ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

«ΚΛΙΝΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΚΑΙ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΤΕΧΝΗΤΗΣ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗΣ ΣΤΗΝ ΤΟΜΟΣΥΝΘΕΣΗ, ΥΠΕΡΗΧΟΓΡΑΦΗΜΑ ΚΑΙ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑ ΜΑΣΤΟΥ.»

«CLINICAL APPLICATIONS AND DEVELOPMENT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN BREAST TOMOSYNTHESIS, ULTRASOUND AND MAGNETIC TOMOGRAPHY»

υπό

ΑΓΑΛΙΑΝΟΥ ΜΑΡΙΑ

Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των
απαιτήσεων για την απόκτηση του
Διπλώματος Μεταπτυχιακών Σπουδών
«Φυσικές Αρχές Βιοϊατρικής Απεικόνισης και Ακτινοπροστασία»

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή
Τσούγκος Ιωάννης, Καθηγητής Ιατρικής Φυσικής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Βλυχού Μαριάννα, Καθηγήτρια Ιατρικής Φυσικής Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Σβώλος Πατρίτσια, Επ.Καθηγήτρια, McGovern Medical School, ΗΠΑ

Λάρισα, 2025

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
13/09/2026 18:51:02 EEST - 216.73.216.14

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Για την ολοκλήρωση αυτής της εργασίας, οφείλω να ευχαριστήσω τους καθηγητές του Μεταπτυχιακού, για τις πλούσιες γνώσεις που μου μεταλαμπάδευσαν και τις υποδείξεις τους, καθώς και για την εν γένει καθοδήγηση που μου παρείχαν.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
13/09/2026 18:51:02 EEST - 216.73.216.14

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη……5

Abstract……6

Εισαγωγή……7

Κεφάλαιο 1ο: Εισαγωγή στην Τεχνητή Νοημοσύνη (AI) και τις Απεικονιστικές Μεθόδους Μαστού

1.1 Ορισμός και Βασικές Αρχές της AI……..8

1.2 Εξέλιξη της ΤΝ στην ιατρική απεικόνιση, με έμφαση στις τεχνολογίες μαστού…….....11

1.2.1. Συστήματα Υποβοηθούμενης Ανίχνευσης (CAD) στην Απεικόνιση Μαστού ……12

1.2.2. Κλασικές μέθοδοι απεικόνισης μαστού…….14

1.2.3 Σύγχρονες μέθοδοι απεικόνισης μαστού…….17

Κεφάλαιο 2ο: Εφαρμογές της Τεχνητής Νοημοσύνης στην Τομοσύνθεση μαστού- Βασικές αρχές της Τομοσύνθεσης - Διαφορές με την Ψηφιακή Μαστογραφία

2.1 Βασικές αρχές Τομοσύνθεσης - Διαφορές με την Ψηφιακή Μαστογραφία…….20

2.2 Χρήση αλγορίθμων AI για την ανάλυση εικόνων Τομοσύνθεσης…….25

2.3 Κλινικές Εφαρμογές της Τεχνητής Νοημοσύνης στην Τομοσύνθεση Μαστού….27

Κεφάλαιο 3ο : Χρήση της AI στο Υπερηχογράφημα Μαστού

3.1 Υπερηχογράφημα –Βασικές Αρχές…….28

3.2 Εφαρμογές Τεχνητής Νοημοσύνης στο Υπερηχογράφημα Μαστού……29

3.3 Εφαρμογές Τεχνητής Νοημοσύνης στο Υπερηχογράφημα Μαστού……31

3.4 Κλινικές Εφαρμογές της Τεχνητής Νοημοσύνης στο Υπερηχογράφημα Μαστού..33

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
13/09/2026 18:51:02 EEST - 216.73.216.14

Κεφάλαιο 4^{ο} : Εξέλιξη της Τεχνητής Νοημοσύνης στην Μαγνητική Τομογραφία Μαστού (MRI)

4.1 Μαγνητική Τομογραφία – Βασικές αρχές……35

4.2 Εισαγωγή στη μαγνητική τομογραφία μαστού……...36

4.2.1 Ενδείξεις Μαγνητικής Μαστογραφίας και η χρήση της στην κλινική πράξη ……..37

4.2.2 Εφαρμογή Πρωτοκόλλου Πολυπαραμετρικής Μαγνητικής Τομογραφίας Μαστού……39

4.2.3 Ο ρόλος της Τεχνητής Νοημοσύνης στην βελτίωση της ερμηνείας της μαγνητικής τομογραφίας μαστού…….....40

4.2.4 Η Ραδιομική στην Απεικόνιση Μαστού με Μαγνητική Τομογραφία (MRI).....43

4.2.5 Ανάλυση της Θεραπευτικής Ανταπόκρισης με AI-Υποβοηθούμενη Μαγνητική Τομογραφία στον Καρκίνο του Μαστού…….....44

Κεφάλαιο 5ο : Προκλήσεις και Προοπτικές της AI στην Απεικονιστική Ιατρική

5.1 Δεοντολογικά και Νομικά Ζητήματα-Διαχείριση προσωπικών δεδομένων και προστασία της ιδιωτικότητας 46

5.2 Ανθεκτικότητα και Επικύρωση Αλγορίθμων……...46

5.3 Εκπαίδευση και Υιοθέτηση της ΤΝ από Ιατρικούς Επαγγελματίες.....47

6. Συζήτηση-Συμπέρασμα…….....……48-50

Βιβλιογραφία…….....…….....51

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
13/09/2026 18:51:02 EEST - 216.73.216.14

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία διερευνά την ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης (ΤΝ) στην απεικόνιση του μαστού, εστιάζοντας στις τρεις βασικές μεθόδους: ψηφιακή τομοσύνθεση (DBT), υπερηχογράφημα και μαγνητική τομογραφία (MRI). Η ραγδαία εξέλιξη της ΤΝ και της μηχανικής μάθησης (ML) έχει ανοίξει νέους δρόμους στην ανίχνευση, ταξινόμηση και παρακολούθηση κακοήθων αλλοιώσεων στον μαζικό αδένα, προσφέροντας ενισχυμένη διαγνωστική ακρίβεια, βελτιωμένη απόδοση εξετάσεων και μείωση ψευδώς θετικών ή αρνητικών αποτελεσμάτων.

Η εργασία αρχικά αναλύει τις βασικές τεχνικές ΤΝ, όπως η βαθιά μάθηση (DL), τα συνελικτικά νευρωνικά δίκτυα (CNNs), και η ενισχυτική μάθηση. Στη συνέχεια, εξετάζεται η εξέλιξη των CAD (Computer-Aided Detection) συστημάτων, από την παραδοσιακή αναγνώριση προτύπων έως τα σύγχρονα, αυτόνομα διαγνωστικά μοντέλα, με έμφαση στη χρήση τους σε DBT, υπερηχογράφημα και MRI.

Ακολουθεί μια περιληπτική αναφορά των παραδοσιακών(μαστογραφία ,υπερηχογράφημα και μαγνητική τομογραφία) και σύγχρονων τεχνικών απεικόνισης μαστού , όπως η CEM, η MBI, η φωτοακουστική απεικόνιση, η θερμογραφία και η PET μαστού.

Εν συνεχεία γίνεται εκτενέστερη ανάλυση των βασικών μεθόδων απεικόνισης μαστού τομοσυνθεσης ,υπερηχογραφήματος και μαγνητικής τομογραφίας εστιάζοντας στην εφαρμογή της ΤΝ στις εν λόγω μεθόδους . Στην τομοσύνθεση , η οποία θεωρείται πλέον μέθοδος-κλειδί για τον προσυμπτωματικό έλεγχο, ειδικά σε γυναίκες με πυκνό μαστικό ιστό η ΤΝ διευκολύνει την τμηματοποίηση, εντοπισμό και κατηγοριοποίηση αλλοιώσεων με τη χρήση εξελιγμένων αλγορίθμων.

Στο υπερηχογράφημα και τη μαγνητική τομογραφία, η ΤΝ συμβάλλει στην αυτοματοποιημένη ανάλυση, πρόγνωση και σταδιοποίηση των αλλοιώσεων, βελτιώνοντας την κλινική πρακτική.

Τέλος, επισημαίνονται οι προκλήσεις της AI στην απεικονιστική ιατρική: δεοντολογικά ζητήματα, ερμηνευσιμότητα αλγορίθμων, διαχείριση προσωπικών δεδομένων και ανάγκη για διαλειτουργικά και εξηγήσιμα συστήματα. Παρά τις δυσκολίες, η προοπτική της ΤΝ είναι να μεταμορφώσει την προληπτική ιατρική, συμβάλλοντας στην ανάπτυξη πιο εξατομικευμένων, αποδοτικών και ασφαλών διαγνωστικών εργαλείων για την υγεία του μαστού.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
13/09/2026 18:51:02 EEST - 216.73.216.14

ABSTRACT

This postgraduate thesis investigates the integration of Artificial Intelligence (AI) in breast imaging, focusing on the three primary modalities: Digital Breast Tomosynthesis (DBT), ultrasound, and Magnetic Resonance Imaging (MRI). The rapid advancement of AI and Machine Learning (ML) has opened new pathways in the detection, classification, and monitoring of malignant lesions in breast tissue, offering enhanced diagnostic accuracy, improved exam performance, and reduced false positive or negative results.

The thesis initially analyzes the fundamental AI techniques, such as Deep Learning (DL), Convolutional Neural Networks (CNNs), and Reinforcement Learning. Then explores the evolution of Computer-Aided Detection (CAD) systems—from traditional pattern recognition methods to modern, autonomous diagnostic models—with emphasis on their application in DBT, ultrasound, and MRI.

A concise overview is subsequently provided of both traditional (mammography, ultrasound, and MRI) and modern breast imaging techniques, such as Contrast-Enhanced Mammography (CEM), Molecular Breast Imaging (MBI), photoacoustic imaging, thermography, and Positron Emission Mammography (PEM).

Following that, a more detailed analysis is presented of the main breast imaging methods—tomosynthesis, ultrasound, and MRI—focusing on the application of AI in these modalities. In tomosynthesis, which is now considered a key method for screening, especially for women with dense breast tissue, AI facilitates the segmentation, detection, and classification of lesions using advanced algorithms. In ultrasound and MRI, AI contributes to automated analysis, prognosis, and staging of lesions, improving clinical practice.

Finally, the thesis highlights the challenges of AI in medical imaging: ethical issues, algorithm interpretability, management of personal data, and the need for interoperable and explainable systems. Despite these difficulties, the potential of AI is to transform preventive medicine by contributing to the development of more personalized, efficient, and safe diagnostic tools for breast health.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
13/09/2026 18:51:02 EEST - 216.73.216.14

"Κλινικές εφαρμογές και εξέλιξη της τεχνητής νοημοσύνης στην τομοσύνθεση, υπερηχογράφημα και μαγνητική τομογραφία μαστού"

Εισαγωγή

Η τεχνητή νοημοσύνη (ΤΝ) αποτελεί μία από τις πιο καθοριστικές τεχνολογικές εξελίξεις του 21ου αιώνα, με εκτεταμένες εφαρμογές σε πλήθος επιστημονικών πεδίων. Ιδιαίτερα στον χώρο της ιατρικής απεικόνισης, η ΤΝ έχει αρχίσει να μεταμορφώνει ριζικά τον τρόπο με τον οποίο οι ιατροί προσεγγίζουν τη διάγνωση, την πρόγνωση και την παρακολούθηση νοσημάτων. Μέσα από τη χρήση εξελιγμένων αλγορίθμων Μηχανικής και Βαθιάς μάθησης, καθίσταται δυνατή η αυτοματοποιημένη επεξεργασία και ανάλυση σύνθετων ιατρικών εικόνων, ενισχύοντας τη διαγνωστική ακρίβεια και μειώνοντας τον ανθρώπινο παράγοντα σφάλματος.

Ιδιαίτερη σημασία αποκτά η εφαρμογή της Τεχνητής Νοημοσύνης στην απεικόνιση του μαστού, έναν τομέα με υψηλή διαγνωστική πρόκληση και ζωτικής σημασίας ρόλο στην πρώιμη ανίχνευση του καρκίνου. Η εργασία αυτή επικεντρώνεται στις κλινικές εφαρμογές της ΤΝ σε τρεις βασικές απεικονιστικές μεθόδους: την ψηφιακή Τομοσύνθεση μαστού (Digital Breast Tomosynthesis - DBT), το Υπερηχογράφημα και τη Μαγνητική τομογραφία (Magnetic Resonance Imaging - MRI). Κάθε μία από αυτές τις μεθόδους προσφέρει μοναδικές δυνατότητες και προκλήσεις, ενώ η ενσωμάτωση της ΤΝ επιτρέπει την περαιτέρω βελτιστοποίηση της ευαισθησίας και της ειδικότητας τους.

Η εργασία εξετάζει τόσο τις τεχνικές πτυχές των αλγορίθμων όσο και τις κλινικές εφαρμογές τους, αναλύοντας με παραδείγματα τη λειτουργία τους στην πράξη.

Παράλληλα, διερευνώνται κρίσιμα ζητήματα που σχετίζονται με την ερμηνευσιμότητα των αποτελεσμάτων, την ασφάλεια των δεδομένων, την τυποποίηση και την αναγκαιότητα θεσμικού πλαισίου για την ασφαλή ενσωμάτωση της τεχνολογίας αυτής στην καθημερινή κλινική πράξη.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
13/09/2026 18:51:02 EEST - 216.73.216.14

Σκοπός

Σκοπός της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας είναι η διερεύνηση των κλινικών εφαρμογών και των τεχνολογικών εξελίξεων της τεχνητής νοημοσύνης (AI) στις σύγχρονες απεικονιστικές τεχνικές του μαστού, με έμφαση στην τομοσύνθεση, το υπερηχογράφημα και τη μαγνητική τομογραφία. Ειδικότερα, η εργασία αποσκοπεί στη συστηματική αποτύπωση των AI εφαρμογών που αξιοποιούνται για την ανίχνευση, τη διάγνωση και τη σταδιοποίηση αλλοιώσεων του μαστού, καθώς και στην αξιολόγηση της διαγνωστικής ακρίβειας, της ευαισθησίας και της ειδικότητας των εν λόγω συστημάτων. Επιπλέον, εξετάζονται οι προκλήσεις και οι ηθικές παράμετροι που συνοδεύουν την ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης στην κλινική πράξη, καθώς και οι προοπτικές μελλοντικής αξιοποίησής της.

1. Εισαγωγή στην Τεχνητή Νοημοσύνη (AI) και τις Απεικονιστικές Κλασσικές και Σύγχρονες Μεθόδους Μαστού

1.1 Ορισμός και Βασικές Αρχές της AI

Ο όρος Τεχνητή Νοημοσύνη (Τεχνική Νοημοσύνη: ΤΝ ή Artificial Intelligence: AI) αναφέρεται σε μια ταχέως εξελισσόμενη τεχνολογία η οποία περιλαμβάνει τις τεχνικές της Μηχανικής Μάθησης, επιβλεπόμενη με δεδομένα χαρακτηρισμένα (labeled) και μη επιβλεπόμενη με δεδομένα μη χαρακτηρισμένα (unlabeled),της Βαθιάς εκμάθησης και των Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων.(Bellini κ.ά., 2022). Ένας από τους πρωτοπόρους της σύγχρονης υπολογιστικής και της Τεχνητής Νοημοσύνης ήταν ο Alan Turing, ο οποίος ήδη από το 1950 εισήγαγε την ιδέα της «δοκιμής Turing». Η προσέγγισή του βασιζόταν στην άποψη ότι η νοημοσύνη ενός υπολογιστικού συστήματος μπορεί να αξιολογηθεί μέσα από την ικανότητά του να επιτυγχάνει επιδόσεις αντίστοιχες του ανθρώπου σε γνωστικές εργασίες.(Amisha κ.ά., 2019)

Η Μηχανική Μάθηση περιλαμβάνει υπολογιστικά μοντέλα και αλγορίθμους, τα Τεχνητά Νευρωνικά δίκτυα (Atificial Neuronic Networks: ANN) με σκοπό την προσομοίωση της λειτουργίας των νευρικών κυττάρων του ανθρώπινου εγκέφαλου με μηχανές. Η Βαθιά μάθηση αναπτύχτηκε για να βελτιώσει τα ANN σε πιο βαθιά νευρωνικά δίκτυα, τα Συνελικτικά Νευρωνικά δίκτυα. Ουσιαστικά χρησιμοποιώντας τον όρο ΤΝ, ως ίσχυε μέχρι σήμερα, μέσω άλλων μεθοδολογιών και τεχνικών Μηχανικής μάθησης εννοούμε την χρήση κυρίως των Συνελικτικών νευρωνικών δικτύων (convolutional artificial neural networks-CNN) . (Avanzo κ.ά., 2024)

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
13/09/2026 18:51:02 EEST - 216.73.216.14

Βασικές έννοιες στην Τεχνητή Νοημοσύνη(AI) και τη Μηχανική μάθηση(ML)

Στην Τεχνητή Νοημοσύνη, ένα νευρωνικό δίκτυο είναι δομημένο σαν ένα δίκτυο νευρώνων στον ανθρώπινο εγκέφαλο. Έχει στρώματα νευρώνων που συνδέονται μεταξύ τους και στη συνέχεια δίνει μια έξοδο. Η έννοια ενός νευρωνικού δικτύου είναι να δημιουργήσει έναν αλγόριθμο που λειτουργεί σαν μια διαδικασία του ανθρώπινου εγκεφάλου για τη λήψη αποφάσεων.(Nielsen, 2015) Η Βαθιά Μάθηση(DL) είναι ένα υποπεδίο της Μηχανικής Μαθησης(ML) και χρησιμοποιεί πολυεπίπεδα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα για την επίλυση ζητημάτων που είναι δύσκολο να αντιμετωπιστούν από άλλες μεθόδους εκμάθησης. Στη Μηχανική μάθηση, η διαδικασία της μάθησης ξεκινά με παρατηρήσεις ή δεδομένα. Από αυτές τις παρατηρήσεις, το σύστημα κάνει μια προσπάθεια να αναζητήσει μοτίβα μαθαίνοντας από αυτά και στη συνέχεια να δημιουργήσει νέα μοτίβα. Στη σύγχρονη επιστήμη της Μηχανικής Μάθησης, η εκπαίδευση των υπολογιστικών συστημάτων βασίζεται κυρίως σε τρεις θεμελιώδεις προσεγγίσεις μάθησης από δεδομένα: 1. την επιβλεπόμενη μάθηση, 2. Τη μη-επιβλεπόμενη μάθηση και 3. την ενισχυτική μάθηση. Η επιβλεπόμενη μάθηση είναι μια προσέγγιση στην εκπαίδευση αλγορίθμων εκμάθησης που στοχεύει στην εκμάθηση μιας συνάρτησης που αντιστοιχίζει μια είσοδο σε μια έξοδο με βάση παραδείγματα ζευγαριών εισόδου-εξόδου. Στην μη επιβλεπόμενη μάθηση , ένα σύστημα συνοδεύεται από ένα σύνολο δεδομένων που δεν περιλαμβάνει τα αποτελέσματα. Αντίθετα, το σύστημα θα προσπαθήσει να αναγνωρίσει οποιοδήποτε μοτίβο ή στατιστικά στοιχεία στην είσοδο. Η ενισχυτική μάθηση περιλαμβάνει τόσο την επιβλεπόμενη όσο και την μη επιβλεπόμενη μάθηση .(Avanzo κ.ά., 2024). Η εξαγωγή χαρακτηριστικών αποτελεί θεμελιώδη διαδικασία στη Μηχανική Μάθηση και την ανάλυση δεδομένων, καθώς περιλαμβάνει τον εντοπισμό και τη δημιουργία κατάλληλων χαρακτηριστικών (μεταβλητών ή ιδιοτήτων) από τα ακατέργαστα δεδομένα (raw data), οδηγώντας στη διαμόρφωση ενός πιο περιεκτικού και πληροφοριακά πλουσιότερου συνόλου δεδομένων. Οι περιπτώσεις του πραγματικού κόσμου περιέχουν κείμενο, ήχο, εικόνες και φυσική ομιλία, αλλά δεν μπορούν να μετατραπούν σε σαφείς πληροφορίες που μπορεί να κατανοήσει το νευρωνικό δίκτυο. Η AI και η ML εξαρτώνται πλήρως η μια από την άλλη. Η AI δεν μπορεί να προχωρήσει χωρίς νέες προσεγγίσεις ML και η ML δεν μπορεί να προχωρήσει χωρίς νέα θέματα AI.

Νευρωνικά δίκτυα και βαθιά μάθηση

Οι νευρώνες, είναι οι κυτταρικές δομές του εγκεφάλου οι οποίες λαμβάνουν ηλεκτρικά και χημικά δυναμικά και μέσω μιας προβλέψιμης λογικής παράγουν ένα δυναμικό εξόδου.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
13/09/2026 18:51:02 EEST - 216.73.216.14

Ένα νευρωνικό δίκτυο είναι ένα σύνολο τεχνητών νευρώνων ομαδοποιημένων σε στρώματα, που αντιπροσωπεύουν τον τρόπο επεξεργασίας και μετάδοσης δεδομένων στον ανθρώπινο εγκέφαλο. Υπάρχουν τρεις διαφορετικοί τύποι επιπέδων: το επίπεδο εισόδου, το κρυφό και το επίπεδο εξόδου. Το επίπεδο εισόδου είναι το σημείο όπου τα δεδομένα εισάγονται στο νευρωνικό δίκτυο. Τα κρυφά επίπεδα είναι εκείνα όπου γίνεται η επεξεργασία αυτών των δεδομένων και τέλος στο επίπεδο εξόδου εξάγεται το αποτέλεσμα της επεξεργασίας. Οι κόμβοι είναι η αναπαράσταση των νευρώνων μέσα στο δίκτυο. Κατασκευάζονται και λειτουργούν παρόμοια με τους αρχικούς νευρώνες. Οι συνδέσεις μεταξύ των κόμβων προσαρμόζονται ξεχωριστά, με ένα <<βάρος>> που αντιπροσωπεύει πόσο ισχυρή είναι η σύνδεση. Τα σήματα μπορούν να σταματήσουν στο δίκτυο μέσω των κόμβων λόγω των βαρών. Τα νευρωνικά δίκτυα κατασκευάζονται μέσω Βαθιάς Μάθησης(DL), που είναι ένας ακόμη τύπος νευρωνικού δικτύου.(Sahiner κ.ά., 2019) Ορισμένα από τα βασικά χαρακτηριστικά των Δικτύων Βαθιάς Μάθησης είναι η ικανότητά τους να εκπαιδεύονται απευθείας από ακατέργαστα δεδομένα, όπως σήματα ήχου και τιμές εικονοστοιχείων (pixel values), και να παράγουν ακριβή αναλυτικά αποτελέσματα. Αυτό μπορεί να συμβεί ακόμη και όταν οι είσοδοι δεδομένων δεν είναι δομημένες. Ο όρος «βαθιά μάθηση» αναφέρεται στην αρχιτεκτονική των νευρωνικών δικτύων που περιλαμβάνει πολλαπλά διαδοχικά επίπεδα επεξεργασίας, μέσω των οποίων τα δεδομένα διέρχονται με στόχο την ιεραρχική εξαγωγή χαρακτηριστικών και την αναπαράστασή τους σε αυξανόμενο επίπεδο αφαίρεσης. Η Βαθιά Μάθηση παρουσιάζει δυσκολίες αλλά θα μπορούσε να ανοίξει την πόρτα για την καθιέρωση νέων μεθόδων στην ανάλυση δεδομένων. Επιπλέον, η ενσωμάτωση της σε παραδοσιακές εργασίες Μηχανικής μάθησης ανοίγει νέες εφαρμογές και ευκαιρίες για τη βελτίωση τέτοιων εφαρμογών με μια προφανή διάταξη.

Είδη Μηχανικής Μάθησης

Η μελέτη των θεωριών, αλγορίθμων και τεχνικών μηχανικής μάθησης έχει σχεδιαστεί για τη δημιουργία μοντέλων εκμάθησης. Η εκπαίδευση με μια προσέγγιση βασισμένη στα δεδομένα είναι μια εργασία όπου η γνώση που δημιουργείται μέσω στατιστικών, πιθανοτήτων, βελτιστοποίησης κ.λπ. βοηθά να επιτευχθεί. Η μάθηση τυπικά ταξινομείται σε τρεις κύριους τύπους ανάλογα με τον τρόπο με τον οποίο χρησιμοποιούνται τα δεδομένα. Είναι η εποπτευόμενη μάθηση, η μάθηση χωρίς επίβλεψη και η ενισχυτική μάθηση.

