

Медицинская Информатика
Medical Informatics

Олег Пьяных, PhD
opiany@gmail.com



Раздел 1: Основные понятия

Часть 1: Что такое МИ?

Олег Пьяных opiany@gmail.com

Задача

- Главврач больницы:
 1. Купил три компьютера для ввода и хранения информации о пациентах
 2. Организовал запись к врачам в онлайн
 3. Заменял обычный рентген цифровым
 4. Начал консультировать пациентов по Skype
 5. Поставил антивирусный софт по всей клинике
 6. Установил «русские Windows», и подключил ГЛОНАСС для мониторинга перемещения карет скорой помощи
 7. Повесил новые занавески успокаивающих тонов, опираясь на результаты новейших исследований

Что из всего этого относится к МИ?



Олег Пьяных opiany@gmail.com

История МИ

- Что вы знаете о *настоящем* Имхотепе?
 - Первый известный нам врач
 - Первый известный нам инженер
- Конец 19-го – начало 20-го века
 - Первые перфокарты (начало IBM)
 - Врачи начинают пользоваться телефонами
 - Врачи начинают пользоваться автомобилями



<http://www.vop.us.org/en/bnosis/great-characters/imhotep-master-of-sciences.html>
Cohen: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1307150/pdf/westmed00160-0042.pdf>

Oleg Pianykh opiany@gmail.com

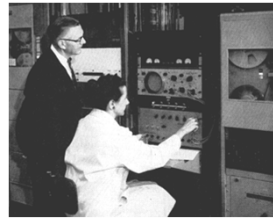
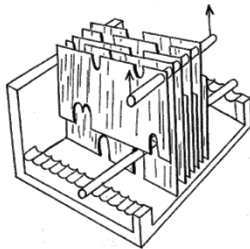
“Radio doctor” 1924



Oleg Pianykh opiany@gmail.com

История МИ

- 1950-е: Становится ясно, что диагностический анализ может формулироваться на математическом языке (логика, вероятность)
 - Математика делает диагностику более объективной [Ledley, 1959]
 - Компьютеры могут помочь с математикой
 - Первые языки программирования (FORTRAN, Cobol)
 - The Professional Group in Bio-Medical Electronics (позднее IEEE)



Oleg Pianykh opiany@gmail.com

[Ledley, 1959]

История МИ

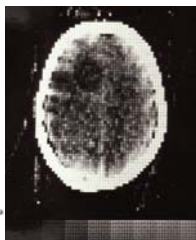
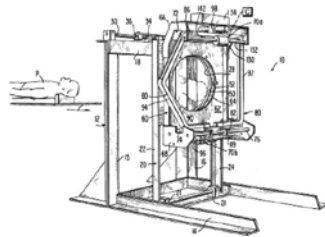
- 1960-е: рост и расширение
 - Всплеск статей по МИ
 - Первые факультеты МИ
 - Игра в названия: medical computing, medical data processing, medical information processing, health care information systems, medical computer science, etc. *Informatique* и *Informatika* [Collen, 1986]
 - Мейнфрейм компьютеры; первые прототипы ПК

Первый в США факультет компьютерной медицины был открыт в 1960 в Tulane University School of Medicine (New Orleans). Его первым «Профессором Компьютерной Медицины» стал J.W.Sweeney. На вопрос о том, что означает его звание, он шутил «Я лечу больные компьютеры»

Oleg Pianykh opiany@gmail.com

История МИ

- 1970-е
 - Первые компьютерные томографы (КТ): медицинские изображения, целиком созданные компьютером
 - Появление термина "Medical Informatics" : "medical informatics as the application of computer technology to all fields of medicine". Появление первых журналов по МИ.
 - Первые курсы по Медицинской Информатике



[Sittig, 2006]

Oleg Pianykh opiany@gmail.com

История МИ

- Стремительный рост в 1980-х, сопровождаемый массовой оцифровкой медицинских данных.
- 50 научных обществ с 50,000 участников.
- Итог: новая научная дисциплина, возникшая на пересечении нескольких старых (медицина, информатика, математика, физика). Отсюда проблема самоидентификации – что такое МИ?

Oleg Pianykh opiany@gmail.com

«Проблема пересечения»

- Наука или «пересечение»?
 - МИ часто определяют как пересечение математики (информатики) с медициной
 - Подобное определение через «пересечение» сбивает с толку, ничего не говорит о сути МИ, ее целях, методах, и направлениях исследований.
- ... или «пересечения»?
 - Другой способ «определить» МИ заключается в разделении ее на части: стоматологическая МИ, хирургическая МИ, маммографическая МИ. Еще хуже!

Oleg Pianykh opiany@gmail.com

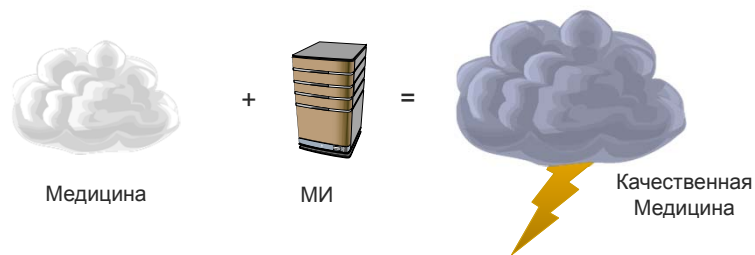
«Проблема аудитории»

- Границы МИ часто размываются выбором ее аудитории, которая сильно варьируется от специалистов библиотечного дела (понимающего МИ как способ поиска данных) до врачей (часто воспринимающей МИ как компьютерную грамотность)
- В результате, многие занятия по МИ перегружаются ненужными разделами – уроками компьютерной архитектуры или анатомии.

