

# Υπολογιστές στην Ιατρική Απεικόνιση

## Ιατρική εικόνα – Δίκτυα – PACS και Τηλε-ακτινολογία

Σοφία Κόττου  
Καθηγήτρια Ιατρικής Φυσικής  
Ιατρική Σχολή ΕΚΠΑ

**Μάρτιος 2020**

4/5/2020

### Σημαντικά Θέματα

#### **A. Σχετικά με την εικόνα στην Ιατρική**

- Παραγωγή, Αποθήκευση, Επεξεργασία και Παρουσίαση των εικόνων
- Ποιότητα εικόνας

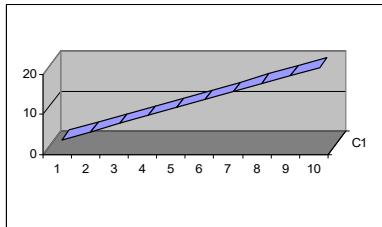
#### **B. Ιατρική εικόνα και Δίκτυο**

- Δίκτυα υπολογιστών
- PACS και Τηλε-ακτινολογία

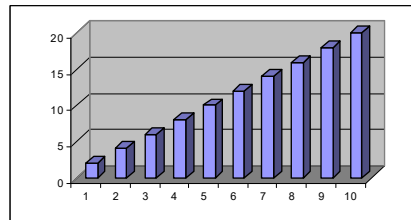
4/5/2020

# Αναλογική και Ψηφιακή μορφή των δεδομένων

**Αναλογική:** η παράμετρος λαμβάνει συνεχείς τιμές



**Ψηφιακή:** η παράμετρος λαμβάνει διακριτές τιμές



20: Digital Radiology

3

## A. Σχετικά με την **εικόνα στην Ιατρική**

### Αναλογική/Ψηφιακή Ακτινολογία



- ☞ Στα κλασικά φιλμ, η **θέση** στο επίπεδό τους και η **αμαύρωση** έχουν **συνεχείς τιμές**
- ☞ Η ψηφιακή ακτινολογία χρησιμοποιεί μια **μήτρα-matrix** για την απεικόνιση
- ☞ Η μήτρα είναι **τετράγωνη ή ορθογώνια επιφάνεια** διαιρεμένη σε **γραμμές και στήλες**. Το μικρότερο στοιχείο της μήτρας καλείται **"pixel"**
- ☞ **Κάθε pixel** της μήτρας χρησιμοποιείται για την **αποθήκευση της αντίστοιχης τιμής της αμαύρωσης** της εικόνας, που παρουσιάζεται με ένα θετικό ακέραιο αριθμό

20: Digital Radiology

4

## Αναλογική / Ψηφιακή Ακτινολογία

- ❖ Σε πολλές κλινικές τα απεικονιστικά συστήματα δίνουν τις εικόνες σε **ψηφιακή μορφή**
- ❖ Η αξονική τομογραφία και η εικόνα του μαγνητικού συντονισμού είναι ήδη **ψηφιακές**
- ❖ Όπου όμως υπάρχει ακόμη το αναλογικό ακτινολογικό φιλμ, αυτό μπορεί να **ψηφιοποιηθεί**

4/5/2020

## Παραγωγή ψηφιακής εικόνας - **ψηφιοποίηση**

Ο **ψηφιοποιητής** του ακτινολογικού φιλμ σαρώνει την εικόνα με μια δέσμη φωτός, μετράει στην έξοδο το φως που διαπερνά την εικόνα και δημιουργεί μια δεύτερη εικόνα, όπου καταγράφεται, στα αντίστοιχα σημεία, η **οπτική πυκνότητα** (OD – optical density) του αρχικού φιλμ.

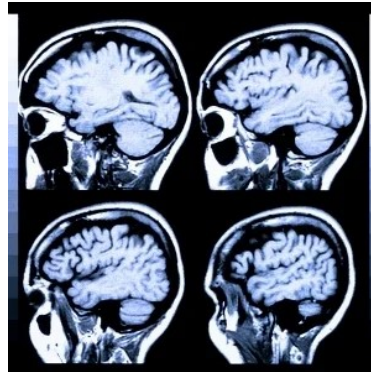
4/5/2020

Human Skull X-Ray Image



© CanStockPhoto.com - csp50254308

Human head CT



4/5/2020

## Μετάβαση από τη συμβατική στην ψηφιακή **Ακτινολογία**

- ❖ Οι ψηφιακές εικόνες επιδέχονται **‘αριθμητική’ επεξεργασία**. Αυτό είναι αδύνατο στη συμβατική – αναλογική εικόνα !!
- ❖ Οι ψηφιακές εικόνες μπορούν εύκολα να μεταδοθούν μέσω δικτύων και να αρχειοθετηθούν.
- ❖ Απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στην **εν δυνάμει αύξηση της δόσης** στον εξεταζόμενο εξαιτίας της ‘ευκολίας’ για:
  - ✓ παραγωγή αριθμού εικόνων πλέον των απαραίτητων
  - ✓ παραγωγή εικόνων καλύτερης ποιότητας από την διαγνωστικά απαραίτητη



20: Digital Radiology

## Η δόση στον εξεταζόμενο στην Ψηφιακή Ακτινολογία

- Τα **κλασικά** φιλμ επιτρέπουν την διαπίστωση τυχόν λαθών στην τεχνική της ακτινογράφησης: **όταν δηλαδή τα φιλμ βγαίνουν πολύ σκοτεινά ή πολύ φωτεινά**
- Η **ψηφιακή** τεχνολογία όμως παρέχει συνεχώς “**καλές εικόνες**” εφόσον το δυναμικό εύρος αντισταθμίζει τυχόν λανθασμένες επιλογές με συνέπεια, πολλές φορές, την περιττή ακτινοβολήση του εξεταζόμενου



20: Digital Radiology

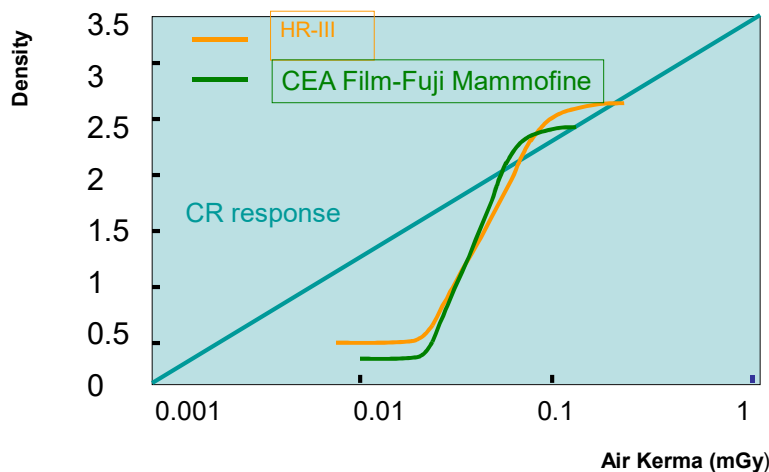
9

## Τι είναι “δυναμικό εύρος”?

- Υ Το εύρος δόσης (σήματος) στον ανιχνευτή, που επιτρέπει την παραγωγή εικόνας “**αποδεκτής**” ποιότητας
- Υ Οι ψηφιακοί ανιχνευτές ‘Flat Panel’ έχουν δυναμικό εύρος της τάξης **του  $10^4$  (από 1 ως 10,000)**, ενώ οι πινακίδες αποθηκευτικού φωσφόρου (αναλογικοί) έχουν δυναμικό εύρος της τάξης **του  $10^{1.5}$**

20: Digital Radiology

## Χαρακτηριστική καμπύλη φιλμ και πινακίδων αποθηκευτικού φωσφόρου (HR), σε σύγκριση με ψηφιακό ανιχνευτή (CR)



20: Digital Radiology

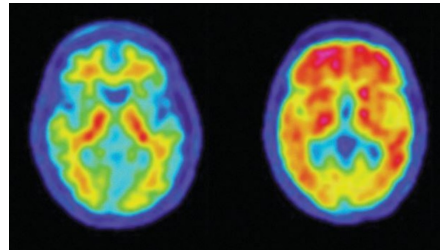
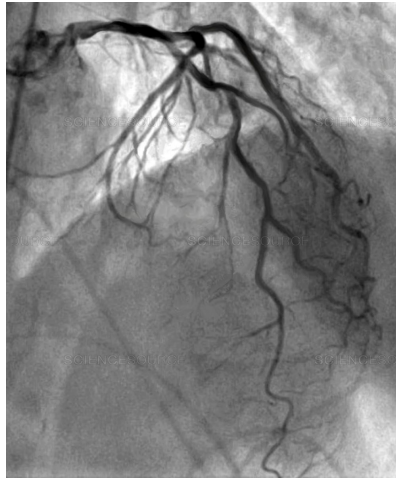
## Παραγωγή ψηφιακής εικόνας – απαιτήσεις

Η διαμόρφωση της ψηφιακής εικόνας  
πρέπει να είναι τέτοια  
ώστε να **ελαχιστοποιείται η «αποδυνάμωσή»** της,  
δηλ. η μείωση της διαγνωστικής της αξίας

- Για όσες εικόνες απαιτείται **υψηλή διακριτική ικανότητα** (resolution)  
(όπως ακτινογραφίες της επεμβατικής μονάδας)  
θα πρέπει να φορμαριστούν  
σε μεγάλο **πλήθος pixel** ( $512^2$  ή  $1024^2$ )
- Για όσες εικόνες απαιτείται **καλή ποιότητα αντίθεσης** (contrast)  
(όπως οι εικόνες ποζιτρονικής τομογραφίας)  
θα πρέπει να καταγράφονται  
σε **pixels με μεγάλο αριθμό bit** (π.χ. 16 bits per pixel).

