



ΣΧΟΛΗ ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΜΟΝΑΔΩΝ ΥΓΕΙΑΣ (ΔΜΥ)

Διπλωματική Εργασία

ΤΙΤΛΟΣ

«Η Τεχνητή Νοημοσύνη στην Ογκολογία: Ανασκόπηση των εφαρμογών της, των οφελών στην υγεία και της σχέσης κόστους-αποτελεσματικότητας»

ΟΝΟΜ/ΜΟ ΦΟΙΤΗΤΗ/ΤΡΙΑΣ: ΕΛΕΝΗ ΠΑΠΑΔΑΤΟΥ
ΟΝΟΜ/ΜΟ ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΑ ΚΑΘΗΓΗΤΗ: ΚΟΝΤΟΔΗΜΟΠΟΥΛΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΑΘΗΝΑ, ΜΑΪΟΣ 2026

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του φοιτητή/της φοιτήτριας («συγγραφέας/δημιουργός») που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης ο/η συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο ΕΑΠ, μη αποκλειστική άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, προσαρμογής, δημόσιου δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσής τους διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος και για όλο το χρόνο διάρκειας των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο για μελέτη και ανάγνωση δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του/της συγγραφέα/δημιουργού ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, αποθήκευση, πώληση, εμπορική χρήση, μετάδοση, διανομή, έκδοση, εκτέλεση, «μεταφόρτωση» (downloading), «ανάρτηση» (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του/της συγγραφέα/δημιουργού. Ο/Η συγγραφέας/δημιουργός διατηρεί το σύνολο των ηθικών και περιουσιακών του δικαιωμάτων.



**«Η Τεχνητή Νοημοσύνη στην Ογκολογία: Ανασκόπηση των εφαρμογών της, των
οφελών στην υγεία και της σχέσης κόστους-αποτελεσματικότητας»**

ΕΛΕΝΗ ΠΑΠΑΔΑΤΟΥ

Επιτροπή Επίβλεψης Διπλωματικής Εργασίας

Επιβλέπων Καθηγητής:

Κοντοδημόπουλος Νικόλαος

«Καθηγητής, Χαροκόπειο

Πανεπιστήμιο»

Συνεπιβλέπων Καθηγητής:

Φανουργιάκης Ιωάννης

«Καθηγητής, Ελληνικό

Μεσογειακό Πανεπιστήμιο»

ΑΘΗΝΑ, ΜΑΪΟΣ 2026

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές ευχαριστίες μου στον επιβλέποντα καθηγητή, κύριο Κοντοδημόπουλο Νικόλαο, για την εμπιστοσύνη και τη σταθερή υποστήριξη που μου παρείχε καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας εργασίας. Η επιστημονική του καθοδήγηση, η ακρίβεια στις παρατηρήσεις του και η συνεχής διαθεσιμότητά του συνέβαλαν καθοριστικά στη διαμόρφωση της ερευνητικής μου πορείας.

Η εμπιστοσύνη που έδειξε στις δυνατότητές μου, η προσήλωσή του στην επιστημονική διαδικασία και η συστηματική ανατροφοδότηση που μου παρείχε αποτέλεσαν στοιχεία που ενίσχυσαν ουσιαστικά την ακαδημαϊκή μου σκέψη και εξέλιξη.

Θα ήθελα, επίσης, να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για τη σταθερή στήριξη που μου προσφέρουν σε όλες τις πτυχίες της ζωής μου. Η παρουσία τους αποτελεί για μένα πηγή δύναμης και έμπνευσης.

Περίληψη

Σκοπός: Η ταχεία ενσωμάτωση της Τεχνητής Νοημοσύνης (TN) στην ογκολογία έχει ενισχύσει το ενδιαφέρον για τη μελέτη της οικονομικής της αποδοτικότητας της τεχνικής στις δομές υγείας, ωστόσο τα διαθέσιμα δεδομένα παραμένουν ετερογενή. Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η συστηματική αξιολόγηση των οικονομικών αναλύσεων που εξετάζουν την εφαρμογή TN σε ογκολογικά πλαίσια.

Μεθοδολογία: Πραγματοποιήθηκε συστηματική ανασκόπηση σύμφωνα με τις κατευθυντήριες οδηγίες PRISMA 2020. Η αναζήτηση, επιλογή και αξιολόγηση των μελετών βασίστηκε σε προκαθορισμένα κριτήρια ένταξης και αποκλεισμού. Συνολικά έντεκα μελέτες οικονομικής αξιολόγησης πληρούσαν τα κριτήρια και συμπεριλήφθηκαν στη σύνθεση. Τα δεδομένα συγκρίθηκαν ως προς το είδος της εφαρμογής TN, το οικονομικό μοντέλο, τα κλινικά αποτελέσματα και τους δείκτες κόστους-αποτελεσματικότητας.

Αποτελέσματα: Οι περισσότερες μελέτες απέδειξαν ότι η TN βελτιώνει την κλινική αποτελεσματικότητα, μειώνει καθυστερήσεις διάγνωσης και αυξάνει το προσδόκιμο ζωής. Παράλληλα, στο πλαίσιο των υφιστάμενων συστημάτων τιμολόγησης, οι εφαρμογές TN εμφανίζονται κατά κύριο λόγο οικονομικά αποδοτικές ή και συμφέρουσες έναντι των συμβατικών πρακτικών. Ωστόσο, παρατηρείται σημαντική μεθοδολογική ανομοιογένεια μεταξύ των μελετών.

Συμπεράσματα: Η TN αποτελεί πολλά υποσχόμενη και οικονομικά αποτελεσματική τεχνολογία στην ογκολογία. Παρά τα θετικά ευρήματα, απαιτείται περαιτέρω έρευνα για την αντιμετώπιση ηθικών, τεχνικών και μεθοδολογικών ζητημάτων και για την ενίσχυση της ποιότητας των οικονομικών αξιολογήσεων.

Λέξεις κλειδιά: Συστηματική ανασκόπηση, Οικονομική αξιολόγηση, Τεχνητή Νοημοσύνη, Ογκολογία, Αποτελεσματικότητα

“Artificial Intelligence in Oncology: Reviewing Applications, Healthcare Benefits, and Cost-Effectiveness”

Eleni Papadatou

Abstract

Background: The rapid integration of Artificial Intelligence (AI) into oncology has increased the interest in its economic value, yet existing evidence remains heterogeneous. This study aims to systematically evaluate economic analyses assessing AI applications in oncological settings.

Methods: A systematic review was conducted following PRISMA 2020 guidelines. Study identification, selection, and appraisal were performed using predefined inclusion and exclusion criteria. Eleven economic evaluation studies met eligibility criteria and were included. Data were compared across AI application types, economic modelling approaches, clinical outcomes, and cost-effectiveness metrics.

Results: Most studies reported that AI improves clinical effectiveness, reduces diagnostic delays, and increases life expectancy. Under current pricing and reimbursement frameworks, AI applications were generally cost-effective or cost-saving compared with standard care. Nevertheless, substantial methodological heterogeneity was observed across studies.

Conclusions: AI represents a promising and economically efficient innovation in oncology. Despite encouraging findings, further research is required to address ethical, technical, and methodological challenges and to strengthen the consistency and quality of economic evaluations.

Keywords: Systematic review, Economic evaluation, Artificial Intelligence, Oncology, Cost-Effectiveness

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευχαριστίες	iv
Περίληψη	v
Abstract.....	vi
Ακρωνύμια- Συντομογραφίες	x
Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή	1
1.1 Γενικό πλαίσιο και σημασία θέματος	1
1.2 Σημασία ΑΙ στην υγεία	2
1.3 Εισαγωγή στον καρκίνο	3
1.4 Δομή διπλωματικής	4
Κεφάλαιο 2: Ογκολογία και Τεχνητή Νοημοσύνη.....	6
2.1 Ορισμός Τεχνητής Νοημοσύνης και βασικές έννοιες.....	6
2.2 Εφαρμογές εργαλείων μηχανικής μάθησης και βαθιάς μάθησης στην υγεία.....	6
2.3 Εφαρμογές και οφέλη ΤΝ στον καρκίνο.....	8
2.3.1 Διάγνωση καρκίνου.....	9
2.3.2 Γονιδιακή αλληλούχιση.....	10
2.3.3 Βαθμονόμηση της νόσου και πρόβλεψη πιθανότητας κινδύνου εμφάνισης	10
2.3.4 Εξατομικευμένη θεραπεία και παρακολούθηση θεραπευτικών αποκρίσεων.....	11
2.3.5 Ογκολογία και Αντιπρόσωποι Τεχνητής Νοημοσύνης (AI Agents)	12
2.3.6 Η ΤΝ στην νανοτεχνολογία για τη θεραπεία του καρκίνου	12
2.4 Η κατασκευή ενός αποτελεσματικού εργαλείου τεχνητής νοημοσύνης	13
Κεφάλαιο 3: Μέθοδοι Οικονομικής Αξιολόγησης.....	15
3.1 Η αξία της χρηματοοικονομικής διαχείρισης στην υγεία.....	15
3.2 Μέθοδοι οικονομικής αξιολόγησης	16
3.2.1 Ανάλυση Ελαχιστοποίησης Κόστους.....	16
3.2.2 Ανάλυση Κόστους- Αποτελεσματικότητας	17
3.2.3 Ανάλυση κόστους-χρησιμότητας.....	17
3.2.4 Ανάλυση κόστους-οφέλους	17
3.3 Σημασία οικονομικής αξιολόγησης στον καρκίνο και κοινωνικές ανισότητες	18
Κεφάλαιο 4: Μεθοδολογία	20
4.1 Σκοπός της Μελέτης	20
4.2 Ερευνητική Προσέγγιση	20
4.3 Μέθοδος.....	20
4.4 Στοχοθεσία και Ερευνητικά Ερωτήματα Διπλωματικής.....	27
4.5 Ηθικά Ζητήματα και Δεοντολογία.....	28

Κεφάλαιο 5: Αποτελέσματα	29
5.1 Ομοιότητες μελετών	34
5.2 Διαφορές μελετών.....	36
5.3 Μελέτη Andersen et al.	37
5.4 Συνολικά συμπεράσματα.	38
Κεφάλαιο 6: Συζήτηση	40
Κεφάλαιο 7: Περιορισμοί Μελέτης.....	43
Κεφάλαιο 8: Συμπεράσματα	44
Βιβλιογραφία	46

Πίνακας διαγραμμάτων / πινάκων

Πίνακας 1	Σελ. 23
Διάγραμμα 1	Σελ. 26
Πίνακας 2	Σελ. 31
Πίνακας 3	Σελ. 37

Ακρωνύμια- Συντομογραφίες

ΑΚΡΩΝΥΜΙΟ	ΠΛΗΡΗΣ ΟΡΟΣ
CAD	Συστήματα βοήθειας ανίχνευσης με υπολογιστή (Computer-aided diagnosis)
CADe	Συστήματα ανίχνευσης με βοήθεια υπολογιστή
CADx	Συστήματα διάγνωσης με βοήθεια υπολογιστή
CNN	Νευρωνικό Δίκτυο Συνέλιξης
CT	Αξονικής Τομογραφίας
BM	Βαθιά Μάθηση (Deep Learning- DL)
HTA	Health Technology Assessment – Αξιολόγηση Τεχνολογιών Υγείας
LLM	Large Language Models- Μεγάλα Γλωσσικά Μοντέλα
PET	Τομογραφίας Εκπομπής Ποζιτρονίων
MM	Μηχανική Μάθηση (Machine Learning- ML)
TN	Τεχνητή Νοημοσύνη

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

1.1 Γενικό πλαίσιο και σημασία θέματος

Τα τελευταία χρόνια, η συμβολή της Τεχνητής Νοημοσύνης στην υγειονομική περίθαλψη έχει καταστεί ιδιαίτερα σημαντική. Πλήθος μελετών έχουν εξετάσει την ενσωμάτωση της καινοτομίας στο χώρο υγείας σε ζητήματα πρόληψης, παρακολούθησης, θεραπείας αλλά και συμβουλής των ασθενών. Τα οφέλη της Τεχνητής Νοημοσύνης (TN) είναι πολλαπλά, ιδίως στον τομέα της ογκολογίας, όπου η εφαρμογή προηγμένων αλγορίθμων Μηχανικής Μάθησης (MM) επιτρέπει πιο στοχευμένες παρεμβάσεις σε καρκινικά κύτταρα, μειώνει τις ανεπιθύμητες ενέργειες και υποστηρίζει την ανάπτυξη εξατομικευμένων θεραπειών. (Kamble κ.ά., 2024)

Συγκεκριμένα, η TN εφαρμόζεται σε πολλαπλά στάδια της ογκολογικής φροντίδας, όπως η έγκαιρη ανίχνευση καρκίνου (Tousif κ.ά., 2023), η ανάπτυξη εξατομικευμένων θεραπειών (Kumar κ.ά., 2022) και η βελτίωση των διαγνωστικών. (Kamble κ.ά., 2024) Συνεπώς, η παρούσα διπλωματική εργασία αποσκοπεί στην παρουσίαση μιας συστηματικής ανασκόπησης της ικανότητας των συστημάτων TN να εισαχθούν στην ογκολογία και να παρουσιαστούν τα οφέλη της στον ίδιο τον ασθενή αλλά και στο ίδρυμα που φιλοξενεί την καινοτόμα τεχνική. Σκοπός της μελέτης είναι η διερεύνηση του τρόπου ενσωμάτωσης της TN στις μονάδες υγείας σύμφωνα με την πρόσφατη βιβλιογραφία. Παράλληλα, εξετάζεται η οικονομική της αποδοτικότητα μέσω αναλύσεων κόστους-αποτελεσματικότητας.

Η παρούσα διπλωματική εργασία διερευνά τις διάφορες εφαρμογές της TN στην ογκολογία και την οικονομική σκοπιμότητα της ενσωμάτωσής τους στο σύστημα υγείας. Παρόλα αυτά, η ενσωμάτωση αυτής της τεχνολογίας δεν είναι καθολική για όλες τις δομές υγείας καθώς οι κλινικές μελέτες παρουσιάζουν διαφορές τόσο στη μεθοδολογία τους όσο και στα μετρούμενα αποτελέσματα. Επίσης, σε αυτό το πλαίσιο εμπίπτουν πολλά ηθικά ζητήματα δεοντολογίας σχετικά με τη διαφάνεια των αλγορίθμων και την ερμηνεία των αποτελεσμάτων που βγαίνουν από μια βάση δεδομένων. (Magrabi κ.ά., 2019)

Η παρακάτω ανασκόπηση δημιουργήθηκε με βάση το μοντέλο PICO και αποσκοπεί στην συστηματική παρουσίαση των εφαρμογών της TN στην ογκολογία, κάνοντας μια ανάλυση στα οφέλη της εφαρμογής τόσο σε κλινικό επίπεδο όσο και σε οικονομικό. Μέσω της εφαρμογής των προτύπων PRISMA τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την ανάλυση των δεδομένων, διασφαλίζουν την αναπαραγωγή τους, την εγκυρότητά τους καθώς και τη διαφάνεια της

παρακάτω μελέτης. Η ανασκόπηση αυτή διαμορφώθηκε στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας που απαιτείται στο μεταπτυχιακό πρόγραμμα σπουδών με σκοπό δημοσίευσή της σε περιοδικά. Τέλος, αναρτήθηκε και έλαβε αριθμό καταχώρησης στη βάση δεδομένων OSF (Open Science Framework) με σκοπό τη διασφάλιση της διαφάνειας της μεθοδολογίας καθώς και την αξιοποίηση των δεδομένων.

1.2 Σημασία ΑΙ στην υγεία

Η ΤΝ και τα εργαλεία ΜΜ αποτελούν εξελισσόμενο τομέα στην υγειονομική περίθαλψη που βρίσκει πάρα πολλές εφαρμογές στη βελτιστοποίηση της υγείας. Τα εργαλεία ΜΜ είναι υποσύνολο της ΤΝ και περιλαμβάνει αλγόριθμους που μαθαίνουν από δεδομένα βάσης και μπορούν να προβλέπουν γεγονότα βάσει ιστορικών δεδομένων. (Gawande κ.ά., 2025) Κατά αυτόν τον τρόπο έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη τεχνικών συλλογής, ερμηνείας και επεξεργασίας δεδομένων, με τελικό σκοπό τη βελτίωση της πρόληψης, διάγνωσης και τελικά θεραπείας των ασθενών. (Jiang κ.ά., 2017)

Η ΤΝ έχει αποδειχθεί ιδιαίτερα αποτελεσματική στη διάγνωση πολλών ιατρικών παθήσεων. Στην οφθαλμολογία, αλγόριθμοι που αναλύουν φωτογραφίες του οφθαλμικού βυθού μπορούν να εντοπίζουν περιπτώσεις διαβητικής αμφιβληστροειδοπάθειας. (Gargeya & Leng, 2017) Στη δερματολογία, εργαλεία ΜΜ που εκπαιδεύτηκαν να αναλύουν χιλιάδες εικόνες κατάφεραν να ταξινομήσουν καρκίνο του δέρματος με απόδοση παρόμοια με εκείνη έμπειρων δερματολόγων. (Esteva κ.ά., 2017) Επιπλέον, η ΜΛ έχει βελτιώσει σημαντικά την πρόβλεψη καρδιαγγειακού κινδύνου χρησιμοποιώντας μεγάλα σύνολα κλινικών δεδομένων. (Weng κ.ά., 2017) Τέλος, άλλες μελέτες έδειξαν ότι η ΤΝ μπορεί να προβλέψει την εξέλιξη προς άνοια με υψηλή ακρίβεια, ξεπερνώντας παραδοσιακές μεθόδους. (Mathotaarachchi κ.ά., 2017)

Παρότι η βιβλιογραφία για την ΤΝ στην υγειονομική περίθαλψη αυξάνεται συνεχώς, η έρευνα επικεντρώνεται κυρίως σε τρεις βασικές κατηγορίες ασθενειών: τον καρκίνο, τις νευρολογικές παθήσεις και τα καρδιαγγειακά νοσήματα. Στον καρκίνο, η ΤΝ συμβάλλει στην εξατομικευμένη θεραπεία, δίνοντας τη δυνατότητα προσαρμογής της φαρμακευτικής αγωγής, βάση του γενετικού προφίλ, του ιστορικού και των αναγκών του εκάστοτε ασθενούς. (Obermeyer & Emanuel, 2016) Στον τομέα της νευρολογίας, η ΤΝ αξιοποιείται για την αποκατάσταση της κίνησης σε τετραπληγικούς ασθενείς. (Farina κ.ά., 2017) Στην

καρδιολογία, εφαρμόζεται για τη διάγνωση καρδιακών παθήσεων μέσω ιατρικής απεικόνισης και για την ανάλυση δεδομένων από καρδιακές μαγνητικές τομογραφίες. (Roy κ.ά., 2022) Η έμφαση σε αυτές τις ασθένειες οφείλεται στο ότι αποτελούν κύριες αιτίες θανάτου και η έγκαιρη διάγνωση είναι κρίσιμη. Τέλος, η χρήση φορητών συσκευών παρακολούθησης επιτρέπει τη συνεχή καταγραφή δεδομένων υγείας, συμβάλλοντας στην αύξηση της ποιότητας ζωής και στη μείωση των επανεισαγωγών. (Jiang κ.ά., 2017)

Παρά τα αδιαμφισβήτητα οφέλη που έχει φέρει η ΤΝ στην υγεία, η χρήση της συνοδεύεται από πολλές προκλήσεις δεοντολογίας και ανάλυσης προσωπικών δεδομένων (Magrabi κ.ά., 2019) καθώς και τυποποίησης δεδομένων και κλινικής ενσωμάτωσης. (Qamar & Bawany, 2023) Συνεπώς, η ΤΝ αν και διαμορφώνει ένα ολοένα και πιο βελτιωμένο τρόπο περίθαλψης και συμβάλλει στην μείωση του κόστους υγειονομικής περίθαλψης, είναι σημαντικό να ακολουθηθούν συγκεκριμένες στρατηγικές με σκοπό την υπέρβαση συγκεκριμένων εμποδίων και διασφάλιση της σωστής διαχείρισης δεδομένων.

1.3 Εισαγωγή στον καρκίνο

Ο καρκίνος αποτελεί τη δεύτερη αιτία θανάτου παγκοσμίως. Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (ΠΟΥ), είναι υπεύθυνος για περίπου 10 εκατομμύρια θανάτους ετησίως. (Bray κ.ά., 2024) Η ασθένεια αυτή είναι αποτέλεσμα πολλών διαφορετικών γενετικών, φαινοτυπικών και επιγονιδιωματικών χαρακτηριστικών. Είναι μια πολύπλευρη νόσος που μπορεί να επηρεάσει τη λειτουργία ενός ή περισσότερων οργάνων του οργανισμού. Μερικοί από τους πιο συνηθισμένους τύπους καρκίνου περιλαμβάνουν το στόμα, το μαστό, τον πνεύμονα, τον προστάτη, τα οστά και τις αρθρώσεις, τους όρχεις, τη λευχαιμία και το μελάνωμα του δέρματος καθένα από τα οποία παρουσιάζει μοναδικές προκλήσεις στη διάγνωση και τη θεραπεία. (Song κ.ά., 2022) Οι συμβατικές θεραπευτικές προσεγγίσεις όπως η χημειοθεραπεία, η ακτινοβολία και οι χειρουργικές επεμβάσεις έχουν φανεί αναποτελεσματικές στην συνολική αντιμετώπιση της ασθένειας κατά συνέπεια οι ασθενείς να επιδίδονται σε επαναλαμβανόμενες θεραπείες χωρίς αποτέλεσμα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να μην υπάρχει εγγύηση της συνολικής αντιμετώπισης της νόσου αλλά και την συνεχή επιβάρυνση του οργανισμού με ανεπιθύμητες ενέργειες και κοστοβόρες θεραπείες που φαίνονται επιζήμιες τόσο στην ποιότητα ζωής του ασθενούς όσο και στην οικονομία της

υγείας. Ως εκ τούτου, υπάρχει επείγουσα ανάγκη να αναζητηθούν εναλλακτικές λύσεις για την έγκαιρη ανίχνευση και παρέμβαση, με σκοπό αύξηση της δραστηριότητας των θεραπειών πριν επηρεάσουν τον οργανισμό μη αναστρέψιμα. (Mridha κ.ά., 2023) Σε αυτό το πλαίσιο, η ενσωμάτωση καινοτόμων τεχνολογιών που μπορούν να προσεγγίσουν τον ασθενή εξατομικευμένα, προσφέροντας έγκαιρη διάγνωση και θεραπεία είναι επιτακτική ανάγκη. Η ΤΝ ανοίγει αυτό το πεδίο εξέλιξης θεραπειών που μπορούν να βοηθήσουν στην αποτελεσματικότητα των θεραπειών και να αποφανθούν επικερδείς τόσο σε ατομικό επίπεδο όσο και στο σύστημα υγείας γενικότερα.

1.4 Δομή διπλωματικής

Η διπλωματική εργασία αναλύεται σε πέντε βασικά κεφάλαια, όπου κάθε κεφάλαιο πραγματεύεται την παρουσίαση του θέματος ακολουθώντας μια συστηματική αλληλουχία που επιτρέπει την παρουσίαση κάθε άξονα που τέθηκε παραπάνω.

Το πρώτο κεφάλαιο πραγματεύεται τις βασικές τεχνολογίες που συνθέτουν την ΤΝ με στόχο την παρουσίαση και κατανόηση του τρόπου εφαρμογής της καινοτομίας αυτής στον χώρο υγείας. Συγκεκριμένα, κατανοούνται οι βασικές έννοιες της ΤΝ, τα εργαλεία ΜΜ και ΒΜ. Με αυτόν τον τρόπο εξετάζεται η εφαρμογή και τα οφέλη που έχει προσφέρει στον τομέα της υγείας και γίνεται κατανοητός ο τρόπος εισαγωγής αυτών των εργαλείων και ο εκσυγχρονισμός της θεραπευτικής προσέγγισης των ασθενών στον τομέα της ογκολογίας.

