

ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

Η Τεχνητή Νοημοσύνη στην Ιατρική

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Εισηγητής: Γεώργιος Διονυσίου, Α.Μ. 20401

Επιβλέπων: Καπανταϊδάκης Ιωάννης (M.Sc)

©

<2025>

HELLENIC MEDITERRANEAN UNIVERSITY

SCHOOL OF MANAGEMENT AND ECONOMICS SCIENCE

DEPARTMENT OF MANAGEMENT SCIENCE AND TECHNOLOGY

Artificial Intelligence in Medicine

DIPLOMA THESIS

Student: George Dionysiou, A.M. 20401

Supervisor: Kapantaidakis Ioannis (M.Sc)

©

<2025>

Υπεύθυνη Δήλωση *: Βεβαιώνω ότι είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της, είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην πτυχιακή εργασία. Επίσης έχω αναφέρει τις όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Επίσης βεβαιώνω ότι αυτή η πτυχιακή εργασία προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά ειδικά για τις απαιτήσεις του προγράμματος σπουδών του Τμήματος Διοικητικής Επιστήμης και Τεχνολογίας του ΕΛ.ΜΕ.ΠΑ.*

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία εξετάζει τη χρήση της τεχνητής νοημοσύνης (AI) στην υγειονομική περίθαλψη, αναδεικνύοντας τις βασικές τεχνολογίες, τις εφαρμογές και τις προκλήσεις που τη συνοδεύουν. Ξεκινώντας από μια ιστορική αναδρομή της AI, γίνεται αναφορά στις κύριες τεχνολογίες, όπως η μηχανική μάθηση (Machine Learning), η βαθιά μάθηση (Deep Learning) και τα νευρωνικά δίκτυα, που αποτελούν τη βάση των εφαρμογών στην ιατρική. Οι τεχνολογίες αυτές επιτρέπουν την αυτοματοποίηση διαγνωστικών διαδικασιών, την επεξεργασία δεδομένων και την υποστήριξη κλινικών αποφάσεων με μεγάλη ακρίβεια και ταχύτητα. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται οι κύριες εφαρμογές της AI στην ιατρική, όπως η διάγνωση ασθενειών μέσω ιατρικής απεικόνισης, η πρόβλεψη ασθενειών, η εξατομικευμένη ιατρική και η χρήση ρομποτικής χειρουργικής. Η AI επιτρέπει την έγκαιρη ανίχνευση παθολογιών και τη βελτίωση των θεραπευτικών αποτελεσμάτων, ενώ μειώνει τον χρόνο ανάρρωσης και τις πιθανότητες επιπλοκών. Τα παραδείγματα χρήσης της AI στον καρκίνο του πνεύμονα και στη ρομποτική χειρουργική δείχνουν τη σημαντική συμβολή της τεχνολογίας στη βελτίωση της ιατρικής πρακτικής.

Παράλληλα, η εργασία αναδεικνύει τα ηθικά και νομικά ζητήματα που προκύπτουν από τη χρήση της AI στην ιατρική, όπως η διαφάνεια των αποφάσεων και η προστασία της ιδιωτικότητας των ασθενών. Τα ζητήματα αυτά απαιτούν την ανάπτυξη κατάλληλων ρυθμιστικών πλαισίων και ηθικών προτύπων για τη διασφάλιση της ασφαλούς χρήσης της AI.

Η AI αποτελεί μια τεχνολογία που έχει τη δυναμική να μετασχηματίσει την υγειονομική περίθαλψη, βελτιώνοντας την ποιότητα της φροντίδας και την πρόσβαση στις ιατρικές υπηρεσίες. Ωστόσο, η επιτυχημένη ενσωμάτωσή της απαιτεί την αντιμετώπιση των ηθικών, νομικών και τεχνικών προκλήσεων.

Λέξεις κλειδιά: τεχνητή νοημοσύνη, ιατρική, υγειονομική περίθαλψη, τεχνολογία

ABSTRACT

This paper examines the use of artificial intelligence (AI) in healthcare, highlighting key technologies, applications, and associated challenges. Beginning with a historical overview of AI, it discusses core technologies such as machine learning, deep learning, and neural networks, which form the foundation of medical applications. These technologies enable the automation of diagnostic processes, and data analysis, and support clinical decision-making with high accuracy and speed. Next, the paper presents the main applications of AI in medicine, such as disease diagnosis through medical imaging, disease prediction, personalized medicine, and robotic surgery. AI facilitates the early detection of pathologies and improves treatment outcomes while reducing recovery time and the risk of complications. Examples of AI usage in lung cancer diagnosis and robotic surgery demonstrate its significant contribution to enhancing medical practice.

Additionally, the paper addresses ethical and legal issues arising from AI in medicine, such as decision transparency and the protection of patient privacy. These concerns call for the development of appropriate regulatory frameworks and ethical standards to ensure the safe use of AI in healthcare.

Overall, AI is a transformative technology with the potential to revolutionize healthcare by improving the quality of care and access to medical services. However, its successful integration requires addressing ethical, legal, and technical challenges.