Oleg Pianykh opiany@gmail.com

Определение МИ (наконец-то!)

- Медицинская Информатика занимается повышением качества здравоохранения на основе математической обработки и анализа данных
- Практическая область, не терпит неэффективных решений. Начинайте любой проект с вопроса «Как это можно применить в клинике?»



Oleg Pinykh opiany@gmail.com

[Наух, 2010]

Итак, вернемся к нашей задаче:

- Главврач больницы:
 1. Купил три компьютера для ввода и хранения информации о пациентах
 2. Организовал запись к врачам в онлайн
 3. Заменял обычный рентген цифровым
 4. Начал консультировать пациентов по Skype
 5. Поставил антивирусный софт по всей клинике
 6. Установил «русские Windows», и подключил ГЛОНАСС для мониторинга перемещения карет скорой помощи
 7. Повесил новые занавески успокаивающих тонов, опираясь на результаты новейших исследований

Что из всего этого относится к МИ?

Oleg Pinykh opiany@gmail.com

И что не так с этими обложками?



Oleg Pianykh opiany@gmail.com

Эмпирическое определение МИ

- Schuemie в 2009 проанализировал 14,885 статей из журналов по МИ, за 15 лет (1993-2008)
- Статьи (заголовки и абстракты) были разделены на кластеры на основе ключевых слов
- Журналы и направления исследований были отнесены к полученным кластерам на основе близости

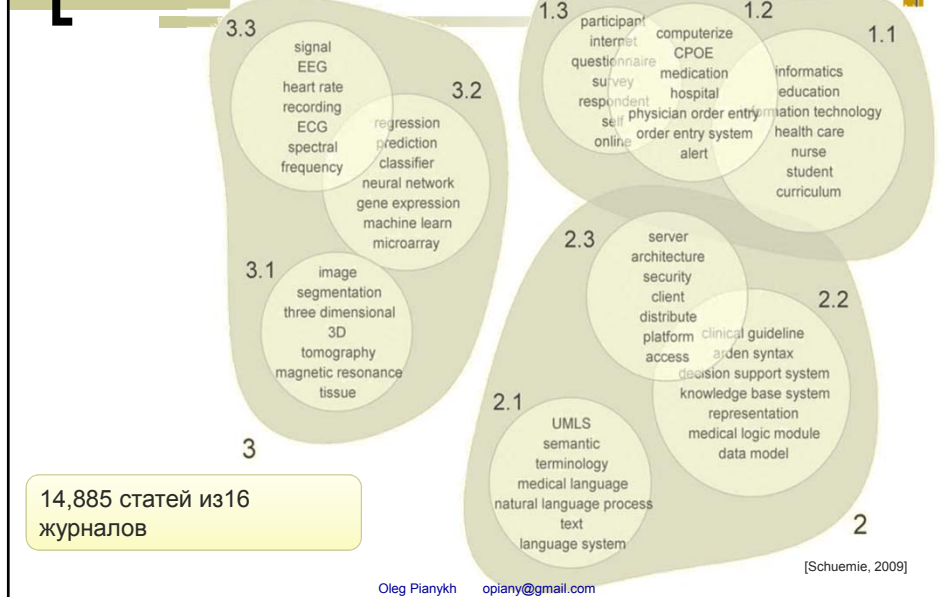
SUMMARY: Electronic health records (EHRs) hold the potential to significantly improve the quality of care in long-term care (LTC) facilities.

electronic	quality
health	care
electronic health	long
record	term
health record	long term
electronic health record	care
EHRs	term care
hold	long term care
potential	LTC
improve	facility

Анализ ключевых слов
[Schuemie, 2009]

Oleg Pianykh opiany@gmail.com

МИ в 1993-2008

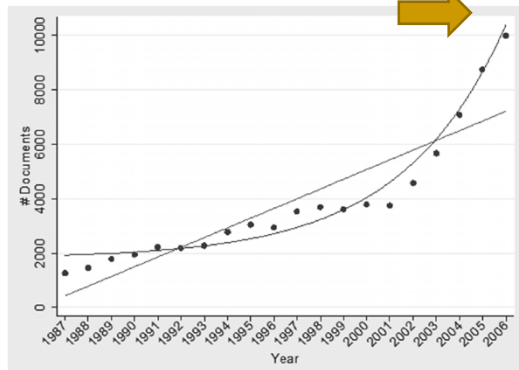


Результат анализа статей

- Были определены три основных кластера МИ
 - Анализ данных: классификация и распознавание, статистическое моделирование, анализ сигналов и изображений
 - Информационные системы в медицине, их применение и организация
 - Представление медицинских знаний, семантика, базы данных, руководства
- МИ была определена как независимая дисциплина (в том числе от биоинформатики) [Bansard, 2007]

Размер МИ

- Рынок МИ: в США составил порядка 21 млрд. US\$ в 2007, или 8.1% от всех информационных услуг
- Наука: Экспоненциальный рост публикаций с 2000 года



[DeShazo, 2009]

