

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ  
ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΪΑΤΡΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΑΚΤΙΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΚΤΙΝΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΗΝ ΙΑΤΡΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ

**Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ PACS ΣΤΗ ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΙΑΤΡΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ**

ΒΟΣΚΑΚΗ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ ΣΟΦΙΑ

ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ ΜΠΑΚΑΣ

Αθήνα, Φεβρουάριος 2024

UNIVERSITY OF WEST ATTICA  
DEPARTMENT OF BIOMEDICAL SCIENCES  
DIVISION OF RADIOLOGY AND RADIOTHERAPY



MASTERS OF SCIENCE  
CONTEMPORARY APPLICATIONS OF MEDICAL DEPICTION  
**THE ROLE OF PACS IN MODERN MEDICAL IMAGING**

VOSKAKI AIKATERINI SOFIA

ATHANASIOS MPAKAS

Athens, February 2024

# Πρακτικό της Εξεταστικής Επιτροπής για την κρίση της μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας

## Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΡΑCS ΣΤΗ ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΙΑΤΡΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ

ΒΟΣΚΑΚΗ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ ΣΟΦΙΑ

Αριθμός Μητρώου: 20021

Η Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία εξετάστηκε επιτυχώς από την κάτωθι Εξεταστική Επιτροπή:

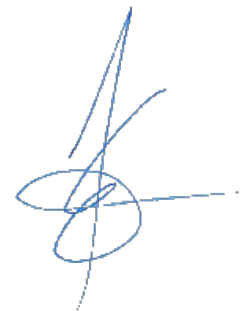
	<b>Όνοματεπώνυμο</b>	<b>Βαθμίδα</b>	<b>Ιδιότητα</b>	<b>Ψηφιακή Υπογραφή</b>
1	Αθανάσιος Μπάκας	Αναπληρωτής Καθηγητής	Επιβλέπων	
2	Περικλής Παπαβασιλείου	Επίκουρος Καθηγητής	Εξεταστής	
3	Γεωργία Οικονόμου	Αναπληρώτρια Καθηγήτρια	Εξετάστρια	

## ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη **ΒΟΣΚΑΚΗ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ ΣΟΦΙΑ** του **ΓΕΩΡΓΙΟΥ** με αριθμό μητρώου (ΑΜ) **20021** φοιτήτρια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Σύγχρονες Εφαρμογές στην Ιατρική Απεικόνιση» του Τομέα Ακτινολογίας-Ακτινοθεραπείας του Τμήματος Βιοϊατρικών Επιστημών, της Σχολής Επιστημών Υγείας και Πρόνοιας, του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας της μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας με τίτλο **‘Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ PACS ΣΤΗ ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΙΑΤΡΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ’** και η εργασία που παρέχω είναι αποτέλεσμα συνεισφορών και βοήθειας που έλαβα από διάφορες πηγές. Κάθε ένα από τα στοιχεία που συμπεριλαμβάνονται σε αυτή την εργασία έχει πλήρως αναφερθεί, αναγνωρισμένο και πιστοποιημένο με τον τρόπο που αναφέρεται στη βιβλιογραφία. Όλες οι πηγές που χρησιμοποιήθηκαν για τη συλλογή δεδομένων, είτε παραθέτονται ακριβώς είτε παραφράζονται, αναφέρονται με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τους εκδοτικούς οίκους ή τα περιοδικά. Αυτό περιλαμβάνει και τυχόν διαδικτυακές πηγές που μπορεί να έχουν χρησιμοποιηθεί, οι οποίες παρατίθενται με την ίδια ακρίβεια και σαφήνεια. Επιπλέον, διαβεβαιώνω με βεβαιότητα ότι αυτή η εργασία είναι αποκλειστικό προϊόν της δικής μου εργασίας και σκέψης και αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία τόσο δικής μου όσο και του Ιδρύματος».

Βοσκάκη Αικατερίνη Σοφία  
Α.Μ: 20021



## Έκθεση Ευχαριστιών

Με αυτό το γράμμα επιθυμώ να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες για την υποστήριξη και καθοδήγηση του Επιβλέποντα Καθηγητή, κυρίου Αθανάσιου Μπάκα κατά τη διάρκεια της διπλωματικής εργασίας μου.

Η προσοχή, η σοβαρότητα και η εμπειρογνωμοσύνη που επιδείχθηκε κατά τη διάρκεια της συγγραφής, αποτέλεσαν για εμένα πηγή έμπνευσης και εμπιστοσύνης. Είμαι βαθύτατα ευγνώμων για τον χρόνο που αφιέρωσε, καθώς και για τις επικοινωνιακές συμβουλές και επισημάνσεις που μου παρείχε.

Δίχως την εμπιστοσύνη, την υποστήριξη και την εμπειρία αλλά και την υπομονή του, δεν θα ήμουν σε θέση να ολοκληρώσω αυτό το σημαντικό βήμα στην ακαδημαϊκή μου πορεία. Θέλω να εκφράσω τη μεγάλη μου ευγνωμοσύνη για την ευκαιρία που μου παρείχε να εξελίξω τις γνώσεις και τις ικανότητές μου.

Θα ήθελα, επίσης να ευχαριστήσω τον κύριο Περικλή Παπαβασιλείου, Επίκουρο Καθηγητή και την κυρία Οικονόμου Γεωργία, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια για τη θερμή τους υποστήριξη κατά την εξέταση της εργασίας.

Σας είμαι ευγνώμων.

## Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ PACS ΣΤΗ ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΙΑΤΡΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ

### Περίληψη

Το Σύστημα Αρχαιοθέτησης και Επικοινωνίας Εικόνων (Picture Archiving and Communication System, PACS) έφερε επανάσταση στην ιατρική απεικόνιση. Εμφανίστηκε στα τέλη του 20ου αιώνα ως απάντηση στις προκλήσεις της διαχείρισης και της κοινής χρήσης ιατρικών εικόνων.

Πριν από το PACS, ιατρικές εικόνες όπως ακτινογραφίες, αξονικές και μαγνητικές τομογραφίες αποθηκεύονταν σε φιλμ. Αυτό δημιούργησε υλικοτεχνικά προβλήματα για την αποθήκευση, την ανάκτηση εικόνων και την κοινή τους χρήση. Οι ακτινολόγοι αποθήκευαν και μετέφεραν φυσικά φιλμ, καθιστώντας τη διαδικασία χρονοβόρα. Έτσι, στη δεκαετία του 1980, άρχισε να διαμορφώνεται η έννοια του PACS.

Τα συστήματα απεικόνισης, άρχισαν με την εξέλιξη της τεχνολογίας να ψηφιοποιούν τις εικόνες, επιτρέποντάς τους να αποθηκεύονται ηλεκτρονικά. Ωστόσο, αυτά τα συστήματα αντιμετώπισαν περιορισμούς στη χωρητικότητα αποθήκευσης και στις δυνατότητες του δικτύου.

Μέχρι τη δεκαετία του 1990, η τεχνολογία PACS προχώρησε σημαντικά. Οι χωρητικότητες αποθήκευσης αυξήθηκαν, τα δίκτυα έγιναν πιο αξιόπιστα και καθιερώθηκαν πρότυπα όπως το DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine, Ψηφιακή Απεικόνιση και Επικοινωνίες στην Ιατρική) για να διασφαλιστεί η συμβατότητα μεταξύ διαφορετικών συσκευών και συστημάτων απεικόνισης. Αυτό επέτρεψε την απρόσκοπτη κοινή χρήση και προβολή εικόνων σε εγκαταστάσεις υγειονομικής περίθαλψης. Η ψηφιακή ενοποίηση του PACS με τα Συστήματα Πληροφοριών Ακτινολογίας (Radiology Information Systems, RIS) και τα Ηλεκτρονικά Μητρώα Υγείας (Electronic Health Records, EHR) βελτίωσε περαιτέρω τις ροές εργασίας.

Οι ακτινολόγοι πια μπορούσαν να έχουν πιο αποτελεσματική πρόσβαση στις εικόνες, οδηγώντας σε ταχύτερες διαγνώσεις και βελτιωμένη φροντίδα των ασθενών. Με την πάροδο

του χρόνου, το PACS εξελίχθηκε ώστε να περιλαμβάνει τρισδιάστατη απεικόνιση, απομακρυσμένη πρόσβαση και αποθήκευση επί του υπολογιστικού νέφους (cloud), βελτιώνοντας την προσβασιμότητα και τις διαγνωστικές δυνατότητες. Επεκτάθηκε πέρα από την ακτινολογία για να υποστηρίξει διάφορες ιατρικές ειδικότητες, συμπεριλαμβανομένης της καρδιολογίας, της παθολογίας και άλλων.

Σήμερα, το PACS συνεχίζει να εξελίσσεται με τις εξελίξεις στην τεχνητή νοημοσύνη (AI), τη μηχανική μάθηση και τη διαλειτουργικότητα. Διαδραματίζει κεντρικό ρόλο στη σύγχρονη υγειονομική περίθαλψη, διευκολύνοντας τη διαχείριση εικόνας, την ανάλυση και τη συνεργασία μεταξύ των επαγγελματιών υγείας παγκοσμίως.

## THE ROLE OF PACS IN MODERN MEDICAL IMAGING

### Abstract

Picture Archiving and Communication System (PACS) revolutionized medical imaging. It emerged in the late 20th century as a response to the challenges of managing and sharing medical images.

Before PACS, medical images like X-rays, CT scans, and MRIs were stored on film. This created logistical issues with storage, retrieval, and sharing. Radiologists physically stored and transported films, making it time-consuming and cumbersome. In the 1980s, the concept of PACS started to take shape.

The early imaging systems digitized images, allowing them to be stored electronically. However, these systems faced limitations in storage capacity and network capabilities.

By the 1990s, PACS technology advanced significantly. Storage capacities increased, networks became more robust, and standards like DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) were established to ensure compatibility between different imaging devices and systems. This enabled seamless sharing and viewing of images across healthcare facilities. The integration of PACS with Radiology Information Systems (RIS) and Electronic Health Records (EHR) further streamlined workflows.

Radiologists could access images more efficiently, leading to faster diagnoses and improved patient care. Over time, PACS evolved to include 3D imaging, remote access, and cloud-based storage, enhancing accessibility and diagnostic capabilities. It expanded beyond radiology to support various medical specialties, including cardiology, pathology, and more.

Today, PACS continues to evolve with advancements in artificial intelligence (AI), machine learning, and interoperability. It plays a pivotal role in modern healthcare, facilitating image management, analysis, and collaboration among healthcare professionals globally.



## AKPΩNYMIA

ALARA: As Low As Reasonably Achievable

CT: Computed Tomography

DICOM: Digital Imaging and Communication in Medicine

DR: Digital Radiography

DS: Decision Support

EHR: Electronic Health Record

EMR: Electronic Medical Record

HIMSS: Healthcare Information and Management Systems

HIPAA: Health Insurance Portability and Accountability Act

HIS: Hospital Information System

HL7: Health Level Seven

IHE: Integrating of Healthcare Enterprises

LIS: Laboratory Information System

MG: Mammograms

MR: Magnetic Resonance

MRI: Magnetic Resonance Imaging

PACS: Picture Archiving and Communication System

PET: Positron Emission Tomography

RIS: Radiology Information System

ROE: Radiology Order Entry (ROE)

RSNA: Radiology Society of North America

SIS: Surgical Information System

US: Ultrasound

VNA: Vendor Neutral Archive

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Πρακτικό της Εξεταστικής Επιτροπής για την κρίση της μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας	3
Δήλωση Συγγραφέα Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας	4
Έκθεση Ευχαριστιών	5
Περίληψη στην ελληνική γλώσσα	6
Περίληψη στην αγγλική γλώσσα	8
Ακρωνύμια	9
Πίνακας Περιεχομένων	11
Εισαγωγή	12
<b>1. Η ιστορία και οι βασικές αρχές των PACS</b>	<b>14</b>
1.1 Ορισμός	14
1.2 Ιστορική Αναδρομή	18
1.3 VNA	21
1.4 Διάφορα είδη PACS	23
<b>2. Οι γλώσσες που αναγνωρίζει το PACS</b>	<b>25</b>
2.1 Εισαγωγή	25
2.2 DICOM	25
2.3 HL7	29
2.4 Προφίλ ροής Εργασίας τύπου IHE	32
<b>3. Μέθοδοι διασύνδεσης PACS</b>	<b>34</b>
3.1 Εισαγωγή	34
3.2 Στρατηγικές Ενσωμάτωσης PACS	35
3.3 EMR και EHR	42
3.4 LIS, RIS και HIS	46
3.5 CAD: Computer Aided Diagnosis	53
<b>4. Ενσωμάτωση του PACS στο νοσοκομείο</b>	<b>57</b>
4.1 Εισαγωγή	57
4.2 Εφαρμογές PACS	58
4.3 Συστήματα Απεικόνισης-Modalities	60
4.4 Συμπίεση Εικόνας	63
<b>5. Διανομείς και Εταιρείες Παραγωγής PACS</b>	<b>66</b>
5.1 Διαβιβαστές	66
5.2 Συντήρηση και Απόσβεση	68
<b>6. Λύσεις σε πιθανά προβλήματα</b>	<b>70</b>
6.1 Προβλήματα	70
6.2 Δυσκολίες Συνδεσιμότητας και Λύσεις	72
<b>7. Συμπεράσματα</b>	<b>76</b>
<b>Βιβλιογραφικές Αναφορές</b>	<b>78</b>

## Εισαγωγή

Η ιατρική όπως τη γνωρίζουμε σήμερα δε θα ήταν η ίδια δίχως την υποστήριξη της απεικόνισης. Κάτι που πλέον θεωρείται δεδομένο, μόλις 130 χρόνια<sup>92</sup> πριν αποτελούσε προϊόν επιστημονικής φαντασίας και, ίσως σε 130 χρόνια από τώρα να φαίνεται ξεπερασμένο.

Η αξία της ιατρικής απεικόνισης είναι αναμφισβήτητη καθώς έδωσε σε ιατρούς και ερευνητές παγκοσμίως μια εξαιρετικά σημαντική δυνατότητα που απουσίαζε, μέχρι τότε από την εργαλειοθήκη τους: την ικανότητα αναίμακτης και ανώδυνης αναπαράστασης της ανατομίας των ασθενών τους. Φαινομενικά εν μια νυκτί, η ιατρική έγινε ευκατόρθωτη, οι διαγνώσεις πιο σύντομες και ακριβείς και η εμπιστοσύνη των ασθενών στους θεράποντες μεγαλύτερη καθώς, λόγω της πλέον επακριβούς γνωμάτευσης, επερχόταν η κατάλληλη θεραπεία.

Ταυτόχρονα, δημιουργήθηκαν νέοι επιστημονικοί κλάδοι γύρω από αυτή την ανακάλυψη. Ειδικότητες όπως αυτή του Ακτινολόγου αναπτύχθηκαν ραγδαία καθώς συνέδραμαν και εξακολουθούν να συνδράμουν, στην διαλεύκανση ποικίλων ιατρικών αιτιγμάτων.

Σήμερα, η ιατρική απεικόνιση διαδραματίζει ουσιαστικό ρόλο στην υγειονομική περίθαλψη: από τον προληπτικό έλεγχο έως την έγκαιρη διάγνωση, την επιλογή θεραπείας και την παρακολούθηση. Κάνει δυνατή τη διαλογή ασθενών τόσο στο τμήμα επειγόντων περιστατικών όσο και σε χρόνιες παθήσεις και ασθένειες ενώ καθιστά δυνατές τις απεικονιστικά καθοδηγούμενες επεμβάσεις και τη βελτιστοποίηση των πλάνων θεραπείας, εφαρμογές που έχουν πλέον ενσωματωθεί στην κλινική πράξη όλων των ειδικοτήτων της ιατρικής.

Σημαντικότερη από όλες τις πολυάριθμες αρετές της ανακάλυψης αυτής είναι, πιθανώς, η δυνατότητα της προληπτικής εξέτασης και θεραπείας δίχως την οποία, ένα αδιαμφισβήτητο μεγάλο κομμάτι του πληθυσμού θα υπέφερε.

Η απεικόνιση απαντάται σε ποικίλες μορφές: από τις απλές ακτίνες Χ δηλαδή την κλασική ακτινογραφία, που αποτέλεσε τον ακρογωνιαίο λίθο της ιατρικής απεικόνισης, στην Αξονική Τομογραφία (Computed Tomography-CT), την μέτρηση οστικής πυκνότητας (DEXA), την πανοραμική ακτινογραφία και τη μαστογραφία (MAMMO). Πολύ σημαντικές μέθοδοι αποτελούν και αυτές που εφαρμόζουν την πυρηνική ιατρική όπως γ-camera PET, PET-CT και

άλλες. Με το πέρας των χρόνων και με τους ερευνητές να καταγράφουν και τις αρνητικές επιπτώσεις της ιονίζουσας ακτινοβολίας<sup>93</sup> στον ανθρώπινο οργανισμό, επήλθαν αρκετοί ακόμη τρόποι απεικόνισης. Η ανακάλυψη της Μαγνητικής Τομογραφίας (Magnetic Resonance Imaging-MRI) και του διαγνωστικού Υπερήχου (Ultrasound-US) και η εισαγωγή τους στην οικογένεια των αναγνωρισμένων διαγνωστικών μεθόδων, στήριξε σημαντικά πρόοδο στην ποιότητα της διάγνωσης, όπως τη γνωρίζουμε σήμερα.

Με την πάροδο του χρόνου και την απεικόνιση να κερδίζει έδαφος στην κοινωνία και να γίνεται όλο και πιο διαδεδομένη, επήλθε η ανάγκη για αποθήκευση και αρχειοθέτηση των ιατρικών εικόνων. Η πιο γνωστή μέθοδος αποτύπωσης της ανατομίας ήταν το ιατρικό Φιλμ (Film) το οποίο εξελισσόταν σημαντικά αλλά δεν ήταν πάντοτε αξιόπιστο. Τα φιλμ ήταν πολύ φωτοευαίσθητα με αποτέλεσμα οι πληροφορίες τους να καταστρέφονται με τον καιρό και να μην μπορούν να αξιοποιηθούν για επανεξέταση των ασθενών. Όσο η τεχνολογία των φιλμ εξελισσόταν και οι ακτινογραφίες γίνονταν όλο και πιο απαραίτητες, γεννήθηκε η ανάγκη για αξιόπιστη αρχειοθέτηση.

Αρχικά, η συλλογή των εικόνων βρισκόταν στους ιατρικούς φακέλους των ασθενών, σε αίθουσες «αρχείου» στις οποίες οι ιατροί μπορούσαν να ανατρέξουν σε περίπτωση επανεξέτασης. Οι φάκελοι αυτοί γίνονταν ολοένα και πιο μεγάλοι με το πέρας των ετών καθώς, για ένα πλήρες ιστορικό ασθενούς, έπρεπε να υπάρχουν όλες οι εξετάσεις και οι ακτινογραφίες που είχαν γίνει στο εκάστοτε νοσοκομείο. Αυτή η μέθοδος αρχειοθέτησης, αν και μονόδρομος για την τεχνολογική εξέλιξη της εποχής, σύντομα απεδείχθη μη βιώσιμη. Με την σταδιακή σύσταση της Αξονικής Τομογραφίας στα νοσοκομεία, η ανάγκη για φυσικό χώρο αρχειοθέτησης και φύλαξης των ιατρικών εικόνων εκτοξεύθηκε.

Πλέον, ο ιατρικός φάκελος ενός ασθενούς ήταν κατά πολύ μεγαλύτερος, καθώς έχοντας κάνει μία μόνο εξέταση Αξονικής Τομογραφίας και ανάλογα με το πάχος τομών, την περιοχή ενδιαφέροντος και τον συνολικό αριθμό εικόνων, μπορεί να έφτανε τα δεκάδες φιλμ. Έτσι, προέκυψε η ανάγκη δημιουργίας σύγχρονης, αξιόπιστης μεθόδου αρχειοθέτησης και διακομιδής των ιατρικών εικόνων και δεδομένων.

## 1. Η Ιστορία και οι Βασικές Αρχές του PACS

### 1.1 Ορισμός

Το σύστημα αρχειοθέτησης και επικοινωνίας εικόνων (PACS) αποτελεί μια συλλογή τεχνολογιών που χρησιμοποιούνται για τη διεξαγωγή ψηφιακής ιατρικής απεικόνισης. Το PACS χρησιμοποιείται για την ψηφιακή λήψη ιατρικών εικόνων από διάφορες μεθόδους, όπως υπολογιστική τομογραφία (CT), μαγνητική τομογραφία (MRI), υπερηχογράφημα και ακτινογραφία ψηφιακής προβολής (digital projection radiography). Τα δεδομένα εικόνας και οι σχετικές πληροφορίες μεταδίδονται σε άλλες και πιθανώς απομακρυσμένες τοποθεσίες μέσω δικτύων, όπου μπορούν να εμφανίζονται σε πολλαπλούς σταθμούς εργασίας υπολογιστή, επιτρέποντας έτσι ταυτόχρονες προβολές και σχεδόν άμεση διάγνωση από ακτινολόγους εξ αποστάσεως.

Μετά από περισσότερα από 80 χρόνια αρχειοθέτησης ακτινολογικών δεδομένων σε φιλμ, επι του παρόντος στην Ακτινολογία η ψηφιακή αρχειοθέτηση κερδίζει όλο και περισσότερο έδαφος. Η ψηφιακή αρχειοθέτηση επιτρέπει σημαντική μείωση του κόστους και εξοικονόμηση χώρου, αλλά το πιο σημαντικό, καθιστά εφικτή την άμεση ή εξ αποστάσεως διακομιδή όλων των εξετάσεων και αναφορών ή διαγνώσεων στις κλινικές πτέρυγες του εκάστοτε νοσοκομείου. Το PACS μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ακτινολογικό αρχείο σύμφωνα με τη νομοθεσία υπό την συμμόρφωση με ορισμένες θεσμικές προδιαγραφές, όπως η χρήση οπτικών μέσων μακροχρόνιας αποθήκευσης ή με ηλεκτρονικό ίχνος (Digital Footprint). Το PACS αρχειοθετεί, σε ένα ιεραρχικό σύστημα, όλες τις ψηφιακές εικόνες που παράγονται από κάθε μέθοδο διαγνωστικής απεικόνισης που είναι συνδεδεμένη με αυτό.

Το PACS είναι συνώνυμο της αντικατάστασης του παραδοσιακού φωτογραφικού φιλμ μέσω τεχνολογιών που επικοινωνούν και αποθηκεύουν εικόνες αποκλειστικά σε ψηφιακή μορφή. Η ψηφιακή μαζική αποθήκευση έχει αντικαταστήσει τις αρχειοθήκες φιλμ και έχει συνδεθεί με όλες τις πηγές ψηφιακής ιατρικής απεικόνισης μέσω ενός δικτύου επικοινωνίας δεδομένων.

Σημαντικότερα, το PACS έχει εισαγάγει επίσης μία νέα μεθοδολογία αξιολόγησης της εικόνας, τον σταθμό εργασίας διαγνωστικών εικόνων, όπου οι εικόνες εμφανίζονται σε ηλεκτρονικές οθόνες. Επιπλέον, μια ποικιλία λειτουργιών υποστήριξης είναι διαθέσιμες για χειρισμό και επεξεργασία εικόνας. Η αντικατάσταση του διαφανοσκοπείου από έναν ψηφιακό σταθμό εργασίας έχει αναμφισβήτητα προκαλέσει δραματικές αλλαγές στην καθημερινότητα και τη ρουτίνα του ακτινολόγου.<sup>14</sup>

Τα δεδομένα που αποθηκεύει και μεταφέρει ένα σύστημα PACS, προστατεύονται και αρχειοθετούνται σε ψηφιακά μέσα, όπως οπτικοί δίσκοι (CDs/ DVDs) ή USB Flashdrives και μπορούν να ανακτηθούν αυτόματα εάν αυτό είναι απαραίτητο. Η στενή ενοποίηση με το σύστημα πληροφοριών νοσοκομείου (hospital information systems, HIS) και συγκεκριμένα με το σύστημα πληροφοριών ακτινολογίας (RIS) είναι κρίσιμης σημασίας για τη λειτουργικότητα του συστήματος, όπως θα αναλυθεί παρακάτω. Τα συστήματα διαχείρισης ιατρικών εικόνων ωριμάζουν, παρέχοντας έτσι πρόσβαση εκτός του ακτινολογικού τμήματος σε εικόνες σε όλο το νοσοκομείο μέσω δικτύωσης Ethernet. Η πρόσβαση αυτή μπορεί να είναι εφικτή ακόμη και σε διαφορετικά νοσοκομεία ή από έναν 'οικιακό' σταθμό εργασίας, εάν έχει εφαρμοστεί η τηλεακτινολογία.<sup>7</sup>

Οι εικόνες και τα δεδομένα ασθενών μπορούν να ανακτηθούν και να χρησιμοποιηθούν για διάγνωση ή εξ αποστάσεως διάγνωση από τον ακτινολόγο που απαιτεί εικόνες και αναφορές προηγούμενων ακτινολογικών εξετάσεων ή από τον παραπέμποντα θεράποντα ιατρό. Τα σύγχρονα PACS χάρη στον διακομιστή WEB επιτρέπουν την απομακρυσμένη πρόσβαση σε εξαιρετικά απλουστευμένες εικόνες και δεδομένα, διασφαλίζοντας ωστόσο τους δέοντες κανονισμούς και προστασίες πρόσβασης (Health Insurance Portability and Accountability Act- HIPAA) . Δεδομένου ότι το PACS επιτρέπει την απλούστερη επικοινωνία δεδομένων εντός του νοσοκομείου, η ασφάλεια και το απόρρητο των ασθενών θα πρέπει να προστατεύονται κατάλληλα.

Ένα ασφαλές και αξιόπιστο PACS πρέπει να μπορεί να ελαχιστοποιεί τον κίνδυνο τυχαίας καταστροφής δεδομένων και να αποτρέπει την μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση στο αρχείο με

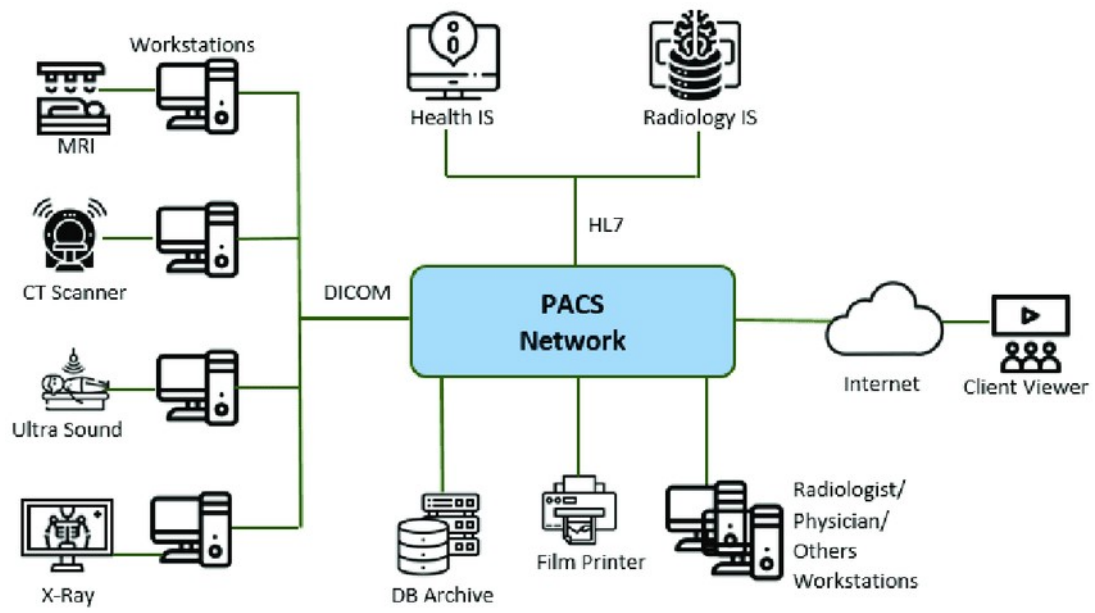
επαρκή μέτρα ασφαλείας σε σχέση με τις αποκτηθείσες γνώσεις και με βάση τις τεχνολογικές εξελίξεις.