Keywords: Artificial Intelligence, Medicine, Health Care, Technology

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ 1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 1
ΕΙΣΑΓΩΓΗ 1
Βασικές Έννοιες και Τεχνολογίες της Τεχνητής Νοημοσύνης 5
2.1 Ιστορική Αναδρομή της Τεχνητής Νοημοσύνης 5
2.2 Ορισμός της Τεχνητής Νοημοσύνης (AI) 5
2.3 Μηχανική Μάθηση (Machine Learning) 7
2.4 Βαθιά Μάθηση (Deep Learning) 8
2.5 Νευρωνικά Δίκτυα 9
2.6 Φυσική Γλώσσα (Natural Language Processing - NLP) 10
2.7 Εφαρμογές της Τεχνητής Νοημοσύνης σε Άλλους Τομείς 10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 14
Εφαρμογές της Τεχνητής Νοημοσύνης στην Ιατρική 14
3.1 Διαγνωστικά συστήματα βασισμένα σε AI 14
3.2 Απεικονιστική διάγνωση (Medical Imaging) 17
3.3 AI στην πρόβλεψη ασθενειών και μοντελοποίηση υγείας 19
3.4 Ρομποτική χειρουργική με τη χρήση AI 21
3.5 Αυτόματη επεξεργασία δεδομένων από ηλεκτρονικούς φακέλους υγείας (Electronic Health Records - EHRs) 25
3.6 Προσωπική ιατρική και θεραπεία (Personalized Medicine) 27
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 33
Πλεονεκτήματα της Τεχνητής Νοημοσύνης στην Ιατρική 33

4.1 Ακρίβεια και ταχύτητα στη διάγνωση 33

4.2 Μείωση κόστους και βελτίωση αποδοτικότητας 35

4.3 Ενίσχυση της εξατομικευμένης ιατρικής 36

4.4 Συνεργασία ανθρώπου-μηχανής (Human-AI Collaboration) 37

4.5 Μειονεκτήματα της Τεχνητής Νοημοσύνης στην Ιατρική 38

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 42

5.1 Έλλειψη διαφάνειας και ερμηνευσιμότητας (Black-box problem) 42

5.2 Σφάλματα και υπερβολική εξάρτηση από AI 43

5.3 Προβλήματα ποιότητας δεδομένων και εκπαίδευσης μοντέλων 43

5.4 Ηθικά και νομικά ζητήματα στη χρήση AI 44

5.5 Η αντιμετώπιση του ανθρώπινου παράγοντα και η αβεβαιότητα 46

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 48

Ηθικά Διλήμματα και Νομικές Προεκτάσεις της Τεχνητής Νοημοσύνης στην Ιατρική 48

6.1 Ηθικά διλήμματα στην ιατρική με τη χρήση AI 48

6.2 Η προστασία της ιδιωτικότητας και των προσωπικών δεδομένων 50

6.3 Νομικό πλαίσιο και κανονισμοί για τη χρήση AI στην ιατρική 51

6.4 Πνευματική ιδιοκτησία και κατοχύρωση δικαιωμάτων 53

6.5 Η κοινωνική διάσταση της AI στην υγειονομική περίθαλψη 56

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 58

Μελλοντικές Προοπτικές και Κατευθύνσεις 58

7.2 Η ενσωμάτωση AI σε παγκόσμια υγειονομικά συστήματα 60

7.3 Πιθανές συνέπειες και τάσεις στην ιατρική πρακτική 61

7.4 Η διαχείριση της AI στον τομέα της ιατρικής εκπαίδευσης 63

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 65
Συμπεράσματα 65
Βιβλιογραφία 68

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η ολοκλήρωση αυτής της πτυχιακής εργασίας αποτέλεσε μια ιδιαίτερα αγχωτική και απαιτητική διαδικασία, αλλά ταυτόχρονα μια εμπειρία γεμάτη μάθηση, εξέλιξη και ικανοποίηση. Θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες σε όλους όσοι στάθηκαν δίπλα μου κατά τη διάρκεια αυτής της διαδρομής.

Πρώτα απ' όλα, ευχαριστώ την οικογένειά μου για τη συνεχή στήριξη και την αμέριστη αγάπη που μου προσέφεραν όλα αυτά τα χρόνια. Η σταθερή τους παρουσία και η πίστη τους σε μένα υπήρξαν θεμέλιο για την πορεία μου.

Ευχαριστώ θερμά τους φίλους μου για την κατανόηση, την ενθάρρυνση και τη συντροφιά τους, ιδίως στις πιο δύσκολες στιγμές αυτής της προσπάθειας.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στον κύριο Καπανταϊδάκη, επιβλέποντα καθηγητή της πτυχιακής μου εργασίας, για την καθοδήγηση, τη διαθεσιμότητα και τη σημαντική βοήθεια που μου προσέφερε καθ' όλη τη διάρκεια της συγγραφής.

Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ στην εταιρεία στην οποία εργάζομαι για την εμπιστοσύνη και τη συνεχή στήριξη που μου προσφέρει, καθώς και για τις ευκαιρίες ανάπτυξης που μου έχει δώσει.

Χωρίς τη στήριξη όλων αυτών των ανθρώπων, η ολοκλήρωση αυτής της εργασίας δεν θα ήταν δυνατή.

<u>Λόγια που με συνόδευσαν:</u>

1. "You don't go, you don't know."

— Ελευθέριος Μιχ. Σαΐτης

2. "Γιώργο…μαθέ…..απλώς μαθέ."

— Θ. Τζάμος

3. "It always seems impossible until it's done."

— Nelson Mandela

4. "Make mistakes.

But don't regret them.

Learn from them.

Because regrets are the hardest thing to carry when you get older."

— Unknown.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η τεχνητή νοημοσύνη (AI) έχει αναδειχθεί ως μια από τις πιο καινοτόμες και ταχύτατα αναπτυσσόμενες τεχνολογίες στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης, προσφέροντας νέες δυνατότητες στη διάγνωση, την πρόγνωση και τη θεραπεία ασθενειών. Η χρήση της AI στις ιατρικές εφαρμογές βασίζεται στην ανάλυση δεδομένων, την επεξεργασία εικόνων, την επεξεργασία φυσικής γλώσσας και την ανάπτυξη αλγορίθμων που μπορούν να ενισχύσουν σημαντικά την ακρίβεια και την ταχύτητα των διαγνώσεων και των θεραπευτικών διαδικασιών (Jones et al., 2018). Οι τεχνολογίες που βασίζονται στην AI, όπως η μηχανική μάθηση (Machine Learning - ML), η βαθιά μάθηση (Deep Learning) και η επεξεργασία φυσικής γλώσσας (Natural Language Processing - NLP), έχουν ανοίξει νέους δρόμους στην ιατρική έρευνα και την κλινική πρακτική. Η συνεισφορά της AI δεν περιορίζεται στην αυτοματοποίηση των διαδικασιών, αλλά επεκτείνεται στη δυνατότητα βελτίωσης των παρεχόμενων υπηρεσιών υγείας, μέσω της ανάλυσης δεδομένων και της παροχής προγνωστικών εργαλείων που επιτρέπουν την πρόβλεψη και την πρόληψη των ασθενειών (Ahmed et al., 2020).