Oleg Pinykh opiany@gmail.com

Часть 2: Цифровая клиника

Oleg Pinykh opiany@gmail.com

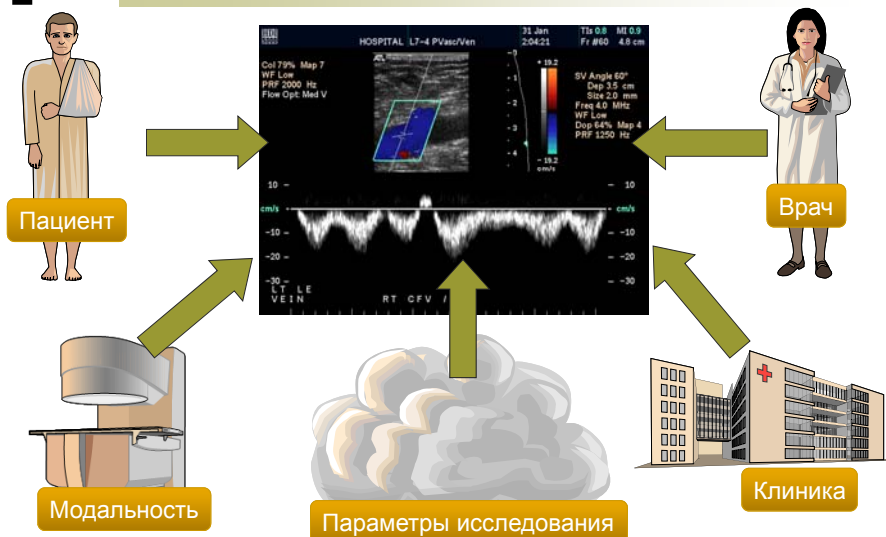
Стандарт HL7

- HL7 является стандартом хранения и обмена информации в Госпитальной Информационной Системе (ГИС).
- Текстовый стандарт, кодирующий информацию и команды в виде строк с разделителем | (версии 2.X), или XML (версия 3.0)

```
MSH|^~&|ADT|N|ADT|MEDSC|200601081527||ADT^A08|RE|P|3.2|||||ASCII|
EVN|A08|200601080823|||||PID|1||3175875|1127278|SAMPLE^JOE^^^|19901334|M||5400
Lake Villa Dr^^Metairie^LA^70001-1230|(405)555-2920||||SINGLE|||||||||N|
MSH|^~&|ADT|N|ADT|MEDSC|200601081527||ADT^A08|RE|P|3.2|||||ASCII|
EVN|A08|200601080812|||||PID|1||1487999|677931|TEST^BARBARA^F^^|19560216|F||132
Austin Rd^^Someville^LA^70132-6582|(555)132-7890||||MARRIED||987-11-1324|||||||||N|
MSH|^~&|ADT|N|ADT|MEDSC|200601081511||ADT^A08|RE|P|3.2|||||ASCII|
EVN|A08|200601080832|||||PID|1||3057088|1051999|INCOGNITO^MONICA^ANN^^|19780117|
F||PO Box 1324^^Jefferson^LA^83625-3184|(555)423-1423||||OTHER||512-11-1425|||||||||N|
```