4/5/2020

## Resolution έναντι Contrast



4/5/2020

## Ψηφιακή Εικόνα στην Ιατρική

- Τυπικές μήτρες: - **CT**: (512x512) x (**12 bits/pixel**)  
- **DR**: (2048x2560) x (**10 bits/pixel**)

CT : computed tomography

DR : digital radiography

- Συνολικός αριθμός: bytes/image =  
pixels/image x bits/pixel x 1byte/8bits

4/5/2020

## ‘Μαθηματική’ επεξεργασία της ιατρικής εικόνας

- ❑ Πρόσθεση ή αφαίρεση (π.χ. ψηφιακή αφαιρετική αγγειογραφία DSA)
- ❑ Διήθηση χώρου (spatial filtering)
  - εξομάλυνση (αφαίρεση ψηφιακού θορύβου-quantum mottle)
  - επίταση διαχωριστικών (edge enhancement)
- ❑ Ανακατασκευή από προβολές
  - back projection (π.χ. CT, SPECT, PET)
  - fast fourier transform (π.χ. MRI)
- ❑ Υπολογισμός δεικτών φυσιολογικής λειτουργίας (π.χ. Πυρηνική Ιατρική)
- ❑ Δημιουργία και διαχείριση ογκομετρικών δεδομένων
- ❑ Συν-εγγραφή εικόνας (fusion) π.χ. CT και PET

4/5/2020

## Διάγνωση με βοήθεια υπολογιστή (Computer aided detection or diagnosis)

- Πρόκειται για πρόγραμμα υπολογιστή (με ειδικό αλγόριθμο και παραμέτρους) που υπολογίζει και συγκρίνει με προαποφασισμένο κατώφλι. Ανιχνεύονται δηλαδή χαρακτηριστικά της εικόνας που πιθανότατα είναι κλινικώς σημαντικά
- Λειτουργούν ως δευτερεύοντες «αναγνώστες» για να επισημάνουν σημεία που πιθανώς διαφεύγουν από την προσοχή του διαγνώστη
- π.χ. στη μαστογραφία βοηθούν στο διαχωρισμό:
  - μικρών μαζών
  - μικροασβεστωμάτων
  - παραμορφώσεων από το σύστημα

4/5/2020



## Παρουσίαση – ποιότητα εικόνας



Photograph: iStock, The Irish Times, Wed, Jun 20, 2019

4/5/2020

17

### **Οι κύριοι παράγοντες εκτίμησης της ποιότητας εικόνας στο απεικονιστικό σύστημα**

Στην απεικόνιση, όσον αφορά στην ποιότητα εικόνας, υπάρχουν δύο ξεχωριστά επίπεδα:

- της δημιουργίας της εικόνας και
- της παρουσίασης της εικόνας

4/5/2020

## Οι κύριοι παράγοντες εκτίμησης της ποιότητας εικόνας απεικονιστικού συστήματος

Οι εκτιμήσεις των παραμέτρων:

- διακριτική ικανότητα (resolution)
- κατώφλι αντίθεσης (threshold contrast)
- ικανότητα ανίχνευσης αντίθεσης μικρών στοιχείων (contrast-detail performance)

συνήθως αφορούν την «απεικονιστική αλυσίδα» ως σύνολο και δεν είναι ακριβείς

4/5/2020

## Οι κύριοι παράγοντες εκτίμησης της ποιότητας εικόνας:

- αντίθεση (contrast)
- διακριτική ικανότητα (resolution) και ευκρίνεια (sharpness)
- θόρυβος (noise)
- παραμόρφωση και ψευδοείδωλα (distortion and artifacts)

Υπολογίζονται με οπτική παρατήρηση ειδικών test objects (ομοιώματα: resolution gratings, low contrast details ή contrast details), όμως η μέθοδος «πάσχει» από υποκειμενικότητα και δεν υπάρχει τρόπος εκτίμησης της «διαγνωστικής» αξιοπιστίας του παρατηρητή (μεταξύ παρατηρητών ή μεταξύ παρατηρήσεων του ίδιου παρατηρητή).

Βελτίωση της κατάστασης επιτυγχάνεται με την ψηφιακή απεικόνιση, δηλαδή με την επεξεργασία της εικόνας με εξειδικευμένο λογισμικό.

4/5/2020

20

## **Παράγοντες που επηρεάζουν την αντίθεση**

**Αντικείμενο + Εικόνα**

- α) **αντίθεση αντικειμένου** και ρυθμίσεις της ακτινοβολήσης
  - i) πάχος ιστού
  - ii) πυκνότητα ιστού
  - iii) ηλεκτρονιακή πυκνότητα ιστού
  - iv) ενεργός ατομικός αριθμός ιστού

4/5/2020

## **Παράγοντες που επηρεάζουν την αντίθεση**

**Αντικείμενο + Εικόνα**

- v) ενέργεια (διαφορά δυναμικού) ακτίνων X (130-150 kV για θώρακα, 65 kV για οστά)  
(χαμηλό kVr ενισχύει τις διαφορές αντίθεσης μορφώματος)
- vi) φάσμα ακτίνων X - φίλτρα
- vii) σκεδαζόμενη ακτινοβολία (κατευθυντής, πλέγμα)

4/5/2020

## **Παράγοντες που επηρεάζουν την αντίθεση**

**Αντικείμενο + Εικόνα**

- β) αντίθεση εικόνας** (φιλμ, monitor)
  - i)** όλα τα προηγούμενα
  - ii)** χαρακτηριστικά του φιλμ
  - iii)** χαρακτηριστικά των ενισχυτικών πινακίδων
  - iv)** ρυθμίσεις monitor

4/5/2020

## **Παράγοντες που επηρεάζουν την διακριτική ικανότητα:**

- i)** γεωμετρικοί (αποστάσεις λυχνίας – εξεταζομένου – ανιχνευτή, μέγεθος εστίας, απόσταση ενισχυτικής πινακίδας – φιλμ)
- ii)** ασάφεια αντικειμένου (ακανόνιστα όρια μορφωμάτων, επι-προβολή)
- iii)** κίνηση (εξεταζομένου εσωτερικού οργάνου σώματος συσπάσεις)
- iv)** χαρακτηριστικά του ανιχνευτή (μέγεθος κρυστάλλων, πάχος απορροφητικού υλικού)

4/5/2020

## **Παράγοντες που επηρεάζουν την παραμόρφωση:**

- i) άνιση μεγένθυση
- ii) επι-προβολή της εικόνας του αντιδιαχυτικού διαφράγματος
- iii) πιθανή σκόνη
- iv) κακή τοποθέτηση του εξεταζομένου
- v) μη ικανοποιητική επαφή ενισχυτικών πινακίδων με φιλμ

4/5/2020

## **Παράγοντες που επηρεάζουν τον θόρυβο:**

- i) αριθμός φωτονίων
- ii) μέγεθος κρυστάλλων στο φιλμ
- iii) μέγεθος κρυστάλλων στις ενισχυτικές πινακίδες
- iv) ηλεκτρονικός θόρυβος
- v) ανομοιογενής ευαισθησία των στοιχείων του ανιχνευτή
- vi) σκεδαζόμενη ακτινοβολία

4/5/2020

## Έλεγχος της ποιότητας εικόνας

Οι προτεραιότητές του εξαρτώνται από το **απεικονιστικό σύστημα:**

- Έμμεσα ψηφιακή ακτινογραφία (CR computed radiography)
- Άμεσα ψηφιακή ακτινογραφία (DR digital radiography)
- Ακτινοσκόπηση (fluoroscopy)
- Ακτινογράφιση (της ακτινοσκόπησης)

4/5/2020

## Έλεγχος της ποιότητας εικόνας

Ο έλεγχος ποιότητας λειτουργίας του ψηφιακού έναντι του **αναλογικού** απεικονιστικού συστήματος είναι εκτενέστερος, επειδή **το καλύτερο δυναμικό εύρος προσφέρεται για την ανάδειξη στην εικόνα μικρότερων αντικειμένων**, εφόσον οι σχετιζόμενες παράμετροι είναι ορθά ρυθμισμένες

4/5/2020

# Έλεγχος της ποιότητας εικόνας

Κεντρικός στόχος του ελέγχου ποιότητας λειτουργίας των απεικονιστικών συστημάτων ακτινολογίας είναι η επίτευξη της βέλτιστης ποιότητας εικόνας με την ταυτόχρονη αποφυγή οιασδήποτε αχρείαστης δόσης ακτινοβολίας στον εξεταζόμενο.