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να αναλυθεί η χρήση και συμβολή της τεχνητής νοημοσύνης στην Ιατρική. Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται γενική αναφορά στην τεχνητή νοημοσύνη (AI), μια τεχνολογία μετασχηματισμού που επιτρέπει στους υπολογιστές να εκτελούν εργασίες που απαιτούν ανθρώπινη νοημοσύνη, όπως η εκμάθηση από δεδομένα και η αναγνώριση προτύπων. Οι ιστορικές του ρίζες ανάγονται στη δεκαετία του 1950, με σημαντικές προόδους τη δεκαετία του 1980 μέσω νευρωνικών δικτύων και περαιτέρω εξελίξεις στη βαθιά μάθηση από το 2000. Η τεχνητή νοημοσύνη έχει ιδιαίτερη επίδραση στην ιατρική, όπου αναλύει μεγάλα σύνολα δεδομένων από κλινικές δοκιμές, ηλεκτρονικά αρχεία υγείας και ιατρικές εικόνες για να βοηθήσει τους επαγγελματίες υγείας στη διάγνωση και τη θεραπεία ασθενειών. Η μηχανική μάθηση (ML), βασικό συστατικό του AI, επιτρέπει στα συστήματα να μαθαίνουν από δεδομένα χωρίς ρητό προγραμματισμό, βελτιώνοντας την πρόβλεψη και τη διάγνωση ασθενειών. Η βαθιά μάθηση, ένα υποσύνολο της ML, υπερέχει στην ανάλυση εικόνας, βελτιώνοντας την ακρίβεια στον εντοπισμό καταστάσεων όπως ο καρκίνος. Επιπλέον, η επεξεργασία φυσικής γλώσσας (NLP) επιτρέπει την εξαγωγή

πολύτιμων πληροφοριών από μη δομημένα δεδομένα, βοηθώντας στη λήψη κλινικών αποφάσεων. Πέρα από την υγειονομική περίθαλψη, η τεχνητή νοημοσύνη φέρνει επανάσταση σε διάφορους τομείς, συμπεριλαμβανομένης της βιομηχανίας, των μεταφορών, της εκπαίδευσης, των οικονομικών και της ψυχαγωγίας, βελτιστοποιώντας τις διαδικασίες, βελτιώνοντας την αποτελεσματικότητα και εξατομικεύοντας τις εμπειρίες των χρηστών.

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στις εφαρμογές τηγς τεχνητής νοημοσύνης στην Ιατρική. Η τεχνητή νοημοσύνη μεταμορφώνει σημαντικά τον τομέα της ιατρικής βελτιώνοντας τη διαγνωστική ακρίβεια και αποτελεσματικότητα μέσω προηγμένων τεχνολογιών όπως η μηχανική μάθηση και η βαθιά μάθηση. Τα διαγνωστικά συστήματα που βασίζονται σε τεχνητή νοημοσύνη αναλύουν εκτεταμένα πολυτροπικά δεδομένα, συμπεριλαμβανομένων ιατρικών εικόνων και ιστορικού ασθενών, για να βοηθήσουν τους παρόχους υγειονομικής περίθαλψης να λαμβάνουν τεκμηριωμένες αποφάσεις και να βελτιώνουν τη φροντίδα των ασθενών. Στην ιατρική απεικόνιση, η τεχνητή νοημοσύνη έχει επιδείξει εξαιρετικές ικανότητες στην ανίχνευση ανωμαλιών, ξεπερνώντας συχνά τους ειδικούς του ανθρώπου, ιδιαίτερα σε πρώιμα στάδια της νόσου. Επιπλέον, η τεχνητή νοημοσύνη προάγει την πρόβλεψη ασθενειών και τη μοντελοποίηση υγείας, επιτρέποντας εξατομικευμένες στρατηγικές θεραπείας, ενώ αντιμετωπίζει προκλήσεις όπως η ποιότητα των δεδομένων και οι ηθικές ανησυχίες. Επιπλέον, η τεχνητή νοημοσύνη φέρνει επανάσταση στη ρομποτική χειρουργική, βελτιώνει την ακρίβεια και την ασφάλεια και εκσυγχρονίζει τη διαχείριση ηλεκτρονικών αρχείων υγείας για να διευκολύνει την πρόσβαση σε πραγματικό χρόνο σε ολοκληρωμένες πληροφορίες ασθενών, οδηγώντας τελικά στην καινοτομία στην υγειονομική περίθαλψη και βελτιώνοντας τα αποτελέσματα των ασθενών.