Олег Пьяных opiany@gmail.com

Стандарт DICOM - Digital Imaging and Communications in Medicine



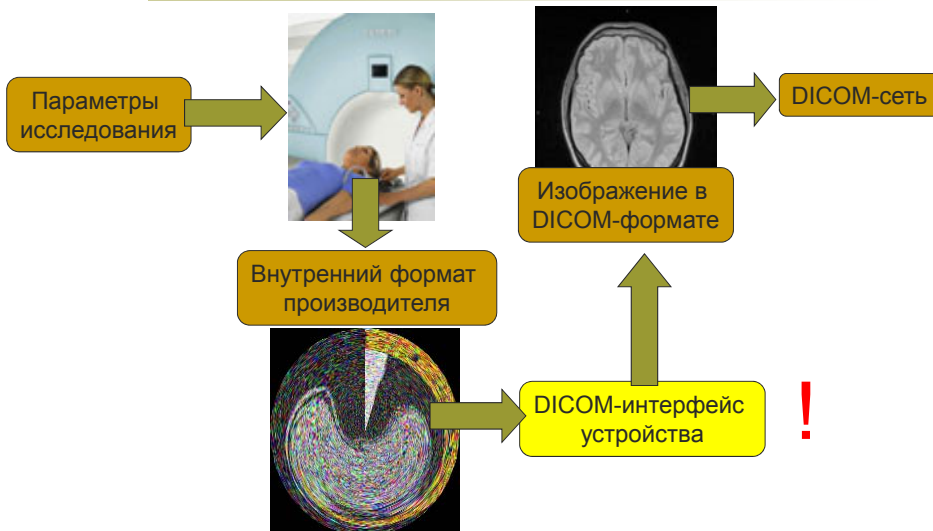
Олег Пьяных opiany@gmail.com

Модальности – устройства получения цифровых изображений



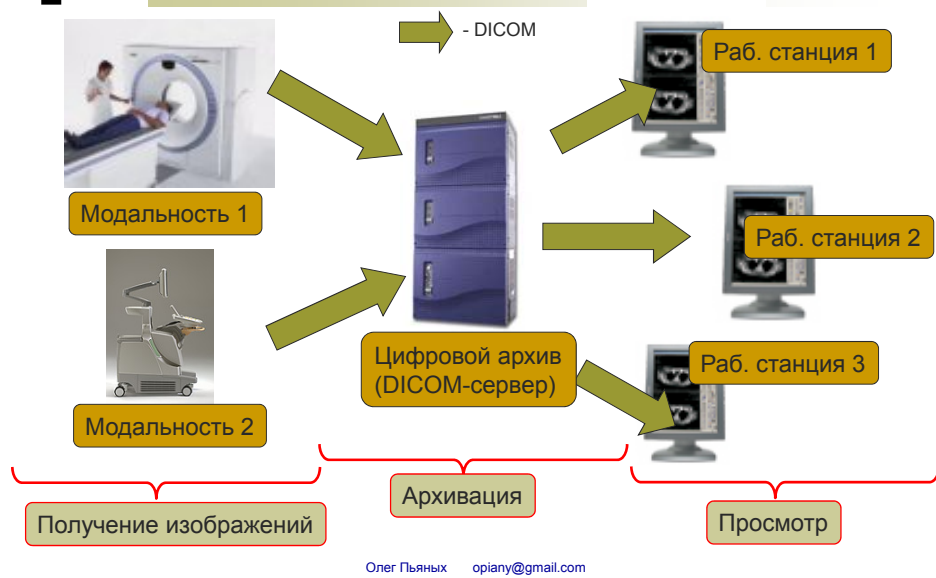
Олег Пьяных opiany@gmail.com

Модальности и DICOM

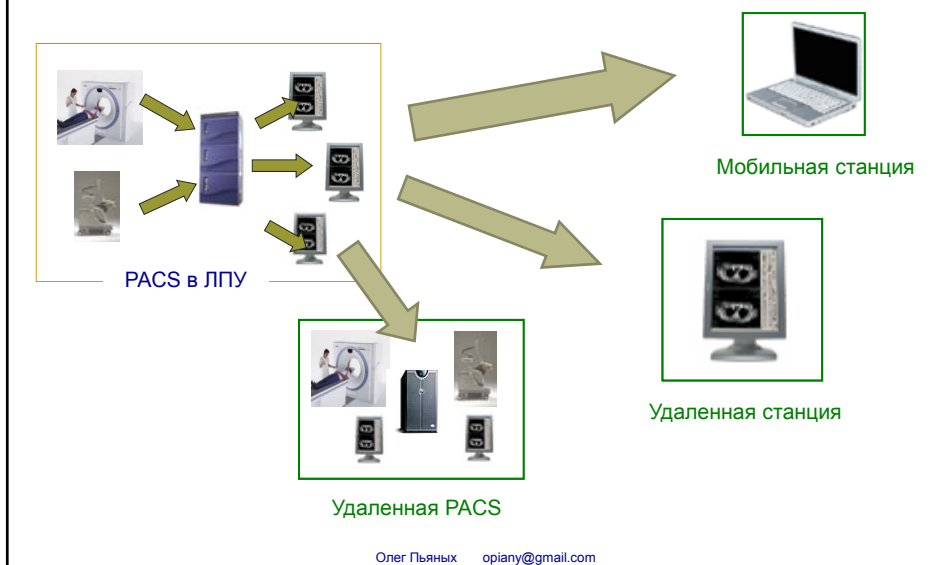


Олег Пьяных opiany@gmail.com

PACS: Picture Archiving and Communication System



Телерадиология - "PACS на расстоянии"

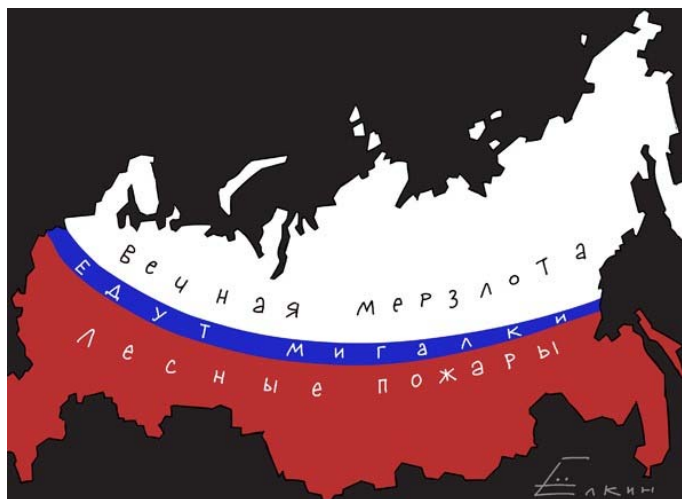


Телерадиология

- **Цель** – диагностика и анализ изображений на любом расстоянии
- **Средство** – максимально качественная передача медицинской информации в любых условиях
- **Орудие** – компьютерная сеть, алгоритмы передачи медицинских изображений
- **Среда** – классические локальные (PACS внутри ЛПУ) и современные глобальные (WWW) TCP/IP сети
- **Формат** – DICOM и его расширения

Олег Пьяных opiany@gmail.com

Развитие телерадиологии особенно необходимо для России.



Олег Пьяных opiany@gmail.com

Часть 3: Стандарт DICOM

Олег Пьяных opiany@gmail.com

История DICOM

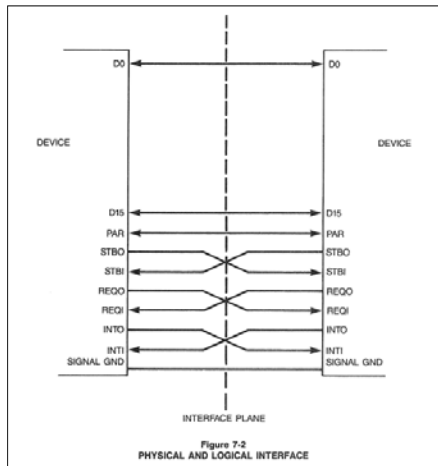
- Digital Imaging and COmmunications in Medicine (DICOM, «дайком»).
- Создан в 1985 (American College of Radiology (ACR) и National Electrical Manufacturers Association (NEMA)) с целью **сделать медицинскую информацию независимой от производителей**. Улучшенная версия опубликована в 1988.
- Продемонстрирован в работе в 1992, RSNA. Окончательно утвержден в 1993.