Το δεύτερο κεφάλαιο αναφέρεται σε βασικές έννοιες οικονομικής αξιολόγησης και αναλύει τους τρόπους με τους οποίους μπορεί να μετρηθεί η οικονομική ανάλυση μιας παρέμβασης στον τομέα της υγείας. Κατά αυτόν τον τρόπο διευκρινίζονται οι οικονομικές μέθοδοι που μπορούν να αξιολογήσουν την εισαγωγή της ΤΝ στο χώρο της υγείας και στη συνέχεια μετά την κατανόηση των οικονομικών αυτών όρων παρουσιάζονται τα οικονομικά οφέλη αυτής της απόφασης. Την παραπάνω προσέγγιση υποστηρίζουν βιβλιογραφικά τεκμήρια και γίνεται μια ανασκόπηση στη σχέση κόστους και αποτελεσματικότητας της εφαρμογής της ΤΝ στον χώρο υγείας. Το κεφάλαιο αυτό λειτουργεί ως γέφυρα σύνδεσης ιατρικών υπηρεσιών και ιατρικών πληροφοριών με οικονομικούς όρους. Συνεπώς, διευκρινίζονται οικονομικοί όροι που θα χρησιμοποιηθούν μετέπειτα εστιάζοντας στο αντικείμενο μελέτης δηλαδή την ΤΝ.

Στο τρίτο κεφάλαιο, αναλύεται η μεθοδολογία και ο τρόπος εξαγωγής των αποτελεσμάτων. Συγκεκριμένα, σε πρώτη φάση τοποθετείται ο σκοπός και η προσέγγιση της μελέτης και στη συνέχεια αναλύεται το πρωτόκολλο συστηματικής ανασκόπησης που ακολουθήθηκε. Σε αυτό το στάδιο περιγράφονται με κάθε λεπτομέρεια η διαδικασία αναζήτησης των δεδομένων, τα κριτήρια ένταξης και αποκλεισμού δημοσιευμένου υλικού και ο τρόπος αξιολόγησης αυτών. Σε αυτό το στάδιο επίσης, τοποθετούνται και αναλύονται περιορισμοί της μελέτης και των ηθικών ζητημάτων που προκύπτουν λόγω χρήσης της TN στον χώρο της υγείας.

Στο τέταρτο κεφάλαιο αναλύονται τα ευρήματα της ανασκόπησης. Αρχικά γίνεται αναλυτική παρουσίαση των μελετών που εν τέλει εντάχθηκαν στην ανασκόπηση και του τρόπου που ταξινομήθηκαν σε θεματικές ενότητες. Στη συνέχεια, τα ευρήματα αυτά ταξινομήθηκαν σε πεδία εφαρμογής της TN στην ογκολογία, σε μελέτες που συμπεριλαμβάνουν τα οφέλη της τεχνικής καθώς και σε αυτές που αφορούν την οικονομική ανάλυση σχέσης κόστους-αποτελεσματικότητας της εισαγωγής της στον χώρο υγείας. Βάση των παραπάνω αποτελεσμάτων στο πέμπτο κεφάλαιο ακολουθεί η συζήτηση, όπου επιχειρείται η ανάλυση και η ερμηνεία των ευρημάτων με σκοπό τη σύγκριση με τη διεθνή βιβλιογραφία και την ανάλυση των συμπερασμάτων που διατυπώνουν τα πορίσματα και η στοχοθεσία για μελλοντική έρευνα.

Κεφάλαιο 2: Ογκολογία και Τεχνητή Νοημοσύνη

2.1 Ορισμός Τεχνητής Νοημοσύνης και βασικές έννοιες.

Με τον όρο TN εννοείται η μηχανική κατασκευή έξυπνων μηχανών που με την κατάλληλη τροφοδοσία αλγορίθμων ή συνόλου κανόνων δίνεται η δυνατότητα να μιμούνται ανθρώπινες γνωστικές λειτουργίες. (McCarthy, 1998) Η ικανότητα της TN να μαθαίνει και να αναγνωρίζει μοτίβα από μεγάλα και σύνθετα δεδομένα είναι το βασικό στοιχείο χρησιμοποίησης της σε επιστημονικούς τομείς. (Quinn κ.ά., 2021) Επίσης, τα συστήματα TN είναι δυναμικά και αυτόνομα, γεγονός που τα κάνει να μαθαίνουν και να προσαρμόζονται σε όσα περισσότερα δεδομένα τους διατίθενται. (Harika κ.ά., 2026)

Η TN αποτελείται από τη βαθιά μάθηση (BM, Deep Learning- DL), την μηχανική μάθηση (MM, Machine Learning – ML) και την υπολογιστική όραση (computer vision). Τα τρία υποεπίπεδα αυτά χρησιμοποιούνται είτε μεμονωμένα είτε σαν συνδυασμός για να δώσουν νοημοσύνη σε εφαρμογές. (Mitchell, 2006) Τα εργαλεία MM αφορούν την ανάπτυξη αλγορίθμων που εκπαιδεύονται μέσα από δεδομένα και να εκσυγχρονίζονται από την εμπειρία τους, χωρίς απαραίτητα να έχουν προγραμματιστεί ξεχωριστά για κάθε ενέργεια. (Sarker, 2021) Η BM αναφέρεται σε μια κατηγορία αλγορίθμων που μπορεί να μιμηθεί τις νευρωνικές λειτουργίες του ανθρώπινου εγκεφάλου, με σκοπό την επεξεργασία και τη διασύνδεση πολύπλοκων σχέσεων μιας μεγάλης γκάμας δεδομένων. (LeCun κ.ά., 2015) Η υπολογιστική όραση χρησιμοποιείται για την κατανόηση και ανάλυση οπτικών δεδομένων. (Azizi κ.ά., 2017) Η συνδυαστική χρήση των παραπάνω τεχνικών είναι αυτή που μπορεί να προσφέρει βελτιωμένες υπηρεσίες υγείας, υψηλής ακρίβειας κλινικές πράξεις και εξοικονόμηση χρόνου επεξεργασίας μεγάλων πληροφοριών.

2.2 Εφαρμογές εργαλείων μηχανικής μάθησης και βαθιάς μάθησης στην υγεία

Η MM νοείται ως ένα από τα κύρια εργαλεία της TN και έχει χρησιμοποιηθεί κατά κόρον σε διάφορες υπηρεσίες υγείας. Η μέθοδος αυτή αφορά την ανάπτυξη αλγορίθμων που μαθαίνουν και βελτιώνονται μέσα από ένα σύνολο δεδομένων που συλλέγουν, χωρίς να είναι

προγραμματισμένα για την εκτέλεση κάθε συγκεκριμένου καθήκοντος. (Yu κ.ά., 2024) Ένα παράδειγμα είναι τα chatbots TN, τα οποία χρησιμοποιούνται από ασθενείς για να εντοπίζουν συμπτώματα και να προτείνουν ενέργειες πρωτοβάθμιας περίθαλψης. Τα chatbots αντλούν δεδομένα από τον ασθενή και μπορούν να ενσωματωθούν σε φορητές συσκευές για να παρέχουν ενημερώσεις τόσο στους ασθενείς όσο και στους φροντιστές τους για την βελτίωση της υγείας του ασθενούς. (Huo κ.ά., 2025)

Γενικά οι εφαρμογές τη MM ποικίλουν στον τομέα υγείας και αφορούν την πρόληψη (Reardon, 2019), την εξατομικευμένη θεραπεία και την υποβοηθούμενη υποστήριξη στη λήψη αποφάσεων από τους θεράποντες. (Choenni κ.ά., 2025) Για την λειτουργία των παραπάνω η εφαρμογή κανόνων MM από τη μια περιλαμβάνει την επιβλεπόμενη μάθηση, όπου οι αλγόριθμοι εκπαιδεύονται με δεδομένα και αναπτύσσουν μοντέλα ταξινόμησης και παλινδρόμησης. Από την άλλη, περιλαμβάνουν την μη επιβλεπόμενη μάθηση που χρησιμοποιεί τα κατασκευασμένα μοντέλα για την ανίχνευση προτύπων και κατηγοριοποίησης ασθενών (για παράδειγμα, κατηγοριοποιεί ομάδες ασθενών με παρόμοια συμπτώματα για να εντοπίσει μια κοινή αιτία) (Lasko κ.ά., 2013) και τέλος, υπάρχει και η ενισχυτική μάθηση η οποία χρησιμοποιεί τα καινούργια δεδομένα για τη συνεχή βελτίωση των αποφάσεων του αλγορίθμου και έτσι αναπτύσσει μια στρατηγική για τη μεγιστοποίηση των ανταμοιβών. (Choenni κ.ά., 2025)

Η BM είναι μια κατηγορία αλγορίθμων που μαθαίνει χρησιμοποιώντας νευρωνικού τύπου διασυνδέσεις για την πολυεπίπεδη συλλογή μεγάλης γκάμας δεδομένων και επεξεργασίας αυτών. (The Royal Society, 2017) Οι επεξεργαστές αυτοί είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικοί στην ανάλυση ιατρικών απεικονίσεων και βρίσκουν μεγάλη εφαρμογή στην ανίχνευση όγκων ή κακώσεων σε ακτινογραφίες. (Nam κ.ά., 2019)

Επιπλέον, τεχνικές TN έχουν χρησιμοποιηθεί για τον προληπτικό έλεγχο της διαβητικής αμφιβληστροειδοπάθειας. Δηλαδή, ο έλεγχος των ατόμων με διαβήτη και ο υπολογισμός της πιθανότητα τύφλωσης αποτελούν σημαντικό μηχανισμό πρόληψης και άμεσης θεραπείας των ασθενών. Ωστόσο, η μέθοδος αυτή έχει χαρακτηριστεί ως δαπανηρή, δεδομένου του μεγάλου όγκου ασθενών και του περιορισμένου αριθμού υγειονομικού προσωπικού που ασχολείται με την οφθαλμολογία. (Bellemo κ.ά., 2019) Σε αυτό το πλαίσιο, στις ΗΠΑ εγκρίθηκε η αποζημίωση από δημόσιους φορείς του αλγορίθμου TN «IDx-DR», ο οποίος επέδειξε ευαισθησία 87% για την ανίχνευση διαβητικής αμφιβληστροειδοπάθειας. (Chen κ.ά., 2021)

Η ευρύτερη υιοθέτηση και ανάπτυξη τεχνικών ΤΝ είναι συνυφασμένη με την αντιμετώπιση διαφόρων προκλήσεων. Ζητήματα όπως η ποιότητα των δεδομένων και τα αποτελέσματα που παράγει αυτό το εργαλείο είναι από τα πιο βασικά. Δηλαδή η ικανότητα κατανόησης και κατάληξης του αλγορίθμου σε ένα συγκεκριμένο συμπέρασμα πολλές φορές αμφισβητείται από την ιατρική κοινότητα. (Zhou κ.ά., 2017) Επίσης, η δημιουργία μεροληπτικών μοντέλων πολλές φορές μπορεί να αποτελέσει σημαντική απειλή στην αξιοπιστία των αποτελεσμάτων και μπορεί να προβεί σε λανθασμένους συσχετισμούς με ένα μη αντιπροσωπευτικό σύνολο δεδομένων. (Choenni κ.ά., 2025) Τέλος, ζητήματα ασφάλειας και ηθικής που σχετίζονται με την επεξεργασία προσωπικών δεδομένων αποτελούν φραγμό στην χρησιμοποίηση τεχνικών ΤΝ στους χώρους της υγείας. (Choenni κ.ά., 2025)

2.3 Εφαρμογές και οφέλη ΤΝ στον καρκίνο

Ο καρκίνος είναι μια πολυπαραγοντική και απρόβλεπτη νόσος που μπορεί να έχει ραγδαία εξέλιξη σε σύντομο χρονικό διάστημα. Η έρευνα για τον καρκίνο είναι ένα ταχέως εξελισσόμενο πεδίο λόγω της διεπιστημονικής πολυπλοκότητας που τη διακατέχει και του ισχυρού αντίκτυπου στην ανθρωπότητα. (Torol, 2019) Η ανθρώπινη δημιουργικότητα είναι απαραίτητη για την εξέλιξη του επιστημονικού πεδίου της ογκολογίας καθώς απαιτείται εις βάθος κατανόηση των μοριακών και κυτταρικών διεργασιών. Η κατανόηση των παραπάνω είναι τελικά αυτή η διαδικασία που θα οδηγήσει στην επιτυχή εύρεση μιας πιθανής θεραπείας. (Gao κ.ά., 2024) Ο ρόλος ενός κλινικού ογκολόγου είναι ιδιαίτερα περίπλοκος και περιλαμβάνει διαδικασίες όπως η αναγνώριση και κατανόηση της κλινικής εικόνας τους ασθενούς, ο συνδυασμός δεδομένων από βιοχημικά αποτελέσματα, η συζήτηση με το επιστημονικό συμβούλιο ογκολόγων, η αντιστοίχιση των παραπάνω δεδομένων με τις κατευθυντήριες οδηγίες θεραπείας, ο εντοπισμός κατάλληλων κλινικών δοκιμών παρακολούθησης (που δεν αφορούν μόνο το όργανο στόχο) και η επικοινωνία πολύπλοκων πληροφοριών στους ασθενείς. (Gao κ.ά., 2024)

Με βάση τα παραπάνω καθίσταται σαφές ότι η κλινική πρακτική στην ογκολογία είναι μια σύνθετη και πολυπαραγοντική ιατρική πράξη που απαιτεί χρόνο και επεξεργασία μεγάλων δεδομένων, γεγονός που έχει οδηγήσει την επιστημονική έρευνα στην αξιοποίηση καινοτόμων μεθόδων, ώστε να συνεισφέρουν όχι μόνο στην βελτίωση των τεχνικών κλινικής αλλά και στην

ανάπτυξη εξελιγμένων θεραπευτικών οδών. Παρακάτω αναλύονται όλες οι εφαρμογές της ΤΝ που χρησιμοποιούνται σήμερα στην ογκολογία με σκοπό να υποστηρίξουν τους επαγγελματίες υγείας, να προσφέρουν υψηλότερης ποιότητας υπηρεσίες και να αυξήσουν την ποιότητα ζωής των ασθενών.

2.3.1 Διάγνωση καρκίνου.

Η ανάπτυξη συστημάτων διάγνωσης με τη χρήση του υπολογιστή (Computer-aided diagnosis (CAD)) είναι από τις πιο εξελιγμένες εφαρμογές που χρησιμοποιούνται σε δομές υγείας. (Ramadan, 2020) Τα συστήματα αυτά βοηθούν τους θεράποντες να ερμηνεύσουν ιατρικές εικόνες, να αναλύσουν ποσοτικά την πιθανότητα νόσησης με βάση την αλλοίωση, να χαρακτηρίσουν την κακοήθεια καθώς και να παρακολουθήσουν την εξέλιξη του όγκου. (Bikar, 2019) Τα συστήματα CAD διαχωρίζονται σε συστήματα ανίχνευσης με τη βοήθεια υπολογιστή (CADE) και σε συστήματα διάγνωσης με τη βοήθεια υπολογιστή (CADx). Τα συστήματα CADE ανιχνεύουν πιθανές ανωμαλίες, αλλά δεν παρέχουν ακτινολογικές λεπτομέρειες, αφήνοντας την ερμηνεία στον ακτινολόγο, ενώ τα συστήματα CADx χρησιμεύουν ως βοήθημα λήψης αποφάσεων για τους ακτινολόγους και τον χαρακτηρισμό ευρημάτων. (Ramadan, 2020) Το σύστημα CADE βελτίωσε την ανίχνευση πολυπόδων του παχέος εντέρου, με ποσοστό ευαισθησίας 97%, ξεπερνώντας τους ιατρούς. (Urban κ.ά., 2018) Ενώ τα συστήματα CAD συνεχίζουν να βελτιώνονται, απαιτείται περαιτέρω έρευνα για την πιθανότητα αυτοματοποίησης τους. (Ramadan, 2020)

Στην ογκολογία, ο συνδυασμός μεθόδων όπως η ακτινολογία, η βιοψία, η γονιδιωματική και τα ηλεκτρονικά αρχεία υγείας του ασθενούς παρέχουν μια καλύτερη κατανόηση της κατάστασης ενός ασθενούς. Η ενσωμάτωση διαφορετικών πηγών δεδομένων μπορούν να ενισχύσουν τη διαγνωστική ακρίβεια και να ενσωματωθούν σε πλατφόρμες ΤΝ με σκοπό να ευαισθητοποιήσουν τις διαγνωστικές διαδικασίες και να ταξινομήσουν τους τύπους καρκίνου καθώς και τη σοβαρότητα της νόσου. (Lipkova κ.ά., 2022) Για παράδειγμα, έχει αναπτυχθεί ένα εποπτευόμενο Νευρωνικό Δίκτυο Συνέλιξης (Supervised Convolutional Neural Network - CNN) για την ανίχνευση όγκων στις μεθόδους Τομογραφίας Εκπομπής Ποζιτρονίων και Αξονικής Τομογραφίας (PET και CT) με ακρίβεια 99,29% σε σύγκριση με τις παραδοσιακές τεχνικές δίνοντας τη δυνατότητα ανάλυσης των PET/CT με ΤΝ σε κλινικές ροές εργασίας. (Mohsen κ.ά., 2022)

Επίσης, τα γονιδιωματικά στοιχεία των ασθενών έχουν χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με τα αποτελέσματα από τις ιστολογικές για τη βελτίωση της πρόβλεψης επιβίωσης σε πολλαπλούς τύπους καρκίνου. (Vale-Silva & Rohr, 2021) Επιπλέον, η συντριπτική πλειοψηφία των εγκεκριμένων εργαλείων TN που σχετίζονταν με τη διάγνωση του καρκίνου εφαρμόζονται σε καρκίνους του μαστού, του προστάτη και του παχέος εντέρου, υποστηρίζοντας τον ρόλο της TN σε αυτόν τον τομέα. (Luchini κ.ά., 2022) Τα συστήματα διαγνωστικής με χρήση της υποβοήθησης από TN έχουν δείξει μεγάλη αξία στη διάγνωση του καρκίνου του πνεύμονα όσων αφορά την ευαισθησία της μεθόδου ακόμα και στα πρώιμα στάδια και στην εξοικονόμηση του χρόνου διάγνωσης. (Liu κ.ά., 2023)

Είναι προφανές ότι τα διαγνωστικά εργαλεία που βασίζονται στην TN βελτιώνονται συνεχώς και η διαγνωστική τους απόδοση έχει αποδειχθεί ότι είναι ίδια ή μερικές φορές ξεπερνά αυτή του ανθρώπινου δυναμικού σε πολλούς τύπους καρκίνου. (McKinney κ.ά., 2020) Τα διαγνωστικά εργαλεία της TN εμφανίζουν υψηλότερη την ακρίβεια, την αποτελεσματικότητα και την έγκαιρη ανίχνευση του καρκίνου, βελτιώνοντας τα αποτελέσματα των ασθενών. Παρόλο που οι περισσότερες μελέτες που αξιολογούν τις εφαρμογές της TN στην ογκολογία δεν έχουν επικυρωθεί αυστηρά ως προς την αναπαραγωγικότητα και τη γενικευσιμότητα, η TN προσφέρει έναν αντικειμενικό τρόπο ενσωμάτωσης συμπληρωματικών πληροφοριών και κλινικού πλαισίου από ποικίλα δεδομένα για βελτιωμένες προβλέψεις. (Lipkova κ.ά., 2022)

2.3.2 Γονιδιακή αλληλούχιση

Τα μοντέλα που βασίζονται στην TN, τα οποία μπορούν και ενσωματώνουν βιοχημικά, απεικονιστικά και γονιδιωματικά δεδομένα συνπληρώνουν τις παραδοσιακές μεθόδους ανίχνευσης, δίνοντας ένα ακριβές μοριακό προφίλ στην διάγνωση και παρακολούθηση του ασθενούς. (Vilhekar & Rawekar, 2024)

2.3.3 Βαθμονόμηση της νόσου και πρόβλεψη πιθανότητας κινδύνου εμφάνισης

Τα μοντέλα BM ξεπερνούν σε ακρίβεια τις παραδοσιακές τεχνικές ανάλυσης ιατρικών εικόνων. Έτσι μπορούν να αναλύουν ακατέργαστα δεδομένα σε βάθος και εκπαιδεύονται ώστε να είναι ευαίσθητα και ακριβή στην ανάλυση οπτικού υλικού. Αυτά τα συστήματα έχουν χρησιμοποιηθεί στην ταξινόμηση του καρκίνου του πνεύμονα αυξάνοντας την ακρίβεια της μεθόδου και έγκαιρης ανίχνευσης της νόσου. (Faruqui κ.ά., 2023) Ένα τέτοιο μοντέλο είναι το

DenseNet121 και επέδειξε ακρίβεια 99,4% στην ταξινόμηση επτά καρκίνων, συμπεριλαμβανομένου του καρκίνου του πνεύμονα, του μαστού και του παχέος εντέρου. (Kumar κ.ά., 2024)

Επίσης, έχουν αναπτυχθεί τα μοντέλα EfficientNet B6 και ArcFace που είναι νευρωνικά συστήματα TN και έχουν χρησιμοποιηθεί στην κυτταρική ανάλυση, ευαισθησίας άνω του 95% στον εντοπισμό καρκινικών κυττάρων για την ταξινόμηση καλοήθων και κακοήθων νεοπλασιών στο ουροποιητικό. (Li κ.ά., 2019)

Επιπλέον, ο συνδυασμός δεδομένων μαγνητικής τομογραφίας με το γενετικό προφίλ του ασθενούς έχουν χρησιμοποιηθεί από συστήματα TN για την ταξινόμηση του γλοιώματος και του εντοπισμού αντοχής στη φαρμακευτική αγωγή που χρησιμοποιείται. (Rajdeo κ.ά., 2024) Ακόμα, ένα άλλο συνελκτικό νευρωνικό δίκτυο εκπαιδεύτηκε με κλινικές εικόνες και διαπιστώθηκε ότι ταξινομεί με ακρίβεια τις καρκινικές δερματικές αλλοιώσεις. (Esteva κ.ά., 2019)

2.3.4 Εξατομικευμένη θεραπεία και παρακολούθηση θεραπευτικών αποκρίσεων

Νέες τεχνολογίες TN μπορούν και αναλύουν τις αλληλεπιδράσεις των όγκων σε κυτταρικό επίπεδο με το περιβάλλον τους. Έτσι, παρέχονται ποσοτικά δεδομένα των μεταβολικών διαδικασιών του όγκου τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ακριβέστερη παρακολούθηση της απόκρισης του ασθενούς στη θεραπεία και την εξατομίκευση της θεραπείας που πρέπει να ακολουθηθεί. (Haï κ.ά., 2024)

Τα νευρωνικά μοντέλα ανάλυσης απεικονίσεων χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση δεδομένων και απεικονίσεων σε βάθος χρόνου, γεγονός που συνεισέφερε στην παρακολούθηση των ασθενών και στην απόκρισή τους στη θεραπεία. (Thakur κ.ά., 2024)

Επιπλέον, ένα πρόσφατο μοντέλο TN με το όνομα The Clinical Histopathology Imaging Evaluation Foundation (CHIEF), μπορεί να εντοπίζει γενετικές μεταλλάξεις και να προβλέπει τις αλληλεπιδράσεις του όγκου με στοχευμένες θεραπείες ενισχύοντας την αποτελεσματικότητα της εξατομικευμένης θεραπείας και μείωσης των ανεπιθύμητων ενεργειών στους ασθενείς. Επίσης, αυτή η τεχνική μπορεί να κατασκευάσει θερμικούς χάρτες αλληλεπιδράσεων του όγκου με το μικροπεριβάλλον για την ανάλυσή τους από τους παθολόγους. (Wang κ.ά., 2024)

2.3.5 Ογκολογία και Αντιπρόσωποι Τεχνητής Νοημοσύνης (AI Agents)