Στο τέταρτο κεφάλαιο αναλύονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της εφαρμογής της AI στην Ιατρική. Η τεχνητή νοημοσύνη έχει μεταμορφώσει σημαντικά τον τομέα της ιατρικής ενισχύοντας την ακρίβεια και την ταχύτητα στη διάγνωση, μειώνοντας το κόστος υγειονομικής περίθαλψης και βελτιώνοντας την εξατομικευμένη ιατρική. Οι αλγόριθμοι AI, όπως η μηχανική μάθηση και η βαθιά μάθηση, μπορούν να αναλύσουν τεράστιες ποσότητες ιατρικών δεδομένων γρήγορα, οδηγώντας σε ταχύτερες και ακριβέστερες διαγνώσεις, ιδιαίτερα σε ειδικότητες όπως η καρδιολογία και η οφθαλμολογία. Επιπλέον, η τεχνητή νοημοσύνη βελτιστοποιεί τη διαχείριση των πόρων σε περιβάλλοντα υγειονομικής περίθαλψης, εκσυγχρονίζοντας τις διαδικασίες και ελαχιστοποιώντας τα περιττά διαγνωστικά τεστ, γεγονός που ενισχύει τελικά τη φροντίδα των ασθενών. Ωστόσο, η ενσωμάτωση της

τεχνητής νοημοσύνης στην ιατρική παρουσιάζει επίσης προκλήσεις, συμπεριλαμβανομένων ζητημάτων διαφάνειας, ποιότητας δεδομένων και ηθικών ανησυχιών, που απαιτούν μια προσεκτική ισορροπία μεταξύ της τεχνολογικής εμπιστοσύνης και της ανθρώπινης κρίσης στην κλινική πράξη.

Στο πέμπτο κεφάλαιο αναφέρονται οι προκλήσεις και οι περιορισμοί από τη χρήση της AI στην Ιατρική. Η τεχνητή νοημοσύνη στην ιατρική προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα, αλλά αντιμετωπίζει επίσης πολυάριθμες προκλήσεις και περιορισμούς που πρέπει να αντιμετωπιστούν για ασφαλή και αποτελεσματική χρήση. Τα βασικά ζητήματα περιλαμβάνουν την έλλειψη διαφάνειας και ερμηνείας των αλγορίθμων τεχνητής νοημοσύνης, που συχνά αναφέρεται ως «πρόβλημα του μαύρου κουτιού», που μπορεί να εμποδίσει την εμπιστοσύνη και τη λογοδοσία στη λήψη κλινικών αποφάσεων. Επιπλέον, η ποιότητα των δεδομένων που χρησιμοποιούνται για την εκπαίδευση συστημάτων AI είναι ζωτικής σημασίας. Τα ελλιπή ή μεροληπτικά δεδομένα μπορεί να οδηγήσουν σε ανακριβείς διαγνώσεις και συστάσεις θεραπείας, επιδεινώνοντας ενδεχομένως τις ανισότητες στην υγειονομική περίθαλψη. Ηθικές και νομικές ανησυχίες, όπως το απόρρητο των ασθενών, η ασφάλεια των δεδομένων και η ευθύνη σε περίπτωση σφαλμάτων, περιπλέκουν περαιτέρω την ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης στην ιατρική πρακτική, απαιτώντας την ανάπτυξη ισχυρών ρυθμιστικών πλαισίων και μια ισορροπημένη συνεργασία μεταξύ της τεχνητής νοημοσύνης και της ανθρώπινης κλινικής κρίσης.

Στο έκτο κεφάλαιο αναφέρονται οι ηθικές προεκτάσεις της AI στην Ιατρική. Η ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης (AI) στην ιατρική εγείρει κρίσιμα ηθικά και νομικά ζητήματα, ιδίως όσον αφορά την αυτονομία των ασθενών, τη διαφάνεια και την ισότιμη πρόσβαση στην υγειονομική περίθαλψη. Τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης συχνά λειτουργούν ως «μαύρα κουτιά», περιπλέκοντας την κατανόηση των διαγνώσεων από τους ασθενείς και δυνητικά διαβρώνοντας την εμπιστοσύνη στο σύστημα υγειονομικής περίθαλψης. Επιπλέον, οι προκαταλήψεις στους αλγόριθμους τεχνητής νοημοσύνης μπορούν να οδηγήσουν σε άδικα αποτελέσματα μεταχείρισης, επηρεάζοντας δυσανάλογα ορισμένους πληθυσμούς. Καθώς τα νομικά πλαίσια προσαρμόζονται σε αυτές τις προκλήσεις, υπάρχει επιτακτική ανάγκη για κανονισμούς που αφορούν το απόρρητο δεδομένων, τη λογοδοσία και την ερμηνευτικότητα των αποφάσεων τεχνητής νοημοσύνης για τη διασφάλιση των δικαιωμάτων των ασθενών και την προώθηση της υπεύθυνης χρήσης τεχνολογίας στην υγειονομική περίθαλψη. Επιπλέον, η εξελισσόμενη φύση της τεχνητής νοημοσύνης εγείρει ανησυχίες για την πνευματική

ιδιοκτησία σχετικά με την ιδιοκτησία αλγορίθμων και δεδομένων εκπαίδευσης, απαιτώντας ισχυρή νομική προστασία, διασφαλίζοντας παράλληλα δίκαιη πρόσβαση σε αυτές τις καινοτομίες.

Στο έβδομο κεφάλαιο εξετάζονται οι μελλοντικές προοπτικές από την εφαρμογή της AI. Το μέλλον της τεχνητής νοημοσύνης στην υγειονομική περίθαλψη παρουσιάζει σημαντικές ευκαιρίες για πρόοδο στη διάγνωση, τη θεραπεία και την πρόληψη ασθενειών. Καθώς οι τεχνολογίες AI εξελίσσονται, θα ενισχύσουν την εξατομικευμένη ιατρική αναλύοντας γενετικά δεδομένα και βελτιώνοντας την ακρίβεια της ρομποτικής χειρουργικής, οδηγώντας σε καλύτερα αποτελέσματα για τους ασθενείς. Ωστόσο, η ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης στα παγκόσμια συστήματα υγείας αντιμετωπίζει προκλήσεις, ιδιαίτερα στις αναπτυσσόμενες χώρες όπου οι υποδομές και οι πόροι είναι περιορισμένοι. Για να συνειδητοποιήσει πλήρως τα οφέλη της τεχνητής νοημοσύνης, η ιατρική εκπαίδευση πρέπει να προσαρμοστεί ώστε να εξοπλίσει τους επαγγελματίες υγείας με τις απαραίτητες δεξιότητες για να εργαστούν παράλληλα με τις τεχνολογίες τεχνητής νοημοσύνης, διασφαλίζοντας ότι τα πλεονεκτήματα της τεχνητής νοημοσύνης είναι προσβάσιμα σε όλες τις περιοχές και συμβάλλουν στη μείωση των ανισοτήτων στον τομέα της υγείας.