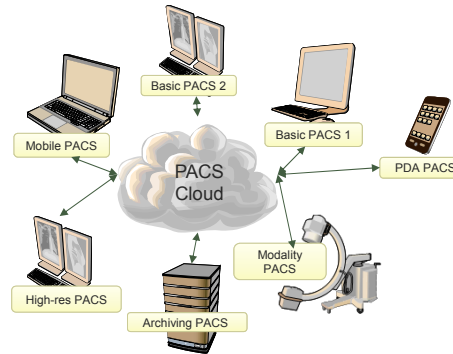
<http://www.nema.org/stds/dicom.cfm> - свободный доступ

Олег Пьяных opiany@gmail.com

Эволюция DICOM



1985: Прямое соединению двух компьютеров



Сейчас: сети и облачные технологии

Задачи DICOM в медицине

- Получение, хранение, и отображение информации (DICOM Data Object)
- Обмен информацией между устройствами (DICOM Command Object)
- Диагностически-корректные показ, обработка, и анализ медицинских изображений
- Единый язык интерфейса медицинских устройств (не покупать без DICOM-опций!)
- Интеграция с другими стандартами (HL7 для медицинских информационных сетей, XML, ...)

Как работает DICOM: Словарь

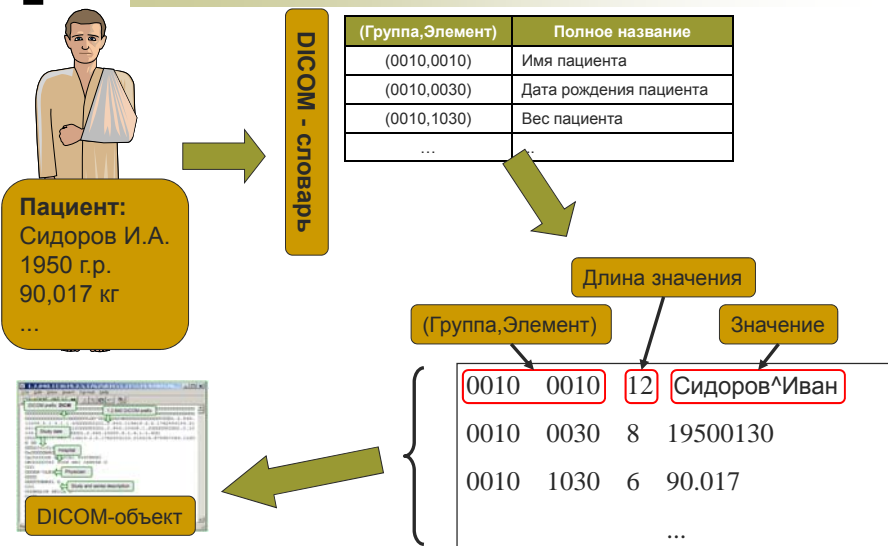
Группа	Элемент	Описание
0008	0020	Study Date – дата исследования

(0008,0020) Study Date – дата исследования
 (0008,0021) Series Date – дата последовательности изображений
 (0008,0022) Acquisition Date – дата исследования
 (0008,0030) Study Time – время исследования
 (0008,0031) Series Time – время исследования
 (0008,0032) Acquisition Time – время получения изображений
 (0008,0060) Modality – модальность (КТ, МР, УЗИ,...)
 (0008,0061) Modalities – список всех модальностей пациента
 (0010,0010) Patient's Name – имя пациента
 (0010,0020) Patient ID – идентификационный номер
 (0010,0030) Patient's Birth Date – дата рождения
 (0010,0032) Patient's Birth Time – время рождения
 (0010,0040) Patient's Sex – пол
 (0010,0050) Patient's Insurance Plan Code Sequence – страховка
 (0010,0101) Patient's Primary Language Code Sequence – родной язык
 (0010,1000) Other Patient IDs – прочие номера
 (0010,1001) Other Patient Names – прочие имена
 (0010,1005) Patient's Birth Name – имя при рождении
 (0010,1010) Patient's Age – возраст
 (0010,1020) Patient's Size – рост
 (0010,1030) Patient's Weight – вес
 (0010,1040) Patient's Address – адрес
 (0010,1080) Military Rank – воинское звание
 (0010,1081) Branch of Service – род войск
 (0010,2000) Medical Alerts – противопоказания

Почти 3000 стандартных терминов (элементов)

Олег Пьяных opiany@gmail.com

Представление данных через словарь DICOM



Олег Пьяных opiany@gmail.com

DICOM VRs

- DICOM использует 27 формата данных, известных как VRs (Value Representations)
- Каждый элемент данных DICOM имеет свою собственную VR (т.е. формат)
- VRs обозначаются 2-буквенными именами (PN, UI, ...)
- Имена VR могут использоваться при записи данных в DICOM (опция "explicit encoding")