Τα μεγάλα γλωσσικά μοντέλα (Large Language Models- LLM) είναι (ημι)αυτόνομα συστήματα ΤΝ που μπορούν να ανιχνεύσουν, να μάθουν και να ενεργήσουν στο περιβάλλον τους γνωστικές λειτουργίες που προηγουμένων θα απαιτούσαν ανθρώπινη ιατρική εμπειρογνωμοσύνη. Αυτοί οι παράγοντες (AI agents) βασίζονται σε μεγάλα γλωσσικά μοντέλα που χρησιμεύουν ως βασική μηχανή συλλογισμού. (Gao κ.ά., 2024) Τα μοντέλα αυτά είναι θεμελιωδώς διαφορετικά από τα καθιερωμένα εργαλεία ΤΝ στην έρευνα για τον καρκίνο και μπορούν να αυτοματοποιήσουν πνευματικές και υπολογιστικές εργασίες στην έρευνα για την ογκολογία. Συγκεκριμένα μπορούν να αναλύσουν την επιστημονική βιβλιογραφία και την ερμηνεία των γονιδιωματικών δεδομένων με σκοπό τον σχεδιασμό κλινικών δοκιμών και διαμόρφωσης θεραπευτικών στρατηγικών. (Lee κ.ά., 2024) Η επιστημονική κοινότητα έχει στρέψει πρόσφατα το βλέμμα στην ανάπτυξη τέτοιων εργαλείων έρευνας με σκοπό να σαρώνει χιλιάδες νέες ερευνητικές δημοσιεύσεις, να εντοπίζει αναδυόμενα θεραπευτικά μοντέλα και να σχεδιάζει πειραματικές υποθέσεις με πιθανή δημιουργία μοριακών φαρμάκων-στόχων για νέες θεραπείες. (Lee κ.ά., 2024)

Ακόμα, αυτοί οι παράγοντες μπορούν να παρέχουν ολοκληρωμένη ανάλυση δεδομένων από ογκολογικούς ασθενείς με σκοπό να επιλεγεί τη βέλτιστη θεραπευτική προσέγγιση. Επίσης, η εφαρμογή τους μελετάται στην αυτοματοποιημένη βοήθεια στη διάγνωση του καρκίνου. (Lee κ.ά., 2024) Ακόμα, η χρήση τους δεν περιορίζεται μόνο σε κλινικό και ερευνητικό επίπεδο αλλά και σε πλαίσιο υποστήριξης των ασθενών. Συγκεκριμένα, μελετάται η προετοιμασία και ενημέρωση των ασθενών για το ραντεβού τους ή ακόμα και σύνταξης υλικού επικοινωνίας με τον ασθενή βάση του μορφωτικού του επιπέδου, της κουλτούρας και ηθικής του. (Tu κ.ά., 2025) Υπό αυτό το πρίσμα, για παράδειγμα δημιουργήθηκε το Coscientist (Boiko κ.ά., 2023) ένας αντιπρόσωπος ΤΝ που μπορεί να σχεδιάσει και να εκτελέσει αυτόνομα πειράματα που αφορούν υπολογιστικά τη διαδικασία σχεδιασμού φαρμάκων για τον καρκίνο. (Zhang κ.ά., 2025)

2.3.6 Η ΤΝ στην νανοτεχνολογία για τη θεραπεία του καρκίνου

Τα μοντέλα ΜΜ έχουν συμβάλει στην βελτιστοποίηση της χρήσης αντικαρκινικών φαρμάκων νανοφορέων, ενισχύοντας τις θεραπευτικές επιλογές και βελτιώνοντας την παρακολούθηση των ασθενών σε πραγματικό χρόνο. (Tan κ.ά., 2023) Συγκεκριμένα, έχουν συμβάλει στη σύνθεση φαρμάκων για την αντιμετώπιση του καρκίνου, στην παρακολούθηση της

φαρμακοκινητικής και στη βελτίωση της αποτελεσματικότητας των θεραπειών με παράλληλη ελαχιστοποίηση των ανεπιθύμητων ενεργειών. (Ambreen κ.ά., 2025) Σε αυτό το πλαίσιο, έχουν αναπτυχθεί νανοαισθητήρες με TN που βελτιώνουν τη διάγνωση του καρκίνου, ακρίβεια στην λήψη και επεξεργασία πολυδιάστατων δεδομένων, παρακολούθηση της απόκρισης στη θεραπεία και της εξέλιξης της νόσου. (Taha κ.ά., 2025)

2.4 Η κατασκευή ενός αποτελεσματικού εργαλείου τεχνητής νοημοσύνης

Για την ένταξη ενός αποτελεσματικού εργαλείου TN στα συστήματα υγείας, δεν αρκεί μόνο η διερεύνηση των οφελών που μπορεί να έχει στην υγεία των ασθενών και στις κλινικές πράξεις. Η συνολική αποτίμηση και ένταξη μιας καινοτόμας τεχνικής συνεπάγεται και την εξέταση της οικονομικής αποτελεσματικότητας και της εξοικονόμησης πόρων. Πιο συγκεκριμένα, η κλινική και οικονομική χρησιμότητα είναι τα τελικά στάδια αξιολόγησης μια καινοτόμας τεχνικής και εφαρμογής της στα υγειονομικά συστήματα. (Bajwa κ.ά., 2021)

Η μελέτη της κλινικής αποτελεσματικότητας αναφέρεται στην ευαισθησία, εγκυρότητα και αξιοπιστία των αποτελεσμάτων που έχει η τεχνική. Με αυτόν τον τρόπο μπορεί να γίνει η βαθμονόμηση των αποτελεσμάτων σε σύγκριση με προηγούμενες τεχνικές που χρησιμοποιήθηκαν και τα οφέλη που μπορεί να είχε ως προς την ευαισθησία ανίχνευσης, ως προς την ποιότητα των αποτελεσμάτων και την συνεισφορά της στην επίλυση υπαρχόντων προβλημάτων που αντιμετωπίζουν οι επαγγελματίες υγείας (εξοικονόμηση χρόνου, κόπου και τυποποίηση τεχνικής). Σε αυτό το πλαίσιο δεν μπορεί να λείπει η βαθμονόμηση της οικονομικής χρησιμότητας των τεχνικών με στόχο τη μέτρηση του καθαρού οφέλους σε σχέση με το κόστος επένδυσης ενός συστήματος TN. (Mark P. Sendak et al. , 2020) Η οικονομική απόσβεση της επιχείρησης καθώς και το κόστος των παρεχόμενων υπηρεσιών είναι κάτι που απασχολεί την υγειονομική δομή εγκατάστασης αλλά και τον ασθενή. Η προσβασιμότητα σε καινοτόμες τεχνολογίες είναι ζήτημα ισότητας και εξαρτάται και από την οικονομική κατάσταση του ασθενούς. Για παράδειγμα, η ενσωμάτωση κοστοβόρων τεχνολογιών ενδέχεται αφενός να επιβαρύνει οικονομικά τους παρόχους υγείας και αφετέρου να περιορίσει την πρόσβαση σε συγκεκριμένες ομάδες ασθενών. Συνεπώς, ο εκσυγχρονισμός συστημάτων TN απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή στη διαδικασία ανάπτυξης τους συνεπώς οικονομικά μοντέλα αξιολόγησης καινοτόμων τεχνικών είναι κρίσιμα να λαμβάνονται υπόψη πριν την τελική εγκατάστασή τους. (Davahli κ.ά., 2021)

Η σωστή αξιοποίηση των πόρων έχει προτεύοντα ρόλο στην βιωσιμότητα και την καινοτομία τόσο των δομών υγείας όσο και του ίδιου του συστήματος υγείας. Όσο περισσότερο λιγοστεύουν ή σπανίζουν οι πόροι, τόσο περισσότερο μεγαλώνει η ανάγκη ελέγχου και εύρεσης τεχνικών για τη βελτιστοποίηση της αξιοποίησης αυτών. Σε αυτό το πλαίσιο, η ανάγκη ενός αξιόπιστου εργαλείου, το οποίο θα μπορεί να βαθμονομεί και να αποκαλύπτει την κατάλληλη επιλογή δέσμης υπηρεσιών που επαρκούν για την εξυπηρέτηση των αναγκών των πολιτών και ταυτόχρονα βελτιώνουν τη σχέση κόστους και οφέλους/αποτελεσματικότητας αποτελεί θεμέλιο λίθο στην ανάπτυξη της βιωσιμότητας του συστήματος υγείας. (Husereau κ.ά., 2022)

Κεφάλαιο 3: Μέθοδοι Οικονομικής Αξιολόγησης

3.1 Η αξία της χρηματοοικονομικής διαχείρισης στην υγεία

Τα οικονομικά της υγείας πλέον αποτελούν διακριτό κλάδο στην οικονομική επιστήμη και στόχο έχουν τη βέλτιστη κατανομή και αξιοποίησης πόρων με ταυτόχρονη διασφάλιση της υγείας του πληθυσμού. (Drummond κ.ά., 2015) Κατά κύριο λόγο επικεντρώνονται στη μέθοδο αξιοποίησης των διαθέσιμων πόρων εξετάζοντας τον τρόπο που παράγονται, κατανέμονται και καταναλώνονται οι υπηρεσίες υγείας. (Drummond κ.ά., 2015) Ο κεντρικός στόχος αυτού του κλάδου είναι η βέλτιστη αξιοποίηση των πόρων με σκοπό τη μέγιστη κοινωνική ευημερία στον τομέα της υγείας.

Οι βασικές αρχές αξιολόγησης της οικονομικής διαχείρισης των υπηρεσιών υγείας είναι η επάρκεια (sufficiency), η αποτελεσματικότητα (effectiveness), η αποδοτικότητα (efficiency), η αποδοχή (acceptance) και η ισότητα και κοινωνική δικαιοσύνη (equality & equity). Με τον όρο επάρκεια αναφερόμαστε στο κατά πόσο μια παρέμβαση μπορεί να παράξει ωφέλιμα αποτελέσματα υπό ιδανικές συνθήκες. (Wagstaff & van Doorslaer, 2000) Η αποτελεσματικότητα, περιγράφει το βαθμό που επιτυγχάνει μια παρέμβαση τους στόχους που είχαν τεθεί εξ' αρχής. Η αποτελεσματικότητα αναφέρεται στο κατά πόσο μια παρέμβαση επιτυγχάνει τους στόχους της σε πραγματικές συνθήκες. Η αποδοτικότητα απαντά στο ερώτημα αν το αποτέλεσμα που παράχθηκε έγινε με το βέλτιστο οικονομικά τρόπο, δηλαδή εξετάζει τη σχέση πόρων και αποτελέσματος. Έτσι, η αποδοτικότητα συσχετίζει τα αποτελέσματα (εκροές) με το κόστος (εισροές). (Drummond κ.ά., 2015) Η αποδοχή, αναφέρεται στον βαθμό που γίνεται αποδεκτή μια παρέμβαση, δηλαδή μετράει κατά πόσο ένας ασθενής θα διέθετει χρήματα για να έχει πρόσβαση σε μια υπηρεσία υγείας (willingness to pay). (Gafni, 2001) Τέλος, η ισότητα αφορά ηθικά ζητήματα και σχετίζεται με την δίκαιη κατανομή πόρων και αποφυγή ανισοτήτων μεταξύ διαφορετικών κοινωνικών ομάδων στο σύστημα υγείας. (Guindo κ.ά., 2012)

Με βάση τους παραπάνω άξονες, η οικονομική αξιολόγηση επιχειρεί να συγκρίνει το κόστος και το αποτέλεσμα μιας μεθόδου, έναντι εναλλακτικών επιλογών με στόχο να επιτευχθεί η μέγιστη καθαρή ωφέλεια υγείας με τους λιγότερους δυνατούς πόρους. (Claxton κ.ά., 2002) Με τον όρο κόστος υπηρεσιών υγείας εννοούμε το σύνολο των δαπανών που χρειάζεται να χρησιμοποιηθούν για την εκτέλεση μιας συγκεκριμένης υγειονομικής παροχής. Ο υπολογισμός του κόστους βασίζεται στην συγκριτική ανάλυση της θυσίας ενός πόρου, έναντι της

χρησιμοποίησής του σε κάποιο άλλο υγειονομικό πρόγραμμα. (Robinson, 1993d) Συνεπώς, ο κεντρικός στόχος κάθε οικονομικής αξιολόγησης είναι να μετρήσει, να εντοπίσει και να αποτιμήσει το κόστος για κάθε εναλλακτική προσέγγιση και να προσδιορίσει ποια επιλογή αποφέρει το μεγαλύτερο όφελος για την υγεία με το χαμηλότερο δυνατό κόστος. (Buxton κ.ά., 1997)

3.2 Μέθοδοι οικονομικής αξιολόγησης

Σήμερα, η οικονομική αξιολόγηση της υγείας συνδέεται άρρηκτα με την αξιολόγηση τεχνολογιών υγείας (Health Technology Assessment – HTA). Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (ΠΟΥ), HTA ορίζεται η “συστηματική αξιολόγηση των ιδιοτήτων, επιδράσεων και επιπτώσεων των τεχνολογιών και παρεμβάσεων υγείας” και χρησιμοποιείται για την λήψη αποφάσεων σχετικά με τον βέλτιστο τρόπο κατανομής πόρων υγείας σε υπηρεσίες και τεχνολογίες υγείας. (Banta & Jonsson, 2009) Η HTA, αποτελεί μια θεσμοθετημένη διαδικασία ικανή να εξετάζει και να αξιολογεί τις συνέπειες χρήσης μιας καινοτόμας τεχνολογίας σε βάθος χρόνου. (Kristensen κ.ά., 2019) Έτσι, προωθείται ένα ολοκληρωμένο και διαφανές επιστημονικό πλαίσιο που μπορεί να φανεί χρήσιμο για αποφάσεις αποζημίωσης τιμολόγησης και πρόσβασης σε καινοτόμες τεχνολογίες υγείας. Συνεπώς, η HTA λειτουργεί ως δικλείδα ασφαλείας για την επιτυχία ή μη της εφαρμογής νέων τεχνολογιών υγείας και μπορεί να μεταφράσει επιστημονικά δεδομένα σε εφαρμοσμένες προτάσεις διοίκησης μονάδων υγείας. (Regulation (EU) 2021/2282, 2021) Οι κυριότερες μέθοδοι οικονομικής αξιολόγησης που χρησιμοποιούνται στην HTA αναλύονται παρακάτω.

3.2.1 Ανάλυση Ελαχιστοποίησης Κόστους

Η συγκεκριμένη ανάλυση χρησιμοποιείται για τη μελέτη προγραμμάτων υγείας ή για εναλλακτικές θεραπείες που έχουν ισοδύναμα αποτελέσματα με σκοπό να διασαφηνίσει την οικονομικότερη επιλογή. Είναι μια τεχνική που χρησιμοποιείται σπάνια, διότι είναι λίγες οι περιπτώσεις οικονομικών αναλύσεων που τα υγειονομικά αποτελέσματα είναι ταυτόσημα και για αυτό η μέθοδος έχει περιορισμένη εφαρμογή. (Robinson, 1993c)

3.2.2 Ανάλυση Κόστους- Αποτελεσματικότητας

Σε αυτόν τον τύπο αξιολογήσεων, γίνεται αποτίμηση του κόστους μιας υπηρεσίας ή παρέμβασης σε σύγκριση με τα αποτελέσματά του στο υγειονομικό σύστημα. Στη βαθμονόμηση των παραπάνω μεταβλητών χρησιμοποιούνται χρηματικές μονάδες για την αξιολόγηση του κόστους, ενώ για την μέτρηση της αποτελεσματικότητας χρησιμοποιούνται διάφοροι δείκτες θνησιμότητας, τα κερδισμένα έτη ζωής, η κλινική επιτυχία ή αποτυχία της παρέμβασης και η αύξηση της ποιότητας ζωής του ασθενούς. (Robinson, 1993b)

Κατά αυτόν τον τρόπο, γίνεται έλεγχος του κόστους μιας μεθόδου και μπορούμε να το συγκρίνουμε με το κόστος άλλων και να προβλέψουμε ποια από αυτές φέρει το υψηλότερο υγειονομικό όφελος και το λιγότερο δυνατό κόστος. Για τη σύγκριση των παρεμβάσεων, είναι σημαντική προϋπόθεση οι αναλύσεις να περιορίζονται στις ίδιες μονάδες μέτρησης του υγειονομικού αποτελέσματος. (Robinson, 1993b)

3.2.3 Ανάλυση κόστους-χρησιμότητας

Η ανάλυση αυτή χρησιμοποιείται σε μελέτες που αξιοποιούν την χρησιμότητα ως μονάδα μέτρησης της αξίας του υγειονομικού αποτελέσματος για κάθε παρέμβαση που αξιολογείται. Έτσι, υπολογίζεται ο δείκτης προστιθέμενου κόστους ανά QALY (μονάδα μέτρησης των ποιοτικώς σταθμισμένων ετών ζωής). Συνεπώς, η μέθοδος αυτή εκφράζει το υγειονομικό όφελος με όρους βελτίωσης της ποιότητας ζωής των ασθενών καθώς και της επιμήκυνσης του χρόνου ζωής τους. Η επιλογή του βέλτιστου προγράμματος έγκειται σε αυτό που θα αποδώσει το λιγότερο πρόσθετο κόστος, με τη βελτίωση της υγείας βάσει των QALYs. (Robinson, 1993e)

3.2.4 Ανάλυση κόστους-οφέλους

Στην ανάλυση αυτή μετράται με χρηματικούς όρους τόσο το κόστος της μεθόδου όσο και τα αποτελέσματά της. Έτσι, μπορεί να υπολογιστεί ο δείκτης κόστους ανά όφελος. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται κυρίως σε προγράμματα με διαφορετικούς στόχους και παραγόμενο όφελος και μπορεί να αποδείξει αν το πρόγραμμα αυτό μπορεί να υλοποιηθεί αναδεικνύοντας το προκαλούμενο όφελος ή τη ζημιά. (Robinson, 1993a)

3.3 Σημασία οικονομικής αξιολόγησης στον καρκίνο και κοινωνικές ανισότητες

Ο καρκίνος αποτελεί τη δεύτερη κύρια αιτία θανάτου παγκοσμίως και αναμένεται μέχρι το 2050 να αυξηθούν σημαντικά τα ποσοστά θνησιμότητας. (Huhulea κ.ά., 2025) Ο καρκίνος επηρεάζει όλες τις κοινωνικές ομάδες ανεξαρτήτων οικονομικής και κοινωνικής κατάστασης με αποτέλεσμα η ισότητα και η πρόσβαση στα υγειονομικά συστήματα να καθορίζει και τα ποσοστά θνησιμότητας από τη νόσο. Η οικονομική επιβάρυνση των θεραπειών καθώς και η εντατική παρακολούθηση των ογκολογικών ασθενών αποτελεί μια ιδιαίτερη πρόκληση στην διαχείριση της νόσου. Με βάση μια μελέτη που πραγματοποιήθηκε στις ΗΠΑ, σε 9,5 εκατομμύρια περιπτώσεις καρκίνου, διαπιστώθηκε ότι το 42,4% των ασθενών εξάντλησαν τις αποταμιεύσεις μιας ζωής εντός δύο ετών. (Gilligan κ.ά., 2018) Επίσης, παρατηρήθηκε ότι ο οικονομικός αντίκτυπος των ανισοτήτων στην υγεία στις ΗΠΑ έφερε καταστροφικά αποτελέσματα σε οικονομικό επίπεδο στο σύστημα υγείας, χρεώνοντας 93 δισεκατομμύρια δολάρια σε υπερβολικό κόστος περίθαλψης και 42 δισεκατομμύρια δολάρια σε απώλεια παραγωγικότητας λόγω πρόωγων θανάτων. (Mohan & Chattopadhyay, 2020) Συνεπώς, η αναζήτηση οικονομικότερων τεχνικών είναι επιτακτική ανάγκη για τη βελτίωση της βιωσιμότητας του συστήματος υγείας και της αύξησης της ποιότητας παροχής υπηρεσιών υγείας σε ογκολογικούς ασθενείς.

Δεδομένου του υπέρογκου οικονομικού κόστους που σχετίζεται με την περίθαλψη του καρκίνου, ένας προγνωστικός παράγοντας οικονομικής διαχείρισης και ωφέλειας της θεραπείας, θα μπορούσε να βοηθήσει στην υποστήριξη των ασθενών. Οι παρεμβάσεις αυτές περιλαμβάνουν οικονομική συμβουλευτική, προγράμματα υποστήριξης και προσαρμογής θεραπευτικών επιλογών. Η έγκαιρη αναγνώριση της οικονομικής πίεσης θα μπορούσε επίσης να διευκολύνει τη βελτίωση της πρόσβασης σε πόρους και τον καλύτερο συντονισμό της περίθαλψης, μειώνοντας τελικά τον κίνδυνο καθυστερημένων θεραπειών ή εγκατάλειψης της περίθαλψης λόγω οικονομικών δυσκολιών. (Istasy κ.ά., 2022) Συνεπώς, για την ελαχιστοποίηση της μεροληψίας και τη διασφάλιση δίκαιων αποτελεσμάτων, η έρευνα για την ΤΝ πρέπει να δώσει προτεραιότητα σε ποικίλα, αντιπροσωπευτικά σύνολα δεδομένων, ιδίως σε εκείνα που περιλαμβάνουν μειονότητες. (Istasy κ.ά., 2022)

Εκτός της εισαγωγή οικονομικά αποδοτικών παρεμβάσεων είναι σημαντικό να διασφαλιστεί η ισότιμη πρόσβαση και η παροχή αξιόπιστων αποτελεσμάτων από εφαρμογές ΤΝ ακόμα και για μειονότητες. Για παράδειγμα, οι περιορισμοί πόρων οδηγούν σε κενά στην καταγραφή των

βιολογικών δεδομένων των ασθενών, οδηγώντας ενδεχομένως σε προβλήματα σύγχυσης στις στατιστικές αναλύσεις ή σε σφάλματα λανθασμένης ταξινόμησης στην MM. (Yu κ.ά., 2021) Επίσης, σε μια άλλη μελέτη διαπιστώθηκαν ανισότητες μεταξύ φυλετικών ομάδων στους αλγόριθμους πρόβλεψης κινδύνου υγειονομικής περίθαλψης, όπου οι μαύροι ασθενείς ήταν συχνά πιο άρρωστοι από τους λευκούς με την βαθμολογία κινδύνου να παραμένει ίδια, οδηγώντας σε άνιση κατανομή της υγειονομικής περίθαλψης. (Korn κ.ά., 2023) Με βάση τα παραπάνω, ενώ η ενσωμάτωση της TN στην υγειονομική περίθαλψη προσφέρει τεράστια υπόσχεση, η ηθική και αποτελεσματική χρήση της TN παραμένει μια συνεχής συζήτηση.

Κεφάλαιο 4: Μεθοδολογία

4.1 Σκοπός της Μελέτης

Η διπλωματική εργασία πραγματεύεται τη συστηματική ανασκόπηση της πρόσφατης βιβλιογραφίας (τελευταίας πενταετίας) σχετικά με τις εφαρμογές, τα οφέλη και τη σχέση κόστους- αποτελεσματικότητας της TN στην ογκολογία. Το κεντρικό ερευνητικό ερώτημα εστιάζει στο μοντέλο PICO και πραγματεύεται την οικονομική αποτελεσματικότητα της χρήσης της TN στην ογκολογία και εξετάζει την οικονομική αποτελεσματικότητα σε σύγκριση με τις συμβατικές υπηρεσίες φροντίδας. Ο σκοπός της μελέτης είναι να εκτιμηθεί υπό ποιες συνθήκες η χρήση της TN είναι οικονομικά ωφέλιμη να χρησιμοποιείται στους χώρους υγείας, αν μειώνει τις δαπάνες στις δομές υγείας, αν βοηθάει και επεκτείνει το προσδόκιμο ζωής ογκολογικών ασθενών και κατά συνέπεια αν προάγει τη δημόσια υγεία και αναπτύσσει οικονομικά βιώσιμα μοντέλα στις υπηρεσίες περίθαλψης.

4.2 Ερευνητική Προσέγγιση

Για την επίτευξη του παραπάνω σκοπού, η συστηματική ανασκόπηση ακολούθησε αυστηρά τις κατευθυντήριες οδηγίες PRISMA 2020 (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses). Η ανασκόπηση αυτή διαμορφώθηκε στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας που απαιτείται στο μεταπτυχιακό πρόγραμμα σπουδών, με σκοπό τη δημοσίευσή της σε επιστημονικά περιοδικά. Για την εξαγωγή ολοκληρωμένων και αξιόπιστων συμπερασμάτων κρίθηκε αναγκαίος ο προσδιορισμός κριτηρίων συμπερίληψης και αποκλεισμού μελετών, με την χρήση τυποποιημένων εργαλείων αξιολόγησης του κινδύνου συστηματικού σφάλματος.