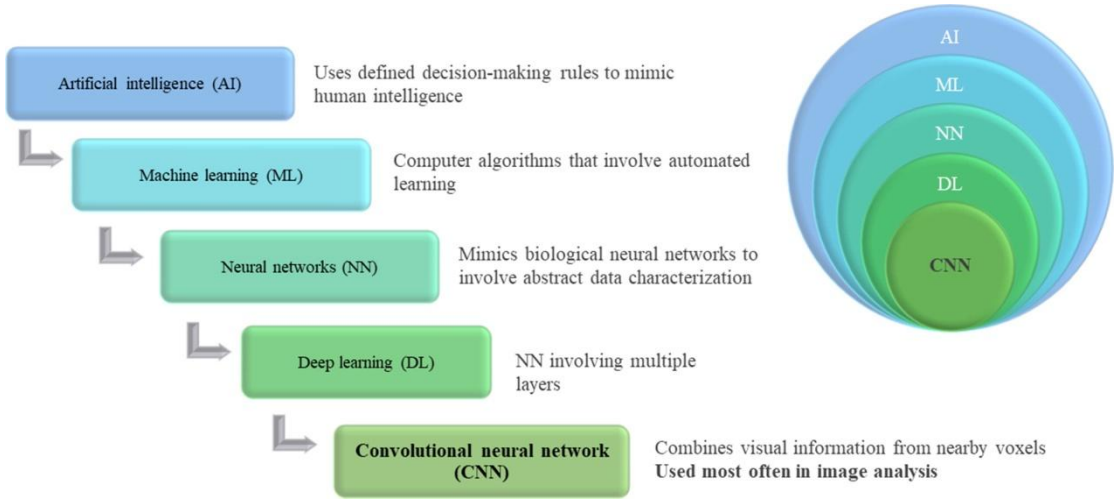
Επιβλεπόμενη μάθηση . Στην επιβλεπόμενη μάθηση, οι αλγόριθμοι εκπαιδεύονται με ζεύγη εισόδου-εξόδου, γνωστά και ως επισημασμένα παραδείγματα (labeled examples), με σκοπό την εκμάθηση μιας συνάρτησης που αντιστοιχίζει τις εισόδους

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
13/09/2026 18:51:02 EEST - 216.73.216.14

στις αντίστοιχες εξόδους. Μετά την ολοκλήρωση της εκπαίδευσης , τα συστήματα μπορούν να προβλέψουν τις εξόδους ακόμα κι αν η δεδομένη τιμή εισόδου δεν φαίνεται από το σύστημα. Χρησιμοποιείται για προβλήματα όπου οι χειριστές έχουν κάποια προηγούμενη γνώση σχετικά με την έξοδο.(Ono & Goto, 2022)

Μη επιβλεπόμενη επίβλεψη. Στη μη επιβλεπόμενη μάθηση, οι αλγόριθμοι στοχεύουν στον εντοπισμό κρυφών δομών και μοτίβων εντός των ανεπεξέργαστων σημάτων εισόδου, χωρίς τη χρήση επισημασμένων δεδομένων εκπαίδευσης από ανθρώπινο χειριστή. Χρησιμοποιείται για προβλήματα όπου οι χειριστές δεν έχουν προηγούμενη γνώση σχετικά με τις εξόδους.(Eckhardt κ.ά., 2023)

Ενισχυτική μάθηση. Η ενισχυτική μάθηση είναι ένας κλάδος της Μηχανικής Μάθησης που επικεντρώνεται στην εκπαίδευση ενός πράκτορα (agent), ώστε να μαθαίνει να λαμβάνει διαδοχικές αποφάσεις μέσα σε ένα περιβάλλον. Ο πράκτορας αλληλεπιδρά με το περιβάλλον μέσω ενεργειών, για τις οποίες λαμβάνει αριθμητικές ανταμοιβές (rewards) ως ανατροφοδότηση. Σκοπός του είναι να μάθει, μέσα από επαναλαμβανόμενη διαδικασία/εμπειρία, ποιες ενέργειες οδηγούν στα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα σε βάθος χρόνου, δηλαδή να επιλέγει δράσεις που μεγιστοποιούν το άθροισμα των ανταμοιβών που θα λάβει στο μέλλον. (Al-Hamadani κ.ά., 2024)



Εικ.1) Ορισμοί Τεχνητής Νοημοσύνης και ιεραρχία όρων για μοντέλα Τεχνητής Νοημοσύνης. (Goldberg κ.ά., 2023)

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
13/09/2026 18:51:02 EEST - 216.73.216.14

1.2 Εξέλιξη της ΤΝ στην ιατρική απεικόνιση, με έμφαση στις τεχνολογίες μαστού.

1.2.1 Συστήματα Υποβοηθούμενης Ανίχνευσης (CAD) στην Απεικόνιση Μαστού.

Τα Συστήματα Υποβοηθούμενης Ανίχνευσης (CAD) στην απεικόνιση του μαστού έχουν εξελιχθεί σημαντικά τις τελευταίες δεκαετίες. Από τα πρώτα στάδια ανάπτυξής τους, όπου χρησιμοποιούσαν βασικές τεχνικές επεξεργασίας εικόνας, μέχρι τη σημερινή εποχή της Τεχνητής Νοημοσύνης (ΤΝ) και της Βαθιάς Μάθησης, τα CAD έχουν μετατραπεί σε απαραίτητα εργαλεία για την έγκαιρη ανίχνευση και διάγνωση του καρκίνου του μαστού. Η εξέλιξή τους αντικατοπτρίζει τις γενικότερες τάσεις στην ιατρική απεικόνιση και την τεχνολογία υγείας .(Katzen & Dodelzon, 2018; Taylor κ.ά., 2023)

Τα πρώτα συστήματα CAD αναπτύχθηκαν στα τέλη της δεκαετίας του 1980, με τις πρώτες πρακτικές εφαρμογές να εμφανίζονται τη δεκαετία του 1990. Αυτά τα πρώιμα συστήματα χρησιμοποιούσαν βασικές τεχνικές επεξεργασίας εικόνας και αλγορίθμους αναγνώρισης προτύπων για να επισημάνουν πιθανά ύποπτα σημεία στις μαστογραφίες.(Dromain κ.ά., 2013)

Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 2000, η ευρεία υιοθέτηση της Ψηφιακής Μαστογραφίας Πλήρους Πεδίου (FFDM) αντικατέστησε την παραδοσιακή μαστογραφία με φιλμ, προσφέροντας υψηλότερη ανάλυση εικόνας. Καθώς η FFDM έγινε πρότυπη πρακτική, τα συστήματα CAD εξελίχθηκαν για να επεξεργάζονται καλύτερα τις ψηφιακές εικόνες, επιτρέποντας πιο ακριβή εντοπισμό ανωμαλιών. Ωστόσο, κλινικές μελέτες παρουσίασαν μικτά αποτελέσματα όσον αφορά την επίδραση των CAD στην ακρίβεια της διάγνωσης. Ενώ τα CAD συχνά αύξαναν την ευαισθησία—εντοπίζοντας περισσότερους πιθανούς καρκίνους—οδήγησαν επίσης σε υψηλότερα ποσοστά ψευδώς θετικών αποτελεσμάτων, συμβάλλοντας στο άγχος των ασθενών και σε περιττές διαδικασίες όπως βιοψίες.(Dromain κ.ά., 2013)

Η εισαγωγή της Ψηφιακής Τομοσύνθεσης Μαστού (DBT), γνωστής και ως 3D μαστογραφίας, έθεσε νέες προκλήσεις για τα παραδοσιακά συστήματα CAD, τα οποία δεν είχαν σχεδιαστεί για την ερμηνεία ογκομετρικών δεδομένων εικόνας . Η DBT, ενώ δημιουργεί πολλαπλές λεπτές τομές του ιστού του μαστού, προσφέροντας πιο λεπτομερή προβολή και μειώνοντας το πρόβλημα της επικάλυψης ιστών, τα πρώιμα συστήματα CAD δυσκολεύονταν να αναλύσουν αποτελεσματικά τον μεγάλο όγκο δεδομένων που δημιουργούσε. Αυτός ο περιορισμός οδήγησε στην ανάπτυξη προηγμένων υπολογιστικών μεθόδων, συμπεριλαμβανομένων των πρώιμων μορφών μηχανικής μάθησης, που μπορούσαν

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
13/09/2026 18:51:02 EEST - 216.73.216.14

να χειριστούν τα 3D σύνολα δεδομένων και να υποστηρίξουν πιο ακριβή εντοπισμό και ταξινόμηση αλλοιώσεων .(Chan κ.ά., 2008)

Η δεκαετία του 2020 έχει φέρει μια νέα εποχή για τα συστήματα CAD, με κινητήρια δύναμη τις εξελίξεις στην τεχνητή νοημοσύνη και ιδιαίτερα, στη βαθιά μάθηση. Σε αντίθεση με τα παραδοσιακά CAD, που βασίζονταν σε χειροκίνητα σχεδιασμένα χαρακτηριστικά, τα σύγχρονα συστήματα βασισμένα στην AI μαθαίνουν απευθείας από μεγάλα σύνολα δεδομένων. Τα Συνελικτικά Νευρωνικά Δίκτυα και άλλα μοντέλα βαθιάς μάθησης έχουν αποδειχθεί ιδιαίτερα αποτελεσματικά σε καθήκοντα ταξινόμησης εικόνας, επιτρέποντας στα CAD να επιτύχουν υψηλότερη ακρίβεια, βελτιωμένη ευαισθησία και χαμηλότερα ποσοστά ψευδώς θετικών αποτελεσμάτων .

Αυτά τα συστήματα όχι μόνο εντοπίζουν αλλοιώσεις αλλά μπορούν επίσης να αξιολογήσουν την πιθανότητα κακοήθειας, προσφέροντας πιο λεπτομερή ανάλυση από τις προηγούμενες προσεγγίσεις CAD .

Μια από τις σημαντικότερες εξελίξεις στα σύγχρονα συστήματα CAD είναι η δυνατότητά τους να ενσωματώνουν πολλαπλές μορφές απεικόνισης. Τα σημερινά συστήματα τεχνητής νοημοσύνης έχουν σχεδιαστεί για να αναλύουν όχι μόνο μαστογραφίες, αλλά και υπερήχους μαστού, μαγνητική τομογραφία (MRI), και ψηφιακή μαστογραφία με ενίσχυση αντίθεσης (contrast-enhanced mammography)(Jalalian κ.ά., 2013). Αυτή η πολυτροπική προσέγγιση είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για γυναίκες με πυκνό μαζικό ιστό, στις οποίες η απλή μαστογραφία ενδέχεται να μην ανιχνεύσει ευδιάκριτα τον καρκίνο . Με τη σύνθεση δεδομένων από διαφορετικές πηγές, τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης προσφέρουν μια πιο ολοκληρωμένη αξιολόγηση της υγείας του μαστού.

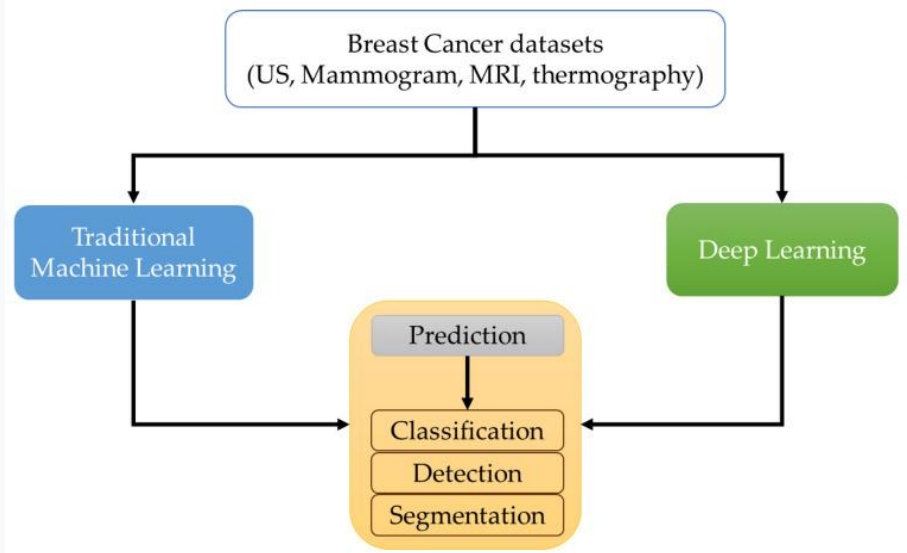
Τα μελλοντικά συστήματα CAD αναμένεται να ξεπεράσουν τα όρια της απλής ανάλυσης εικόνας, ενσωματώνοντας μια ποικιλία δεδομένων του ασθενούς, όπως γενετική πληροφορία, οικογενειακό ιστορικό, συνήθειες ζωής και κλινικά δεδομένα. Με αυτόν τον τρόπο, η τεχνητή νοημοσύνη θα μπορεί να δημιουργεί εξατομικευμένα προφίλ κινδύνου και να προτείνει εξατομικευμένα πρωτόκολλα προληπτικού ελέγχου. Γυναίκες με αυξημένο κίνδυνο θα μπορούν να υποβάλλονται σε πιο τακτικό ή πολυτροπικό έλεγχο, ενώ εκείνες με χαμηλό κίνδυνο θα αποφεύγουν τις περιττές εξετάσεις.(Uchikov κ.ά., 2024)

Τα νέα CAD θα είναι σε θέση να παρέχουν υποστήριξη λήψης αποφάσεων σε πραγματικό χρόνο. Αυτό σημαίνει ότι θα προσφέρουν στους ακτινολόγους άμεση ανάλυση και προτάσεις κατά την αξιολόγηση των εικόνων, συμπεριλαμβανομένων συστάσεων για περαιτέρω εξετάσεις ή παρακολούθηση .

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
13/09/2026 18:51:02 EEST - 216.73.216.14

Η εξέλιξη των CAD στην απεικόνιση του μαστού είναι ενδεικτική της γενικότερης πορείας της ιατρικής προς την ψηφιοποίηση και την εξατομίκευση. Από τα πρώτα συστήματα βασισμένα στην αναγνώριση προτύπων έως τα σημερινά πολύπλοκα εργαλεία τεχνητής νοημοσύνης που υποστηρίζουν πολλαπλές μορφές απεικόνισης, τα CAD έχουν μεταμορφώσει την πρόληψη και διάγνωση του καρκίνου του μαστού. Μελλοντικές εξελίξεις υπόσχονται ακόμη μεγαλύτερη ακρίβεια, ταχύτητα και προσαρμοστικότητα στις ανάγκες του κάθε ασθενούς, συμβάλλοντας καθοριστικά στη βελτίωση της ποιότητας ζωής και της υγειονομικής περίθαλψης .

Εικ.2)Επισκόπηση της ML για τον καρκίνο του μαστού.(Al-Karawi , 2024)



1.2.2 Κλασικές μέθοδοι απεικόνισης μαστού

Μία από τις κύριες προκλήσεις στην απεικόνιση του μαστού είναι η έγκαιρη ανίχνευση του καρκίνου του μαστού. Αυτή η έγκαιρη ανίχνευση και η συνακόλουθη έγκαιρη έναρξη θεραπείας μπορεί να οδηγήσει σε μειωμένα ποσοστά θνησιμότητας. Ο καρκίνος του μαστού είναι ο πιο συχνά διαγνωσμένος καρκίνος και η δεύτερη κύρια αιτία θανάτου από καρκίνο μεταξύ των γυναικών. Κάθε χρόνο, διαγιγνώσκονται περίπου 2 εκατομμύρια νέες περιπτώσεις διηθητικού καρκίνου του μαστού, περίπου μισό εκατομμύριο γυναικών πεθαίνουν από τη νόσο και πολλές περισσότερες ζουν με τις συνέπειές της.

Τις τελευταίες δεκαετίες, έχουν γίνει μεγάλα βήματα στην έγκαιρη διάγνωση μέσω προγραμμάτων προσυμπτωματικού ελέγχου, στον σχεδιασμό και την παρακολούθηση της θεραπείας του καρκίνου του μαστού. Οι πιο ευρέως χρησιμοποιούμενες και αποτελεσματικές

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
13/09/2026 18:51:02 EEST - 216.73.216.14

μέθοδοι προσυμπτωματικού ελέγχου βασίζονται στην ερμηνεία των απεικονιστικών μελετών του μαστού από τους ακτινολόγους. Η επίτευξη ακριβούς διάγνωσης εξαρτάται από τη σωστή αναγνώριση χαρακτηριστικών του καρκίνου του μαστού όπως η πυκνότητα των ιστών, οι μάζες, η διαταραχή αρχιτεκτονικής των ιστών και οι ύποπτες μικροαποτιτανώσεις. Οι κλασικές τεχνικές απεικόνισης μαστού έχουν συμβάλει σημαντικά στο πεδίο της κλινικής πρακτικής για τις παθήσεις του μαστού. Συγκεκριμένα, η μαστογραφία χρησιμοποιείται ευρέως ως το χρυσό πρότυπο για την έγκαιρη διάγνωση και τον προσυμπτωματικό έλεγχο του καρκίνου του μαστού για περισσότερο από μισό αιώνα. Επιπλέον, με την πρόοδο της διαγνωστικής τεχνολογίας απεικόνισης, άλλες κλασικές τεχνικές απεικόνισης μαστού, συμπεριλαμβανομένου του υπερήχου και της μαγνητικής τομογραφίας, έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως και έχουν βελτιωθεί σταδιακά.

Μαστογραφία

Η μαστογραφία είναι μέθοδος απεικόνισης του μαστού που χρησιμοποιείται για τη δημιουργία λεπτομερών εικόνων των δομών του μαστού, κατατάσσεται στην Κλασική Ακτινολογία και χρησιμοποιεί ιονίζουσα ακτινοβολία. Φάσματα ακτίνων Χ χαμηλής ενέργειας, εκπέμπονται από την λυχνία του μαστογράφου. Η παραγωγή της διαγνωστικής εικόνας είναι αποτέλεσμα της εξασθένισης της πρωτογενούς δέσμης φωτονίων ως αποτέλεσμα αλληλεπίδρασης της με το μαζικό αδένα. Ο βαθμός της εξασθένησης εξαρτάται από την ενέργεια των φωτονίων Χ, από τις διαστάσεις και την πυκνότητα του ιστού δια μέσου του οποίου διέρχεται ενώ οι διάφορες τιμές της έντασης κατά την έξοδο της δέσμης ακτινοβολίας καταγράφονται από σύστημα ανίχνευσης. Οι αποθηκευμένες τιμές αποτελούν την πρωτογενή ακτινολογική εικόνα στην οποία αποδίδονται σχηματικά οι ανατομικές δομές του μαστού. Το πρωτόκολλο της μαστογραφίας περιλαμβάνει δυο λήψεις κάθε μαστού, την κεφαλοουραία CC προβολή και μια έξω λοξή προβολή MLO.

Λόγω της μοναδικής ικανότητάς της να ανακαλύπτει καρκίνους του μαστού σε πρώιμο στάδιο, η μαστογραφία χρησιμοποιείται ευρέως για την έγκαιρη ανίχνευση και τον έλεγχο μαζών, μικροαποτιτανώσεων και διαταραχής αρχιτεκτονικής σε ασυμπτωματικές γυναίκες. Ο προληπτικός έλεγχος με μαστογραφία σχετίζεται με 20% – 40% μείωση των θανάτων από καρκίνο του μαστού. Η συμβατική μαστογραφία περιλαμβάνει τεχνικές ψηφιακής μαστογραφίας και τομοσύνθεσης που βασίζονται σε 2D-3D απεικόνιση. Η μαστογραφία παρουσιάζει υψηλή ευαισθησία και ειδικότητα για την ανίχνευση μικροαποτιτανώσεων και διαταραχή αρχιτεκτονικής. Είναι ιδιαίτερα ευαίσθητη σε γυναίκες άνω των 40 ετών και ικανή να ανιχνεύσει μικρό διηθητικό καρκίνο του μαστού, ιδιαίτερα σε γυναίκες ηλικίας 50-74 ετών.(Fiorica, 2016)

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
13/09/2026 18:51:02 EEST - 216.73.216.14

Υπερηχογραφική απεικόνιση

Η υπερηχογραφική απεικόνιση του μαστού χρησιμοποιείται ως συμπληρωματική της μαστογραφίας λόγω της ικανότητάς της να διακρίνει εύκολα τις κυστικές και τις συμπαγείς αλλοιώσεις σε γυναίκες ηλικίας 30 ετών και κάτω, σε γυναίκες που είναι έγκυες ή θηλάζουν, για την αξιολόγηση όγκων που δεν είναι ορατοί, καθώς και για περαιτέρω αξιολόγηση μη φυσιολογικών ευρημάτων από μαστογραφία ή μαγνητική τομογραφία. Σε αντίθεση με τη μαστογραφία, το υπερηχογράφημα δεν σχετίζεται με ιοντίζουσα ακτινοβολία και θεωρείται ασφαλές για τις εγκύους που υποβάλλονται σε διαγνωστική απεικόνιση. Το υπερηχογράφημα μαστού χρησιμοποιείται επίσης για την καθοδήγηση επεμβατικών διεργασιών.(Andreea κ.ά., 2011)

Απεικόνιση μαγνητικού συντονισμού

Η απεικόνιση μαγνητικού συντονισμού δημιουργεί λεπτομερείς εικόνες του μαστού χρησιμοποιώντας μαγνητικό πεδίο και ραδιοσυχνοτικούς παλμούς. Η μαγνητική τομογραφία μαστού θεωρείται συμπληρωματική και προληπτική εξέταση σε γυναίκες υψηλού κινδύνου, σε γυναίκες με ενθέματα σιλικόνης , ενώ μπορεί να βοηθήσει στην αξιολόγηση της έκτασης ενός νεοδιαγνωσθέντος καρκίνου του μαστού και στην θεραπευτική - μετεγχειρητική παρακολούθηση. Η μαγνητική τομογραφία είναι ανεκτίμητη όταν άλλες απεικονιστικές μέθοδοι δεν διευκρινίζουν το μαστογραφικό εύρημα, κυρίως σε νεαρές γυναίκες. Επιπλέον, βοηθά στην ανίχνευση ορισμένων μικρών βλαβών του μαστού που απαιτούν περαιτέρω αξιολόγηση. Η τεχνική μαγνητικής τομογραφίας είναι επίσης αποτελεσματική στην παρακολούθηση της θεραπείας του καρκίνου του μαστού λόγω της ικανότητάς της να παρέχει σαφέστερες εικόνες σε σύγκριση με άλλες μεθόδους απεικόνισης.(Andreea κ.ά., 2011)

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
13/09/2026 18:51:02 EEST - 216.73.216.14

1.2.3 Σύγχρονες μέθοδοι απεικόνισης μαστού

Εκτός από τις συμβατικές τεχνικές απεικόνισης όπως μαστογραφία, υπερηχογράφημα και μαγνητική τομογραφία, αρκετές σύγχρονες και αναδυόμενες τεχνολογίες απεικόνισης μαστού αναπτύσσονται για τη βελτίωση της ανίχνευσης του καρκίνου, ειδικά σε πυκνούς μαστούς και πληθυσμούς υψηλού κινδύνου.

Ψηφιακή Τομοσύνθεση Μαστού

Η ψηφιακή τομοσύνθεση μαστού είναι μια τεχνική τρισδιάστατης απεικόνισης που θεωρείται ως μια προηγμένη μορφή μαστογραφίας. Η ψηφιακή τομοσύνθεση μαστού ανακατασκευάζεται από εικόνες προβολής πολλαπλών τομών που λαμβάνονται με μερική περιστροφή της πηγής ακτίνων Χ(λυχνία) γύρω από το στήθος, προσφέροντας προφανή πλεονεκτήματα σε σχέση με την παραδοσιακή ψηφιακή μαστογραφία.

Μαστογραφία με ενισχυμένη αντίθεση(CEM)

Η μαστογραφία με αντίθεση (CEM) είναι ένα αναδυόμενο πεδίο απεικόνισης μαστού που συνδυάζει τη δισδιάστατη μαστογραφία και την έγχυση ιωδιούχων σκιαγραφικών μέσων σε δύο διαφορετικά χρονικά σημεία. Είναι η πρώτη κλινικά εφικτή εφαρμογή φασματικής απεικόνισης. Ο συνδυασμός πολύ υψηλής αντίθεσης και αναλογίας βλάβης προς υπόβαθρο κακοήθους στρώματος με ίση πρόσληψη σκιαγραφικού μέσου σε καλοήθεις βλάβες και μη ενισχυτικό υπόβαθρο οδηγεί σε βελτιωμένη οπτικοποίηση της βλάβης. Είναι λιγότερο ακριβό και πιο προσιτό από τη μαγνητική τομογραφία. Ενώ μπορεί να πραγματοποιηθεί σε τυπική μαστογραφία. Χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο ως εναλλακτική λύση στη μαγνητική τομογραφία για ασθενείς υψηλού κινδύνου ή για αξιολόγηση απόκριση όγκου στη θεραπεία. (Smith κ.ά.)