Τέλος, στο $8^{ο}$ κεφάλαιο συνοψίζονται τα κύρια σημεία της εργασίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Βασικές Έννοιες και Τεχνολογίες της Τεχνητής Νοημοσύνης

Η τεχνητή νοημοσύνη είναι μια τεχνολογία που επιτρέπει στους υπολογιστές να εκτελούν εργασίες που παραδοσιακά απαιτούν ανθρώπινη νοημοσύνη. Η τεχνολογία αυτή περιλαμβάνει αλγορίθμους που είναι σε θέση να μαθαίνουν από δεδομένα, να βελτιώνουν την απόδοσή τους με την πάροδο του χρόνου και να προσαρμόζονται σε νέες πληροφορίες. Η AI έχει τη δυνατότητα να επεξεργάζεται τεράστια ποσά δεδομένων, να αναγνωρίζει πρότυπα και να προσφέρει ακριβείς προβλέψεις, γεγονός που την καθιστά ιδιαίτερα πολύτιμη στην ιατρική (Ahmed et al., 2020). Οι βασικές έννοιες της AI περιλαμβάνουν την ανάπτυξη και τη χρήση αλγορίθμων που επιτρέπουν την ανάλυση εικόνων, την αναγνώριση γλώσσας και την πρόβλεψη ασθενειών, προσφέροντας ουσιαστική βοήθεια στους επαγγελματίες υγείας.

2.1 Ιστορική Αναδρομή της Τεχνητής Νοημοσύνης

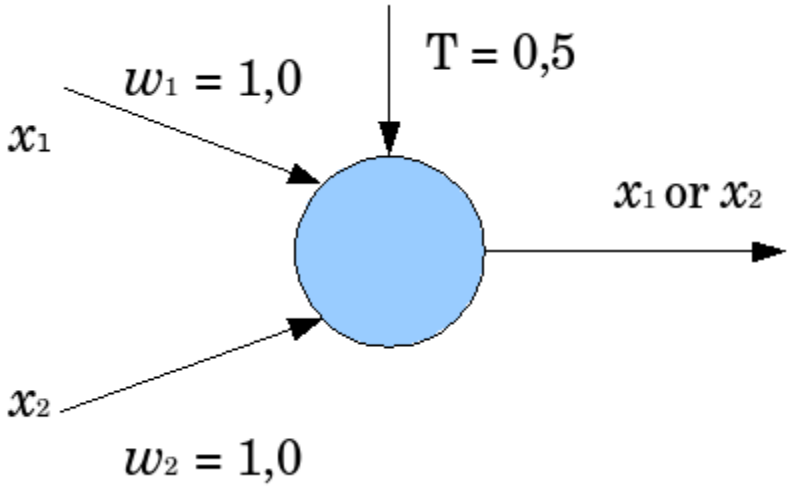
Η τεχνητή νοημοσύνη έχει τις ρίζες της στη δεκαετία του 1950, όταν επιστήμονες όπως ο Alan Turing και ο John McCarthy έθεσαν τις βάσεις για την ανάπτυξη υπολογιστικών συστημάτων που θα μπορούσαν να μιμούνται την ανθρώπινη σκέψη. Το πρώτο σημαντικό ορόσημο στην εξέλιξη της AI ήταν η ανάπτυξη της μηχανής Turing, ενός θεωρητικού μοντέλου που έθεσε τις βάσεις για τους μετέπειτα υπολογιστές. Στη δεκαετία του 1980, η AI έκανε σημαντικά άλματα με την εισαγωγή των νευρωνικών δικτύων και τη χρήση αυτών σε εφαρμογές όπως η επεξεργασία εικόνας και ήχου. Από το 2000 και μετά, η πρόοδος στην υπολογιστική ισχύ και την αποθήκευση δεδομένων επέτρεψε την ανάπτυξη πιο σύνθετων αλγορίθμων, όπως η βαθιά μάθηση (Panch et al., 2018). Σήμερα, η AI θεωρείται αναπόσπαστο κομμάτι της σύγχρονης ιατρικής, με πολλές εφαρμογές να βρίσκονται σε στάδιο κλινικών δοκιμών ή να χρησιμοποιούνται ήδη ευρέως στην καθημερινή ιατρική πρακτική (Rubinger et al., 2023)

2.2 Ορισμός της Τεχνητής Νοημοσύνης (AI)

Η τεχνητή νοημοσύνη (AI) είναι ένας τομέας της πληροφορικής που επικεντρώνεται στην ανάπτυξη συστημάτων και αλγορίθμων με την ικανότητα να εκτελούν εργασίες που

παραδοσιακά απαιτούν ανθρώπινη νοημοσύνη. Αυτές οι εργασίες περιλαμβάνουν, μεταξύ άλλων, την αναγνώριση προτύπων, τη λήψη αποφάσεων, τη μάθηση, καθώς και την κατανόηση και επεξεργασία της φυσικής γλώσσας. Βασικός στόχος της AI είναι η αναπαραγωγή των ανθρώπινων νοητικών ικανοτήτων σε ένα τεχνητό σύστημα, με τρόπο που μπορεί να αναλύσει, να προβλέψει και να δράσει βάσει δεδομένων.