4.3 Μέθοδος

Η εφαρμογή της TN στο χώρο της ογκολογίας, αναμφίβολα έχει φέρει σημαντικές αλλαγές στον τρόπο που αντιλαμβανόμαστε τις υπηρεσίες υγείας στο σήμερα. Η δυνατότητα αύξησης

της διαγνωστικής ευαισθησίας των τεχνικών διάγνωσης, η ανάπτυξη εξατομικευμένης θεραπείας και παρακολούθησης των ασθενών ανοίγουν το πεδίο διερεύνησης της αποτελεσματικότητας αυτής της τεχνικής σε οικονομικό επίπεδο. Συνεπώς, η ανάγκη για συγκρότηση μιας συστηματικής ανασκόπησης με την επιστημονική βιβλιογραφία που μελετά την καινοτόμα αυτή τεχνική από οικονομικής άποψης είναι επιτακτική. Σε αυτό το πλαίσιο, η παρούσα συστηματική ανασκόπηση διερευνεί τη βάση και τις εφαρμογές που επικεντρώνεται σήμερα η TN στην ογκολογία, αναλύει τα οφέλη που έχει προσφέρει τόσο σε ιατρικό επίπεδο όσο και στον ασθενή και συνοψίζει αν η τεχνική αυτή εκτός από ανάπτυξη των υπηρεσιών υγείας συμβάλλει και στην μείωση του κόστους τεχνικών και κατευθυντήριων οδηγιών που παραδοσιακά ακολουθούνταν στην ογκολογία. Το πρωτόκολλο αυτής της συστηματικής ανασκόπησης καταχωρίθηκε στο μητρώο Open Science Framework (OSF) και έλαβε αντίστοιχα αριθμό καταχώρησης (DOI: <https://doi.org/10.17605/OSF.IO/5CTS4>).

Βασικός στόχος της ανασκόπησης είναι η συστηματική καταγραφή και ανάλυση της βιβλιογραφίας όπου αποτιμάται η επίδραση της TN στα κλινικά αποτελέσματα ογκολογικών ασθενών υπό το πρίσμα της οικονομικής αξιολόγησης με σκοπό την ανάλυση του κόστους-αποτελεσματικότητας των νέων αυτών εφαρμογών.

Με βάση το μοντέλο PICO, το κεντρικό ερευνητικό ερώτημα συνοψίζεται ως εξής: Πληθυσμός (P) είναι ασθενείς που πάσχουν από οποιοδήποτε υπότυπο καρκίνου. Παρέμβαση (I) αποτελεί η εφαρμογή τεχνολογιών TN, όπως εργαλεία BM, MM, πλατφόρμες και δεδομένα βάσεων που χρησιμοποιούνται στην ογκολογία. Σύγκριση (C) γίνεται με τις συμβατικές ιατρικές πρακτικές χωρίς την χρήση TN σε πλαίσιο οικονομικής αποτελεσματικότητας. Αποτελέσματα (O) περιλαμβάνουν κλινικά αποτελέσματα, όπως τα ποσοστά επιτυχίας της διάγνωσης και ευαισθησία της τεχνικής, μέτρηση του χρόνου και των πόρων που εξοικονομήθηκαν, η ικανοποίηση των ασθενών και η αύξηση του προσδόκιμου ζωής. Χρόνος (T) ορίστηκε τα τελευταία πέντε έτη, διότι κατόπιν οδηγίας του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου την 1^η Αυγούστου 2024 τέθηκε σε ισχύ ο κανονισμός για την TN, μία πράξη που προωθεί την ανάπτυξη της TN και στον χώρο της υγείας. Συνεπώς, σε αυτήν την πενταετία περιλαμβάνονται όλες οι εφαρμογές TN που έχουν χρησιμοποιηθεί το τελευταίο διάστημα και με ακρίβεια διαφαίνονται αυτές που όντως συνέβαλαν στον εκσυγχρονισμό της υγείας, χρησιμοποιούνται μέχρι σήμερα και έχουν κοστολογηθεί σε επίπεδο αποτελεσματικότητας και χρησιμότητας. (Regulation (EU) 2024/1689, 2024)

Οι μελέτες που συμπεριλήφθηκαν στο δείγμα αφορούσαν πρωτογενείς μελέτες εκτός ανασκοπήσεων, μεγέθους δείγματος άνω των 10 ατόμων για τη στατιστική πιστότητα των αποτελεσμάτων, την αποφυγή μεροληψίας καθώς και την αξιοπιστία των δεδομένων. (Beck, 2006) Για τη διαμόρφωση του τελικού δείγματος της ανασκόπησης εφαρμόστηκαν αυστηρά κριτήρια διαλογής. Ως κριτήρια συμπερίληψης αποτέλεσαν μελέτες οικονομικής ανάλυσης που αφορούσαν την εφαρμογή της TN σε όλους τους τομείς της ογκολογίας. Σε αυτές εντάχθηκαν, τυχαιοποιημένες μελέτες, μελέτες κοορτής, ποιοτικές μελέτες, μελέτες που βασίζονται στο μοντέλο Markov ή μοντέλα μικροσομοίωσης. Εν συνεχεία, απαιτήθηκε η αναφορά σε μετρήσιμα οικονομικά αποτελέσματα με βάση καθιερωμένους δείκτες οικονομικής αξιολόγησης, οι οποίοι επιτρέπουν την αξιολόγηση της χρηματοοικονομικής υγείας, της κερδοφορίας και της αποδοτικότητας ενός οργανισμού υγείας. Περιλήφθηκαν μόνο οικονομικές μελέτες που δημοσιεύτηκαν στην αγγλική γλώσσα και υπήρχε πρόσβαση στο πλήρες άρθρο. Σε αυτό το πλαίσιο, αποκλείστηκαν οικονομικές μελέτες που δεν αφορούσαν την εφαρμογή της TN ή αποκλείστηκαν μελέτες που δεν εντάσσεται στο ογκολογικό πεδίο. Επίσης, δεν συμπεριλήφθηκαν περιλήψεις συνεδρίων, συντακτικά σχόλια και άρθρα γνώμης.

Η στρατηγική αναζήτησης μελετών σχεδιάστηκε κατάλληλα ώστε να διασφαλιστεί η πληρότητα και η ποιότητα των αποτελεσμάτων και να καταγράψει μελέτες οικονομικής αξιολόγησης της TN σε ογκολογικούς ασθενείς. Συγκεκριμένα, στις 27 Μαρτίου 2026 έγινε αναζήτηση στις τρεις βάσεις δεδομένων PubMed, Scopus και Google Scholar. Σε αυτές τις πλατφόρμες χρησιμοποιήθηκε η σύνθετη αναζήτηση συνδυάζοντας τους όρους "Artificial Intelligence", "Machine Learning", "Deep Learning", "Neural Networks", "AI", "Predictive models", "Algorithm", "Neoplasms", "cancer", "oncology", "tumor", "tumour", "Malignancy", "Cost-Benefit Analysis", "Cost-effectiveness", "Economic evaluation", "Health economics", "Cost analysis", "Cost-utility analysis", "Economic impact" με χρήση τελεστών (AND, OR) και περικοπών (*). Προσαρμόστηκαν στα φίλτρα αναζήτησης οι εμφανιζόμενες μελέτες να μην είναι ανασκοπίσεις (όλες εκτός Review) και να αφορούν το διάστημα δημοσίευσης 2021 με σήμερα (27/03/2026). Χρησιμοποιήθηκε το Zotero ως βάση διαχείρισης των βιβλιογραφικών δεδομένων.

Η διαδικασία επιλογής πραγματοποιήθηκε σε τρία στάδια και αποτυπώνεται γραφικά μέσω του διαγράμματος PRISMA2020. Αρχικά, πραγματοποιήθηκε προκαταρκτική διαλογή με ανάγνωση των επιμέρους τίτλων. Απορρίφθηκαν μελέτες που δεν περιελάμβαναν οικονομικές αξιολογήσεις και συμπεριλήφθηκαν αυτές που περιελάμβαναν τους παραπάνω όρους. Επίσης, από τις μηχανές αναζήτησης δεν συμπεριλήφθηκαν περιλήψεις συνεδρίων, διατριβές, βιβλία,

ερευνητικά πρωτόκολλα και ανασκοπήσεις με σκοπό να διασφαλιστεί η ποιότητα και η αξιοπιστία των στοιχείων της ανασκόπησης. Στη συνέχεια, από τις μελέτες αυτές διαβάστηκε η περίληψη βάσει της οποίας έγινε το δεύτερο στάδιο διαλογής. Στη διαλογή συνέβαλαν δύο ανεξάρτητοι ερευνητές που ακολούθησαν την παραπάνω διαδικασία. Τυχόν διαφωνίες που προέκυψαν επιλύθηκαν από τρίτο ερευνητή. Τέλος, έγινε ανάγνωση όλου του κειμένου των επιλεγμένων άρθρων για τελική ένταξη στο δείγμα. Στο επιλεγμένο δείγμα, πραγματοποιήθηκε αξιολόγηση κινδύνου συστηματικού σφάλματος με χρήση τυποποιημένων εργαλείων. Για μελέτες προσομοίωσης χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο ISPOR, για μη τυχαιοποιημένες μελέτες το εργαλείο Cochrane Risk of Bias Tool (RoB) καθώς και άλλα εργαλεία ανάλογα με τον τύπο μελέτης όπως το εργαλείο Consolidated Health Economic Evaluation Reporting Standards (CHEERS) 2022 που είναι για οικονομικές αξιολογήσεις. Σε όλες τις μελέτες εφαρμόστηκε η εξέταση βάση της μεθοδολογίας Drummond. (Adamiak, 2006) Για τη διαφάνεια και ευκρίνεια της διαδικασίας παρατίθεται ο συγκεντρωτικός πίνακας αξιολόγησης Risk of Bias.

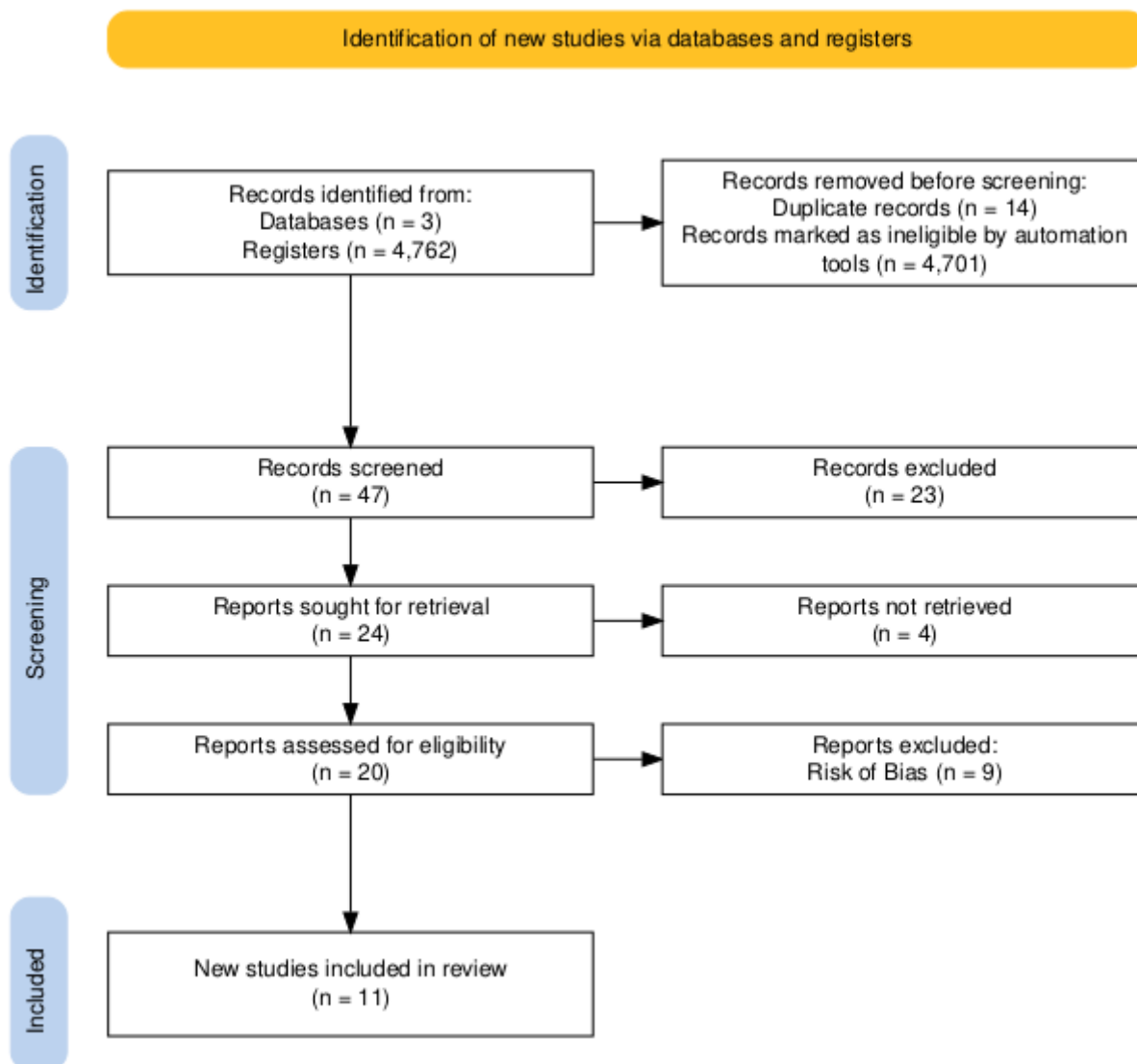
A/A	Μελέτη	Τύπος μελέτης	Περιγραφή επικινδυνότητας	Εργαλείο αξιολόγησης	Αιτιολόγηση αποδοχής/απόρριψης
1	(Du κ.ά., 2025)	Οικονομική Μελέτη Μικροπροσομοίωσης	Μέτριος λόγω υποθέσεων	ISPOR +Drummond	Αποδεκτή
2	(Mital & Nguyen, 2022)	Μικροπροσομοίωση με διάγραμμα αποφάσεων	Μέτριος λόγω περιορισμένων δεδομένων	CHEERS +Drummond	Αποδεκτή
3	(Salim κ.ά., 2024)	Τυχαιοποιημένη	Μέτριος	RoB +Drummond	Αποδεκτή
4	(Deng κ.ά., 2025)	Αναδρομική	Μέτριος–Υψηλός	QUADAS-2 +Drummond	Περιορισμένη αξιοπιστία λόγω αναδρομικής σύνθεσης δεδομένων
5	(Tang κ.ά., 2026)	Διαγνωστική	Μέτριος–Υψηλός	QUADAS-2 +Drummond	Μικρό δείγμα
6	(van Doonijeweer	Μικροπροσομοίωση	Μέτριος–Υψηλός	ROBINS-I +Drummond	Μεροληψία κατανομής

	t κ.ά., 2024)				
7	(Ziegelmay er κ.ά., 2022)	Μοντέλο Markov	Μέτριος	ECOBIAS +Drummond	Αποδεκτή,
8	(Goh κ.ά., 2026)	Μοντέλο Markov	Χαμηλός–Μέτριος	CHEERS +Drummond	Αποδεκτή
9	(Maas κ.ά., 2026)	Μοντέλο Markov	Μέτριος–Υψηλός	CHEERS +Drummond	Υποθετική TN με υποθέσεις επιβίωσης
10	(Kacew κ.ά., 2021)	Μοντέλο Markov	Μέτριος–Υψηλός	ECOBIAS +Drummond	Χωρίς επικύρωση αποτελεσμάτων
11	(Barkun κ.ά., 2023)	Μοντέλο αποφάσεων	Χαμηλός–Μέτριος	ECOBIAS +Drummond	Αποδεκτή
12	(Hill κ.ά., 2024)	Μοντέλο Markov	Χαμηλός–Μέτριος	ECOBIAS +Drummond	Αποδεκτή
13	(Wong κ.ά., 2025)	Μοντέλο Markov	Μέτριος–Υψηλός	ECOBIAS +Drummond	Μη Αποδεκτή, λόγω αύξησης μεροληψίας
14	(Godfrey κ.ά., 2026)	Μοντέλο Markov	Μέτριος	ECOBIAS + Drummond	Αποδεκτή
15	(Monlezun κ.ά., 2022)	Διάγραμμα αποφάσεων	Σοβαρός	ROBINS-I + Drummond	Μη αποδεκτή για αιτιώδη συμπεράσματα
16	(Andersen κ.ά., 2026)	Παρατηρητική Κοορτή	Χαμηλός–Μέτριος	ECOBIAS +Drummond	Αποδεκτή·
17	(Areia κ.ά., 2022)	Μικροπροσομοίωση	Μέτριος	ECOBIAS +Drummond	Αποδεκτή·
18	(Smak Gregoor κ.ά., 2023)	Μοντέλο Markov	Μέτριος–Υψηλός	CHEERS + Drummond	Μη αποδεκτή λόγω βραχυπρόθεσμης παρατήρησης
19	(Mizutani κ.ά., 2026)	Μοντέλο Markov	Χαμηλός	CHEERS +Drummond	Αποδεκτή·

20	(Auguste κ.ά., 2026)	Παρατηρητική Κοορτή	Υψηλός	CHEERS + Drummond	Ισχυρές παραδοχές, ελλιπή δεδομένα TN, υψηλή αβεβαιότητα
----	-------------------------	------------------------	--------	----------------------	--

Πίνακας 1: Στον πίνακα αυτόν παρουσιάζονται οι μελέτες που αξιολογήθηκε ο κίνδυνος συστηματικού σφάλματος. Συγκεκριμένα αναφέρεται η μελέτη, το εργαλείο αξιολόγησης, η περιγραφή επικυνδυνότητας και το τελικό αποτέλεσμα συμπερίληψης ή αποκλεισμού από την ανασκόπηση. Για λόγους ευκρίνειας με γκρι σκίαση επισημαίνονται οι μελέτες που αποκλείστηκαν.

Συνολικά βρέθηκαν 4762 αρχεία σε όλες τις βάσεις δεδομένων. Κατόπιν εξαίρεσης των περιλήψεων συνεδρίων, διατριβές, ανασκοπήσεων και άλλων αρχείων που δεν αποτελούσαν μελέτες έμειναν 47, από τις οποίες αφαιρέθηκαν τα διπλότυπα που ήταν 14. Στη συνέχεια, διαβάστηκαν οι περιλήψεις των μελετών όπου διαπιστώθηκε ότι 23 από αυτές τις μελέτες δεν πληρούσαν τα κριτήρια ένταξης είτε γιατί δεν ήταν οικονομικές αξιολογήσεις, είτε γιατί δεν αφορούσαν την ογκολογία. Έτσι απέμειναν 24 μελέτες εκ των οποίων στις 4 δεν υπήρξε πρόσβαση στο πλήρες άρθρο. Τέλος, έμειναν 11 μελέτες που πληρούσαν τα κριτήρια της ανασκόπησης καθώς, εξετάστηκε ο κίνδυνος μεροληψίας όπου αποκλείστηκαν 9 μελέτες λόγω αξιολόγησης με υψηλό κίνδυνο. Τα παραπάνω αναπαριστώνται συνοπτικά στο διάγραμμα ροής PRISMA που παρατίθεται παρακάτω. (Διάγραμμα 1)



Διάγραμμα 1: Διάγραμμα ροής PRISMA 2020 που αναπαριστά σχηματικά τη διαδικασία διαλογής των μελετών που εξετάζουν την οικονομική αξιολόγηση εγκατάστασης TN στην ογκολογία. Πηγή: (Haddaway et al., 2022)

Η πρώτη φάση εξαγωγής δεδομένων πραγματοποιήθηκε με κατασκευή ενός πίνακα, όπου συμπεριλήφθηκαν βασικά αναγνωριστικά στοιχεία των μελετών όπως ο συγγραφέας, το έτος δημοσίευσης, το τόπος διεξαγωγής της μελέτης, ο τύπος μελέτης, η χρησιμοποιούμενη καινοτόμα τεχνολογία TN, ο υπότυπος καρκίνου στον οποίο μελετήθηκε, ο σχεδιασμός της μελέτης, ο όγκος δείγματος, τα οικονομικά οφέλη, τα βασικά ευρήματα της μελέτης και τα μετρούμενα αποτελέσματα με βάση των οποίων έγινε η αξιολόγηση. Τέλος, η σύνθεση το δεδομένων έγινε αφηγηματικά και ακολούθησε αυστηρά τις κατευθυντήριες γραμμές PRISMA2020.

4.4 Στοχοθεσία και Ερευνητικά Ερωτήματα Διπλωματικής

Αυτή η συστηματική ανασκόπηση εξετάζει την οικονομική αξιολόγηση ένταξης της TN ως καινοτόμα τεχνολογία πρόληψης και θεραπείας του καρκίνου. Οι τεχνολογίες αυτές δύναται να συμβάλλουν στην ενίσχυση της ακρίβειας της διάγνωσης και να επιταχύνουν την πρόσβαση στη θεραπεία με σκοπό την έγκαιρη αντιμετώπιση της ασθένειας. Η κατανόηση των κινήτρων ενσωμάτωσης σε δομές υγείας ενισχύεται με την μελέτη της οικονομικής αποτελεσματικότητας τους, καθώς εκτός από κερδοφόρες για έναν ασθενή μπορούν να αποβούν ωφέλιμες οικονομικά για τον οργανισμό και κατ' επέκταση για την βελτίωση της οικονομίας. Μείωση της χρήσης πόρων, με τεχνητή υψηλότερης ακρίβειας και θεραπείας συνεπάγεται καλύτερο αποτέλεσμα για την υγεία και την οικονομία. Συνεπώς, στην ανασκόπηση καταγράφονται συστηματικά οι υπάρχουσες εφαρμογές TN και στον υπότυπο καρκίνου που χρησιμοποιούνται. Βάσει αυτών, δίνεται έμφαση στα οικονομικά οφέλη των τεχνικών και της σχέσης κόστους αποτελεσματικότητας ως στοιχείο επίδρασης στην υγειονομική περίθαλψη. Τέλος, εντοπίζονται οι υφιστάμενες προκλήσεις και οι περιορισμοί που συμπληρώνουν την εικόνα αναζήτησης καλύτερων τεχνικών ή ικανών να προσδώσουν βέλτιστα οικονομικά οφέλη στις επιχειρήσεις.

Οι κύριοι στόχοι της μελέτης είναι:

1. Χαρτογράφηση των εφαρμογών TN την ογκολογία.
2. Αξιολόγηση της οικονομικής αποτελεσματικότητας των τεχνολογιών αυτών.
3. Σύγκριση της οικονομικής ωφέλειας με παραδοσιακές ιατρικές πρακτικές
4. Αποτίμηση της αποτελεσματικότητας σε επίπεδο οργανισμού και συστήματος υγείας γενικότερα

Ερευνητικά Ερωτήματα:

1. Ποιες είναι οι τελευταίες τεχνολογίες TN που χρησιμοποιούνται στην ογκολογία και ποιες οι εφαρμογές τους;
2. Ποια είναι τα οφέλη αυτών των εφαρμογών και πως σχετίζονται η χρήση τους με την οικονομική βελτίωση της υγειονομικής μονάδας;

3. Είναι εν τέλει οικονομικά ωφέλιμη η ενσωμάτωση τέτοιων τεχνικών στα συστήματα υγείας.
4. Τι οφέλη μπορούν να προσδώσουν στο σύστημα υγείας γενικότερα αλλά και στην ευρύτερη οικονομική κατάσταση της χώρας;

4.5 Ηθικά Ζητήματα και Δεοντολογίας

Η παρούσα ανασκόπηση δεν βασίζεται σε πρωτογενή συλλογή δεδομένων ούτε περιλαμβάνει συμμετοχή ανθρώπινων υποκειμένων. Ως εκ τούτου, δεν απαιτήθηκε έγκριση από επιτροπή ηθικής και δεοντολογίας. Το σύνολο των πληροφοριών προήλθε από ήδη δημοσιευμένες μελέτες, οι οποίες είχαν λάβει τις απαραίτητες εγκρίσεις από τις αρμόδιες επιτροπές πριν από τη δημοσίευσή τους. Η εκπόνηση της εργασίας πραγματοποιήθηκε με πλήρη προσήλωση στις αρχές της επιστημονικής ακεραιότητας και διαφάνειας, σύμφωνα με τα δεοντολογικά πρότυπα που διέπουν τις συστηματικές βιβλιογραφικές ανασκοπήσεις.