Η αρχειοθέτηση δεδομένων που παράγονται από τη σύγχρονη ψηφιακή απεικόνιση είναι ένα πρόβλημα που συναντάται πλέον ακόμα και σε μικρά Ακτινολογικά διαγνωστικά κέντρα. Η τεχνολογία είναι σε θέση να λύσει εύκολα προβλήματα που ήταν εξαιρετικά περίπλοκα μέχρι πριν από μερικά χρόνια, όπως η σύνδεση μεταξύ εξοπλισμού και συστήματος αρχειοθέτησης, χάρη και στην καθολικότητα του προτύπου DICOM 3.0.

Η εξέλιξη των δικτύων επικοινωνίας και η χρήση ειδικών πρωτοκόλλων είναι σε θέση να ελαχιστοποιήσει τα προβλήματα της απομακρυσμένης μετάδοσης δεδομένων και εικόνων εντός της επιχείρησης υγειονομικής περίθαλψης καθώς και στην επικράτεια. Ωστόσο, εμφανίζονται νέα προβλήματα, όπως αυτά των προφίλ ασφάλειας ψηφιακών δεδομένων και των διαφορετικών συστημάτων που θα πρέπει να τη διασφαλίσουν. Μεταξύ αυτών πρέπει να αναφερθούν αλγόριθμοι ηλεκτρονικής υπογραφής, ως μέσο αντιμετώπισης των νεοφανών προκλήσεων<sup>17</sup>.

Όσον αφορά την κάθε αυτή λειτουργία του PACS, μόλις ολοκληρωθεί η λήψη μια εξέτασης, η αποθήκευση και η μετάδοση της εικόνας, η επόμενη βασική λειτουργία του PACS είναι η εμφάνιση εικόνας. Οι γενικά κοινές λειτουργίες και τα απαιτούμενα βασικά εργαλεία χειρισμού εικόνας επιτρέπουν σε έναν ακτινολόγο να κάθεται σε οποιονδήποτε σταθμό εργασίας PACS, μερικές φορές με λίγη ή καθόλου πρόσθετη εκπαίδευση, για να ξεκινήσει το έργο της ερμηνείας εικόνας. Χρήσιμα βασικά εργαλεία επεξεργασίας εικόνας και σχολιασμού όπως το επίπεδο παραθύρου, η μέτρηση και ο σχολιασμός και η περιοχή ενδιαφέροντος υπάρχουν σε όλα τα σύγχρονα PACS, παρά τις διαφορετικές υλοποιήσεις. Όταν αυτά τα βασικά απαιτούμενα χαρακτηριστικά συγκρίνονται μεταξύ των προμηθευτών, μπορεί να είναι δύσκολο βρεθούν ουσιαστικές διαφοροποιήσεις. Οι καταναλωτές επωφελούνται με το να μπορούν να αναμένουν παρόμοιες λειτουργίες μεταξύ των προμηθευτών και να επικεντρώνονται στην επιλογή των υλοποιήσεων και των ροών εργασίας που ταιριάζουν καλύτερα στο περιβάλλον τους<sup>59</sup>





Εικόνα 1: Αρχιτεκτονική ενός PACS σε νοσοκομείο

## 1.2 Ιστορική Αναδρομή

Η έννοια της επικοινωνίας ψηφιακής εικόνας και της ψηφιακής ακτινολογίας εισήχθη στα τέλη της δεκαετίας του 1970 και στις αρχές της δεκαετίας του 1980. Ο Καθηγητής Heinz U. Lemke καθιέρωσε την έννοια της επικοινωνίας και εμφάνισης ψηφιακής εικόνας στην αρχική του εργασία το 1979<sup>1</sup>. Την ίδια χρονιά, σε ένα Συνέδριο για την Ψηφιακή Ακτινογραφία που πραγματοποιήθηκε στο Ιατρικό Κέντρο του Πανεπιστημίου του Στάνφορντ (Stanford University Medical Center), ο Δρ. M. Paul Carr εισήγαγε την ιδέα του «Φωτοηλεκτρονικού Ακτινολογικού Τμήματος» (“Photoelectronic Radiology Department”)<sup>3</sup>.

Ωστόσο, η ωριμότητα της τεχνολογίας υστερούσε και αυτές οι έννοιες άρχισαν να αναγνωρίζονται μόλις μετά το Πρώτο Διεθνές Συνέδριο και Εργαστήριο για τα Συστήματα Αρχαιοθέτησης και Επικοινωνίας Εικόνων (PACS) που πραγματοποιήθηκε στην Καλιφόρνια το 1982<sup>2</sup>. Κατά τη διάρκεια αυτής της συνάντησης, επινοήθηκε ο όρος «PACS- Picture Archiving and Communication System».

Στην Ευρώπη, το EuroPACS (Συστήματα Αρχαιοθέτησης Εικόνων και Επικοινωνίας στην Ευρώπη) πραγματοποιεί ετήσιες συνεδριάσεις από το 1983 και παραμένει η κινητήρια δύναμη για την ευρωπαϊκή ανταλλαγή πληροφοριών PACS<sup>1</sup>.

Αν και οι εφαρμογές του PACS γνώρισαν μια αργή εξάπλωση στην Ευρώπη, πολλές σημαντικές συνεισφορές προέκυψαν από αυτές τις προσπάθειες έρευνας και ανάπτυξής του. Στις περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες, το PACS αναγνωρίζεται πλέον ως βασική υποδομή για επικοινωνία εντός των νοσοκομείων. Σε μια σειρά από χώρες, π.χ. Η Σουηδία, η Νορβηγία, η Γαλλία, η Ιταλία, η Αυστρία και η Γερμανία, τα διανοσοκομεικά συστήματα και οι συνδέσεις με άλλα ιδρύματα υγειονομικής περίθαλψης θεωρούνται ως μια φυσική επέκταση του PACS για την υποστήριξη δραστηριοτήτων τηλεϊατρικής.<sup>1</sup>

Μια συνάντηση αφιερωμένη στο PACS που χορηγήθηκε από Ινστιτούτο Προηγμένων Μελετών (Advanced Study Institute, ASI) του NATO, ήταν το «PACS in Medicine», στη Γαλλία το 1990. Συμμετείχαν περίπου 100 επιστήμονες από περισσότερες από δεκαεπτά χώρες και τα πρακτικά του συνεδρίου συνόψισαν τις διεθνείς προσπάθειες στην έρευνα και ανάπτυξη του

PACS εκείνη την εποχή<sup>10</sup>. Αυτή η συνάντηση έπαιξε κεντρικό ρόλο στη διαμόρφωση ενός κρίσιμου έργου PACS: το Σύστημα Υποστήριξης Ιατρικής Διαγνωστικής Απεικόνισης (Medical Diagnostic Imaging Support System, MDIS) που χρηματοδοτήθηκε από τη Διοίκηση Ιατρικής Έρευνας και Υλικού του Στρατού των ΗΠΑ, η οποία είναι υπεύθυνη για μεγάλης κλίμακας στρατιωτικές εγκαταστάσεις PACS στις Ηνωμένες Πολιτείες.

Στα αρχικά του βήματα, ένα τυπικό PACS για μια μονάδα εντατικής θεραπείας αποτελούταν μόνο από έναν σαρωτή δίπλα στον κατασκευαστή φιλμ για ψηφιοποίηση ακτινογραφιών και ένα σύστημα επικοινωνίας για μετάδοση και παρακολούθηση βίντεο στη ΜΕΘ (Μονάδα Εντατικής Θεραπείας) και για λήψη / εμφάνιση εικόνων. Ένα τόσο απλό σύστημα εφαρμόστηκε στην πραγματικότητα από τον Δρ. Richard J. Steckel το 1972. Φυσικά, δεν ονομαζόταν ακόμα PACS αφού το όνομα δεν είχε επινοηθεί τότε<sup>6</sup>.

Με την ανάγκη για εξέλιξη στην Ιατρική και την ολοένα αυξανόμενη πρόοδο της τεχνολογίας, τα νοσοκομεία άρχισαν να προμηθεύονται με σαρωτή CT (Computed Tomography-Αξονικός Τομογράφος) ή MRI (Magnetic Resonance Imaging- Μαγνητικός Τομογράφος) συνδεδεμένο με μια συσκευή αποθήκευσης και έναν ή περισσότερους σταθμούς προβολής. Θα μπορούσε κανείς, φυσικά να αποκαλέσει το παραπάνω σύστημα ως ένα μικρό PACS. Αντίθετα όμως, η εφαρμογή ενός ολοκληρωμένου νοσοκομειακού ή εταιρικού PACS είναι ένα σημαντικό εγχείρημα που απαιτεί προσεκτικό σχεδιασμό και αποτελεί επένδυση πολλών χιλιάδων.

Οι ευρωπαϊκές ερευνητικές ομάδες έδωσαν έμφαση στη μοντελοποίηση και την προσομοίωση PACS, καθώς και στη διερεύνηση των στοιχείων επεξεργασίας εικόνας του PACS, ενώ στην Ασία, η Ιαπωνία ηγήθηκε της πρώιμης έρευνας και ανάπτυξης του PACS και το αντιμετώπισε ως εθνικό έργο<sup>9,11</sup>. Στην Ιαπωνία, στο διάστημα των 20 ετών από το 1982 έως το 2002 εγκαταστάθηκαν συνολικά περισσότερες από 1400 μονάδες PACS.<sup>9</sup>

Το PACS παρέμεινε ως λειτουργία ακτινολογικού τμήματος μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 1990. Το πρώτο Hi-PACS, (Hospital-Integrated PACS, ενσωματωμένο σε νοσοκομείο PACS) αναπτύχθηκε στο UCSF (Πανεπιστήμιο της Καλιφόρνια, Σαν Φρανσίσκο) στα μέσα της δεκαετίας του 1990<sup>12,15</sup>. Το Hi-PACS χρησιμοποίησε το RIS ως κινητήριο δύναμη για να οδηγήσει τη ροή εργασίας του PACS στο νοσοκομειακό περιβάλλον. Αυτή η ιδέα απεδείχθη

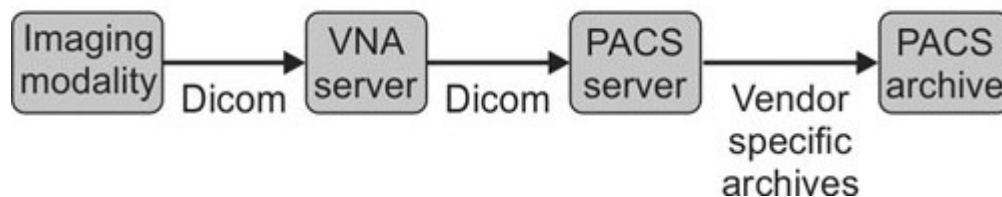
καταλυτική για την μελλοντική ανάπτυξη και εφαρμογές PACS στην Απεικονιστική Πληροφορική<sup>16</sup>.

### 1.3 VNA

Η αναφορά σε PACS είναι αδύνατη δίχως την ανάλυση του VNA. Το VNA (vendor neutral archive, αρχείο ουδέτερου προμηθευτή) είναι μια συλλογή εφαρμογών λογισμικού που χειρίζεται τα δεδομένα που προέρχονται από το σύστημα ενός προμηθευτή, σε υψηλή ταχύτητα. Τοποθετείται μεταξύ της απεικονιστικής μεθόδου (modality) και του PACS. Τα δεδομένα τροφοδοτούνται στο VNA απευθείας από τη μέθοδο απεικόνισης. Στη συνέχεια, το VNA τα προωθεί στο PACS, μαζί με τα προϊόντα της δικής του επεξεργασίας. Το VNA αποθηκεύει τα δεδομένα προβολής ιατρικών εικόνων και την αρχική, ανεπεξέργαστη εικόνα σε μορφή DICOM<sup>77</sup>. Αποπλέκει, έτσι το σύστημα PACS και τους σταθμούς εργασίας μεταξύ τους, σε ότι αφορά τα ζητήματα της αρχειοθέτησης.

Η ιδέα του VNA έχει τις ρίζες της στην ανάγκη των κατόχων PACS να έχουν μεγαλύτερο έλεγχο των δεδομένων εικόνας τους, να αποφεύγουν το "κλείδωμα" και την εξάρτηση από έναν συγκεκριμένο προμηθευτή και να διευκολύνουν την ανάπτυξη νέων εφαρμογών απεικόνισης. Αυτό επεκτάθηκε όταν οι εφαρμογές άλλων προμηθευτών για ιατρική απεικόνιση δημιούργησαν έναν αυξανόμενο αριθμό αποκλειστικών λύσεων, καθεμία από τις οποίες απαιτούσε μοναδικές γλώσσες επικοινωνίας, λύσεις αποθήκευσης και αναβάθμιση σε διακομιδή.

Αυτές οι πολυπλοκότητες ανάγκασαν τις εταιρείες παραγωγής PACS να αναζητήσουν ενιαίες συνολικές λύσεις αρχειοθέτησης και ανάκτησης δεδομένων και να αναπτύξουν τεχνικές για τον καλύτερο έλεγχο των προβλέψιμων μετακινήσεων των αποθηκευμένων δεδομένων στα σχήματα των μελλοντικών συστημάτων τους. Αυτός ο τύπος λύσης επιτρέπει την αναβάθμιση ενός στοιχείου του συστήματος όπως, παραδείγματος χάρη, την εφαρμογή προβολής ιατρικής εικόνας, χωρίς να χρειάζεται μια μεγάλη και δαπανηρή διαδικασία μετεγκατάστασης δεδομένων. Επιπλέον, η ενσωμάτωση μιας τέτοιας λύσης στο ηλεκτρονικό ιατρικό αρχείο (EMR-Electronic Medical Record) δημιούργησε ένα αξιόπιστο αρχείο ασθενούς, επιτρέποντας ορισμένες σύγχρονες λειτουργίες που αφορούν συγκεκριμένες εφαρμογές ιατρικής<sup>76</sup>.



**Εικόνα 2:** Τρόπος λειτουργίας του σύγχρονου VNA <sup>94</sup>

Το Αρχείο Ουδέτερου Προμηθευτή (VNA) αναδεικνύει ένα σημαντικό εργαλείο για την απομόνωση συστημάτων παρουσίασης και αποθήκευσης εικόνων, επιτρέποντας την ταχεία ανάπτυξη των πλατφορμών. Επιπλέον, λειτουργεί ως ένας κεντρικός χώρος αποθήκευσης δεδομένων εικόνων υγειονομικής περίθαλψης σε ολόκληρο τον οργανισμό.

Έχουν γίνει συστηματικές προσπάθειες για την ενσωμάτωση διαγνωστικών τομέων όπως η ακτινογραφία και η παθολογία, προκειμένου να καλυφθούν οι ανάγκες και οι απαιτήσεις της στοχευμένης θεραπείας. Οι πρόσφατες εξελίξεις στην τεχνολογία αναγνώρισης ιατρικών αντικειμένων με τη χρήση υπολογιστών ενδέχεται να επηρεάσουν σημαντικά το περιβάλλον των υπηρεσιών ασθενών και να προσφέρουν νέες δυνατότητες και ευκαιρίες για προηγμένη ιατρική περίθαλψη.<sup>75</sup>

Αν λοιπόν, στο Ακτινολογικό Τμήμα ενός Νοσοκομείου υπάρχει ένας Αξονικός Τομογράφος της εταιρείας Siemens, ένας Μαγνητικός Τομογράφος της εταιρείας Philips, δύο ακτινολογικά συστήματα Siemens και πέντε συστήματα υπερήχων των εταιρειών Philips, Samsung και General Electric, το ενσωματωμένο στο PACS σύστημα VNA εξασφαλίζει πως τα δεδομένα και οι εικόνες από όλα τα παραπάνω θα αναγνωστούν με ακρίβεια.

Ωστόσο, υπάρχουν ορισμένα ζητήματα που σχετίζονται με το VNA. Για παράδειγμα, ο ορισμός των προτύπων, των χαρακτηριστικών, των προδιαγραφών, της ουδετερότητας, της διαλειτουργικότητας και της συμμόρφωσης με τα ανοικτά πρότυπα και το κόστος VNA είναι μερικοί από τους βασικούς παράγοντες που θα μπορούσαν να αποτελέσουν σημαντικά εμπόδια στην υιοθέτηση και εφαρμογή του. Ως εκ τούτου, υποστηρίζεται ότι η αντιμετώπιση των βασικών θεμάτων όπως ο χρόνος, το κόστος και η τεχνογνωσία είναι απαραίτητη πριν η τεχνολογία VNA υιοθετηθεί πλήρως σε ένα σύστημα PACS<sup>73</sup>.

## 1.4 Διάφορα Είδη PACS

Ένα PACS μπορεί ανά πάσα στιγμή να 'ζητήσει' όλες τις χειρουργικές ή παθολογικές διαγνώσεις ενός ασθενή. Πρέπει λοιπόν να έχει τη δυνατότητα να ανατρέξει γρήγορα στα αρχεία ασθενών για την έγκαιρη πρόσβαση σε κρίσιμες κλινικές πληροφορίες σε έναν ιατρικό οργανισμό.<sup>49,54</sup>

Ένας βασικός παράγοντας για την πλήρη αξιοποίηση των πλεονεκτημάτων του PACS είναι η ενσωμάτωσή του με άλλα συστήματα και ροές εργασιών που υπάρχουν ήδη σε ένα νοσοκομείο. Οι πρόσφατες πρωτοβουλίες όπως το Integrating Healthcare Enterprise (IHE) τονίζουν την πτυχή ολοκλήρωσης της εφαρμογής του PACS<sup>38</sup>

Στα τμήματα Ακτινολογίας, η ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ των ιδρυμάτων εξακολουθεί να αποτελεί πρόκληση, παρά την ευρεία υιοθέτηση του προτύπου DICOM. Πολύ συχνά η κοινότητα βασίζεται σε απλά, αλλά αναποτελεσματικά μέσα κοινής χρήσης δεδομένων, όπως η εγγραφή CD και η αποστολή τους μέσω ταχυδρομείου. Αυτό οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στην έλλειψη γρήγορων και ασφαλών μηχανισμών που υποστηρίζουν τη διαδραστική πρόσβαση σε βάσεις δεδομένων από απομακρυσμένους χρήστες, που βρίσκονται εκτός των «τοιχών ασφαλείας» του κάθε Νοσοκομείου.

Η λύση σε αυτό το πρόβλημα, απαντήθηκε με ένα σύγχρονο μηχανισμό για τυποποιημένη, αποτελεσματική και ασφαλή πρόσβαση σε γεωγραφικά κατανεμημένους πόρους δεδομένων απεικόνισης με το όνομα Virtual PACS<sup>68</sup>. Το Virtual PACS συνενώνει πολλαπλές απομακρυσμένες πηγές δεδομένων και τις παρουσιάζει σε τερματικούς σταθμούς ανάγνωσης DICOM ως ενιαίο εικονικό μέσο. Οι πηγές δεδομένων μπορεί να είναι εγγενείς (όπως διακομιστές DICOM PACS), καθώς και μη εγγενείς (δηλαδή πηγές αντικειμένων DICOM που δεν υποστηρίζουν μηνύματα DICOM και ενδέχεται να αποθηκεύουν εικόνες σε δίσκο ή σε βάσεις δεδομένων). Αυτή η ενοποίηση αρχείων PACS που εξυπηρετεί συνεργατικά εφεδρικά αρχεία το ένα μετά το άλλο, μπορεί να ληφθεί αποτελεσματικά χρησιμοποιώντας την τεχνολογία GRID κατά την οποία, μόνο ένα μικρό ποσοστό των πόρων του PACS απαιτείται από κάθε διαδοχικό μέλος.

Το GRID έχει αναδειχθεί ως μία ιδιαίτερα αποτελεσματική λύση στην αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων. Χρησιμοποιώντας λογισμικό με δυνατότητα GRID, οι επιχειρήσεις υγειονομικής περίθαλψης μπορούν να μοιράζονται γεωγραφικά διασκορπισμένους πόρους, συμπεριλαμβανομένων λογισμικού, εφαρμογών και πλατφορμών αποθήκευσης και επεξεργασίας δεδομένων. Οι δυνατότητες του GRID computing για τη δημιουργία οφελών υγειονομικής περίθαλψης είναι τεράστιες καθώς έχει χαρακτηριστεί στη βιβλιογραφία ως «ένα περιβάλλον που διευκολύνει την ευέλικτη, ασφαλή, συντονισμένη κοινή χρήση δεδομένων μεταξύ ατόμων, ιδρυμάτων και πηγών», και οι εφαρμογές του περιλαμβάνουν υπηρεσίες τηλεακτινολογίας, κατανεμημένη και εξ αποστάσεως επεξεργασία και ανάλυση εικόνας, διασφάλιση ποιότητας και έρευνα και εξόρυξη κλινικών δεδομένων.<sup>70</sup>

Η υιοθέτηση τεχνολογιών «ελεύθερου κώδικα» όπως το PACS στην ιατρική, είναι μια σημαντική εξέλιξη στην τεχνολογία της απεικόνισης. Από την πλευρά των χρηστών, το PACS ανοιχτού κώδικα είναι πιο ελκυστικό κυρίως είναι δωρεάν, το οποίο είναι το πιο σημαντικό ζήτημα για πολλούς χρήστες PACS, ειδικά σε αναπτυσσόμενες χώρες με περιορισμένους πόρους, μικρούς οργανισμούς και ερευνητικά ιδρύματα. Ωστόσο, τα ευρήματά μας δείχνουν ότι τέτοιας αρχιτεκτονικής PACS έχουν πολλούς περιορισμούς, όπως προβλήματα στη ροή εργασιών (π.χ. δρομολόγηση και διαγνώσεις), περιορισμούς αποθήκευσης δεδομένων, προβλήματα επεξεργασίας και μετεγκατάστασης και ανησυχίες περί θεμάτων ασφαλείας.

Αυτά τα ευρήματα μπορεί να υποδηλώνουν ότι οι χρήστες του PACS αυτού, δεν θα πρέπει να αναμένουν το ίδιο επίπεδο λειτουργικότητας, ευκολίας χρήσης και εφαρμογών συγκριτικά με αυτό που παρέχεται από έναν εμπορικό προμηθευτή που έχει αναπτύξει ένα ολοκληρωμένο σύστημα PACS. Ωστόσο, η λειτουργικότητα του PACS ανοιχτού κώδικα βελτιώνεται με την προσθήκη νέων εφαρμογών και λειτουργιών και περισσότερα PACS ανοιχτού κώδικα είναι διαθέσιμα και χρησιμοποιούνται<sup>74</sup>. Εντούτοις, η υιοθέτηση του PACS ανοιχτού κώδικα θα μπορούσε να αναπαριστά πρόκληση λόγω του υψηλότερου κόστους που σχετίζεται με την εγκατάσταση, τη συντήρηση και την εκπαίδευση, καθώς και λόγω περιοριστικών λειτουργιών, όπως μικρής χωρητικότητας αποθήκευσης και μετρήσεων<sup>72</sup>. Οι χρήστες PACS, επομένως, πρέπει να λάβουν υπόψη τις ευκαιρίες και τους περιορισμούς τόσο του PACS ανοιχτού κώδικα όσο και του εμπορικού PACS που βασίζεται σε προμηθευτές.<sup>71,78</sup>



## 2. Οι Γλώσσες που αναγνωρίζει το PACS

### 2.1 Εισαγωγή

Το DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) και η HL7 (Health Level Seven) είναι πρότυπα στην πληροφορική της υγειονομικής περίθαλψης που διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στη διαλειτουργικότητα και την επικοινωνία ιατρικών πληροφοριών, ιδιαίτερα στο πλαίσιο των Συστημάτων Αρχαιοθέτησης και Επικοινωνίας εικόνων (PACS).

Και τα δύο πρότυπα συμβάλλουν στην εξασφάλιση της ομαλής λειτουργίας του συστήματος υγείας, προσφέροντας αξιόπιστη ανταλλαγή πληροφοριών και την ασφαλή αποθήκευση και παρουσίαση των ιατρικών δεδομένων<sup>35,36</sup>.

### 2.2 DICOM

Το DICOM σημαίνει Digital Imaging and Communications in Medicine και αντιπροσωπεύει χρόνια προσπάθεια για τη δημιουργία του πιο καθολικού και θεμελιώδους προτύπου στην ψηφιακή ιατρική απεικόνιση. Ως εκ τούτου, παρέχει όλα τα απαραίτητα εργαλεία για τη διαγνωστικά ακριβή αναπαράσταση και επεξεργασία δεδομένων ιατρικής απεικόνισης. Επιπλέον, σε αντίθεση με τη δημοφιλή πεποίθηση, το DICOM δεν είναι απλώς μια μορφή εικόνας ή αρχείου. Είναι ένα ολοκληρωμένο πρωτόκολλο μεταφοράς, αποθήκευσης και εμφάνισης δεδομένων που έχει κατασκευαστεί και σχεδιαστεί για να καλύπτει όλες τις λειτουργικές πτυχές της ψηφιακής ιατρικής απεικόνισης. Για το λόγο αυτό, το DICOM θεωρείται από πολλούς ως ένα σύνολο προτύπων και όχι ως ένα ενιαίο πρότυπο. Χωρίς αμφιβολία, το DICOM διέπει πραγματικά την πρακτική ψηφιακή ιατρική.

Οι στόχοι του DICOM είναι να επιτύχει συμβατότητα και να βελτιώσει την αποτελεσματικότητα της ροής εργασίας μεταξύ συστημάτων απεικόνισης και άλλων συστημάτων πληροφοριών στην υγειονομική περίθαλψη<sup>7</sup>. Κάθε μεγάλος προμηθευτής διαγνωστικής ιατρικής απεικόνισης στον κόσμο έχει ενσωματώσει κάποια μορφή του προτύπου DICOM στο σχεδιασμό των προϊόντων του και οι περισσότερες επαγγελματικές εταιρείες σε όλο τον κόσμο έχουν υποστηρίξει και συμμετέχουν στη βελτίωση του προτύπου. Το πρότυπο DICOM είναι

δομημένο ως έγγραφο πολλαπλών μερών, έτσι ώστε συγκεκριμένα μέρη να μπορούν να επεκταθούν και να τροποποιηθούν χωρίς να χρειάζεται να ξαναγραφεί ολόκληρο το πρότυπο.

Αυτή η πολυμερής προσέγγιση, μπορεί να κάνει τη χρήση και την ερμηνεία του προτύπου δυσνόητη. Οι ειδικοί που καθημερινά χρησιμοποιούν ιατρικές εικόνες και δεδομένα, πρέπει να βασίζονται σε κάποιον που 'καταλαβαίνει' το DICOM και είναι σε θέση να το διαχειριστεί κατάλληλα. Συνήθως, θεωρείται ότι το προσωπικό τεχνολογίας πληροφοριών, ο κατασκευαστής του αρχικού εξοπλισμού ή το προσωπικό ακτινολογίας κατανοούν το DICOM.<sup>5</sup>

Η σχετική έλλειψη γνώσεων επί αυτού από μεγάλο μέρος του τεχνικού προσωπικού παραδόξως αποδεικνύει την αξιοπιστία και τη συνέπεια των εν λόγω πρωτοκόλλων αλλά και την πιστή τήρησή τους από τους προμηθευτές των συστημάτων που τα χρησιμοποιούν. Με άλλα λόγια, η μεγαλύτερη μερίδα του τεχνικού προσωπικού δεν αναλώνεται στην σχολαστική εκμάθηση αυτής της πτυχής των τεχνολογιών καθώς δε θα κληθεί πρακτικά ποτέ να επέμβει στη λειτουργία της προς επιδιόρθωση κάποιου σφάλματος.