4/5/2020

## Η επίδραση στην εικόνα της έκθεσης (exposure) στις ακτίνες X



<https://www.slideshare.net/jdtomines/image-quality-digital-technology-and-radiation-protection>

4/5/2020



## Χαρακτηριστικά της εικόνας

Ανάλογα με το είδος της ψηφιακής εικόνας (CT, MRI, US, PET, mammo) αλλάζουν και τα απαραίτητα τεχνικά χαρακτηριστικά που πρέπει να έχει η οθόνη ενός τερματικού

□ π.χ. εικόνες από την Πυρηνική Ιατρική, συνήθως θέλουν **χρώμα** και δυνατότητα προβολής **κινούμενης** εικόνας,

□ ενώ η ερμηνεία τυπικής ακτινογραφίας βασίζεται στη διάκριση **αποχρώσεων του γκρι**.

4/5/2020

## Χαρακτηριστικά της εικόνας στην οθόνη

Μια οθόνη χαρακτηρίζεται από παραμέτρους όπως:

- i. μέγιστη φωτεινότητα,
- ii. διάκριση της αντίθεσης,
- iii. διακριτική ικανότητα,
- iv. ρυθμός ανανέωσης (refresh rate),
- v. παραμονή (persistence),
- vi. θόρυβος,
- vii. βαθμός παραμόρφωσης,
- viii. δυναμικό εύρος και ομοιογένεια φωτεινότητας

4/5/2020



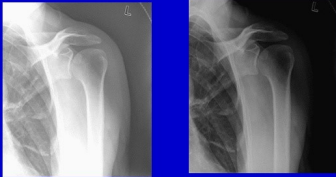
## Χαρακτηριστικά της εικόνας στην οθόνη

- ❖ Η **λαμπρότητα (brightness)** μιας οθόνης περιγράφεται με το μέγεθος: **φωτεινότητα (luminance)**, η οποία όμως επηρεάζεται από τη διαφορετική ευαισθησία του ανθρώπινου ματιού στα διάφορα μήκη κύματος του ορατού φωτός.
- ❖ Η **διάκριση της αντίθεσης (contrast resolution)** μιας οθόνης καθορίζεται από το δυναμικό εύρος της φωτεινότητας και ειδικότερα από τη διαφορά (ή το λόγο) της μέγιστης από (ή προς) την ελάχιστη τιμή της.

4/5/2020

**Brightness**

Intensity of light representing individual pixels in image

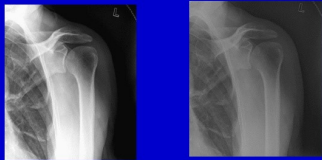


AP shoulder—high brightness      AP shoulder—less brightness

Copyright © 2010 by Mosby, Inc.

**Contrast**

Differences in brightness between light and dark areas of image



AP shoulder—higher contrast      AP shoulder—lower contrast

Copyright © 2010 by Mosby, Inc.

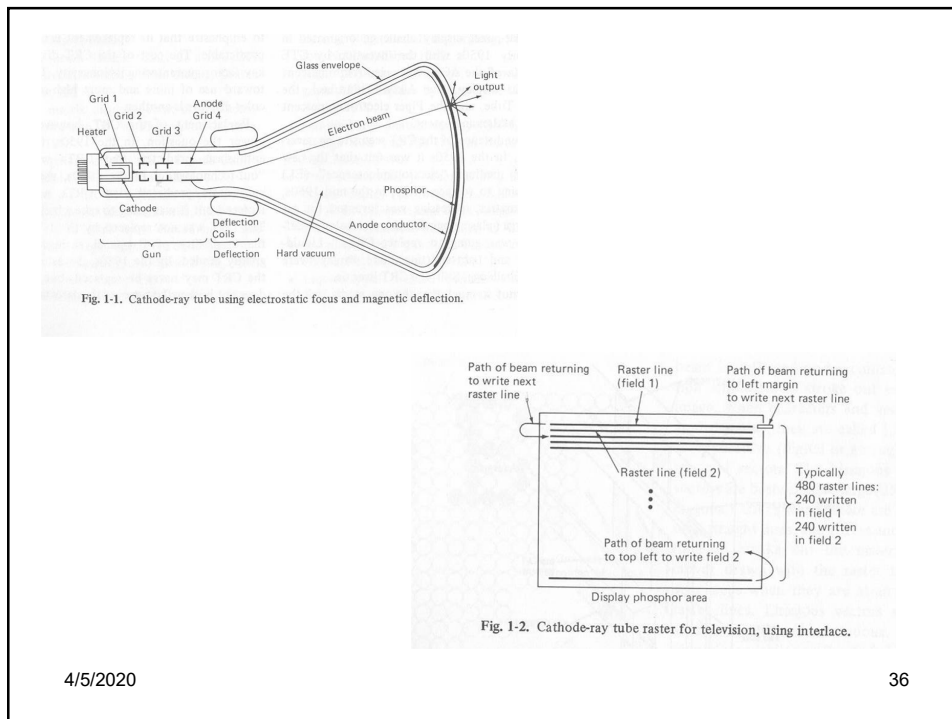
<https://www.slideshare.net/jdto mines/image-quality-digital-technology-and-radiation-protection>

4/5/2020

## Χαρακτηριστικά της εικόνας στην οθόνη

- Η **διακριτική ικανότητα** ενός CRT, σε διεύθυνση **κάθετη** των γραμμών σάρωσης, καθορίζεται κυρίως από τον **αριθμό των γραμμών σάρωσης** και τη **διάμετρο** (σε κάθετη διεύθυνση) της διατομής της δέσμης των ηλεκτρονίων, όταν συγκρουσθούν με την φθορίζουσα οθόνη.
- Η **διακριτική ικανότητα** σε διεύθυνση **παράλληλη** με τις γραμμές σάρωσης, καθορίζεται κυρίως από τη **διάμετρο** της διατομής της δέσμης των ηλεκτρονίων.

4/5/2020



4/5/2020

36

## Χαρακτηριστικά της εικόνας στην οθόνη

- ✓ Ο **ρυθμός ανανέωσης** (refresh rate), είναι ο **αριθμός των ολοκληρωμένων σαρώσεων** της οθόνης **ανά δευτερόλεπτο**.
- ✓ Πρέπει να είναι **μεγαλύτερος των 50 κύκλων ανά δευτερόλεπτο** (συνήθως 60 – 120 MHz), ώστε το ανθρώπινο μάτι να βλέπει την οθόνη ως συνεχώς φωτεινή.

4/5/2020

## Χαρακτηριστικά της εικόνας στην οθόνη

- ✓ Η **παραμονή (persistence)** είναι η καθυστερημένη εκπομπή φωτός από τη φθορίζουσα οθόνη.  
Το φθορίζον υλικό εκπέμπει φως και στο χρονικό διάστημα μεταξύ δύο σαρώσεων.
- ✓ Η παραμονή διευκολύνει στην παρατήρηση **στατικών** εικόνων, επειδή μειώνει το στατιστικό θόρυβο, αλλά μπορεί να «παραμορφώσει» τις πληροφορίες μιας **δυναμικής** μελέτης.

4/5/2020

## Χαρακτηριστικά της εικόνας στην οθόνη

- ✓ Όλες οι οθόνες των τερματικών μονάδων προσθέτουν **θόρυβο χώρου και χρόνου** στις προβαλλόμενες εικόνες.
- ✓ Στις οθόνες CRT, το θόρυβο χώρου δημιουργεί κυρίως η κοκκιόμορφη υφή του φθορίζοντος υλικού, ενώ ο θόρυβος χρόνου οφείλεται κυρίως στις μικρές αυξομειώσεις της έντασης της δέσμης των ηλεκτρονίων.