Κεφάλαιο 5: Αποτελέσματα

Με το πέρας της διαδικασίας, συνολικά εντοπίστηκαν έντεκα πρωτογενείς μελέτες που πληρούσαν τα κριτήρια ένταξης της συστηματικής ανασκόπησης. Οι μελέτες καλύπτουν ένα μεγάλο φάσμα καινοτόμων εφαρμογών της TN στην ογκολογία εντός της πενταετίας. Το εύρημα αυτό υποδηλώνει τη διευρυμένη εφαρμογή της TN στην ογκολογία και της ανάγκης αναζήτησης μιας τεχνικής που δύναται να μειώσει το κόστος των υπηρεσιών περίθαλψης. Επιπλέον, η TN παρατηρήθηκε ότι βρίσκει εκτεταμένη χρήση παγκοσμίως με τις περιοχές που υιοθετούν την χρήση της να μην περιορίζεται μόνο σε ευρωπαϊκές και αμερικανικές χώρες αλλά να χρησιμοποιούνται στην Ιαπωνία, στην Σιγκαπούρη και στον Καναδά. Συνεπώς, η γεωγραφική κατανομή αξιολόγησης της μεθόδου χρήζει παγκόσμιο ενδιαφέρον σε περιοχές με ανεπτυγμένα υγειονομικά συστήματα που αξιολογούν την καινοτόμα αυτή μέθοδο με σκοπό την εφαρμογή σε ευρύτερη κλίμακα.

Σχετικά με την καινοτόμα τεχνική που χρησιμοποιήθηκε σε κάθε μελέτη παρατηρήθηκε ότι χρησιμοποιήθηκαν κατά κύριο λόγο εργαλεία BM μαζί με την επεξεργασία εικόνων. Αυτός ο μηχανισμός βοήθησε στην ανίχνευση κακοήθειας σε διάφορους τύπου καρκίνου όπως στο μαστό (Andersen κ.ά., 2026), στο ορθοκολικό (Barkun κ.ά., 2023), στον πνεύμονα (Ziegelmayr κ.ά., 2022) στον προστάτη (Du κ.ά., 2025) και στο στομάχι. (Mizutani κ.ά., 2026) Με αυτόν τον τρόπο ήταν εφικτή η γρήγορη ανίχνευση και η κατηγοριοποίηση της σοβαρότητας του όγκου χωρίς να αξιολογείται η μελλοντική εξέλιξη της νόσου. Το ενδιαφέρον σε αυτές τις μελέτες ήταν στην εύρεση της οικονομικότερης, ακριβέστερης και πιο ευαίσθητης τεχνικής σε σύγκριση με τις παραδοσιακές πρακτικές. Η πλειονότητα των μελετών κατέληξε ότι η χρήση της TN προσέφερε καλύτερα αποτελέσματα και ακριβέστερη ανίχνευση μειώνοντας τα ποσοστά θανάτου. Ενώ όλες αναφέρονταν στην οικονομική αποδοτικότητα της μεθόδου, η μελέτη των Andersen et al. 2026 είναι η μόνη που παρατήρησε ότι η TN ήταν πολύ δαπανηρή.

Σε άλλες μελέτες, η χρήση της TN πάλι επικεντρώθηκε σε εργαλεία BM και σύγκρισης εικόνων, παρόλα αυτά ο απώτερος σκοπός επικεντρώθηκε στην πρόβλεψη της πιθανότητας κινδύνου νόσησης. Οι μελέτες ανέλυσαν εικόνες και υλικό από εξετάσεις, συγκέντρωσαν στοιχεία γενετικής και οικογενειακού ιστορικού και κατόπιν σύνδεσης και επεξεργασίας των δεδομένων έβγαλαν πορίσματα πιθανότητας νόσησης. Η παραπάνω τεχνική εφαρμόστηκε σε καρκίνο του μαστού, δηλαδή και οι πέντε μελέτες που επικεντρώθηκαν στην χρήση αυτού του

εργαλείου δεν εξέτασαν μόνο την περίπτωση νόσησης από καρκίνο του μαστού (screening) αλλά και την πιθανότητα εμφάνισης στο μέλλον. (Du κ.ά., 2025; Hill κ.ά., 2024; Mital & Nguyen, 2022; Salim κ.ά., 2024) Τέλος, μία μελέτη χρησιμοποίησε απεικονιστικές εικόνες σε συνδυασμό με συστήματα MM σε μια προσπάθεια αξιολόγησης της ταξινόμησης του κινδύνου εμφάνισης οζιδίων στους πνεύμονες. (Godfrey κ.ά., 2026) Οι μελέτες ομαδοποιήθηκαν με βάση τον τύπο καρκίνου που μελέτησαν με σκοπό να αξιολογηθεί το υλικό και τα συμπεράσματα χρησιμοποίησης της TN σε κάθε όγκο ξεχωριστά, καθώς για κάθε υπότυπο καρκίνου χρησιμοποιούνται άλλες μέθοδοι θεραπείας, άλλα πρωτόκολλα και άλλες κατευθυντήριες οδηγίες. Τα παραπάνω συνοψίζονται στον πίνακα 1.

ΥΠΟΥΧΟΣ CA	ΣΥΓΓΡΑΦΕΑΣ	ΧΩΡΑ	ΤΥΠΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ	ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ	ΔΕΙΓΜΑ	ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΟΦΕΛΗ	ΒΑΣΙΚΑ ΕΥΡΗΜΑΤΑ	ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ
Καρκίνος Μαστού	(Mital & Nguyen, 2022)	ΗΠΑ/Καναδάς	Μελέτη μικροπροσομύωσης	Πρόβλεψη πιθανότητας κινδύνου με τεχνητή AI VS PRS και οικογενειακό ιστορικό	Διάγραμμα αποφάσεων (Decision tree)	100.000 γυναίκες κάτω των 40 ετών χωρίς ιστορικό Καρκίνου του μαστού	TN πιο οικονομικά αποδοτική από PRS και οικογενειακό ιστορικό	Η πρόβλεψη κινδύνου με χρήση τεχνητής νοημοσύνης για γυναίκες χαμηλού κινδύνου είναι η πιο οικονομικά αποδοτική στρατηγική	QALYs, ICER, λανθασμένα θετικά, θάνατοι
	(Hill κ.ά., 2024)	Ηνωμένο Βασίλειο	Μοντέλο ανάλυσης αποφάσεων	Διαστρωμάτωση κινδύνου βάσει TN Mittai (παρογενετικό μοντέλο βλάβης μίθωσης) με στόχο πρόβλεψης κινδύνου και όχι ανίχνευση όγκου στο μαστό	Σύγκριση μοντέλου TN προσδιορισμού της κατάταξης του κινδύνου έναντι του τρέχοντος προγράμματος που χρησιμοποιείται στο σύστημα υγείας της Αγγλίας.	Υποθετικό cohort δείγματος 174.523 γυναικών ηλικίας 50-70 ετών	1. Τα προγράμματα διαστρωμάτωσης κινδύνου που βασίζονται στην TN εκτιμήθηκε ότι εξοικονομούν κόστος και αυξάνουν τα QALY σε σύγκριση με το τρέχον πρόγραμμα διαλόγης. 2. Έτησιο όφελος £60-85M. 3. Βελτίωση στην οικονομική αποδοτικότητα των σχημάτων διάλογής σε σύγκριση με το βασικό μοντέλο.	QALYs, κόστος NHS, επίπεδο καρκίνου, θάνατοι που αποφεύχθηκαν	
	(Salim κ.ά., 2024)	Σουηδία	Τυχαιοποιημένη κλινική δοκιμή	Χρήση πλατφόρμας TN: AISmartDensity για επίλυση εξέτασης με MRI (ScreenTrustMRI)	Τυχαιοποιημένη ελεγχόμενη δοκιμή	59.354 γυναίκες	MRI σε 69% του πληθυσμού → υψηλή απόδοση/ κόστος ανά QALY που εξοικονομήθηκε για συμπληρωματική μαγνητική τομογραφία κάθε 3 χρόνια σε 37.181 €.	1. Η πλατφόρμα TN είναι τέσσερις φορές πιο αποτελεσματική σε σχέση με παραδοσιακές πρακτικές. 2. Χρήση ως εναλλακτική προσέγγιση με δυνατότητα μείωσης της χρήσης μαγνητικής τομογραφίας και περαιτέρω αύξησης της σχέσης κόστους-αποτελεσματικότητας.	Ρυθμός ανίχνευσης κακοήγιας, χαρακτηριστικά όγκου
	(Goh κ.ά., 2026)	Σιγκαπούρη	Markov μοντέλο	FxMammo (FathomX)	Υβριδικό μοντέλο με υποβοήθησης ακτινολόγου με TN και μόνο TN	Υποθετικό δείγμα 10.000 γυναίκες	1. Η στρατηγική με TN απέδωσε περισσότερες θετικές ανιχνεύσεις και σημαντικά λιγότερα ψευδώς αρνητικές. 2. Αύξηση των ψευδώς θετικών με μόνο TN. 3. Η στρατηγική μόνο με TN πέτυχε τα μεγαλύτερα οφέλη για την υγεία, αποδίδοντας υψηλότερα QALY και τον χαμηλότερο αριθμό ψευδώς αρνητικών αποτελεσμάτων.	1. Ο προσηματοποιητικός έλεγχος που υποστηρίζεται από την TN αύξησε σημαντικά τα ποσοστά ανίχνευσης καρκίνου. 2. Μείωση φόρτου εργασίας κατά 44%. 3. Βελτίωση των αποτελεσμάτων για την υγεία του πληθυσμού. 4. Η χρήση μόνο TN αυξάνει την ευαισθησία, με υψηλότερο βάρος ψευδώς θετικών αποτελεσμάτων και αυξημένο συνολικό κόστος. 5. Η στρατηγική TN + Ακτινολόγος ήταν η πιο οικονομικά αποδοτική	QALYs, ψευδώς θετικά και αρνητικά, δεικτής ICER
	(Andersen κ.ά., 2026)	ΗΠΑ	Μελέτη μικροπροσομύωσης	Saige-Dx: TN για ψηφιακή τομοσύνθεση μαστού που βασίζεται σε CNN	DBT έναντι DBT+TN	Προσομοίωση συνόλου 500.000 γυναικών με μέσο ρίσκο κινδύνου εμφάνισης καρκίνου του μαστού άνω των 40 ετών	1. Μη οικονομικά αποδοτικό (ICER \$303k/QALY). 2. Ο έλεγχος με TN είχε ως αποτέλεσμα αύξηση του κόστους ζωής κατά 936.430 \$ ανά 1000 γυναίκες, με αποτέλεσμα O ICER να είναι 303.279 \$ ανά QALY. 3. Στο 98% των προσομοιώσεων, η TN δεν ήταν οικονομικά αποδοτική σε ένα όριο προθυμίας πληρωμής \$100.000/QALY.	1. Η μελέτη μας δείχνει ότι ο υποβοηθούμενος από την TN έλεγχος παράγει μικρές βελτιώσεις στα αποτελέσματα του καρκίνου του μαστού μέσω μεγαλύτερης ευαισθησίας, αλλά δεν θα θεωρούνταν οικονομικά αποδοτικός με όριο WTP 100.000 δολαρίων ανά QALY. Η TN βελτώνει την ανίχνευση, αλλά είναι πολύ διαπληρή. 2. Παρά τα οφέλη ευαισθησίας, η TN δεν ήταν οικονομικά αποδοτική με την τρέχουσα τιμολόγηση.	QALYs, ICER, θάνατοι

ΥΠΟΤΥΠΩΣΗ CA	ΣΥΓΓΡΑΦΕΑΣ	ΧΩΡΑ	ΤΥΠΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ	ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ	ΔΕΙΓΜΑ	ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΟΦΕΛΗ	ΒΑΣΙΚΑ ΕΥΡΗΜΑΤΑ	ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ
Καρκίνος Προστάτη	(Du κ.ά., 2025)	Σουηδία	Μελέτη μικροπροσομοίωσης	Υποστήριξη παθολόγων με TN νευρωνικού τύπου (3D-CNN)	Διάγραμμα αποφάσεων (Decision tree)	100.000 ανά ρος	1. Ο λόγος ICER(ΠΑΘΟΛΟΓΟΥ + TN) είναι μικρότερος από τον ICER(ΠΑΘΟΛΟΓΟΥ). 2. Η TN μειώνει τον αριθμό βιοψιών που έπρεπε να εξεταστούν από τον παθολόγο κατά 80%. 3. Ο παθολόγος χωρίς υποστήριξη βρήκε ότι έχει υψηλότερο κόστος ανά QALY.	Η υποβοήθηση των παθολόγων με τεχνολογίες TN θα μπορούσε να μειώσει σημαντικά τον φόρτο εργασίας και να εξοικονομήσει κόστος με ελάττωση απώλειες QALY.	ICER, QALYs, δυσάνοση, θνησιμότητα
		Γερμανία	Markov μοντέλο	TN για ανίχνευση όζων πνευμονίας	Διάγραμμα αποφάσεων (Decision tree)	2.635 ασθενείς	Η προσθήκη υποστηρίξεως τεχνολογίας νοημοσύνης (αυξη- μασμένο αριθμό ψευδώς θετικών και αυξημένο αριθμό αληθώς αρνητικών).	1. Η χρήση ενός συστήματος AI στο πλαίσιο διάλογής έχει ως αποτέλεσμα χαμηλότερο κόστος και υψηλότερη αποτελεσματικότητα 2. Ο καθορισμός κατωφλίων για το κόστος των αποτελεσμάτων της τεχνολογίας νοημοσύνης μπορεί να βοηθήσει στην ταχύτερη μεταφορά των συστημάτων τεχνολογίας νοημοσύνης σε κλινική χρήση.	QALYs, ICER, ευσταθισ/ακρίβεια, κόστος ανά απεικόνιση
Καρκίνος Πνεύμονα	(Godfrey κ.ά., 2026)	ΗΠΑ	Ταξινομήση κινδύνου με τη βοήθεια TN έναντι του ιατρού μόνου του	Μοντέλο μηχανικής μάθησης που με- τρά τις αξονικές, αναλυτικά ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά του όζου και αξιολογεί αν πρόκειται για καλοήγη ή κακοήγη	Διάγραμμα αποφάσεων (Decision tree)	12 αξιολογητές, κατάταξη 300 οζιδίων	Για το βασικό σενάριο, η διατροπική κλινική παραμονή οζιδίων που υποστηρίζεται από την τεχνολογία νοημοσύνης είχε ως αποτέλεσμα αύξηση στην ζώνη σε σύγκριση από τον κλινικό ιατρό μόνο του. Με πιθανότητα κακοήθειας πριν από την εξέταση (65%), η τεχνολογία νοημοσύνης ήταν οικονομικά αποδοτική με όριο πρωθυμίας πληρωμής (WTP) 100.000 \$/LYG με αυξητικό λόγο κόστους-αποτελεσματικότητας (ICER) 4.485 \$/LYG.	Σε αυτό το πλαίσιο, η υποστήριξη με τεχνολογία νοημοσύνης θα ήταν μια κατάλληλη και οικονομικά αποδοτική μέθοδος για την διατροπική κλινική κλινικών εφάρμογής όζων, αν και απαιτείται περαιτέρω διερεύνηση της πληθυσμιακής σχέσης κόστους- αποτελεσμάτων. Η τεχνολογία αποτελεσματικότητα σε έναν γενικό πληθυσμό έλεγχου με αποτελεσματικό κακοήθειας κοντά στο όριο του 5% λόγω του μεγαλύτερου κινδύνου ψευδώς θετικών εφάρμογών.	LYs, ICER, WTP
		Καναδάς	υποθετική κοορτή (simulated cohort) στο πλαίσιο Markov μοντέλου	AI Gemini technology (CADe- Computer- Aided Detection)	Σύγκριση CADe vs συμβατικής κολοноσκόπησης σε πλήθυσμό με θειικό ανασχητικό τσιπ καρπώνων.	Υποθετικό cohort 1.000 ασθενών (Markov lifetime horizon)	Η συνολική εξοικονόμηση κόστους ήταν περίπου 14 δολαρίων στην ομάδα CADe. Με βάση τον δείκτη ICER, η GI Genius προσφέρει καλύτερα αποτελέσματα με χαμηλότερο συνολικό κόστος.	1. Η CADe αξιόλογα ADR, μειώνει AMR, βελτώνει LY/QALY, μειώνει κόστος. 2. Μειώνεται το συνολικό κόστος νευρομυϊκής περιβάλλουσας. 3. Η CADe είναι μια οικονομικά αποδοτική στратегία.	LY, QALY, ICER, ADR, AMR, κόστος ανά παρίκτιση
Ορθολοκικός Καρκίνος	(Areia κ.ά., 2022)	Πορτογαλία	Markov μικροπροσομοίωση	Λογισμικό τεχνητής νοημοσύνης (AI) που τα εργαλεία στοχεύουν στην καθοδήγηση των εξεταστικών στην αντανόηση πολυπλοκών κατά τη διάγνωση της κολοноσκόπησης μέσω αναγνώρισης μορφών σε πραγματικό χρόνο	επίδραση της κολοноσκόπησης με υποβοήθηση τεχνητής νοημοσύνης έναντι της τυπικής κολοноσκόπησης στον κάρκινος του παχέος εντέρου	υποθετική ομάδα 100.000 ατόμων	1. Μείωση της συχνότητας εμφάνισης καρκίνου του παχέος εντέρου με αυξητικό κέρδος 4,8% για τον έλεγχο με TN 2. Μείωση της θνησιμότητας από καρκίνο του παχέος εντέρου με την κολοноσκόπηση προληπτικού ελέγχου με TN και αυξητικό κέρδος 3,6%. 3. Εξοικονόμηση κόστους 57 \$ ανά εξέταση.	1. Η Τεχνητή Νοημοσύνη μειώνει τη συχνότητα εμφάνισης και τη θνησιμότητα του καρκίνου του παχέος εντέρου (KIE). 2. Έδειξε επίρρα εξοικονόμηση 290 εκατομμυρίων δολαρίων ΗΠΑ. 3. Είναι μια στратегία εξοικονόμησης κόστους για την προαγωγή πρόληψη της συχνότητας εμφάνισης και της θνησιμότητας του καρκίνου του παχέος εντέρου	θνησιμότητα, κόστος
Καρκίνος Στομάχου	(Mizutani κ.ά., 2026)	Ιαπωνία	υποθετικό κοόρτη (simulated cohort) στο πλαίσιο ενός Markov μοντέλου	Ενδοσκοπική υποβοήθηση από TN (CADe) έναντι συμβατικής ενδοσκοπικής	Μοντέλο κοόρτης	511.166 υποθετική ομάδα ατόμων ηλικίας 50 ετών και άνω που παρουσιάζουν μετρία ως σοβαρή ατροφία του γαστρικού βλεννογόνου	1. Εξοικονόμηση κόστους περίπου 26,8 εκατομμυρίων JPY (περίπου 0,18 δισεκατομμύρια δολάρια) με την TN.	Η στρατηγική ενδοσκοπικής με υποβοήθηση TN είναι κεραική σε σύγκριση με τη συμβατική ενδοσκοπική επεξεργασία χαμηλότερο κόστος νευρομυϊκής περιβάλλουσας επί όρου ζωής και μεγαλύτερα κέρδη σε QALY.	QALYs, ICER, JPY

Ακρωνύμια	Πλήρης όρος
PRS	Polygenic Risk Score
ADR	Adenoma Detection Rate
AMR	Adenoma Miss Rate
CNN	Συνελικτικά Νευρωνικά Δίκτυα
DBT	Ψηφιακή Τομοσύνθεση Μαστού
ICER	Αυξητικός Λόγος Κόστους-Αποτελεσματικότητας
LY	Έτη Ζωής
NHS	Εθνικό σύστημα υγείας της Αγγλίας
QALY	Ποιοτικώς Σταθμισμένα Έτη Ζωής
TN	Τεχνητή Νοημοσύνη

Πίνακας 2: Συγκεντρωτικός πίνακας δεδομένων των μελετών που συμπεριλήφθηκαν στην ανασκόπηση. (Andersen κ.ά., 2026; Areia κ.ά., 2022; Barkun κ.ά., 2023; Du κ.ά., 2025; Godfrey κ.ά., 2026; Goh κ.ά., 2026; Hill κ.ά., 2024; Mital & Nguyen, 2022; Mizutani κ.ά., 2026; Salim κ.ά., 2024; Ziegelmayer κ.ά., 2022)

Οι περισσότερες μελέτες που εντάχθηκαν στην κατηγορία του καρκίνου του μαστού αντανakλούν το γεγονός ότι πρόκειται για μία από τις συχνότερες μορφές καρκίνου, γεγονός που εξηγεί και το αυξημένο ερευνητικό ενδιαφέρον. Από την ανάλυση των μελετών προκύπτει ότι η εφαρμογή TN στον καρκίνο του μαστού βελτιώνει σημαντικά την κλινική απόδοση. Σε οικονομικό επίπεδο, η TN μπορεί να είναι είτε cost-effective είτε cost-saving, ανάλογα με το κόστος του συστήματος υγείας και τις παραμέτρους του εκάστοτε μοντέλου. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η αντίθεση μεταξύ των μελετών (Hill κ.ά., 2024) και (Andersen κ.ά., 2026), οι οποίες αντιπροσωπεύουν δύο άκρα: από σαφώς cost-saving έως μη cost-effective.

Στη μελέτη που αφορά τον καρκίνο του προστάτη, η TN εμφανίζεται οικονομικά ευνοϊκή, καθώς μειώνει σημαντικά τον φόρτο εργασίας των επαγγελματιών υγείας χωρίς να θυσιάζει την κλινική απόδοση. (Du κ.ά., 2025)

Οι μελέτες που εξετάζουν την εφαρμογή της TN στον καρκίνο του πνεύμονα δείχνουν βελτίωση της διαγνωστικής ακρίβειας και καταλήγουν ότι η TN μπορεί να είναι είτε cost-saving (Ziegelmayer κ.ά., 2022) είτε cost-effective (Godfrey κ.ά., 2026), ιδιαίτερα όταν εφαρμόζεται σε πληθυσμούς με επαρκή προ-δοκιμαστική πιθανότητα κακοήθειας.