Μοριακή Απεικόνιση Μαστού (MBI)

Η μοριακή απεικόνιση μαστού (MBI) αποτελεί μια μη επεμβατική, συμπληρωματική μέθοδο απεικόνισης, ιδιαίτερα χρήσιμη σε γυναίκες με πυκνό ιστό μαστού, όπου η μαστογραφία έχει περιορισμούς. Χρησιμοποιεί ραδιοϊχνηθέτη(Tc-99m sestamibi) και πυρηνική ιατρική τεχνολογία για την ανίχνευση όγκων, καταγράφοντας μεταβολική δραστηριότητα των κυττάρων, κάτι που δεν είναι εφικτό με άλλες μεθόδους.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
13/09/2026 18:51:02 EEST - 216.73.216.14

Η MBI, ειδικά στη μορφή χαμηλής δόσης (LDMBI), προσφέρει μεγαλύτερη ακρίβεια και ελαχιστοποιεί την παρεμβολή από τον πυκνό ιστό, μειώνοντας παράλληλα τη ραδιενεργή έκθεση. Είναι ιδιαίτερα χρήσιμη στον προσυμπτωματικό έλεγχο και για ομάδες υψηλού κινδύνου, ενώ μπορεί να καθοδηγήσει πιο επεμβατικές εξετάσεις όταν χρειάζεται.
Ωστόσο, υπάρχουν περιορισμοί όπως το υψηλό κόστος, η περιορισμένη διαθεσιμότητα και η ανάγκη για περαιτέρω κλινικές μελέτες. Παρ' όλα αυτά, τα διαθέσιμα δεδομένα δείχνουν ότι η LDMBI μπορεί να προσφέρει σημαντική βελτίωση στην ενδιάμεση ανίχνευση καρκίνου του μαστού.

Οπτική απεικόνιση (Diffuse Optical Tomography - DOT & Near-Infrared Spectroscopy - NIRS)

Η οπτική απεικόνιση είναι μια μέθοδος που χρησιμοποιεί εγγύς υπέρυθρο φως για την αξιολόγηση της ροής του αίματος και των επιπέδων οξυγόνωσης στον ιστό του μαστού. Δεν είναι επεμβατική μέθοδος και δε χρησιμοποιείται ακτινοβολία. Η μέθοδος βοηθά να διακριθούν οι κακοήθεις και οι καλοήθεις όγκοι που στηρίζονται στην παροχή αίματος. Δεν υπάρχει έκθεση σε ακτινοβολία επομένως είναι πιο ασφαλής μέθοδος για συχνή απεικόνιση. Επιπροσθέτως, χρησιμοποιείται σε πραγματικό χρόνο και καθ' όλη τη διάρκεια της επέμβασης ώστε να διασφαλιστεί η αφαίρεση του όγκου. Η οπτική απεικόνιση χρησιμοποιείται ιδιαίτερα στο κομμάτι της έρευνας και στις πρώιμες κλινικές δοκιμές του προσυμπτωματικού ελέγχου του καρκίνου του μαστού καθώς όπως αναφέρθηκε παραπάνω και για τη χειρουργική καθοδήγηση.

Θερμογραφία (υπέρυθρη απεικόνιση μαστού)

Η θερμογραφία χρησιμοποιεί υπέρυθρες κάμερες ώστε να κάνει ανίχνευση μοτίβων θερμότητας και αυξημένης ροής αίματος που σχετίζονται με την ανάπτυξη όγκων. Δε χρησιμοποιεί ακτινοβολία και είναι μη επεμβατική. Η μέθοδος ανιχνεύει πρώιμες αγγειακές αλλαγές πριν ο όγκος μπορεί να γίνει ορατός σε άλλες απεικονιστικές τεχνικές. Κλινικά, η μέθοδος χρησιμοποιείται σε ορισμένες πειραματικές ρυθμίσεις όμως δεν είναι τυπικό εργαλείο στον προσυμπτωματικό έλεγχο του καρκίνου του μαστού καθώς έχει υψηλά ποσοστά ψευδώς θετικών.(Smith κ.ά.)

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
13/09/2026 18:51:02 EEST - 216.73.216.14

Φωτοακουστική Απεικόνιση (PAI)

Η φωτοακουστική απεικόνιση συνδυάζει το υπερηχογράφημα και την οπτική απεικόνιση που δημιουργείται από λέιζερ και ανιχνεύει τα επίπεδα οξυγόνωσης σε όγκους καθώς οι τελευταίοι συχνά έχουν χαμηλά επίπεδα οξυγόνου που τους κάνει διακριτούς μέσα στον κανονικό ιστό. Δεν υπάρχει έκθεση σε ακτινοβολία και συνδυάζεται για καλύτερη ακρίβεια με υπέρηχο. Η μέθοδος δίνει λειτουργικές πληροφορίες όσον αφορά τον όγκο, τα επίπεδα οξυγόνου και την παροχή αίματος. Κλινικά χρησιμοποιείται στην έρευνα αλλά έχει αποδειχθεί ότι έχει σημαντικές δυνατότητες να ανιχνεύει έγκαιρα τον καρκίνο του μαστού. (Smith κ.ά.)

Μαστογραφία εκπομπής ποζιτρονίων (PEM)

Η μέθοδος είναι ένα pet scan που είναι σχεδιασμένο ειδικά για το στήθος. Χρησιμοποιεί ραδιενεργό ιχνηθέτη γλυκόζης και ανιχνεύει τον μεταβολισμό του καρκίνου. Έχει ανώτερη χωρική ανάλυση συγκριτικά με τις σαρώσεις PET ολόκληρου του σώματος και ανιχνεύει μικρούς όγκους πρώιμου σταδίου. Είναι ιδιαίτερα χρήσιμο εργαλείο καθώς αξιολογεί την ανταπόκριση της θεραπείας σε γυναίκες ασθενείς. Τη μέθοδο χρησιμοποιούν εξειδικευμένα κέντρα για ασθενείς υψηλού κινδύνου καθώς επίσης χρησιμοποιείται και για το σχεδιασμό θεραπείας. (Andreea κ.ά., 2011; Yang, 2011)

Ελαστογραφία (Strain & Shear Wave Elastography - SWE)

Η ελαστογραφία παρουσιάζει σημαντικές δυνατότητες ως συμπληρωματική διαγνωστική μέθοδος στους υπερήχους, ιδιαίτερα στην ανίχνευση και αξιολόγηση όγκων του μαστού, λόγω της ικανότητάς της να αναδεικνύει τις μηχανικές ιδιότητες των ιστών.(Sehgal κ.ά., 2006)

Η απεικόνιση της ελαστικότητας των ιστών (ελαστογραφία) αποτελεί ένα αναδυόμενο πεδίο με στόχο τη βελτίωση της ακρίβειας στη διάγνωση και τη χαρακτηριστική απεικόνιση κακοήθων όγκων, ιδίως στον μαστό. Η βασική αρχή στηρίζεται στη διαπίστωση ότι οι συμπαγείς, κακοήθεις όγκοι είναι συχνά πιο σκληροί από τον φυσιολογικό ιστό, γεγονός που αποδίδεται ποσοτικά μέσω του μέτρου ελαστικότητας του Young. Καρκινικοί ιστοί παρουσιάζουν σημαντικά αυξημένες τιμές αυτού του μέτρου σε σύγκριση με καλοήθεις ή φυσιολογικούς ιστούς.(Ozturk κ.ά., 2018)

Η ελαστογραφία χρησιμοποιεί διάφορες μεθοδολογικές προσεγγίσεις, με πιο διαδεδομένη αυτή της απεικόνισης πριν και μετά από ήπια συμπίεση του ιστού. Η σύγκριση των εικόνων

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
13/09/2026 18:51:02 EEST - 216.73.216.14

αναδεικνύει τη διαφορά στην παραμόρφωση, επιτρέποντας την εκτίμηση της τοπικής σκληρότητας.

Η κατανόηση της συμπεριφοράς των ιστών υπό μηχανική διέγερση επιτρέπει τη διάκριση μεταξύ καλοήθων και κακοήθων αλλοιώσεων. Ειδικότερα, οι κακοήθεις όγκοι, λόγω της διήθησης στους γύρω ιστούς, εμφανίζονται μεγαλύτεροι στις ελαστογραφικές εικόνες σε σύγκριση με τις συμβατικές B-mode εικόνες, ενώ καλοήθεις αλλοιώσεις, όπως ινοαδενώματα ή κύστεις, διατηρούν σταθερό μέγεθος μεταξύ των δύο τεχνικών. Η διαφορά αυτή αποτελεί δυνητικό δείκτη κακοήθειας.(Ozturk κ.ά., 2018)

Αποκλειστική αξονική τομογραφία μαστού με ενισχυμένη αντίθεση

Η αποκλειστική αξονική τομογραφία μαστού με ενισχυμένη αντίθεση αποτελεί μια νεότερη προσθήκη στις τεχνικές απεικόνισης του μαστού. Βασιζόμενη σε προηγμένες τεχνολογικές εξελίξεις στην ακτινολογική απεικόνιση, αυτή η μέθοδος παρέχει τρισδιάστατη (3D) πολυεπίπεδη ανακατασκευή εικόνας και εξαιρετικά υψηλή χωρική ανάλυση. Ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματά της είναι η αποτελεσματική αντιμετώπιση περιορισμών που σχετίζονται με την ψηφιακή μαστογραφία (DM) και τη μαστογραφία με ενισχυμένη αντίθεση (CEM), όπως η υπέρθεση ιστών και η ανάγκη για συμπίεση του μαστού .

Επιπλέον, η δυναμική αξονική τομογραφία μαστού με αντίθεση (dCEBCT), με τη χρήση σκιαγραφικού παράγοντα(ιωδίου), προσφέρει τόσο μορφολογικές όσο και λειτουργικές πληροφορίες για τους όγκους. Αυτά τα δεδομένα είναι παρόμοια με εκείνα που λαμβάνονται μέσω του CEM, ωστόσο, η μέθοδος αυτή παρέχει τρισδιάστατη απεικόνιση και επιτρέπει ταχύτερη απόκτηση εικόνων συγκριτικά με τη δυναμική MRI με αντίθεση (DCE-MRI).(Tsarouchi κ.ά., 2025)

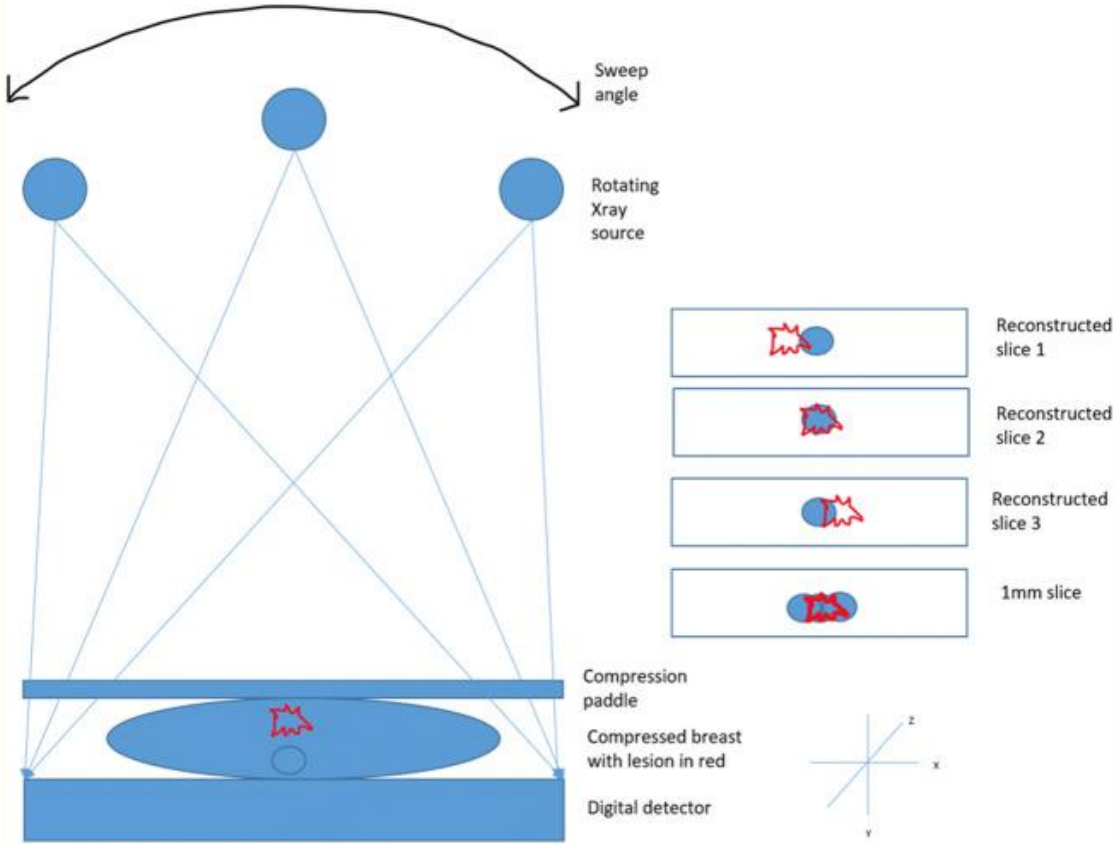
2.Εφαρμογές της Τεχνητής Νοημοσύνης στην Τομοσύνθεση μαστού .

2.1Βασικές αρχές της Τομοσύνθεσης - Διαφορές με την Ψηφιακή Μαστογραφία

Η τομοσύνθεση μαστού, γνωστή και ως ψηφιακή τομοσύνθεση μαστού ή 3D μαστογραφία, είναι μια προηγμένη απεικονιστική τεχνική προσφέρει τρισδιάστατη απεικόνιση του μαζικού αδένα , βελτιώνοντας τη διαγνωστική ακρίβεια στην ανίχνευση του καρκίνου μαστού. Αποτελεί εξέλιξη της τυπικής μαστογραφικής τεχνικής, κατά την οποία η πηγή (λυχνία) ακτίνων Χ κινείται πάνω από τον μαστό σε τόξο, λαμβάνοντας προβολικές εικόνες χαμηλής δόσης από διαφορετικές γωνίες. Στη συνέχεια, οι προβολικές εικόνες αυτές υποβάλλονται σε

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
13/09/2026 18:51:02 EEST - 216.73.216.14

επεξεργασία μέσω ειδικών αλγορίθμων για τη δημιουργία λεπτών τομών του μαστού, μειώνοντας έτσι το φαινόμενο επικάλυψης του μαστικού ιστού που συμβαίνει στην ψηφιακή μαστογραφία. Αυτή η επικάλυψη μπορεί να αποκρύψει έναν όγκο και να οδηγήσει σε ψευδώς αρνητικά αποτελέσματα ή να δημιουργήσει την εμφάνιση όγκου, οδηγώντας σε ψευδώς θετικά αποτελέσματα.(Sechopoulos, 2013)



Εικ.3) Διαγραμματική αναπαράσταση της τεχνικής της ψηφιακής τομοσύνθεσης μαστού, η οποία διαχωρίζει τον ιστό του μαστού στρώμα προς στρώμα μέσω προβολικής ακτινογραφίας και βοηθά στην καλύτερη απεικόνιση των αλλοιώσεων <<αποκαλύπτοντάς>> τες από το υποκείμενο παρέγχυμα του μαστού. (*Digital Breast Tomosynthesis - an overview*)

Η τυπική μαστογραφία είναι μια γρήγορη, μη επεμβατική και σχετικά χαμηλού κόστους ακτινολογική εξέταση που χρησιμοποιεί χαμηλές δόσεις ιονίζουσας ακτινοβολίας. Ωστόσο, επειδή είναι δισδιάστατη (2D), μπορεί να προκαλέσει επικάλυψη ιστών, δημιουργώντας δύο εξής βασικά προβλήματα :ο πυκνός αδενικός ιστός μπορεί να καλύψει μια βλάβη, καθιστώντας την λιγότερο ορατή (μειωμένη ευαισθησία) και οι φυσιολογικές δομές που βρίσκονται σε διαφορετικά επίπεδα μπορεί να φαίνονται σαν μία ενιαία αλλοίωση (μειωμένη

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
13/09/2026 18:51:02 EEST - 216.73.216.14

ειδικότητα). Αυτά τα προβλήματα επηρεάζουν την ακρίβεια της μαστογραφίας, με την ευαισθησία να ανέρχεται σε 85% και την ειδικότητα σε 90,9%, ποσοστά που είναι χαμηλότερα για τις γυναίκες με πυκνούς μαστούς.(Sechopoulos, 2013)

Η τομοσύνθεση προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με την παραδοσιακή μαστογραφία. Παρόλο που απαιτεί επιπλέον δόση ακτινοβολίας, έχει αποδειχθεί ότι μειώνει τα ψευδώς θετικά και ψευδώς αρνητικά αποτελέσματα, καθώς και τα ποσοστά επανεξέτασης, ενώ αυξάνει την ανίχνευση καρκίνων, ειδικά σε περιπτώσεις πυκνού μαστικού ιστού όπου η κλασική μαστογραφία εμφανίζει περιορισμούς και παρουσιάζει χαμηλή ευαισθησία και ειδικότητα.(Elhatwκ.ά.,2023).

Η διαγνωστική μαστογραφία, αν και διαθέτει ευαισθησία περίπου 85% όπως αναφέρθηκε , μπορεί να επηρεαστεί από την επικάλυψη του μαζικού αδένα, οδηγώντας είτε σε απόκρυψη βλαβών είτε στη δημιουργία τεχνητών αλλοιώσεων(summation artefacts). Η DBT αντιμετωπίζει αυτό το πρόβλημα μέσω της δημιουργίας του πλήθους τομών του μαστού , επιτρέποντας την ανάλυση την δομών του και τη λεπτομερή απεικόνιση των ιστών με ανάλυση έως 1 mm. Αυτή η δυνατότητα συμβάλλει στην ακριβέστερη αξιολόγηση των ορίων, της μορφολογίας και των χαρακτηριστικών πιθανών καλοήθων ή κακοήθων αλλοιώσεων. Επιπλέον, η τομοσύνθεση διευκολύνει την ανίχνευση αρχιτεκτονικών διαταραχών και μαζών που ενδέχεται να μην είναι εμφανείς στη δισδιάστατη μαστογραφία, παρέχοντας μεγαλύτερη διαγνωστική σαφήνεια.

Εχει αποδειχθεί ιδιαίτερα χρήσιμη για την αξιολόγηση μη αποτιτανωμένων αλλοιώσεων, τον εντοπισμό εστιακής ασυμμετρίας και τη διαφοροποίηση ύποπτων ευρημάτων, ενώ συμβάλλει στη σωστή καθοδήγηση του υπερηχογραφήματος προς την περιοχή ενδιαφέροντος.

Παρότι δεν χρησιμοποιείται ευρέως για τη σταδιοποίηση του καρκίνου του μαστού , καθώς η μαγνητική τομογραφία με σκιαγραφικό θεωρείται η μέθοδος εκλογής,η DBT παίζει καθοριστικό ρόλο στην πρώιμη διάγνωση και την ακριβέστερη αξιολόγηση ύποπτων αλλοιώσεων. Σύμφωνα με μελέτες, η DBT έχει επιδείξει αυξημένη ικανότητα ανίχνευσης διηθητικών καρκίνων. Χαρακτηριστικά, σε έρευνα των Dang et al., διαπιστώθηκε ότι το 15% των διηθητικών καρκίνων δεν ήταν ορατό με την κλασσική μαστογραφία, ενώ το ποσοστό αυτό μειώθηκε με τη χρήση της τομοσύνθεσης, υπογραμμίζοντας τη διαγνωστική της αξία.Αν και η DBT δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μεγεθυντικές λήψεις, έχει ευρεία εφαρμογή στην καθοδήγηση βιοψιών και τη στόχευση ύποπτων περιοχών, προσφέροντας σημαντικά πλεονεκτήματα στον προληπτικό έλεγχο του μαστού.

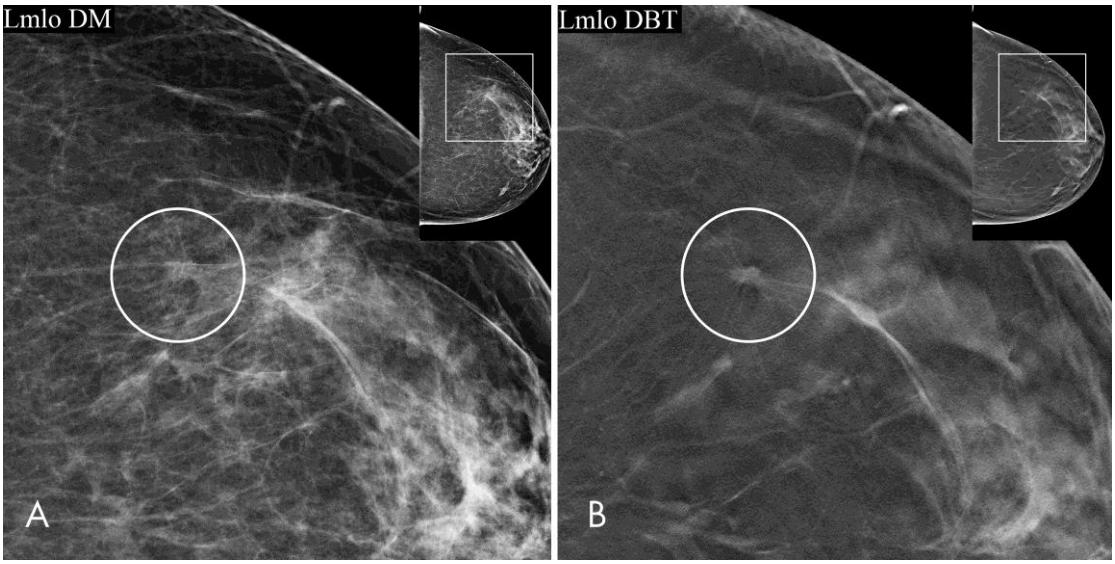
Ένα ακόμα σημαντικό σημείο που πρέπει να ληφθεί υπόψη είναι ότι μόνο λίγες μελέτες έχουν εστιάσει στη μοριακή ταξινόμηση των καρκίνων που ανιχνεύονται μέσω DBT,

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
13/09/2026 18:51:02 EEST - 216.73.216.14

συγκριτικά με αυτούς που εντοπίζονται μέσω DM. Οι υπάρχουσες έρευνες υποδηλώνουν ότι οι όγκοι που ανιχνεύονται με DBT είναι γενικά μικρότεροι, λιγότερο επιθετικοί και συχνότερα θετικοί στους υποδοχείς οιστρογόνων, σε αντίθεση με τους καρκίνους που ανιχνεύονται με την παραδοσιακή μαστογραφία. Η γνώση των μοριακών υποτύπων, σε συνδυασμό με την απόδοση του προσυμπτωματικού ελέγχου, είναι καίριας σημασίας για την αξιολόγηση των μακροπρόθεσμων αποτελεσμάτων της DBT, ιδιαίτερα για γυναίκες ηλικίας 40-49 ετών, για τις οποίες ο προληπτικός έλεγχος παραμένει αντικείμενο επιστημονικής συζήτησης.

Επίσης μελέτες βασισμένες σε πληθυσμό, όπως η δοκιμή STORM και οι δοκιμές τομοσύνθεσης του Όσλο έδειξαν ότι η προσθήκη DBT στην ψηφιακή μαστογραφία είχε ως αποτέλεσμα την ανίχνευση 2,7 και 2,3 επιπλέον καρκίνων ανά 1000 εξετάσεις, αντίστοιχα.(Vourtsis & Berg, 2019)

Μια σημαντική έρευνα των Conant et.al. που ξεκίνησε το 2017 η TMIST (Tomosynthesis Mammographic Imaging Screening Trial),_και στοχεύει στη σύγκριση των αποτελεσμάτων μεταξύ DBT και DM σε ένα ευρύ δείγμα ασθενών . Σε αντίθεση με άλλες μελέτες, η TMIST εστίασε όχι μόνο στην ανίχνευση καρκίνου, αλλά κυρίως στη σύγκριση του αριθμού των προχωρημένων καρκίνων που εντοπίζονται με τις δύο τεχνικές. Η βασική υπόθεση είναι ότι η DBT θα οδηγήσει σε λιγότερους προχωρημένους καρκίνους και άρα σε καλύτερη πρόγνωση και επιβίωση. Επιπλέον, συλλέγονται κρίσιμα δεδομένα, όπως ηλικία, πυκνότητα μαστού, κίνδυνος καρκίνου και γονιδιωματικές πληροφορίες, με στόχο την ανάπτυξη πιο εξατομικευμένων στρατηγικών ελέγχου για τον καρκίνο του μαστού. (Conant κ.ά., 2019)



Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
13/09/2026 18:51:02 EEST - 216.73.216.14

Εικ.4) Οι μαστογραφίες προληπτικού ελέγχου (μεσοπλάγια πλάγια [Lmlo] λήψεις) που ελήφθησαν με Α, ψηφιακή μαστογραφία(DM) και Β, ψηφιακή τομοσύνθεση μαστού(DBT) στον μαστό 68χρονης γυναίκας με λιπώδη μαστό(ογκομετρική πυκνότητα score 2 με λογισμικό[Quantra, Hologic] και (Breast Imaging Reporting and Data System density κατηγορίας πυκνότητας ΙΙ), δείχνουν μις ακιδωτή μάζα(σε κύκλο). Θετικές βαθμολογίες δόθηκαν μόνο από τους αναγνώστες DBT. Ο καρκίνος παραβλέφθηκε και από τους δύο αναγνώστες δισδιάστατης μαστογραφίας. Η ιστολογική εξέταση αποκάλυψε ένα σωληνώδες καρκίνωμα 8 mm. (*Digital Mammography versus Breast Tomosynthesis: Impact of Breast Density on Diagnostic Performance in Population-based Screening - PubMed*.)