Παρά το γεγονός πως οι έννοιες PACS και DICOM έχουν αναφερθεί και νωρίτερα στην παρούσα εργασία, παραμένουν όροι κεντρικού ενδιαφέροντος, ενώ υψίστης σημασίας είναι και η κατανόηση της αλληλένδετης λειτουργίας τους. Για το λόγο αυτό και πρωτού γίνει επέκταση σε πιο σύνθετες έννοιες, επιχειρείται στο παρόν σημείο η εκ νέου σύντομη παρουσίασή τους με χρήση αναδιατυπωμένων ορισμών, υπό διαφορετική οπτική:

DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine):

Σκοπός: Το DICOM είναι ένα πρότυπο για τη μετάδοση, αποθήκευση και κοινή χρήση ιατρικών εικόνων. Εξασφαλίζει τη διαλειτουργικότητα του ιατρικού εξοπλισμού απεικόνισης διαφορετικών κατασκευαστών.

Βασικά χαρακτηριστικά:

- **Μορφή εικόνας**: Το DICOM ορίζει μια τυποποιημένη μορφή για ιατρικές εικόνες, συμπεριλαμβανομένων μεταδεδομένων (metadata) όπως πληροφορίες ασθενούς, παραμέτρους απεικόνισης και άλλα.

- Πρωτόκολλο επικοινωνίας: Το DICOM περιλαμβάνει ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας για την ανταλλαγή εικόνων και σχετικών πληροφοριών μεταξύ συσκευών όπως μηχανήματα ακτινολογίας, PACS και σταθμούς εργασίας.

Κατηγορίες υπηρεσιών: Το DICOM ορίζει διάφορες κατηγορίες υπηρεσιών για διαφορετικούς τύπους λειτουργιών, όπως αποθήκευση, αναζήτηση, ανάκτηση, εκτύπωση κ.λπ. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η DICOM είναι μια βασική "γλώσσα" κατανοητή από το PACS για την τυποποίηση ιατρικών εικόνων.

Τα PACS σχετίζονται άμεσα με το DICOM. Η λειτουργικότητά τους βασίζεται στο DICOM, γεγονός που διασφαλίζει τη διαλειτουργικότητά τους. Για το λόγο αυτό, κάθε συσκευή ή λογισμικό PACS συνοδεύεται από τη δική της δήλωση συμμόρφωσης DICOM (DICOM Conformance Statement), που αποτελεί ένα πολύ σημαντικό έγγραφο που εξηγεί τον βαθμό στον οποίο η συσκευή υποστηρίζει το πρότυπο DICOM. Στην ουσία, το PACS δίνει ουσία στο πρότυπο DICOM. Δύσκολα μπορεί κανείς να φανταστεί τη σύγχρονη ψηφιακή ιατρική χωρίς DICOM και PACS.

Το πρότυπο DICOM διαδραματίζει αναπόσπαστο ρόλο στην εξέλιξη της ψηφιακής ιατρικής, διασφαλίζοντας τα υψηλότερα διαγνωστικά πρότυπα και την καλύτερη απόδοση. Το DICOM έχει πραγματικά διαμορφώσει το τοπίο της σύγχρονης ιατρικής παρέχοντας<sup>4</sup>:

1. Ένα καθολικό πρότυπο ψηφιακής ιατρικής. Όλες οι τρέχουσες, ψηφιακές συσκευές λήψης εικόνας παράγουν εικόνες DICOM και επικοινωνούν μέσω δικτύων DICOM. Η τρέχουσα ροή ιατρικών εργασιών ελέγχεται σιωπηρά από πολλούς κανόνες DICOM για διασφάλιση ποιότητας.

2. Εξαιρετική ποιότητα εικόνας. Για παράδειγμα, το DICOM υποστηρίζει έως και 65.536 (16 bit) αποχρώσεις του γκρι για μονόχρωμη εμφάνιση εικόνων, αποτυπώνοντας έτσι τις παραμικρές αποχρώσεις στην ιατρική απεικόνιση. Συγκριτικά, η μετατροπή εικόνων DICOM σε JPEG ή bitmaps (BMP), που περιορίζονται πάντα σε 256 αποχρώσεις του γκρι, τις καθιστά συχνά μη πρακτικές για διαγνωστική ανάγνωση. Το DICOM εκμεταλλεύεται τις πιο σύγχρονες και

προηγμένες τεχνικές αναπαράστασης ψηφιακής εικόνας για να παρέχει τη μέγιστη διαγνωστική ποιότητα εικόνας.

3. Πλήρης υποστήριξη για πολλές παραμέτρους λήψης εικόνας και διαφορετικούς τύπους δεδομένων. Το DICOM όχι μόνο αποθηκεύει τις εικόνες, αλλά καταγράφει επίσης ένα πλήθος άλλων παραμέτρων που σχετίζονται με την εικόνα, όπως η θέση του ασθενούς στο χώρο των τριών διαστάσεων, τα φυσικά μεγέθη των αντικειμένων στην εικόνα, το πάχος της τομής, οι παραμέτρους έκθεσης εικόνας κ.λπ. Αυτά τα δεδομένα εμπλουτίζουν στον υπερθετικό βαθμό το πληροφοριακό περιεχόμενο των εικόνων και διευκολύνουν την επεξεργασία και την ερμηνεία των δεδομένων εικόνας με διάφορους τρόπους (για παράδειγμα, δημιουργία τρισδιάστατων εικόνων από διάφορες ακολουθίες δισδιάστατων τομών CT).

4. Πλήρης κωδικοποίηση ιατρικών δεδομένων. Τα αρχεία και τα μηνύματα DICOM χρησιμοποιούν περισσότερα από 2000 τυποποιημένα χαρακτηριστικά (λεξικό δεδομένων DICOM) για να μεταφέρουν διάφορα ιατρικά δεδομένα από το όνομα του ασθενούς στο βάθος χρώματος της εικόνας, μέχρι την τρέχουσα διάγνωση ασθενούς. Αυτά τα δεδομένα είναι συχνά απαραίτητα για ακριβή διάγνωση και καταγράφουν όλες τις πτυχές της τρέχουσας ακτινολογίας.

5. Σαφήνεια στην περιγραφή των συσκευών ψηφιακής απεικόνισης και της λειτουργικότητάς τους - η ραχοκοκαλιά κάθε έργου ιατρικής απεικόνισης. Το DICOM ορίζει τη λειτουργικότητα των ιατροτεχνολογικών προϊόντων με πολύ ακριβείς και ανεξάρτητους από τη συσκευή όρους. Η εργασία με ιατρικές συσκευές μέσω των διασυνδέσεών τους DICOM γίνεται μια πολύ απλή διαδικασία, αφήνοντας λίγα περιθώρια για σφάλματα.

Από τεχνικής πλευράς, υπάρχουν λίγες μόνο διαφορές μεταξύ της αρχειοθέτησης ως DICOM και VNA, παρόλο που και οι δύο πληρούν τις βασικές ανάγκες αποθήκευσης.

Αρχικά, το VNA είναι σε θέση να εκτελεί «διαχείριση περιβάλλοντος». Αυτός ο όρος υποδηλώνει την ικανότητα των VNA να παρουσιάζουν δεδομένα σε μορφή διαφορετική από την αρχική αποθηκευμένη μορφή, αναλόγως των ιδιοτήτων της προκειμένου κατάστασης (παραμετροί ασθενούς, modality, κ.α.) Επίσης, το αρχείο DICOM δεν διασυνδέεται με το RIS

ή/και το HIS, ενώ το VNA μπορεί να διασυνδεθεί με το RIS ή/και το HIS. Τέλος, το αρχείο DICOM αποθηκεύει μόνο αντικείμενα DICOM, ενώ το VNA αποθηκεύει αντικείμενα DICOM καθώς και αντικείμενα εκτός DICOM, όπως αρχεία .PDF και σαρωμένα έγγραφα<sup>77</sup>.

### 2.3 HL7 (Health Level 7)

Η HL7 (Health Level 7) δημιουργήθηκε για την ανάπτυξη προτύπων επικοινωνίας μεταξύ πληροφοριακών συστημάτων υγείας. Τα πληροφοριακά συστήματα υγείας συχνά λειτουργούν με διαφορετικούς τρόπους και χρησιμοποιούν διαφορετικά πρωτόκολλα επικοινωνίας, κάτι που δημιουργεί προβλήματα στην ανταλλαγή πληροφοριών. Η HL7 αναπτύχθηκε για να διευκολύνει την ασφαλή και αποτελεσματική επικοινωνία μεταξύ των διάφορων πληροφοριακών συστημάτων υγείας, βελτιώνοντας την ανταλλαγή δεδομένων και την συνεργασία μεταξύ των επαγγελματιών της υγείας.

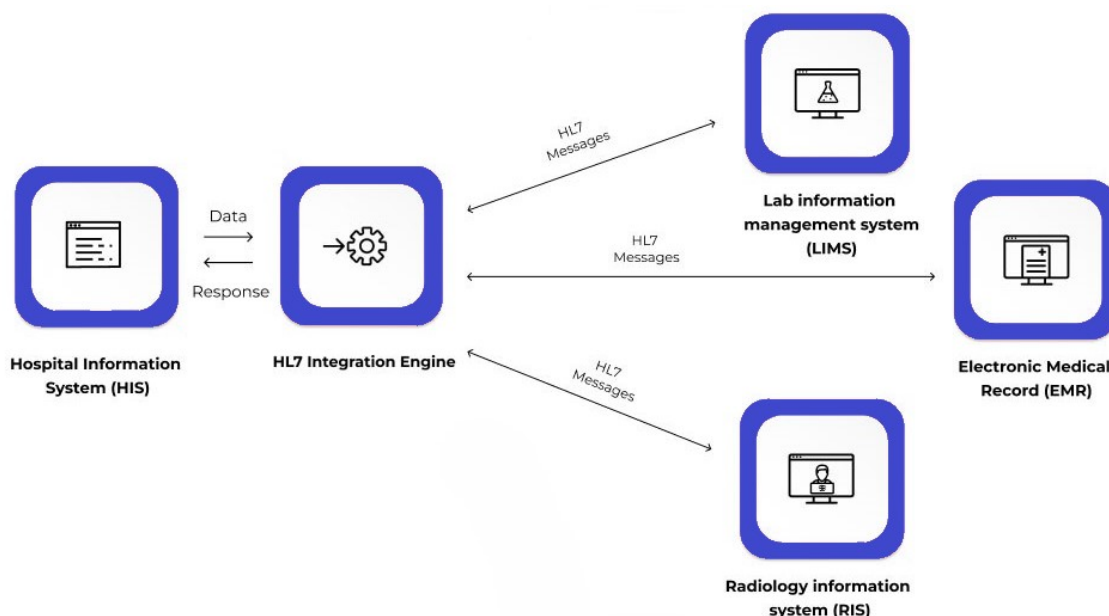
Σκοπός: Η HL7 είναι ένα σύνολο διεθνών προτύπων για την ανταλλαγή, την ενοποίηση, την κοινή χρήση και την ανάκτηση ηλεκτρονικών πληροφοριών υγείας.

#### Βασικά χαρακτηριστικά:

- Πρότυπα ανταλλαγής μηνυμάτων: Η HL7 χρησιμοποιεί μια σειρά προτύπων ανταλλαγής μηνυμάτων, όπως τα HL7 v2 και HL7 v3, για να διευκολύνει την επικοινωνία μεταξύ διαφορετικών συστημάτων πληροφοριών υγειονομικής περίθαλψης.
- Διαλειτουργικότητα: Η HL7 επιτρέπει τη διαλειτουργικότητα παρέχοντας ένα πλαίσιο για την ανταλλαγή κλινικών και διοικητικών δεδομένων.

Προφίλ ενσωμάτωσης: Η HL7 υποστηρίζει διάφορα προφίλ ενσωμάτωσης, συμπεριλαμβανομένων αυτών για ακτινολογία και απεικόνιση, για να διασφαλίσει την απρόσκοπτη επικοινωνία μεταξύ διαφορετικών συστημάτων υγειονομικής περίθαλψης. Τα συστήματα PACS συχνά ενσωματώνονται με συστήματα πληροφοριών νοσοκομείων (HIS) και

ηλεκτρονικά αρχεία υγείας (EHR) χρησιμοποιώντας πρότυπα HL7 για την ανταλλαγή δημογραφικών στοιχείων ασθενών, παραγγελιών και άλλων σχετικών πληροφοριών.



**Εικόνα 3:** Ενσωμάτωση της HL7 σε ένα νοσοκομείο

Γενικά, το Health Level 7 είναι ένα πρότυπο για την ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ ιατρικών εφαρμογών. Καθορίζει τη μορφή και το περιεχόμενο των μηνυμάτων που χρησιμοποιούν οι εφαρμογές κατά την ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ τους υπό διάφορες κλινικές ή διοικητικές συνθήκες. Προβλέπει «χαλαρά συζευγμένη» επικοινωνία μεταξύ ανεξάρτητων και ανόμοιων εφαρμογών, αντί για μια σχέση πελάτη/διακομιστή, για παράδειγμα, που αναφέρεται ως «στενώς συνδεδεμένη». Η HL7 δεν περιγράφει πώς μεταφέρονται τα δεδομένα από το ένα μέρος στο άλλο σε ένα δίκτυο — αυτό εξαρτάται από άλλα πρωτόκολλα στα χαμηλότερα επίπεδα. Το HL7 αποτελεί μια δομή προσανατολισμένη στα μηνύματα που έχει σχεδιαστεί για να διασφαλίζει ότι το νόημα των δεδομένων γίνεται αντιληπτό. Το HL7 είναι επίσης ένα πρωτόκολλο που βασίζεται σε συμβάντα. Αυτό σημαίνει ότι ένα συγκεκριμένο συμβάν προκαλεί την αποστολή μηνυμάτων. Για παράδειγμα, ένας ασθενής που εισάγεται στο νοσοκομείο είναι ένα γεγονός που προκαλεί τη ροή δεδομένων στο σύστημα σε όλους τους

τομείς που πρέπει να γνωρίζουν γι' αυτό. Αυτό είναι διαφορετικό από μια σχέση πελάτη/διακομιστή, όπου τα δεδομένα ρέουν κυρίως όταν το ζητήσει ένας πελάτης<sup>81</sup>.

Το Health Level 7 είναι μια τυπική αρχιτεκτονική ανάπτυξης για το σχεδιασμό και την ανάπτυξη πρωτοκόλλων επικοινωνίας επιπέδου εφαρμογής για απόκτηση, επεξεργασία και χειρισμό δεδομένων από διαφορετικά ιατρικά συστήματα. Εξετάζει τις αρχιτεκτονικές αλλαγές στο Σύστημα Πληροφοριών Νοσοκομείων (HIS), την τυποποίηση δεδομένων και την τυποποίηση μετάδοσης δεδομένων με σκοπό την ανταλλαγή και χρήση πληροφοριών μεταξύ διαφορετικών συστημάτων ή νοσοκομείων.<sup>82</sup>

## 2.4 Προφίλ ροής Εργασίας τύπου ΙΗΕ

Ακόμη και με τα διαθέσιμα πρότυπα DICOM και HL7, εξακολουθεί να υπάρχει ανάγκη κοινής συναίνεσης σχετικά με τον τρόπο χρήσης αυτών των προτύπων για την ομαλή ενσωμάτωση ετερογενών συστημάτων πληροφοριών υγειονομικής περίθαλψης.

Όπως είναι φυσικό, η υπέρβαση των περιορισμών της συνδεσιμότητας HIS/RIS/PACS απαιτεί πρωτόκολλα και κανόνες επικοινωνίας αποδεκτά από τον ιατρικό κλάδο. Για να διευκολυνθεί αυτό, αναπτύχθηκε η πρωτοβουλία Integrating the Health Care Enterprise (IHE). Ο στόχος του IHE είναι να παρέχει στους τελικούς χρήστες βελτιωμένη πρόσβαση σε κρίσιμες πληροφορίες για ασθενείς και κλινικές πληροφορίες σε όλα τα συστήματα εντός του δικτύου παροχής υγειονομικής περίθαλψης. Ενώ η πρωτοβουλία IHE άρχισε να διευκολύνει την πιο αποτελεσματική, προβλέψιμη και λειτουργική ολοκλήρωση μεταξύ διαφορετικών συστημάτων, οι πωλητές είχαν ακόμα τεχνολογικά εμπόδια να ξεπεράσουν. Η ενοποίηση συστημάτων εξακολουθεί να παρεμποδίζεται σημαντικά, όχι από τεχνολογικούς περιορισμούς, αλλά από επιχειρηματικά και πολιτικά ζητήματα. Ως απάντηση σε αυτές τις προκλήσεις, αρκετοί προμηθευτές προσφέρουν ενοποιημένες λύσεις RIS/PACS ή/και λύσεις HIS/RIS/PACS. Ωστόσο, τα ενοποιημένα συστήματα ενός προμηθευτή δεν είναι κατάλληλα για ανάπτυξη σε πολλούς οργανισμούς υγειονομικής περίθαλψης ή δεν είναι απαραίτητα ή δε αποτελούν πανάκεια.<sup>40</sup>

Το IHE (Intergrating of Healthcare Enterprises ) δεν είναι πρότυπο ούτε αρχή πιστοποίησης, αντιθέτως είναι ένα μοντέλο πληροφόρησης υψηλού, αφαιρετικού επιπέδου για την καθοδήγηση της υιοθέτησης των προτύπων HL7 και DICOM. Το IHE είναι μια κοινή πρωτοβουλία του RSNA (Ραδιολογική Ένωση Βορείου Αμερικής, Radiological Society of North America) και της HIMSS (Ένωση Πληροφοριών Υγειονομικής Περίθαλψης και Διαχείρισης Συστημάτων, Healthcare Information and Management Systems Society) που ξεκίνησε το 1998. Η αποστολή ήταν να ορίσει και να παρακινήσει τους κατασκευαστές να χρησιμοποιούν εξοπλισμό και συστήματα πληροφοριών συμβατών με DICOM και HL7 για να διευκολύνουν την καθημερινή κλινική ρουτίνα στα μεγάλα νοσοκομεία.



Το τεχνικό πλαίσιο ΙΗΕ ορίζει ένα κοινό μοντέλο πληροφοριών και λεξιλογίου για τη χρήση των DICOM και HL7 για την ολοκλήρωση ενός συνόλου καλά καθορισμένων ακτινολογικών και κλινικών συναλλαγών για μια συγκεκριμένη εργασία. Αυτό το κοινό λεξιλόγιο και το κοινό μοντέλο διευκολύνει τους παρόχους υγειονομικής περίθαλψης και το τεχνικό προσωπικό να κατανοήσουν καλύτερα ο ένας τον άλλον, κάτι που στη συνέχεια οδηγεί σε πιο ομαλή ενοποίηση του συστήματος.

Το RSNA και το HIMSS αποδεικνύουν ότι με την επιτυχή υιοθέτηση του ΙΗΕ, ενσωμάτωση των συστημάτων υγειονομικής περίθαλψης τόσο για τους χρήστες όσο και για τους παρόχους είναι πιο ευχάριστη και ανώδυνη. Τα τρέχοντα προφίλ ροής εργασιών ΙΗΕ έχουν επεκταθεί στους ακόλουθους εννέα τομείς: Ανατομική Παθολογία, Καρδιολογία, Οφθαλμική φροντίδα, Υποδομή Πληροφορικής, Εργαστηριακές Δοκιμές, Συντονισμός Φροντίδας Ασθενών, Συσκευές Φροντίδας Ασθενών, Ακτινολογική Ογκολογία και Ακτινολογία <sup>5</sup>.

### 3. Μέθοδοι διασύνδεσης PACS

#### 3.1. Εισαγωγή

Ένα PACS ενσωματώνει πολλά στοιχεία που σχετίζονται με την ιατρική απεικόνιση για την κλινική πρακτική. Ανάλογα με την εφαρμογή, ένα PACS μπορεί να είναι απλό, αποτελούμενο από μερικά εξαρτήματα ή μπορεί να είναι ένα σύνθετο σύστημα ενσωματωμένο σε νοσοκομεία ή εταιρίες.

Η ολοκλήρωση, που ορίζεται ως η ικανότητα δύο συστημάτων πληροφορικής να ανταλλάσσουν πληροφορίες μεταξύ τους, από τότε που εισήχθη η ψηφιακή απεικόνιση και διάφορα συστήματα δεδομένων στην ακτινολογία ήταν υψίστης σημασίας τόσο για τη διασφάλιση όσο και για τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας της ροής εργασιών ακτινολογίας.<sup>22</sup>

Η ροή εργασίας στην ακτινολογία μπορεί να περιγραφεί από τη διεπαφή με την οποία αλληλεπιδρά ο ακτινολόγος για να επιλέξει μια μελέτη προς διάγνωση, είτε πρόκειται για ένα PACS, ένα σύστημα πληροφοριών ακτινολογίας (RIS), έναν μηχανισμό ροής εργασίας τρίτου κατασκευαστή ή το EHR. Το EHR θεωρείται ότι είναι το δυνητικά ολοκληρωμένο σύστημα για την πρόσβαση, την εισαγωγή και την αποθήκευση δεδομένων ασθενών και τη διαχείριση της ροής εργασιών σε μια επιχείρηση υγειονομικής περίθαλψης. Η ροή εργασιών που βασίζεται στο PACS ονομάζεται έτσι επειδή οι ακτινολόγοι ερμηνεύουν τις μελέτες με βάση τις λίστες εργασιών στο PACS.

Συνηθέστερα με αυτήν τη ροή εργασιών σήμερα, η μόνη κλινική πληροφορία που είναι άμεσα διαθέσιμη στον ακτινολόγο είναι η «αιτία εξέτασης» που συνοδεύει το παραπεμπτικό. Ωστόσο, ένας μικρός αλλά αυξανόμενος αριθμός επαγγελματιών υγείας έχουν ενσωματώσει τα EHR τους ή άλλες εφαρμογές τρίτων για να παραμείνουν επικαιροποιημένοι στο πλαίσιο των παραμέτρων των ασθενών, χρησιμοποιώντας το PACS για τη βελτίωση της προσβασιμότητας στα κλινικά δεδομένα. Ένας περιορισμός είναι ότι μπορεί να υπάρχουν αποκλίσεις στην κατάσταση της εξέτασης, όπως για παράδειγμα μη αναγνωσμένη,

αναγνωσμένη, προκαταρκτική, τελική ή προσθήκη μεταξύ του PACS και του πραγματικού διανομέα κατάστασης εξέτασης, που είναι το RIS-EHR.<sup>20</sup>

Η ενσωμάτωση διαδραματίζει κεντρικό ρόλο στη ροή εργασιών της ακτινολογίας. Ωστόσο, οι κινητήριες δυνάμεις και το σκεπτικό πίσω από τη βελτιωμένη ολοκλήρωση μπορεί να μετατοπιστούν από την αποτελεσματικότητα ενός ακτινολόγου που ενεργεί σε περιβάλλον αμοιβής για τις υπηρεσίες του και να επεκταθούν σε ένα μέσο για τους ακτινολόγους να αυξήσουν την αντιληπτή αξία της συνεισφοράς τους στη διαδικασία φροντίδας κάθε μεμονωμένου ασθενή, προς στην ανάπτυξη υγειονομικής περίθαλψης με βάση την έγκυρη διάγνωση.<sup>22</sup>

Ένα από τα πρώτα ζητήματα που ταλαιπώρησαν την πρόοδο του συστήματος πληροφοριών νοσοκομείων, πληροφοριακών συστημάτων ακτινολογίας, αρχειοθέτησης εικόνων και της ενσωμάτωσης συστημάτων επικοινωνίας (HIS/RIS/PACS) ήταν ένα θέμα γλώσσας μεταξύ HL7 και DICOM.

Αυτό το εμπόδιο επιλύθηκε από την ενσωμάτωση ενός μεσάζοντα, μια συσκευή λογισμικού και υλικού (hardware) που δέχεται μηνύματα HL7 από το RIS και στη συνέχεια μεταφράζει ή χαρτογραφεί τα δεδομένα για την παραγωγή μηνυμάτων DICOM για μετάδοση στο PACS.

Η ροή εργασιών του τεχνολόγου απαιτεί πληροφορίες ασθενών και εξετάσεων από το RIS για να εισρεύσουν στη μέθοδο απεικόνισης. Ο μεσίτης παρέχει υποστήριξη για αυτό εκμεταλλευόμενος τη λίστα εργασίας DICOM Modality (DMWL). Δύο βασικά προβλήματα είναι εγγενή στις περισσότερες διαμορφώσεις μέσω διαμεσολάβησης. Η ροή εργασίας καθοδηγείται από χαρτογραφία ενώ οι πληροφορίες RIS ρέουν προς μία μόνον κατεύθυνση, γεγονός που οδηγεί σε διπλές βάσεις δεδομένων.

### 3.2 Στρατηγικές Ενσωμάτωσης PACS

Αρχικά, οι ψηφιακές εικόνες μπορούσαν να προβληθούν μόνο σε ειδικούς σταθμούς εργασίας, αλλά καθώς το PACS εξελίχθηκε και κατέστη δυνατή η προβολή εικόνων από πολλαπλούς

τρόπους σε έναν μόνο σταθμό εργασίας, το PACS έγινε γρήγορα ένα κεντρικό σύστημα πληροφορικής για ακτινολόγους και αναπόσπαστο στη ροή εργασιών ακτινολογίας<sup>22,28</sup>.

Παρά τη γενική επίγνωση ότι απαιτείται βελτιωμένη διασυνδεσιμότητα, λίγα είναι γνωστά για την τρέχουσα κατάσταση ολοκλήρωσης μεταξύ PACS και άλλων συστημάτων πληροφορικής που αφορούν τους ακτινολόγους, και συνεπώς για την κατάσταση στην οποία βρίσκονται οι πιο απαιτητικοί τρόποι ενσωμάτωσης<sup>22, 37, 38</sup>.

Η εκτεταμένη σύγκλιση του PACS με άλλα συστήματα πληροφορικής εξακολουθεί να διαδραματίζει κεντρικό ρόλο για μελλοντικές βελτιώσεις στην απόδοση της ροής εργασίας<sup>39, 40</sup>. Η υλοποίηση ενός Συστήματος Αρχαιοθέτησης και Επικοινωνίας Εικόνων είναι μια εργασία ολοκλήρωσης συστήματος και απαιτεί τη γνώση πολλών επιστημονικών πεδίων. Κρίνεται λοιπόν χρήσιμη η κάλυψη των ακόλουθων θεμάτων σχετικά με την εικόνα:

- μέθοδοι απόκτησης (από ποιο modality προέκυψε)
- συμπίεση (lossy ή lossless)
- αποθήκευση (που θα αποθηκευτεί)
- εμφάνιση (που θα προβληθεί)
- επικοινωνία (σε ποιο άλλο μέσο θα διαβιβαστεί)
- δομή βάσης δεδομένων εικόνας (όλες οι πληροφορίες και τα δεδομένα αυτής)

Εξετάζονται οι μέθοδοι εφαρμογής του PACS σε κλινικό περιβάλλον καθώς και το τρέχον λειτουργικό PACS στα νοσοκομεία.<sup>28</sup> Η ανάγκη για ενοποίηση μεταξύ του PACS και των διαφόρων τρόπων απεικόνισης, και μεταξύ του PACS και άλλων συστημάτων πληροφορικής, αναβαθμίστηκε και έγινε κρίσιμος παράγοντας για κάθε επιτυχημένη ακτινολογική πρακτική.

