще используют 6-битный пиксель, у которого 64 оттенка серого цвета, реже - 8-битный с 256 оттенками серой шкалы. Допплеровское картирование требует большую глубину пикселя, вплоть до 12-битных, у которой имеется цветовая палитра, состоящая из нескольких миллионов оттенков цветовой гаммы.

В радионуклидной диагностике, где изображения решают главным образом функциональные задачи, применяют преимущественно 8-битный пиксель с 256 вариантами оценок уровней серой шкалы или цвета.

Системы медицинской диагностики для изучения структур имеют более мелкие матрицы: 256x256, 512x512, 1024x1024 пикселей (иногда и выше - до 4096x4096 пикселей). Для формирования таких образов при 8-битном пикселе нужно занять в памяти компьютера соответственно от нескольких сотен килобайт до 1-5 МБ памяти. Еще больше ресурсов компьютера расходуется при построении объемных (3D) изображение и особенно при создании потоков четырехмерной (4D) графики. Современные компьютерные томографы для выполнения одного исследования с потоковыми и трехмерными файлами (4-D) с цветовым кодированием данных требуют до 5 ГБ оперативной памяти компьютера. В некоторых системах для получения медицинских изображений принята воксельная (объемная) структура их образования и интерпретации. Размерность воксельной матрицы такая же, как и пиксельной: 256х256, 512х512 и т.д.

# слайд № 11

При цветном изображении наилучшим вариантом является трехбайтный пиксель, который содержит 16,7 млн. цветов (стандарт RGB — Red, Green, Blue — красный, зеленый, голубой). Однако такая палитра цветов требует большого объема памяти компьютера, поэтому в медицинской практике чаще применяют упрощенный, так называемый индексированный, цвет — однобайтный, который содержит 256 цветов. Он несколько хуже по качеству, зато намного рациональнее расходует память компьютера. Кроме того, он быстрее и проще передается по линиям компьютерной связи. И все же для ускорения передачи изображений и более рационального хранения в компьютерной памяти их сжимают (т.е. производят их компрессию) специальными программами в несколько раз, или архивируют. При обратном процессе — разархивации — качество изображения восстанавливается практически до исходного.

# слайд № 12

Каждое из цифровых изображений имеют свой формат. Формат TIFF предназначен для создания и хранения медицинских изображений высокого качества и используется главным образом при подготовке иллюстраций для печати в издательских машинах. Он поддерживает широкую палитру передачи цветов - от монохромного черно-белого до 32-разряднной цветной модели CMYK (специальный цветовой формат для полиграфии) и сжимается без потери данных.

Формат JPEG - основной формат, который предназначен для хранения растровых медицинских изображений. Он воспроизводит достаточно высокое их качество, позволяя его сжимать в несколько раз без ощутимой потери качества (рис. 8.4) за счет изъятия избыточной информации. Новый вариант этого формата (JPEG 2000) обладает более высокой способностью сжатия (до 100 степеней) без потери качества изображения.

Формат GIF отличается высокой степенью сжатия, однако со значительной потерей качества изображения, работает с фиксированным (256) количеством цветов. Он предназначен для передачи медицинских изображений в сети Интернет и поддержки телерадиологии. Формат PNG - распространенный формат работы с медицинскими изображениями в Интернете. Он поддерживает 8- и 24-битные цветные изображения и стандартную серую шкалу с 256 оттенками.

Формат PDF предназначен для хранения документа целиком, включая его текстовую и изобразительную часть. Благодаря мощному алгоритму сжатия он получил широкое распространение в Интернете при работе с материалами по медицинской, в том числе лучевой диагностике.

Формат DjVu создан специально для хранения сканированных документов — книг, журналов, рукописей, в которых присутствует обилие формул, схем, рисунков и рукописных символов. Данный формат передает все тонкости изображения и служит в основном для хранения и скачивание книг, атласов, учебников из электронных библиотек.