Στην ιατρική, η AI χρησιμοποιείται κυρίως για την ανάλυση μεγάλων και πολύπλοκων συνόλων δεδομένων. Οι κλινικές δοκιμές, οι ηλεκτρονικοί φάκελοι υγείας (Electronic Health Records - EHRs) και οι ιατρικές εικόνες αποτελούν τις κύριες πηγές δεδομένων που αναλύονται μέσω συστημάτων AI. Αυτή η ανάλυση μπορεί να οδηγήσει σε εντοπισμό ανωμαλιών, προτάσεις διαγνωστικών λύσεων και βελτιστοποίηση των θεραπευτικών διαδικασιών (Barragán-Montero et al., 2021). Οι τεχνολογίες AI έχουν αποδειχθεί εξαιρετικά χρήσιμες σε διάφορους τομείς της υγειονομικής περίθαλψης, από τη διάγνωση του καρκίνου έως τη βελτίωση της πρόγνωσης ασθενειών και την ανάπτυξη εξατομικευμένων θεραπευτικών πλάνων (Ahmed et al., 2020).



Εικόνα 1. Ένα διάγραμμα δομής και λειτουργίας του απλού τεχνητού νευρώνα.

Η χρήση της AI στον τομέα της υγείας προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα, όπως η ταχύτερη ανάλυση δεδομένων και η αυξημένη ακρίβεια στις διαγνώσεις. Ωστόσο, η αποτελεσματική εφαρμογή της απαιτεί πρόσβαση σε ποιοτικά δεδομένα, διαφανείς αλγορίθμους και συνεργασία με τους ανθρώπους επαγγελματίες υγείας. Το μέλλον της AI στην υγειονομική περίθαλψη προβλέπεται να επεκταθεί περαιτέρω, με την ενσωμάτωση

νέων τεχνολογιών που θα επιτρέπουν πιο προηγμένες εφαρμογές στην πρόγνωση και την πρόληψη.

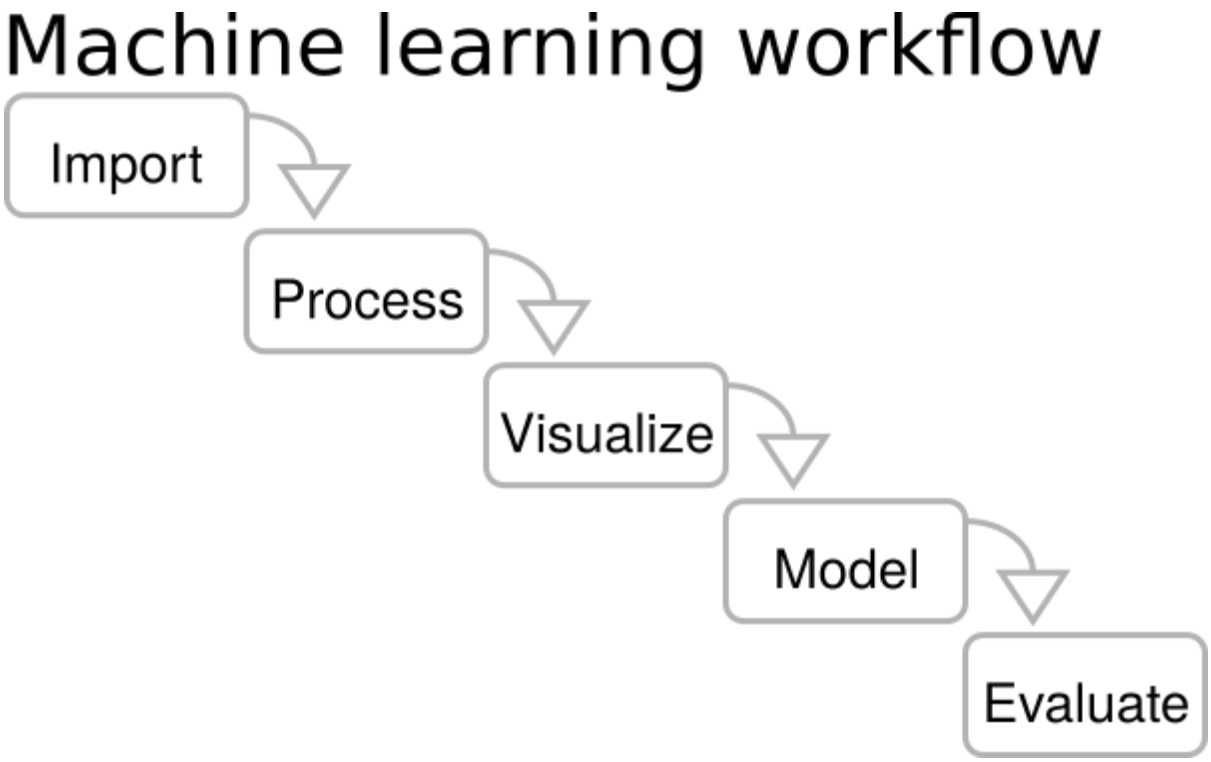
2.3 Μηχανική Μάθηση (Machine Learning)

Η μηχανική μάθηση (Machine Learning - ML) είναι ένας από τους βασικούς πυλώνες της τεχνητής νοημοσύνης. Περιλαμβάνει τη χρήση αλγορίθμων που επιτρέπουν σε έναν υπολογιστή να "μαθαίνει" από δεδομένα χωρίς την ανάγκη ρητής προγραμματιστικής παρέμβασης για κάθε νέα εργασία. Με την ανάλυση δεδομένων, οι αλγόριθμοι ML μπορούν να εξάγουν πρότυπα και να λαμβάνουν αποφάσεις με βάση αυτά, καθιστώντας τους εξαιρετικά χρήσιμους στην ιατρική.