Oleg Pinykh opinykh@bidmc.harvard.edu

Пример: текстовые VR

VR name, abbreviated and full	Definition of VR contents	Allowed characters	Length of data (value) in characters
Naming devices, people, and instances			
AE, Application Entity	A string of characters that identifies a device name with leading and trailing spaces being non-significant. Example: " MyPC01"		16 maximum
PN, Person Name	Person's name, with a caret character (^) used as name delimiter. Examples: "SMITH^JOHN", "Morrison- es^Susan^^Ph.D, Chief Executive Officer"		64 maximum
UI, Unique Identifier (UID)	A character string containing a UID that is used to uniquely identify a wide variety of items. Example: "1.2.840.10008.1.1"	0-9, and period (.)	64 maximum

Oleg Pinykh opiany@gmail.com

Пример: двоичные VR

VR name, abbreviated and full	Definition of VR contents	Allowed characters	Length of data (value) in characters
Numbers in binary format			
SS, Signed Short	Signed binary integer 16 bits long.		2
US, Unsigned Short	Unsigned binary integer 16 bits long.		2
SL, Signed Long	Signed binary integer.		4
UL, Unsigned Long	Unsigned binary integer 32 bits long.		4
AT, Attribute Tag	Ordered pair of 16-bit (2-byte) unsigned integers that is the value of a Data Element Tag.		4
FL, Floating Point Single	Single precision binary floating point number.		4
FD, Floating Point Double	Double precision binary floating point number.		8
.	A string of bytes ("other" means not defined in any other VR).		
Other Byte String OW,	A string of 16-bit (2-byte) words.		
Other Word String OF,	A string of 32-bit (4-byte) floating point words.		
Other Float String			

Oleg Pianykh opianykh@gmail.com

Пример: DICOM в Adobe Photoshop

The image shows a screenshot of Adobe Photoshop's DICOM import dialog. The main window displays a list of DICOM elements (Header and Dicom-Data) with their respective values. A yellow callout box points to this list with the text "Список элементов DICOM".

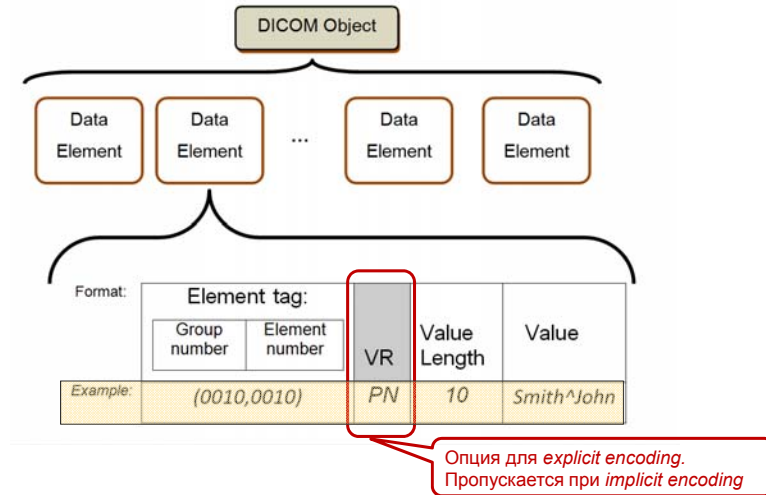
Список элементов DICOM

```

Header:
# Dicom-Data-Set
# Transfer Syntax: LittleEndianImplicit
(0008,0000) UI 650 # 4, 1 Identify
(0008,0005) CS [ISO_IR 100] # 10, 1 Spec
(0008,0008) CS [ORIGINAL|PRIMARY|TOP|NONE] # 8, 1 Instar
(0008,0012) DA [20090527] # 6, 1 Instar
(0008,0013) TM [131204] # 24, 1 Ir
(0008,0014) UI [1.3.46.670589.11.21125.5] # 24, 1 Ir
(0008,0016) UI =EnhancedMRImageStorage # 28
(0008,0018) UI [1.3.46.670589.11.21125.5.20.1.1.5448.20090527] # 8, 1 Study
(0008,0020) DA [20090527] # 8, 1 Series
(0008,0021) DA [20090527] # 8, 1 Conte
(0008,0022) DA [20090527] # 18, 1 Au
(0008,002a) DT [20090527122602.10] # 6, 1 S...
(0008,0040) TM [131258] # 6, 1 S...
    
```

Oleg Pianykh opianykh@bidmc.harvard.edu

Кодировка DICOM



Oleg Pianykh opianykh@bidmc.harvard.edu

Формат DICOM

- DICOM-объект записывается как последовательность отдельных элементов данных
- Implicit encoding (без имен VR) – базовый формат записи элемента DICOM:

Tag		Value Length	Value
Group Number (2-byte unsigned integer)	Element Number (2-byte unsigned integer)	4-byte integer L	Even number L of bytes containing the data element value.
2 bytes	2 bytes	4 bytes	L bytes

Олег Пьяных opiany@gmail.com

Формат DICOM, пример

- Запись имени пациента (Joe Smith).
- Строка Binary, как последовательность байтов, соответствует двоичной записи в DICOM
- Пробел в конце имени добавляется для четной длины данных (требование DICOM)

Byte#	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Decimal	16	0	16	0	10	0	0	0	S	m	i	t	h	^	J	o	e	(space)	
Binary	10	00	10	00	0A	00	00	00	53	6D	69	74	68	5E	4A	6F	65	20	
	Group g=0010		Element e=0010		VR length L=10=0x0000000A				VR value=Smith^Joe (with trailing space)										