Существуют также внутренние форматы, которые создаются фирмами, разрабатывающими оборудование для медицинской диагностики. Однако независимо от типа оборудования и его происхождения, все аппараты для цифровой лучевой диагностики обязательно оканчиваются терминалом, поддерживающим стандарт DICOM.

Стандарт DICOM позволяет создавать, хранить, передавать и печатать все медицинские изображения, информацию о пациенте, выполненном исследовании, оборудовании, учреждениях и медицинском персонале, производящем исследование. По этому стандарту передаются медицинские изображения в сети PACS (архивация и передача медицинских изображений) и далее отправляются в RIS (радиологическую информационную сеть) и HIS (госпитальную информационную сеть).

Необходимо отметить, что в распоряжении врача обязательно должны быть программы-конвертеры, которые позволяют переводить медицинские изображения и сопровождающие их документальные данные из одного формата в другой: PDF в WORD и обратно, DjVu в WORD, YouTube в AVI и др. При работе с медицинскими изображениями следует также иметь в виду их переносимость на платформы IBM PC и Apple Macintosh. При необходимости следует воспользоваться программами-конвертерами.

# слайд № 13

Медицинские изображения могут существовать в двух вариантах: в виде твердых копий — рентгенограмм, отпечатков на бумаге, фотобумаге, лазерной пленке — и в электронном виде — на экране дисплея, магнитных носителях, оптических дисках и пр. Медицинские изображения можно разделить также на статические и динамические. Первые служат для оценки морфологии органов и развивающихся в них патологических процессов. Вторые - для преимущественного изучения функции органов. Поэтому они называются функциональными. Изучение функциональных изображений является одним из важнейших направлений современной медицинской диагностики. При этом можно выделить 4 типа таких изображений:

Функциональные изображения I типа - характеризуют двигательную активность органов (моторную, сократительную, эвакуаторную и др.);

Функциональные изображения II типа - характеризуют накопительно-экскреторную функцию органа;

Функциональные изображения III типа - отражают активность перфузионных процессов в органе;

Функциональные изображения IV типа - характеризуют метаболическую активность в биологических тканях.

# слайд № 14

Получить функциональное изображение 1 типа, т.е. исследовать двигательную активность органов, можно на дисплее рентгеновского или ультразвукового аппарата. На практике широко используется регистрация сократительной способности контрастированных пищевода и желудка на серии стоп-кадров, выполняемой в процессе рентгеноскопии (рисунок на слайде). Широко применяется изучение двигательной функции органов при сонографии. Двигательную функцию сердечной мышцы можно изучить с помощью КТ, МРТ и ОФЭКТ, которые выполняются с использованием кардиосинхронизаторов и специальных программных алгоритмов. Применение компьютерной технологии позволяет оценить сократительную функцию органов в количественных показателях.

# слайд № 15

Функциональные изображения II типа отражают накопительноэкскреторную функцию органа. С этой целью применяют маркеры (радиофармпрепараты или рентгеноконтрастные вещества), избирательно и быстро захватываемые из крови исследуемыми органами. Таким путем изучают, например, функцию печени, почек, желчевыделительной системы Типичными примерами функциональных изображений этого типа является рентгенологическое исследование почек - урография (справа на слайде) и радионуклидное исследование гепатобилиарной системы - сцинтиграфия (слева на слайде).

# слайд № 16

Функциональные изображения III типа — перфузионные. Они основаны на визуализации перфузии в капиллярном русле органа. Изображения подобного типа широко применяются в компьютерной томографии для определения структуры паренхиматозных органов и выявления в нем участков аномального кровотока. Так, локальное снижение мозговой перфузии, выявляемое при компьютерной томографии, может свидетельствовать об ишемии мозга - ишемическом инсульте (рисунок слева). Такое исследование является «золотым стандартом» диагностики этого заболевания. Снижение перфузии в легких при компьютерной томографии свидетельствует об ишемии легочной ткани вследствие тромбоэмболии эмболии легочной артерии (рисунок справа)...