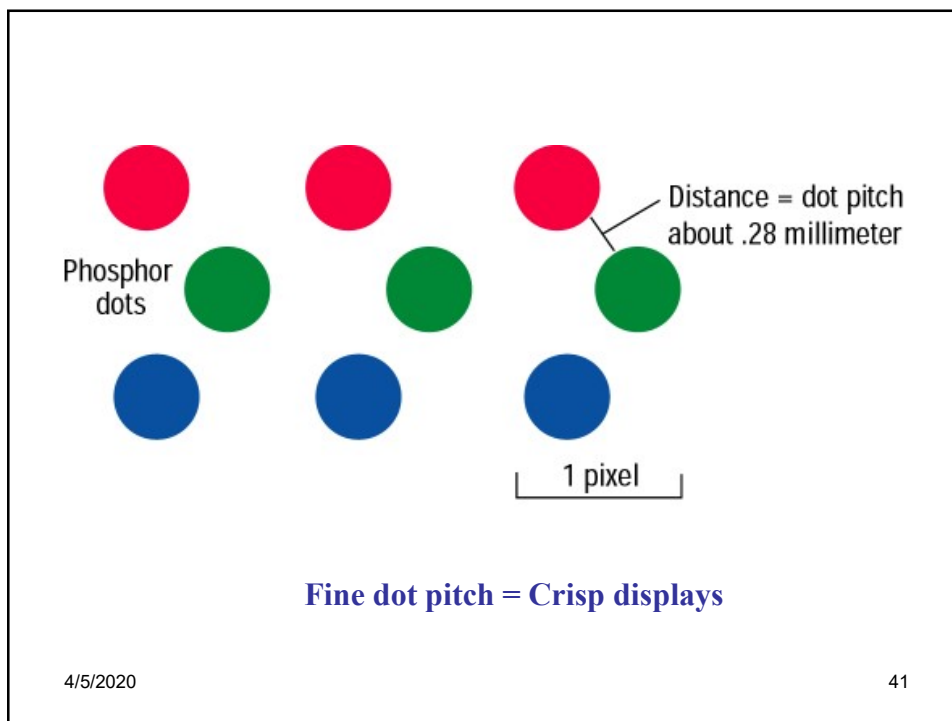
4/5/2020

## Κοκκιόμορφη υφή και dot pitch

- ❖ **Dot pitch** είναι η απόσταση μεταξύ των κόκκων του φωσφόρου που συναποτελούν ένα pixel
- ❖ Στις **έγχρωμες** οθόνες τρεις κόκκοι (κόκκινος, πράσινος και κυανός) συνιστούν το pixel
- ❖ Σε μια καλή οθόνη το dot pitch δεν πρέπει να ξεπερνά τα **0.28 mm**

4/5/2020

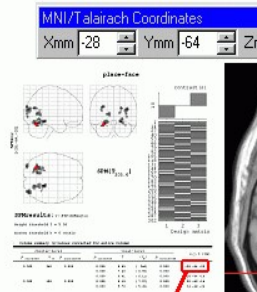
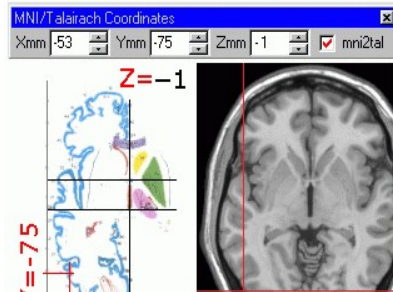
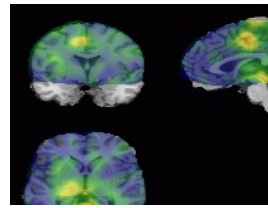
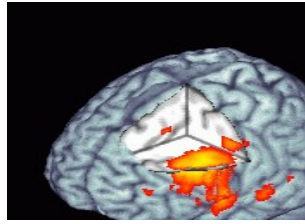
40



## Ψευδο-έγχρωμη παρουσίαση

- Το **πλάτος του σήματος** που δημιουργείται κατά την παραγωγή των ακτινολογικών εικόνων **δεν εμπεριέχει πληροφορία για χρώμα**
- Υπάρχουν περιπτώσεις (π.χ. υπέρηχοι Doppler ή στην Πυρηνική Ιατρική) που **«προστίθεται» χρώμα** στην τελική εικόνα για να βοηθηθεί η «ερμηνεία» της
- Η προσθήκη χρώματος γίνεται με τη χρήση ομάδας LUT και DAC
- Η καταγραφή της ψηφιακής εικόνας μπορεί να γίνει σε φωτογραφικό **φίλμ** ή σε **χαρτί**

4/5/2020



4/5/2020

43

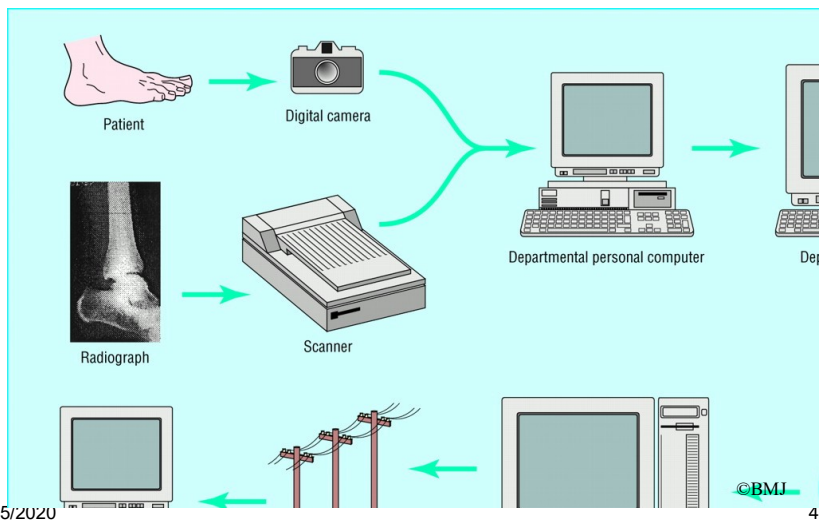
## B. Εικόνα και Δίκτυο

### Δίκτυα υπολογιστών

- ❖ Επιτρέπουν τη μεταφορά πληροφοριών μεταξύ δύο ή περισσότερων τερματικών.
- ❖ Επιτρέπουν στους υπολογιστές να μοιράζονται από κοινού περιφερειακές μονάδες, όπως εκτυπωτές, σαρωτές ή laser συσκευές λήψης.
- ❖ Στηρίζουν υπηρεσίες
  - ηλεκτρονικού ταχυδρομείου (e-mail),
  - μεταφοράς ηλεκτρονικών φακέλων
  - και αξιοποίησης απομακρυσμένων τερματικών.

4/5/2020

# Digital Image Transfer



## Δομή και λειτουργία των δικτύων

- Τα **πρωτόκολλα** του δικτύου περιγράφουν μεθόδους **επικοινωνίας** και **κυκλοφορίας** των **δεδομένων** στο δίκτυο.
- Το **υλικό** (hardware) και το **λογισμικό** (software) πρέπει να ταιριάζουν, να είναι **συμβατά** με το **πρωτόκολλο επικοινωνίας**.

# Τυποποίηση δικτύων

- Κύρια συστήματα:
  - ISO (Διεθνής)
  - ITU-T (πρώην CCITT - Διεθνής)
  - ETSI (Ευρωπαϊκός)
  - IEEE (ΗΠΑ)
  - ANSI (ΗΠΑ)

4/5/2020

47

- 1977 International Standardization Organization (ISO)
- Επίπεδα στο Γενικό Μοντέλο Δικτύωσης “Open Systems Interconnection” (OSI)

7. Επίπεδο Εφαρμογών <i>Υπηρεσίες υψηλού επιπέδου (ftp, e-mail, κλπ)</i>
6. Επίπεδο Παρουσίασης <i>Μετάφραση, κρυπτογράφηση, συμπίεση, κλπ</i>
5. Επίπεδο Συνόδου <i>Εγκατάσταση σύνδεσης, συγχρονισμός</i>
4. Επίπεδο Μεταφοράς <i>Έλεγχος ροής, χειρισμός λαθών, σειρά, κλπ</i>
3. Επίπεδο Δικτύου <i>Διευθυνσιοδότηση, δρομολόγηση, μεταγωγή, κλπ</i>
2. Επίπεδο Σύνδεσης Δεδομένων <i>Data + Header = Frame</i>
1. Φυσικό Επίπεδο <i>Μετάδοση σήματος (ηλεκτρικού, οπτικού, κλπ)</i>

4/5/2020

48



## Δομή και λειτουργία των δικτύων

- ❖ Ο όρος **server** - **διακομιστής** αναφέρεται σε έναν υπολογιστή στο δίκτυο που παρέχει μια **ΥΠΗΡΕΣΙΑ** στους άλλους υπολογιστές του δικτύου.
- ❖ Ένας υπολογιστής με μια σειρά μαγνητικών δίσκων που παρέχει **χώρο αποθήκευσης αρχείων** για άλλους υπολογιστές λέγεται «**file server**».
- ❖ Υπάρχουν ακόμη servers **εκτύπωσης**, servers **εφαρμογής**, servers **βάσης δεδομένων**, servers **ηλεκτρονικού ταχυδρομείου**, servers **διαδικτύου** και άλλοι.