Олег Пьяных opiany@gmail.com

Пример: implicit DICOM encoding

Implicit encoding (основной формат записи DICOM элемента)

Tag	Value	Length	Value
Group Number (2-byte unsigned integer)	Element Number (2-byte unsigned integer)	4-byte integer L. Length value must be even	Even number L of bytes containing the data element value.
2 bytes	2 bytes	4 bytes	L bytes

Пример: запись имени пациента

Порядок байтов:
Little Endian

Разделитель
имен

Пробел для четной
длины данных

Byte#	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Decimal	16	0	16	0	10	0	0	0	S	m	i	t	h	^	J	o	e	(space)	
Binary	10	00	10	00	0A	00	00	00	53	6D	69	74	68	5E	4A	6F	65	20	
	Group g=0010		Element e=0010		VR length L=10=0x0000000A				VR value=Smith^Joe (с пробелом в конце – DICOM требует четной длины данных)										

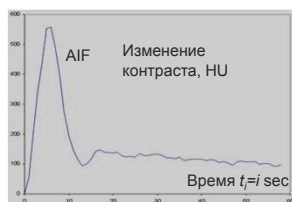
Олег Пьяных opiany@gmail.com

Как все это используется?

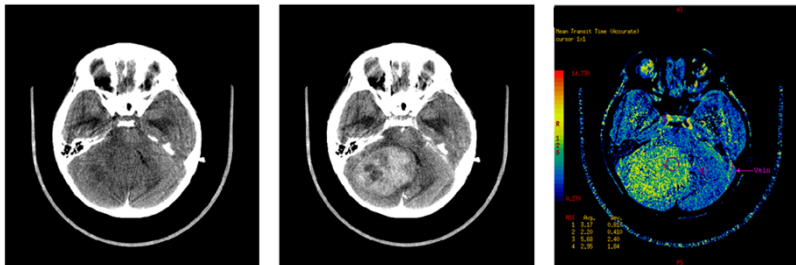
- Мы научились записывать данные в DICOM – что дальше?
- При чем тут медицина и диагностика ???

Олег Пьяных opiary@gmail.com

Пример: Временные последовательности снимков

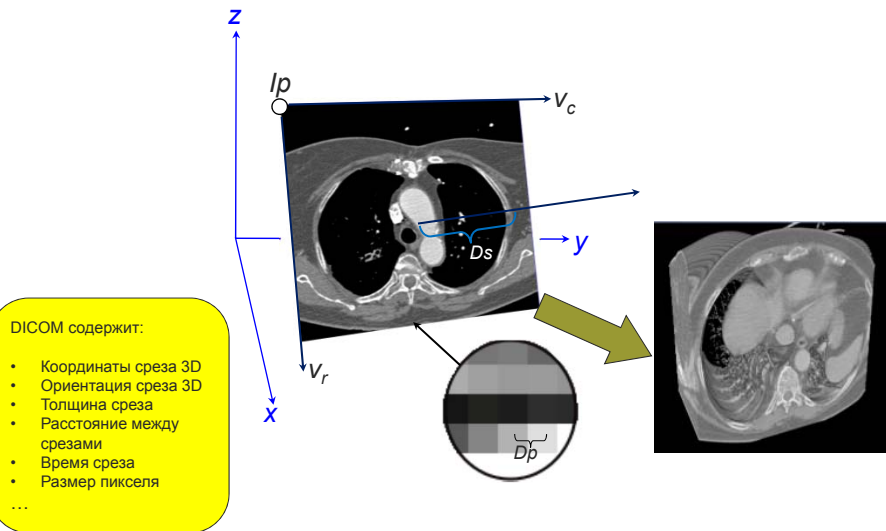


Используя всего один
DICOM-элемент
Acquisition Time (0008,0032)



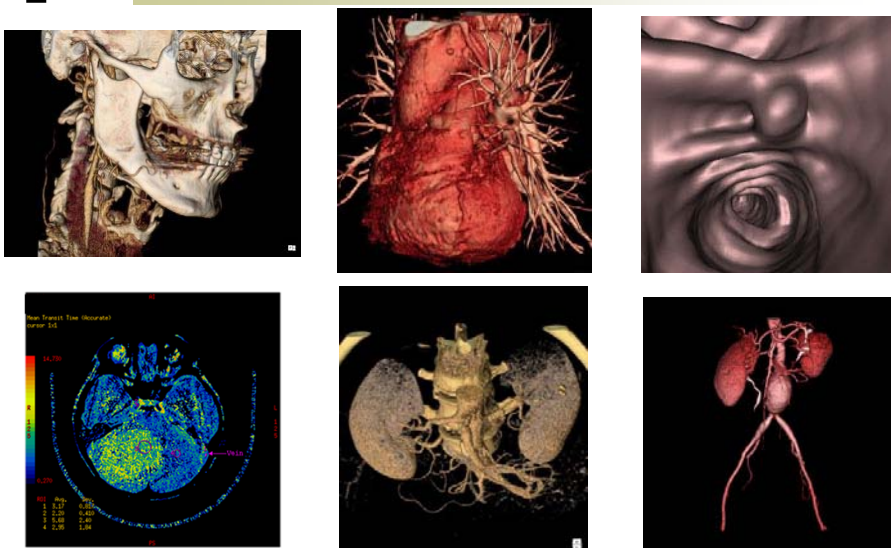
Олег Пьяных opiary@gmail.com

Пример: 3-мерные реконструкции



Oleg Pianykh opiany@gmail.com

Что нам дает DICOM (и его словарь)



Oleg Pianykh opiany@gmail.com

Преимущества DICOM

- Жесткий по структуре, но поразительно «вместительный» формат для самой разнообразной информации
- Можете представить информацию любой сложности: DICOM-объект может сам использоваться как атрибут («вложенность» данных). Напоминает XML
- Можете создавать ваши собственные элементы и словари (группы с нечетными номерами)
- Если какое-то DICOM-устройство не может распознать какой-то элемент (нет в словаре), оно его должно просто пропустить (важно!). Именно поэтому каждый атрибут записывается в DICOM- объект со своей длиной.