Οι δύο μελέτες που αφορούν τον ορθοκολικό καρκίνο επικεντρώνονται στην ενσωμάτωση της TN στην κολonosκόπηση και παρουσιάζουν ένα ιδιαίτερα ισχυρό προφίλ. Η TN βελτιώνει τα

κλινικά αποτελέσματα και ταυτόχρονα μειώνει το κόστος, αποτελώντας ξεκάθαρα μια στρατηγική εξοικονόμησης πόρων. (Areia κ.ά., 2022; Barkun κ.ά., 2023)

Τέλος, η μελέτη για τον γαστρικό καρκίνο καταδεικνύει ότι η ενδοσκόπηση με υποβοήθηση TN μειώνει τις δαπάνες και βελτιώνει τα αποτελέσματα υγείας, καθιστώντας την TN κυρίαρχη στρατηγική από άποψη κόστους και αποτελεσματικότητας. (Mizutani κ.ά., 2026)

5.1 Ομοιότητες μελετών

Το κοινό εύρημα σε όλες τις μελέτες που συμπεριλήφθηκαν στην ανασκόπηση είναι ότι οι μέθοδοι ανίχνευσης με TN μπορούν να ευαισθητοποιήσουν τις υπάρχουσες μεθόδους και να βελτιώσουν τις παρεχόμενες υπηρεσίες υγείας. Η εφαρμογή των τεχνολογιών TN στις μελέτες που συμπεριλήφθηκαν αφορούσε εφαρμογές στη διάγνωση, στην ταξινόμηση των όγκων καθώς και στην εξέταση της πιθανότητας κινδύνου. Συνεπώς, η ευαισθησία των τεχνικών και η μείωση των ψευδώς θετικών αποτελεσμάτων μπορεί να εξασφαλίσει αξιόπιστα αποτελέσματα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την έγκαιρη αντιμετώπιση του προβλήματος, εξοικονόμηση των πόρων που απαιτούνται για περεταίρω εξέταση των ασθενών και μείωση διαδικασιών που δεν χρειάζονται. Τέλος, βελτίωση της συναισθηματικής κατάστασης ατόμων που μπορεί να μπήκαν σε μια αχρείαστη διαδικασία ή να υποβλήθηκαν σε αλλεπάλληλες εξετάσεις που θα μπορούσαν να παραλειφθούν. (Areia κ.ά., 2022)

Επιπλέον, παρατηρούμε ότι το πλήθος των μελετών που αναλύθηκαν αφορούν μελέτες μικροπροσομοίωσης ή εφαρμογή του μοντέλου Markov για την ποσοτικοποίηση των αποτελεσμάτων και αξιολόγηση δεικτών όπως ο ICER ή των υπολογισμό των QALYs και των δαπανών. (Andersen κ.ά., 2026; Areia κ.ά., 2022; Mital & Nguyen, 2022; Mizutani κ.ά., 2026; Ziegelmayr κ.ά., 2022) Επίσης, παρατηρούμε ότι οι μελέτες επικεντρώθηκαν στην αξιολόγηση της τεχνικής TN ως συμπληρωματικό εργαλείο διάγνωσης και αξιολόγησης αποτελεσμάτων έναντι της χρήσης του ως αυτόνομο εργαλείο ανίχνευσης. Δηλαδή, το ενδιαφέρον των ερευνητών επικεντρώθηκε στην μακροπρόθεσμη οικονομική αξιολόγηση του εργαλείου της TN και των κερδών που μπορεί να φέρει σε ένα σύστημα υγείας σε βάθος χρόνου. Σε όλες τις μελέτες όπως αναφέρθηκε παρατηρήθηκε βελτίωση της ευαισθησίας και της ειδικότητας μέσω της χρήσης TN, ενώ ταυτόχρονα μειώθηκαν οι λανθασμένα αρνητικές διαγνώσεις και σε κάποιες μελέτες οι λανθασμένα θετικές. Αυτό το συμπέρασμα σε ένα

οικονομικό μοντέλο μπορεί να φανεί κερδοφόρο λόγω της μείωσης των περαιτέρω εξετάσεων που απαιτούνται για τη διάγνωση νεοπλασιών που δεν χρειάζονται μειώνοντας τους πόρους που μπορεί να χρειάστηκε να καταναλωθούν και αξιοποίησή τους σε άλλες δομές της υγείας που μπορεί να φανούν πιο χρήσιμοι. Επίσης, η μείωση των ψευδώς θετικών αποτελεσμάτων επηρεάζει σημαντικά την αξία μιας μεθόδου διαλογής, καθώς όχι μόνο μειώνεται το κόστος με τη μορφή περιττών εξετάσεων παρακολούθησης και πιθανώς περαιτέρω εξετάσεων, αλλά και οι ασθενείς δεν χρειάζεται να βιώσουν την ψυχολογική δυσφορία μιας πιθανής διάγνωσης καρκίνου.

Η μείωση του χρόνου εξέτασης σε συνδυασμό με την ευαισθησία της τεχνικής είναι εξαιρετικά ωφέλιμη για την έγκαιρη διάγνωση των ασθενών. Η εξοικονόμηση χρόνου που προσφέρει η τεχνική βοηθάει στην μείωση της θνησιμότητας λόγω άμεσης πρόσβασης στη θεραπεία, καθώς και στην μείωση τη ταλαιπωρίας των ασθενών με περιττές εξετάσεις. Αυτός ο συνδυασμός, προσφέρει οικονομικά οφέλη λόγω μείωσης δαπανών σε αχρείαστες θεραπείες και εξετάσεις παρακολούθησης του όγκου, καθώς και στην μείωση της νοσηλείας λόγω βελτίωσης της υγείας των ασθενών και της ποιότητας ζωής τους. Επιπλέον, παρατηρήθηκε ότι οι περισσότερες μελέτες (όλες εκτός από (Andersen κ.ά., 2026)) είναι οικονομικά ωφέλιμες και μειώνουν τις δαπάνες για την υγεία. Επίσης, παρατηρήθηκε ότι ο ICER είναι μικρότερος από το όριο προθυμίας πληρωμής (WTP threshold- Willingness-to-Pay threshold) κρίσιμος δείκτης για την αξιολόγηση της οικονομικής βιωσιμότητας μιας παρέμβασης.

Ακόμα, οι μελέτες επικεντρώνονται στην ειδικότητα της τεχνικής ως κρίσιμο παράγοντα στην αντιμετώπιση του καρκίνου ειδικά για τύπους καρκίνου όπως στον μαστό και στον πνεύμονα. Λόγω της υψηλής ειδικότητας, μπορούν να μειωθούν οι επισκέψεις παρακολούθησης της νόσου, τα ψευδώς αρνητικά αποτελέσματα εξετάσεων, οι δαπάνες που καταναλώνονται σε υπηρεσίες περίθαλψης που είναι περιττές καθώς και το άγχος των ασθενών που συχνά υπόκεινται σε ψυχοφθόρες διαδικασίες για την σωστή και αποτελεσματική παρακολούθησή τους.

Τέλος, όλες οι μελέτες αναλύουν σε ποιο βαθμό και σε πόσες εξετάσεις η TN μπορεί να είναι αποτελεσματική αλλά και τον βαθμό που μπορεί να αποδειχθεί οικονομικά ωφέλιμη λόγω φόρτου εργασίας και πλήθους περιστατικών. Σε αυτό το πλαίσιο μελετήθηκε η διαφορά του δείκτη ICER σε διαφορετικά κόστη TN. Αυτό το γεγονός αφήνει ένα κενό στο μέλλον λόγω της διαφορετικής τιμολόγησης της TN που μπορεί να έχει με τον καιρό και την χρήση. Προς

το παρόν η αγορά μπορεί να αντέξει τη χρήση της TN καθώς φαίνεται οικονομικότερη από τις παραδοσιακές πρακτικές. Παρόλα αυτά, με το πέρασ του χρόνου και της αυξημένης χρήσης της τεχνικής αυτό πιστεύεται ότι μπορεί να αυξήσει το κόστος της TN λόγω αυξημένης ζήτησης, περισσότερων διαδικασιών συντήρησης ή και ανάγκη για πιο εξελιγμένες μορφές TN.

5.2 Διαφορές μελετών

Στις διαφορές που εντοπίζονται στις μελέτες παρατηρείται ότι οι περισσότερες ενώ χρησιμοποιούν απεικονιστικές μεθόδους σε συνδυασμό με αλγόριθμους, τα μοντέλα χρησιμοποίησης διαφέρουν από μελέτη σε μελέτη. Κυρίως ασχολούνται με νευρωνικά μοντέλα TN (CNN) στα οποία εντάσσονται απεικονιστικές εξετάσεις που είτε μετράται ο τρόπος ανίχνευσης και ευαισθησία της τεχνικής είτε ο κίνδυνος εμφάνισης της νόσου. Το εύρημα αυτό υποδηλώνει την ευρεία χρήση της εφαρμογής και τους πολλαπλούς τρόπους που μπορεί να ενσωματωθεί στο σύστημα υγείας. Επίσης, μια ακόμα διαφορά είναι ότι κάποιες μελέτες εντοπίζουν την χρησιμοποιούμενη τεχνική ως οικονομικά αποδοτική (cost-effective but not cost-saving) (Goh κ.ά., 2026; Hill κ.ά., 2024; Mital & Nguyen, 2022), ενώ κάποιες άλλες επικεντρώνονται στο ότι είναι μια τεχνική εξοικονόμησης κόστους (cost-saving) χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η ποιότητα της τεχνικής σε σχέση με την ελαχιστοποίηση των δαπανών. (Areia κ.ά., 2022; Barkun κ.ά., 2023; Mizutani κ.ά., 2026). Τέλος, μία μόνο μελέτη παρουσίασε την τεχνική ως μη αποδοτική με βάση την τρέχουσα τιμή τιμολόγησης. (Andersen κ.ά., 2026) Σε αυτό το συμπέρασμα εντάσσεται και η διαφορά της διάρκειας προσομοίωσης. Δηλαδή, όσο μεγαλύτερη είναι διάρκεια προσομοίωσης της μελέτης τόσο μεγαλύτερη είναι η πιθανότητα εξοικονόμησης κόστους. Στις μελέτες που παρουσιάστηκαν βλέπουμε (Ziegelmayr κ.ά., 2022) ότι ο χρόνος προσομοίωσης ορίζεται στα 20 χρόνια ενώ στην μελέτη (Goh κ.ά., 2026) ορίζεται τα 50 έτη. Για τις μελέτες (Andersen κ.ά., 2026; Barkun κ.ά., 2023; Mizutani κ.ά., 2026) ως χρόνος προσομοίωσης ο μέσος χρόνος διάρκειας μιας ζωής.

Επιπλέον, παρατηρήθηκε ότι ανάλογα τον κάθε τύπο καρκίνου, βρέθηκαν διαφορετικά οικονομικά οφέλη. Συγκεκριμένα, για τεχνικές που αφορούσαν την ανίχνευση στο γαστρεντερικό σύστημα, διαπιστώθηκε μείωση του κόστους θεραπείας και των καθυστερημένων διαγνώσεων καθώς και μείωση των περιστατικών των προχωρημένων καρκίνων. Για καρκίνους μαστού, παρατηρήθηκε μείωση των ψευδώς θετικών διαγνώσεων,

μείωση εξέτασης αποτελεσμάτων από δεύτερο επαγγελματία υγείας καθώς και μείωση των ραντεβού για παρακολούθηση της νόσου. Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι ο δείκτης ICER συγκρίθηκε με διαφορετικά WTP thresholds και ανάλογα με τη χώρα μελέτης.

Χώρα	WTP threshold
ΗΠΑ	\$100,000/QALY
ΣΙΓΚΑΠΟΥΡΗ	SGD 50,000/QALY
ΗΝΩΜΕΝΟ ΒΑΣΙΛΕΙΟ	£20,000–£30,000/QALY
ΙΑΠΩΝΙΑ	¥5,000,000/QALY
ΚΑΝΑΔΑΣ	\$50,000/QALY

Πίνακας 3. Καταγραφή αριθμού προθυμίας πληρωμής για κάθε χώρα μελέτης.

Τα όρια προθυμίας πληρωμής (WTP thresholds) επηρεάζουν την αξιολόγηση της μελέτης στο πλαίσιο οικονομικής αποτελεσματικότητας της τεχνικής καθώς για κάθε χώρα λόγω του διαφορετικού οικονομικού προφίλ και των πόρων που καταναλώνονται στο εκάστοτε σύστημα υγείας διαφοροποιείται αντίστοιχα και η αποτελεσματικότητα του προϊόντος. Για παράδειγμα, ο ρυθμός WTP threshold διαμορφώνεται ανάλογα με το οικονομικό υπόβαθρο κάθε χώρας, για χώρες πιο φτωχές αυτό διαφοροποιείται σε χαμηλότερες κλίμακες σε σχέση με πιο ανεπτυγμένες όπου οι ασθενείς θα μπορούν να παρέχουν μεγαλύτερα ποσά για την υγεία τους.

5.3 Μελέτη Andersen et al.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει η μελέτη των Andersen et al. όπου αξιολογήθηκε η εκτίμηση των μακροπρόθεσμων οικονομικών οφελών της τεχνικής Saige-Dx, μέτρησης της ευαισθησίας ανίχνευσης των βλαβών καθώς και της οικονομικής αποτελεσματικότητας της χρήσης του εργαλείου ψηφιακής τομοσύνθεσης μαστού (DBT) με ή χωρίς τη βοήθεια της TN (Saige-Dx). Η ψηφιακή τομοσύνθεση μαστού (DBT) είναι μια απεικονιστική μέθοδος που προσφέρει υψηλή διαγνωστική ακρίβεια λόγω των πολλαπλών εικόνων που λαμβάνει από διαφορετικές

γωνίες για τον εντοπισμό του καρκίνου. Αυτή η τεχνική είναι ιδιαίτερα χρήσιμη σε περιπτώσεις διάγνωσης καρκίνου του μαστού διότι μπορεί να αυξήσει την ευκρίνεια σε περιπτώσεις που έχουν υψηλή πυκνότητα, μειώνοντας τις ψευδώς θετικές διαγνώσεις και αυξάνοντας την ακρίβεια εντοπισμού του όγκου. (Andersen κ.ά., 2026)

Η μελέτη είναι μελέτη μικροπροσομοίωσης ενός πληθυσμού 500.000 γυναικών με μεθοδολογία σύγκρισης της χρήσης ή όχι του εργαλείου TN Saige-Dx στη μέθοδο DBT. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν περιορισμένα κλινικά οφέλη στα κλινικά αποτελέσματα με τη χρήση της μεθόδου Saige-Dx, αύξηση του δείκτη ICER και μικρή αύξηση στα ποσοστά διάγνωσης (υπερδιάγνωση). Με βάση τα παραπάνω, συμπεράστηκε ότι το Saige-Dx δεν είναι μια οικονομικά αποδοτική τεχνική για να χρησιμοποιείται στους χώρους υγείας.

Το παραπάνω συμπέρασμα έρχεται σε αντίθεση με τις υπόλοιπες μελέτες που μελετήθηκαν και εγείρει το ενδιαφέρον για περαιτέρω ανάλυση. Στη μελέτη αυτή παρατηρούμε ότι μετρήθηκαν και τα περιστατικά υπερδιάγνωσης και υπολογίστηκαν στον ICER κάτι που δεν υπολογίστηκε από τις υπόλοιπες μελέτες. Επίσης, σε αυτήν την μελέτη έγινε η οικονομική αξιολόγηση του πλήρους κύκλου ζωής των ασθενών δηλαδή διάγνωση, θεραπεία, παρακολούθηση και θάνατο. Επίσης, η μέτρια κλινική εικόνα της μεθόδου Saige-Dx έρχεται σε αντίθεση με την κλινική εικόνα άλλων μελετών που κατάφεραν να έχουν πιο επιτυχημένα αποτελέσματα με τις τεχνικές TN που χρησιμοποίησαν (Η TN στη Σιγκαπούρη (Fxmammo) μειώνει τα ψευδώς θετικά κατά 30% , η TN στο UK (Mirai) μειώνει συνολικά το κόστος, η TN στη γαστροσκόπηση/κολονοσκόπηση αυξάνει σημαντικά την ανίχνευση και μειώνει καρκίνους). Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με το υψηλό κόστος ανά εξέταση που έρχεται σε αντίθεση με άλλα υγειονομικά συστήματα άλλων χωρών αυξάνει τον λόγο ICER. (\$40 ανά εξέταση (out-of-pocket consumer price), σε σύγκριση με: \$5 στη Σιγκαπούρη, \$19 στην κολονοσκόπηση, €5–€10 σε ευρωπαϊκά μοντέλα). Συνεπώς, στη μελέτη αποδείχθηκε ότι έχουμε χαμηλό όφελος και υψηλό κόστος και για αυτό η τεχνική θεωρήθηκε μη αποδοτική.

5.4 Συνολικά συμπεράσματα.

Γενικά με βάση τις μελέτες που αξιολογήθηκαν παρατηρείται ότι οι τεχνικές TN βελτιώνουν την κλινική απόδοση των ασθενών. Στις περισσότερες μελέτες, αν και διακατέχονται από διαφορετικά οικονομικά μοντέλα, διαπιστώθηκε ότι η TN είναι οικονομικά αποδοτική τεχνική

(cost-effective) ή συσχετίστηκε με την εξοικονόμηση πόρων στους υγειονομικούς χώρους (cost-saving). Δηλαδή σε ορισμένα συστήματα παρατηρήθηκε ότι η TN χαρακτηρίζεται ως cost-effective, δηλαδή το πρόσθετο κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας της δικαιολογείται από τα κλινικά οφέλη που προσφέρει, ακόμη κι αν οι συνολικές δαπάνες δεν μειώνονται. Σε άλλες περιπτώσεις, τα ευρήματα υποδηλώνουν ότι η TN είναι cost-saving, συμβάλλοντας στη μείωση των συνολικών δαπανών και άρα στην εξοικονόμηση πόρων για το σύστημα υγείας.

Επιπλέον, διαπιστώθηκε ότι η TN διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο ως προς την ευαισθησία της σε τύπους καρκίνου που αφορούν το ενδοσκοπικό σύστημα και η υψηλή εξειδίκευση που παρουσιάζει σε μεθόδους ανίχνευσης στο μαστό και στους πνεύμονες και μπορεί να προσφέρει υψηλότερης ποιότητας υπηρεσίες. Επιπλέον, τα οικονομικά μοντέλα που χρησιμοποιήθηκαν για την μετρηση κινδύνου εμφάνισης της νόσου έδειξαν τον κρίσιμο ρόλο της TN σε γενικότερο επίπεδο στο υγειονομικό σύστημα. Τέλος, το κόστος τιμολόγησης της TN είναι καθοριστικός παράγοντας στη διαμόρφωση ενός οικονομικά πιο βιώσιμου συστήματος υγείας.

Κεφάλαιο 6: Συζήτηση

Η παρούσα ανασκόπηση εξετάζει τον τρόπο με τον οποίο οι εφαρμογές TN συγκρίνονται με τις παραδοσιακές διαγνωστικές και θεραπευτικές προσεγγίσεις, τόσο ως προς την κλινική αποτελεσματικότητα όσο και ως προς τους δείκτες κόστους. Παράγοντες όπως το κόστος απόκτησης, εφαρμογής και συντήρησης της τεχνολογίας, η ενσωμάτωση στη ροή εργασίας και οι διακυμάνσεις στη χρηματοδότηση των συστημάτων υγείας αποτελούν βασικούς παράγοντες που επηρεάζουν την οικονομική αποδοτικότητα. Μέσα από τη σύνθεση αυτών των διαστάσεων, η ανασκόπηση προσφέρει μια ολοκληρωμένη κατανόηση της οικονομικής αξίας και της πρακτικής σκοπιμότητας της TN στην κλινική πράξη. Η πλειονότητα των μελετών βασίστηκε σε προσεγγίσεις ανάλυσης κόστους-αποτελεσματικότητας και κόστους-χρησιμότητας, ενώ απουσιάζουν μελέτες πλήρους κόστους-οφέλους, γεγονός που περιορίζει τη δυνατότητα αποτίμησης των παρεμβάσεων αποκλειστικά σε χρηματικούς όρους.

Τα ευρήματα υποδηλώνουν ότι η TN έχει ήδη διεισδύσει σε πολλαπλά επίπεδα στον χώρο της υγείας, παρουσιάζοντας σημαντικές αλλαγές τόσο στον τρόπο παροχής περίθαλψης όσο και στον τρόπο κατανόησης της κλινικής διαδικασίας. Ωστόσο, η καινοτομία αυτή συνοδεύεται από ουσιαστικούς προβληματισμούς.

Ένας από τα βασικά ζητήματα αφορά την πιθανότητα αντικατάστασης των επαγγελματιών υγείας από αλγοριθμικά συστήματα, δεδομένης της ικανότητας των τελευταίων να επεξεργάζονται τεράστιους όγκους δεδομένων και να αναγνωρίζουν μοτίβα με ακρίβεια που υπερβαίνει τις ανθρώπινες δυνατότητες. Παρά ταύτα, όπως επισημαίνεται, ο ρόλος των επαγγελματιών υγείας παραμένει αναντικατάστατος, καθώς συνδυάζει εμπειρική γνώση και κλινική κρίση, στοιχεία που δεν μπορούν να αναπαραχθούν πλήρως από αυτά τα συστήματα. (Quinn κ.ά., 2021)

Αν και η TN μπορεί να αυτοματοποιεί διαδικασίες και να μειώνει τον χρόνο επεξεργασίας μεγάλου όγκου δεδομένων, δεν μπορεί ακόμη να αντικαταστήσει τον ανθρώπινο παράγοντα. Επιπλέον, η πρόοδος στον τομέα της διάγνωσης και θεραπείας απαιτεί πιο εξειδικευμένα εργαλεία, ικανά να αξιοποιούν μη επισημασμένα δεδομένα και να συνδυάζουν ετερογενείς πληροφορίες, από απεικονιστικά δεδομένα έως ηλεκτρονικούς φακέλους ασθενών και φαρμακολογικά αποτελέσματα, με στόχο την ακριβέστερη πρόβλεψη και διαχείριση της νόσου του καρκίνου (Yamada κ.ά., 2025).

Παρά τις δυνατότητες αυτές, οι πλήρως αυτοματοποιημένες διαδικασίες ενδέχεται να προσφέρουν υψηλότερη διαγνωστική ακρίβεια, αλλά με αυξημένο κόστος και κατανάλωση πόρων. Το ζήτημα αυτό αποτελεί κρίσιμο πεδίο έρευνας, καθώς η ευρεία εφαρμογή της TN προϋποθέτει τεχνικές που όχι μόνο δεν αυξάνουν τις δαπάνες, αλλά συμβάλλουν και στη συνολική εξοικονόμηση πόρων. (Goh κ.ά., 2026) Στο πλαίσιο αυτό, η TN δεν αντικαθιστά τον κλινικό ιατρό, αλλά λειτουργεί υποστηρικτικά στην αξιολόγηση και στη θεραπεία των ασθενών με μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα. Η μείωση ψευδώς θετικών αποτελεσμάτων και η αύξηση της αποδοτικότητας περιορίζουν την ανάγκη για βιοψίες και επιπρόσθετες εξετάσεις, βελτιώνοντας παράλληλα την ποιότητα των υπηρεσιών υγείας. Ωστόσο, η ποιότητα των διαθέσιμων δεδομένων παραμένει περιορισμένη. Πολλές παρεμβάσεις βασίζονται σε πιλοτικές μελέτες μικρής κλίμακας, συχνά χωρίς ομάδες ελέγχου. Οι ειδικοί υπογραμμίζουν ότι η TN δεν πρέπει να λειτουργεί ανταγωνιστικά προς την επαγγελματική εκπαίδευση.

Ένα ακόμη κρίσιμο ζήτημα αφορά τη μεροληψία των αλγορίθμων. Η φυλετική και εθνική σύνθεση των δεδομένων εκπαίδευσης μπορεί να οδηγήσει σε μειωμένη ακρίβεια για μειονοτικές ομάδες ή για ασθενείς με διαφορετικά γενετικά χαρακτηριστικά. (Godfrey κ.ά., 2026) Συγκεκριμένα, η μερική σύνθεση δεδομένων που τροφοδοτούν κάθε πλατφόρμα ενδέχεται να μην είναι τόσο ευαίσθητη ή κερδοφόρα για μειονότητες ατόμων ή να μην μπορεί να ανταποκριθεί σε συγκεκριμένες ομάδες ασθενών με την ίδια επιτυχία που μπορεί να φέρουν άλλα παρόμοια γενετικά χαρακτηριστικά.

Ακόμα, έχει παρατηρηθεί ότι η ενσωμάτωση εργαλείων TN σε υπάρχουσες κλινικές διαδικασίες έχει αποδειχθεί δύσκολη στην πράξη. Σε μια τυχαιοποιημένη δοκιμή σε μια ουρολογική υπηρεσία, χρησιμοποιήθηκε ένα σύστημα TN κατά τη διάγνωση ύποπτου καρκίνου του προστάτη και οι ερευνητές σημείωσαν δυσκολίες στην ενσωμάτωση του εργαλείου σε κλινικά συστήματα και την ανάγκη εξατομίκευσης των αποτελεσμάτων της TN για διαφορετικά προφίλ ασθενών. (Samarasena κ.ά., 2023) Η εκπαίδευση των ασθενών και του προσωπικού δεν παύει να είναι ένας παράγοντας που επηρεάζει την αποδοτικότητα χειρισμού των καινοτόμων τεχνικών και καταναλώνει χρόνο και εργατοώρες μέχρι να μπορεί η τεχνολογία να λειτουργεί άριστα μέσα στο σύστημα υγείας.

Η εφαρμογή της TN δεν απευθύνεται σε περιβάλλοντα με χαμηλούς πόρους, εξετάζοντας τους περιορισμούς μιας πλατφόρμας TN για μαστογραφία σε περιβάλλοντα με περιορισμένα δεδομένα και υποδομές. Τονίστηκε ότι, χωρίς την προσαρμογή των μοντέλων TN στις τοπικές ανάγκες, τα οφέλη της TN ενδέχεται να μην φτάσουν σε περιοχές με περιορισμένους πόρους.