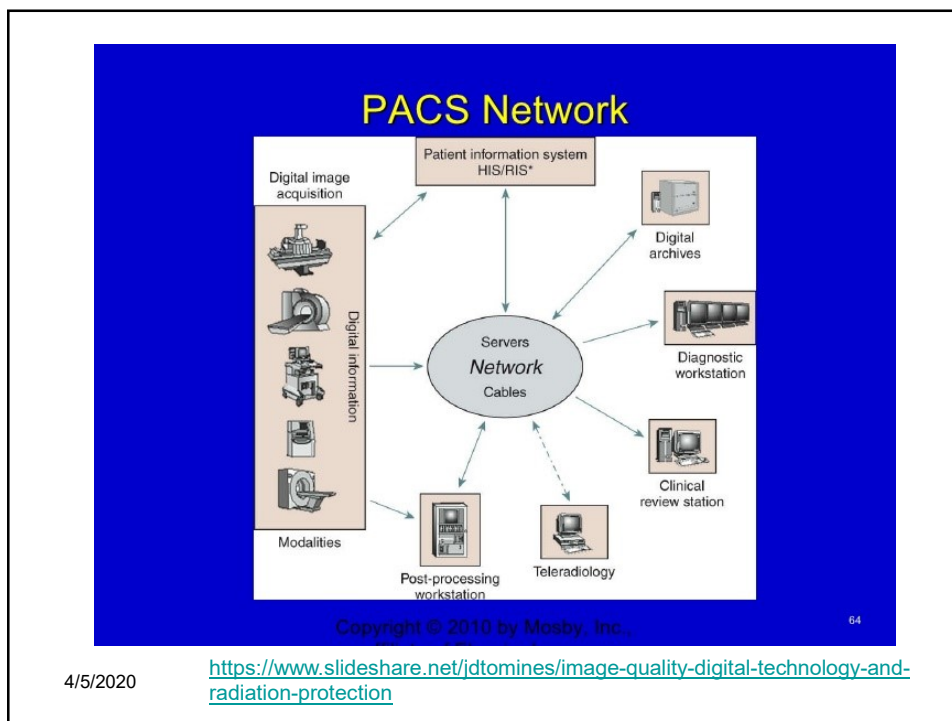
4/5/2020

## Η μονάδα Ψηφιακής Ακτινολογίας

→ Εκτός από τις αίθουσες των ακτίνων X και τα απεικονιστικά συστήματα, η μονάδα Ψηφιακής Ακτινολογίας έχει δυο ακόμη συνιστώσες:

- A **Radiology Information management System (RIS)** that can be a subset of the hospital information system (**HIS**)
- A **Picture Archiving and Communication System (PACS)**.





# PACS

*(Picture Archiving and Communications Systems)*

❖ Το PACS είναι ένα σύστημα με στόχο να αρχειοθετεί, διαχειρίζεται, διανέμει και αποθηκεύει  
**ιατρικές εικόνες και δεδομένα**  
 (που συχνά έχουν μεγάλο όγκο),  
 με τρόπο ώστε η **πρόσβαση** σε αυτά,  
 μέσα σε κατάλληλα διαμορφωμένο δίκτυο,  
 από εξουσιοδοτημένα τερματικά, να είναι **βατή**.

❖ Η **αξιοπιστία** και η **απλότητα** αυτής της λειτουργίας  
 εξαρτάται από ποικίλους παράγοντες, που ξεκινούν  
 από εξειδικευμένα εξαρτήματα υπολογιστών και δικτύων (**hardware**)  
 και φτάνουν στην ανάπτυξη έξυπνων και ευέλικτων προγραμμάτων  
 υπολογιστών (**software**).

4/5/2020

## Παρουσίαση της εικόνας

Οι εικόνες με τη βοήθεια του συστήματος PACS μπορούν να μεταφερθούν και να προβληθούν σε απομεμακρυσμένες ηλεκτρονικές συσκευές (οθόνες):

❖ όπως **σωλήνες καθοδικών ακτίνων** (CRT – Cathode ray tube)

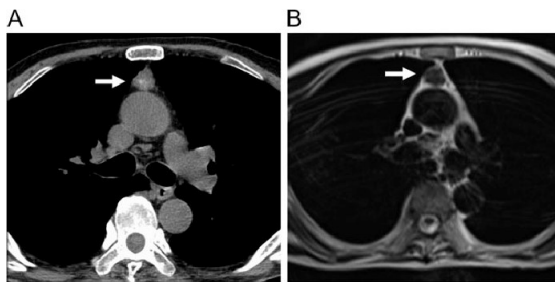
❖ ή σε **flat panel**

Είναι επίσης εφικτό να καταγραφούν με video ή laser camera σε **φωτογραφικό φιλμ** που μετά τη χημική επεξεργασία μπορεί να προβληθούν σε ειδικές οθόνες.

Όπου χρειαστεί, η ψηφιακή εικόνα μετατρέπεται σε αναλογική με ένα DAC (digital to analog converter)

4/5/2020

**Enhanced CT (A) and MRI (B) of the chest** revealed an anterior mediastinal tumor



JSCR  
Journal of Surgical Case Reports

Journal of Surgical Case Reports, 2017  
doi:10.1093/jscr/1/1/071  
Case Report

CASE REPORT

Thymoma (World Health Organization type  
neuroendocrine differentiation in multiple  
neoplasia type 1

4/5/2020

54

## PACS και Τηλε-ακτινολογία

- ✓ PACS : Picture archiving and communications systems
- ✓ Πρότυπα: - ACR (American College of Radiology) για τη λειτουργία της τηλε-ακτινολογίας  
- DICOM (digital imaging and communications in medicine) για τη δημιουργία και κυκλοφορία της ψηφιακής εικόνας
- ✓ Αφορούν δίκτυα για μεταφορά εικόνας και δεδομένων
- ✓ Παρεμβαίνουν: - στην λήψη των δεδομένων για τη δημιουργία ψηφιακών εικόνων  
- στην αποθήκευσή τους  
- στην παρουσίασή τους για ερμηνεία και γνωμάτευση

4/5/2020

## PACS

(συνέχεια)

- Το PACS είναι ένα σύστημα για την αποθήκευση, διαχείριση και διανομή ακτινολογικών εικόνων.
- **Τηλε-Ακτινολογία** είναι η Ακτινολογία η εξοπλισμένη με τη δυνατότητα μεταφοράς αυτών των εικόνων σε πολλά τερματικά της νοσοκομειακής (συνήθως) μονάδας, και μάλιστα σε τερματικά που μπορεί να είναι αρκετά απομακρυσμένα από το ακτινολογικό μηχάνημα.

4/5/2020

# PACS

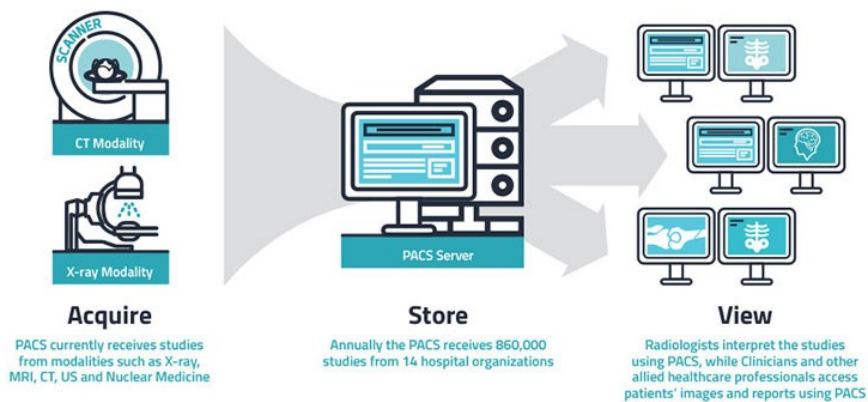
(συνέχεια)

- Το σύστημα PACS και η Τηλε-ακτινολογία συνδέονται πολύ στενά, **δεν έχουν όμως την αποκλειστικότητα χρήσης** το καθένα για το άλλο.
- Όταν «**συνεργάζονται**» ο στόχος είναι να παρέχουν την **όσο το δυνατόν καταλληλότερη εικόνα** στο χρήστη του τερματικού, συνήθως τον διαγνώστη ακτινολόγο.