Αν και η Τομοσύνθεση περιλαμβάνει πολλαπλές λήψεις, η συνολική δόση ακτινοβολίας παραμένει εντός ασφαλών ορίων (μέχρι 3,0 mGy), όπως ορίζεται από τους κανονισμούς και, ο μαστογραφικός έλεγχος πρέπει να πραγματοποιείται με τη χαμηλότερη δυνατή δόση που διατηρεί την ακρίβεια της διάγνωσης. Ωστόσο, η συνδυασμένη χρήση τομοσύνθεσης και ψηφιακής μαστογραφίας αυξάνει τη δόση ακτινοβολίας, η οποία εξαρτάται από το πάχος του μαστού.

Για να μειωθεί η δόση ακτινοβολίας, αναπτύχθηκε η συνθετική δισδιάστατη (s2D) μαστογραφία, η οποία ανακατασκευάζει εικόνες από τις λήψεις τομοσύνθεσης. Η μέθοδος αυτή εγκρίθηκε από τον Οργανισμό Τροφίμων και Φαρμάκων των ΗΠΑ (FDA) το 2013 ως εναλλακτική λύση στην κλασική ψηφιακή μαστογραφία. Όταν η s2D μαστογραφία χρησιμοποιείται αντί για την ψηφιακή μαστογραφία, η συνολική δόση ακτινοβολίας μειώνεται σημαντικά – περίπου 45% λιγότερη από τον συνδυασμό ψηφιακής μαστογραφίας και DBT.(Zuckerman κ.ά., 2016)

Ωστόσο, οι μελέτες που σύγκριναν την απόδοση της s2D μαστογραφίας με τον συνδυασμό ψηφιακής μαστογραφίας και DBT είναι περιορισμένες. Τα αποτελέσματα ήταν μικτά: ορισμένες μελέτες έδειξαν παρόμοια απόδοση μεταξύ των δύο τεχνικών, ενώ άλλες διαπίστωσαν ότι η s2D μαστογραφία έχει χαμηλότερη ευαισθησία αλλά παρόμοια ειδικότητα.(Zuckerman κ.ά., 2016)

Συνοψίζοντας, η Τομοσύνθεση μαστού αποτελεί ένα από τα μεγαλύτερα επιτεύγματα στην απεικόνιση του μαστού προσφέροντας υψηλότερη διαγνωστική ακρίβεια βελτιωμένη ευαισθησία και μειωμένη ακτινοβολία Αν και σήμερα χρησιμοποιείται κυρίως σε συνδυασμό με την παραδοσιακή μαστογραφία η έρευνα δείχνει ότι στο μέλλον μπορεί να καθιερωθεί ως η κύρια μέθοδος προληπτικού ελέγχου. Η τομοσύνθεση έχει τη δυνατότητα να μειώσει τους

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
13/09/2026 18:51:02 EEST - 216.73.216.14

θανάτους από καρκίνο του μαστού μέσω πιο έγκαιρης και ακριβούς διάγνωσης. Οι συνεχιζόμενες κλινικές μελέτες θα καθορίσουν εάν μπορεί να αντικαταστήσει πλήρως την κλασική μαστογραφία ως το βασικό εργαλείο ανίχνευσης. Η ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης στην ανάλυση εικόνων τομοσύνθεσης για ακόμη μεγαλύτερη ακρίβεια στη διάγνωση και την ανάπτυξη πιο προηγμένων αλγορίθμων ανακατασκευής εικόνων μπορεί να βελτιώσει την ποιότητα των απεικονίσεων μειώνοντας και τη δόση ακτινοβολίας.

2.2 Χρήση αλγορίθμων ΤΝ για την ανάλυση εικόνων Τομοσύνθεσης

Η τομοσύνθεση μαστού (Digital Breast Tomosynthesis - DBT)όπως έχει αναφερθεί, αποτελεί μία προηγμένη τεχνική απεικόνισης, η οποία παράγει τρισδιάστατες εικόνες του μαστού μέσω της συλλογής πολλαπλών προβολών κατά τη διάρκεια κίνησης της πηγής ακτίνων Χ. Οι εικόνες αυτές, λόγω του όγκου και της πολυπλοκότητάς τους, απαιτούν σύνθετη υπολογιστική επεξεργασία. Η τεχνητή νοημοσύνη, μέσω αλγορίθμων βαθιάς μάθησης, έχει αναδειχθεί σε βασικό εργαλείο για την αυτοματοποιημένη ανάλυση αυτών των εικόνων, διευκολύνοντας την τμηματοποίηση των ιστών, την αναγνώριση ύποπτων περιοχών και την ταξινόμηση αλλοιώσεων (Sechopoulos et al., 2021; Rodriguez-Ruiz et al., 2019).

Η διαδικασία ξεκινά με το στάδιο της προεπεξεργασίας, όπου οι εικόνες κανονικοποιούνται ώστε να εξισορροπηθεί η φωτεινότητα και η αντίθεση, αφαιρείται ο τυχαίος θόρυβος και προσαρμόζονται οι διαστάσεις των εικόνων ώστε να είναι συμβατές με τα εκπαιδευμένα μοντέλα. Ακολουθεί η τμηματοποίηση των εικόνων, κατά την οποία Συνελικτικά νευρωνικά δίκτυα, όπως το U-Net, διαχωρίζουν με ακρίβεια τις περιοχές ενδιαφέροντος μέσα στον μαστό. Η αρχιτεκτονική του U-Net, με την κατιούσα και ανιούσα διαδρομή του και τις συνδέσεις μεταφοράς χαρακτηριστικών, επιτρέπει την ανακατασκευή εικόνων με λεπτομερή εντοπισμό ιστών και αλλοιώσεων (Ribli et al., 2018).

Μετά την τμηματοποίηση, η τεχνητή νοημοσύνη προχωρά στην εξαγωγή χαρακτηριστικών, όπου αναλύονται μορφολογικά, υφής και στατιστικά στοιχεία από τις εικόνες. Οι παράμετροι αυτές περιλαμβάνουν σχήμα, ασυμμετρία, πυκνότητα, υφή και κατανομή εντάσεων, οι οποίες τροφοδοτούνται σε ταξινομητές όπως οι μηχανές υποστήριξης διανυσμάτων ή τα πλήρως συνδεδεμένα στρώματα ενός νευρωνικού δικτύου. Έτσι, το σύστημα αναγνωρίζει πρότυπα που συνδέονται με καλοήθεις ή κακοήθεις βλάβες (Lehman et al., 2022).

Η τελική φάση περιλαμβάνει την ανίχνευση και ταξινόμηση των βλαβών, με τη χρήση πιο εξελιγμένων αλγορίθμων όπως το Mask R-CNN, το οποίο όχι μόνο εντοπίζει την τοποθεσία των αλλοιώσεων αλλά και απομονώνει την περιοχή τους σε επίπεδο εικονοστοιχείου.

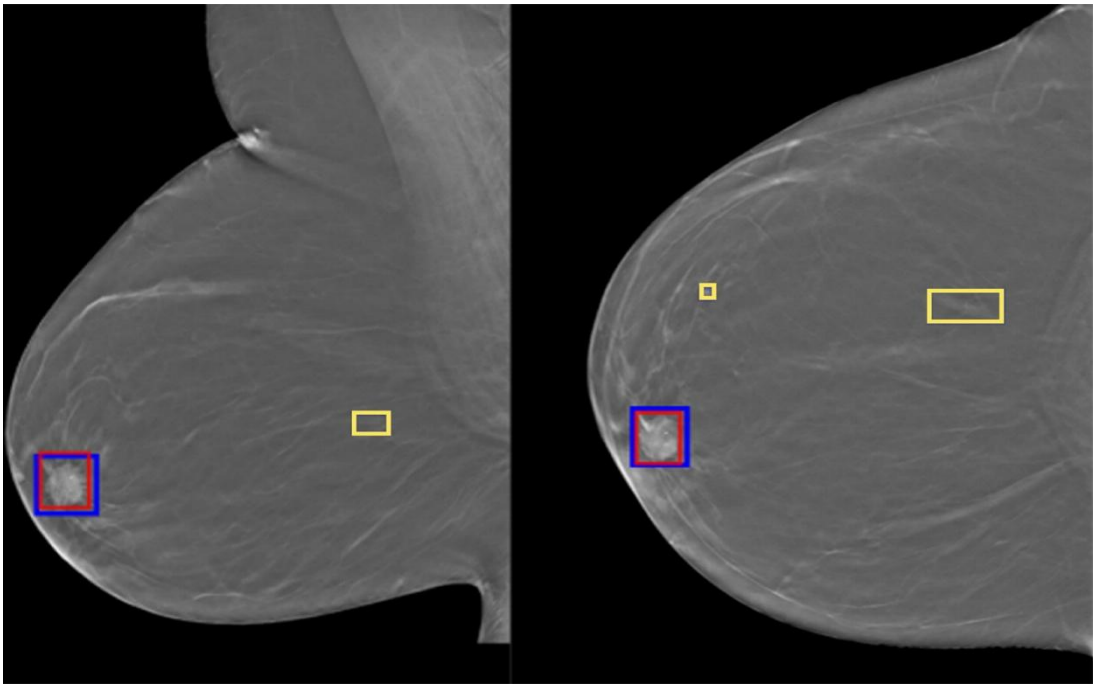
Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
13/09/2026 18:51:02 EEST - 216.73.216.14

Το σύστημα επιστρέφει προβλέψεις ταξινόμησης, όπως καλοήθεις ή ύποπτες αλλοιώσεις, και υποδεικνύει την πιθανότητα κακοήθειας μέσω θερμικών χαρτών ή πλαισίων στην εικόνα (Mackenzie et al., 2020).

Η εκπαίδευση αυτών των μοντέλων γίνεται σε μεγάλες βάσεις δεδομένων με επισημασμένες εικόνες, στις οποίες οι βλάβες έχουν ήδη αναγνωριστεί από ακτινολόγους. Για να αυξηθεί η ποικιλία των δεδομένων και να αποφευχθεί η υπερπροσαρμογή, εφαρμόζονται τεχνικές ενίσχυσης δεδομένων όπως περιστροφές, αναστροφές και αλλαγές κλίμακας. Οι αλγόριθμοι αξιολογούνται βάσει συγκεκριμένων συναρτήσεων κόστους, όπως η cross-entropy για την ταξινόμηση ή η dice loss για την τμηματοποίηση (Shen et al., 2019).

Τέλος, η ανάγκη για διαφάνεια και αποδοχή από την ιατρική κοινότητα οδηγεί στην εφαρμογή τεχνικών ερμηνευσιμότητας. Εργαλεία όπως το Grad-CAM παράγουν απεικονίσεις που δείχνουν σε ποια σημεία εστίασε το δίκτυο για να λάβει την απόφασή του, ενισχύοντας την εμπιστοσύνη του χρήστη στα αποτελέσματα (Selvaraju et al., 2017).

Συνοψίζοντας, η τεχνητή νοημοσύνη στην Τομοσύνθεση μαστού επιτρέπει την ακριβή, αξιόπιστη και αυτοματοποιημένη επεξεργασία των εικόνων, μειώνοντας τον χρόνο αξιολόγησης και βελτιώνοντας ταυτόχρονα την ευαισθησία και την ειδικότητα της διάγνωσης, αποτελώντας ένα πολύτιμο εργαλείο για την έγκαιρη ανίχνευση του καρκίνου του μαστού.



Εικ.5) Μαστογραφίες DBT, ML λήψη αριστερά και CC λήψη δεξιά, με σήμανση AI που χρησιμοποιήθηκαν σε ένα μοντέλο AI που αναπτύχθηκε για να τοποθετηθεί οριοθετημένα

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
13/09/2026 18:51:02 EEST - 216.73.216.14

πλαίσια γύρω από ανωμαλίες απεικόνισης του μαστού με την υψηλότερη βαθμολογίας εμπιστοσύνης κακοήθειας(μπλε πλαίσια) και χαμηλότερες βαθμολογίες εμπιστοσύνης κακοήθειας(κίτρινα πλαίσια). Ως αναφορά, η βλάβη που έχει αποδειχθεί με βιοψία(κόκκινα πλαίσια), σχολιασμένη από ακτινολόγο, απεδείχθη διηθητικό πορογενές καρκίνωμα. (Goldberg κ.ά., 2023)

2.3 Κλινικές Εφαρμογές της Τεχνητής Νοημοσύνης στην Τομοσύνθεση Μαστού

Η τομοσύνθεση μπορεί να έχει βελτιώσει σημαντικά τον προσυμπτωματικό έλεγχο του καρκίνου του μαστού, αυξάνοντας την ορατότητα των βλαβών , ωστόσο, ο αυξημένος όγκος και η πολυπλοκότητα των εικόνων καθιστούν την ερμηνεία τους απαιτητική για τους ακτινολόγους. Η τεχνητή νοημοσύνη (ΤΝ), και ιδιαίτερα η βαθιά μάθηση (deep learning), αναδεικνύεται ως ένα ισχυρό εργαλείο υποστήριξης της διαγνωστικής ακρίβειας και της αποδοτικότητας στη χρήση της.

Μία από τις βασικές κλινικές εφαρμογές της ΤΝ στην τομοσύνθεση μαστού είναι η ανίχνευση και ταξινόμηση του καρκίνου. Οι αλγόριθμοι ΤΝ μπορούν να εκπαιδευτούν ώστε να ανιχνεύουν κακοήθειες, αναλύοντας λεπτά πρότυπα στις εικόνες που μπορεί να διαφεύγουν της ανθρώπινης όρασης. Έρευνες έχουν δείξει ότι τα συστήματα ΤΝ μπορούν να επιτύχουν διαγνωστική απόδοση συγκρίσιμη ή και ανώτερη των ακτινολόγων. Για παράδειγμα, οι McKinney και συν. (2020) απέδειξαν ότι ένα μοντέλο βαθιάς μάθησης ξεπέρασε μια ομάδα ακτινολόγων στην πρόβλεψη καρκίνου του μαστού σε εξετάσεις προσυμπτωματικού ελέγχου, ενώ παρόμοια μοντέλα εφαρμόζονται πλέον στην τομοσύνθεση.(McKinney κ.ά., 2020)

Μία ακόμη σημαντική εφαρμογή είναι η μείωση του φόρτου εργασίας των ακτινολόγων μέσω της προεπιλογής φυσιολογικών περιστατικών. Τα συστήματα ΤΝ μπορούν να προ-εξετάζουν τις εξετάσεις DBT και να επισημαίνουν ύποπτες περιπτώσεις για περαιτέρω αξιολόγηση, επιτρέποντας στους ακτινολόγους να επικεντρωθούν σε πιο περίπλοκα περιστατικά. Αυτή η εφαρμογή είναι ιδιαίτερα χρήσιμη σε μαζικά προγράμματα προσυμπτωματικού ελέγχου (screening), βοηθώντας στην αντιμετώπιση ελλείψεων προσωπικού και στη μείωση του χρόνου ερμηνείας (Yala et al., 2021).

Η ΤΝ διαδραματίζει επίσης βασικό ρόλο στην ανακατασκευή και ενίσχυση της εικόνας. Οι αλγόριθμοι μπορούν να ανακατασκευάσουν ποιοτικές τρισδιάστατες εικόνες από

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
13/09/2026 18:51:02 EEST - 216.73.216.14

λιγότερες προβολές, μειώνοντας έτσι τη δόση ακτινοβολίας χωρίς να επηρεάζεται η διαγνωστική ακρίβεια (Sechopoulos et al., 2017). Επιπλέον, εργαλεία βασισμένα σε ΤΝ μπορούν να ενισχύσουν την ποιότητα των εικόνων με αποθορυβοποίηση ή βελτίωση της αντίθεσης, διευκολύνοντας την καλύτερη απεικόνιση ύποπτων περιοχών.

Επιπρόσθετα, η ΤΝ ενσωματώνεται σε συστήματα υποστήριξης κλινικών αποφάσεων, προσφέροντας στους ακτινολόγους εκτιμήσεις κινδύνου, χαρακτηριστικά βλαβών και συστάσεις για παρακολούθηση. Αυτά τα συστήματα μπορούν να συμβάλουν στην τυποποίηση των ερμηνειών και στη μείωση της διαγνωστικής μεταβλητότητας μεταξύ των ακτινολόγων, κάτι ιδιαίτερα χρήσιμο σε αμφίβολες περιπτώσεις.

Παρά τις δυνατότητές της, η ενσωμάτωση της ΤΝ στην κλινική πράξη της τομοσύνθεσης αντιμετωπίζει προκλήσεις, όπως η ανάγκη για μεγάλα ανωνυμοποιημένα σύνολα δεδομένων, ρυθμιστικές εγκρίσεις και κλινική επικύρωση σε διαφορετικούς πληθυσμούς και απεικονιστικά συστήματα. Ωστόσο, η συνεχής έρευνα και η συνεργασία μεταξύ επαγγελματιών υγείας, μηχανικών και φορέων του τομέα αναμένεται να επιταχύνουν την ασφαλή και αποτελεσματική ενσωμάτωσή της στην απεικόνιση μαστού.

Συμπερασματικά, η ΤΝ προσφέρει πολυάριθμες κλινικές εφαρμογές στην τομοσύνθεση μαστού, από την ανίχνευση του καρκίνου έως τη βελτιστοποίηση της ροής εργασίας. Η περαιτέρω ανάπτυξή της αναμένεται να μεταμορφώσει τον προσυμπτωματικό έλεγχο και τη διάγνωση του καρκίνου του μαστού, βελτιώνοντας τόσο την έκβαση για τις ασθενείς όσο και την αποδοτικότητα των επαγγελματιών υγείας.

3.Χρήση της ΤΝ στο Υπερηχογράφημα Μαστού

3.1Υπερηχογραφημα –Βασικές Αρχές

Ο κλινικός υπέρηχος βασίζεται σε θεμελιώδεις αρχές της φυσικής, όπως η συχνότητα, η ταχύτητα διάδοσης, ο παλμικός υπέρηχος, η αλληλεπίδραση των κυμάτων με τον ιστό, η γωνία πρόσπτωσης και η εξασθένηση. Ο ήχος είναι μηχανική ενέργεια που διαδίδεται μέσω διαμήκων κυμάτων πίεσης, δημιουργώντας εναλλασσόμενες φάσεις συμπίεσης (υψηλής πίεσης) και αραίωσης (χαμηλής πίεσης). Η συχνότητα του υπερήχου, που μετριέται σε Hertz (Hz), επηρεάζει τη διείσδυση και την ανάλυση της εικόνας. Στην ιατρική υπερηχογραφία, χρησιμοποιούνται συχνότητες από 1 MHz έως 20 MHz, με υψηλές συχνότητες να προσφέρουν υψηλότερη ανάλυση αλλά μικρότερη διείσδυση και χαμηλές συχνότητες να διεισδύουν βαθύτερα αλλά με χαμηλότερη ανάλυση. Τα ηχητικά κύματα διαδίδονται με διαφορετικές ταχύτητες σε διάφορα μέσα, με τη μέση ταχύτητα στους μαλακούς ιστούς να

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
13/09/2026 18:51:02 EEST - 216.73.216.14

είναι περίπου 1540 m/s. Κατά τη διάδοση, το ηχητικό κύμα υφίσταται εξασθένηση λόγω απορρόφησης, σκέδασης και ανάκλασης, με την απώλεια ενέργειας να αυξάνεται σε υψηλότερες συχνότητες. Η σωστή επιλογή συχνότητας και η κατανόηση των αρχών διάδοσης του ήχου είναι κρίσιμες για τη βέλτιστη ποιότητα εικόνας και τη διαγνωστική ακρίβεια στην υπερηχογραφία.

3.2 Υπερηχογράφημα Μαστού

Το υπερηχογράφημα μαστού αποτελεί μια σημαντική διαγνωστική μέθοδο, χρησιμοποιούμενη κυρίως ως συμπληρωματική εξέταση της μαστογραφίας.

Ο συμπληρωματικός έλεγχος με υπερηχογράφημα έχει τη δυνατότητα να ανιχνεύει μικρού μεγέθους καρκίνους του μαστού χωρίς λεμφαδενικές μεταστάσεις, οι οποίοι δεν εντοπίζονται με τη μαστογραφία, ιδιαίτερα σε γυναίκες με πυκνό μαζικό παρέγχυμα.(Berg et al. 2008)

Αποδεικνύεται ιδιαίτερα πολύτιμο στις γυναίκες με πυκνό μαστό, όπου η μαστογραφία παρουσιάζει μειωμένη αποτελεσματικότητα. Επιπλέον, χρησιμοποιείται συχνά για την καθοδήγηση βιοψιών, την αξιολόγηση ψηλαφητών μαζών και την παρακολούθηση καλοήθων αλλοιώσεων. Τα τελευταία χρόνια, έχουν γίνει σημαντικές βελτιώσεις στην ποιότητα της εικόνας και την ανάλυση των υπερηχογραφικών μηχανημάτων, χάρη στις εξελίξεις στη σχεδίαση μορφοτροπέων (transducers) και τις προόδους στην ηλεκτρονική επεξεργασία σήματος.(Smith κ.ά.)

Ωστόσο, η υπερηχογραφία παρουσιάζει μειονεκτήματα, όπως η εξάρτηση από τον χειριστή και η αυξημένη πιθανότητα ψευδώς θετικών αποτελεσμάτων.

Επίσης ένας από τους περιορισμούς του υπερηχογραφήματος είναι και η δυσκολία ανίχνευσης μικροασβεστώσεων, οι οποίες μπορεί να αποτελούν πρώιμο δείκτη καρκίνου του μαστού. Οι μικροασβεστώσεις αυτές έχουν πολύ μικρό μέγεθος (50 έως μερικές εκατοντάδες μικρόμετρα) και η διάκρισή τους από το φαινόμενο του "speckle" (η δημιουργία ψευδών φωτεινών σημείων λόγω διάχυσης του υπερηχογραφικού σήματος) είναι δύσκολη.(Smith κ.ά.)

Η πρόσφατη ανάπτυξη της σύνθετης απεικόνισης (compound imaging) επέτρεψε τη βελτίωση της ποιότητας της εικόνας, χρησιμοποιώντας υπερηχητικές δέσμες από πολλαπλές γωνίες πρόσπτωσης. Αυτό μειώνει τα τεχνητά ευρήματα και ενισχύει την αντίθεση και τη σαφήνεια των εικόνων. Παρόλα αυτά, η τεχνική αυτή ενδέχεται να μειώνει την προβολή κλινικών ενδείξεων όπως η σκίαση και η οπίσθια ενίσχυση.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
13/09/2026 18:51:02 EEST - 216.73.216.14

Μια ακόμα σημαντική εξέλιξη είναι η χρήση του Doppler υπερηχογραφήματος, το οποίο επιτρέπει την ανίχνευση της αιμάτωσης σε ορισμένους όγκους του μαστού, αν και η ευαισθησία του παραμένει περιορισμένη. Παράλληλα, η τρισδιάστατη απεικόνιση (3D υπερηχογράφημα) παρέχει τη δυνατότητα εξέτασης ενός ολόκληρου όγκου ιστού αντί μιας μόνο τομής, επιτρέποντας ακριβέστερη μέτρηση του μεγέθους των όγκων και πιο αξιόπιστη παρακολούθηση των μεταβολών τους με την πάροδο του χρόνου.