# слайд № 17

…а сердечной мышцы - об инфаркте миокарда (рисунок слева). Некоторые заболевания, например, опухоли, отображаются на ком- пьютерныхтомограммах, наоборот, повышенным накоплением контрастного препарата (рисунок справа). Перфузионные изображения получают также при радионуклидной визуализации легких - сцинтиграфии в диагностике тромбоэмболии легочных артерий.

# слайд № 18

Функциональные изображения IV типа - метаболические - отражают состояние метаболизма в изучаемом органе. Они основаны на визуализации изменения тока жидкости с помощью магнитно-резонансной томографии во вне- или внутриклеточных пространствах, в частности при переходе тока жидкости из изотропного (линейного) в анизотропный (вихревой). Метаболическая МРТ основана на регистрации кислородного насыщения гемоглобина крови. При активизации функции нервных клеток возникает повышенное поглощение ими кислорода, что находит отображение на томограммах. Цветовое картирование функциональных МРТ позволяет получить изображение функциональных зон головного мозга, например, двигательной или речевой зоны (рисунок слева). МР-трактография используется для визуализации проводящих путей головного мозга в протоколе 2D-изображения (рисунок справа) ...

# слайд № 19

… и нервных пучков в протоколе 3D- изображения (рисунок справа). Метаболический характер имеют изображения, получаемых при радионуклидной визуализации - сцинтиграфии (рисунок слева) ...

# слайд № 20

… и позитронной эмиссионной томографии (рисунок на слайде). Метаболические изображения называют также (с некоторыми оговорками) молекулярными и биохимическими. При всех них осуществляется визуализация биохимических и молекулярных процессов в живой ткани. Это нашло свое отображение в медицинской терминологии (например, журнал «Molecular Imaging and Biology», ассоциация «European Society for Molecular Imaging»).

# слайд № 21

По типу медицинских изображений можно выделить следующие группы:

• Планарные изображения - рентгенография, сцинтиграфия.

• Послойные изображения - линейная томография, КТ, МРТ, ОФЭКТ, ПЭТ, сонография, когерентная лазерная томография.

• Трехмерные изображения - 3D-rendering при КТ, УЗИ, МРТ.

Четырехмерные изображения (трехмерные изображения в реальном времени - потоковые файлы) - 4D-rendering при КТ, УЗИ. МРТ.

• Энергетические изображения (энергетический допплер, КТ с выделением изомерных по напряжениям потоков крови, сосудистых стенок).

• Изображения с параметрическими эквивалентами - МР- спектрография, остеоденситомерия.

• Мултимодальные (сплавленные, гибридные) изображения - ОФЭКТ/КТ, ПЭТ/КТ, ПЭТ/МРТ.

# слайд № 22

Все работы с цифровыми изображениями осуществляются с помощью специализированных компьютеров. Одни из них (управляющие компьютеры) служат для управления работы аппаратом и оформления документации о больном, другие (рабочие станции, или АРМ) - для обработки полученных изображений и выполнения врачебных заключений. Рабочие станции оснащены большим набором клинических и инструментальных программных приложений, которые предназначены для выполнения конкретных клинических задач в онкологии, кардиологии, акушерстве и др. Эти станции позволяют манипулировать с полученным массивом цифровых данных для проведения вычислительных работ, получения совмещенных и моделированных (3D) и (4D) изображений.

Существенным преимуществом цифровых изображений является возможность их компьютерной обработки. Первый этап такой обработки — предварительный. Его осуществляют во время сбора информации, т.е. в момент получения самого изображения. С этой целью проводят коррекцию изображения с целью «выправления» технических дефектов детекторов излучений, например, неоднородности в чувствительности по полю большого сцинтилляционного кристалла гамма-камеры или линейки ультразвуковых датчиков. На этом же этапе осуществляют коррекцию физиологических факторов (дыхания, наличия маркера в окружающих тканях), которые ухудшают изображение. На некоторых аппаратах для визуализации подобные коррекции проводятся программно в автоматическом режиме, на других - управляются оператором.