Ένα PACS αποτελείται από πολλά τεχνικά και κλινικά στοιχεία που σχετίζονται με την ιατρική απεικόνιση για να σχηματίσουν ένα ολοκληρωμένο σύστημα τεχνολογίας πληροφοριών υγείας.

Σε μια μελέτη που διεξήχθη σε διάφορα κλινικά τμήματα του Πανεπιστημίου του Φράιμπουργκ, στη Δυτική Γερμανία, διαπιστώθηκε ότι περίπου 180.000 εξετάσεις ασθενών με

βάση την αξονική τομογραφία, τον μαγνητικό συντονισμό, την πυρηνική ιατρική, τον υπέρηχο καθώς και την ψηφιακή και συμβατική ακτινογραφία, παράγουν πάνω από 1.000.000 εικόνες. Θεωρήθηκε ότι οι σύγχρονες τεχνολογίες μπορούν να διευκολύνουν σημαντικά τον χειρισμό μιας τέτοιας ποσότητας εικόνων. Αυτό ισχύει για τον σχεδιασμό διάγνωσης και θεραπείας καθώς και για την επικοινωνία και την αρχειοθέτηση αυτού του μεγάλου όγκου δεδομένων. Η μελέτη προϋποθέτει επίσης ότι οι τεχνολογίες που πρέπει να ληφθούν υπόψη θα πρέπει να εισαχθούν σταδιακά, ακολουθώντας μια σαφή συνολική αντίληψη.

Ως πρώτο βήμα, σχεδιάζεται η υλοποίηση τοπικού δικτύου (LAN) στα τμήματα ακτινολογίας και γενικής χειρουργικής. Σημαντικά κριτήρια για την επιλογή αυτών των συγκεκριμένων τμημάτων είναι οι βελτιώσεις στην υγειονομική περίθαλψη για μέγιστο αριθμό ασθενών και στα προφίλ εργασίας για τον μεγαλύτερο δυνατό αριθμό ιατρών και βοηθού προσωπικού. Αναμένεται μείωση κόστους σε σύγκριση με το σημερινό σύστημα μέσω αποτελεσματικότερης επικοινωνίας και αρχειοθέτησης των ψηφιακών εικόνων και νέες προοπτικές για την ιατρική έρευνα καθώς και για ιατροτεχνικές εξελίξεις. Παραδείγματα είναι οι τρισδιάστατες αναπαραστάσεις της ανθρώπινης ανατομίας και η κατασκευή ειδικά σχεδιασμένων προθετικών συσκευών.<sup>18</sup>

Τα τελευταία 20 χρόνια, πολλά νοσοκομεία και κατασκευαστές στις Ηνωμένες Πολιτείες και στο εξωτερικό έχουν ερευνήσει και αναπτύξει PACS ποικίλης πολυπλοκότητας για καθημερινή κλινική χρήση. Αυτά τα συστήματα μπορούν άτυπα να κατηγοριοποιηθούν σε έξι μοντέλα ανάλογα με τις μεθόδους υλοποίησης:

Το "σπιτικό" μοντέλο:

Οι περισσότερες πρώτες προσπάθειες εφαρμογής του PACS ξεκίνησαν από πανεπιστημιακά νοσοκομεία και ακαδημαϊκά τμήματα και από ερευνητικά εργαστήρια μεγάλων κατασκευαστών απεικόνισης. Σε αυτό το μοντέλο, μια διεπιστημονική ομάδα με τεχνογνωσία συγκεντρώθηκε από το ακτινολογικό τμήμα ή το νοσοκομείο. Επιλέχθηκαν συστήματα PACS από διάφορους κατασκευαστές. Αναπτύχθηκαν διεπαφές συστήματος και δημιουργήθηκε λογισμικό PACS σύμφωνα με τις κλινικές απαιτήσεις του νοσοκομείου. Αυτό το μοντέλο επέτρεψε στην ερευνητική ομάδα να αναβαθμίζει συνεχώς το σύστημα με εξαρτήματα

τελευταίας τεχνολογίας. Το σύστημα που σχεδιάστηκε έτσι ήταν προσαρμοσμένο στο κλινικό περιβάλλον και μπορούσε να αναβαθμιστεί χωρίς να εξαρτάται από το πρόγραμμα του κατασκευαστή. Από την άλλη πλευρά, απαιτήθηκε μια ουσιαστική δέσμευση του νοσοκομείου για τη συγκρότηση μιας διεπιστημονικής ομάδας. Επιπλέον, δεδομένου ότι το σύστημα που θα αναπτυχθεί θα ήταν μοναδικό στο είδος του, αποτελούμενο από εξαρτήματα διαφορετικών κατασκευαστών, το σέρβις και η συντήρηση του συστήματος θα ήταν σχεδόν ακατόρθωτα. Τώρα που η τεχνολογία PACS έχει ωριμάσει, πολύ λίγα ιδρύματα επιλέγουν αυτό το μοντέλο για την εφαρμογή του PACS.

Το μοντέλο δύο ομάδων:

Μια ομάδα ειδικών, τόσο από το εξωτερικό όσο και από το εσωτερικό του νοσοκομείου, συγκεντρώθηκε για να γράψει λεπτομερείς προδιαγραφές για το PACS, για ένα συγκεκριμένο κλινικό περιβάλλον. Ένας κατασκευαστής ανατέθηκε σε σύμβαση για την εφαρμογή του συστήματος. Αυτό το δεύτερο μοντέλο ήταν μια ομαδική προσπάθεια μεταξύ του νοσοκομείου και των κατασκευαστών. Το πρωταρχικό πλεονέκτημα του μοντέλου των δύο ομάδων ήταν ότι οι προδιαγραφές PACS είναι προσαρμοσμένες σε ένα συγκεκριμένο κλινικό περιβάλλον, ωστόσο η ευθύνη για την εφαρμογή ανατέθηκε στον κατασκευαστή - υπερβολάβο. Το νοσοκομείο ενήργησε ως αντιπρόσωπος αγοράς και δεν χρειάζεται να ασχοληθεί με την εγκατάσταση. Ο καθορισμένος κατασκευαστής, ενδέχεται να μην είχε την απαραίτητη κλινική εμπειρία και έτσι να υπερτιμούσε την απόδοση κάθε εξαρτήματος. Ως αποτέλεσμα, το ολοκληρωμένο PACS πιθανότατα να μην πληρούσε τις συνολικές προδιαγραφές. Το κόστος ανάθεσης της σύμβασης στον κατασκευαστή για την ανάπτυξη ενός καθορισμένου PACS ήταν επίσης υψηλό επειδή κατασκευάστηκε μόνο ένα τέτοιο σύστημα. Με την ωρίμανση του PACS και την εμπειρία που αποκτήθηκε σε όλη την κοινότητα ιατρικής απεικόνισης, αυτό το μοντέλο αντικαταστάθηκε σταδιακά από το μοντέλο συνεργασίας που περιγράφεται παρακάτω.

Το μοντέλο "με το κλειδί στο χέρι / ετοιμοπαράδοτο":

Ο κατασκευαστής ανέπτυξε ένα PACS και το εγκαθιστούσε σε ένα τμήμα για κλινική χρήση.

Αυτό το μοντέλο ήταν βασισμένο στην αγορά. Ορισμένοι κατασκευαστές, βλέποντας πιθανό κέρδος στην ανάπτυξη ενός εξειδικευμένου PACS ταχείας παράδοσης για την προώθηση της πώλησης άλλου εξοπλισμού απεικόνισης, όπως CR (υπολογιστική ακτινογραφία) ή DR (ψηφιακή ακτινογραφία) συμμετείχαν στην δημιουργία μοντέλου. Το πλεονέκτημα αυτού του μοντέλου ήταν ότι το κόστος παράδοσης ενός γενικού συστήματος τείνει να είναι χαμηλότερο. Ένα ακόμη μειονέκτημα ήταν ότι ο κατασκευαστής θα χρειαζόταν μερικά χρόνια για να ολοκληρώσει τον κύκλο παραγωγής του εξοπλισμού, ενώ οι ταχέως κινούμενες τεχνολογίες υπολογιστών και επικοινωνιών μπορεί να καθιστούσαν το PACS απαρχαιωμένο μετά από αρκετά χρόνια χρήσης. Παρόλο που το εν λόγω μοντέλο χρησιμοποιείται ακόμη, είναι αμφίβολο εάν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα γενικευμένο PACS για κάθε ειδικότητα σε ένα τμήμα και για κάθε ακτινολογικό τμήμα ξεχωριστά.

Το μοντέλο της εταιρικής σχέσης / συνεργασίας:

Το μοντέλο συνεργασίας αποτελείται από ένα νοσοκομείο και ένα κατασκευαστή που σχηματίζουν μια εταιρική σχέση για να μοιραστούν την ευθύνη υλοποίησης ενός PACS. Είναι πολύ κατάλληλο για μεγάλης κλίμακας εφαρμογή. Τα τελευταία χρόνια, λόγω της διαθεσιμότητας των κλινικών δεδομένων PACS, τα κέντρα υγείας έμαθαν να εκμεταλλεύονται τα καλά και να απορρίπτουν τα αρνητικά χαρακτηριστικά ενός PACS για το δικό τους κλινικό περιβάλλον. Σε αυτό το μοντέλο, το κέντρο υγειονομικής περίθαλψης σχηματίζει μια συνεργασία με έναν επιλεγμένο κατασκευαστή ή έναν ολοκληρωμένο σύστημα για να μοιραστεί την ευθύνη της εφαρμογής, της συντήρησης, της εκπαίδευσης και της αναβάθμισής του PACS. Η συμφωνία μπορεί να είναι μια μακροπρόθεσμη αγορά με σύμβαση συντήρησης ή μίσθωση του συστήματος. Μια στενά συνδεδεμένη συνεργασία μπορεί να περιλαμβάνει ακόμη και την εκπαίδευση του κατασκευαστή του προσωπικού του νοσοκομείου στη συντήρηση και την αναβάθμιση του συστήματος. Και τα δύο μέρη θα μοιραστούν τότε την οικονομική ευθύνη.

Το μοντέλο παροχής υπηρεσιών εφαρμογής (application service provider, ASP): Στο μοντέλο ASP, ένας ολοκληρωτής συστήματος μπορεί να παρέχει όλες τις υπηρεσίες που σχετίζονται με το PACS σε έναν πελάτη, ο οποίος μπορεί να είναι ολόκληρο το νοσοκομείο ή μια μικρή ομάδα πρακτικής ακτινολογίας. Και στις δύο περιπτώσεις, δεν απαιτούνται απαιτήσεις πληροφορικής από τους πελάτες. Το ASP είναι ελκυστικό για μικρότερα υποσύνολα του PACS, για παράδειγμα, αρχειοθέτηση σε απομακρυσμένες τοποθεσίες, μακροπρόθεσμη αρχειοθέτηση/ανάκτηση εικόνων, ανάπτυξη διακομιστή DICOM-Web και βάση δεδομένων εικόνων που βασίζεται στο Web. Για μεγαλύτερες ολοκληρωμένες εφαρμογές PACS, το μοντέλο ASP απαιτεί λεπτομερή διερεύνηση από τον πάροχο υγειονομικής περίθαλψης και πρέπει να εντοπιστεί ένας κατάλληλος και αξιόπιστος ενοποιητής του συστήματος.

Το μοντέλο ανοιχτού κώδικα:

Με τα χρόνια, καθώς οι τεχνολογίες PACS έχουν ωριμάσει, οι σπάνιες και άκρως ειδικευμένες γνώσεις του προσωπικού σταδιακά μετουσιώνονται σε ευρύτερα εδραιωμένα, εμπορευματοποιημένα προϊόντα/υπηρεσίες και ειδικά η τεχνογνωσία του προτύπου DICOM, των προφίλ ροής εργασίας IHE και της τεχνολογίας Web. Πολλά ακαδημαϊκά κέντρα και ορισμένοι κατασκευαστές καταθέτουν τις γνώσεις τους δημόσια ως λογισμικό ανοιχτού κώδικα. Αυτό το φαινόμενο αναβιώνει το μοντέλο "σπιτικής" ανάπτυξης που περιγράφηκε ανωτέρω, στο οποίο οι πάροχοι υγειονομικής περίθαλψης χρησιμοποιούν το εσωτερικό, δικό τους ιατρικό προσωπικό και το προσωπικό επαγγελματιών πληροφορικής τους για την ανάπτυξη διακομιστών εφαρμογών PACS και διακομιστών Ιστού Web. Το λογισμικό ανοιχτού κώδικα που σχετίζεται με το PACS έχει αποκτήσει δυναμική ώστε κάποια εσωτερική στον οργανισμό ομάδα να αναπτύσσει στοιχεία ειδικών εφαρμογών PACS και διακομιστές Web. Έτσι, ένα νοσοκομείο θα αγοράζει ηλεκτρονικό υπολογιστή και υλικό επικοινωνίας και θα χρησιμοποιεί λογισμικό ανοιχτού κώδικα PACS για να αναπτύξει εσωτερικές ειδικές εφαρμογές PACS<sup>5</sup>

Πολλά ζητήματα πρέπει να ληφθούν υπόψη για έργα υλοποίησης και ολοκλήρωσης PACS μεγάλης κλίμακας. Εκτός από την αξιολόγηση δικτύου, την εγκατάσταση υλικού και λογισμικού



και την πλήρη ενσωμάτωση με όλα τα κατάλληλα συστήματα πληροφοριών υγείας, είναι υποχρεωτική η καθιέρωση τυποποιημένων κωδικών εξετάσεων και συστήματος πρωτοκόλλων σε όλη την επιχείρηση.

Επιπλέον, η συνεχής εκπαίδευση με αφοσίωση των χρηστών, καθώς και ο εμπλουτισμός της ομάδας τεχνικής και βιοιατρικής υπηρεσίας είναι βασικοί παράγοντες για τη διατήρηση της υποστήριξης και την προώθηση της λειτουργικότητας του συστήματος. Η επιτυχής εφαρμογή του PACS βελτιώνει την παραγωγικότητα και την αποτελεσματικότητα της ακτινολογικής πρακτικής, επιτρέπει τη μείωση του χρόνου διεκπεραίωσης των τελικών αναφορών, σχεδόν εξαλείφει το κόστος που σχετίζεται με το φιλμ και υποστηρίζει μειωμένα έξοδα εργασίας.<sup>39,60,61</sup>

### 3.3 EMR και EHR

Το EHR σημαίνει Electronic Health Record (ηλεκτρονικό μητρώο υγείας), ενώ το EMR σημαίνει Electronic Medical Record (ηλεκτρονικό ιατρικό μητρώο). Αν και σχετίζονται, υπάρχουν λεπτές διαφορές μεταξύ των δύο.

Το EMR αναφέρεται σε μια ψηφιακή έκδοση του χάρτινου γραφήματος ενός ασθενούς σε ένα γραφείο ενός παρόχου υγειονομικής περίθαλψης. Περιέχει το ιατρικό ιστορικό και το ιστορικό θεραπείας ασθενών εντός του συγκεκριμένου ιατρείου ή κλινικής. Τα EMR απλοποιούν τις ροές εργασίας εντός ενός οργανισμού, διευκολύνοντας τους παρόχους υγειονομικής περίθαλψης να παρακολουθούν δεδομένα ασθενών, φάρμακα, διαγνώσεις και θεραπείες.

Από την άλλη πλευρά, τα EHR έχουν σχεδιαστεί για να περιέχουν πληροφορίες ασθενούς από πολλούς παρόχους υγειονομικής περίθαλψης. Προσφέρουν μια ευρύτερη άποψη του ιστορικού υγείας ενός ασθενούς, συγκεντρώνοντας δεδομένα από διάφορες πηγές, όπως ειδικούς, νοσοκομεία, εργαστήρια και κλινικές. Τα EHR στοχεύουν στη διαλειτουργικότητα, επιτρέποντας σε διαφορετικές οντότητες υγειονομικής περίθαλψης να μοιράζονται πληροφορίες απρόσκοπτα.

Ενώ τα EMR επικεντρώνονται στο ιατρικό ιστορικό του ασθενούς σε ένα συγκεκριμένο ιατρείο ή κλινική, τα EHR προσφέρουν μια πιο ολοκληρωμένη άποψη της υγείας ενός ασθενούς σε διαφορετικά περιβάλλοντα υγειονομικής περίθαλψης. Τα EHR έχουν δημιουργηθεί για να διευκολύνουν την ανταλλαγή πληροφοριών και τη συνεργασία μεταξύ των παρόχων υγειονομικής περίθαλψης, ωφελώντας τη φροντίδα των ασθενών παρέχοντας μια πιο ολιστική άποψη για την υγεία τους.

Στις ΗΠΑ, η ενσωμάτωση των συστημάτων ηλεκτρονικού ιατρικού φακέλου (EMR) στην κλινική πρακτική έχει υποκινηθεί από τη γενική συναίνεση και τα πρόσφατα ομοσπονδιακά κίνητρα και πρόκειται να γίνει ένα τυπικό χαρακτηριστικό της κλινικής πρακτικής. Η προσθήκη προηγμένων δυνατοτήτων αναζήτησης εντός EMR μπορεί να βελτιώσει την ικανότητα του ακτινολόγου να ενσωματώνει δεδομένα σε ροές εργασίας που σχετίζονται τόσο με διαγνωστικές όσο και με επεμβατικές διαδικασίες.<sup>46</sup>

Η μετάβαση σε μια ψηφιοποιημένη ροή εργασίας για την τήρηση ιατρικών αρχείων και την καταγραφή συμβάντων, επιτρέπει την εμφάνιση ενός εξαιρετικά καινοτόμου συνόλου νέων λειτουργιών, πολλές από τις οποίες θα μπορούσαν να έχουν θετικό αντίκτυπο στην ακτινολογική πρακτική. Πολλές από αυτές τις νέες λειτουργίες θα επικεντρωθούν στην εξαγωγή δεδομένων από το EMR, το οποίο, παρά την αυξανόμενη δομή του, θα παραμείνει μια ετερογενής εστία συλλογής δεδομένων. Η αυτοματοποιημένη ανάκτηση δεδομένων για συγκεκριμένα θέματα και γεγονότα σύμφωνα με το πρόγραμμα και την απογραφή της μονάδας φροντίδας μπορεί να βελτιώσει την αποτελεσματικότητα των υπηρεσιών που παρέχονται στην ακτινολογία και ενδέχεται να βελτιώσει την ποιότητα και την ασφάλεια των παρεχόμενων υπηρεσιών. Η κατάλληλη ενσωμάτωση των εργαλείων αναζήτησης στην κλινική πρακτική θα απαιτήσει εστίαση στην επικύρωση αυτών των εργαλείων, μεγαλύτερη κατανόηση του πλήρους φάσματος των χαρακτηριστικών απόδοσής τους και τη συνεχή ανάγκη για επιμέλεια και πλεονασμό στους μηχανισμούς ασφαλείας. Το δυνητικά θετικό αντίκτυπο των προηγμένων εργαλείων αναζήτησης EMR δεν περιορίζεται σε καμία περίπτωση στην ακτινολογία, και στην πραγματικότητα, πολλά τμήματα στο νοσοκομείο και στα εξωτερικά ιατρεία μπορούν να επωφεληθούν από αυτές τις δυνατότητες<sup>45, 46</sup>.

Αρκετές δραστηριότητες ενσωμάτωσης πληροφορικής μπορούν να βελτιώσουν ουσιαστικά την υιοθέτηση του EMR στην ακτινολογική πρακτική:

Αρχικά, το Single sign-on (SSO). Πολλά ιδρύματα διαθέτουν υποδομή πληροφορικής που επιτρέπει τον SSO, δηλαδή σύνδεση με όνομα και κωδικό σε ένα κεντρικό σύστημα ταυτοποίησης, αντί για χρήση πολλαπλών διαφορετικών κωδικών για τα επιμέρους συστήματα. Εάν ένα ίδρυμα παρέχει δυνατότητες SSO, πρέπει να συνεργαστεί με τον προμηθευτή PACS ή RIS για τη μετάβαση του ελέγχου ταυτότητας χρήστη σε SSO αντί για τον έλεγχο ταυτότητας χρηστών στη βάση δεδομένων χρηστών κάθε εφαρμογής. Εάν εκτελεστεί σωστά, ένας τελικός χρήστης θα μπορεί να συνδεθεί στο PACS, το RIS ή το EMR με το ίδιο όνομα χρήστη και κωδικό πρόσβασης. Οι συνήθεις αλλαγές στους κωδικούς πρόσβασης που ενδέχεται να απαιτούνται από κάποιο κανονιστικό πλαίσιο θα πρέπει να γίνονται μόνο στην κεντρική βάση δεδομένων ελέγχου ταυτότητας, χωρίς να χρειάζεται η αλλαγή των κωδικών

πρόσβασης στη βάση δεδομένων κάθε εφαρμογής ξεχωριστά. Το SSO θα πρέπει να αποτελεί θεμελιώδες και απαραίτητο συστατικό οποιασδήποτε εφαρμογής πληροφορικής υγείας στον 21ο αιώνα.

Έπειτα, η εκκίνηση του EMR με τον αριθμό ιατρικού αρχείου του ασθενούς στο πλαίσιο του σταθμού εργασίας PACS θα αφαιρέσει τις ουσιαστικές ανεπάρκειες που σχετίζονται με την εισαγωγή διπλών δεδομένων που απαιτούνται για τον συγχρονισμό του ασθενούς που προβάλλεται στο PACS και το EMR. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι το SSO είναι μια αρχική απαίτηση για την εκκίνηση του ασθενούς σε περιβάλλον παραμέτρων, καθώς ο χρήστης πρέπει επίσης να βρίσκεται σε περιβάλλον ή συγχρονισμένος μεταξύ των εφαρμογών RIS ή PACS και EMR. Αρκετοί προμηθευτές EMR παρέχουν τέτοια ενοποίηση. Επομένως, εφόσον ο προμηθευτής του PACS ή του RIS μπορεί να μεταβιβάσει το «πλαίσιο» χρήστη και ασθενούς στο EMR, θα υπάρχει όφελος από αυτή τη σημαντική ενσωμάτωση στο ιατρείο ή το νοσοκομείο.

Τέλος, η δημιουργία μιας «ακτινοκεντρικής άποψης» στο EMR. Πολλές εφαρμογές EMR επιτρέπουν την ανάπτυξη και εφαρμογή προσαρμοσμένων προβολών. Για παράδειγμα, μια προβολή με επίκεντρο τον ακτινολόγο μπορεί να είναι μια μεμονωμένη οθόνη στο EMR που περιέχει σημειώσεις γιατρού, περιλήψεις εξιτηρίου, συγκεκριμένα εργαστηριακά αποτελέσματα, αλλεργίες κ.λπ. Αυτή η προσαρμογή εξαλείφει ή μειώνει την ανάγκη για ακτινολόγους να πλοηγούνται σε πολλαπλές καρτέλες ή οθόνες στο EMR για να αναζητήσουν τις απαραίτητες πληροφορίες, ενώ ταυτόχρονα μειώνει τις απαιτήσεις εκπαίδευσης για την πλοήγηση στον χώρο του EMR.

Χωρίς αυτές τις 3 δραστηριότητες, η υιοθέτηση εφαρμογών EMR για χρήση από ακτινολόγους καθίσταται αναποτελεσματική και μη επεκτάσιμη, δεδομένων των σημερινών περιορισμών στη ροή εργασίας. Σαφώς, μια εναλλακτική θα ήταν οι βελτιώσεις στις εφαρμογές EMR για να αντικαταστήσουν τη ροή εργασίας PACS και RIS και τις λίστες εργασιών για ακτινολόγους. Αυτή η λειτουργικότητα δεν αποτελεί επί του παρόντος ένα καθιερωμένο ή ώριμο στοιχείο των δυνατοτήτων του προμηθευτή EMR<sup>45,47, 49</sup>.

Η αυξανόμενη υιοθέτηση των EMR στην υγειονομική περίθαλψη μπορεί να μειώσει την παραγωγικότητα των ακτινολόγων δημιουργώντας αναποτελεσματική πρόσβαση σε μεγάλο όγκο πληροφοριών ασθενών<sup>49</sup>. Η βελτιστοποίηση της πρόσβασης σε κλινικές πληροφορίες των EMR, χρησιμοποιώντας διάφορα υπάρχοντα και αναδυόμενα πρότυπα και λύσεις πληροφορικής, καθιστά τα EMR πιο εύχρηστα για τους ακτινολόγους και βελτιώνει την ποιότητα των ακτινολογικών ερμηνειών τους και την αξία που προσφέρουν στους ασθενείς<sup>49</sup>,

55

<b>Διαφορές EMR- EHR</b>	
<b>EMR (Electronic Medical Record)</b>	<b>EHR (Electronic Health Record)</b>
Ψηφιακή εκδοχή φακέλων ασθενών	Ψηφιακό αρχείο πληροφοριών υγείας
Χρησιμοποιείται από προσωπικό υγείας για διαγνώσεις και θεραπείες	Παρέχει πρόσβαση σε εργαλεία που βοηθούν στις τελικές ιατρικές αποφάσεις
Δεν παρέχει εύκολη διακομιδή του αρχείου ασθενών εκτός νοσοκομείου	Προσφέρει δυνατότητα πρόσβασης σε αρχεία ασθενών από απομακρυσμένες εγκαταστάσεις.
Σχεδιασμένο για χρήση εντός του νοσοκομείου	Διαθέτει απλοποιημένη διακομιδή αρχείων σε πραγματικό χρόνο

**Πίνακας 1:** Διαφορές μεταξύ EMR και EHR

### 3.4 LIS, RIS και HIS

Από την ανακάλυψή τους το 1982, τα PACS κατέκτησαν σταδιακά τον πυρήνα των ακτινολογικών διεργασιών. Το PACS αυτοματοποίησε την αποθήκευση, διανομή και εμφάνιση ψηφιακών ιατρικών απεικονίσεων και βοήθησε στη βελτιστοποίηση της ροής εργασιών ακτινολογίας. Μία ιδιαίτερα αισθητή συνέπεια ήταν ο παραγκωνισμός σχεδόν σε σημείο εξαφάνισης των πρακτικών που είχαν ανάγκη για φιλμ και χαρτί, καθιστώντας τις παρωχημένες<sup>5,56</sup>.

Αρχικά, το PACS παρείχε μόνο συνιστώσες που απαιτούνται για την αποθήκευση, διανομή και εμφάνιση ψηφιακών ιατρικών εικόνων, με πολύ μικρή ευελιξία προσαρμογής στις ιδιοσυγκρασίες μίας ροής εργασίας. Σταδιακά, χάρη στην αυστηρότερη ενσωμάτωση με τα συστήματα πληροφοριών ακτινολογίας (RIS: Radiology Information Systems), το PACS έγινε πιο προσαρμόσιμο στη ροή εργασιών της ακτινολογίας. Με τον καιρό, άλλα σημαντικά ηλεκτρονικά εξαρτήματα έχουν ενσωματωθεί στα PACS και RIS για τη διευκόλυνση προηγμένων αναγκών οπτικοποίησης, την επιτάχυνση διαγνώσεων, τη βελτιστοποίηση της επικοινωνίας κρίσιμων αποτελεσμάτων, την ενεργοποίηση της ηλεκτρονικής ενσωμάτωσης ιατρικού αρχείου (EMR), όπως η λήψη κλινικών ενδείξεων για μια απεικονιστική μελέτη ύστερα από ηλεκτρονική καταχώριση παραπεμπτικού του θεράποντος, και ούτω καθεξής.