Τα αποτελέσματα παρέχουν μια παγκόσμια προοπτική, καταδεικνύοντας ότι, ενώ η υπόσχεση της TN στην ογκολογία είναι «καθολική», η εφαρμογή της πρέπει να είναι ευαίσθητη στο τοπικό πλαίσιο, συμπεριλαμβανομένης της διαθεσιμότητας πόρων, της ετοιμότητας των χρηστών και της δομής του συστήματος υγείας. Συνεπώς, σε περιβάλλοντα με περιορισμένους πόρους, η έλλειψη αντιπροσωπευτικών δεδομένων και η αδυναμία προσαρμογής των μοντέλων στις τοπικές ανάγκες περιορίζουν την αποτελεσματικότητα των συστημάτων TN. (Istasy κ.ά., 2022)

Η εκπαίδευση ασθενών και προσωπικού αποτελεί επίσης σημαντικό παράγοντα. Προβλήματα στη ροή εργασίας, ελλειπείς υποδομές και ανάγκη εξατομίκευσης των αλγορίθμων καθιστούν την εφαρμογή της TN απαιτητική. Η εκπαίδευση απαιτεί χρόνο και οικονομικούς πόρους, ενώ η έλλειψη διαλειτουργικότητας μεταξύ συστημάτων περιορίζει την κλινική αξιοποίηση. Παρά τη θετική επίδραση των Large Language Machine , όπως το ChatGPT, και εξειδικευμένων πλατφορμών όπως το PROSCA και το ThyroAIGuide, εξακολουθούν να υπάρχουν προκλήσεις σχετικά με την ακρίβεια του περιεχομένου, την επικαιρότητα των πληροφοριών και την ανάγκη για αυστηρές διαδικασίες επικύρωσης. (Istasy κ.ά., 2022)

Η πλήρης αξιοποίηση της TN στην υγειονομική περίθαλψη απαιτεί συλλογική προσπάθεια από κλινικούς, ερευνητές, φορείς χάραξης πολιτικής και ομάδες υπεράσπισης ασθενών. (Nazer κ.ά., 2023) Παράλληλα, ζητήματα όπως η διαφάνεια, η ερμηνευσιμότητα και η προστασία προσωπικών δεδομένων παραμένουν στο επίκεντρο των ανησυχιών. Τα μοντέλα BM λειτουργούν συχνά ως «μαύρα κουτιά (black-box systems)», γεγονός που δυσχεραίνει την κατανόηση των προβλέψεών τους. Η ενίσχυση της εξηγησιμότητας αποτελεί προϋπόθεση για την οικοδόμηση εμπιστοσύνης και την ευρεία κλινική υιοθέτηση. (Qamar & Bawany, 2023). Συνεπώς, νομικά και ηθικά ζητήματα είναι σημαντικό να επιλυθούν για τη διασφάλιση προστασίας των προσωπικών δεδομένων των ασθενών. Η αντιμετώπιση ζητημάτων όπως η τυποποίηση δεδομένων, η ερμηνευσιμότητα και η ενσωμάτωση στην κλινική πράξη αποτελεί προϋπόθεση για την ευρεία υιοθέτηση της TN. (Qamar & Bawany, 2023)

Κεφάλαιο 7: Περιορισμοί Μελέτης

Η παρούσα συστηματική ανασκόπηση φέρει ορισμένους περιορισμούς, οι οποίοι αξίζει να ληφθούν υπόψη κατά την αξιολόγηση των ευρημάτων της. Πρώτον, η αναζήτηση περιορίστηκε σε αγγλόφωνες δημοσιεύσεις, γεγονός που ενδέχεται να ενδέχεται να ενισχύει τη μεροληψία δημοσίευσης (publication bias) υπέρ θετικών αποτελεσμάτων. Επιπλέον, η συμπερίληψη μόνο άρθρων που έχουν δημοσιευθεί σε επιστημονικά περιοδικά μπορεί να έχει ενισχύσει την πιθανότητα μεροληψίας υπέρ θετικών αποτελεσμάτων, καθώς μη δημοσιευμένες ή αρνητικές μελέτες δεν αποτυπώνονται στο δείγμα. Παρά τη χρήση πολλαπλών βάσεων δεδομένων, δεν μπορεί να θεωρηθεί ότι καλύφθηκε πλήρως η διαθέσιμη βιβλιογραφία.

Επιπρόσθετα, η σημαντική ετερογένεια μεταξύ των μελετών — τόσο ως προς τις μεθοδολογικές προσεγγίσεις όσο και ως προς τα χαρακτηριστικά των πληθυσμιακών συνόλων και τις τεχνολογίες TN που αξιοποιήθηκαν — περιορίζει τη δυνατότητα εξαγωγής γενικευμένων συμπερασμάτων. Οι διαφοροποιήσεις αυτές δυσχεραίνουν τη σύγκριση των αποτελεσμάτων και απαιτούν προσεκτική και κριτική ερμηνεία των συνολικών τάσεων που αναδεικνύονται από την ανασκόπηση.

Η παρούσα συστηματική ανασκόπηση δεν περιέλαβε μετα-ανάλυση. Η απόφαση αυτή οφείλεται στην υψηλή ετερογένεια μεταξύ των μελετών ως προς το είδος των παρεμβάσεων TN, τα οικονομικά μοντέλα που χρησιμοποιήθηκαν, τα χαρακτηριστικά των συστημάτων υγείας και τα αναφερόμενα κλινικά και οικονομικά εκβάσματα. Η ποικιλία αυτή δεν επέτρεπε τη στατιστική σύνθεση των αποτελεσμάτων χωρίς να επηρεαστεί η εγκυρότητα των συμπερασμάτων. Ως εκ τούτου, τα ευρήματα βασίζονται σε ποιοτική σύνθεση και συγκριτική αξιολόγηση των μελετών.

Τέλος, η χρήση του Google Scholar ως συμπληρωματικής πηγής αναζήτησης αποτελεί πρόσθετο περιορισμό, καθώς η αναπαραγωγικότητα των αποτελεσμάτων αναζήτησης είναι περιορισμένη λόγω της δυναμικής ταξινόμησης των αποτελεσμάτων και της απουσίας πλήρους διαφάνειας στους αλγόριθμους αναζήτησης. Αυτό ενδέχεται να έχει επηρεάσει την πληρότητα της αναζήτησης, παρά την εφαρμογή αυστηρών κριτηρίων ένταξης και αποκλεισμού.

Κεφάλαιο 8: Συμπεράσματα

Με βάση τα παραπάνω ευρήματα, προκύπτει ότι η μελλοντική έρευνα στην οικονομική αξιολόγηση της TN στην ογκολογία χρειάζεται να επικεντρωθεί στην ανάπτυξη πιο εξειδικευμένων και κλινικά προσαρμοσμένων μοντέλων. Τα υπάρχοντα οικονομικά μοντέλα, αν και προσφέρουν χρήσιμες ενδείξεις, συχνά δεν αποτυπώνουν επαρκώς την πολυπλοκότητα της ογκολογικής πρακτικής, ούτε αντικατοπτρίζουν τις πραγματικές συνθήκες ενσωμάτωσης της TN στα συστήματα υγείας. Παρά την ταχεία πρόοδο των αλγορίθμων, η συστηματική τεκμηρίωση παραμένει περιορισμένη, γεγονός που μειώνει την αξιοπιστία των οικονομικών συμπερασμάτων και δυσχεραίνει τη γενίκευση των αποτελεσμάτων.

Για τον λόγο αυτό, καθίσταται αναγκαία η διεξαγωγή πολυκεντρικών και μακροχρόνιων μελετών κόστους-αποτελεσματικότητας, βασισμένες σε δεδομένα πραγματικής ζωής (real-world data) και όχι αποκλειστικά σε υποθετικές προσομοιώσεις. Τέτοιες μελέτες θα επιτρέψουν την ακριβέστερη εκτίμηση του οικονομικού αντίκτυπου της TN σε διαφορετικά συστήματα υγείας, καθώς και της δυνατότητάς της να μειώνει δαπάνες, να περιορίζει περιττές εξετάσεις και να βελτιώνει την αποδοτικότητα των κλινικών ροών εργασίας.

Παράλληλα, η έρευνα πρέπει να εξετάσει πώς η TN μπορεί να εφαρμοστεί με τρόπο ασφαλή, διαφανή και ισότιμο. Ζητήματα όπως η αλγοριθμική μεροληψία, η προστασία προσωπικών δεδομένων και η ανάγκη για εξηγησιμότητα των μοντέλων αποτελούν κρίσιμες παραμέτρους που επηρεάζουν τόσο την κλινική αξιοπιστία όσο και την κοινωνική αποδοχή των τεχνολογιών TN. Η ετερογένεια των δεδομένων εκπαίδευσης και η πιθανότητα μειωμένης ακρίβειας σε μειονοτικές ομάδες αναδεικνύουν την ανάγκη για πιο αντιπροσωπευτικών συνόλων δεδομένων και για μηχανισμούς συνεχούς αξιολόγησης της απόδοσης των μοντέλων σε διαφορετικούς πληθυσμούς.

Επιπλέον, η ενσωμάτωση της TN σε περιβάλλοντα περιορισμένων πόρων αποτελεί σημαντική πρόκληση. Η έλλειψη υποδομών, η περιορισμένη διαθεσιμότητα δεδομένων και η ανάγκη προσαρμογής των μοντέλων στις τοπικές ανάγκες μπορούν να περιορίσουν σημαντικά την αποτελεσματικότητα των συστημάτων TN. Η ανάπτυξη λύσεων που λαμβάνουν υπόψη τις τοπικές συνθήκες και τις ανισότητες πρόσβασης είναι απαραίτητη για να διασφαλιστεί ότι τα οφέλη της TN δεν θα περιοριστούν σε εύπορα ή τεχνολογικά προηγμένα περιβάλλοντα.

Παρά τα ενθαρρυντικά ευρήματα, τα αποτελέσματα παραμένουν ετερογενή. Η ΤΝ φαίνεται υποσχόμενη και συχνά οικονομικά αποδοτική, αλλά η τεκμηρίωση παραμένει εξαρτημένη από τον τύπο του καρκίνου, το κόστος εφαρμογής, το σύστημα υγείας και την ποιότητα των διαθέσιμων μελετών. Η ετερογένεια αυτή περιορίζει τη δυνατότητα γενίκευσης των αποτελεσμάτων και αναδεικνύει την ανάγκη για πιο ισχυρές, πολυκεντρικές και μακροχρόνιες μελέτες βασισμένες σε πραγματικά δεδομένα. Επιπλέον, ζητήματα όπως η αλγοριθμική μεροληψία, η προστασία προσωπικών δεδομένων και η εξηγησιμότητα των μοντέλων αποτελούν κρίσιμες παραμέτρους που επηρεάζουν τόσο την κλινική αξιοπιστία όσο και την κοινωνική αποδοχή των τεχνολογιών ΤΝ.

Τέλος, το κεντρικό ερώτημα που αναδύεται αφορά τον τρόπο με τον οποίο οι τεχνολογίες ΤΝ μπορούν να σχεδιαστούν και να εφαρμοστούν έτσι ώστε να μεγιστοποιούν το κλινικό και οικονομικό όφελος, χωρίς να υποβαθμίζεται ο ρόλος του ανθρώπινου παράγοντα. Η κλινική κρίση, η εμπειρία και η ικανότητα εξατομίκευσης της φροντίδας παραμένουν αναντικατάστατα στοιχεία της ογκολογικής πρακτικής. Η ΤΝ μπορεί να λειτουργήσει ως εργαλείο ενίσχυσης και όχι αντικατάστασης, αρκεί να αναπτυχθεί και να εφαρμοστεί με τρόπο που να υποστηρίζει τον επαγγελματία υγείας και να βελτιώνει ουσιαστικά την ποιότητα της φροντίδας των ασθενών.

Συνολικά, η ΤΝ αναδεικνύεται ως ένα ισχυρό εργαλείο ενίσχυσης της ογκολογικής φροντίδας. Η αποτελεσματική αξιοποίησή της, ωστόσο, εξαρτάται από την ορθολογική ενσωμάτωσή της στα συστήματα υγείας, την επάρκεια των υποδομών και τη διασφάλιση ισότιμης πρόσβασης για όλους τους ασθενείς.

Βιβλιογραφία

- Adamiak, G. (2006). Methods for the economic evaluation of health care programmes, 3rd ed. Journal of Epidemiology and Community Health, 60(9), 822–823.
- Ambreen, S., Umar, M., Noor, A., Jain, H., & Ali, R. (2025). Advanced AI and ML frameworks for transforming drug discovery and optimization: With innovative insights in polypharmacology, drug repurposing, combination therapy and nanomedicine. European Journal of Medicinal Chemistry, 284, 117164. <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2024.117164>
- Andersen, M., Kunst, N., & Richman, I. B. (2026). Long-Term Outcomes and Cost-Effectiveness of Artificial Intelligence for Breast Cancer Screening: A Modeling Study. Value in Health: The Journal of the International Society for Pharmacoeconomics and Outcomes Research, 29(2), 179–188. <https://doi.org/10.1016/j.jval.2025.09.005>
- Areia, M., Mori, Y., Correale, L., Repici, A., Bretthauer, M., Sharma, P., Taveira, F., Spadaccini, M., Antonelli, G., Ebigbo, A., Kudo, S.-E., Arribas, J., Barua, I., Kaminski, M. F., Messmann, H., Rex, D. K., Dinis-Ribeiro, M., & Hassan, C. (2022). Cost-effectiveness of artificial intelligence for screening colonoscopy: A modelling study. The Lancet. Digital Health, 4(6), e436–e444. [https://doi.org/10.1016/S2589-7500\(22\)00042-5](https://doi.org/10.1016/S2589-7500(22)00042-5)
- Auguste, P., Ghiasvand, H., Geppert, J., Asgharzadeh, A., Brown, A., Patel, M., Gallacher, D., Helm, E., Taylor-Phillips, S., Chen, Y.-F., & Madan, J. (2026). Cost-effectiveness of radiologist reading of chest CT scans assisted by software with artificial intelligence–derived algorithms for the detection and analysis of lung nodules. *BJR|Artificial Intelligence*, 3(1), ubag004. <https://doi.org/10.1093/bjrai/ubag004>
- Azizi, S., Bayat, S., Yan, P., Tahmasebi, A., Nir, G., Kwak, J. T., Xu, S., Wilson, S., Iczkowski, K. A., Lucia, M. S., Goldenberg, L., Salcudean, S. E., Pinto, P. A., Wood, B., Abolmaesumi, P., & Mousavi, P. (2017). Detection and grading of prostate cancer using temporal enhanced ultrasound: Combining deep neural networks and tissue mimicking simulations. International journal of computer assisted radiology and surgery, 12(8), 1293–1305. <https://doi.org/10.1007/s11548-017-1627-0>
- Banta, D., & Jonsson, E. (2009). History of HTA: Introduction. International Journal of Technology Assessment in Health Care, 25 Suppl 1, 1–6. <https://doi.org/10.1017/S0266462309090321>

- Barkun, A. N., von Renteln, D., & Sadri, H. (2023). Cost-effectiveness of Artificial Intelligence-Aided Colonoscopy for Adenoma Detection in Colon Cancer Screening. *Journal of the Canadian Association of Gastroenterology*, 6(3), 97–105. <https://doi.org/10.1093/jcag/gwad014>
- Beck, R. W. (2006). Sample Size for a Clinical Trial: Why Do Some Trials Need Only 100 Patients and Others 1000 Patients or More? *Ophthalmology*, 113(5), 721–722. <https://doi.org/10.1016/j.ophttha.2006.02.008>
- Bellemo, V., Lim, Z. W., Lim, G., Nguyen, Q. D., Xie, Y., Yip, M. Y. T., Hamzah, H., Ho, J., Lee, X. Q., Hsu, W., Lee, M. L., Musonda, L., Chandran, M., Chipalo-Mutati, G., Muma, M., Tan, G. S. W., Sivaprasad, S., Menon, G., Wong, T. Y., & Ting, D. S. W. (2019). Artificial intelligence using deep learning to screen for referable and vision-threatening diabetic retinopathy in Africa: A clinical validation study. *The Lancet. Digital Health*, 1(1), e35–e44. [https://doi.org/10.1016/S2589-7500\(19\)30004-4](https://doi.org/10.1016/S2589-7500(19)30004-4)
- Bi, W. L., Hosny, A., Schabath, M. B., Giger, M. L., Birkbak, N. J., Mehrtash, A., Allison, T., Arnaout, O., Abbosh, C., Dunn, I. F., Mak, R. H., Tamimi, R. M., Tempany, C. M., Swanton, C., Hoffmann, U., Schwartz, L. H., Gillies, R. J., Huang, R. Y., & Aerts, H. J. W. L. (2019). Artificial intelligence in cancer imaging: Clinical challenges and applications. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, 69(2), 127–157. <https://doi.org/10.3322/caac.21552>
- Boiko, D. A., MacKnight, R., Kline, B., & Gomes, G. (2023). Autonomous chemical research with large language models. *Nature*, 624(7992), 570–578. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06792-0>
- Bray, F., Laversanne, M., Sung, H., Ferlay, J., Siegel, R. L., Soerjomataram, I., & Jemal, A. (2024). Global cancer statistics 2022: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, 74(3), 229–263. <https://doi.org/10.3322/caac.21834>
- Buxton, M. J., Drummond, M. F., Van Hout, B. A., Prince, R. L., Sheldon, T. A., Szucs, T., & Vray, M. (1997). Modelling in economic evaluation: An unavoidable fact of life. *Health Economics*, 6(3), 217–227. [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1099-1050\(199705\)6:3%253C217::aid-hec267%253E3.0.co;2-w](https://doi.org/10.1002/(sici)1099-1050(199705)6:3%253C217::aid-hec267%253E3.0.co;2-w)
- Chen, M. M., Golding, L. P., & Nicola, G. N. (2021). Who Will Pay for AI? *Radiology: Artificial Intelligence*, 3(3), e210030. <https://doi.org/10.1148/ryai.2021210030>

- Choenni, S., Bargh, M. S., Desot, T., Basharirad, B., & Scheper, M. (2025). An Overview of Machine Learning and Its Challenges in Applying to Healthcare. *Studies in Health Technology and Informatics*, 330, 417–442. <https://doi.org/10.3233/SHTI251443>
- Claxton, K., Sculpher, M., & Drummond, M. (2002). A rational framework for decision making by the National Institute For Clinical Excellence (NICE). *Lancet*, 360(9334), 711–715. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(02\)09832-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(02)09832-X)
- Davahli, M. R., Karwowski, W., Fiok, K., Wan, T., & Parsaei, H. R. (2021). Controlling Safety of Artificial Intelligence-Based Systems in Healthcare. *Symmetry*, 13(1), 102. <https://doi.org/10.3390/sym13010102>
- Deng, Y., Huang, Y., Wu, H., He, D., Qiu, W., Jing, B., Lv, X., Xia, W., Li, B., Sun, Y., Li, C., Xie, C., & Ke, L. (2025). Establishment of a deep-learning-assisted recurrent nasopharyngeal carcinoma detecting simultaneous tactic (DARNDEST) with high cost-effectiveness based on magnetic resonance images: A multicenter study in an endemic area. *Cancer Imaging: The Official Publication of the International Cancer Imaging Society*, 25(1), 39. <https://doi.org/10.1186/s40644-025-00853-5>
- Drummond, M. F., Sculpher, M. J., Claxton, K., Stoddart, G. L., & Torrance, G. W. (2015). *Methods for the Economic Evaluation of Health Care Programmes*. Oxford University Press.
- Du, X., Hao, S., Olsson, H., Kartasalo, K., Mulliqi, N., Rai, B., Menges, D., Heintz, E., Egevad, L., Eklund, M., & Clements, M. (2025). Effectiveness and Cost-effectiveness of Artificial Intelligence-assisted Pathology for Prostate Cancer Diagnosis in Sweden: A Microsimulation Study. *European Urology Oncology*, 8(1), 80–86. <https://doi.org/10.1016/j.euo.2024.05.004>
- Esteva, A., Kuprel, B., Novoa, R. A., Ko, J., Swetter, S. M., Blau, H. M., & Thrun, S. (2017). Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks. *Nature*, 542(7639), 115–118. <https://doi.org/10.1038/nature21056>
- Esteva, A., Robicquet, A., Ramsundar, B., Kuleshov, V., DePristo, M., Chou, K., Cui, C., Corrado, G., Thrun, S., & Dean, J. (2019). A guide to deep learning in healthcare. *Nature Medicine*, 25(1), 24–29. <https://doi.org/10.1038/s41591-018-0316-z>
- Farina, D., Vujaklija, I., Sartori, M., Kapelner, T., Negro, F., Jiang, N., Bergmeister, K., Andalib, A., Principe, J., & Aszmann, O. C. (2017). Man/machine interface based on the discharge timings of spinal motor neurons after targeted muscle reinnervation. *Nature Biomedical Engineering*, 1(2), 0025. <https://doi.org/10.1038/s41551-016-0025>

- Faruqui, N., Yousuf, M. A., Kateb, F. A., Abdul Hamid, M., & Monowar, M. M. (2023). Healthcare As a Service (HAAS): CNN-based cloud computing model for ubiquitous access to lung cancer diagnosis. *Heliyon*, 9(11), e21520. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e21520>
- Gafni, A. (2001). Willingness-to-pay (WTP): The new-old kid on the economic evaluation block. *The Canadian Journal of Nursing Research = Revue Canadienne De Recherche En Sciences Infirmieres*, 33(1), 59–64.
- Gao, S., Fang, A., Huang, Y., Giunchiglia, V., Noori, A., Schwarz, J. R., Ektefaie, Y., Kondic, J., & Zitnik, M. (2024a). Empowering biomedical discovery with AI agents. *Cell*, 187(22), 6125–6151. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2024.09.022>
- Gargeya, R., & Leng, T. (2017). Automated Identification of Diabetic Retinopathy Using Deep Learning. *Ophthalmology*, 124(7), 962–969. <https://doi.org/10.1016/j.opthta.2017.02.008>
- Gawande, M. S., Zade, N., Kumar, P., Gundewar, S., Weerathna, I. N., & Verma, P. (2025). The role of artificial intelligence in pandemic responses: From epidemiological modeling to vaccine development. *Molecular Biomedicine*, 6(1), 1. <https://doi.org/10.1186/s43556-024-00238-3>
- Gilligan, A. M., Alberts, D. S., Roe, D. J., & Skrepnek, G. H. (2018). Death or Debt? National Estimates of Financial Toxicity in Persons with Newly-Diagnosed Cancer. *The American Journal of Medicine*, 131(10), 1187-1199.e5. <https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2018.05.020>
- Godfrey, C. M., Leech, A. A., McGann, K. C., Zhu, J., Marmor, H. N., Pena, S., Pickup, L. C., Maldonado, F., Osmundson, E. C., Dusetzina, S. B., Grogan, E. L., & Deppen, S. A. (2026). Cost-effectiveness analysis of artificial intelligence-assisted risk stratification of indeterminate pulmonary nodules. *PloS One*, 21(3), e0343492. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0343492>
- Goh, S. S. N., Lim, Y. Z., Ong, C., Hartman, M., & Wang, Y. (2026). Cost Effectiveness Analysis of an AI-Assisted Breast Cancer Screening Programme in Singapore: An Early Health Technology Assessment. *Cancers*, 18(5), 836. <https://doi.org/10.3390/cancers18050836>
- Guindo, L. A., Wagner, M., Baltussen, R., Rindress, D., van Til, J., Kind, P., & Goetghebeur, M. M. (2012). From efficacy to equity: Literature review of decision criteria for resource