Αν και η μαστογραφία παραμένει η κύρια διαγνωστική μέθοδος για την ανίχνευση μικροασβεστώσεων που σχετίζονται με ορισμένους τύπους καρκίνου, το υπερηχογράφημα κερδίζει ολοένα και μεγαλύτερη σημασία ως συμπληρωματικό εργαλείο για τη διάγνωση και την αξιολόγηση του καρκίνου του μαστού.

«Automated breast ultrasound system (ABUS): Αυτοματοποιημένο υπερηχογράφημα μαστών ως εργαλείο προληπτικού ελέγχου.

Το ABUS διαθέτει σημαντικά πλεονεκτήματα. Δεν χρησιμοποιεί ιονίζουσα ακτινοβολία, δεν εξαρτάται από τον χειριστή για την απόδοση της εικόνας, επιτρέπει την πλήρη καταγραφή και εύκολη επανεξέταση των εικόνων, και είναι ιδιαίτερα χρήσιμο σε γυναίκες με πυκνό μαζικό παρέγχυμα, όπου η μαστογραφία παρουσιάζει μειωμένη ευαισθησία. Επιπλέον, προσφέρει τρισδιάστατη απεικόνιση με δυνατότητα ανατομικής περιήγησης του μαστού.

Από την άλλη πλευρά, το ABUS παρουσιάζει κάποιους περιορισμούς. Η χαμηλότερη ειδικότητα μπορεί να οδηγήσει σε περισσότερες ψευδώς θετικές διαγνώσεις, ενώ ενδέχεται να υπάρχουν τεχνικά προβλήματα απεικόνισης, ειδικά αν υπάρξει κίνηση της ασθενούς. Επιπλέον, δεν παρέχει πληροφορίες για την αιμάτωση των βλαβών ή την ελαστικότητά τους, όπως άλλες απεικονιστικές τεχνικές.

Το ABUS δεν φαίνεται να μπορεί να αντικαταστήσει πλήρως τη μαστογραφία στην πρόληψη και πρώιμη ανίχνευση καρκίνου του μαστού. Ωστόσο, αποτελεί ένα πολύτιμο συμπληρωματικό εργαλείο, ιδιαίτερα χρήσιμο σε γυναίκες με πυκνούς μαστούς, καθώς ενισχύει την ανίχνευση βλαβών χωρίς να προσθέτει ακτινοβολία. Ο ιδανικός συνδυασμός, σύμφωνα με τους συγγραφείς, είναι η χρήση της μαστογραφίας σε συνδυασμό με ABUS για πιο ολοκληρωμένο έλεγχο.(Abd Elkhalek κ.ά., 2019)

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
13/09/2026 18:51:02 EEST - 216.73.216.14

3.3 Εφαρμογές Τεχνητής Νοημοσύνης στο Υπερηχογράφημα Μαστού

Η πρώιμη και ακριβής διάγνωση μέσω μαστογραφίας και υπερηχογραφίας αποτελεί κρίσιμο παράγοντα για την έγκαιρη ανίχνευση και την επιτυχή αντιμετώπιση της νόσου.

Παρότι η μαστογραφία έχει αποδειχθεί αποτελεσματική στη μείωση της θνησιμότητας από καρκίνο του μαστού, παρουσιάζει περιορισμούς όσον αφορά την ακρίβεια και την ομοιομορφία των διαγνώσεων, με σημαντικές διακυμάνσεις στην απόδοση των ακτινολόγων. Επιπλέον, η ευαισθησία της μεθόδου μειώνεται σημαντικά στις περιπτώσεις πυκνού μαστού, με αποτέλεσμα την αυξημένη πιθανότητα απόκρυψης κακοηθών αλλοιώσεων.

Το υπερηχογράφημα παίζει καθοριστικό ρόλο στη διαφοροδιάγνωση καλοήθων και κακοήθων αλλοιώσεων, ενώ τα τελευταία χρόνια έχει αποκτήσει αυξανόμενο ρόλο και στον προληπτικό έλεγχο, καθώς αποδεικνύεται ικανό να ανιχνεύει βλάβες που διαφεύγουν της μαστογραφίας.

Παρά τα πλεονεκτήματα του υπερηχογραφήματος, όπως η ασφάλεια (λόγω μη χρήσης ιονίζουσας ακτινοβολίας), το χαμηλότερο κόστος, η ευκολία χρήσης και η δυνατότητα άμεσης καθοδήγησης, η μέθοδος εμφανίζει υψηλό βαθμό υποκειμενικότητας τόσο στη λήψη όσο και στην ερμηνεία των εικόνων, ακόμα και από έμπειρους ιατρούς, γεγονός που οδηγεί σε μεγάλο αριθμό ψευδώς θετικών αποτελεσμάτων και περιττών επεμβάσεων.

Η τεχνητή νοημοσύνη (ΤΝ) εφαρμόζεται ολοένα και περισσότερο στην υπερηχογραφική απεικόνιση, με στόχο την υποστήριξη της διαγνωστικής διαδικασίας. Τα σύγχρονα συστήματα βασίζονται σε μια τυπική ακολουθία επεξεργασίας εικόνας, η οποία περιλαμβάνει στάδια όπως η προεπεξεργασία, η τμηματοποίηση, η εξαγωγή χαρακτηριστικών και η τελική ταξινόμηση της αλλοίωσης.

Η προεπεξεργασία των υπερηχογραφικών εικόνων αποσκοπεί στη βελτίωση της ποιότητάς τους μέσω μείωσης του θορύβου και ενίσχυσης της αντίθεσης. Αυτή η φάση διευκολύνει την οπτική διάκριση των αλλοιώσεων και μπορεί να υλοποιηθεί είτε με παραδοσιακές τεχνικές επεξεργασίας εικόνας είτε με αλγόριθμους βασισμένους σε ΤΝ, ανάλογα με τις απαιτήσεις και την ποιότητα των δεδομένων.

Η τμηματοποίηση ακολουθεί ως το στάδιο κατά το οποίο καθορίζονται οι ακριβείς περιοχές ενδιαφέροντος (RoIs) εντός της εικόνας. Πρόκειται για μία ιδιαίτερα απαιτητική διαδικασία, καθώς οι υπερηχογραφικές εικόνες συχνά παρουσιάζουν χαμηλή αντίθεση, ασαφή όρια και σκίαση. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται βασίζονται είτε σε απλές τεχνικές έντασης, είτε σε πιο προηγμένους αλγόριθμους μηχανικής μάθησης, με στόχο την απομόνωση ύποπτων

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
13/09/2026 18:51:02 EEST - 216.73.216.14

περιοχών με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια. Συχνά, ο συνδυασμός διαφορετικών τεχνικών οδηγεί σε πιο αξιόπιστα αποτελέσματα.(Al-Karawi κ.ά., 2024)

Αφού απομονωθούν οι περιοχές ενδιαφέροντος, γίνεται εξαγωγή και επιλογή χαρακτηριστικών που σχετίζονται με την υφή, τη μορφολογία και τα γεωμετρικά γνωρίσματα της βλάβης. Τα χαρακτηριστικά αυτά μπορούν να προκύπτουν είτε από αναλυτικά πρότυπα είτε από εμπειρική παρατήρηση. Η ακριβής αναπαράσταση αυτών των χαρακτηριστικών είναι κρίσιμη για τη σωστή διάγνωση.

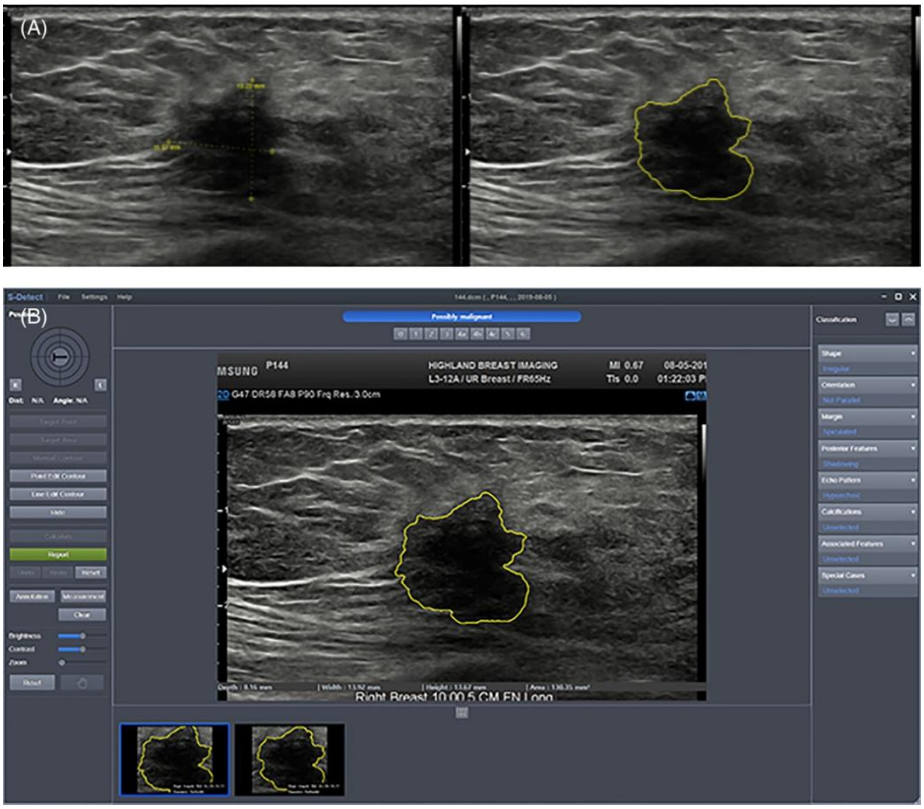
Το τελικό στάδιο αφορά την ταξινόμηση **τ**ων αλλοιώσεων, δηλαδή τη διάκρισή τους σε καλοήθεις ή κακοήθεις. Η απόφαση αυτή βασίζεται στην ανάλυση των εξαγόμενων χαρακτηριστικών από αλγοριθμικά μοντέλα εκμάθησης. Οι μέθοδοι κυμαίνονται από απλούς ταξινομητές έως σύνθετα νευρωνικά δίκτυα, με τα πιο εξελιγμένα μοντέλα να επιτυγχάνουν ιδιαίτερα υψηλά ποσοστά διαγνωστικής ακρίβειας.(Villa-Camacho κ.ά., 2023)

Σημειώνεται ότι ορισμένα σύγχρονα συστήματα υποβοηθούμενης διάγνωσης (CAD) παρακάμπτουν ενδιάμεσα στάδια, όπως η τμηματοποίηση, επιλέγοντας να αναλύσουν άμεσα την πρωτογενή εικόνα. Η προσέγγιση αυτή, παρότι αυξάνει την ταχύτητα, ενδέχεται να μειώσει την ακρίβεια, ειδικά σε πολύπλοκες ή δυσδιάκριτες περιπτώσεις.

Τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης στην υπερηχογραφία μαστού συνιστούν ένα ραγδαία εξελισσόμενο πεδίο, με ισχυρές ενδείξεις ότι μπορούν να βελτιώσουν ουσιαστικά την έγκαιρη διάγνωση του καρκίνου του μαστού.

Με την κατάλληλη επεξεργασία εικόνας, εξαγωγή και επιλογή χαρακτηριστικών και εφαρμογή σύγχρονων ταξινομητών, τα CAD συστήματα μπορούν να υποστηρίξουν αποτελεσματικά τους ακτινολόγους και να συμβάλουν στη μείωση των ψευδώς θετικών και αρνητικών διαγνώσεων. Ωστόσο, για την ευρύτερη και ασφαλή εφαρμογή τους στην κλινική πράξη, απαιτείται περαιτέρω πρότυπη αξιολόγηση, μεγαλύτερα σύνολα δεδομένων και διαλειτουργικότητα μεταξύ διαφορετικών τεχνολογιών**.** (Cheng κ.ά., 2010)

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
13/09/2026 18:51:02 EEST - 216.73.216.14



Εικ.6) Παράδειγμα του S-Detect™ για μαστό, A, δείγμα βλάβης μαστού ασθενούς με περιοχή βλάβης που προσδιορίστηκε από ακτινολόγο(αριστερά) και περιγραμμένο όριο από το πρόγραμμα S-Detect™ για μαστό (δεξιά), B, πλήρης οθόνη του S-Detect™ για μαστό, συμπεριλαμβανομένης της ταξινόμησης χαρακτηριστικών BI-RADS και της κατηγορία αξιολόγησης. (O'Connell κ.ά., 2022)

3.4 Κλινικές Εφαρμογές της Τεχνητής Νοημοσύνης στο Υπερηχογράφημα Μαστού

Οι εφαρμογές της AI επικεντρώνονται σε τρεις βασικούς άξονες: ανίχνευση, διαφορική διάγνωση και πρόγνωση.

Ανίχνευση.

Η τεχνητή νοημοσύνη, μέσω συνελικτικών νευρωνικών δικτύων (CNNs), επιτυγχάνει υψηλή ακρίβεια στον εντοπισμό ύποπτων αλλοιώσεων σε υπερηχογραφήματα μαστού, ξεπερνώντας πολλές παραδοσιακές υπολογιστικές μεθόδους.

Στις εφαρμογές με χειροκίνητους υπερηχογράφους (HHUS), οι εικόνες εξαρτώνται άμεσα από τις επιλογές του χειριστή, γεγονός που επηρεάζει την ακρίβεια των μοντέλων AI.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
13/09/2026 18:51:02 EEST - 216.73.216.14

Στον τομέα του αυτόματου υπερηχογραφήματος μαστού (ABUS), η τεχνητή νοημοσύνη προσφέρει ουσιαστική υποστήριξη στους ακτινολόγους, μειώνοντας τον χρόνο αξιολόγησης των πολλών εικόνων που παράγονται ανά εξέταση και βελτιώνει την ακρίβεια της διάγνωσης, ειδικά για λιγότερο έμπειρους χρήστες.

Διαφορική Διάγνωση.

Η διαφορική διάγνωση έχει ως στόχο τη διάκριση μεταξύ καλοήθων και κακοήθων αλλοιώσεων. Αν και το σύστημα κατηγοριοποίησης BI-RADS, αποτελεί το πρότυπο εργαλείο για τη συστηματική εκτίμηση, η υποκειμενικότητα των ακτινολόγων παραμένει ένα σημαντικό ζήτημα.

Η τεχνητή νοημοσύνη έχει αποδείξει ότι μπορεί να προσφέρει σταθερότερη και συχνά ανώτερη διαγνωστική απόδοση συγκριτικά με ειδικούς, όταν εκπαιδεύεται με εκτεταμένα και σωστά διαμορφωμένα σύνολα δεδομένων. Σε αρκετές μελέτες, τα μοντέλα πέτυχαν ποσοστά ακρίβειας που ξεπερνούσαν εκείνα των ακτινολόγων (AUC > 0.9).

Παράλληλα, εμπορικά εργαλεία όπως το S-Detect ενσωματώνουν τη λογική του BI-RADS και αυτοματοποιούν την εκτίμηση αλλοιώσεων, προσφέροντας ιδιαίτερη υποστήριξη σε ακτινολόγους με λιγότερη εμπειρία. Παρόλα αυτά, η χρήση τους παραμένει περιορισμένη σε συγκεκριμένα συστήματα υπερήχων και απαιτεί χρονοβόρα χειροκίνητη επισήμανση των αλλοιώσεων.(Çelebi κ.ά.)

Τέλος, ερευνητικές ομάδες αναπτύσσουν μοντέλα που συνδυάζουν αυτόματη ανίχνευση και διάγνωση, ελαχιστοποιώντας την ανάγκη για εκτενή χειροκίνητη επισήμανση. Παρόλο που οι μέθοδοι αυτές βρίσκονται ακόμη σε πειραματικό στάδιο, προσφέρουν τη βάση για μελλοντικές, πιο εξελιγμένες AI εφαρμογές σε πραγματικό χρόνο.

Πρόγνωση.

Η πρόγνωση αφορά την εκτίμηση των βιολογικών χαρακτηριστικών του όγκου πριν από τη θεραπεία, την πιθανή αντίδραση στη θεραπεία, καθώς και τη συνολική επιβίωση.

Ειδικότερα, ορισμένα μοντέλα AI έχουν επιτύχει υψηλή ακρίβεια στην πρόβλεψη της κατάστασης των μασχαλιαίων λεμφαδένων, που αποτελεί κρίσιμο παράγοντα για τον καθορισμό της θεραπευτικής στρατηγικής. Μάλιστα, σε ορισμένες περιπτώσεις οι επιδόσεις τους ξεπέρασαν ακόμα και εκείνες έμπειρων ακτινολόγων.

Το AI αναμένεται μελλοντικά να συνδυάζει δεδομένα από εικόνες και κλινικά στοιχεία, προσφέροντας πιο ακριβείς και αξιόπιστες προβλέψεις σε σχέση με τις συμβατικές μεθόδους.(Brunetti κ.ά., 2022)

Η τεχνητή νοημοσύνη έχει τη δυναμική να βελτιώσει την ακρίβεια, την ταχύτητα και τη συνέπεια στη διάγνωση μέσω υπερηχογραφίας μαστού, περιορίζοντας την ανθρώπινη

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
13/09/2026 18:51:02 EEST - 216.73.216.14

υποκειμενικότητα και ενισχύοντας τη διαγνωστική αξιοπιστία. Παρόλα αυτά, η ευρεία κλινική εφαρμογή απαιτεί περαιτέρω έρευνα για την αντιμετώπιση τεχνικών και μεθοδολογικών προκλήσεων, όπως η ποικιλομορφία των δεδομένων, η ερμηνευσιμότητα των αποφάσεων και η κλινική επικύρωση των συστημάτων.

4.Εξέλιξη της Τεχνητής Νοημοσύνης στην Μαγνητική Τομογραφία Μαστού (MRI)

4.1 Μαγνητική Τομογραφία – Βασικές αρχές

Η μαγνητική τομογραφία (MRI) είναι μια μη επεμβατική τεχνική απεικόνισης η οποία στηρίζεται στο φαινόμενο του μαγνητικού συντονισμού το οποίο με την σειρά του βασίζεται στην μοριακή σύσταση των ιστών κυρίως του νερού. Χρησιμοποιεί ισχυρά μαγνητικά πεδία, παλμούς ραδιοσυχνοτήτων και επεξεργασία υπολογιστή για τη δημιουργία λεπτομερών εικόνων των εσωτερικών δομών του σώματος. Πρόκειται για μια δυναμική εφαρμογή κατά την οποία ο ιστός υπόκεινται σε έναν κύκλο αλλαγών κατά την μαγνήτισή του . Η βασική αρχή βασίζεται στην ευθυγράμμιση των πυρήνων του υδρογόνου (πρωτόνια) μέσα στο σώμα όταν εκτίθενται σε ένα ισχυρό μαγνητικό πεδίο. Όταν εφαρμόζεται ένας παλμός ραδιοσυχνοτήτων, αυτά τα πρωτόνια απορροφούν ενέργεια και αλλάζουν την ευθυγράμμισή τους. Καθώς ο παλμός απενεργοποιείται, τα πρωτόνια επιστρέφουν στην αρχική τους κατάσταση, απελευθερώνοντας ενέργεια και εκπέμποντας ένα σήμα που ανιχνεύεται από κατάλληλα πηνία ενώ φθίνει με τον χρόνο μέσα από δυο διαφορετικούς μηχανισμούς α) διαμήκους επανάκτησης T1 και β) εγκάρσιας χαλάρωσης T2.

Τα διάφορα σήματα που παράγονται από διαφορετικούς ιστούς υποβάλλονται σε επεξεργασία για τη δημιουργία εικόνων υψηλής ανάλυσης, επιτρέποντας τη λεπτομερή απεικόνιση των μαλακών ιστών, των οργάνων και των παθολογικών αλλαγών χωρίς ιονίζουσα ακτινοβολία. Συγκεκριμένα η T1 βαρύτητα αντιπροσωπεύει τον διαμήκη χρόνο χαλάρωσης (spin-lattice), πόσο γρήγορα δηλαδή τα πρωτόνια ευθυγραμμίζονται εκ νέου με το εξωτερικό μαγνητικό πεδίο και η T2 βαρύτητα αντιπροσωπεύει τον εγκάρσιο (spin-spin) χρόνο χαλάρωσης, υποδεικνύοντας πόσο γρήγορα τα spin πρωτονίων χάνουν τη συνοχή φάσης έπειτα από εφαρμογή ενός παλμού RF.

Οι χρόνοι χαλάρωσης T1 και T2 σε συνάρτηση με τους χρόνους TR(χρόνος επανάληψης, το χρονικό διάστημα μεταξύ δυο διαδοχικών παλμών ραδιοσυχνοτήτων διέγερσης RF) και TE(το χρονικό διάστημα μεταξύ ενός παλμού διέγερσης και της λήψης σήματος MR) αποτελούν συνιστώσες οι οποίες συμμετέχουν στην τελική αντίθεση της εικόνας.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
13/09/2026 18:51:02 EEST - 216.73.216.14

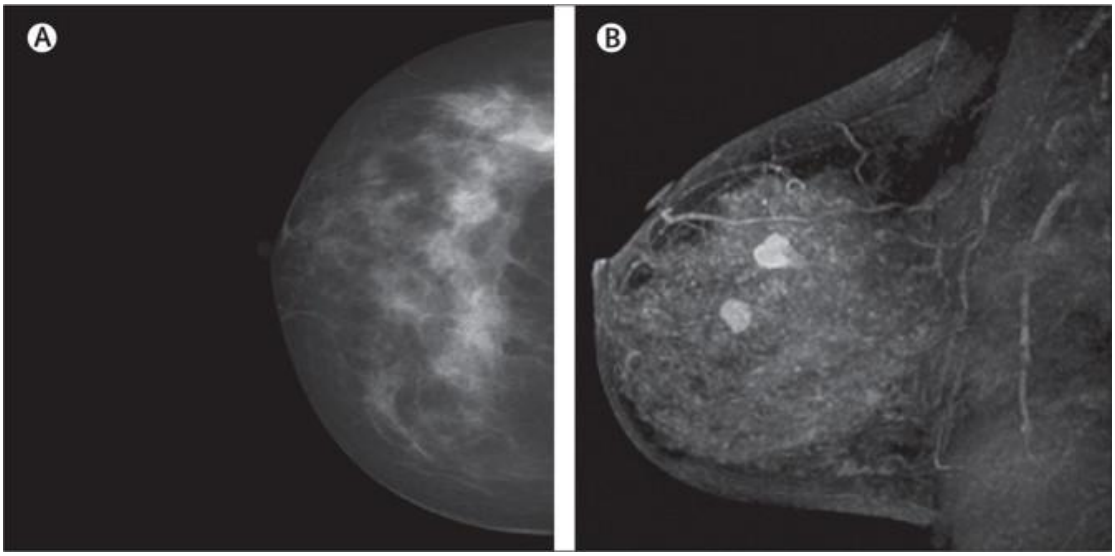
Έτσι ιστοί με μικρότερο T1 εμφανίζονται φωτεινότεροι (π.χ. λίπος), ενώ οι ιστοί με μεγαλύτερο T1 εμφανίζονται πιο σκοτεινοί (π.χ. νερό, εγκεφαλονωτιαίο υγρό).
Ιστοί με μεγαλύτερο T2 εμφανίζονται φωτεινότεροι (π.χ. νερό, εγκεφαλονωτιαίο υγρό), ενώ οι ιστοί με μικρότερο T2 εμφανίζονται πιο σκοτεινοί (π.χ. λίπος).
Συνδυάζοντας την απεικόνιση T1 και T2, οι ακτινολόγοι μπορούν να διαφοροποιήσουν καλύτερα μεταξύ φυσιολογικών και παθολογικών ιστών, βελτιστοποιώντας τη διαγνωστική ακρίβεια.