Олег Пьяных opiany@gmail.com

Недостатки DICOM

- Архаичный и достаточно сложный двоичный формат
- Плохо приспособлен к работе с WWW
- Трудно решает проблемы безопасности данных
- Скрытые связи между разными элементами (например, *Дата Рождения* и *Возраст*)

Рабочие группы DICOM
ежегодно вносят дополнения
и расширения в стандарт.

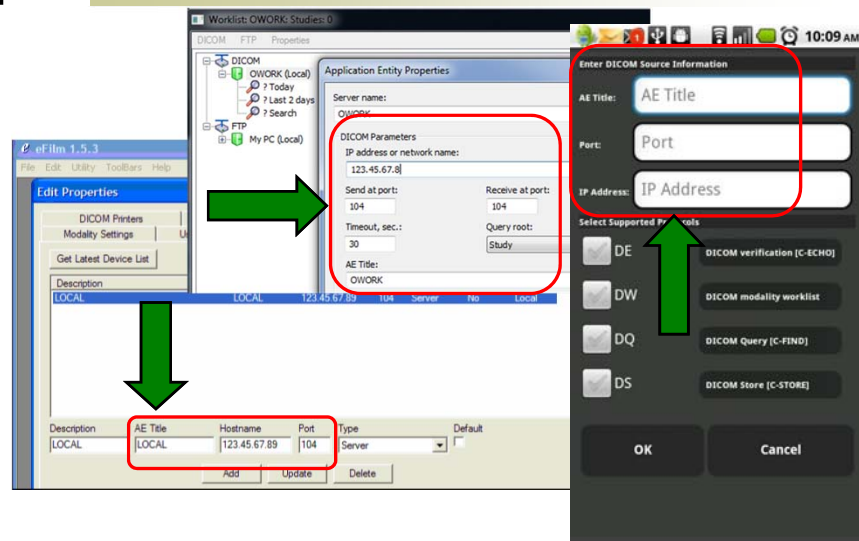
Олег Пьяных opiany@gmail.com

Как DICOM-устройства общаются друг с другом

- DICOM-устройства (AE) «запрашивают» («клиент») и «предоставляют» («сервер») услуги друг другу
- Основные услуги (команды) DICOM:
 - **Верификация (Echo)** – проверяет наличие DICOM-связи между двумя AE
 - **Сохранение (Store)** - сохраняет DICOM-объекты на указанном AE
 - **Поиск (Find)** - ищет DICOM-объекты на указанном AE
 - **Загрузка (Get, Move)** - копирует DICOM-объекты с AE₁ на AE₂

Олег Пьяных opiany@gmail.com

Как DICOM-устройства находят друг друга в сети: IP, порт, имя.



Олег Пьяных opiany@gmail.com

Как создать свою PACS?

- Установить, какие из моих устройств (*модальностей*) поддерживают DICOM (КТ, МР, УЗИ). Получить доступ к их DICOM-настройкам.
 - Создать тестовый сервер на базе обыкновенного персонального компьютера (ПК)
 - Соединить ПК с модальностями локальной сетью (TCP/IP)
 - Поставить на ПК программное обеспечение DICOM
- И вы готовы к получению DICOM-снимков с модальностей на ПК.

Олег Пьяных opiany@gmail.com

Библиография

- R.S.Ledley, L.B.Lusted, "Reasoning Foundations of Medical Diagnosis", Science, July 3 1959
- R.S.Ledley, "Digital Electronic Computers in Biomedical Science", Science, November 6 1959
- M.F. Collen, "Origins of medical informatics", West. J. Med. 145 (1986) 778-785
- D.F. Sittig, J.S. Ash, R.S.Ledley, "The Story Behind the Development of the First Whole-body Computerized Tomography Scanner as Told by Robert S. Ledley", Journal of the American Medical Informatics Association Volume 13 Number 5 Sep / Oct 2006
- M.J. Schuemie, J.L. Talmon, P.W. Moorman, J.A. Kors, Mapping the domain of medical informatics, Methods Inf. Med. 48 (2009) 76-83
- R. Haux, Medical informatics: Past, present, future, international journal of medical informatics 79 (2010) 599-610
- J.P. DeShazo, D.L. LaVallie, F.M.Wolf, Publication trends in the medical informatics literature: 20 years of "Medical Informatics" in MeSH, BioMedCentral, January 21, 2009.
- Bansard JY, Rebholz-Schuhmann D, Cameron G, Clark D, van Mulligen E, Beltrame E, Barbolla E, Martin-Sanchez Fdel H, Milanese L, Tollis I, van der Lei J, Coatrieux JL, Medical informatics and bioinformatics: a bibliometric study, IEEE Trans Inf Technol Biomed. 2007 May;11(3):237-43. Review.

Олег Пьяных opiany@gmail.com