4/5/2020

# PACS

(συνέχεια)



<https://swodin.ca/pacs>

4/5/2020

58

## PACS (συνέχεια)

- ✓ Το σύστημα PACS διαφέρει σημαντικά σε μέγεθος και σε ειδικότερο στόχο **από Νοσοκομείο σε Νοσοκομείο** και από Κλινική σε Κλινική.
- ✓ Μπορεί να είναι σε αποκλειστική χρήση μιας μονάδας Πυρηνικής Ιατρικής ή του τμήματος Υπερήχων.
- ✓ Μπορεί να εμπεριέχει και τις μονάδες Επεμβατικής Ακτινολογίας, Μαγνητικού Συντονισμού ή /και Αξονικής Τομογραφίας.
- ✓ Μπορεί επίσης, να εμπεριέχει αντίστοιχες μονάδες πολλών Ιατρικών Κέντρων.
- ✓ Μπορεί ακόμα να επεκτείνεται και στις μονάδες Εντατικής Θεραπείας, Άμεσης επέμβασης, ή και Παθολογίας.

4/5/2020

## PACS (συνέχεια)

Η Τηλε – Ακτινολογία μπορεί να παρέχει την πρόσβαση και επικοινωνία **μικρών Ιατρικών Κέντρων** σε μεγάλες Ακτινολογικές Κλινικές και σε ειδικούς ακτινολόγους.

Θα πρέπει βέβαια, το μικρό ιατρικό κέντρο, να είναι εφοδιασμένο τουλάχιστον με ψηφιοποιητές ακτινογραφιών **και** να υπάρχει ειδική γραμμή επικοινωνίας με την Κεντρική Μονάδα, όπου οι εικόνες θα εμφανίζονται σε συγκεκριμένα τερματικά.

4/5/2020

# PACS

(Picture Archiving and Communications Systems)



Αλλά,

για να είναι αποδεκτό σήμερα ένα σύστημα PACS  
θα πρέπει να προσαρμοστεί

στις αρχές ενός νεότερου συστήματος - πρωτοκόλλου:  
του **DICOM**

**[(Digital Imaging Communications in Medicine)  
«Πρότυπο μεταφοράς ιατρικών ψηφιακών εικόνων»]**

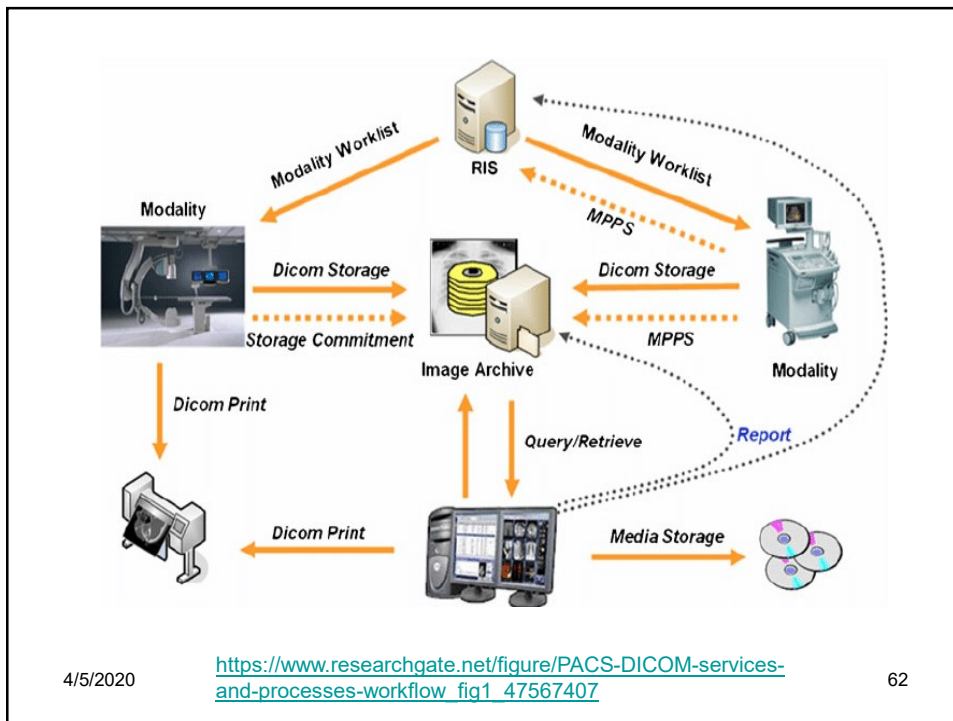
✓ Πρόκειται για ομάδα **πρωτοκόλλων** που θέτουν κανόνες:

**στην ψηφιακή απεικόνιση**

(ανάκτηση και διαμόρφωση εικόνων και σχετιζόμενων πληροφοριών  
από απεικονιστικά μηχανήματα με προτυποποιημένο τρόπο)

**και την «κυκλοφορία» της από τις πηγές** παραγωγής (λήψης)  
(απεικονιστικά συστήματα) **στα τερματικά** μιας ιατρικής μονάδας.

4/5/2020



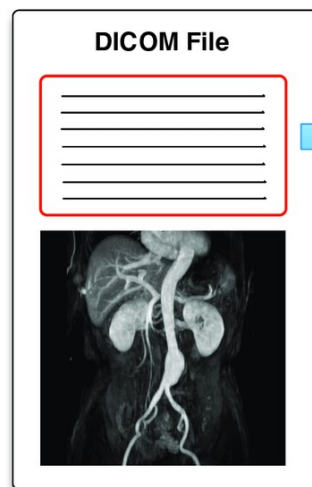
## DICOM format στις εικόνες:

- Οι ακτινολογικές εικόνες με DICOM format εκτός από την εικόνα περιέχουν και ένα **header**, με ομάδα πρόσθετων δεδομένων:
  - το σύστημα X ray που 'έδωσε' την εικόνα
  - την ταυτότητα του ασθενή
  - το ακτινογραφικό πρωτόκολλο, στοιχεία δοσιμετρίας κ.α.

4/5/2020

## Medical\_imaging\_services\_supported\_on\_cloud

*Bastião Silva, Luís*



### Metadata - Header

SOPClassUID	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.7
SOPInstanceUID	2.16.840.1.113662.2.256..
StudyDate	19970205
SeriesDate	19970205
AcquisitionDate	19970205
StudyTime	074737.000000
SeriesTime	074737.000000
AcquisitionTime	074737.000000
Modality	CT
ConversionType	WSD
Manufacturer	Picker International, Inc.
InstitutionName	BOSTON MED CENT E.N.C
ReferringPhysiciansName	OREGAN
StudyDescription	<VYGR> Path: dicom
ManufacturersModelName	PQ5000
Unknown	70
PatientsName	CT BRONCHOSCOPY
PatientID	000003 M 47
PatientsSex	O
Unknown	122

DICOM object with metadata and image. The header is zoom in (right hand side) and it illustrates a few of the attributes that the object contains

4/5/2020



## Structure of DICOM Study

- The data model defines Information Entities (IE's)
  - Patient
  - Study
  - Series
  - Image
- The classes of the DICOM Objects however are composites made of modules from different entities.
- The classes of the DICOM static data model are called SOP (Service Object Pair) Classes and are defined by IOD's – Information Object Definition.

<https://www.slideshare.net/ishasaxena6/structure-of-dicom-image>

4/5/2020

### PATIENT MODULE ATTRIBUTES:

Attribute Name	Tag	Type	Attribute Description
Patient's Name	(0010,0010)	2	Patient's full name.
Patient ID	(0010,0020)	2	Primary hospital identification number or code for the patient.
Patient's Birth Date	(0010,0030)	2	Birth date of the patient.
Patient's gender	(0010,0040)	2	Gender of the patient.

### STUDY MODULE ATTRIBUTES:

Attribute Name	Tag	Type	Attribute Description
Study Instance UID	(0020,0008)	1	Unique identifier for the Study.
Study Date	(0008,0020)	2	Date the Study started.
Study Time	(0008,0030)	2	Time the Study started.
Referring Physician's Name	(0008,0090)	2	Name of the patient's referring physician
Study ID	(0020,0010)	2	User or equipment generated Study identifier.
Accession Number	(0008,0050)	2	A RIS generated number that identifies the order for the Study.