Στα περισσότερα ακαδημαϊκά ιδρύματα και ιδιωτικά ιατρεία ακτινολογίας, το PACS και το RIS έχουν επιβιώσει ως βασικές οντότητες με τις οποίες σχετίζονται όλα τα άλλα συστήματα. Πράγματι, το «κατευθυνόμενη από PACS» ή «RIS-driven» είναι η ορολογία που χρησιμοποιείται συχνότερα στις ακτινολογικές πρακτικές για να περιγράψει την αυτοματοποίηση της ροής εργασίας. Η ροές του είδους επιτρέπουν ακόμα τη δημιουργία «λιστών εργασιών» που χρησιμοποιούνται από τους ακτινολόγους προς καταχώριση και ανάθεση των καθημερινών τους καθηκόντων. Πιο συγκεκριμένα, η ροή εργασίας που βασίζεται στο PACS, περιλαμβάνει λίστες εργασιών ακτινολόγων που δημιουργούνται από το PACS. Κατ' αναλογία, η ροή εργασιών που βασίζεται στο RIS δημιουργείται κυρίως από το RIS, το οποίο είναι πιθανώς η πηγή της αλήθειας για την «κατάσταση εξέτασης» στην πράξη<sup>43</sup>.

Το PACS διαχειρίζεται συνήθως μόνο τις εικόνες και το σχετικό κείμενο μελέτης εντός του συστήματος. Όταν ένα PACS είναι συνδεδεμένο με ένα RIS ή ένα HIS, μπορεί να παρουσιάσει δημογραφικά στοιχεία ασθενών και πληροφορίες ιατρικού φακέλου με τις εικόνες και την αναφορά ακτινολογίας. Αυτή η σχέση ονομάζεται διαλειτουργικότητα, δηλαδή «η ικανότητα ανταλλαγής ιατρικών πληροφοριών, η οποία έχει κλινική χρησιμότητα σε αμφότερα τα συναλλασσόμενα μέρη»<sup>36</sup>.

Στη ροή εργασιών που βασίζεται στο RIS, ο ακτινολόγος εξακολουθεί να ερμηνεύει εικόνες με το PACS, αλλά οι μελέτες απεικόνισης βρίσκονται οργανωμένες σε ουρά αναμένοντας ερμηνεία, από λίστες εργασιών στο RIS. Σε αυτή τη δομή εργασίας, ο ακτινολόγος αλληλεπιδρά με το RIS για να «οδηγήσει» το PACS. Ως εκ τούτου, η ομαλή ενοποίηση των εφαρμογών, συχνά από διαφορετικούς προμηθευτές, είναι ζωτικής σημασίας. Αυτή η πρόσθετη πολυπλοκότητα μπορεί να είναι ένας λόγος που η ροή εργασιών που βασίζεται στο RIS είναι πολύ λιγότερο συνηθισμένη από τη ροή εργασίας με γνώμονα το PACS, παρά τα πρόσθετα πιθανά οφέλη που περιλαμβάνουν λιγότερες αποκλίσεις στην κατάσταση εξέτασης, ευκολότερη κοινή χρήση δεδομένων εξέτασης από τεχνολόγο και βελτιωμένες δυνατότητες για ιεράρχηση προτεραιοτήτων<sup>21, 33</sup>.

Το ακτινολογικό πληροφοριακό σύστημα (RIS) θεωρείται το βασικό σύστημα για την ηλεκτρονική διαχείριση των τμημάτων απεικόνισης. Οι βασικές λειτουργίες ενός RIS είναι η διευκόλυνση και η τεκμηρίωση της απόδοσης της διαδικασίας, η διαχείριση των αποτελεσμάτων και η δημιουργία αρχείου τιμολόγησης. Ο ηλεκτρονικός ιατρικός φάκελος (EMR) είναι το βασικό πληροφοριακό σύστημα για τη διαχείριση ασθενών σε όλο το σύστημα υγειονομικής περίθαλψης. Σε ένα ακτινολογικό τμήμα, οι κύριες λειτουργίες του RIS μπορεί να περιλαμβάνουν χρονικό προγραμματισμό επίσκεψης ασθενών, διαχείριση πόρων, παρακολούθηση της απόδοσης της εξέτασης, ερμηνεία εξέτασης, διανομή αποτελεσμάτων και χρέωση διαδικασίας. Η ευρεία υιοθέτηση του PACS απαιτεί πρόσθετο συντονισμό ροής εργασιών διαχείρισης ιατρικής πρακτικής, συμπεριλαμβανομένης της δημιουργίας και διανομής εικόνων εντός του τμήματος απεικόνισης αλλά και σε ολόκληρη την επιχείρηση / οργανισμό απεικόνισης. Η εισαγωγή του PACS καθιέρωσε μια αλληλοεξαρτώμενη σχέση

μεταξύ του RIS και του PACS. Η βέλτιστη απόδοση για το τμήμα απεικόνισης προκύπτει όταν η ενοποίηση PACS και RIS επιτρέπει την απρόσκοπτη ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ του RIS και του PACS <sup>41</sup>.

Σε ένα ακτινολογικό τμήμα, χρησιμοποιούνται πολυάριθμες διαδικασίες για τη διαχείριση και προετοιμασία της διαδικασίας ερμηνείας από τον ακτινολόγο. Οι τυπικές πρακτικές διαχειρίζονται τη διανομή αποτελεσμάτων, την κωδικοποίηση διαδικασιών και τις διαδικασίες χρέωσης. Σχετικά με τη ροή εργασιών απόδοσης διαδικασίας, τα βήματα που απαιτούνται για την διεκπεραίωση των απαραίτητων διαδικασιών ενός περιστατικού είναι τα εξής:

1. Εισαγωγή / καταχώρηση παραγγελίας: η διαδικασία λήψης του αιτήματος του κλινικού γιατρού για την εκτέλεση μιας διαδικασίας. Οι πληροφορίες περιλαμβάνουν το κλινικό ιστορικό του ασθενούς και τις ενδείξεις για την ζητούμενη εξέταση. Η διαδικασία εισαγωγής παραγγελίας μπορεί να διαχειρίζεται απευθείας το ακτινολογικό τμήμα. Αυτή η διαδικασία μεταφέρεται σε συστήματα που βασίζονται σε υπολογιστή που συλλαμβάνουν άμεσα τις οδηγίες του κλινικού γιατρού. Οι μηχανογραφημένες διαδικασίες υποστήριξης αποφάσεων μπορούν να ενσωματωθούν στην επιλογή και την έγκριση των κατάλληλων διαδικασιών για μια δεδομένη κλινική παρουσίαση. Με την ευρεία υιοθέτηση των συστημάτων EMR, οι διαδικασίες εισαγωγής εντολής κλινικού ιατρού είναι πιθανό να ξεκινήσουν εντός του EMR και οι εντολές θα μεταδοθούν στη συνέχεια στο RIS.
2. Προέγκριση: η διαδικασία με την οποία ένας ασφαλιστικός πάροχος εγκρίνει προσωρινά την αποζημίωση για εξέταση. Σε ορισμένες πρακτικές, η χρήση εργαλείου ή διαδικασίας «καταλληλότητας» τρίτου μέρους παρέχει την απαιτούμενη εξουσιοδότηση. Οι ειδικές απαιτήσεις για έγκριση ποικίλλουν ανάλογα με το κράτος, τον ασφαλιστή, την προτεινόμενη εξέταση και το επίπεδο κλινικής οξύτητας του ασθενούς.
3. Συγκέντρωση δημογραφικών και ασφαλιστικών πληροφοριών ασθενούς: Αυτές οι πληροφορίες είναι απαραίτητες για την παροχή συνεπούς και αδιάλειπτης περίθαλψης



χωρίς ασυνέχεια, την πρόσβαση σε προηγούμενες απεικονιστικές μελέτες του ασθενούς και για τη σωστή τιμολόγηση στο τέλος της διαδικασίας.

4. Δημιουργία αριθμού εντολής προσχώρησης/διαδικασίας/εξέτασης: Πρόκειται για μια διαδικασία περί διαχείρισης της απόδοσης μιας εξέτασης. Ένας αριθμός πρόσβασης εκδίδεται συνήθως τη στιγμή που ο ασθενής φτάσει στο ακτινολογικό τμήμα, αλλά θα μπορούσε να εκδοθεί όταν ληφθεί η εντολή απεικόνισης. Ο αριθμός προσχώρησης συντονίζεται με το PACS/RIS για να διασφαλίσει ότι οι αναφορές συνδέονται με τις κατάλληλες εξετάσεις στο PACS.
5. Προγραμματισμός των διατεταγμένων διαδικασιών: Αυτό το βήμα περιλαμβάνει τον προγραμματισμό της παραγγελθείσας διαδικασίας, καθώς και τη διατήρηση μιας λίστας προγραμματισμένων διαδικασιών και διαθέσιμων ανοιχτών ραντεβού.
6. Εκτέλεση της διαδικασίας: ο τεχνολόγος εκτελεί την προγραμματισμένη διαδικασία και παρακολουθεί (με χρονοσήμανση) τα βήματα της διαδικασίας της εκτέλεσης της εξέτασης.
7. Διαχείριση της λίστας εργασιών του εκάστοτε συστήματος απεικόνισης (modality): Αυτό το βήμα είναι μια διαδικασία αυτόματης μεταφοράς των πληροφοριών διαδικασίας του ασθενούς απευθείας στον τρόπο απεικόνισης. Η χρήση της λίστας εργασιών καθιστά περιττή τη χειροκίνητη εισαγωγή πληροφοριών ασθενούς στην κονσόλα απεικόνισης. Έτσι, η λίστα εργασιών αποτρέπει σφάλματα χειροκίνητης εισαγωγής δεδομένων και προάγει τη μεγαλύτερη πιστότητα της ροής δεδομένων RIS/PACS.
8. Διαχείριση της ροής εργασιών ερμηνείας: μια διαδικασία με την οποία οι ολοκληρωμένες περιπτώσεις παρέχονται στον ακτινολόγο για ερμηνεία / αξιολόγηση. Τα συστήματα διαχείρισης δημιουργούν και διατηρούν λίστες εργασιών ακτινολόγου με τις μη αναγνωσμένες διαδικασίες με εικόνες και αναφορές, διαθέσιμες για ερμηνεία.
9. Διανομή αποτελεσμάτων: η διαδικασία που ενημερώνει τον παραγγέλλοντα ιατρό για τη διαθεσιμότητα και το αποτέλεσμα της ερμηνείας της διαδικασίας. Επιπλέον, αυτή η διαδικασία καθιστά τα αποτελέσματα διαθέσιμα απευθείας στον ασθενή. Τα

αποτελέσματα περιλαμβάνουν εικόνες και μια αναφορά / γνωμάτευση. Η παροχή ειδοποίησης και πρόσθετης επικοινωνίας στην περίπτωση απροσδόκητων αποτελεσμάτων, αποτελεί σημαντικό στοιχείο της διαδικασίας διανομής αποτελεσμάτων.

10. Διαχείριση ροής εργασιών κωδικοποίησης: η διαδικασία με την οποία τα ολοκληρωμένα αποτελέσματα λαμβάνουν κωδικοποίηση Τρέχουσας Διαδικαστικής Ορολογίας (Current Procedural Terminology, CPT) και Διεθνούς Ταξινόμησης Νοσημάτων (International Classification of Diseases, ICD version 9, ICD-9) σχετικά με την εξέταση που πραγματοποιήθηκε, το ιστορικό του ασθενούς και τις ενδείξεις που απαιτούνται από τους ασφαλιστικούς παρόχους για να λάβουν αποζημίωση για η εξέταση.
11. Διαχείριση ροής εργασιών επιστροφής εξόδων: η διαδικασία με την οποία η ολοκληρωμένη και κωδικοποιημένη διαδικασία διαβιβάζεται στον υπεύθυνο ασφαλιστικό πάροχο ή ασθενή για πληρωμή <sup>41</sup>.

Τα Εργαστηριακά Πληροφοριακά Συστήματα (LIS) παρέχουν βαρύνουσας σημασίας δυνατότητες για το ευρύ φάσμα των αναγκών επεξεργασίας πληροφοριών των σύγχρονων εργαστηρίων. Οι αρχιτεκτονικές LIS περιλαμβάνουν διαμορφώσεις mainframe, client-server και thinclient, ενώ το λογισμικό βάσης δεδομένων LIS διαχειρίζεται τα δεδομένα ενός εργαστηρίου. Τα λεξικά LIS είναι πίνακες βάσεων δεδομένων που χρησιμοποιεί ένα εργαστήριο για να προσαρμόσει ένα LIS στις μοναδικές ανάγκες αυτού του εργαστηρίου. Οι λειτουργίες ανατομικής παθολογίας LIS (Anatomic Pathology LIS, APLIS) διαδραματίζουν βασικούς ρόλους σε όλη τη ροή εργασιών παθολογίας και τα εργαστήρια βασίζονται σε αναφορές διαχείρισης LIS για την παρακολούθηση των λειτουργιών <sup>83,84</sup>.

Οι παθολόγοι και τα παθολογικά εργαστήρια βασίζονται στα συστήματα εργαστηριακών πληροφοριών (LIS) για να υποστηρίξουν τις λειτουργίες τους και εν τέλει να φέρουν εις πέρας την αποστολή φροντίδας των ασθενών τους. Τις τελευταίες δεκαετίες, τα LIS έχουν εξελιχθεί από συστήματα σχετικά στενού λειτουργικού εύρους, αποκρυφιστικά στην τεκμηρίωσή τους και βασισμένα σε ιδιωτικά, ανά κατασκευαστή, πρότυπα, σε εξελιγμένα συστήματα που είναι

πιο φιλικά προς τον χρήστη και υποστηρίζουν ένα ευρύτερο φάσμα λειτουργιών, με ενσωμάτωση άλλων τεχνολογιών που αναπτύσσουν τα εργαστήρια. Τα σύγχρονα LIS αποτελούνται από πολύπλοκα, αλληλένδετα προγράμματα υπολογιστών και υποδομές που υποστηρίζουν ένα ευρύ φάσμα αναγκών επεξεργασίας πληροφοριών των εργαστηρίων.

Τα LIS διαθέτουν λειτουργίες που καλύπτουν όλες τις φάσεις της εξέτασης ασθενών, συμπεριλαμβανομένης της λήψης δειγμάτων και παραγγελιών δοκιμής, της επεξεργασίας και παρακολούθησης δειγμάτων, της υποστήριξης ανάλυσης και ερμηνείας και δημιουργίας και διανομής αναφορών. Επιπλέον, τα LIS παρέχουν εκθέσεις διαχείρισης και άλλα δεδομένα που χρειάζονται τα εργαστήρια για τις εργασίες τους και για την υποστήριξη πρωτοβουλιών συνεχούς βελτίωσης και ποιότητας<sup>83,85</sup>.

Τα νοσοκομεία συχνά επενδύουν σημαντικούς οικονομικούς πόρους στην ανάπτυξη μεγάλων και πολύπλοκων πληροφοριακών συστημάτων για την υποστήριξη των κλινικών και διοικητικών λειτουργιών τους. Ωστόσο, δεδομένου ότι τα νοσοκομεία διάγουν σε ένα μεταβαλλόμενο περιβάλλον και τα ίδια αλλάζουν συνεχώς, τα υπάρχοντα συστήματα πληροφοριών νοσοκομείων (HIS) πρέπει περιοδικά να εξελίσσονται για να ικανοποιούν νέες απαιτήσεις, εκτός από την αξιοποίηση των σύγχρονων τεχνολογιών. Δεδομένης αυτής της μεταβαλλόμενης κατάστασης, ένα ουσιαστικό σημείο εκκίνησης για τον καθορισμό μιας διαδικασίας εξέλιξης HIS, κατάλληλης για το συγκεκριμένο νοσοκομειακό πλαίσιο, είναι η μοντελοποίηση του τομέα του προβλήματος ως βάση για την ανάλυση των πιθανών επιπτώσεων στις απαιτήσεις υποστήριξης υπολογιστικών υποδομών<sup>86</sup>.

Οι περισσότερες τρέχουσες βάσεις δεδομένων και εφαρμογές RIS ή PACS δεν έχουν σχεδιαστεί για λήψη, αποθήκευση και αντιπροσώπευση δεδομένων όπως περιλήψεις εξιτηρίων, λίστες προβλημάτων, σημειώσεις γιατρού κ.λπ. Επιπλέον, η αναπαραγωγή δεδομένων σε δύο ή περισσότερες ανόμοιες βάσεις δεδομένων δημιουργεί προκλήσεις ακεραιότητας δεδομένων και σημαντική αναποτελεσματικότητα. Ως εκ τούτου, η στρατηγική αποστολής σχετικών EMR δεδομένων προς τα RIS ή PACS είναι πολύ απίθανο να είναι πρακτική, επεκτάσιμη ή τελικά επιτυχημένη<sup>45</sup>.

<b>Σύστημα</b>	<b>Σκοπός</b>	<b>Αποθηκευμένα Αρχεία</b>
<b>LIS</b>	Διαχείριση δεδομένων (μικροβιολογικού) εργαστηρίου	Δημογραφικά στοιχεία, Αποδείξεις, Αποτελέσματα εξετάσεων
<b>RIS</b>	Διαχείριση δεδομένων και ροής ακτινολογικού εργαστηρίου	Προγραμματισμός ραντεβού, διαχείριση εντολών, αποθήκευση διαγνώσεων
<b>HIS</b>	Διαχείριση όλων των δεδομένων φροντίδας ασθενών	Προγραμματισμός ραντεβού, Αποδείξεις και πληρωμές, στοιχεία θεραπείας
<b>PACS</b>	Διαχείριση και αποθήκευση ιατρικών εικόνων και αρχείων	Ακτινογραφίες, Αξονικές και Μαγνητικές Τομογραφίες, Μαστογραφίες κλπ.

**Πίνακας 2:** Οι κύριες διαφορές μεταξύ LIS, RIS, HIS και PACS

### 3.5 CAD: Computer Aided Diagnosis

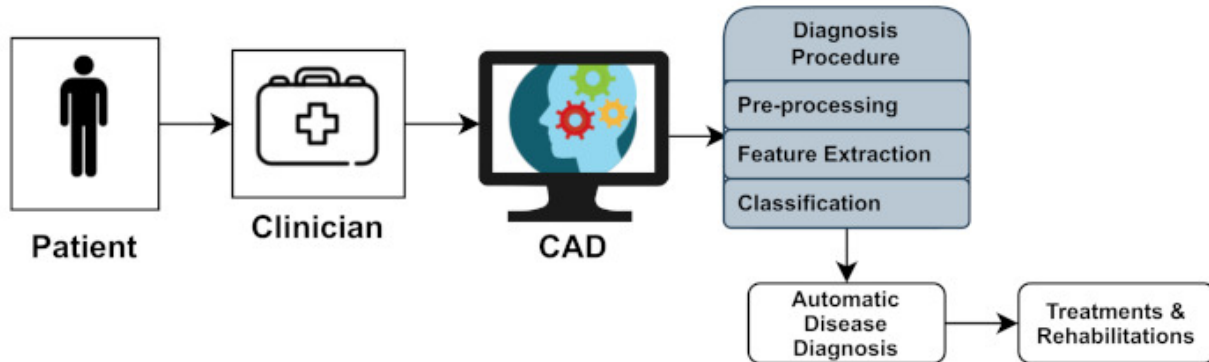
Το CAD (Computer-Aided Diagnosis) είναι μια τεχνολογία που χρησιμοποιείται στον τομέα της ιατρικής για να υποστηρίξει τη διάγνωση και την αξιολόγηση παθήσεων μέσω της χρήσης υπολογιστικών τεχνικών και λογισμικού. Η έρευνα που αφορά τα CAD ξεκίνησε στις αρχές της δεκαετίας του 1980 και σταδιακά εξελίχθηκε ως κλινικό υποστηρικτικό εργαλείο. Αναπτύχθηκε για να βοηθήσει τους ιατρούς να λάβουν πιο ακριβείς και αξιόπιστες αποφάσεις στον τομέα της διάγνωσης. Οι εφαρμογές CAD είναι πολυμερείς και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε διάφορους τομείς της ιατρικής.

Ένα σύστημα CAD μπορεί να χρησιμοποιείται για την ανάλυση ιατρικών εικόνων, όπως ακτινογραφίες, μαγνητικές τομογραφίες (MRI), υπερηχογραφήματα κ.λπ., προκειμένου να ανιχνευθούν ανωμαλίες και να βοηθηθεί στη διάγνωση καθώς και για την ανάλυση και επεξεργασία ιατρικών σημάτων, όπως ηλεκτροκαρδιογράφημα (ECG) και εγκεφαλογράφημα (EEG), προκειμένου να ανιχνευθούν διαταραχές ή ανωμαλίες. Βοηθά στην ανάλυση και την εξαγωγή δεδομένων από το ιατρικό ιστορικό ενός ασθενούς, για την υποστήριξη της διάγνωσης και της θεραπείας. Η τεχνολογία CAD χρησιμοποιεί αλγόριθμους μηχανικής μάθησης και επεξεργασίας εικόνας για να ανιχνεύσει μοτίβα, τάσεις ή ανωμαλίες που μπορεί να διαφεύγουν ακόμα και από το εκπαιδευμένο ανθρώπινο μάτι. Αυτή η τεχνολογία δεν αντικαθιστά τον ιατρό, αλλά τον υποστηρίζει παρέχοντας επιπλέον πληροφορίες και ανιχνεύοντας πιθανές ανωμαλίες που αξίζει να εξεταστούν περαιτέρω.

Είναι υψίστης σημασίας να αναφερθεί πως το CAD μπορεί να δώσει στους μη ακτινολόγους απεικονιστές, μια ψευδή αίσθηση ασφάλειας και εμπιστοσύνης με αποτέλεσμα να προκληθούν νομικά ζητήματα περί άδειας χρήσης του συστήματος. Σε περιβάλλοντα όπου οι κλινικοί ιατροί εκτελούν και ερμηνεύουν τις δικές τους απεικονιστικές μελέτες, η αυτοματοποιημένη επεξεργασία εικόνας και τα CAD πιθανότατα θα αύξαναν τις εισβολές που γίνονται από μη ακτινολόγους κλινικούς ιατρούς στον τομέα της απεικόνισης<sup>52,53</sup>.

Αυτή τη στιγμή, η ανάπτυξη πιθανών αλγορίθμων για τη βέλτιστη απεικόνιση της ανατομίας, με χρήση πολλαπλών επιπέδων και προοπτικών, σε συνδυασμό με την υποστήριξη από το

CAD, πραγματοποιείται με μια προσέγγιση που ενδέχεται να μην ικανοποιεί αμέσως τις γρήγορες ανάγκες στον ιδιωτικό ιατρικό τομέα<sup>51,52</sup>.



Εικόνα 4: Η αρχιτεκτονική ενός συστήματος CAD<sup>95</sup>

Δυστυχώς, ορισμένοι μεγάλοι προμηθευτές PACS έχουν «ενσωματώσει» στο λογισμικό τους την απαίτηση να αρχειοθετούνται όλες οι ανακατασκευασμένες εικόνες. Ίσως το αρχικό σκεπτικό ήταν η απαλοιφή των ακτινολόγους από το να χρειάζεται να πλοηγηθούν στα σύνολα δεδομένων, αναδημιουργώντας έτσι την ακολουθία αξιολόγησης για ένα πλήρες ιατρικό αρχείο και αποτρέποντας την απώλεια των επιθυμητών 'κρίσιμων' εικόνων. Ωστόσο, η διαδικασία αυτή, μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα τη διατήρηση παραπλανητικών εικόνων, οι σοβαρές επιπτώσεις των οποίων στη διάγνωση και τη θεραπεία του ασθενούς μπορεί να είναι καταστροφικές<sup>52</sup>. Η διαχείριση του περιεχομένου του ιατρικού φακέλου καθώς και η ανάπτυξη νέων παραδειγμάτων προβολής εικόνων που ερμηνεύουν τα δεδομένα εικόνας με ακρίβεια και αυθεντικότητα, αποτελούν κρίσιμους παράγοντες για την ακτινολογική κοινότητα. Τελικά όμως, ένας υπολογιστής μπορεί να εκπαιδευτεί να "βλέπει", αλλά ο ακτινολόγος παραμένει αυτός που κατανοεί τη σημασία των εικόνων. Έτσι, η γνωμάτευση της εικόνας από τον ιατρό ακτινολόγο, είναι πάντα απαραίτητη πριν την τελική διάγνωση και θεραπεία.

Η ανίχνευση και η γνωμάτευση με τη βοήθεια υπολογιστή μπορεί να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στη μείωση του χρόνου διάγνωσης και στη βελτίωση της ροής εργασιών στα ακτινολογικά τμήματα. Η ανίχνευση με τη βοήθεια υπολογιστή μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως δεύτερος αναγνώστης ή ως έλεγχος πρώτης διέλευσης. Η προηγμένη επεξεργασία μπορεί να

βοηθήσει με αυτοματοποιημένες μετρήσεις, διαδικασίες εγγραφής και ειδικές εφαρμογές. Όλοι αυτοί οι αλγόριθμοι διάγνωσης με τη βοήθεια υπολογιστή, εξαρτώνται από την πρόσβαση στα καλύτερα διαθέσιμα δεδομένα και η απόδοσή τους βελτιώνεται όταν χρησιμοποιούνται δεδομένα λεπτής τομής<sup>50</sup>.

Μετά από πολλά χρόνια κλινικής εμπειρίας, είναι προφανές ότι το CAD πρέπει να ενσωματωθεί σε ένα μέρος του PACS για να είναι κλινικά χρήσιμο. Η ενσωμάτωση του CAD με το PACS εκμεταλλεύεται τους πόρους εικόνας που διαθέτει το PACS και ενισχύει την έρευνα και την αξία του CAD. Η ενοποίηση CAD-HIS/RIS/PACS, απαιτεί ορισμένα βασικά συστατικά από το πρότυπο HL7 για δεδομένα κειμένου, από το πρότυπο DICOM για την εικόνα και το IHE για τα προφίλ ροής εργασιών προκειμένου να συμμορφωθεί με τις απαιτήσεις του HIPAA (Health Insurance Portability and Accountability Act) ως σύστημα υγειονομικής περίθαλψης.

Το πρόσφατα αναπτυγμένο πρόγραμμα ενσωμάτωσης CAD-PACS βασίζεται στην τυπική μορφή DICOM-SR (Structured Report- δομημένη γνωμάτευση) και επιτρέπει την απρόσκοπτη ενσωμάτωση των CAD σε PACS. Η εμφάνιση της τεχνητής νοημοσύνης έχει προκαλέσει κατανοητό άγχος προκαλώντας το ερώτημα, εάν ένας υπολογιστής μπορεί να διαβάσει μια αξονική τομογραφία όπως και ένας άνθρωπος, χωρίς να κουράζεται ποτέ ή να χρειάζεται διακοπές, πώς φαίνεται το μέλλον για τους ακτινολόγους; Τα συστήματα υποβοηθούμενα από υπολογιστή, συμπεριλαμβανομένης της τεχνητής νοημοσύνης, είναι εργαλεία-ορόσημο στην εξέλιξη της ακτινολογίας αλλά δεν είναι, και ποτέ δε θα γίνουν, ιατροί<sup>32</sup>.