- allocation and healthcare decisionmaking. Cost Effectiveness and Resource Allocation : C/E, 10, 9. <https://doi.org/10.1186/1478-7547-10-9>
- Haddaway, N. R., Page, M. J., Pritchard, C. C., & McGuinness, L. A. (2022). PRISMA2020: An R package and Shiny app for producing PRISMA 2020-compliant flow diagrams, with interactivity for optimised digital transparency and Open Synthesis Campbell Systematic Reviews, 18, e1230. <https://doi.org/10.1002/cl2.1230> Download citation (.ris)
- Hai, L., Jiang, Z., Zhang, H., & Sun, Y. (2024). From multi-omics to predictive biomarker: AI in tumor microenvironment. Frontiers in Immunology, 15, 1514977. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2024.1514977>
- Harika, M., Niharika, B., & Pramod, J. P. (2026). ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN HEALTHCARE: TRANSFORMING DIAGNOSIS, TREATMENT, AND PATIENT CARE. International Education and Research Journal (IERJ), 12(02). <https://doi.org/10.5281/zenodo.18849126>
- Hill, H., Roadevin, C., Duffy, S., Mandrik, O., & Brentnall, A. (2024). Cost-Effectiveness of AI for Risk-Stratified Breast Cancer Screening. JAMA Network Open, 7(9), e2431715. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2024.31715>
- Huhulea, E. N., Huang, L., Eng, S., Sumawi, B., Huang, A., Aifuwa, E., Hirani, R., Tiwari, R. K., & Etienne, M. (2025). Artificial Intelligence Advancements in Oncology: A Review of Current Trends and Future Directions. Biomedicines, 13(4), 951. <https://doi.org/10.3390/biomedicines13040951>
- Huo, B., Boyle, A., Marfo, N., Tangamornsuksan, W., Steen, J. P., McKechnie, T., Lee, Y., Mayol, J., Antoniou, S. A., Thirunavukarasu, A. J., Sanger, S., Ramji, K., & Guyatt, G. (2025). Large Language Models for Chatbot Health Advice Studies: A Systematic Review. JAMA Network Open, 8(2), e2457879. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2024.57879>
- Husereau, D., Drummond, M., Augustovski, F., de Bekker-Grob, E., Briggs, A. H., Carswell, C., Caulley, L., Chaiyakunapruk, N., Greenberg, D., Loder, E., Mauskopf, J., Mullins, C. D., Petrou, S., Pwu, R.-F., & Staniszewska, S. (2022). Consolidated Health Economic Evaluation Reporting Standards (CHEERS) 2022 Explanation and Elaboration: A Report of the ISPOR CHEERS II Good Practices Task Force. Value in Health: The Journal of the International Society for Pharmacoeconomics and Outcomes Research, 25(1), 10–31. <https://doi.org/10.1016/j.jval.2021.10.008>

- Istasy, P., Lee, W. S., Iansavichene, A., Upshur, R., Gyawali, B., Burkell, J., Sadikovic, B., Lazo-Langner, A., & Chin-Yee, B. (2022). The Impact of Artificial Intelligence on Health Equity in Oncology: Scoping Review. *Journal of Medical Internet Research*, 24(11), e39748. <https://doi.org/10.2196/39748>
- Jiang, F., Jiang, Y., Zhi, H., Dong, Y., Li, H., Ma, S., Wang, Y., Dong, Q., Shen, H., & Wang, Y. (2017). Artificial intelligence in healthcare: Past, present and future. *Stroke and Vascular Neurology*, 2(4), 230–243. <https://doi.org/10.1136/svn-2017-000101>
- Kacew, A. J., Strohbehn, G. W., Saulsberry, L., Laiteerapong, N., Cipriani, N. A., Kather, J. N., & Pearson, A. T. (2021). Artificial Intelligence Can Cut Costs While Maintaining Accuracy in Colorectal Cancer Genotyping. *Frontiers in Oncology*, 11, 630953. <https://doi.org/10.3389/fonc.2021.630953>
- Kamble, P., Nagar, P. R., Bhakhar, K. A., Garg, P., Sobhia, M. E., Naidu, S., & Bharatam, P. V. (2024). Cancer pharmacoinformatics: Databases and analytical tools. *Functional & Integrative Genomics*, 24(5), 166. <https://doi.org/10.1007/s10142-024-01445-5>
- Korn, A. R., Walsh-Bailey, C., Correa-Mendez, M., DelNero, P., Pilar, M., Sandler, B., Brownson, R. C., Emmons, K. M., & Oh, A. Y. (2023). Social determinants of health and US cancer screening interventions: A systematic review. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, 73(5), 461–479. <https://doi.org/10.3322/caac.21801>
- Kristensen, F. B., Husereau, D., Huić, M., Drummond, M., Berger, M. L., Bond, K., Augustovski, F., Booth, A., Bridges, J. F. P., Grimshaw, J., IJzerman, M. J., Jonsson, E., Ollendorf, D. A., Rüther, A., Siebert, U., Sharma, J., & Wailoo, A. (2019). Identifying the Need for Good Practices in Health Technology Assessment: Summary of the ISPOR HTA Council Working Group Report on Good Practices in HTA. *Value in Health: The Journal of the International Society for Pharmacoeconomics and Outcomes Research*, 22(1), 13–20. <https://doi.org/10.1016/j.jval.2018.08.010>
- Kumar, Y., Gupta, S., Singla, R., & Hu, Y.-C. (2022). A Systematic Review of Artificial Intelligence Techniques in Cancer Prediction and Diagnosis. *Archives of Computational Methods in Engineering*, 29(4), 2043–2070. <https://doi.org/10.1007/s11831-021-09648-w>
- Lasko, T. A., Denny, J. C., & Levy, M. A. (2013). Computational phenotype discovery using unsupervised feature learning over noisy, sparse, and irregular clinical data. *PloS One*, 8(6), e66341. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0066341>

- LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature*, 521(7553), 436–444.
<https://doi.org/10.1038/nature14539>
- Lee, Y., Ferber, D., Rood, J. E., Regev, A., & Kather, J. N. (2024). How AI agents will change cancer research and oncology. *Nature Cancer*, 5(12), 1765–1767.
<https://doi.org/10.1038/s43018-024-00861-7>
- Li, Y., Mahjoubfar, A., Chen, C. L., Niazi, K. R., Pei, L., & Jalali, B. (2019). Deep Cytometry: Deep learning with Real-time Inference in Cell Sorting and Flow Cytometry. *Scientific Reports*, 9(1), 11088. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-47193-6>
- Lipkova, J., Chen, R. J., Chen, B., Lu, M. Y., Barbieri, M., Shao, D., Vaidya, A. J., Chen, C., Zhuang, L., Williamson, D. F. K., Shaban, M., Chen, T. Y., & Mahmood, F. (2022). Artificial intelligence for multimodal data integration in oncology. *Cancer Cell*, 40(10), 1095–1110. <https://doi.org/10.1016/j.ccell.2022.09.012>
- Liu, M., Wu, J., Wang, N., Zhang, X., Bai, Y., Guo, J., Zhang, L., Liu, S., & Tao, K. (2023). The value of artificial intelligence in the diagnosis of lung cancer: A systematic review and meta-analysis. *PloS One*, 18(3), e0273445.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0273445>
- Luchini, C., Pea, A., & Scarpa, A. (2022). Artificial intelligence in oncology: Current applications and future perspectives. *British Journal of Cancer*, 126(1), 4–9.
<https://doi.org/10.1038/s41416-021-01633-1>
- Maas, L., Contreras-Meca, C., Ghezzi, S., Belmans, F., Corsi, A., Cant, J., Vos, W., Bobowicz, M., Rygusik, M., Wysocki, P. T., Weiss, M. E. R., Neri, E., Caputo, F. P., Franceschello, R., Fanni, S. C., Annemans, L., & Hilgsmann, M. (2026). Cost-effectiveness analysis of artificial intelligence (AI) for response prediction of neoadjuvant radio(chemo)therapy in locally advanced rectal cancer (LARC) in the Netherlands. *Expert Review of Pharmacoeconomics & Outcomes Research*, 26(2), 303–312.
<https://doi.org/10.1080/14737167.2026.2615683>
- Magrabi, F., Ammenwerth, E., McNair, J. B., De Keizer, N. F., Hyppönen, H., Nykänen, P., Rigby, M., Scott, P. J., Vehko, T., Wong, Z. S.-Y., & Georgiou, A. (2019). Artificial Intelligence in Clinical Decision Support: Challenges for Evaluating AI and Practical Implications. *Yearbook of Medical Informatics*, 28(1), 128–134.
<https://doi.org/10.1055/s-0039-1677903>
- Mark P. Sendak,¹ Joshua D’Arcy,² Sehj Kashyap,^{1,3} Michael Gao,¹ & Marshall Nichols,¹ Kristin Corey,^{1,2} William Ratliff,¹ Suresh Balu¹,. (2020). A Path for Translation of

- Machine Learning Products into Healthcare Delivery. EMJ Innovations. <https://doi.org/10.33590/emjinnov/19-00172>
- Mathotaarachchi, S., Pascoal, T. A., Shin, M., Benedet, A. L., Kang, M. S., Beaudry, T., Fonov, V. S., Gauthier, S., Rosa-Neto, P., & Alzheimer's Disease Neuroimaging Initiative. (2017). Identifying incipient dementia individuals using machine learning and amyloid imaging. *Neurobiology of Aging*, 59, 80–90. <https://doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2017.06.027>
- McCarthy, J. (1998). WHAT IS ARTIFICIAL INTELLIGENCE. <https://www.semanticscholar.org/paper/WHAT-IS-ARTIFICIAL-INTELLIGENCE-McCarthy/be67fbc3db47fdaa118fd6816b21968fb1cf547e>
- 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>
- Mital, S., & Nguyen, H. V. (2022). Cost-effectiveness of using artificial intelligence versus polygenic risk score to guide breast cancer screening. *BMC Cancer*, 22(1), 501. <https://doi.org/10.1186/s12885-022-09613-1>
- Mitchell, T. M. (2006). *The Discipline of Machine Learning*. School of Computer Science Carnegie Mellon University Pittsburgh, PA 15213
- Mizutani, H., Tsuji, Y., Kubota, D., Hisada, H., Yuko Miura, Y., Ohki, D., Takeuchi, C., Yakabi, S., Kakushima, N., Yamamichi, N., Kawai, Y., Tada, T., & Fujishiro, M. (2026). Cost-Effectiveness of Artificial Intelligence-Assisted Endoscopic Screening for Gastric Cancer: A Lifetime Markov Model Using Population-Based Data from Japan (SSRN Scholarly Paper No. 6301904). Social Science Research Network. <https://doi.org/10.2139/ssrn.6301904>
- Mohan, G., & Chattopadhyay, S. (2020). Cost-effectiveness of Leveraging Social Determinants of Health to Improve Breast, Cervical, and Colorectal Cancer Screening: A Systematic Review. *JAMA Oncology*, 6(9), 1434–1444. <https://doi.org/10.1001/jamaoncol.2020.1460>
- Monlezun, D. J., Sinyavskiy, O., Peters, N., Steigner, L., Aksamit, T., Girault, M. I., Garcia, A., Gallagher, C., & Iliescu, C. (2022). Artificial Intelligence-Augmented Propensity Score, Cost Effectiveness and Computational Ethical Analysis of Cardiac Arrest and

- Active Cancer with Novel Mortality Predictive Score. *Medicina*, 58(8), 1039.
<https://doi.org/10.3390/medicina58081039>
- Mridha, K., Uddin, Md. M., Shin, J., Khadka, S., & Mridha, M. F. (2023). An Interpretable Skin Cancer Classification Using Optimized Convolutional Neural Network for a Smart Healthcare System. *IEEE Access*, 11, 41003–41018.
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3269694>
- Nam, J. G., Park, S., Hwang, E. J., Lee, J. H., Jin, K.-N., Lim, K. Y., Vu, T. H., Sohn, J. H., Hwang, S., Goo, J. M., & Park, C. M. (2019). Development and Validation of Deep Learning-based Automatic Detection Algorithm for Malignant Pulmonary Nodules on Chest Radiographs. *Radiology*, 290(1), 218–228.
<https://doi.org/10.1148/radiol.2018180237>
- Nazer, L. H., Zatarah, R., Waldrip, S., Ke, J. X. C., Moukheiber, M., Khanna, A. K., Hicklen, R. S., Moukheiber, L., Moukheiber, D., Ma, H., & Mathur, P. (2023). Bias in artificial intelligence algorithms and recommendations for mitigation. *PLOS Digital Health*, 2(6), e0000278. <https://doi.org/10.1371/journal.pdig.0000278>
- Obermeyer, Z., & Emanuel, E. J. (2016). Predicting the Future—Big Data, Machine Learning, and Clinical Medicine. *The New England journal of medicine*, 375(13), 1216–1219.
<https://doi.org/10.1056/NEJMp1606181>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Qamar, T., & Bawany, N. Z. (2023). Understanding the black-box: Towards interpretable and reliable deep learning models. *PeerJ. Computer Science*, 9, e1629.
<https://doi.org/10.7717/peerj-cs.1629>
- Quinn, T. P., Senadeera, M., Jacobs, S., Coghlan, S., & Le, V. (2021). Trust and medical AI: The challenges we face and the expertise needed to overcome them. *Journal of the American Medical Informatics Association: JAMIA*, 28(4), 890–894.
<https://doi.org/10.1093/jamia/ocaa268>
- Rajdeo, P., Aronow, B., & Surya Prasath, V. B. (2024). Deep learning-based multimodal spatial transcriptomics analysis for cancer. *Advances in Cancer Research*, 163, 1–38.
<https://doi.org/10.1016/bs.acr.2024.08.001>

- Ramadan, S. Z. (2020). Methods Used in Computer-Aided Diagnosis for Breast Cancer Detection Using Mammograms: A Review. *Journal of Healthcare Engineering*, 2020, 9162464. <https://doi.org/10.1155/2020/9162464>
- Reardon, S. (2019). Rise of Robot Radiologists. *Nature*, 576(7787), S54–S58. <https://doi.org/10.1038/d41586-019-03847-z>
- Regulation (EU) 2021/2282 of the European Parliament and of the Council of 15 December 2021 on Health Technology Assessment and Amending Directive 2011/24/EU (Text with EEA Relevance), 458 OJ L (2021). <http://data.europa.eu/eli/reg/2021/2282/oj>
- Regulation (EU) 2024/1689 of the European Parliament and of the Council of 13 June 2024 Laying down Harmonised Rules on Artificial Intelligence and Amending Regulations (EC) No 300/2008, (EU) No 167/2013, (EU) No 168/2013, (EU) 2018/858, (EU) 2018/1139 and (EU) 2019/2144 and Directives 2014/90/EU, (EU) 2016/797 and (EU) 2020/1828 (Artificial Intelligence Act) (Text with EEA Relevance) (2024). <http://data.europa.eu/eli/reg/2024/1689/oj>
- Robinson, R. (1993a). Cost-benefit analysis. *BMJ*, 307(6909), 924–926. <https://doi.org/10.1136/bmj.307.6909.924>
- Robinson, R. (1993b). Cost-effectiveness analysis. *BMJ : British Medical Journal*, 307(6907), 793–795. <https://doi.org/10.1136/bmj.307.6907.793>
- Robinson, R. (1993c). Costs and cost-minimisation analysis. *BMJ*, 307(6906), 726–728. <https://doi.org/10.1136/bmj.307.6906.726>
- Robinson, R. (1993d). Cost-utility analysis. *BMJ*, 307(6908), 859–862. <https://doi.org/10.1136/bmj.307.6908.859>
- Roy, S., Meena, T., & Lim, S.-J. (2022). Demystifying Supervised Learning in Healthcare 4.0: A New Reality of Transforming Diagnostic Medicine. *Diagnostics*, 12(10), 2549. <https://doi.org/10.3390/diagnostics12102549>
- Salim, M., Liu, Y., Sorkhei, M., Ntola, D., Foukakis, T., Fredriksson, I., Wang, Y., Eklund, M., Azizpour, H., Smith, K., & Strand, F. (2024). AI-based selection of individuals for supplemental MRI in population-based breast cancer screening: The randomized ScreenTrustMRI trial. *Nature Medicine*, 30(9), 2623–2630. <https://doi.org/10.1038/s41591-024-03093-5>
- Samarasena, J., Yang, D., & Berzin, T. M. (2023). AGA Clinical Practice Update on the Role of Artificial Intelligence in Colon Polyp Diagnosis and Management: Commentary. *Gastroenterology*, 165(6), 1568–1573. <https://doi.org/10.1053/j.gastro.2023.07.010>

- Sarker, I. H. (2021). Deep Learning: A Comprehensive Overview on Techniques, Taxonomy, Applications and Research Directions. *Sn Computer Science*, 2(6), 420. <https://doi.org/10.1007/s42979-021-00815-1>
- Smak Gregoor, A. M., Sangers, T. E., Bakker, L. J., Hollestein, L., Uyl – de Groot, C. A., Nijsten, T., & Wakkee, M. (2023). An artificial intelligence based app for skin cancer detection evaluated in a population based setting. *Npj Digital Medicine*, 6(1), 90. <https://doi.org/10.1038/s41746-023-00831-w>
- Song, J., Peng, W., & Wang, F. (2022). Identifying Cancer Patient Subgroups by Finding Co-Modules From the Driver Mutation Profiles and Downstream Gene Expression Profiles. *IEEE/ACM Transactions on Computational Biology and Bioinformatics*, 19(5), 2863–2872. <https://doi.org/10.1109/TCBB.2021.3106344>
- Taha, B. A., Abdulrahm, Z. M., Addie, A. J., Haider, A. J., Alkawaz, A. N., Yaqoob, I. A. M., & Arsad, N. (2025). Advancing optical nanosensors with artificial intelligence: A powerful tool to identify disease-specific biomarkers in multi-omics profiling. *Talanta*, 287, 127693. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2025.127693>
- Tan, P., Chen, X., Zhang, H., Wei, Q., & Luo, K. (2023). Artificial intelligence aids in development of nanomedicines for cancer management. *Seminars in Cancer Biology*, 89, 61–75. <https://doi.org/10.1016/j.semcan.2023.01.005>
- Tang, Z., Mishra, A., Mora, B., Al-Sarireh, B., Irvine, O., Mauri, B., Higginbotham, V., Bandaranayake, P. M. A., Chandrashekhara, S. H., Kanamarlapudi, V., & Roy, D. (2026). High-efficacy and affordable hyperspectral pancreatic tissue image analysis using near-infrared spectroscopy. *Journal of Pathology Informatics*, 21, 100651. <https://doi.org/10.1016/j.jpi.2026.100651>
- Thakur, G. K., Thakur, A., Kulkarni, S., Khan, N., & Khan, S. (2024). Deep Learning Approaches for Medical Image Analysis and Diagnosis. *Cureus*, 16(5), e59507. <https://doi.org/10.7759/cureus.59507>
- The Royal Society (2017). Machine learning: The power and promise of computers that learn by example.
- Topol, E. J. (2019). High-performance medicine: The convergence of human and artificial intelligence. *Nature Medicine*, 25(1), 44–56. <https://doi.org/10.1038/s41591-018-0300-7>
- Tousif, M. N., Akhter, R., Ushan, M. N. R., Labonno, T. M., Mahmud, S., & Islam, Md. N. (2023). Revolutionizing Cancer Therapy: The Role of Artificial Intelligence in Enhancing Treatment Efficacy. 2023 International Conference on Information and

- Communication Technology for Sustainable Development (ICICT4SD), 89–93.
<https://doi.org/10.1109/ICICT4SD59951.2023.10303570>
- Tu, T., Schaekermann, M., Palepu, A., Saab, K., Freyberg, J., Tanno, R., Wang, A., Li, B., Amin, M., Cheng, Y., Vedadi, E., Tomasev, N., Azizi, S., Singhal, K., Hou, L., Webson, A., Kulkarni, K., Mahdavi, S. S., Semturs, C., ... Natarajan, V. (2025). Towards conversational diagnostic artificial intelligence. *Nature*, 642(8067), 442–450.
<https://doi.org/10.1038/s41586-025-08866-7>
- Urban, G., Tripathi, P., Alkayali, T., Mittal, M., Jalali, F., Karnes, W., & Baldi, P. (2018). Deep Learning Localizes and Identifies Polyps in Real Time With 96% Accuracy in Screening Colonoscopy. *Gastroenterology*, 155(4), 1069-1078.e8.
<https://doi.org/10.1053/j.gastro.2018.06.037>
- Vale-Silva, L. A., & Rohr, K. (2021). Long-term cancer survival prediction using multimodal deep learning. *Scientific Reports*, 11(1), 13505. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-92799-4>
- van Dooijeweert, C., Flach, R. N., Ter Hoeve, N. D., Vreuls, C. P. H., Goldschmeding, R., Freund, J. E., Pham, P., Nguyen, T. Q., van der Wall, E., Frederix, G. W. J., Stathonikos, N., & van Diest, P. J. (2024). Clinical implementation of artificial-intelligence-assisted detection of breast cancer metastases in sentinel lymph nodes: The CONFIDENT-B single-center, non-randomized clinical trial. *Nature Cancer*, 5(8), 1195–1205.
<https://doi.org/10.1038/s43018-024-00788-z>
- Vilhekar, R. S., & Rawekar, A. (2024). Artificial Intelligence in Genetics. *Cureus*, 16(1), e52035. <https://doi.org/10.7759/cureus.52035>
- Wagstaff, A., & van Doorslaer, E. (2000). Equity in health care finance and delivery. Στο *Handbook of health economics*. Elsevier.
- Wang, X., Zhao, J., Marostica, E., Yuan, W., Jin, J., Zhang, J., Li, R., Tang, H., Wang, K., Li, Y., Wang, F., Peng, Y., Zhu, J., Zhang, J., Jackson, C. R., Zhang, J., Dillon, D., Lin, N. U., Sholl, L., ... Yu, K.-H. (2024). A pathology foundation model for cancer diagnosis and prognosis prediction. *Nature*, 634(8035), 970–978. <https://doi.org/10.1038/s41586-024-07894-z>
- Weng, S. F., Reps, J., Kai, J., Garibaldi, J. M., & Qureshi, N. (2017). Can machine-learning improve cardiovascular risk prediction using routine clinical data? *PloS One*, 12(4), e0174944. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0174944>

- Wong, M. C., Huang, J., Lam, T. Y., Lau, L. H., & Chiu, P. W. (2025). The Cost-Effectiveness of AI-Assisted Colonoscopy as a Primary or Secondary Screening Test in a Population-Based Colorectal Cancer Screening Program: Markov Modeling-Based Cost Effectiveness Analysis. *Journal of Medical Internet Research*, 27, e67762. <https://doi.org/10.2196/67762>
- Yamada, Y., Lange, R. T., Lu, C., Hu, S., Lu, C., Foerster, J., Clune, J., & Ha, D. (2025). The AI Scientist-v2: Workshop-Level Automated Scientific Discovery via Agentic Tree Search (arXiv:2504.08066). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2504.08066>
- Yu, Z., He, Y., Schomann, T., Wu, K., Hao, Y., Suidgeest, E., Zhang, H., Eich, C., & Cruz, L. J. (2024). Correction: Yu et al. Achieving Effective Multimodal Imaging with Rare-Earth Ion-Doped CaF₂ Nanoparticles. *Pharmaceutics* 2022, 14, 840. *Pharmaceutics*, 16(1), 91. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics16010091>
- Zhang, K., Yang, X., Wang, Y., Yu, Y., Huang, N., Li, G., Li, X., Wu, J. C., & Yang, S. (2025). Artificial intelligence in drug development. *Nature Medicine*, 31(1), 45–59. <https://doi.org/10.1038/s41591-024-03434-4>
- Zhou, L., Pan, S., Wang, J., & Vasilakos, A. V. (2017). Machine learning on big data: Opportunities and challenges. *Neurocomputing*, 237, 350–361. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2017.01.026>
- Ziegelmayer, S., Graf, M., Makowski, M., Gawlitza, J., & Gassert, F. (2022). Cost-Effectiveness of Artificial Intelligence Support in Computed Tomography-Based Lung Cancer Screening. *Cancers*, 14(7), 1729. <https://doi.org/10.3390/cancers14071729>

Υπεύθυνη Δήλωση Συγγραφέα:

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν.1599/1986, η παρούσα εργασία αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής μου εργασίας, δεν προσβάλλει κάθε μορφής δικαιώματα διανοητικής ιδιοκτησίας, προσωπικότητας και προσωπικών δεδομένων τρίτων, δεν περιέχει έργα/εισφορές τρίτων για τα οποία απαιτείται άδεια των δημιουργών/δικαιούχων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον και πληρούν τους κανόνες της επιστημονικής παράθεσης.