<https://www.slideshare.net/ishasaxena6/structure-of-dicom-image>

4/5/2020

## PACS και DICOM

❖ Στο παρελθόν,  
οι κατασκευαστές απεικονιστικών μηχανημάτων,  
εφάρμοζαν «ατομικά» πρωτόκολλα  
καταγραφής δεδομένων και εικόνων κατά την εξέταση,  
**απαγορεύοντας** έτσι ουσιαστικά τη μεταφορά, αποθήκευση και  
προβολή των εικόνων διαφορετικών κατασκευαστών  
σε **ένα** σύστημα PACS.

❖ Το πρόβλημα λύθηκε με την παρέμβαση  
της ACR (American College of Radiology)  
και της NEMA (National Electrical Manufacturers' Association),  
που επιχορήγησαν τη δημιουργία του πρότυπου **DICOM**  
(Digital Imaging and Communications in Medicine).

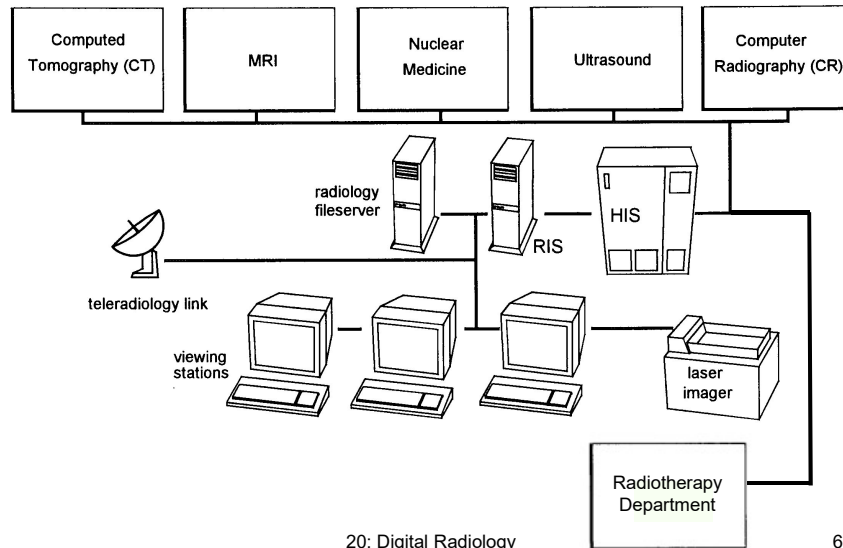
4/5/2020

## Η διαδικασία στην Ψηφιακή Ακτινογράφιση

- ❖ Λήψη εικόνας
- ❖ Επεξεργασία της εικόνας
- ❖ Παρουσίαση της εικόνας
  - ➔ **Σημαντικός ο ρόλος των συνθηκών του περιβάλλοντος**
- ❖ Αρχαιοθέτηση της εικόνας
- ❖ Ανάκληση της εικόνας για μελέτη
  - ➔ **Σημαντικός ο ρόλος του χρόνου που απαιτείται για την έλευση της εικόνας**

20: Digital Radiology

## Τα βασικά ενός συστήματος PACS



## Πρότυπο ACR

- Η **τηλε-ακτινολογία** είναι εξοπλισμένη με **σύστημα μεταφοράς** των εικόνων σε απομακρυσμένα δωμάτια από αυτό, στο οποίο δημιουργούνται, και σύστημα επιστροφής της ιατρικής αναφοράς (medical report)
- Το **πρότυπο ACR** πρωτοδημοσιεύτηκε το 1994 και ακολούθησαν βελτιωμένες «εκδόσεις» το 1996, 1998, 2002
- Το **πρότυπο ACR** περιγράφει:
  - τα προσόντα που πρέπει να έχει το προσωπικό κάθε εμπλεκόμενης ειδικότητας
  - τα τεχνικά χαρακτηριστικά του εξοπλισμού
  - τις συνθήκες και προϋποθέσεις αδειοδότησης και πιστοποίησης
  - την περιοδικότητα και το είδος των ελέγχων καλής λειτουργίας
  - τη διαχείριση των δεδομένων των ψηφιακών εικόνων (παρέχει τα χαρακτηριστικά και διαχωρίζει τις εικόνες αναλόγως της επιφάνειάς τους)

4/5/2020

## Πρότυπο DICOM

- Προσφέρει λύσεις με:
  - σαφείς ορισμούς των χρησιμοποιούμενων όρων
  - τυποποίηση της ψηφιακής εικόνας
  - περιγραφή των δυνατοτήτων διασύνδεσης
  - καθορισμό προδιαγραφών για μεταφορά εικόνας
  - περιγραφή προσυμφωνημένων κανόνων επικοινωνίας
  - έγγραφη συμφωνία από όσους αποδέχονται και υιοθετούν το πρότυπο
- Κυριάρχησε στη μεταφορά των ιατρικών εικόνων
- Έχει ενσωματώσει τις απαιτήσεις των ήδη υπαρχόντων δικτύων
- Πρόκειται για χιλιάδες σελίδες παρόλο που περιορίζεται στις απολύτως απαραίτητες διευκρινίσεις
- <http://medical.nema.org/>

4/5/2020

## DICOM Standards

- ❖ Κανόνες για ανταλλαγή δεδομένων και σωστή επικοινωνία μεταξύ:
  - μηχανημάτων, υπολογιστών και νοσοκομείων,
  - σύμφωνα με οδηγίες της National Electronic Manufacturer's Association, NEMA
- ❖ Παρέχουν τη δυνατότητα αμφίδρομης επικοινωνίας που:
  - ελαχιστοποιεί τον **κίνδυνο των «συγκρούσεων»**
  - βοηθά-προωθεί τη **δυνατότητα εξέλιξης και αναβάθμισης του συστήματος**

4/5/2020



4/5/2020

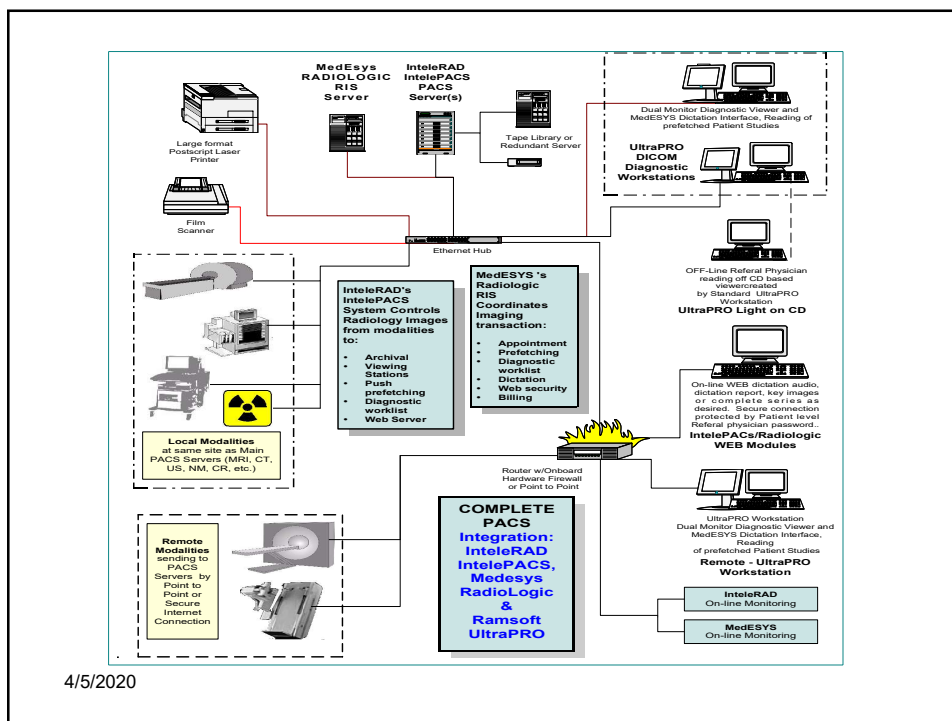
<http://www.pacificcoastsportsmedicine.com/services/fluoroscopy/>

## PACS

(Picture Archiving and Communications Systems)

- ✓ Μετά τη σωστή εναρμόνιση (στο πρωτόκολλο DICOM), ο «κατασκευαστής» των PACS θα πρέπει να «κτίσει» το έργο του με πολλή προσοχή, ώστε να ανταποκρίνεται στις εκάστοτε απαιτήσεις των χειριστών.
- ✓ Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στους «κόμβους» των **λεωφόρων επικοινωνίας** του δικτύου, που συνδέουν τους «τόπους» **δημιουργίας** των ψηφιακών εικόνων και δεδομένων, με τους «τόπους» **αναζήτησης και επεξεργασίας** αυτών.
- ✓ Το PACS είναι ένα **πολυσύνθετο, κατακευασμένο, ηλεκτρονικό σύστημα** και κάθε **κόμβος** έχει το δικό του ρόλο στη ροή των εικόνων