Συμπερασματικά, το βασικό μέρος των λειτουργιών PACS θα συνεχίσει να είναι αφιερωμένο στην πληροφορική απεικόνιση, αν και απαιτούνται ολοένα και πιο εξελιγμένες τεχνολογίες σε καθημερινή βάση, όπως εφαρμογές ανίχνευσης με τη βοήθεια υπολογιστή CAD ή μεταεπεξεργασία πολυδιάστατων δεδομένων. Μπορούν, από σταθμούς PACS, να δημιουργηθούν νέες τεχνικές, επιτρέποντας την εφαρμογή του CAD σε σύνολα δεδομένων εικόνας, όπως CT κολοноσκόπηση, CT πνεύμονα και μαστογραφία(τομογραφία), τα οποία μπορούν να ανακτηθούν ηλεκτρονικά σε μορφή DICOM από το δίκτυο PACS<sup>65-67</sup>. Η διαδικτυακή διαθεσιμότητα τέτοιων εργαλείων μπορεί να είναι επωφελής όσον αφορά την αυξημένη

διαγνωστική εμπιστοσύνη, καθώς μπορεί να βοηθήσει τους ακτινολόγους να ανιχνεύσουν βλάβες στον ίδιο σταθμό εργασίας που χρησιμοποιείται για ανάγνωση και αναφορά συμβατικές δισδιάστατες εικόνες <sup>68,38</sup>.



## 4. Ενσωμάτωση του PACS στο νοσοκομείο

### 4.1 Εισαγωγή

Ένα PACS αποτελείται από πολλά τεχνικά και κλινικά στοιχεία που συνδυάζονται με την ιατρική απεικόνιση προς τον σχηματισμό ενός ολοκληρωμένου συστήματος τεχνολογίας πληροφοριών υγείας (IT). Τα τελευταία 20 χρόνια, πολλά νοσοκομεία και κατασκευαστές έχουν ερευνήσει και αναπτύξει PACS ποικίλης πολυπλοκότητας για καθημερινή κλινική χρήση.

Υπάρχουν τρεις βασικές πληροφορίες δίχως τις οποίες, η σύνδεση ενός PACS σε ένα σταθμό εργασίας δεν είναι δυνατή: αριθμός/τίτλος οντότητας εφαρμογής κλήσης (AE Title), διεύθυνση IP και αριθμός θύρας DICOM.

Το πρώτο βήμα σε κάθε ροή εργασιών ακτινολογικού τμήματος είναι η καταχώρηση της εντολής η οποία μπορεί να είναι μια έντυπη συνταγή από τον ιατρό ή να έχει τοποθετηθεί στο σύστημα (worklist) από οποιοδήποτε μέλος του προσωπικού του νοσοκομείου.

Ένα PACS περιέχει διαφορετικούς τύπους δεδομένων και βάσεων δεδομένων, που παραδοσιακά αποθηκεύονται σε διαφορετικές μορφές. Αυτές οι καταχωρήσεις περιλαμβάνουν δεδομένα εικόνας, δημογραφικά στοιχεία και δεδομένα DICOM, καθώς και λειτουργικά δεδομένα όπως η βελτίωση ή ο χειρισμός εικόνας που εκτελούνται από τον ακτινολόγο.

Το PACS αποτελείται από τέσσερα κύρια στοιχεία: συστήματα λήψης εικόνας (imaging modalities), δίκτυα επικοινωνίας, αρχείο και διακομιστή PACS και σταθμούς εργασίας ενσωματωμένης οθόνης (Work Stations). Ένα PACS μπορεί επίσης να συνδεθεί με τα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης RIS και HIS μέσω δικτύων επικοινωνίας, όπως αναφέρθηκε νωρίτερα.

Η διαδικασία ξεκινά όταν ένας ασθενής παρουσιάζεται στον θεράποντα ιατρό του με ένα ιατρικό παράπονο ή για μια επίσκεψη ρουτίνας. Εάν ενδείκνυται απεικόνιση, ο ιατρός πρέπει πρώτα να γνωρίζει ποιες απεικονιστικές εξετάσεις είναι διαθέσιμες και, ίσως το πιο σημαντικό,

πότε είναι κατάλληλες. Επιπλέον, οι ιατροί πρέπει να έχουν επίγνωση των θεμάτων ασφάλειας ακτινοβολίας για τους ασθενείς τους (ALARA- As Low As Reasonably Achievable) και την ανάγκη αποφυγής περιττών διπλών δοκιμών. Αυτό αντιπροσωπεύει τον πυλώνα της απεικόνισης και τον πρώτο κρίκο στην αλυσίδα αξίας της <sup>42,57</sup>. Δυστυχώς, οι περισσότεροι οργανισμοί δεν διαθέτουν συνεπείς και αναπαραγωγίμες διαδικασίες ροής εργασίας που να διασφαλίζουν την καταλληλότητα της απεικόνισης. Συνεπώς, υπάρχει έντονη διαφοροποίηση στην πρακτική απεικόνισης, υπονομεύοντας την ικανότητα των ακτινολόγων και των τμημάτων να προσφέρουν τη μέγιστη δυνατή περίθαλψη στον ασθενή. Τελικά, μέσω της χρήσης ηλεκτρονικών εργαλείων υποστήριξης αποφάσεων με ενσωματωμένες πληροφορίες σχετικά με την ασφάλεια ακτινοβολίας, σε συνδυασμό με ομότιμες διαβουλεύσεις με ακτινολόγους, οι παραπέμποντες ιατροί μπορούν να ζητήσουν την κατάλληλη εξέταση απεικόνισης, την κατάλληλη στιγμή, με έγκαιρο και απρόσκοπτο τρόπο <sup>23, 42</sup>.

Αφού επιλεγεί η κατάλληλη μέθοδος απεικόνισης, ο ακτινολόγος πρέπει να καθορίσει το βέλτιστο πρωτόκολλο απεικόνισης για τον συγκεκριμένο ασθενή, δεδομένης της κλινικής κατάστασης. Η βέλτιστη επιλογή πρωτοκόλλου θα ποικίλλει, μεταξύ άλλων, ανάλογα με τις ενδείξεις, τις βοηθητικές κλινικές πληροφορίες, την ηλικία, το βάρος, την προηγούμενη απεικόνιση, την πρόσβαση και τη διαθεσιμότητα του τρόπου λειτουργίας, τους πόρους προσωπικού και τις προτιμήσεις των ασθενών. Για άλλη μια φορά, υπάρχει έντονη διακύμανση σε ολόκληρο το έθνος, περιορίζοντας ξανά την αξία ενός τμήματος και τα αποτελέσματα των ασθενών <sup>23,42,58</sup>.

## 4.2 Εφαρμογές PACS

Τα τελευταία 25 χρόνια τρεις κύριοι λόγοι, μεταξύ άλλων, ώθησαν την πρόοδο τόσο της χρήσης των μεθόδων απεικόνισης όσο και της κλινικής αποδοχής του PACS. Δώθηκαν σημαντικά χρηματικά κεφάλαια προς την ακαδημαϊκή κοινότητα, με αποτέλεσμα την πρώιμη έρευνα και ανάπτυξη βασικών τεχνολογιών, την προσαρμογή των προτύπων ιατρικής απεικόνισης από την κοινότητα απεικόνισης και την ικανότητα των κατασκευαστών να αναπτύσσουν προφίλ ροής εργασιών για λειτουργία PACS μεγάλης κλίμακας. Λόγω της

διαθεσιμότητας μεγάλου όγκου απεικόνισης και ιατρικών δεδομένων, το επόμενο κύμα καινοτομίας ήταν η ωρίμανση της έννοιας της πληροφορικής ιατρικής απεικόνισης <sup>5</sup>.

Η ιδέα ότι το PACS μπορεί να γίνει ο κόμβος της ιατρικής επιχείρησης θα φαινόταν περίεργη μόλις πριν από λίγα χρόνια <sup>64</sup>, αλλά η τρέχουσα τεχνολογία αποδεικνύει τα πλεονεκτήματα που έχει προσφέρει. Ως κεντρικό αποθετήριο για όλα τα δεδομένα απεικόνισης, το PACS θεωρείται στην πραγματικότητα <sup>38</sup>, ως το φυσικό κέντρο ελέγχου για τη διάθεση εικόνων οπουδήποτε εντός του τομέα συνάφειας. Οι απαιτήσεις που πρέπει να πληροί κάθε νέα εφαρμογή PACS προκειμένου να διαμορφωθεί πραγματικά ως ο κόμβος της νέας ιατρικής επιχείρησης είναι τεράστιες <sup>79</sup>.

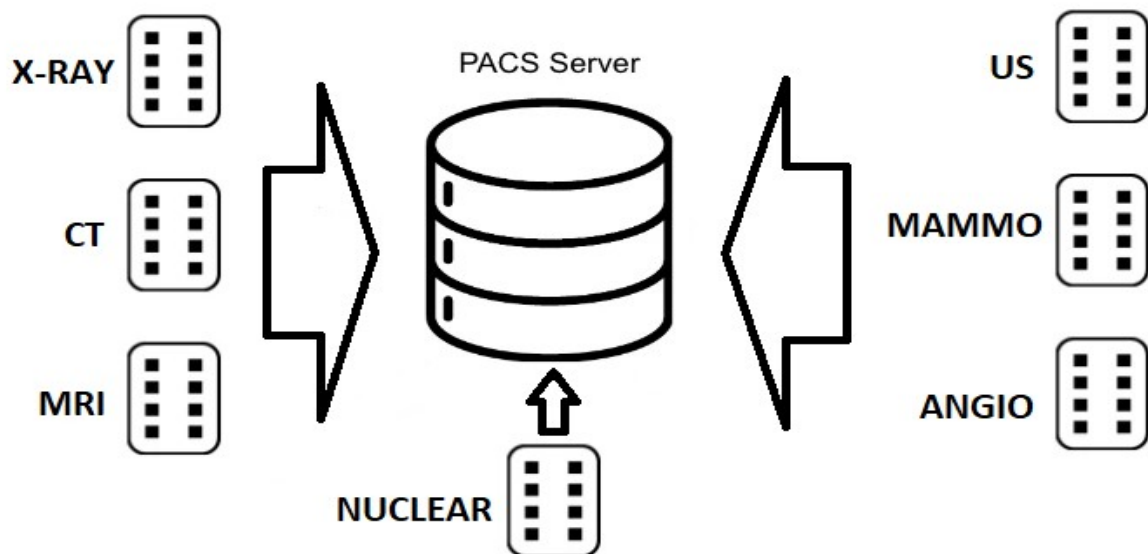
Κατά τη διάρκεια των τελευταίων 10 ετών, τα PACS χάραξαν το δρόμο για την έρευνα και την ανάπτυξη της πληροφορικής απεικόνισης. Σε αυτό το νέο πεδίο, αξιοσημείωτα επιτεύγματα στη συνεχιζόμενη έρευνα PACS είναι η ανάπτυξη προφίλ ροής εργασίας IHE (Integrating the Healthcare Enterprise), η έννοια του εταιρικού PACS για διανομή εικόνας, το CAD που χρησιμοποιεί δεδομένα PACS και η ενοποίηση του CAD με το PACS και το PACS σε χειρουργικές εφαρμογές <sup>5</sup>.

Εκτός από τις κλινικές πληροφορίες που είναι αποθηκευμένες στο EMR, πολλά ιδρύματα έχουν εφαρμόσει ένα αποθετήριο κλινικών πληροφοριών, που αναφέρεται επίσης ως *αποθήκη κλινικών δεδομένων*, το οποίο συνήθως περιέχει όλα τα διαθέσιμα κλινικά δεδομένα και πληροφορίες χρέωσης. Αν και οι εικόνες του PACS συνήθως δεν περιλαμβάνονται, αρκετά ιδρύματα έχουν συμπεριλάβει τα μεταδεδομένα (metadata) PACS DICOM στην αποθήκη δεδομένων τους. Το πλεονέκτημα του αποθετηρίου είναι ότι οι κλινικές πληροφορίες μπορούν να συγκεντρωθούν σε ολόκληρο τον πληθυσμό ασθενών του ιδρύματος. Με τον τρόπο αυτό, μπορούν να απαντηθούν σύνθετα κλινικά ερωτήματα που δεν έχουν αντίκτυπο στην απόδοση του συστήματος EMR του ιδρύματος. <sup>41</sup>

### 4.3 Συστήματα Απεικόνισης-Modalities

Ένα σύστημα PACS μπορεί να λαμβάνει εικόνες από διάφορες ιατρικές συσκευές, γνωστές ως "modalities". Οι κύριες συσκευές που συνήθως χρησιμοποιούνται για τη λήψη ιατρικών εικόνων και μπορούν να ενσωματωθούν σε ένα σύστημα PACS περιλαμβάνουν:

- Ψηφιακές ακτινογραφίες (CR/DR): αντικαθιστούν τις παραδοσιακές ακτινογραφίες με ψηφιακές εικόνες που μπορούν να αποθηκευτούν και να μεταδοθούν ηλεκτρονικά.
- Υπερηχογραφία (Ultrasound): Η υπερηχογραφία χρησιμοποιεί ήχο υψηλής συχνότητας για την απεικόνιση των εσωτερικών οργάνων και των ιστών του σώματος.
- Μαγνητική Τομογραφία (MRI): Η μαγνητική τομογραφία χρησιμοποιεί μαγνητικά πεδία και ραδιοκύματα για τη δημιουργία λεπτομερών εικόνων των εσωτερικών δομών του σώματος.
- Πυρηνική Ιατρική (Nuclear Medicine Scans): Αυτές οι εξετάσεις χρησιμοποιούν ακτινοβολία για να δημιουργήσουν εικόνες της λειτουργίας των οργάνων και των ιστών.
- Υπολογιστική Τομογραφία (CT Scans): Η υπολογιστική τομογραφία χρησιμοποιεί ακτίνες X για τη δημιουργία λεπτομερών εικόνων των δομών εντός του σώματος.
- Αγγειογραφία (Angiography): Η αγγειογραφία χρησιμοποιείται για την απεικόνιση των αγγείων.
- Μαστογραφίες (Mammography-MAMMO): Η μέθοδος της μαστογραφίας χρησιμοποιεί ακτίνες X για την λεπτομερή απεικόνιση του μαστού.



**Εικόνα 5:** Τα συστήματα απεικόνισης που αποθηκεύουν ιατρικές εικόνες σε ένα σύστημα PACS

Το PACS περιλαμβάνει πολλές τεχνολογίες υλικού (Hardware) και λογισμικού (Software) για την απόκτηση, διανομή, αποθήκευση και ανάλυση ψηφιακών εικόνων σε κατανομημένα περιβάλλοντα. Η τυπική αρχιτεκτονική DICOM κατέχει σημαντικό ρόλο στην ανταλλαγή δομημένων δεδομένων ιατρικής απεικόνισης και σήμερα σχεδόν όλοι οι κατασκευαστές εξοπλισμού ιατρικής απεικόνισης την υποστηρίζουν. Τα κέντρα υγείας έχουν πραγματοποιήσει σημαντικές επενδύσεις στην πληροφορική για τη δημιουργία και τη συντήρηση εργαστηρίων ιατρικής απεικόνισης. Σε αυτά τα εργαστήρια, η αποθήκευση δεδομένων είναι πάντα πολύ σημαντική προϋπόθεση. Ο όγκος των παραγόμενων δεδομένων από δυναμικές καρδιακές μεθόδους, όπως, π.χ. αγγειογραφία ακτίνων Χ (XA) και υπερηχογράφημα (US), υπολογιστική τομογραφία (CT), μαγνητική τομογραφία υψηλού πεδίου (MRI) και ψηφιακή μαστογραφία (MAMMO) είναι τεράστιος. Η ανάγκη εύκολης εύρεσης παλαιότερων απεικονίσεων είναι ομολογουμένως τεράστια, καθώς για την ευκολότερη και πιο αξιόπιστη διάγνωση πρέπει να υπάρχει η δυνατότητα σύγκρισης των νέων εικόνων με τις προηγούμενες.

Η αποτελεσματική αποθήκευση και η μόνιμη διαθεσιμότητα όλων των παραγόμενων δεδομένων είναι ύψιστης σημασίας <sup>88</sup> όταν δεν απαιτούνται σημαντικές αναβαθμίσεις και επισκευές που αυξάνουν σημαντικά το συνολικό κόστος ιδιοκτησίας με την πάροδο του χρόνου <sup>87</sup>. Επιπλέον, τα ιδρύματα πρέπει να αντιμετωπίσουν πολλά προβλήματα που σχετίζονται με την υποδομή πληροφορικής, συμπεριλαμβανομένης της ανοχής σφαλμάτων, των ζητημάτων απόδοσης, του κόστους συντήρησης υλικού, της απαξίωσης του συστήματος και της μετεγκατάστασης. Δεδομένα ιατρικών εικόνων μπορούν να δημιουργηθούν σε σχεδόν οποιοδήποτε ίδρυμα υγειονομικής περίθαλψης, ακόμη και σε ένα με περιορισμένους ανθρώπινους ή οικονομικούς πόρους <sup>89</sup>. Ο ιατρικός εξοπλισμός απεικόνισης, π.χ., οι γεννήτριες δεδομένων εικόνας, έγιναν σταδιακά πιο ισχυρές και λιγότερο δαπανηρές, με αποτέλεσμα τον πολλαπλασιασμό τους σε μικρά κέντρα απεικόνισης.

Ωστόσο, ορισμένα από αυτά τα κέντρα δεν διαθέτουν τους πόρους για να αποκτήσουν και να διατηρήσουν μια παραδοσιακή λύση PACS με την υποδομή πληροφορικής τους. Αυτό οδήγησε τα νοσοκομεία και τα κέντρα απεικόνισης να εξετάσουν την εξωτερική ανάθεση του διακομιστή αρχείων PACS σε ένα απομακρυσμένο κέντρο δεδομένων, ένα μοντέλο υπηρεσίας που εξαλείφει, ή τουλάχιστον μειώνει, πολλά από τα προβλήματα που είχαν εντοπιστεί προηγουμένως και μεγιστοποιεί την απόδοση της επένδυσης. Ένα άλλο βασικό πλεονέκτημα είναι ότι αυτά τα αποθετήρια είναι ουδέτερα ως προς τον προμηθευτή (Vendor Neutral), επομένως η γήρανση και η αναβάθμιση του PACS δεν αποτελούν πρόβλημα. Επιπλέον, αυτό το νέο παράδειγμα μεγιστοποιεί την αποτελεσματικότητα του PACS, επειδή η λύση μπορεί να εξυπηρετήσει πολλαπλούς ιστότοπους, διευκολύνοντας την ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ των ιδρυμάτων και τις κοινές ροές εργασίας <sup>87,90</sup>. Με έναν πολύ περιορισμένο τρόπο, οι παραπέμποντες ιατροί, εκτελούν πολλά καθήκοντα «μικρο-τεχνολογικής αξιολόγησης». Ωστόσο, αυτοί οι μεμονωμένοι γιατροί δεν μπορούν να εκτελέσουν τα βασικά καθήκοντα της μακροτεχνολογικής αξιολόγησης <sup>31</sup>.

#### 4.4 Συμπύεση εικόνας

Η ψηφιακή ιατρική απεικόνιση αντιπροσωπεύει ένα από τα μεγαλύτερα σύνολα δεδομένων στην υγειονομική περίθαλψη. Σε ένα εξελιγμένο περιβάλλον ηλεκτρονικού ιατρικού αρχείου σήμερα, δεν θα εκπλήσσει το γεγονός ότι περισσότερο από το 80% όλων των δεδομένων προορίζονται για ιατρική απεικόνιση. Σε ένα ηλεκτρονικό περιβάλλον, όπως ένα σύστημα αρχειοθέτησης και επικοινωνίας εικόνων (PACS), αυτά τα μεγάλα σύνολα δεδομένων πρέπει να προβληθούν γρήγορα σε υπολογιστές για να συμβάλουν στη βελτίωση της παραγωγικότητας των ιατρών, είτε είναι ακτινολόγοι είτε, όλο και περισσότερο, οι παραπέμποντες ιατροί.

Για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος, τα μεγάλα σύνολα δεδομένων πρέπει να αρχειοθετούνται για μεγάλα και αναπροσδιόριστα χρονικά διαστήματα, ακόμη και ενδεχομένως για πάντα και να ταξιδεύουν μέσω δικτύων (ενσύρματα ή ασύρματα) με μεγάλες ταχύτητες. Πρακτικά, η ταχύτητα με την οποία γίνεται διαθέσιμη μια εξέταση στον υπολογιστή, εξαρτάται από το μέγεθος του αρχείου στον αποθηκευτικό χώρο, την ανταπόκριση του αρχείου (πόσο γρήγορα μπορεί να βρει το αρχείο και να το καταστήσει διαθέσιμο στο δίκτυο), το εύρος ζώνης του δικτύου (ταχύτητα ή μέγεθος) και την επεξεργαστική ισχύ του υπολογιστή που επρόκειτο να αποθηκεύσει το αρχείο στην προσωρινή μνήμη αφού το αρχείο φτάσει στον υπολογιστή που αποτελεί τον τελικό του προορισμό.

Η συμπύεση χωρίς απώλειες (lossless) θα πρέπει να είναι η μόνη επιλογή, ωστόσο, με το κόστος τεράστιων συνόλων δεδομένων. Η συμπύεση με απώλεια (lossy) είναι πιο προβληματική, καθώς επηρεάζει κατά πολύ την ποιότητα της εικόνας. Για να γίνει αποδεκτή η συμπύεση με απώλειες, είναι απαραίτητη η διαλεύκανση με μαθηματική ακρίβεια πως, η υποβάθμιση στο αρχείο εικόνας (πετώντας ένα κομμάτι αρχικών δεδομένων) δεν είναι αντιληπτή από το εκπαιδευμένο μάτι ενός ακτινολόγου. Αυτό είναι ένα μεγάλο έργο και παραμένει σε μεγάλο βαθμό ένα ανοιχτό ζήτημα<sup>91</sup>.

Η οπτικοποίηση ιατρικών δεδομένων έχει σταδιακά μεταμορφωθεί με την εμφάνιση της ψηφιακής απεικόνισης, την ωρίμανση των εργαλείων υπολογιστών και την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών με τις οποίες δημιουργούνται και αποκτώνται ιατρικές εικόνες. Οι ιατρικές

εικόνες αρχικά εμφανίζονταν σε στατική μορφή σε φιλμ, αλλά αυτή η διαδικασία έχει μεταφερθεί σε δυναμική εμφάνιση, με προβολή ψηφιακών εικόνων σε 'μαλακό' αντίγραφο.

Η ερμηνεία των τρόπων διατομής έχει εξελιχθεί από την προβολή εικόνων στο αξονικό επίπεδο με 'πλακάκια' κατά μήκος της οθόνης, σε λειτουργίες στοίβας (stacks), σε λειτουργία συνδεδεμένης στοίβας για τρισδιάστατη (3D) απεικόνιση αντιστοιχία. Οι νεότερες τεχνικές απεικόνισης περιλαμβάνουν τη σύντηξη εικόνων πολλαπλών τρόπωντις πολυεπίπεδες ανακατασκευές, τις τρισδιάστατες αποδόσεις δομών και όγκου και αναπαραστάσεις εικονικής πραγματικότητας.

Σε γενικές γραμμές, υπάρχουν τρεις επιλογές για τη διαχείριση της ροής εργασιών απεικόνισης πολλαπλών τμημάτων, συμπεριλαμβανομένης μιας προσέγγισης παχιάς τομής, ενός προσωρινού σεναρίου λεπτής τομής και του αληθινού μοντέλου PACS<sup>50,51</sup> λεπτής τομής 3D. Αυτές οι στρατηγικές ροές εργασίας και οι παραλλαγές τους ισοδυναμούν με την αποστολή κανενός, μερικών ή όλων των λεπτών τομών στο PACS αντίστοιχα. Με τη χρήση της πρώτης επιλογής, ή της προσέγγισης παχιάς τομής, είναι δυνατό να μειωθεί ο όγκος των δεδομένων που μεταφέρονται από τον Αξονικό Τομογράφο στο αρχείο του PACS. Με την απόκτηση τμημάτων σε ανάλυση 0,5 mm στο CT και στη συνέχεια ανακατασκευή και μετάδοση τμημάτων 5 mm στο αρχείο PACS, μπορεί κανείς να επιτύχει δεκαπλάσια μείωση της αποθήκευσης δεδομένων.

Η εξέχουσα σημασία του περιορισμού συμπίεσης των εικόνων, ωστόσο, έγκειται στο γεγονός ότι επρόκειτο ουσιαστικά για μια 'φτηνή' μορφή συμπίεσης δεδομένων, με σοβαρούς περιορισμούς στις μελλοντικές επιλογές μεταεπεξεργασίας. Αυτό εξαλείφει σχεδόν όλα τα πλεονεκτήματα της βελτιωμένης ανάλυσης των Αξονικών Τομογράφων και επομένως δεν χρησιμοποιείται συνήθως<sup>53</sup>.

Σε γενικές γραμμές, προς αποφυγή μεταφοράς και αποθήκευσης τεράστιου όγκου δεδομένων τη φορά, χρησιμοποιείται το μοντέλο αποθήκευσης εικόνας με απώλειες. Και οι δύο τεχνικές όμως έχουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα.



<b>Διαφορές Lossy και Lossless Compression</b>			
<b>Lossy</b>		<b>Lossless</b>	
<b>Πλεονεκτήματα</b>	<b>Μειονεκτήματα</b>	<b>Πλεονεκτήματα</b>	<b>Μειονεκτήματα</b>
Μικρότερο Μέγεθος Αρχείου	Απώλεια Πληροφοριών	Διατήρηση Πλήρους Ποιότητας	Μεγαλύτερο Μέγεθος Αρχείων
Ευκολία Μεταφοράς	Περιορισμένη Επεξεργασία Εικόνων	Μεγάλο Εύρος Επεξεργασίας Εικόνας	Αυξημένη Μεταφορά Δεδομένων
Ταχύτερη Προβολή			

**Πίνακας 3:** Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Lossy και Lossless Compression

## 5: Διανομείς και Εταιρείες PACS

### 5.1 Διαβιβαστές

Κατά την μάχη των εταιρειών για αναγνώριση και μοναδικότητα στην αγορά, προέκυψε διαφοροποίηση στη χρήση υλικού και λογισμικού και θεωρήθηκε απαραίτητη η καινοτομία των επιχειρηματικών τους μοντέλων PACS. Ως αποτέλεσμα, ανταποκρίνονται περισσότερο στις ανάγκες των πελατών, οι οποίες μπορεί να κυμαίνονται από υπηρεσίες υποστήριξης έως αιτήματα χαρακτηριστικών και από διορθώσεις σφαλμάτων έως νέα μοντέλα αδειοδότησης και αγορών που ταιριάζουν καλύτερα στις ανάγκες των εργασιακών συνθηκών του κάθε πελάτη. Καθώς οι αρχικοί πελάτες του PACS αξιολογούν τα νεότερα συστήματα για αναβάθμιση και μετεγκατάσταση, οι προμηθευτές πρέπει να ευθυγραμμιστούν με τις ανάγκες των πελατών τους ώστε να μην βρεθούν αντιμέτωποι με αντικατάσταση με άλλον προμηθευτή. Αυτό έχει οδηγήσει σε καινοτομίες στο επιχειρηματικό μοντέλο PACS<sup>59</sup>. Αντί να προσφέρουν αποκλειστικά συμβόλαια αγοράς υψηλών αρχικών δαπανών με βάση τον αριθμό των κουτιών (διακομιστές, σταθμοί εργασίας και αποθηκευτικός χώρος), ορισμένοι προμηθευτές προσφέρουν τώρα άδειες λογισμικού ταυτόχρονης εκτέλεσης ακόμη και με απεριόριστες άδειες λογισμικού, με κατανομή εσόδων ως ποσοστό κάθε διαδικασίας που εκτελείται. Αυτή η ωρίμανση της αγοράς PACS οδήγησε σε περαιτέρω καινοτομίες επιχειρηματικών μοντέλων που επιτρέπουν στους πελάτες να επιλέγουν τα μοντέλα τιμολόγησης που ταιριάζουν καλύτερα στους κεφαλαιουχικούς προϋπολογισμούς τους.