Στον τομέα της υγείας, η ML χρησιμοποιείται για την ανάλυση μεγάλων συνόλων δεδομένων που προέρχονται από κλινικές μελέτες, γενετικές πληροφορίες και άλλες πηγές. Οι κύριες εφαρμογές περιλαμβάνουν την πρόβλεψη ασθενειών, τη διάγνωση και τη θεραπεία (Rubinger et al., 2023). Οι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης μπορούν να αναγνωρίσουν πρότυπα στα δεδομένα που ενδέχεται να μην είναι εμφανή στους ανθρώπους, κάτι που είναι ιδιαίτερα χρήσιμο στην ανίχνευση πρώιμων σταδίων ασθενειών, όπως ο καρκίνος ή οι καρδιαγγειακές παθήσεις.

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα της χρήσης της ML είναι η ανάλυση ιατρικών εικόνων. Μέσω τεχνικών ML, οι υπολογιστές μπορούν να ανιχνεύουν ανωμαλίες, όπως κακοήθεις όγκους, με μεγαλύτερη ακρίβεια από τον άνθρωπο. Ειδικότητες όπως η ακτινολογία και η παθολογία έχουν επωφεληθεί ιδιαίτερα από τις τεχνολογίες ML, καθώς επιτρέπουν στους γιατρούς να εντοπίζουν ανωμαλίες με ταχύτερο και πιο αξιόπιστο τρόπο.

Επιπλέον, οι αλγόριθμοι ML μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην ανάπτυξη προγνωστικών μοντέλων για την πρόβλεψη της εξέλιξης ασθενειών. Αυτά τα μοντέλα βοηθούν στη βελτίωση της θεραπευτικής προσέγγισης, παρέχοντας στους γιατρούς πληροφορίες για την εξατομίκευση της θεραπείας και την πρόληψη της επιδείνωσης της υγείας των ασθενών. Παρά τις πολλές δυνατότητες της ML, η επιτυχία της εξαρτάται από την ποιότητα των δεδομένων εκπαίδευσης και τη σωστή παραμετροποίηση των αλγορίθμων. Τα δεδομένα πρέπει να είναι επαρκή, ακριβή και αντιπροσωπευτικά, ώστε να αποφεύγονται σφάλματα και προκαταλήψεις.



Εικόνα 2. Διάγραμμα Μηχανικής μάθησης

2.4 Βαθιά Μάθηση (Deep Learning)

Η βαθιά μάθηση (Deep Learning) είναι ένα υποσύνολο της μηχανικής μάθησης που χρησιμοποιεί νευρωνικά δίκτυα με πολλαπλές στρώσεις για την επεξεργασία και ανάλυση δεδομένων. Οι αλγόριθμοι βαθιάς μάθησης έχουν τη δυνατότητα να μαθαίνουν και να βελτιώνονται από τα δεδομένα, καθιστώντας τους ιδανικούς για την ανάλυση σύνθετων και μη γραμμικών δεδομένων (Jiang et al., 2017).

Στην ιατρική, η βαθιά μάθηση έχει βρει εφαρμογές κυρίως στην ανάλυση εικόνων. Οι αλγόριθμοι βαθιάς μάθησης μπορούν να ανιχνεύσουν πρότυπα και ανωμαλίες σε ακτινογραφίες, αξονικές τομογραφίες και μαγνητικές τομογραφίες με μεγαλύτερη ακρίβεια από τους ανθρώπους (Stewart et al., 2018). Αυτή η τεχνολογία έχει αποδειχθεί ιδιαίτερα χρήσιμη για την έγκαιρη διάγνωση ασθενειών όπως ο καρκίνος, καθώς επιτρέπει τον εντοπισμό παθολογικών καταστάσεων σε αρχικά στάδια, όταν οι πιθανότητες επιτυχούς θεραπείας είναι υψηλότερες.

Ένα σημαντικό πλεονέκτημα της βαθιάς μάθησης είναι η ικανότητά της να προσαρμόζεται και να μαθαίνει από νέα δεδομένα. Όσο περισσότερες εικόνες και δεδομένα παρέχονται σε έναν αλγόριθμο βαθιάς μάθησης, τόσο πιο ακριβής γίνεται στις προβλέψεις και τις διαγνώσεις του. Αυτό σημαίνει ότι τα συστήματα που βασίζονται στη βαθιά μάθηση μπορούν να συνεχίσουν να βελτιώνονται καθώς αποκτούν πρόσβαση σε μεγαλύτερες βάσεις δεδομένων.

Η βαθιά μάθηση χρησιμοποιείται επίσης σε συστήματα υποστήριξης αποφάσεων, όπου οι γιατροί λαμβάνουν βοήθεια για τη διάγνωση και τη θεραπεία ασθενειών. Τα συστήματα αυτά ενισχύουν την ακρίβεια και την αποδοτικότητα, ενώ μειώνουν την πιθανότητα ανθρώπινου λάθους. Παρά τις σημαντικές δυνατότητες της βαθιάς μάθησης, υπάρχουν προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπιστούν. Η εκπαίδευση αλγορίθμων βαθιάς μάθησης απαιτεί τεράστια υπολογιστική ισχύ και μεγάλες ποσότητες δεδομένων. Επιπλέον, οι αλγόριθμοι συχνά λειτουργούν ως "μαύρα κουτιά", γεγονός που δυσκολεύει την κατανόηση και την εξήγηση των αποφάσεών τους (Barragán-Montero et al., 2021).