Следующий этап обработки изображений — аналитический. Его проводят во время анализа изображений. Так, с целью улучшения качества изображения можно провести процедуру сглаживания, т.е. выравнивание неоднородностей, контрастирование органов путем отсечения окружающего орган фона, который мешает зрительному восприятию исследуемого органа. Можно выполнить также цветовое кодирование изображения, что также улучшит качество его восприятия. С помощью специальных алгоритмов можно построить аксонометрическое, или псевдообъемное, и трехмерное изображение органа.

# слайд № 23

Своеобразной формой обработки изображения является "алгебра кадров»: сложение или вычитание нескольких изображений органа с помощью компьютера. Делается это, как правило, автоматически во время исследования. Таким путем, например, получают изолированное изображение сосудов при дигитальной субтракционной и КТ-ангиографии (рисунок на слайде) или визуализацию ишемической зоны миокарда при контрастированной МРТ, выполненной по протоколу «обратного времени восстановления».

Многие современные аппараты для цифровой визуализации имеют встроенную систему анализа сигналов. Она позволяет уже на этапе сбора информации осуществлять ее компьютерную обработку в соответствие с заданными задачами исследования, т.е. до вмешательства оператора - технолога, лаборанта, врача. Это в значительной степени облегчает работу персонала и повышает эффективность диагностического метода. Такая система получила название «коррекция in line».

# слайд № 24

Новое направление визуализации — совмещение изображений, полученных посредством разных методов исследования. Совмещения осуществляются аппаратно и программно. Такие картины носят названия мультимодальных (сплавленных, гибридных) изображений. Подобным образом получают, например, сплав компьютерной томограммы с однофотонной эмиссионной компьютерной томограммой (КТ/ОФЭКТ) или позитронной эмиссионной томограммой (КТ/ ПЭТ), магнитно-резонансной томограммы с позитронной эмиссионной томограммой (МРТ/ПЭТ). В подобных технологиях компьютерный томограф позволяет не только получить пространственную картину накопления маркера, но одновременно управлять in-line сбором информации детекторами гама-камер, что повышает качество итоговых изображений. Мультимодальные сплавленные изображения являются венцом современной анатомо-функциональной визуализации (рисунок на слайде).

# слайд № 25

С помощью компьютера можно обрабатывать кривые, полученные при анализе медицинских изображений. Можно, например, сгладить (аппроксимировать) эти кривые, т.е. сделать их визуально более наглядными Специальные прикладные программы позволяют провести на компьютере математическое моделирование изучаемых функции, что помогает выявить патологические изменения и оценить степень их выраженности.

Выделение «зон интереса» — один из основных этапов обработки диагностических изображений на компьютере. «Зона интереса» — это участок изображения органа, который представляет наибольший интерес для диагностики. Как правило, выделение зона интереса осуществляется в ручном режиме - оператором или врачом. Кроме того, существуют компьютерные программы по автоматизированному выделению проблемных зон интереса - CAD-технологии (Computer Assisted Detection). В выделенных зонах происходит программное компьютерное улучшение качество изображения и детализация мелких структурных элементов (рисунок на слайде).

# слайд № 26

В настоящее время организованы мощные удаленные серверы, которые обеспечивают централизованное эффективное решение CAD-задач. Это - т.н. «облачные технологии» (рисунок на слайде). Систем CAD начинает широко использоваться во всех разделах лучевой диагностики: рентгенологической, ультразвуковой, радионуклидной и магнитно-резонансной. Некоторые цифровые аппараты (например, маммографы) поставляется в лечебные учреждения нашей страны с уже встроенной системой CAD.

Перспективным направлением использования компьютера для анализа медицинских изображений является их автоматизированный анализ. Особенно эффективной такая обработка может стать при массовых проверочных исследованиях - при флюорографии грудной полости и маммографии. Представляется перспективным на аналитическом этапе компьютерного анализа изображений использовать специализированные приложения, решающие конкретные клинические задачи. Подобные приложения разработаны некоторыми ведущими производителями компьютерных томографов и аппаратов для ультразвуковой визуализации.