Ακόμη και με βασικές και συχνά χρησιμοποιούμενες λειτουργίες, όπως η ρύθμιση παραθύρου/επίπεδου (window-level) και πλοήγηση στοίβας (stack navigation), δεν υπάρχει τυποποίηση. Οι περισσότεροι vendors χρησιμοποιούν τις κινήσεις των αξόνων X και Y του ποντικιού για να αλλάξουν τις ρυθμίσεις παραθύρου/επιπέδου, αλλά ούτε ο άξονας ούτε η κατεύθυνση κίνησης είναι ίδια. Το ένα σύστημα PACS χρησιμοποιεί το δεξί κουμπί του ποντικιού, το άλλο απαιτεί την επιλογή ενός εργαλείου από μια γραμμή εργαλείων ή μενού, το τρίτο χρησιμοποιεί το αριστερό κουμπί του ποντικιού πατημένο και το τέταρτο απαιτεί κλικ στο αριστερό κουμπί του ποντικιού μία φορά. Τα πιο σύνθετα χαρακτηριστικά των προϊόντων PACS είναι ακόμη λιγότερο παρόμοια από αυτά των βασικών εργαλείων. Αυτές οι διαφορές

είναι σημαντικές και επηρεάζουν την παραγωγικότητα και την ικανοποίηση των χρηστών με το προϊόν. Μια μικρή διαφορά στη χρηστικότητα ενισχύεται από την επαναλαμβανόμενη φύση της ροής εργασίας PACS και μπορεί να γίνει σημαντική όταν παρατηρηθεί με την πάροδο του χρόνου ή συγκεντρωθεί σε πολλούς χρήστες. Η ικανοποίηση και η παραγωγικότητα των χρηστών είναι πολύτιμες και οι δυνητικοί πελάτες χρησιμοποιούν αυτές τις δυνατότητες για να λάβουν αποφάσεις αγοράς <sup>59,91</sup>.

Είναι ύψιστης σημασίας να τονιστεί ότι πολλοί κατασκευαστές και πωλητές εξοπλισμού απεικόνισης ισχυρίζονται ότι το προϊόν τους είναι συμβατό με το DICOM. Παρέχουν, λοιπόν μια δήλωση συμμόρφωσης (DICOM conformance statement) που επιτρέπει την άμεση σύγκριση μεταξύ συσκευών που χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο επικοινωνίας DICOM, αλλά αυτός ο τύπος δήλωσης δεν εγγυάται τη συμβατότητα, καθώς οι κατασκευαστές μπορούν να ερμηνεύσουν διαφορετικά το πρότυπο DICOM <sup>36</sup>. Επομένως, πριν επιλέξει ένα σύστημα PACS, ο εκάστοτε πελάτης πρέπει να είναι βέβαιος των δυνατοτήτων του.

## 5.2 Συντήρηση και Απόσβεση

Η αγορά ενός συστήματος PACS είναι μια περίπλοκη απόφαση και επηρεάζεται από τις προοπτικές των τελικών χρηστών, του τεχνικού προσωπικού και της διοίκησης ενός νοσοκομείου. Από αυτές τις διάφορες οπτικές γωνίες, οι σημαντικές διαφορές μεταξύ της αρχιτεκτονικής, της χρησιμότητας και του βαθμού διαλειτουργικότητας των τρεχόντων προϊόντων παρέχουν μια βάση για ανταγωνισμό που βασίζεται στην αγορά PACS δημιουργούν μια πλατφόρμα για μελλοντική καινοτομία.<sup>59</sup>

Η βασική λειτουργία του Συστήματος Αρχαιοθήτησης και Επικοινωνίας εικόνων (PACS) μπορεί να αποσταχθεί στην αποθήκευση, ανάκτηση και, στη συνέχεια, εμφάνιση εικόνων. Τα πρώτα PACS ήταν συστήματα πολλών εκατομμυρίων δολαρίων, ειδικά σχεδιασμένα για κάθε πελάτη. Λόγω του ιδιόκτητου και προσαρμοσμένου χαρακτήρα τους, το υψηλό κόστος των πρώιμων PACS εμπόδιζε τη θετική απόδοση της επένδυσης.

Η απόσβεση ενός συστήματος PACS μπορεί να ποικίλει ανάλογα με πολλούς παράγοντες. Πιο σημαντικός απ' όλους είναι, πιθανώς, το Κόστος Απόκτησης, που περιλαμβάνει το κόστος της αγοράς του εξοπλισμού, του λογισμικού, των υπηρεσιών εγκατάστασης και εκπαίδευσης, καθώς και άλλων σχετικών εξόδων. Επίσης, το Κόστος Λειτουργίας που περιλαμβάνει τα τέλη συντήρησης και υποστήριξης, την ενημέρωση του λογισμικού, τη διαχείριση των δεδομένων και την κατανάλωση ενέργειας. Τέλος, η Χρονική περίοδος κατά την οποία το σύστημα PACS θα είναι σε λειτουργία και η Αξία Χρήσης του, δηλαδή η απόδοση του συστήματος PACS στην οργάνωση, συμπεριλαμβανομένης της βελτίωσης της αποτελεσματικότητας, της ποιότητας της φροντίδας των ασθενών και της αναγνώρισης και εξυπηρέτησης των αναγκών της κλινικής πρακτικής.

Η απόσβεση είναι σημαντική για την αναγνώριση του κόστους και των οφελών ενός συστήματος PACS κατά τη διάρκεια της χρήσης του και την προετοιμασία για μελλοντικές επενδύσεις ή αναβαθμίσεις.

Το PACS έχει σήμερα εξελιχθεί σε φθηνότερα συστήματα βασισμένα σε πρότυπα με πολλούς προμηθευτές<sup>80</sup>. Η τρέχουσα απόδοση της επένδυσης είναι πλέον θετική και αρκετά μεγάλη

ώστε νοσοκομεία ή ιδρύματα χωρίς PACS να βρίσκονται σε ανταγωνιστικό μειονέκτημα. Ευτυχώς, το PACS έχει γίνει ένα εμπόρευμα, καθιστώντας τα οφέλη του πιο προσιτά στους αγοραστές του και στους ασθενείς τους.

Προηγουμένως, οι πωλητές PACS δημιουργούσαν με μεγάλο κόστος προσαρμοσμένα τσιπ και πίνακες με αυστηρά ενσωματωμένες προσαρμογές λογισμικού, για να ξεπεράσουν τα όρια του απλού εξοπλισμού για αποθήκευση, μεταφορά και εμφάνιση ιατρικών εικόνων υψηλής ανάλυσης και υψηλής αντίθεσης. Το νέο εμπορικό υλικό, λειτουργεί πλέον σε επίπεδα που εξαλείφουν την ανάγκη για ακριβό προσαρμοσμένο προϊόν PACS<sup>3</sup>. Ως αποτέλεσμα, οι πωλητές μπορούν να επωφεληθούν από αυτό το βασικό υλικό και τις οικονομίες κλίμακας για να μειώσουν το κόστος σχεδιασμού και, κατά συνέπεια, το κόστος για τον καταναλωτή. Πλέον, αντί να προορίζεται αποκλειστικά για μεγάλα ιδρύματα με τεράστιους χρηματικούς προϋπολογισμούς, το PACS είναι πιο προσιτό και διαχέεται περαιτέρω σε ομάδες με μεγαλύτερη συνείδηση του κόστους και σε μικρότερα ιδρύματα που προηγουμένως δεν είχαν την οικονομική δυνατότητα να το προμηθευτούν<sup>59,80</sup>.

Οι πρόσφατες τεχνολογικές εξελίξεις περιλαμβάνουν την ανάπτυξη αποκλειστικών δικτυακών πυλών και Εικονικών Ιδιωτικών Δικτύων (VPN) προκειμένου να βελτιωθεί η προβολή και η μετεπεξεργασία εικόνων DICOM, η οποία έχει ενεργοποιηθεί χάρη στην ανάπτυξη της χρήσης του Διαδικτύου και της ασύρματης τεχνολογίας. Όπως έχει προαναφερθεί, την τελευταία δεκαετία, έχει επιτευχθεί σχεδόν πλήρης ενοποίηση του PACS με τα Συστήματα Πληροφοριών Ακτινολογίας (RIS) και μια ενδιαφέρουσα εφαρμογή είναι η δομημένη αναφορά (structured reporting), στην οποία η ικανότητα του PACS να διαχειρίζεται δεδομένα πολυμέσων πιθανότατα διαδραματίζει ολοένα και πιο σημαντικό ρόλο<sup>38</sup>.

Με την πάροδο του χρόνου, η αγορά των PACS έχει πράγματι ωριμάσει και τα ανταγωνιστικά χαρακτηριστικά έχουν αλλάξει, αλλά δεν έχουν φτάσει στο σημείο όπου ο ανταγωνισμός να είναι μόνο στην τιμή. Στην πραγματικότητα, λαμβάνοντας υπόψη τις δυνατότητες καινοτομίας στην αγορά PACS, ενδέχεται οι ενδιαφερόμενοι να αντιμετωπίσουν περισσότερο μελλοντικό ανταγωνισμό σε σχέση με το παρελθόν<sup>62</sup>.

Όσον αφορά τη συντήρηση ενός εγκατεστημένου συστήματος PACS, γίνεται αναφορά σε ένα σύνολο διαδικασιών και δραστηριοτήτων που προορίζονται για τη διασφάλιση της ομαλής λειτουργίας και της αποτελεσματικής απόδοσης του συστήματος.

Πρέπει να γίνεται εξονυχιστική συντήρηση Υλικού που περιλαμβάνει την προγραμματισμένη συντήρηση του εξοπλισμού του PACS, όπως οι αποθηκευτικές μονάδες, οι σκληροί δίσκοι, οι εκτυπωτές κ.λπ. Περιλαμβάνει επίσης τη διαχείριση των ανταλλακτικών και των αναβαθμίσεων του υλικού. Πρέπει επίσης να γίνεται σωστή συντήρηση Λογισμικού, δηλαδή ενημέρωση και διαχείριση του λογισμικού του PACS, συμπεριλαμβανομένων των ενημερώσεων ασφαλείας και των διορθώσεων σφαλμάτων.

Πολύ σημαντική είναι η Υποστήριξη Χρηστών, που περιλαμβάνει την παροχή τεχνικής υποστήριξης και εκπαίδευσης στους χρήστες του συστήματος, προκειμένου να αντιμετωπίζουν οποιαδήποτε προβλήματα ή δυσκολίες κατά τη χρήση του PACS. Η Διαχείριση των αποθηκευμένων δεδομένων του PACS, όπως η αντίγραφα ασφαλείας, η αποθήκευση και η διαχείριση των εικόνων και των αρχείων ασθενών είναι μεγάλης σημασίας για την ομαλή πολύχρονη λειτουργία ενός εγκατεστημένου συστήματος PACS. Τέλος, η Επιθεώρηση και Παρακολούθηση του συστήματος PACS για τον εντοπισμό πιθανών προβλημάτων, την παρακολούθηση της απόδοσης του συστήματος και τη λήψη μέτρων για τη βελτίωση της απόδοσης και της αξιοπιστίας αποτελούν αναπόσπαστα κομμάτια προγραμματισμένου ελέγχου για την ομαλή λειτουργία του συστήματος.

Οι ακτινολόγοι θα χρειάζονται πάντα ένα PACS ως κύριο εργαλείο στην καθημερινή ρουτίνα εργασίας. Ως αποτέλεσμα, όλοι οι δρόμοι καινοτομίας στην ακτινολογία χαράσσονται μέσω του PACS το οποίο έχει την ικανότητα να μειώσει τον χρόνο αναμονής των ασθενών, να προτρέψει τη διαχείριση κρίσιμων ασθενών, να αυξήσει την παραγωγικότητα μηχανημάτων και τεχνολόγων, να ενεργοποιήσει τηλεφωνική επικοινωνία μέσω διαδικτύου, να εξοικονομήσει χρόνο για γιατρούς και ακτινολόγους και να μειώσει σημαντικά τις ανάγκες σε προσωπικό <sup>14,16</sup>. Ένα σωστά σχεδιασμένο PACS μπορεί επίσης, να αποφέρει εξοικονόμηση κόστους σε σύγκριση με τη λειτουργία που βασίζεται σε διαγνωστικά φιλμ.

## 6: Λύσεις σε Πιθανά Προβλήματα

### 6.1 Προβλήματα

Υπάρχουν αρκετά εμπόδια στην ενσωμάτωση και ομαλή λειτουργία ενός συστήματος PACS στους φορείς υγείας. Η ενσωμάτωση PACS-EMR υποστηρίζεται από τους ειδικούς πληροφορικής εδώ και αρκετά χρόνια, αλλά η υιοθέτηση αυτή αποδεικνύεται ιδιαίτερα χρονοβόρα. Ένας σημαντικός παράγοντας σε αυτή την αργή ενσωμάτωση είναι η απουσία δημοσιευμένων δεδομένων που να αποδεικνύουν το πραγματικό όφελος της ενοποίησης<sup>19</sup>. Τέτοια δεδομένα, απαιτούνται για να υποστηρίξουν την επιχειρησιακή σπατάλη για εκτίμηση της απόδοσης της επένδυσης, που είναι απαραίτητη για την υλοποίηση μιας τόσο δύσκολης διαδικασίας.

Οι ανακριβείς ενδείξεις εντολής ακτινολογικής εξέτασης, είναι ανάλογες με τις ανακριβείς διαγνώσεις ασθενών και περιλαμβάνουν τη διενέργεια λανθασμένων ή ελλιπών εξετάσεων, την παράβλεψη ειδικών ζητημάτων για τον ασθενή<sup>23</sup>, τις γενικές ερμηνείες της εξέτασης χωρίς την απάντηση του βασικού κλινικού ερωτήματος, τα ζητήματα ασφάλειας και συμμόρφωσης, τις καθυστερήσεις στην τιμολόγηση και τελικά στις απορρίψεις<sup>22</sup>.

Ένας άλλος παράγοντας που περιορίζει την αποτελεσματικότητα ενός ακτινολόγου είναι η ανάγκη για πρόσθετα συστήματα, στεγασμένα σε επιπλέον σταθμούς εργασίας χωριστούς από το PACS ή πρόσθετο λογισμικό εγκατεστημένο στους σταθμούς εργασίας PACS. Όπως φαίνεται από τα αποτελέσματα<sup>22</sup>, αυτό εξακολουθεί να είναι ένα αμφιλεγόμενο ζήτημα, αν και η κατάσταση διαφέρει δραστικά μεταξύ των διαφορετικών τμημάτων του ακτινολογικού τμήματος, με την απεικόνιση μαστού και την πυρηνική ιατρική να υστερούν σε αυτά τα αποτελέσματα.

Λαμβάνοντας υπόψη την ενσωμάτωση του PACS με άλλα δευτερεύοντα συστήματα, όπως τα αρχεία διδασκαλίας, η αξιολόγηση από συναδέλφους, οι πληροφορίες δόσης ακτινοβολίας και τα συστήματα ελέγχου ποιότητας εικόνας, τα αποτελέσματα είναι κάπως ανάμεικτα.<sup>22</sup>

Παρά τα πολλά θεωρητικά πλεονεκτήματα του PACS, πολλά τμήματα που έχουν κάνει τη μετάβαση στη λειτουργία χωρίς φιλμ ανακάλυψαν ότι, παρόλο που εξοικονομούν χρήματα

μειώνοντας το κόστος των απεικονιστικών Film καθώς και παρέχοντας βελτιωμένη πρόσβαση στην εικόνα για τους κλινικούς ιατρούς, δεν επιτυγχάνουν συνολική εξοικονόμηση κόστους ή βελτιώσεις στην παραγωγικότητα είτε του ακτινολόγου είτε του προσωπικού. Σε μεγάλο βαθμό, αυτά τα ευρήματα πιθανώς αντικατοπτρίζουν διαφορές όχι μόνο στον τύπο του PACS που αγοράστηκε αλλά και στην αποτελεσματικότητα με την οποία το PACS χρησιμοποιείται ως εργαλείο για τον επανασχεδιασμό της ροής εργασιών του τμήματος. Χωρίς την κατάλληλη ενσωμάτωση αυτού του εργαλείου στη ροή εργασιών του τμήματος ή την επανεφεύρεση της διαδικασίας ροής εργασιών στο τμήμα, τα πιθανά κέρδη που σχετίζονται με τη χρήση ενός PACS δεν μπορούν να γίνουν αντιληπτά<sup>34</sup>.

Η εφαρμογή του PACS αμαυρώνεται με πολλά ζητήματα όπως, δυσκολίες στην ενσωμάτωση πολλαπλών μονάδων PACS τόσο εντός όσο και μεταξύ νοσοκομείων και ενσωμάτωση του PACS με άλλα νοσοκομειακά συστήματα, περιορισμένη χωρητικότητα αποθήκευσης, προβλήματα πρόσβασης, π.χ. σύγχρονη, πολλαπλή και απομακρυσμένη πρόσβαση και εφαρμογές για δημιουργία αντιγράφων ασφαλείας και ανάκτηση αλλά και προβλήματα στη μετεγκατάσταση δεδομένων<sup>71</sup>. Επιπλέον, υπάρχουν προκλήσεις όσον αφορά τη βελτίωση της ροής εργασιών, της παραγωγικότητας και της αποτελεσματικότητας της διάγνωσης, ώστε να συμβαδίζει με τις αυξανόμενες προκλήσεις για βελτίωση της ποιότητας και της παροχής υγειονομικής περίθαλψης.

Οι μονάδες PACS που παρέχονται από διαφορετικούς προμηθευτές/vendors οδηγούν σε δυσκολίες στην προβολή και εισαγωγή εικόνων λόγω διαφορών μεταξύ των PACS, όπως η έλλειψη καταλόγων DICOM ή η έλλειψη προμήθειας όλων των απαραίτητων αρχείων σε PACS CD (συμπαγής δίσκος-compact disc)/DVD (ψηφιακός ευέλικτος δίσκος γνωστός και ως ψηφιακός δίσκος βίντεο-Digital Video Disc). Πολλά από τα CD από διάφορους προμηθευτές δεν έχουν την επιλογή DICOM ή DICOM Viewer στον ριζικό κατάλογο του CD/DVD. Αυτό προκαλεί πολλά προβλήματα καθώς οι μόνες επιλογές είναι η μη αυτόματη αντιγραφή των αρχείων DICOM στον κατάλληλο φάκελο επεξεργασίας ή οι προμηθευτές να ξαναγράψουν το CD χρησιμοποιώντας αυστηρά μια μορφή DICOM<sup>71</sup>.



## 6.2 Δυσκολίες Συνδεσιμότητας και Λύσεις

Το πρόσθετο κόστος της αρχειοθέτησης όλων των δεδομένων στο PACS καθώς και η πιθανότητα αύξησης εσόδων μέσω νέων πολιτικών χρέωσης θα πρέπει να τεκμηριωθεί. Θα πρέπει να συγκεντρωθούν και να αξιολογηθούν μετρήσεις απόδοσης, συμπεριλαμβανομένης της μετάδοσης μελετών στο PACS, της συνολικής ταχύτητας επεξεργασίας και τυχόν καθυστέρηση στην εμφάνιση των μελετών, καθώς και ο χρόνος που απαιτείται για την ερμηνεία και την ανασκόπηση των τρέχοντων και μελλοντικών εξετάσεων απεικόνισης<sup>50</sup>. Όλα αυτά τα ζητήματα πρέπει να εξεταστούν με πρωταρχικό στόχο τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας και της ποιότητας των υπηρεσιών ιατρικής απεικόνισης.

Οι περισσότερες ενσωματώσεις PACS έχουν αρχιτεκτονικούς περιορισμούς όσον αφορά την ενοποίηση. Για να παρουσιαστούν δεδομένα σε έναν χρήστη στο PACS, πρέπει να εισαχθούν στη βάση δεδομένων. Επειδή τα σχήματα βάσεων δεδομένων PACS δεν έχουν σχεδιαστεί για να δέχονται έγγραφα όπως περιλήψεις εξιτηρίου ασθενών, χειρουργικές σημειώσεις ή άλλα σχετικά δεδομένα EMR, οι χρήστες δεν μπορούν να δουν αποτελεσματικά αυτά τα δεδομένα κατά τη διαδικασία ανάγνωσης.

Νέα μοντέλα προσαρμογής, είναι απαραίτητα ενοποίηση PACS και RIS για την αποτελεσματική εμφάνιση των σχετικών δεδομένων EMR στους ακτινολόγους για την υποστήριξη της βέλτιστης ανάγνωσης<sup>45</sup>. Κατά την εκκίνηση της εφαρμογής προβολής εικόνας και επεξεργασίας δεδομένων, μια βέλτιστη λίστα εργασιών πρέπει να εμφανίσει την πιο σχετική εφαρμογή προβολής και επεξεργασίας εικόνων για την αποτελεσματικότερη και πιο αποδοτική ερμηνεία της εξέτασης στη λίστα εργασιών (worklist)<sup>43</sup>. Η ενσωμάτωση ήταν και εξακολουθεί να είναι ο ακρογωνιαίος λίθος στην οικοδόμηση ενός συστήματος πληροφορικής που αποτελείται από πολλαπλά ξεχωριστά στοιχεία για την υποστήριξη μιας απλοποιημένης και αποτελεσματικής ροής εργασιών στο εργαστήριο ακτινολογίας.<sup>44</sup>

Οι κατασκευαστές συνήθως δημιουργούν τους δικούς τους 'σταθμούς εργασίας' έτσι ώστε οι μελέτες να μπορούν να ερμηνεύονται. Αυτοί οι αυτόνομοι σταθμοί εργασίας, που δεν

μπορούν να επωφεληθούν από τις σημαντικές επενδύσεις των νοσοκομείων σε PACS και RIS για τη βελτιστοποίηση της ροής εργασίας, δημιουργούν σημαντικές σπατάλες<sup>43</sup>.

Ίσως το ισχυρότερο επιχείρημα κατά του ότι το PACS δεν είναι τίποτα περισσότερο από ένα εμπόρευμα, είναι ότι οι χρήστες θέλουν καλύτερα προϊόντα, όχι μόνο φθηνότερα προϊόντα. Οι περισσότεροι, αν όχι όλοι, οι χρήστες ζητούν και απαιτούν περισσότερα από αυτό το 'προϊόν'. Είναι η φύση των προϊόντων σε μια ανταγωνιστική αγορά να βελτιώνονται, εφαρμόζοντας τα χαρακτηριστικά των ανταγωνιστών. Καθώς η αγορά ωριμάζει, εξελίσσονται τα διαφοροποιητικά χαρακτηριστικά και το σημείο ανταγωνισμού<sup>59</sup>.

Δυστυχώς, πολλά τρέχοντα συστήματα PACS υπάρχουν σαν ανεξάρτητα όντα εκτός της ροής πληροφοριών των οργανισμών υγειονομικής περίθαλψης και στις περισσότερες περιπτώσεις, τέτοια συστήματα επιτρέπουν απλώς στους σταθμούς εργασίας PACS να λαμβάνουν, να στέλνουν και να δημιουργούν αντίγραφα ασφαλείας αρχείων DICOM με μη αυτόματο τρόπο. Έτσι, τα περισσότερα τρέχοντα συστήματα PACS σχεδόν ποτέ δεν υποστηρίζουν πλήρη επικοινωνία με διοικητικές και κλινικές βάσεις δεδομένων ασθενών ή, γενικά, με το υπόλοιπο σύστημα πληροφοριών νοσοκομείων (HIS), το οποίο είναι τυπικά ετερογενές, καθώς είναι συνήθως πολυλειτουργικό και ανεξάρτητο προμηθευτή (Vendor Neutral). Για τους παραπάνω λόγους, η επικοινωνία μεταξύ συστημάτων που προέρχονται από διαφορετικούς προμηθευτές μπορεί να γίνει εξαιρετικά δύσκολη<sup>38,63</sup>.

Η ενεργοποίηση αποτελεσματικής πρόσβασης σε βέλτιστες εφαρμογές προβολής εικόνων, πέρα από αυτά που παρέχει ο εκάστοτε προμηθευτής PACS, αποτελεί πρόκληση. Η μετεγκατάσταση σε ένα αρχείο ουδέτερου προμηθευτή αποτελεί μια σημαντική αρχική στρατηγική. Εννοιολογικά, ένα αρχείο ουδέτερο από τον προμηθευτή επιτρέπει την πρόσβαση στην αρχιτεκτονική αποθήκευσης εικόνας ανεξάρτητα από ένα παραδοσιακό PACS, έτσι ώστε οποιαδήποτε εφαρμογή προβολής εικόνας να μπορεί να αλληλεπιδρά με τα αποθηκευμένα δεδομένα του ιατρείου χρησιμοποιώντας υπάρχοντα πρότυπα. Με τον τρόπο αυτό<sup>57</sup>, η προσέγγιση αρχειοθέτησης θα είναι ουδέτερη από τον προμηθευτή και θα επιτρέπει στα Ακτινολογικά εργαστήρια να έχουν μεγαλύτερο έλεγχο στα δικά τους δεδομένα για μελλοντική μετάβαση σε άλλον προμηθευτή PACS καθώς και να εντοπίζουν ευκαιρίες για βελτίωση της

αποτελεσματικότητας και της ποιότητας της περίθαλψης μέσω εξελιγμένων εφαρμογών εξόρυξης δεδομένων.

Παρά το γεγονός ότι η 'αμυντική ιατρική' συμβάλλει στο κόστος υγείας, δεν είναι αρκετά μεγάλος παράγοντας για να συμβάλει σημαντικά στην αύξηση των δαπανών. Έρευνες<sup>29</sup> αποκαλύπτουν ότι τα δημογραφικά στοιχεία δεν θα είναι σημαντικός παράγοντας για την αύξηση των δαπανών παρά τη γήρανση του πληθυσμού παγκοσμίως<sup>30</sup>.

## 7. Συμπεράσματα

Τα συστήματα PACS, τα οποία σχεδιάστηκαν αρχικά ως εργαλείο για τη διευκόλυνση των ακτινολόγων στην πιο αποτελεσματική γνωμάτευση εικόνων, εξελίσσονται σε ένα ενσωματωμένο σύστημα που αποθηκεύει διαγνωστικές πληροφορίες που συχνά φτάνουν πολύ πιο πέρα από την συμβατική Ακτινολογία. Η συνεχής εξέλιξη της τεχνολογίας των PACS οδήγησε σε μια σταδιακή διεύρυνση των εφαρμογών της, που κυμαίνονται από την τηλεακτινολογία έως τα συστήματα CAD και την πολυδιάστατη απεικόνιση, και κινείται προς την κατεύθυνση της παροχής πρόσβασης σε δεδομένα εικόνας εκτός του τμήματος Ακτινολογίας, ώστε να φτάσει σε όλους τους κλάδους της υγειονομικής περίθαλψης.

Νέες προοπτικές έχουν δημιουργηθεί χάρη στις καινοτόμες τεχνολογίες που είναι πιθανό να επεκτείνουν ακόμη περισσότερο τις εφαρμογές που βασίζονται στα PACS, βελτιώνοντας τη φροντίδα των ασθενών και ενισχύοντας τη συνολική παραγωγικότητα μέσα στο Νοσοκομείο.

Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα της μετάβασης σε ένα ψηφιακό σύστημα αποτελεί η δυνατότητα χρήσης του ως εργαλείου για τον ανασχεδιασμό της συνολικής ροής εργασίας, τόσο στο τμήμα απεικόνισης όσο και σε ολόκληρη την επιχείρηση υγειονομικής περίθαλψης. Η υιοθέτηση και ενσωμάτωση των PACS στη ροή εργασίας δεν έχει μόνο επιτρέψει στην καθημερινότητα της ακτινολογίας να πραγματοποιείται δίχως φιλμ, έχει επίσης μειώσει το κόστος υλικών, τον φυσικό χώρο αποθήκευσης και τη χειρωνακτική εργασία. Επιπλέον, ένα PACS ως σύστημα πληροφορικής ιατρικής απεικόνισης σε όλη την επιχείρηση, έχει βελτιώσει την πρακτική της ακτινολογίας αποκαθιστώντας τη ροή εργασίας, την παραγωγικότητα καθώς και εξοικονομώντας πολύτιμο χρόνο που οδηγεί σε αυξημένη αποτελεσματικότητα στην παροχή υγειονομικής περίθαλψης.

Τα PACS είναι αναγκαία για την αποθήκευση, τη διαχείριση και τη διανομή ιατρικών εικόνων, και υπόκεινται σε συνεχείς εξελίξεις με την πρόοδο της τεχνολογίας και των αναγκών της υγειονομικής φροντίδας. Συνδράμουν σημαντικά στην ενίσχυση της επικοινωνίας διαφορετικών τμημάτων ενός νοσοκομείου με τη βοήθεια του Electronic Health Records (EHR) και άλλων συστημάτων πληροφοριών υγείας ενώ ενσωματώνουν εφαρμογές Τεχνητής

Νοημοσύνης (CAD) που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανάλυση και την ερμηνεία ιατρικών εικόνων, βοηθώντας στην ταχύτερη και ακριβέστερη διάγνωση.

Τα PACS παρέχουν Ασφάλεια Δεδομένων μέσω ενίσχυσης των μέτρων ασφάλειας για την προστασία των ιατρικών δεδομένων, λαμβάνοντας πάντα υπόψη τις αυξημένες ανησυχίες για την ιδιωτικότητα.

Εκτός από την ακτινολογία, τα PACS έχουν επίσης βελτιώσει την παραγωγικότητα και την αποτελεσματικότητα των κλινικών ιατρών σε άλλους κλινικούς κλάδους. Επιπλέον, η ενοποίηση του PACS με άλλα νοσοκομειακά συστήματα έχει βελτιώσει τη ροή εργασίας και την επαναληψιμότητα καθώς έχουν τη δυνατότητα να συμβάλουν στη βελτίωση της επικοινωνίας μεταξύ ακτινολόγων και άλλων κλινικών ιατρών. Σημαντικότερα, εκτός του παραδοσιακού νοσοκομειακού περιβάλλοντος, τα PACS μπορούν να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στην παροχή υγειονομικής περίθαλψης στο πεδίο. Με όλους τους παραπάνω τρόπους, τα Συστήματα Αρχειοθέτησης και Διαμοιρασμού Ιατρικών Εικόνων και πληροφοριών PACS αποτελούν καλή απόδοση επένδυσης.

Ωστόσο, η έρευνα και η ανάπτυξη των PACS πρέπει να συνεχιστεί για την κάλυψη των αναγκών και των απαιτήσεων μιας ευρύτερης κοινότητας χρηστών PACS. Άλλωστε, οι εξελίξεις στον τομέα της υγειονομικής τεχνολογίας εξαρτώνται από ποικίλους παράγοντες, συμπεριλαμβανομένων των τεχνολογικών και ρυθμιστικών εξελίξεων, καθώς και των αναγκών και των απαιτήσεων του υγειονομικού τομέα.

## Βιβλιογραφικές Αναφορές

1. Heinz U. Lemke, Short history of PACS Part Two: Europe, DOI: 10.1016/j.ejrad.2010.05.031, 2011
2. Meyer-Ebrecht D. Picture archiving and communication systems (PACS) for medical application. *Int J Biomed Comput.* 1994 Mar;35(2):91-124. doi: 10.1016/0020-7101(94)90061-2. PMID: 8194866.
3. Brody WR , Conference on digital radiography. Proceedings of the SPIE—the international society for optical engineering, vol. 314. 1981
4. Mileva A., Velinov A., Dimitrova V., Information Hiding in the DICOM Message Service and Upper Layer Service with Entropy-Based Detection, 2021
5. H. K. Huang, Short history of PACS (Part I: USA), DOI: 10.1016/j.ejrad.2010.05.007, 2011
6. Steckel RJ. Daily X-ray rounds in a large teaching hospital using high-resolution closed-circuit television, DOI: 10.1148/105.2.319, 1972
7. De Backer AI, Mortelé KJ, De Keulenaer BL. Picture archiving and communication system--Part one: Filmless radiology and distance radiology. *JBR-BTR.* 2004 Sep-Oct;87(5):234-41. PMID: 15587562.
8. Donald Peck, *Journal of Nuclear Medicine*, DOI: <https://doi.org/10.2967/jnumed.109.064592>, 2009
9. Kiyonari Inamura, Susumu Kousakab, PACS development in Asia, DOI: 10.1016/s0895-6111(02)00085-x, 2003

10. Huang HK, Ratib O, Bakker AR, Witte G, Picture archiving and communication system (PACS). NATO ASI, 1991.
11. Lemke HU. PACS development in Europe. 2003
12. Huang HK, Wong AWK, Lou SL. Clinical experience with a second generation PACS. 1996
13. H U Lemke 1, R Klar, A Jacob, The PACS model plan at the Freiburg University Clinic. A first step toward a radiologic picture archiving and communication system, 1988
14. Meyer-Ebrecht D. PACS oder der zukünftige Arbeitsplatz des Radiologen [PACS (picture archiving and communication systems) or the future workplace of the radiologist]. Radiologe. 1988 May;28(5):195-9. German. PMID: 3393637.
15. Huang HK, Andriole K, Bazzill T, Design and implementation of PACS the second time. 1996
16. Huang HK. PACS and imaging informatics: principles and applications. 2004
17. Napoli M, Nanni M, Cimarra S, Crisafulli L, Campioni P, Marano P. Picture archiving and communication in radiology. Rays. 2003 Jan-Mar;28(1):73-81. PMID: 14509181.
18. Lemke HU, Klar R, Jacob A. Das PACS-Modellvorhaben am Universitätsklinikum Freiburg. Ein erster Schritt zu einem radiologischen Bildarchivierungs- und Kommunikationssystem [The PACS model plan at the Freiburg University Clinic. A first step toward a radiologic picture archiving and communication system]. Radiologe. 1988 May;28(5):209-11. German. PMID: 3393640.

19. Mongan J, Avrin D. Impact of PACS-EMR Integration on Radiologist Usage of the EMR. *J Digit Imaging*. 2018 Oct;31(5):611-614. doi: 10.1007/s10278-018-0077-8. PMID: 29696473; PMCID: PMC6148806.
20. Obara P, Sevenster M, Travis A, Qian Y, Westin C, Chang PJ. Evaluating the Referring Physician's Clinical History and Indication as a Means for Communicating Chronic Conditions That Are Pertinent at the Point of Radiologic Interpretation. *J Digit Imaging*. 2015 Jun;28(3):272-82. doi: 10.1007/s10278-014-9751-7. PMID: 25533493; PMCID: PMC4441688.
21. Geeslin MG, Gaskin CM. Electronic Health Record-Driven Workflow for Diagnostic Radiologists. *J Am Coll Radiol*. 2016 Jan;13(1):45-53. doi: 10.1016/j.jacr.2015.08.008. Epub 2015 Oct 23. PMID: 26603098.
22. Forsberg D, Rosipko B, Sunshine JL, Ros PR. State of Integration Between PACS and Other IT Systems: A National Survey of Academic Radiology Departments. *J Am Coll Radiol*. 2016 Jul;13(7):812-818.e2. doi: 10.1016/j.jacr.2016.01.018. Epub 2016 Mar 22. PMID: 27026579.
23. Siström CL, Dang PA, Weilburg JB, Dreyer KJ, Rosenthal DI, Thrall JH. Effect of computerized order entry with integrated decision support on the growth of outpatient procedure volumes: seven-year time series analysis. *Radiology*. 2009;251(1):147-155.
24. Schneider E, Franz W, Spitznagel R, Bascom DA, Obuchowski NA. Effect of computerized physician order entry on radiologic examination order indication quality. *Arch Intern Med*. 2011 Jun 13;171(11):1036-8. doi: 10.1001/archinternmed.2011.234. PMID: 21670374.



25. Aronson AR, Lang FM. An overview of MetaMap: historical perspective and recent advances. *J Am Med Inform Assoc.* 2010 May-Jun;17(3):229-36. doi: 10.1136/jamia.2009.002733. PMID: 20442139; PMCID: PMC2995713.
26. Gunderman RB, Phillips MD, Cohen MD. Improving clinical histories on radiology requisitions. *Acad Radiol.* 2001 Apr;8(4):299-303. doi: 10.1016/S1076-6332(03)80498-1. PMID: 11293777.
27. Gaskin CM, Patrie JT, Hanshew MD, Boatman DM, McWey RP. Impact of a Reading Priority Scoring System on the Prioritization of Examination Interpretations. *AJR Am J Roentgenol.* 2016 May;206(5):1031-9. doi: 10.2214/AJR.15.14837. Epub 2016 Mar 21. PMID: 26999578.
28. Huang HK, Mankovich NJ, Taira RK, Cho PS, Stewart BK, Ho BK, Chan KK, Ishimitsu Y. Picture archiving and communication systems (PACS) for radiological images: state of the art. *Crit Rev Diagn Imaging.* 1988;28(4):383-427. PMID: 3053047.
29. Ginsburg PB. High and rising health care costs. *Synth Proj Res Synth Rep.* 2008 Oct;(16):35368. Epub 2008 Oct 1. PMID: 22052035.
30. Bush M. Addressing the Root Cause: Rising Health Care Costs and Social Determinants of Health. *N C Med J.* 2018 Jan-Feb;79(1):26-29. doi: 10.18043/ncm.79.1.26. PMID: 29439099.
31. Peddecord KM, Janon EA, Robins JM. Substitution of magnetic resonance imaging for computed tomography. An exploratory study. *Int J Technol Assess Health Care.* 1988;4(4):573-91. doi: 10.1017/s0266462300007637. PMID: 10303061.

32. Brody WR. Radiology and Technology: Where We've Been, Where We're Going-And Why I Am So Excited. *Radiol Artif Intell.* 2020 Apr 29;2(3):e190205. doi: 10.1148/ryai.2020190205. PMID: 33937826; PMCID: PMC8082298.
33. Mosser H, Urban M, Dürr M, Rüger W, Hruby W. Integration of radiology and hospital information systems (RIS, HIS) with PACS: requirements of the radiologist. *Eur J Radiol.* 1992 Dec;16(1):69-73. doi: 10.1016/0720-048x(92)90248-8. PMID: 1490483.
34. Siegel EL, Reiner B. Work flow redesign: the key to success when using PACS. 2002. *J Digit Imaging.* 2003 Mar;16(1):164-8; discussion 163. doi: 10.1007/s10278-002-6006-9. PMID: 12945824; PMCID: PMC3045140.
35. Breant CM, Taira RK, Huang HK. Interfacing aspects between the picture archiving communications systems, radiology information systems, and hospital information systems. *J Digit Imaging.* 1993 May;6(2):88-94. doi: 10.1007/BF03168435. PMID: 8334177.
36. Creighton C. A literature review on communication between picture archiving and communication systems and radiology information systems and/or hospital information systems. *J Digit Imaging.* 1999 Aug;12(3):138-43. doi: 10.1007/BF03168632. PMID: 10461576; PMCID: PMC3452436.
37. Honeyman JC. Information systems integration in radiology. *J Digit Imaging.* 1999 May;12(2 Suppl 1):218-22. doi: 10.1007/BF03168810. PMID: 10342221; PMCID: PMC3452903.
38. Faggioni L, Neri E, Castellana C, Caramella D, Bartolozzi C. The future of PACS in healthcare enterprises. *Eur J Radiol.* 2011 May;78(2):253-8. doi: 10.1016/j.ejrad.2010.06.043. Epub 2010 Jul 14. PMID: 20634012.

39. Mansoori B, Erhard KK, Sunshine JL. Picture Archiving and Communication System (PACS) implementation, integration & benefits in an integrated health system. *Acad Radiol*. 2012 Feb;19(2):229-35. doi: 10.1016/j.acra.2011.11.009. PMID: 22212425.
40. Boochever SS. HIS/RIS/PACS integration: getting to the gold standard. *Radiol Manage*. 2004 May-Jun;26(3):16-24; quiz 25-7. PMID: 15259683.
41. McEnergy KW. Coordinating patient care within radiology and across the enterprise. *J Am Coll Radiol*. 2014 Dec;11(12 Pt B):1217-25. doi: 10.1016/j.jacr.2014.09.010. Epub 2014 Dec 1. PMID: 25467898.
42. Boland GW, Duszak R Jr, McGinty G, Allen B Jr. Delivery of appropriateness, quality, safety, efficiency and patient satisfaction. *J Am Coll Radiol*. 2014 Jan;11(1):7-11. doi: 10.1016/j.jacr.2013.07.016. Erratum in: *J Am Coll Radiol*. 2014 Apr;11(4):406. PMID: 24387963.
43. Prevedello L, Khorasani R. Which radiology application drives your workflow? Which should? *J Am Coll Radiol*. 2013 Feb;10(2):80-2. doi: 10.1016/j.jacr.2012.11.009. PMID: 23374686.
44. Langer S. Radiology speech recognition: workflow, integration, and productivity issues. *Curr Probl Diagn Radiol*. 2002 May-Jun;31(3):95-104. doi: 10.1067/cdr.2002.125401. PMID: 12140513.
45. Khorasani R. Can you efficiently incorporate patient-specific electronic medical record data into radiology workflow? *J Am Coll Radiol*. 2012 Dec;9(12):862-3. doi: 10.1016/j.jacr.2012.09.019. PMID: 23206640.

46. Zalis M, Harris M. Advanced search of the electronic medical record: augmenting safety and efficiency in radiology. *J Am Coll Radiol*. 2010 Aug;7(8):625-33. doi: 10.1016/j.jacr.2010.03.011. PMID: 20678732.
47. Blumenthal D, Tavenner M. The "meaningful use" regulation for electronic health records. *N Engl J Med*. 2010 Aug 5;363(6):501-4. doi: 10.1056/NEJMp1006114. Epub 2010 Jul 13. PMID: 20647183.
48. Khorasani R. Health care reform through meaningful use of health care IT: implications for radiologists. *J Am Coll Radiol*. 2010;7(2):152-3. doi: 10.1016/j.jacr.2009.11.004. PMID: 20142092.
49. Khorasani R. Too much information! What we need from IT beyond image manipulation tools. *J Am Coll Radiol*. 2007 Dec;4(12):925-6. doi: 10.1016/j.jacr.2007.08.024. PMID: 18047990.
50. Andriole KP, Barish MA, Khorasani R. Advanced image processing in the clinical arena: issues to consider. *J Am Coll Radiol*. 2006 Apr;3(4):296-8. doi: 10.1016/j.jacr.2006.01.012. PMID: 17412063.
51. Andriole KP, Morin RL, Arenson RL, Carrino JA, Erickson BJ, Horii SC, Piraino DW, Reiner BI, Seibert JA, Siegel E; SCAR TRIP Subcommittee; TRIP Subcommittee. Addressing the coming radiology crisis-the Society for Computer Applications in Radiology transforming the radiological interpretation process (TRIP) initiative. *J Digit Imaging*. 2004 Dec;17(4):235-43. doi: 10.1007/s10278-004-1027-1. Epub 2004 Nov 25. PMID: 15692865; PMCID: PMC3047184.
52. Jacobson FL, Berlanstein BP, Andriole KP. Paradigms of perception in clinical practice. *J Am Coll Radiol*. 2006 Jun;3(6):441-5. doi: 10.1016/j.jacr.2006.02.018. PMID: 17412099.

53. Kouri BE, Parsons RG, Alpert HR. Physician self-referral for diagnostic imaging: review of the empiric literature. *AJR Am J Roentgenol.* 2002 Oct;179(4):843-50. doi: 10.2214/ajr.179.4.1790843. PMID: 12239022.
54. Wei L, Sengupta S. Session management for web-based healthcare applications. *Proc AMIA Symp.* 1999:999-1003. PMID: 10566511; PMCID: PMC2232551.
55. Glaser JP. Too far ahead of the IT curve? *Harv Bus Rev.* 2007 Jul-Aug;85(7-8):29-33, 190; discussion 36-9. PMID: 17642124.
56. Khorasani R. You should eliminate paper from your PACS workflow: why and how? *J Am Coll Radiol.* 2006 Aug;3(8):628-9. doi: 10.1016/j.jacr.2006.05.002. PMID: 17412137.
57. The \$2.7 Trillion Medical Bill. Available at: [http://www.nytimes.com/2013/06/02/health/colonoscopies-explain-why-us-leadsthe-world-in-health-expenditures.html?page-wanted=all&\\_r=0](http://www.nytimes.com/2013/06/02/health/colonoscopies-explain-why-us-leadsthe-world-in-health-expenditures.html?page-wanted=all&_r=0). Accessed June 8, 2013
58. Levin DC, Rao VM, Parker L, Frangos AJ, Sunshine JH. Medicare payments for noninvasive diagnostic imaging are now higher to nonradiologist physicians than to radiologists. *J Am Coll Radiol.* 2011 Jan;8(1):26-32. doi: 10.1016/j.jacr.2010.06.027. PMID: 21211761.
59. Chen J, Bradshaw J, Nagy P. Has the Picture Archiving and Communication System (PACS) become a commodity? *J Digit Imaging.* 2011 Feb;24(1):6-10. doi: 10.1007/s10278-010-9299-0. PMID: 20419387; PMCID: PMC3046786.

60. Bauman RA, Gell G, Dwyer SJ 3rd. Large picture archiving and communication systems of the world--Part 1. *J Digit Imaging*. 1996 Aug;9(3):99-103. doi: 10.1007/BF03168603. PMID: 8854258.
61. Bauman RA, Gell G, Dwyer SJ 3rd. Large picture archiving and communication systems of the world--Part 2. *J Digit Imaging*. 1996 Nov;9(4):172-7. doi: 10.1007/BF03168614. PMID: 8951096.
62. Fang YC, Yang MC, Hsueh YS. Financial assessment of a picture archiving and communication system implemented all at once. *J Digit Imaging*. 2006;19 Suppl 1(Suppl 1):44-51. doi: 10.1007/s10278-006-0632-6. PMID: 16763930; PMCID: PMC3045175.
63. The Royal College of Radiologists. National strategy for radiology image and report sharing. London: The Royal College of Radiologists; 2009, [http://www.rcr.ac.uk/docs/radiology/pdf/BFCR\(09\)6 imaging strategy.pdf](http://www.rcr.ac.uk/docs/radiology/pdf/BFCR(09)6%20imaging%20strategy.pdf).
64. Inchingolo P. Picture archiving and communications systems in today's healthcare. *World Med J* 2000:93-7.
65. Summers RM, Jerebko AK, Franaszek M, Malley JD, Johnson CD. Colonic polyps: complementary role of computer-aided detection in CT colonography. *Radiology*. 2002 Nov;225(2):391-9. doi: 10.1148/radiol.2252011619. PMID: 12409571.
66. Goldin JG, Brown MS, Petkovska I. Computer-aided diagnosis in lung nodule assessment. *J Thorac Imaging*. 2008 May;23(2):97-104. doi: 10.1097/RTI.0b013e318173dd1f. PMID: 18520567.
67. Tang J, Rangayyan RM, Xu J, El Naqa I, Yang Y. Computer-aided detection and diagnosis of breast cancer with mammography: recent advances. *IEEE Trans Inf Technol Biomed*.

2009 Mar;13(2):236-51. doi: 10.1109/TITB.2008.2009441. Epub 2009 Jan 20. PMID: 19171527.

68. Sharma A, Pan T, Cambazoglu BB, Gurcan M, Kurc T, Saltz J. VirtualPACS--a federating gateway to access remote image data resources over the grid. *J Digit Imaging*. 2009 Mar;22(1):1-10. doi: 10.1007/s10278-007-9074-z. Epub 2007 Sep 18. PMID: 17876669; PMCID: PMC3043676.

69. Berman F, Fox G, Hey AJG. *Grid computing: making the global infrastructure a reality*. New York: John Wiley and Sons; 2003, ISBN: ISBN: 978-0-470-85319-1

70. Foster, I., Kesselman, C., & Tuecke, S. (2001). *The Anatomy of the Grid: Enabling Scalable Virtual Organizations*. *The International Journal of High Performance Computing Applications*, 15(3), 200–222. doi:10.1177/109434200101500302

71. Alhajeri M, Shah SGS. Limitations in and Solutions for Improving the Functionality of Picture Archiving and Communication System: an Exploratory Study of PACS Professionals' Perspectives. *J Digit Imaging*. 2019 Feb;32(1):54-67. doi: 10.1007/s10278-018-0127-2. PMID: 30225824; PMCID: PMC6382637.

72. Valente F, Silva LA, Godinho TM, Costa C. Anatomy of an Extensible Open Source PACS. *J Digit Imaging*. 2016 Jun;29(3):284-96. doi: 10.1007/s10278-015-9834-0. PMID: 26497879; PMCID: PMC4879027.

73. Kagadis GC, Kloukinas C, Moore K, Philbin J, Papadimitroulas P, Alexakos C, Nagy PG, Visvikis D, Hendee WR. Cloud computing in medical imaging. *Med Phys*. 2013 Jul;40(7):070901. doi: 10.1118/1.4811272. PMID: 23822402.

74. Sun, Y., Zhang, J., Xiong, Y., & Zhu, G. (2014). Data Security and Privacy in Cloud Computing. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 10(7), 190903. doi:10.1155/2014/190903
75. Nabrawi E, Alanazi AT. Imaging in Healthcare: A Glance at the Present and a Glimpse Into the Future. *Cureus*. 2023 Mar 14;15(3):e36111. doi: 10.7759/cureus.36111. PMID: 37065355; PMCID: PMC10098436.
76. Sirota-Cohen C, Rosipko B, Forsberg D, Sunshine JL. Implementation and Benefits of a Vendor-Neutral Archive and Enterprise-Imaging Management System in an Integrated Delivery Network. *J Digit Imaging*. 2019 Apr;32(2):211-220. doi: 10.1007/s10278-018-0142-3. PMID: 30338476; PMCID: PMC6456740.
77. Agarwal TK, Sanjeev. Vendor neutral archive in PACS. *Indian J Radiol Imaging*. 2012 Oct;22(4):242-5. doi: 10.4103/0971-3026.111468. PMID: 23833411; PMCID: PMC3698882.
78. Andriole KP, Gould RG, Avrin DE, Bazzill TM, Yin L, Arenson RL. Continuing quality improvement procedures for a clinical PACS. *J Digit Imaging*. 1998 Aug;11(3 Suppl 1):111-4. doi: 10.1007/BF03168275. PMID: 9735446; PMCID: PMC3453403.
79. Arora D, Mehta Y. Use of picture archiving and communication system for imaging of radiological films in cardiac surgical intensive care unit. *J Anaesthesiol Clin Pharmacol*. 2014 Jul;30(3):447-8. doi: 10.4103/0970-9185.137306. PMID: 25190974; PMCID: PMC4152706.
80. Taira RK, Stewart BK, Sinha U. PACS database architecture and design. *Comput Med Imaging Graph*. 1991 May-Jun;15(3):171-6. doi: 10.1016/0895-6111(91)90006-h. PMID: 1913565.



81. Kabachinski J. What is Health Level 7? *Biomed Instrum Technol.* 2006 Sep-Oct;40(5):375-9. doi: 10.2345/i0899-8205-40-5-375.1. PMID: 17078369.
82. Kim HS, Cho H. Health level 7 development framework for medication administration. *Comput Inform Nurs.* 2009 Sep-Oct;27(5):307-17. doi: 10.1097/NCN.0b013e3181b21c94. PMID: 19726925.
83. Schuers M, Joulakian MB, Griffon N, Pachéco J, Périgard C, Lepage E, Watbled L, Massari P, Darmoni SJ. Quality indicators from laboratory and radiology information systems. *Stud Health Technol Inform.* 2015;216:212-6. PMID: 26262041.
84. Henricks WH. Laboratory Information Systems. *Surg Pathol Clin.* 2015 Jun;8(2):101-8. doi: 10.1016/j.path.2015.02.016. Epub 2015 Mar 20. PMID: 26065785.
85. Tuthill JM, Friedman BA, Balis UJ, Splitz A. The laboratory information system functionality assessment tool: Ensuring optimal software support for your laboratory. *J Pathol Inform.* 2014 Feb 25;5(1):7. doi: 10.4103/2153-3539.127819. PMID: 24741466; PMCID: PMC3986538.
86. Vassilacopoulos G, Paraskevopoulou E. A process model basis for evolving hospital information systems. *J Med Syst.* 1997 Jun;21(3):141-53. doi: 10.1023/a:1022808222057. PMID: 9408822.
87. Silva LA, Costa C, Oliveira JL. A PACS archive architecture supported on cloud services. *Int J Comput Assist Radiol Surg.* 2012 May;7(3):349-58. doi: 10.1007/s11548-011-0625-x. Epub 2011 Jun 16. PMID: 21678039.

88. Costa C, Oliveira JL, Silva A, Ribeiro VG, Ribeiro J. Design, development, exploitation and assessment of a Cardiology Web PACS. *Comput Methods Programs Biomed.* 2009 Mar;93(3):273-82. doi: 10.1016/j.cmpb.2008.10.015. Epub 2008 Dec 30. PMID: 19117637.
89. Reiner BI, Salkever D, Siegel EL, Hooper FJ, Siddiqui KM, Musk A. Multi-institutional analysis of computed and direct radiography: part II. Economic analysis. *Radiology.* 2005 Aug;236(2):420-6. doi: 10.1148/radiol.2362040673. Epub 2005 Jun 21. PMID: 15972336.
90. Benjamin M, Aradi Y, Shreiber R. From shared data to sharing workflow: merging PACS and teleradiology. *Eur J Radiol.* 2010 Jan;73(1):3-9. doi: 10.1016/j.ejrad.2009.10.014. Epub 2009 Nov 14. PMID: 19914789.
91. Roseland ME, Kazerooni EA, Bailey JE, Luker GD, Cohan RH, Davenport MS. Needs Assessment Using a Structured Prioritization Schema: An Open Letter to PACS Vendors. *J Am Coll Radiol.* 2019 Feb;16(2):170-177. doi: 10.1016/j.jacr.2018.07.014. Epub 2018 Sep 13. PMID: 30219343.
92. Bercovich E, Javitt MC. Medical Imaging: From Roentgen to the Digital Revolution, and Beyond. *Rambam Maimonides Med J.* 2018 Oct 4;9(4):e0034. doi: 10.5041/RMMJ.10355. PMID: 30309440; PMCID: PMC6186003.
93. Adrian MK Thomas, Arpan K. Banerjee, *The History of Radiology*, Christopher Garden-Thorpe, 2013 ISBN: 978-0-19-963997-7
94. Seikh Parvez, *Textbook of Radiology: Physics*, 2016, DOI: 10.5005/jp/books/12812\_22, ISBN: 9789385891304
95. Lima AA, Mridha MF, Das SC, Kabir MM, Islam MR, Watanobe Y. A Comprehensive Survey on the Detection, Classification, and Challenges of Neurological Disorders. *Biology (Basel).* 2022 Mar 18;11(3):469. doi: 10.3390/biology11030469. PMID: 35336842; PMCID: PMC8945195.