4/5/2020



# PACS

(Picture Archiving and Communications Systems)

Το σύστημα PACS μπορεί:

- ❑ να αναπαραγάγει ψηφιακές εικόνες **ταυτόχρονα σε πολλά τερματικά**, π.χ. σε αυτό του ακτινολόγου και σε αυτό του παθολόγου του υπεύθυνου για το συγκεκριμένο ασθενή
- ❑ να κρατήσει **πολλές εικόνες αποθηκευμένες** για μεγάλο χρονικό διάστημα
- ❑ να δημιουργήσει ένα **“filmless” περιβάλλον**, όπου «η **απώλεια ακτινογραφιών**», ένα από τα κυριότερα προβλήματα στα μεγάλα Νοσοκομεία, τείνει πλέον να εκλείψει
- ❑ να βοηθήσει τα **απομακρυσμένα αγροτικά ιατρικά κέντρα να επικοινωνούν** με νοσοκομεία των μεγάλων πόλεων, να στέλνουν ακτινογραφίες, να ανταλλάσσουν γνώμες και πληροφορίες, που στηρίζουν τη σωστή διάγνωση και τρόπο θεραπείας

4/5/2020

# PACS

(συνέχεια)

Το σύστημα PACS ελέγχει

**τις διεπαφές (interfaces):**

- ❖ απεικονιστικών συσκευών, που παράγουν ψηφιακές εικόνες
- ❖ ψηφιακών συσκευών αποθήκευσης εικόνων
- ❖ τερματικών μονάδων με πολλές οθόνες

**και το δίκτυο** των υπολογιστών, που συνδέει όλες αυτές τις συσκευές

4/5/2020

# PACS

(συνέχεια)

Το σύστημα PACS εμπεριέχει:

- ❖ ένα εξειδικευμένο λογισμικό διαχείρισης βάσεων δεδομένων, ώστε να υπάρχει δυνατότητα καταχώρησης και εντοπισμού των εικόνων
- ❖ και ένα εξειδικευμένο λογισμικό που να δίνει τη δυνατότητα στο διαγνώστη ακτινολόγο **να διαλέγει και να επεξεργάζεται** τις εικόνες.

4/5/2020

## Αποθήκευση Ψηφιακών Εικόνων

Στο σύστημα PACS  
η αποθήκευση των εικόνων  
γίνεται συνήθως με «**ιεραρχικές**» **μεθόδους**, όπου

- οι πιο πρόσφατες εικόνες είναι διαθέσιμες  
σε σειρές μαγνητικών σκληρών δίσκων

- και υπάρχει συνεχής μεταφορά  
των παλαιότερων εικόνων  
σε μικρότερης ταχύτητας αλλά μεγαλύτερης  
χωρητικότητας μέσα αποθήκευσης,  
όπως οι οπτικοί δίσκοι και οι μαγνητικές ταινίες.

4/5/2020

## Αποθήκευση Ψηφιακών Εικόνων

Η απαιτούμενη **συνολική χωρητικότητα**  
των δεδομένων μιας μονάδας  
εξαρτάται από το σύστημα PACS που διαθέτει  
και από το φόρτο εργασίας.

Για παράδειγμα ένα τμήμα πυρηνικής ιατρικής  
μεσαίου μεγέθους (για τα αμερικάνικα δεδομένα) «παράγει»  
**μερικά gigabytes ( $10^9$ ) εικόνων το χρόνο**  
(ένας μόνο μαγνητικός δίσκος μεγάλης χωρητικότητας και λίγοι  
επαναγραφόμενοι οπτικοί δίσκοι θεωρούνται αρκετοί).

Όμως ένα τμήμα ακτινολογίας και πάλι μεσαίου μεγέθους,  
με CT, MRI, ψηφιακό ακτινογράφο  
μπορεί να παράγει **μερικά terabytes ( $10^{12}$ ) το χρόνο**,  
όπως και ένα τμήμα καρδιακού καθετηριασμού – επεμβατικής  
καρδιολογίας.

4/5/2020



## Αποθήκευση Ψηφιακών Εικόνων

- Υπάρχει η αποθήκευση **«on line»**, που χρησιμοποιεί μαγνητικούς δίσκους και παρέχει **άμεση** πρόσβαση στα αρχεία.
- Η αποθήκευση μπορεί να είναι **«near – line»** που αναφέρεται σε «jukeboxes» οπτικών δίσκων (πιο γρήγοροι) ή μαγνητικών ταινιών (πιο φθηνές) και η πρόσβαση απαιτεί **περίπου 1 λεπτό, χωρίς παρέμβαση του ανθρώπινου παράγοντα.**
- Η αποθήκευση **«off – line»** χρησιμοποιεί επίσης οπτικούς δίσκους ή μαγνητικές κασέτες τοποθετημένες σε ράφια. Η **ανθρώπινη παρέμβαση εδώ, είναι απαραίτητη.**

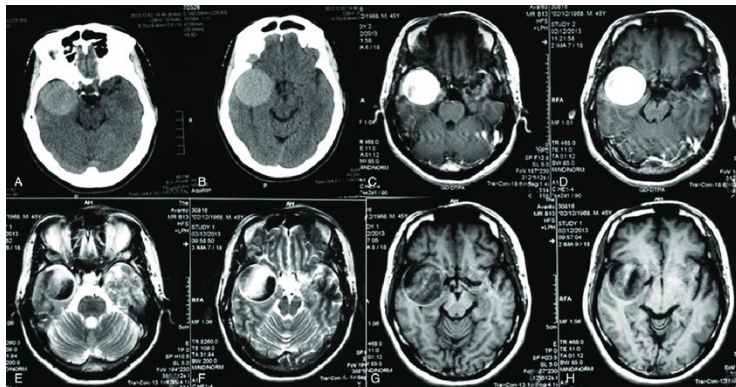
Η αποθήκευση μπορεί να γίνει σε έναν υπολογιστή (storage server) ή μπορεί να καταμεληθεί σε περισσότερους, μέσα στο δίκτυο.

4/5/2020

Head CT scan and MRI of patient before surgery.

(A-B) **Head CT scan**. Right temporal area has a high-dense round lesion. The edge of lesion is sharp and no sign of edema.

(C-D) **Head MRI** contrast-enhanced T1-weighted scan.



[A case report on middle cerebral artery aneurysm treated by rapid ventricular pacing: A CARE compliant case report](#) Nov 2018 • Yi Ping, Huahua Gu

4/5/2020

82

## Πλεονεκτήματα των PACS

- άμεση πρόσβαση σε πλήθος εικόνων, από πολλούς χρήστες (επιτάχυνση της κλινικής διαδικασίας)
- δυνατότητα επεξεργασίας της εικόνας και σύγκρισής της με παλαιότερες
- μείωση της απώλειας εξετάσεων-φιλμ
- μείωση χώρου αποθήκευσης των εξετάσεων-αναφορών (πρώην film)
- δυνατότητα διάγνωσης με τη βοήθεια λογισμικού

4/5/2020

## Μειονεκτήματα των PACS

- συχνή ανανέωση εξοπλισμού (κυρίως του βοηθητικού) (εκτός από την πρώτη «μεγάλη» αλλαγή)
- ανάγκη συνεχούς παρουσίας τεχνικού προσωπικού υποστήριξης του συστήματος
- χαμηλότερο δυναμικό εύρος και χειρότερη διακριτική ικανότητα στην οθόνη σε σχέση με το φιλμ (κάτω από ορισμένες συνθήκες)
- χρόνος προσαρμογής των ακτινολόγων στη νέα τεχνολογία
- ασφάλεια και αξιοπιστία (πιθανή πρόσβαση μη εξουσιοδοτημένων ατόμων)

4/5/2020

## Ασφάλεια στο PACS

Πρέπει να εξασφαλίζονται:

- ✓ ασφαλές περιβάλλον
- ✓ αυτόματο back up σε περίπτωση φωτιάς, πλημμύρας, διακοπής ρεύματος
- ✓ προστασία από κλοπή ή υποκλοπή
- ✓ εμπιστευτικότητα στην μεταφορά πληροφοριών
- ✓ εγγυημένη προστασία των δεδομένων
- ✓ ασφαλείς δοκιμές και βελτιώσεις
- ✓ μόνιμη επισήμανση των εικόνων με δεδομένα που τη συνοδεύουν

4/5/2020