4.2 Εισαγωγή στη Μαγνητική Τομογραφία μαστού

Η μαγνητική τομογραφία (MR) είναι μια προηγμένη απεικονιστική μέθοδος που χρησιμοποιείται επί του παρόντος ως συμπληρωματικός έλεγχος για τον καρκίνο του μαστού σε άτομα υψηλού κινδύνου, με εξαιρετική ευαισθησία και ειδικότητα, όπως αναφέρεται στη σύγχρονη βιβλιογραφία. Παρόλο που ο συγκεκριμένος αντίκτυπος της μαγνητικής τομογραφίας στη θνησιμότητα από καρκίνο του μαστού είναι δύσκολο να εκτιμηθεί, έχει συσχετιστεί με την ανίχνευση καρκίνου σε πρώιμο στάδιο και με βελτιωμένη επιβίωση 10 ετών.(Elhatw κ.ά., 2023)
Η μαστογραφία παραμένει το καθιερωμένο πρότυπο για μαζικό πληθυσμιακό έλεγχο, καθώς είναι γνωστό ότι μειώνει τη θνησιμότητα, ωστόσο εξακολουθούν να υπάρχουν ερωτήματα σχετικά με την υπερδιάγνωση και την υπερθεραπεία. Με την όλο και πιο εξελιγμένη κατανόηση της ετερογένειας του καρκίνου του μαστού και των εκβάσεων που εξαρτώνται από τους υποτύπους του καρκίνου, υπάρχει αυξανόμενη ώθηση να διερευνηθεί η διαγνωστική αξία κάθε απεικονιστικής μεθόδου, τόσο ως προς τον αριθμό όσο και ως προς τον τύπο των καρκίνων που ανιχνεύονται.
Το πλεονέκτημα της μαγνητικής τομογραφίας με ενδοφλέβιο σκιαγραφικό ως λειτουργικής απεικονιστικής μεθόδου που μπορεί να ανιχνεύει πιο βιολογικά επιθετικούς όγκους, οι οποίοι ενδέχεται να μην είναι ορατοί στη μαστογραφία, αποτελεί τη βάση για το αυξανόμενο ενδιαφέρον για τη διεύρυνση του ρόλου της μαγνητικής τομογραφίας στον προσυμπτωματικό έλεγχο του καρκίνου του μαστού. Επιπλέον, αναδεικνύεται συνεχώς η υπεροχή της μαγνητικής τομογραφίας έναντι της μαστογραφίας και του υπερηχογραφήματος σε γυναίκες με μέτριο κίνδυνο όσον αφορά την ανίχνευση καρκίνου, γεγονός που έχει οδηγήσει σε πρόσφατες τροποποιήσεις ορισμένων κατευθυντήριων οδηγιών ώστε να συμπεριλάβουν τη μαγνητική τομογραφία στον προληπτικό έλεγχο.(*Screening Breast MRI Primer: Indications, Current Protocols, and Emerging Techniques | Journal of Breast Imaging | Oxford Academic*)

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
13/09/2026 18:51:02 EEST - 216.73.216.14

Ωστόσο, η πρόσβαση των ασθενών στη μαγνητική τομογραφία εξακολουθεί να είναι περιορισμένη, ενώ το κόστος και η διάρκεια της εξέτασης μπορούν να αποτελέσουν σημαντικά εμπόδια. Οι προσπάθειες για τη βελτίωση της δυνατότητας ευρύτερης εφαρμογής επικεντρώνονται στη βελτιστοποίηση της διαδικασίας απόκτησης και ερμηνείας των εικόνων, διατηρώντας παράλληλα την ακρίβεια της διάγνωσης.



Εικ.7) **Πολυεστιακό καρκίνωμα εντοπισμένο με Μαγνητική Τομογραφία (MRI)**
Μια γυναίκα 43 ετών χωρίς οικογενειακό ιστορικό καρκίνου του μαστού υποβλήθηκε σε (A) προληπτική μαστογραφία ρουτίνας, η οποία ήταν αρνητική. Λόγω ιστορικού ινοκυστικών αλλοιώσεων, υποβλήθηκε σε υπερηχογραφικό έλεγχο, ο οποίος ανέδειξε συμπαγή μάζα 9 mm στο άνω έξω τεταρτημόριο του δεξιού μαστού (δεν απεικονίζεται), υπεβλήθη σε βιοψία και διαγνώστηκε ως διηθητικό πορογενές καρκίνωμα.
(B) Η απεικόνιση μέγιστης έντασης (MIP) της MRI με σκιαγραφικό ανέδειξε την καρκινική αλλοίωση στο άνω έξω τεταρτημόριο, καθώς και δεύτερη ύποπτη μάζα στο ίδιο τεταρτημόριο, περίπου 1,5 εκ. μακριά. Η δεύτερη αυτή μάζα εντοπίστηκε ακολούθως με στοχευμένο υπερηχογράφημα και υποβλήθηκε σε βιοψία, επιβεβαιώνοντας την ύπαρξη πολυεστιακού καρκινώματος.(Morrow κ.ά., 2011)

4.2.1 Ενδείξεις Μαγνητικής Μαστογραφίας και η χρήση της στην κλινική πράξη

Η μαγνητική τομογραφία μαστού αποτελεί ένα εξαιρετικά ευαίσθητο εργαλείο για την ανίχνευση του καρκίνου του μαστού ιδιαίτερα σε γυναίκες με αυξημένο ή υψηλό κίνδυνο εμφάνισης της νόσου. Η χρήση της στον προληπτικό έλεγχο είναι σημαντική για γυναίκες με εκτιμώμενο κίνδυνο άνω του 20 - 25 % καθώς η MRI μπορεί να εντοπίσει περισσότερους καρκίνους σε πρώιμα στάδια συγκριτικά με τη μαστογραφία(Kataoka, 2023). Οι γυναίκες

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
13/09/2026 18:51:02 EEST - 216.73.216.14

αυτές περιλαμβάνουν όσες είναι φορείς των γονιδιακών μεταλλάξεων BRCA1 και BRCA2 καθώς και εκείνες με μεταλλάξεις TP53, PTEN, και PALB2. Για τις γυναίκες με BRCA1 ειδικά κάτω των 50 ετών προτείνεται έλεγχος κάθε έξι μήνες με συνδυασμό MRI-μαστογραφίας και υπερηχογραφήματος(Morrow κ.ά., 2011). Η MRI ενδείκνυται επίσης για γυναίκες που έχουν εκτεθεί σε ακτινοθεραπεία θώρακα κατά την παιδική ηλικία καθώς ο κίνδυνος ανάπτυξης καρκίνου μαστού σε αυτή την ομάδα έως τα 50 έτη είναι ιδιαίτερα υψηλός φτάνοντας μέχρι και 30 %. Ωστόσο η συμμόρφωση στον προληπτικό έλεγχο με MRI παραμένει χαμηλή λόγω της έλλειψης ιατρικής καθοδήγησης απουσίας συμπτωμάτων και υψηλού κόστους.(*Screening Breast MRI Primer: Indications, Current Protocols, and Emerging Techniques | Journal of Breast Imaging | Oxford Academic*)

Τα τελευταία χρόνια εξετάζεται η χρήση της MRI και για γυναίκες μέτριου κινδύνου δηλαδή με εκτιμώμενο ποσοστό ανάπτυξης καρκίνου από 15 έως 20 % όπως γυναίκες με πολύ πυκνούς μαστούς(Bakker κ.ά., 2019), προσωπικό ιστορικό καρκίνου ή ιστορικό άτυπης επιθηλιακής υπερπλασίας. Νεότερες οδηγίες προτείνουν τη συμπληρωματική MRI σε αυτές τις περιπτώσεις ιδιαίτερα όταν υπάρχουν επιπλέον παράγοντες κινδύνου .

Ο συνδυασμός απεικονιστικών και γενετικών πληροφοριών είναι ο επόμενος στόχος για την εξατομίκευση της πρόληψης.

Στην κλινική πράξη η MRI χρησιμοποιείται για τη σταδιοποίηση του καρκίνου του μαστού ιδιαίτερα σε γυναίκες με πυκνούς μαστούς νεαρής ηλικίας ή σε περιπτώσεις με αρνητικούς ορμονικούς υποδοχείς. Επίσης ενδείκνυται σε γυναίκες με γνωστό καρκίνο όταν αυτός εμφανίζεται λίγο μετά από αρνητικό απεικονιστικό έλεγχο ή όταν πρόκειται για διηθητικό λοβιακό καρκίνο καθώς οι συμβατικές μέθοδοι συχνά δεν επαρκούν .Η MRI θεωρείται πιο αξιόπιστη από τη μαστογραφία, την κλινική εξέταση και τον υπέρηχο, στον καθορισμό του μεγέθους του όγκου. Η ακρίβειά της φτάνει έως και 80 % σε βλάβες μικρότερες των 5 χιλιοστών αλλά μειώνεται όταν πρόκειται για ακαθόριστες αλλοιώσεις. Επίσης μπορεί να εντοπίσει επιπλέον βλάβες που δεν είναι ορατές με άλλες τεχνικές και περίπου το 67 % αυτών είναι κακοήθεις ενώ στο 20 % των περιπτώσεων οδηγεί σε αλλαγή της θεραπευτικής προσέγγισης. Για να αποφευχθεί η υπερθεραπεία απαιτείται παθολογική επιβεβαίωση κάθε ύποπτης βλάβης πριν τη λήψη θεραπευτικής απόφασης.

Αν και η MRI παρέχει πιο ακριβή σταδιοποίηση δεν έχει αποδειχθεί σαφώς ότι μειώνει την ανάγκη για επανεκτομές. Υπάρχουν μελέτες με αντικρουόμενα ευρήματα, γεγονός που αποδίδεται στη διαφορετική χρήση των δεδομένων από τους θεράποντες. Για να είναι αποτελεσματική η MRI πρέπει να ενσωματώνεται σωστά στη θεραπευτική στρατηγική και να υπάρχει εμπειρία από τους χειρουργούς αλλά και συνεργασία μεταξύ των διαφόρων

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
13/09/2026 18:51:02 EEST - 216.73.216.14

ειδικοτήτων. Σημαντικό πλεονέκτημα της MRI είναι η δυνατότητα ανίχνευσης καρκίνου στον ετερόπλευρο μαστό που εμφανίζεται σε ποσοστό 5 έως 10 % των ασθενών με ήδη διαγνωσμένο καρκίνο.

Αυτές οι βλάβες είναι συχνά μικρές και εντοπίζονται καλύτερα με MRI παρά με τις συμβατικές μεθόδους.

Παρά τα πλεονεκτήματά της η ευρεία χρήση της MRI εμποδίζεται από το υψηλό κόστος και την περιορισμένη διαθεσιμότητα. Σε απάντηση σε αυτά τα προβλήματα αναπτύχθηκε η συντομευμένη MRI(abbreviated MRI) η οποία προσφέρει μικρότερη διάρκεια εξέτασης με αντίστοιχη ακρίβεια σε σύγκριση με την πλήρη MRI(Kataoka, 2023).

Ωστόσο οι εξετάσεις MRI χωρίς σκιαγραφικό υλικό προς το παρόν δεν έχουν ικανοποιητική ευαισθησία για να αντικαταστήσουν τις εξετάσεις με σκιαγραφικό.(*Screening Breast MRI Primer: Indications, Current Protocols, and Emerging Techniques | Journal of Breast Imaging | Oxford Academic*)

Συνοψίζοντας η μαγνητική τομογραφία μαστού παραμένει ένα ιδιαίτερα χρήσιμο διαγνωστικό και θεραπευτικό εργαλείο για την αντιμετώπιση του καρκίνου του μαστού.

Η ορθολογική χρήση της είναι κρίσιμη ώστε να αποφεύγονται περιττές επεμβάσεις ενώ η μελλοντική κατεύθυνση περιλαμβάνει τη χρήση συνδυασμένων γενετικών και απεικονιστικών δεδομένων για την εξατομίκευση του ελέγχου.

4.2.2 Εφαρμογή Πρωτοκόλλου Πολυπαραμετρικής Μαγνητικής Τομογραφίας Μαστού

Ένα τυπικό πρωτόκολλο περιλαμβάνει τη χρήση πολυπαραμετρικών αλληλουχιών MR(mpMRI) ,T1-weighted(T1W), (ultrafast-δυναμική σκιαγραφική ενίσχυσης(u)DCE), T2-weighted(T2W), ακολουθία διάχυσης (DWI) και φασματοσκοπία , καταγράφοντας διάφορες πτυχές του όγκου .

Η έγχυση σκιαγραφικού αναδεικνύει την αγγειογένεση όγκων και απαιτεί δυναμική μελέτη πριν και μετά την έγχυσή του.

Συνήθως όμως η διενέργεια της εξέτασης πραγματοποιείται εξατομικευμένα με βάση τα χαρακτηριστικά του ασθενούς και τα διαγνωστικά θέματα που προκύπτουν. (*Screening Breast MRI Primer: Indications, Current Protocols, and Emerging Techniques | Journal of Breast Imaging | Oxford Academic*)

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
13/09/2026 18:51:02 EEST - 216.73.216.14

Ακολουθία διάχυσης (DWI)

Η μελέτη διάχυσης (DWI) είναι μια προηγμένη τεχνική μαγνητικής τομογραφίας που αξιολογεί τη μικροσκοπική κίνηση των μορίων νερού στους ιστούς, παρέχοντας σημαντικές πληροφορίες για τη δομή και τη φυσιολογία τους. Βασίζεται στη μέτρηση της κίνησης Brown των μορίων στους εξωκυττάριους χώρους, όπου η παρουσία υψηλής κυτταροβρίθειας, όπως σε κακοήθεις όγκους, περιορίζει τη διάχυση, αυξάνοντας την ένταση του σήματος. Η τεχνική χρησιμοποιεί ειδικά πηνία βαθμίδας και δύο διαδοχικά μαγνητικά πεδία πριν και μετά από έναν παλμό 180°, ενώ η ευαισθησία της στη διάχυση καθορίζεται από τον συντελεστή b, ο οποίος κυμαίνεται από 0 έως 1500 s/mm² στη μαγνητική μαστογραφία, με το 500 s/mm² να θεωρείται οριακή τιμή για την ανίχνευση κακοήθειας. Όσο υψηλότερη είναι η τιμή b, τόσο πιο ευαίσθητη είναι η τεχνική, αν και με πιθανή μείωση του λόγου σήματος προς θόρυβο. Στη διαφορική διάγνωση, οι καλοήθεις όγκοι εμφανίζουν ανεμπόδιστη διάχυση και χαμηλότερη ένταση σήματος, ενώ οι κακοήθεις βλάβες παρουσιάζουν υψηλό σήμα στη DWI και χαμηλή τιμή ADC (συντελεστή φαινομενικής διάχυσης). Ο ADC ποσοτικοποιεί τη διάχυση των μορίων νερού και οι χαμηλές τιμές του (<1.0 mm²/sec) σχετίζονται με κακοήθειες, ενώ οι υψηλές υποδηλώνουν καλοήθεις βλάβες ή φυσιολογικό ιστό. Ο υπολογισμός του γίνεται μέσω λογισμικού που παράγει χάρτες ADC σε ασπρόμαυρη ή έγχρωμη απεικόνιση. Η DWI έχει πολλαπλές κλινικές εφαρμογές στη μαγνητική μαστογραφία, όπως η ανίχνευση κακοήθων όγκων, η διαφοροδιάγνωση βλαβών, η αξιολόγηση της ανταπόκρισης στη νεοεπικουρική χημειοθεραπεία, η ανίχνευση μικρομεταστάσεων σε λεμφαδένες και η εκτίμηση υπολειμματικής νόσου μετά από θεραπεία. Η DWI αποτελεί ένα πολύτιμο διαγνωστικό εργαλείο που συμβάλλει στην εξατομικευμένη προσέγγιση της θεραπείας των παθήσεων του μαστού.(Amornsiripanitch κ.ά., 2019)

4.2.3 Ο ρόλος της Τεχνητής Νοημοσύνης στην βελτίωση της ερμηνείας της Μαγνητικής τομογραφίας μαστού.

Η μαγνητική τομογραφία μαστού (MRI) αποτελεί όπως έχει ήδη αναφερθεί, μια από τις πιο ευαίσθητες απεικονιστικές τεχνικές για την ανίχνευση του καρκίνου του μαστού, ιδιαίτερα σε γυναίκες με πυκνό μαστικό ιστό ή υψηλού κινδύνου. Ωστόσο, η ερμηνεία των εικόνων MRI είναι σύνθετη και χρονοβόρα, γεγονός που καθιστά την ανάγκη για τεχνολογίες υποβοήθησης

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
13/09/2026 18:51:02 EEST - 216.73.216.14

ιδιαίτερα επιτακτική. Σε αυτό το πλαίσιο, η τεχνητή νοημοσύνη (ΤΝ), και ειδικότερα η Βαθιά μάθηση (deep learning, DL), έχει αναδειχθεί ως ένα ισχυρό εργαλείο που βελτιώνει σημαντικά την απόδοση των συστημάτων υποβοηθούμενης διάγνωσης (CADx και CADe) στην MRI μαστού.

Τα συστήματα CADe επικεντρώνονται στην αυτόματη ανίχνευση ύποπτων περιοχών, λειτουργώντας ως δεύτερη γνώμη για τον ακτινολόγο με στόχο τη μείωση ψευδώς αρνητικών αποτελεσμάτων. Ιδιαίτερα στη δυναμική ενίσχυση αντίθεσης MRI (DCE-MRI), όπου η ευαισθησία είναι υψηλή αλλά η ανάγνωση των εικόνων απαιτεί σημαντικό χρόνο, τα CADe συμβάλλουν στην αυτοματοποίηση της διαδικασίας ανάλυσης. Η έξοδός τους μπορεί να είναι είτε ένα ορθογώνιο πλαίσιο είτε μια λεπτομερής μάσκα τμηματοποίησης σε επίπεδο εικονοστοιχείων.

Η διαδικασία ξεκινά με την προεπεξεργασία των εικόνων MRI, η οποία περιλαμβάνει κανονικοποίηση, αποθορυβοποίηση και διόρθωση για πιθανά σφάλματα κίνησης. Στη συνέχεια, τα Συνελικτικά νευρωνικά δίκτυα (CNNs) εντοπίζουν αυτόματα περιοχές ενδιαφέροντος (ROIs) και εξάγουν ιεραρχικά χαρακτηριστικά, ξεκινώντας από απλά μοτίβα (όπως ακμές) και καταλήγοντας σε σύνθετες απεικονιστικές δομές και πρότυπα ενίσχυσης. Σε αντίθεση με τις παραδοσιακές τεχνικές ραδιομικής, οι οποίες βασίζονται σε χειροκίνητα επιλεγμένα χαρακτηριστικά, τα CNNs μαθαίνουν από τα ίδια τα δεδομένα, οδηγώντας σε αυξημένη ακρίβεια και γενίκευση.

Ένας σημαντικός τομέας εφαρμογής είναι η τμηματοποίηση του ινώδους-αδενικού ιστού (FGT), που συνδέεται με την πυκνότητα του μαστού και τον σχετικό κίνδυνο εμφάνισης καρκίνου. Ενώ η αυτόματη εκτίμηση της πυκνότητας έχει εξεταστεί κυρίως μέσω μαστογραφίας, νεότερες μελέτες έχουν δείξει ότι η MRI, με τη βοήθεια μοντέλων όπως το U-net, παρέχει πιο ακριβή εκτίμηση. Συγκρίσεις μεταξύ της διαδοχικής προσέγγισης με δύο U-nets (2C U-net) και της μονοφασικής με τρεις κλάσεις (3C U-net) ανέδειξαν την υπεροχή της δεύτερης, προσφέροντας υψηλότερη ακρίβεια και αποτελεσματικότητα.(Martel, 2020; Reig κ.ά., 2020)

Η τμηματοποίηση και ανίχνευση βλαβών αποτελεί κρίσιμο στάδιο για την ακριβή διάγνωση. Πλήρως συνελικτικά δίκτυα (FCN) και παραλλαγές του U-net χρησιμοποιούνται ευρέως για τον εντοπισμό των ορίων των βλαβών. Παράλληλα, προσεγγίσεις που λαμβάνουν υπόψη και τους δύο μαστούς ταυτόχρονα έχουν δείξει ότι ενισχύουν την ακρίβεια ανίχνευσης, αξιοποιώντας συμμετρικές διαφοροποιήσεις στη μορφολογία ή την ενίσχυση.

Στο επόμενο στάδιο, η ταξινόμηση των βλαβών σε καλοήθεις και κακοήθεις υλοποιείται επίσης με CNNs. Αρχικές μέθοδοι χρησιμοποιούσαν προεκπαιδευμένα δίκτυα σε συνδυασμό

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
13/09/2026 18:51:02 EEST - 216.73.216.14

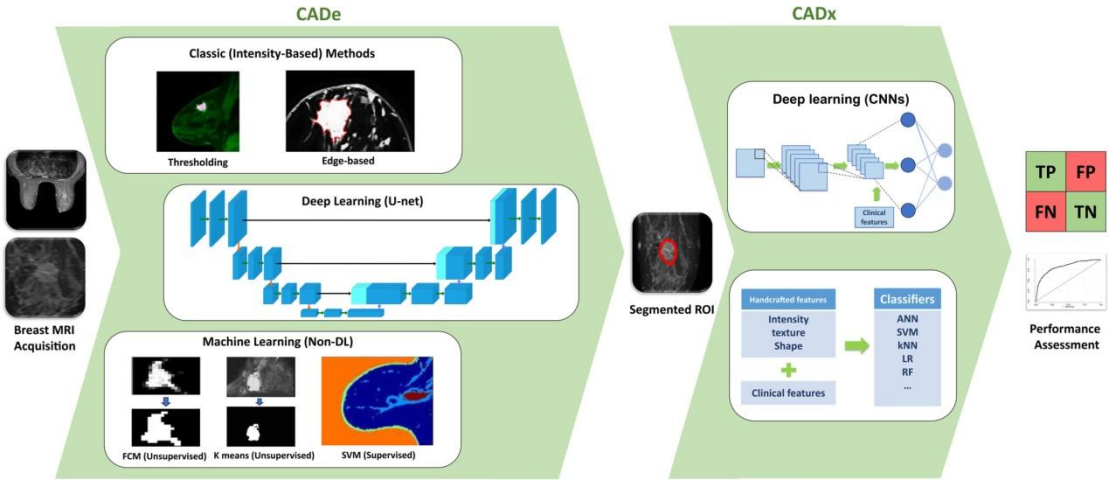
με τεχνικές όπως οι SVM, όμως οι σύγχρονες προσεγγίσεις βασίζονται σε εξειδικευμένες αρχιτεκτονικές που προσαρμόζονται πλήρως στα δεδομένα της MRI. Μάλιστα, η ενσωμάτωση χρονικών χαρακτηριστικών μέσω 3D CNNs βελτιώνει την κατανόηση της δυναμικής του σκιαγραφικού στην DCE-MRI. Συγκριτικές μελέτες έχουν καταδείξει υπεροχή των CNN έναντι των ραδιομικών μεθόδων, καθώς συνεχίζουν να βελτιώνονται με την αύξηση των διαθέσιμων δεδομένων.(Reig κ.ά., 2020)

Πέραν της διάγνωσης, η ΤΝ αξιοποιείται όλο και περισσότερο στην προγνωστική μοντελοποίηση, με στόχο την εκτίμηση της επιθετικότητας όγκων, την πρόβλεψη ανταπόκρισης σε θεραπεία ή ακόμη και την αξιολόγηση του μελλοντικού κινδύνου εμφάνισης καρκίνου. Η ανάλυση της ενίσχυσης του υποστρώματος του μαστού (parenchymal enhancement) αποτελεί ενδεικτικό παράδειγμα, καθώς συνδέεται με τον κίνδυνο και μπορεί να ενσωματωθεί σε στρατηγικές εξατομικευμένης πρόληψης. Παράλληλα, η αυτόματη τμηματοποίηση ιστών και βλαβών διευκολύνει τον υπολογισμό όγκων και τον σχεδιασμό ακτινοθεραπείας.

Νεότερες προσεγγίσεις εστιάζουν και σε μη εποπτευόμενη μάθηση, επιτρέποντας την ανίχνευση νέων απεικονιστικών βιοδεικτών χωρίς την ανάγκη επισημασμένων δεδομένων. Επίσης, υβριδικά μοντέλα που συνδυάζουν δεδομένα MRI με μαστογραφία, υπερηχογράφημα και κλινικό ιστορικό υπόσχονται υψηλότερη ακρίβεια και υποστηρίζουν την κατεύθυνση προς την εξατομικευμένη ιατρική.(Sheth & Giger, 2020)

Τέλος , η τεχνητή νοημοσύνη μεταμορφώνει τον τομέα της MRI μαστού, ενισχύοντας τη διαγνωστική ακρίβεια, επιταχύνοντας την ερμηνεία των εικόνων και προσφέροντας προγνωστική ισχύ. Με την εξέλιξη των αλγορίθμων, τη διαφάνεια στη λειτουργία τους και την ενσωμάτωση πολλαπλών τύπων δεδομένων, η ΤΝ αναμένεται να αποτελέσει αναπόσπαστο μέρος της σύγχρονης απεικονιστικής πρακτικής και της ογκολογικής φροντίδας.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
13/09/2026 18:51:02 EEST - 216.73.216.14



Εικ.8) **Σχηματική επισκόπηση των αγωγών υποβοηθούμενης ανίχνευσης (CADe) και υποβοηθούμενης διάγνωσης (CADx) στη μαγνητική τομογραφία μαστού.**
ANN = τεχνητό νευρωνικό δίκτυο; **CADe** = υποβοηθούμενη από υπολογιστή ανίχνευση; **CADx** = υποβοηθούμενη από υπολογιστή διάγνωση; **CNN** = συνελικτικό νευρωνικό δίκτυο; **DL** = βαθιά μάθηση; **FCM** = fuzzy C-means; **FN** = ψευδώς αρνητικό; **FP** = ψευδώς θετικό; **KNN** = k πλησιέστεροι γείτονες; **LR** = λογιστική παλινδρόμηση; **MRI** = μαγνητική τομογραφία; **RF** = random forest ; **ROI** = περιοχή ενδιαφέροντος; **SVM** = μηχανή υποστήριξης διανυσμάτων; **TN** = αληθώς αρνητικό; **TP** = αληθώς θετικό.(Jannatdoust κ.ά., 2025)

4.2.4.Η Ραδιομική ανάλυση (Radiomics) στην Απεικόνιση Μαστού με Μαγνητική Τομογραφία (MRI)

Η ραδιομική ανάλυση αποτελεί ένα ταχέως αναπτυσσόμενο πεδίο που στοχεύει στην εξαγωγή μεγάλου αριθμού ποσοτικών χαρακτηριστικών από ιατρικές εικόνες, με τη χρήση προηγμένων υπολογιστικών τεχνικών (Gillies et al., 2016,Lambin κ.ά., 2012). Στο πλαίσιο της μαγνητικής τομογραφίας μαστού (MRI), η ραδιομική ανάλυση επιτρέπει την μη επεμβατική αξιολόγηση της ετερογένειας των όγκων, της βιολογικής τους συμπεριφοράς και της ανταπόκρισης στη θεραπεία, αναλύοντας χαρακτηριστικά που δεν είναι ορατά στο ανθρώπινο μάτι (Lambin et al., 2012).

Η MRI μαστού αποτελεί την πιο ευαίσθητη απεικονιστική μέθοδο για τον έλεγχο γυναικών υψηλού κινδύνου, την προεγχειρητική σταδιοποίηση και την παρακολούθηση της ανταπόκρισης στη θεραπεία (Mann et al., 2019). Μέσω της εφαρμογής ραδιομικών τεχνικών σε δεδομένα MRI, μπορούν να εξαχθούν λεπτομερείς πληροφορίες για το σχήμα, την υφή, την ένταση και τις χωρικές σχέσεις των όγκων. Τα δεδομένα αυτά μπορούν να συσχετιστούν

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
13/09/2026 18:51:02 EEST - 216.73.216.14

με ιστοπαθολογικά ευρήματα, μοριακούς υποτύπους (π.χ. luminal A/B, HER2 θετικός, τριπλά αρνητικός) και την πρόγνωση των ασθενών (Pinker et al., 2018).

Πρόσφατες μελέτες έχουν δείξει ότι τα ραδιομικά προφίλ από δυναμική ενισχυμένη MRI (DCE-MRI), απεικόνιση διάχυσης (DWI) και ακολουθίες T2 μπορούν να συμβάλουν στη διάκριση καλοήθων και κακοήθων αλλοιώσεων, στην πρόβλεψη υποτύπων καρκίνου και στην εκτίμηση της πρόγνωσης. Η ενσωμάτωση της ραδιομικής με τεχνικές μηχανικής μάθησης ενισχύει περαιτέρω τη διαγνωστική και προγνωστική της ισχύ (Choi et al., 2020).

Παρά τις προοπτικές της, η κλινική εφαρμογή της ραδιομικής στη MRI μαστού αντιμετωπίζει προκλήσεις, όπως η τυποποίηση των πρωτοκόλλων απεικόνισης, η αναπαραγωγιμότητα των χαρακτηριστικών και η ανάγκη για μεγάλες, πολυκεντρικές βάσεις δεδομένων για επικύρωση των μοντέλων. Ωστόσο, η ραδιομική ανάλυση αποτελεί μια πολλά υποσχόμενη τεχνολογία για την προώθηση της εξατομικευμένης ιατρικής στον καρκίνο του μαστού, προσφέροντας νέα εργαλεία για τη διάγνωση και τον σχεδιασμό θεραπείας (Pinker et al., 2018).

4.2.5 Ανάλυση της Θεραπευτικής Ανταπόκρισης με AI-Υποβοηθούμενη Μαγνητική Τομογραφία στον Καρκίνο του Μαστού

Η χορήγηση νεοεπικουρικής χημειοθεραπείας (NAC) έχει καθιερωθεί ως θεμελιώδης θεραπευτική στρατηγική σε ασθενείς με καρκίνο του μαστού, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις με τοπικά προχωρημένη νόσο. Η συγκεκριμένη θεραπεία διευκολύνει τη συρρίκνωση των όγκων, καθιστώντας τις χειρουργικές παρεμβάσεις λιγότερο εκτεταμένες και ενισχύοντας τη δυνατότητα διατήρησης του μαστού. Παράλληλα, προσφέρει ένα πολύτιμο διαγνωστικό παράθυρο για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας φαρμακευτικών σχημάτων σε πρώιμο στάδιο, πριν την εμφάνιση δεδομένων επιβίωσης. Σημαντικός δείκτης επιτυχούς ανταπόκρισης θεωρείται η πλήρης παθολογοανατομική ανταπόκριση (pCR), η οποία σχετίζεται με καλύτερα μακροχρόνια αποτελέσματα, ειδικά σε πιο επιθετικούς υποτύπους όπως ο HER2-θετικός και ο τριπλά αρνητικός καρκίνος.(Lo Gullo, Brunekreef, κ.ά., 2024)

Η μαγνητική τομογραφία, και ιδίως η πολυπαραμετρική MRI, αποτελεί τη μέθοδο εκλογής για την παρακολούθηση της ανταπόκρισης στη NAC, καθώς προσφέρει αυξημένη ευαισθησία σε σύγκριση με πιο συμβατικές απεικονιστικές τεχνικές. Η χρήση της δυναμικής αντίθεσης (DCE-MRI), των T2 ακολουθιών και της απεικόνισης διάχυσης (DWI) επιτρέπει τη λεπτομερή αποτύπωση μορφολογικών και λειτουργικών αλλαγών στον όγκο. Μεταβολές σε παραμέτρους όπως το σχήμα της βλάβης ή οι τιμές του συντελεστή φαινομενικής διάχυσης (ADC) μπορούν να εντοπιστούν ήδη από τα πρώτα στάδια της θεραπείας, προσφέροντας πρώιμα διαγνωστικά σήματα.(Lo Gullo κ.ά., 2024)

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
13/09/2026 18:51:02 EEST - 216.73.216.14

Η ενσωμάτωση τεχνολογιών τεχνητής νοημοσύνης, με αιχμή τις μεθόδους βαθιάς μάθησης, έχει μετασχηματίσει τον τρόπο με τον οποίο επεξεργαζόμαστε και αξιολογούμε τα δεδομένα απεικόνισης. Συνελικτικά νευρωνικά δίκτυα (CNNs), εκπαιδευμένα μέσω επιβλεπόμενης μάθησης, έχουν τη δυνατότητα να εξάγουν περίπλοκα, αλλά κλινικά σημαντικά χαρακτηριστικά απευθείας από ακατέργαστες MRI εικόνες. Όταν αυτά τα μοντέλα ενισχύονται με πληροφορίες από πολλαπλές απεικονιστικές ακολουθίες (T1, T2, DWI, DCE-MRI), έχουν καταγράψει προβλεπτικές επιδόσεις που προσεγγίζουν το 96% σε ό,τι αφορά την πρόγνωση pCR. (Lo Gullo κ.ά., 2024)

Η ακρίβεια αυτών των προβλέψεων βελτιώνεται περαιτέρω όταν τα απεικονιστικά δεδομένα συνδυαστούν με επιπλέον παραμέτρους, όπως ο μοριακός τύπος του όγκου, δημογραφικά στοιχεία, δείκτες από PET απεικονίσεις και κλινικές πληροφορίες. Αυτή η πολυπαραγοντική προσέγγιση επιτρέπει την εξατομίκευση του θεραπευτικού σχεδιασμού για κάθε ασθενή, προσφέροντας τη δυνατότητα προσαρμογής ή ακόμα και αλλαγής θεραπευτικής στρατηγικής σε περίπτωση μη αναμενόμενης ανταπόκρισης.(Lo Gullo κ.ά., 2024)

Ωστόσο, η πρακτική εφαρμογή αυτών των προηγμένων τεχνικών συναντά σημαντικά εμπόδια. Η έλλειψη τυποποίησης στα πρωτόκολλα MRI, η διαφοροποίηση στις μεθόδους εξαγωγής ραδιομικών χαρακτηριστικών, καθώς και η περιορισμένη διαθεσιμότητα προοπτικών, πολυκεντρικών δεδομένων, περιορίζουν την καθολική υιοθέτηση των μοντέλων. Επιπλέον, η αδιαφάνεια πολλών deep learning αλγορίθμων λειτουργεί ανασταλτικά για την αποδοχή τους από την ευρύτερη ιατρική κοινότητα. Η ανάπτυξη εξηγήσιμων και διαφανών συστημάτων AI είναι επομένως απαραίτητη, προκειμένου να ενισχυθεί η εμπιστοσύνη και η αξιοπιστία αυτών των εργαλείων.

Συνοψίζοντας, ο συνδυασμός τεχνητής νοημοσύνης και πολυπαραμετρικής MRI προσφέρει έναν νέο ορίζοντα στην εκτίμηση της ανταπόκρισης στη νεοεπικουρική θεραπεία. Αν και απαιτείται περαιτέρω έρευνα και εναρμόνιση τεχνικών και κλινικών πρακτικών, οι δυνατότητες αυτών των τεχνολογιών είναι σημαντικές, με άμεση προοπτική εφαρμογής σε ένα πιο ακριβές, αποτελεσματικό και προσωποποιημένο μοντέλο φροντίδας για τις ασθενείς με καρκίνο του μαστού.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
13/09/2026 18:51:02 EEST - 216.73.216.14

5.Προκλήσεις και Προοπτικές της Τεχνητής Νοημοσύνης στην Απεικονιστική Ιατρική: Δεοντολογικά Ζητήματα, Ανθεκτικότητα Αλγορίθμων και Εκπαίδευση Ιατρών

Η ενσωμάτωση της Τεχνητής Νοημοσύνης (ΤΝ) στην απεικονιστική ιατρική δημιουργεί σημαντικές ευκαιρίες για βελτίωση της διαγνωστικής ακρίβειας και αποτελεσματικότερη διαχείριση των δεδομένων υγείας. Ωστόσο, ανακύπτουν πολυδιάστατες προκλήσεις, κυρίως στον τομέα της δεοντολογίας, της αξιοπιστίας των αλγορίθμων και της επαρκούς εκπαίδευσης των επαγγελματιών υγείας.

1. Δεοντολογικά και Νομικά Ζητήματα

Η συστηματική επεξεργασία μεγάλου όγκου προσωπικών δεδομένων υγείας από συστήματα ΤΝ εγείρει σοβαρές ανησυχίες για την ιδιωτικότητα. Ενώ η συλλογή προσωπικών δεδομένων δεν αποτελεί αποκλειστικότητα της ΤΝ, η αυξημένη ανάγκη των συστημάτων μάθησης για συνεχή τροφοδότηση με νέα δεδομένα καθιστά τη διαχείρισή τους κρίσιμη. Στην εποχή των κοινωνικών δικτύων και της ασαφούς διάκρισης δημόσιας-ιδιωτικής σφαίρας, τα δεδομένα υγείας, που κατατάσσονται στα πλέον ευαίσθητα, καθίστανται ιδιαίτερα ευάλωτα. (*Privacy in an AI Era*)

Οι πιθανές καταχρήσεις περιλαμβάνουν απόπειρες εκβιασμού, αξιοποίηση βιομετρικών δεδομένων από ασφαλιστικές εταιρείες και χειραγώγηση προτιμήσεων θεραπείας. Επιπλέον, η αδυναμία πλήρους ανωνυμοποίησης, λόγω της δυναμικής επαναταυτοποίησης μέσω αλγορίθμων, εντείνει τους κινδύνους. Παρά το θεσμικό πλαίσιο του GDPR, η αποτελεσματική προστασία απαιτεί και τεχνικές λύσεις. Η ίδια η ΤΝ μπορεί να χρησιμοποιηθεί προληπτικά για την προστασία δεδομένων, θέτοντας τα θεμέλια για έναν "ψηφιακό ανταγωνισμό" μεταξύ επιθετικών και αμυντικών αλγορίθμων. Το πρόβλημα της διαφύλαξης της ιδιωτικότητας συνεπώς δεν είναι μόνο νομικό ή ηθικό αλλά και τεχνικό, απαιτώντας συνδυαστική αντιμετώπιση. (Murdoch, 2021).

2. Ανθεκτικότητα και Επικύρωση Αλγορίθμων

Η αξιοπιστία της ΤΝ εξαρτάται από την ανθεκτικότητα των αλγορίθμων, δηλαδή την ικανότητα να ανταποκρίνονται σε ποικίλες συνθήκες και να αποτρέπουν λανθασμένες ή επικίνδυνες αποφάσεις. Η ανθεκτικότητα σχετίζεται με την αντίσταση σε κακόβουλες παρεμβάσεις, τη σταθερότητα απόδοσης και την προσαρμοστικότητα σε μεταβαλλόμενα περιβάλλοντα. Η ΤΝ οφείλει να γενικεύει τις ερμηνείες της, αποφεύγοντας τη "υπερπροσαρμογή" (overfitting), που περιορίζει την ικανότητά της να ανταποκριθεί σε νέα δεδομένα. (*Ensuring AI Safety and Robustness*,)

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
13/09/2026 18:51:02 EEST - 216.73.216.14

Παράλληλα, προκύπτει ένα κρίσιμο δίλημμα μεταξύ ανθεκτικότητας και ακρίβειας. Η ενίσχυση της πρώτης μπορεί να μειώσει την ικανότητα λεπτομερούς αναγνώρισης, κάτι ιδιαίτερα κρίσιμο στην απεικονιστική διάγνωση. Η επικύρωση των συστημάτων ΤΝ είναι επομένως απαραίτητη και πραγματοποιείται σε τρία επίπεδα: α) στο εργαστήριο, β) με δοκιμή στον πραγματικό κόσμο, και γ) μέσω αξιολόγησης της ενσωμάτωσης των εργαλείων ΤΝ στις κατευθυντήριες οδηγίες της ιατρικής πράξης. (Domalpally & Channa, 2021)

3. Εκπαίδευση και Υιοθέτηση της ΤΝ από Ιατρικούς Επαγγελματίες

Η επιτυχής ενσωμάτωση της ΤΝ στην κλινική πράξη εξαρτάται από την εκπαίδευση των επαγγελματιών υγείας. Ο όρος "εγγραματοσύνη ως προς την ΤΝ" (AI literacy) περιγράφει την ανάγκη απόκτησης βασικών γνώσεων επί των λειτουργιών, των δυνατοτήτων και των περιορισμών της ΤΝ. Η εκπαίδευση αυτή θα πρέπει να ξεκινά από το προπτυχιακό επίπεδο και να επεκτείνεται σε δια βίου μάθηση. (Ong . 2024)

Η εμπλοκή των ιατρών διακρίνεται σε τρία επίπεδα: α) των "καταναλωτών" που χρησιμοποιούν εφαρμογές ΤΝ στην πράξη, β) των "μεταφραστών" που διαμεσολαβούν μεταξύ τεχνολογίας και κλινικής πράξης, και γ) των τεχνικών ειδημόνων που συμμετέχουν στην ανάπτυξη της ΤΝ. Καθένα από αυτά τα επίπεδα απαιτεί διαφορετικό βαθμό γνώσης, αλλά όλα απαιτούν ηθική ευαισθησία ως προς τα ειδικά ζητήματα της ΤΝ. (Ng., 2023)

Ωστόσο, επισημαίνεται και ο κίνδυνος της "αποδεξιοποίησης" (de-skilling), δηλαδή της εξασθένισης των κλασικών κλινικών δεξιοτήτων λόγω υπερβολικής εξάρτησης από την ΤΝ. Ο κίνδυνος αυτός ενισχύεται από τη μετάθεση της εστίασης από την ανθρώπινη εμπειρία σε αλγοριθμικά μοντέλα. Επομένως, η τεχνική εκπαίδευση θα πρέπει να συνοδεύεται από ενίσχυση της ανθρωπιστικής παιδείας. (Ng., 2023)

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
13/09/2026 18:51:02 EEST - 216.73.216.14

6. Συζήτηση-Συμπεράσματα

Η σύγχρονη απεικονιστική ιατρική στον τομέα της απεικόνισης του μαστού ενσωματώνει τρεις βασικές μεθόδους — την τομοσύνθεση, τον υπέρηχο και τη μαγνητική τομογραφία — καθεμία εκ των οποίων φέρει ιδιαίτερα πλεονεκτήματα αλλά και λειτουργικούς ή τεχνικούς περιορισμούς. Η Τεχνητή Νοημοσύνη έρχεται να ενισχύσει και να αναδιαμορφώσει τις δυνατότητές τους, ωστόσο η πλήρης ένταξή της εξακολουθεί να συνοδεύεται από προκλήσεις.

Η **τομοσύνθεση μαστού (DBT)** έχει αναδειχθεί ως τεχνολογικά εξελιγμένη μορφή της μαστογραφίας, με σημαντικά πλεονεκτήματα ως προς την τρισδιάστατη απεικόνιση, τη μείωση των ψευδώς θετικών και τη μεγαλύτερη διαγνωστική ακρίβεια, ιδιαίτερα σε πυκνούς μαστούς. Ωστόσο, η αυξημένη ακτινοβολία, το υψηλό κόστος εξοπλισμού και η ανάγκη για εξειδικευμένη ερμηνεία αποτελούν ανασταλτικούς παράγοντες. Σε αυτό το πλαίσιο, η ΤΝ δύναται να λειτουργήσει ως υποστηρικτικός μηχανισμός ενίσχυσης της ερμηνείας, συμβάλλοντας στη μείωση της ακτινοβολίας μέσω βελτιστοποίησης εικόνων και στην αυτοματοποιημένη ανάλυση ευρημάτων. Μελλοντικά, η επιτυχής ενσωμάτωσή της απαιτεί τη δημιουργία μεγάλων και ετερογενών συνόλων δεδομένων για εκπαίδευση και επικύρωση των αλγορίθμων.

Ο **υπέρηχος** προσφέρει μη ιονίζουσα, χαμηλού κόστους απεικόνιση, κατάλληλη για νεαρές γυναίκες και πυκνούς μαστούς. Παρά τη χρηστικότητα του, περιορίζεται από την υψηλή υποκειμενικότητα στη χειροκίνητη εφαρμογή και τη μειωμένη ικανότητα ανίχνευσης μικροασβεστώσεων. Η ΤΝ έχει τη δυνατότητα να εξισορροπήσει την υποκειμενικότητα με αυτοματοποιημένη διάγνωση, ενισχύοντας την ακρίβεια και την ειδικότητα. Η πρόκληση που παραμένει είναι η αξιόπιστη ενσωμάτωσή της στη ρουτίνα των εξετάσεων χωρίς να αυξάνεται ο αριθμός των ψευδώς θετικών αποτελεσμάτων.

Η **μαγνητική τομογραφία μαστού (MRI)** αποτελεί τη μέθοδο με τη μεγαλύτερη ευαισθησία, ιδανική για γυναίκες υψηλού κινδύνου ή για την παρακολούθηση απόκρισης στη θεραπεία. Παρόλα αυτά, ο υψηλός οικονομικός και χρονικός της «κόπος», η ανάγκη για σκιαγραφικά μέσα και η πιθανότητα υπερδιάγνωσης περιορίζουν την ευρεία χρήση της. Η ΤΝ προτείνεται ως μηχανισμός ανάλυσης πολυπαραμετρικών δεδομένων από MRI, βελτιώνοντας την ακρίβεια και επιτρέποντας, ενδεχομένως, τη χρήση εναλλακτικών χαρτογραφήσεων χωρίς σκιαγραφικό. Οι μελλοντικές προκλήσεις περιλαμβάνουν τη μείωση του κόστους, την ανάπτυξη ταχύτερων πρωτοκόλλων και την εναρμόνιση της τεχνικής σε διεθνές επίπεδο.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
13/09/2026 18:51:02 EEST - 216.73.216.14

Η **τεχνητή νοημοσύνη**, ως διατομεακή τεχνολογία, διαμορφώνει πλέον το μέλλον των απεικονιστικών μεθόδων όχι μόνο ως διαγνωστικό εργαλείο αλλά και ως μηχανισμός προτυποποίησης, επικύρωσης και λήψης αποφάσεων.

Η ενσωμάτωση της ΤΝ στην απεικόνιση του μαστού έχει ήδη αρχίσει να μεταμορφώνει την κλινική πράξη, επιτρέποντας ακριβέστερη, ταχύτερη και περισσότερο τυποποιημένη αξιολόγηση των απεικονιστικών ευρημάτων. Όπως προκύπτει από την ανασκόπηση των εφαρμογών της AI στην ψηφιακή τομοσύνθεση (DBT), το υπερηχογράφημα και τη μαγνητική τομογραφία (MRI), οι τεχνολογίες αυτές παρέχουν πολύτιμα διαγνωστικά και προγνωστικά εργαλεία, ειδικά σε περιβάλλοντα υψηλής διαγνωστικής δυσκολίας, όπως είναι οι πυκνοί μαστοί.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η ικανότητα των συστημάτων AI να επιτυγχάνουν ή και να ξεπερνούν την ακρίβεια έμπειρων ακτινολόγων, όπως διαπιστώνεται από σύγχρονες κλινικές μελέτες. Μέσω της αυτοματοποιημένης τμηματοποίησης και ταξινόμησης των αλλοιώσεων, η AI συμβάλλει στη μείωση των ψευδώς θετικών και αρνητικών αποτελεσμάτων, στοιχείο κρίσιμο για την αποφυγή περιττών βιοψιών ή καθυστερημένων διαγνώσεων. Η εφαρμογή της βαθιάς μάθησης, ειδικά των συνελικτικών νευρωνικών δικτύων (CNNs), επιτρέπει την ανάλυση λεπτών μοτίβων και χαρακτηριστικών που δεν είναι αντιληπτά με την ανθρώπινη όραση, ενισχύοντας τη διαγνωστική ακρίβεια.

Παρά τα εντυπωσιακά αποτελέσματα, η χρήση της AI στην απεικονιστική ιατρική συνοδεύεται από προκλήσεις. Μεταξύ αυτών, η ανάγκη για επαρκή εκπαίδευση των επαγγελματιών υγείας στη χρήση και ερμηνεία των συστημάτων, η διαφάνεια και εξηγήσιμη λειτουργία των αλγορίθμων, και η προστασία των προσωπικών δεδομένων των ασθενών. Η αξιοπιστία των συστημάτων AI εξαρτάται επίσης από την ποιότητα και την ποικιλομορφία των δεδομένων εκπαίδευσης, γεγονός που δημιουργεί την ανάγκη για μεγάλα και αντιπροσωπευτικά σύνολα δεδομένων.

Ένα ακόμη κρίσιμο σημείο αφορά την ηθική διάσταση της τεχνολογίας: η AI δεν πρέπει να αντικαθιστά τον γιατρό αλλά να λειτουργεί ως υποστηρικτικό εργαλείο, ενισχύοντας την ανθρώπινη κρίση και τη λήψη αποφάσεων. Η διατήρηση της εμπιστοσύνης του ασθενούς και η ενίσχυση της σχέσης ιατρού-ασθενούς παραμένουν θεμελιώδη στοιχεία μιας ανθρωποκεντρικής ιατρικής πρακτικής.

Συνολικά, η κάθε μέθοδος συνεισφέρει με μοναδικό τρόπο στη διαγνωστική προσέγγιση του μαστού. Ο συνδυασμός τους, πλαισιωμένος από τις δυνατότητες της ΤΝ, διαμορφώνει μια

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
13/09/2026 18:51:02 EEST - 216.73.216.14

νέα εποχή στην ιατρική απεικόνιση, υπό την προϋπόθεση ότι θα ξεπεραστούν οι υπάρχοντες τεχνικοί, ηθικοί και εκπαιδευτικοί φραγμοί.

Συμπεράσματα

Η τεχνητή νοημοσύνη αποτελεί ένα ισχυρό εργαλείο στην απεικόνιση του μαστού, βελτιώνοντας την ακρίβεια, την ταχύτητα και την αξιοπιστία της διάγνωσης, ενώ παράλληλα μειώνει τον φόρτο εργασίας των ακτινολόγων. Η εφαρμογή της στην τομοσύνθεση, το υπερηχογράφημα και τη μαγνητική τομογραφία ενισχύει τη διαγνωστική διαδικασία και προωθεί την τυποποίηση των αποτελεσμάτων. Ωστόσο, η αποτελεσματική ενσωμάτωσή της απαιτεί θεσμικό πλαίσιο, διαλειτουργικά πρότυπα και εκπαίδευση των επαγγελματιών υγείας. Το μέλλον της απεικονιστικής ιατρικής προσανατολίζεται προς την εξατομικευμένη προσέγγιση, με την AI να συνδυάζει πολλαπλά δεδομένα για πιο στοχευμένη πρόγνωση και θεραπεία, συμβάλλοντας σε μια πιο ακριβή και ανθρωποκεντρική φροντίδα.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
13/09/2026 18:51:02 EEST - 216.73.216.14

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Abd Elkhalek, Y. I., Bassiouny, A. M., & Hamid, R. W. A. R. A. (2019). Automated breast ultrasound system (ABUS): Can it replace mammography as a screening tool? *Egyptian Journal of Radiology and Nuclear Medicine*, *50*(1), 51. https://doi.org/10.1186/s43055-019-0051-6
2. *AI and Privacy: Safeguarding Data in the Age of Artificial Intelligence | DigitalOcean*. (χ.χ.). Ανακτήθηκε 3 Ιούνιος 2025, από https://www.digitalocean.com/resources/articles/ai-and-privacy
3. AI in Healthcare Data Security: Protecting Patient Information in the Digital Age. (χ.χ.). *TechAhead*. Ανακτήθηκε 3 Ιούνιος 2025, από https://www.techaheadcorp.com/blog/ai-in-healthcare-data-security-protecting-patient-information-in-the-digital-age/
4. Al-Hamadani, M. N. A., Fadhel, M. A., Alzubaidi, L., & Balazs, H. (2024). Reinforcement Learning Algorithms and Applications in Healthcare and Robotics: A Comprehensive and Systematic Review. *Sensors (Basel, Switzerland)*, *24*(8), 2461. https://doi.org/10.3390/s24082461
5. Al-Karawi, D., Al-Zaidi, S., Helael, K. A., Obeidat, N., Mouhsen, A. M., Ajam, T., Alshalabi, B. A., Salman, M., & Ahmed, M. H. (2024). A Review of Artificial Intelligence in Breast Imaging. *Tomography*, *10*(5), Article 5. https://doi.org/10.3390/tomography10050055
6. Amisha, Malik, P., Pathania, M., & Rathaur, V. K. (2019). Overview of artificial intelligence in medicine. *Journal of Family Medicine and Primary Care*, *8*(7), 2328–2331. https://doi.org/10.4103/jfmpc.jfmpc_440_19
7. Amornsiripanitch, N., Bickelhaupt, S., Shin, H. J., Dang, M., Rahbar, H., Pinker, K., & Partridge, S. C. (2019). Diffusion-weighted MRI for Unenhanced Breast Cancer Screening. *Radiology*, *293*(3), 504–520. https://doi.org/10.1148/radiol.2019182789
8. Andreea, G. I., Pegza, R., Lascu, L., Bondari, S., Stoica, Z., & Bondari, A. (2011). *The Role of Imaging Techniques in Diagnosis of Breast Cancer*. *37*(2).
9. Avanzo, M., Stancanello, J., Pirrone, G., Drigo, A., & Retico, A. (2024). The Evolution of Artificial Intelligence in Medical Imaging: From Computer Science to Machine and Deep Learning. *Cancers*, *16*(21), 3702. https://doi.org/10.3390/cancers16213702

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
13/09/2026 18:51:02 EEST - 216.73.216.14

10. Bakker, M. F., de Lange, S. V., Pijnappel, R. M., Mann, R. M., Peeters, P. H. M., Monninkhof, E. M., Emaus, M. J., Loo, C. E., Bisschops, R. H. C., Lobbes, M. B. I., de Jong, M. D. F., Duvivier, K. M., Veltman, J., Karssemeijer, N., de Koning, H. J., van Diest, P. J., Mali, W. P. T. M., van den Bosch, M. A. A. J., Veldhuis, W. B., … DENSE Trial Study Group. (2019). Supplemental MRI Screening for Women with Extremely Dense Breast Tissue. *The New England Journal of Medicine*, *381*(22), 2091–2102. https://doi.org/10.1056/NEJMoa1903986
11. Bellini, V., Cascella, M., Cutugno, F., Russo, M., Lanza, R., Compagnone, C., & Bignami, E. (2022). Understanding basic principles of artificial intelligence: A practical guide for intensivists. *Acta Bio Medica : Atenei Parmensis*, *93*(5), e2022297. https://doi.org/10.23750/abm.v93i5.13626
12. Brunetti, N., Calabrese, M., Martinoli, C., & Tagliafico, A. S. (2022). Artificial Intelligence in Breast Ultrasound: From Diagnosis to Prognosis—A Rapid Review. *Diagnostics*, *13*(1), 58. https://doi.org/10.3390/diagnostics13010058
13. Çelebi, F., Tuncer, O., Oral, M., Duymaz, T., Orhan, T., & Ertaş, G. (χ.χ.). Artificial Intelligence in Diagnostic Breast Ultrasound: A Comparative Analysis of Decision Support Among Radiologists With Various Levels of Expertise. *European Journal of Breast Health*, *21*(1), 33–39. https://doi.org/10.4274/ejbh.galenos.2024.2024-9-7
14. Chan, H.-P., Wei, J., Zhang, Y., Helvie, M. A., Moore, R. H., Sahiner, B., Hadjiiski, L., & Kopans, D. B. (2008). Computer-aided detection of masses in digital tomosynthesis mammography: Comparison of three approaches. *Medical Physics*, *35*(9), 4087–4095. https://doi.org/10.1118/1.2968098
15. Cheng, H. D., Shan, J., Ju, W., Guo, Y., & Zhang, L. (2010). Automated breast cancer detection and classification using ultrasound images: A survey. *Pattern Recognition*, *43*(1), 299–317. https://doi.org/10.1016/j.patcog.2009.05.012
16. Conant, E. F., Barlow, W. E., Herschorn, S. D., Weaver, D. L., Beaber, E. F., Tosteson, A. N. A., Haas, J. S., Lowry, K. P., Stout, N. K., Trentham-Dietz, A., diFlorio-Alexander, R. M., Li, C. I., Schnall, M. D., Onega, T., Sprague, B. L., & Consortium, for the P. R. O. S. T. P. R. (PROSPR). (2019). Association of Digital Breast Tomosynthesis vs Digital Mammography With Cancer Detection and Recall Rates by Age and Breast Density. *JAMA Oncology*, *5*(5), 635–642. https://doi.org/10.1001/jamaoncol.2018.7078
17. *Deep Learning*. (χ.χ.). Ανακτήθηκε 15 Σεπτέμβριος 2024, από https://www.deeplearningbook.org/

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
13/09/2026 18:51:02 EEST - 216.73.216.14

18. *Digital Breast Tomosynthesis—An overview | ScienceDirect Topics*. (χ.χ.). Ανακτήθηκε 3 Μάρτιος 2025, από https://www.sciencedirect.com/topics/medicine-and-dentistry/digital-breast-tomosynthesis
19. *Digital Mammography versus Breast Tomosynthesis: Impact of Breast Density on Diagnostic Performance in Population-based Screening—PubMed*. (χ.χ.). Ανακτήθηκε 30 Ιανουάριος 2025, από https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31407968/
20. Domalpally, A., & Channa, R. (2021). Real-world validation of artificial intelligence algorithms for ophthalmic imaging. *The Lancet Digital Health*, *3*(8), e463–e464. https://doi.org/10.1016/S2589-7500(21)00140-0
21. Dromain, C., Boyer, B., Ferré, R., Canale, S., Delaloge, S., & Balleyguier, C. (2013). Computed-aided diagnosis (CAD) in the detection of breast cancer. *European Journal of Radiology*, *82*(3), 417–423. https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2012.03.005
22. Eckhardt, C. M., Madjarova, S. J., Williams, R. J., Ollivier, M., Karlsson, J., Pareek, A., & Nwachukwu, B. U. (2023). Unsupervised machine learning methods and emerging applications in healthcare. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy: Official Journal of the ESSKA*, *31*(2), 376–381. https://doi.org/10.1007/s00167-022-07233-7
23. Elhatw, A., Chung, H. L., Kamal, R. M., De Jesus, C., Jean, S., Vishwanath, V., Ferreira Dalla Pria, H. R., Patel, M. M., Guirguis, M. S., & Moseley, T. W. (2023). Advanced Breast Imaging Modalities—DBT, CEM, MBI, PEM, MRI, AI. *Current Breast Cancer Reports*, *15*(2), 108–113. https://doi.org/10.1007/s12609-023-00483-5
24. *Ensuring AI Safety and Robustness: Essential Practices and Principles*. (χ.χ.). Ανακτήθηκε 3 Ιούνιος 2025, από https://www.nemko.com/blog/ai-safety-and-robustness
25. Fiorica, J. V. (2016). Breast Cancer Screening, Mammography, and Other Modalities. *Clinical Obstetrics and Gynecology*, *59*(4), 688. https://doi.org/10.1097/GRF.0000000000000246
26. *Fostering Robust AI: Understanding Its Importance and Navigating the EU Artificial Intelligence Act | CertX*. (χ.χ.). Ανακτήθηκε 13 Ιούνιος 2025, από https://certx.com/ai/fostering-robust-ai-understanding-its-importance-and-navigating-the-eu-artificial-intelligence-act/
27. Goldberg, J. E., Reig, B., Lewin, A. A., Gao, Y., Heacock, L., Heller, S. L., & Moy, L. (2023). New Horizons: Artificial Intelligence for Digital Breast Tomosynthesis. *RadioGraphics*, *43*(1), e220060. https://doi.org/10.1148/rg.220060

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
13/09/2026 18:51:02 EEST - 216.73.216.14

28. Jalalian, A., Mashohor, S. B. T., Mahmud, H. R., Saripan, M. I. B., Ramli, A. R. B., & Karasfi, B. (2013). Computer-aided detection/diagnosis of breast cancer in mammography and ultrasound: A review. *Clinical Imaging*, *37*(3), 420–426. https://doi.org/10.1016/j.clinimag.2012.09.024
29. Jannatdoust, P., Valizadeh, P., Saeedi, N., Valizadeh, G., Salari, H. M., Saligheh Rad, H., & Gity, M. (2025). Computer-Aided Detection (CADe) and Segmentation Methods for Breast Cancer Using Magnetic Resonance Imaging (MRI). *Journal of Magnetic Resonance Imaging: JMRI*. https://doi.org/10.1002/jmri.29687
30. Kataoka, M. (2023). MRI for Breast Cancer Screening: Technical Consideration. Στο M. Toi (Επιμ.), *Screening and Risk Reduction Strategies for Breast Cancer: Imaging Modality and Risk-Reduction Approaches* (σσ. 85–95). Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-981-19-7630-8_6
31. Katzen, J., & Dodelzon, K. (2018). A review of computer aided detection in mammography. *Clinical Imaging*, *52*, 305–309. https://doi.org/10.1016/j.clinimag.2018.08.014
32. Lambin, P., Rios-Velazquez, E., Leijenaar, R., Carvalho, S., van Stiphout, R. G. P. M., Granton, P., Zegers, C. M. L., Gillies, R., Boellard, R., Dekker, A., & Aerts, H. J. W. L. (2012). Radiomics: Extracting more information from medical images using advanced feature analysis. *European Journal of Cancer (Oxford, England: 1990)*, *48*(4), 441–446. https://doi.org/10.1016/j.ejca.2011.11.036
33. Lo Gullo, R., Marcus, E., Huayanay, J., Eskreis-Winkler, S., Thakur, S., Teuwen, J., & Pinker, K. (2024). Artificial Intelligence-Enhanced Breast MRI: Applications in Breast Cancer Primary Treatment Response Assessment and Prediction. *Investigative Radiology*, *59*(3), 230–242. https://doi.org/10.1097/RLI.0000000000001010
34. Martel, A. L. (2020). CAD and Machine Learning for Breast MRI. Στο F. Sardanelli & F. Podo (Επιμ.), *Breast MRI for High-risk Screening* (σσ. 97–111). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-41207-4_7
35. McKinney, S. M., Sieniek, M., Godbole, V., Godwin, J., Antropova, N., Ashrafian, H., Back, T., Chesus, M., Corrado, G. S., Darzi, A., Etemadi, M., Garcia-Vicente, F., Gilbert, F. J., Halling-Brown, M., Hassabis, D., Jansen, S., Karthikesalingam, A., Kelly, C. J., King, D., … Shetty, S. (2020). International evaluation of an AI system for breast cancer screening. *Nature*, *577*(7788), 89–94. https://doi.org/10.1038/s41586-019-1799-6

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
13/09/2026 18:51:02 EEST - 216.73.216.14

36. Morrow, M., Waters, J., & Morris, E. (2011). MRI for breast cancer screening, diagnosis, and treatment. *Lancet (London, England)*, *378*(9805), 1804–1811. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(11)61350-0
37. Murdoch, B. (2021). Privacy and artificial intelligence: Challenges for protecting health information in a new era. *BMC Medical Ethics*, *22*(1), 122. https://doi.org/10.1186/s12910-021-00687-3
38. Ng, F. Y. C., Thirunavukarasu, A. J., Cheng, H., Tan, T. F., Gutierrez, L., Lan, Y., Ong, J. C. L., Chong, Y. S., Ngiam, K. Y., Ho, D., Wong, T. Y., Kwek, K., Doshi-Velez, F., Lucey, C., Coffman, T., & Ting, D. S. W. (2023). Artificial intelligence education: An evidence-based medicine approach for consumers, translators, and developers. *Cell Reports. Medicine*, *4*(10), 101230. https://doi.org/10.1016/j.xcrm.2023.101230
39. Nielsen, M. A. (2015). *Neural Networks and Deep Learning*. http://neuralnetworksanddeeplearning.com
40. O'Connell, A. M., Bartolotta, T. V., Orlando, A., Jung, S.-H., Baek, J., & Parker, K. J. (2022). Diagnostic Performance of an Artificial Intelligence System in Breast Ultrasound. *Journal of Ultrasound in Medicine: Official Journal of the American Institute of Ultrasound in Medicine*, *41*(1), 97–105. https://doi.org/10.1002/jum.15684
41. Ong, J. C. L., Seng, B. J. J., Law, J. Z. F., Low, L. L., Kwa, A. L. H., Giacomini, K. M., & Ting, D. S. W. (2024). Artificial intelligence, ChatGPT, and other large language models for social determinants of health: Current state and future directions. *Cell Reports. Medicine*, *5*(1), 101356. https://doi.org/10.1016/j.xcrm.2023.101356
42. Ono, S., & Goto, T. (2022). Introduction to supervised machine learning in clinical epidemiology. *Annals of Clinical Epidemiology*, *4*(3), 63–71. https://doi.org/10.37737/ace.22009
43. Ozturk, A., Grajo, J. R., Dhyani, M., Anthony, B. W., & Samir, A. E. (2018). PRINCIPLES OF ULTRASOUND ELASTOGRAPHY. *Abdominal radiology (New York)*, *43*(4), 773–785. https://doi.org/10.1007/s00261-018-1475-6
44. *(PDF) Systematic Literature Review of Validation Methods for AI Systems*. (χ.χ.). ResearchGate. https://doi.org/10.48550/arXiv.2107.12190
45. *Privacy in an AI Era: How Do We Protect Our Personal Information? | Stanford HAI*. (χ.χ.). Ανακτήθηκε 3 Ιούνιος 2025, από https://hai.stanford.edu/news/privacy-ai-era-how-do-we-protect-our-personal-information

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
13/09/2026 18:51:02 EEST - 216.73.216.14

46. Reig, B., Heacock, L., Geras, K. J., & Moy, L. (2020). Machine Learning in Breast MRI. *Journal of magnetic resonance imaging : JMRI*, *52*(4), 998–1018. https://doi.org/10.1002/jmri.26852
47. Sahiner, B., Pezeshk, A., Hadjiiski, L. M., Wang, X., Drukker, K., Cha, K. H., Summers, R. M., & Giger, M. L. (2019). Deep learning in medical imaging and radiation therapy. *Medical Physics*, *46*(1), e1–e36. https://doi.org/10.1002/mp.13264
48. *Screening Breast MRI Primer: Indications, Current Protocols, and Emerging Techniques | Journal of Breast Imaging | Oxford Academic*. (χ.χ.). Ανακτήθηκε 16 Μάρτιος 2025, από https://academic.oup.com/jbi/article/3/3/387/6208897?login=true
49. Sechopoulos, I. (2013). A review of breast tomosynthesis. Part I. The image acquisition process. *Medical Physics*, *40*(1), 014301. https://doi.org/10.1118/1.4770279
50. Sehgal, C. M., Weinstein, S. P., Arger, P. H., & Conant, E. F. (2006). A review of breast ultrasound. *Journal of Mammary Gland Biology and Neoplasia*, *11*(2), 113–123. https://doi.org/10.1007/s10911-006-9018-0
51. Sheth, D., & Giger, M. L. (2020). Artificial intelligence in the interpretation of breast cancer on MRI. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, *51*(5), 1310–1324. https://doi.org/10.1002/jmri.26878
52. Smith, A. P., Hall, P. A., & Marcello, D. M. (χ.χ.). *Emerging Technologies in Breast Cancer Detection*.
53. Taylor, C. R., Monga, N., Johnson, C., Hawley, J. R., & Patel, M. (2023). Artificial Intelligence Applications in Breast Imaging: Current Status and Future Directions. *Diagnostics (Basel, Switzerland)*, *13*(12), 2041. https://doi.org/10.3390/diagnostics13122041
54. Tsarouchi, M., Hoxhaj, A., Portaluri, A., Sung, J., Sechopoulos, I., Pinker-Domenig, K., & Mann, R. M. (2025). Breast cancer staging with contrast-enhanced imaging. The benefits and drawbacks of MRI, CEM, and dedicated breast CT. *European Journal of Radiology*, *185*, 112013. https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2025.112013
55. Uchikov, P., Khalid, U., Dedaj-Salad, G. H., Ghale, D., Rajadurai, H., Kraeva, M., Kraev, K., Hristov, B., Doykov, M., Mitova, V., Bozhkova, M., Markov, S., & Stanchev, P. (2024). Artificial Intelligence in Breast Cancer Diagnosis and Treatment: Advances in Imaging, Pathology, and Personalized Care. *Life (Basel, Switzerland)*, *14*(11), 1451. https://doi.org/10.3390/life14111451

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
13/09/2026 18:51:02 EEST - 216.73.216.14

56. Villa-Camacho, J. C., Baikpour, M., & Chou, S.-H. S. (2023). Artificial Intelligence for Breast US. *Journal of Breast Imaging*, *5*(1), 11–20. https://doi.org/10.1093/jbi/wbac077
57. Vourtsis, A., & Berg, W. A. (2019). Breast Density Implications and Supplemental Screening. *European radiology*, *29*(4), 1762–1777. https://doi.org/10.1007/s00330-018-5668-8
58. *What Is AI in Healthcare: Definition & Types of AI in the Medical Field*. (χ.χ.). Ανακτήθηκε 13 Ιούνιος 2025, από https://www.keragon.com/blog/ai-in-healthcare
59. Yang, W. T. (2011). Emerging Techniques and Molecular Imaging in Breast Cancer. *Seminars in Ultrasound, CT and MRI*, *32*(4), 288–299. https://doi.org/10.1053/j.sult.2011.03.003
60. Zuckerman, S. P., Conant, E. F., Keller, B. M., Maidment, A. D. A., Barufaldi, B., Weinstein, S. P., Synnestvedt, M., & McDonald, E. S. (2016). Implementation of Synthesized Two-dimensional Mammography in a Population-based Digital Breast Tomosynthesis Screening Program. *Radiology*, *281*(3), 730–736. https://doi.org/10.1148/radiol.2016160366

61. Lehman, C. D., Wellman, R. D., Buist, D. S., Kerlikowske, K., Tosteson, A. N., & Miglioretti, D. L. (2022). Diagnostic accuracy of digital screening mammography with and without computer-aided detection. *JAMA Internal Medicine*.

62. Mackenzie, A., et al. (2020). Artificial Intelligence for Radiographic Breast Cancer Detection: A Review. *Clinical Breast Cancer*.

63. Ribli, D., et al. (2018). Detecting and classifying lesions in mammograms with deep learning. *Scientific Reports*.

64. Rodriguez-Ruiz, A., et al. (2019). Stand-alone artificial intelligence for breast cancer detection in mammography: comparison with 101 radiologists. *Journal of the National Cancer Institute*.

65. Sechopoulos, I., et al. (2021). Artificial intelligence in breast cancer imaging: a workshop report. *European Radiology*.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
13/09/2026 18:51:02 EEST - 216.73.216.14

66. Selvaraju, R. R., et al. (2017). Grad-CAM: Visual Explanations from Deep Networks via Gradient-based Localization. *International Journal of Computer Vision*.

67. Shen, L., et al. (2019). Deep Learning to Improve Breast Cancer Detection on Screening Mammography. *Scientific Reports*.

68. McKinney, S. M., Sieniek, M., Godbole, V., Godwin, J., Antropova, N., Ashrafian, H., ... & Suleyman, M. (2020). *International evaluation of an AI system for breast cancer screening*. Nature, 577(7788), 89–94. https://doi.org/10.1038/s41586-019-1799-6

69. Yala, A., Lehman, C., & Barzilay, R. (2021). *Towards robust mammography-based models for breast cancer risk*. NPJ Breast Cancer, 7(1), 3. https://doi.org/10.1038/s41523-020-00207-7

70. Sechopoulos, I., Vedantham, S., & Karellas, A. (2017). *Radiation dose considerations in digital tomosynthesis*. Medical Physics, 44(4), e141-e157. https://doi.org/10.1002/mp.12173

71. (Berg et al. 2008)

72. Choi, R., Jeong, W. K., & Ko, E. S. (2020). *Radiomics and deep learning from breast ultrasound and mammography for the prediction of breast cancer subtypes: Preliminary results*. Computers in Biology and Medicine, 126, 104036. https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2020.104036

73. Gillies, R. J., Kinahan, P. E., & Hricak, H. (2016). *Radiomics: Images are more than pictures, they are data*. Radiology, 278(2), 563–577. https://doi.org/10.1148/radiol.2015151169

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
13/09/2026 18:51:02 EEST - 216.73.216.14

74. Granton, P., ... & Dekker, A. (2012). *Radiomics: Extracting more information from medical images using advanced feature analysis*. European Journal of Cancer, 48(4), 441–446. https://doi.org/10.1016/j.ejca.2011.11.036
75. Mann, R. M., Cho, N., & Moy, L. (2019). *Breast MRI: State of the art*. Radiology, 292(3), 520–536. https://doi.org/10.1148/radiol.2019182947

76. Pinker, K., Chin, J., Melsaether, A. N., Morris, E. A., & Moy, L. (2018). *Precision medicine and radiogenomics in breast cancer: New approaches toward diagnosis and treatment*. Radiology, 287(3), 732–747. https://doi.org/10.1148/radiol.2018171342

77. **AI Robustness Horizon Europe Proposals & Evaluation,2023,** international Horizon Europe Cluster 4 **)**

78. *https://deepgram.com/ai-glossary/ai-robustness*.

79. *Systematic literature review of validation methods for AI systems*
80. *Author links open overlay panelLalli Myllyaho, Mikko Raatikainen, Tomi Männistö, Tommi Mikkonen, Jukka K. Nurminen]*

81. Artificial intelligence education:An evidence-based medicine approach for consumers, translators, and developers
82. Faye Yu Ci Ng, 1,2,18 Arun James Thirunavukarasu, 1,3,4,18 Haoran Cheng, 1,5,16 Ting Fang Tan, 1 Laura Gutierrez, 1
83. Yanyan Lan, 6 Jasmine Chiat Ling Ong, 7 Yap Seng Chong, 2,8 Kee Yuan Ngiam, 2,9 Dean Ho, 9,10,11 Tien Yin Wong,12
84. Kenneth Kwek,13 Finale Doshi-Velez, 14 Catherine Lucey,15 Thomas Coffman, 16 and Daniel Shu Wei Ting 1,16,17,

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
13/09/2026 18:51:02 EEST - 216.73.216.14

85. Artificial intelligence, ChatGPT, and other large language models for social determinants of health: Current state and future directions
86. Jasmine Chiat Ling Ong, 1,2 Benjamin Jun Jie Seng, 3,4 Jeren Zheng Feng Law, 5 Lian Leng Low, 4,6,7,8
87. Andrea Lay Hoon Kwa, 1,2,9 Kathleen M. Giacomini, 10 and Daniel Shu Wei Ting 11,12,13, *

88. https://www.keragon.com/blog/ai-in-healthcare-course

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
13/09/2026 18:51:02 EEST - 216.73.216.14