2.5 Νευρωνικά Δίκτυα

Τα νευρωνικά δίκτυα αποτελούν τη βάση της βαθιάς μάθησης και βασίζονται στη μίμηση της λειτουργίας των βιολογικών νευρώνων στον εγκέφαλο. Αυτή η τεχνολογία επιτρέπει την επεξεργασία πολύπλοκων και μη γραμμικών δεδομένων, καθιστώντας την ιδιαίτερα χρήσιμη για την ανάλυση μεγάλων συνόλων δεδομένων. Στην ιατρική, τα νευρωνικά δίκτυα χρησιμοποιούνται ευρέως για την ανάλυση ιατρικών εικόνων, καθώς και για την πρόγνωση και τη διάγνωση ασθενειών .Τα νευρωνικά δίκτυα είναι σε θέση να βελτιώνονται με την πάροδο του χρόνου μέσω της διαδικασίας της "εκπαίδευσης", κατά την οποία τα δίκτυα αυτά αναλύουν συνεχώς νέα δεδομένα και προσαρμόζουν τις προβλέψεις τους βάσει των αποτελεσμάτων. Αυτό τους επιτρέπει να μαθαίνουν από τα λάθη τους και να βελτιώνουν την ακρίβεια των προβλέψεων, καθιστώντας τα ένα πολύτιμο εργαλείο στη διάγνωση ασθενειών όπως ο καρκίνος και οι καρδιαγγειακές παθήσεις (Stewart et al., 2018).

2.6 Φυσική Γλώσσα (Natural Language Processing - NLP)

Η επεξεργασία φυσικής γλώσσας (NLP) είναι ένας κλάδος της τεχνητής νοημοσύνης που επιτρέπει στους υπολογιστές να κατανοούν, να ερμηνεύουν και να αλληλεπιδρούν με την ανθρώπινη γλώσσα. Στον τομέα της ιατρικής, το NLP χρησιμοποιείται κυρίως για την αυτόματη επεξεργασία αδόμητων δεδομένων, όπως οι κλινικές σημειώσεις και οι ηλεκτρονικοί φάκελοι υγείας (EHRs), που περιέχουν σημαντικές πληροφορίες για την υγεία των ασθενών (Alsuliman et al., 2020).

Η τεχνολογία NLP επιτρέπει στους γιατρούς να αντλούν σημαντικές πληροφορίες από μεγάλες ποσότητες δεδομένων, όπως τα συμπτώματα, το ιστορικό ασθενειών και τις θεραπείες, για να υποστηρίξουν τη διάγνωση και τη θεραπεία. Επίσης, το NLP μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εξαγωγή δεδομένων από ερευνητικά άρθρα, βοηθώντας τους ερευνητές να αναλύσουν και να συγκρίνουν γρήγορα αποτελέσματα κλινικών μελετών και να αναπτύξουν νέες στρατηγικές θεραπείας (Ahmed et al., 2020). Η χρήση της τεχνητής νοημοσύνης στην ανάλυση φυσικής γλώσσας έχει τη δυνατότητα να βελτιώσει σημαντικά την ικανότητα των επαγγελματιών υγείας να αναλύουν και να κατανοούν τα δεδομένα ασθενών, παρέχοντας ταχύτερες και πιο ακριβείς διαγνώσεις και θεραπείες (Jiang et al., 2017).

2.7 Εφαρμογές της Τεχνητής Νοημοσύνης σε Άλλους Τομείς

Η τεχνητή νοημοσύνη (AI) έχει ξεπεράσει τα όρια του εργαστηρίου και έχει εισέλθει σε ένα ευρύ φάσμα τομέων, διαμορφώνοντας ριζικά την καθημερινότητά μας και επαναπροσδιορίζοντας την αποτελεσματικότητα και τη δημιουργικότητα σε πολλούς κλάδους. Οι δυνατότητες της AI επεκτείνονται από την αυτοματοποίηση διαδικασιών και την επεξεργασία μεγάλων δεδομένων μέχρι την ανάπτυξη έξυπνων συστημάτων που μπορούν να προβλέψουν, να αναλύσουν και να προσαρμόσουν τη λειτουργία τους με βάση τις απαιτήσεις κάθε περιβάλλοντος. Ακολουθούν ορισμένοι από τους πιο σημαντικούς τομείς στους οποίους η AI διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο (Korteling et al., 2021).

Βιομηχανία και Αυτοματισμός

Η βιομηχανία είναι από τους πρώτους τομείς που υιοθέτησαν την AI για τη βελτίωση της παραγωγικότητας και της αποδοτικότητας. Η χρήση ρομποτικών συστημάτων και

αλγορίθμων AI έχει επιτρέψει τη δημιουργία "έξυπνων εργοστασίων" όπου η παραγωγή αυτοματοποιείται και βελτιστοποιείται σε πραγματικό χρόνο. Ρομπότ που βασίζονται στην AI μπορούν να εκτελούν πολύπλοκες εργασίες, όπως η συναρμολόγηση εξαρτημάτων, με μεγάλη ακρίβεια και ταχύτητα. Επιπλέον, η προληπτική συντήρηση, που βασίζεται στην ανάλυση δεδομένων από αισθητήρες, βοηθά στη μείωση των διακοπών λειτουργίας και του κόστους συντήρησης.

Η τεχνητή νοημοσύνη χρησιμοποιείται επίσης για τη διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας. Με τη βοήθεια της AI, οι επιχειρήσεις μπορούν να προβλέπουν τη ζήτηση προϊόντων, να βελτιώνουν την αποθήκευση και να διαχειρίζονται τα αποθέματα με μεγαλύτερη ακρίβεια. Τα έξυπνα logistics μειώνουν το κόστος μεταφοράς και χρόνου, προσφέροντας ανταγωνιστικό πλεονέκτημα στις επιχειρήσεις.

Μεταφορές και Αυτόνομα Οχήματα

Ο τομέας των μεταφορών έχει μετασχηματιστεί σημαντικά με τη χρήση της AI. Η ανάπτυξη αυτόνομων οχημάτων αποτελεί ένα από τα πιο χαρακτηριστικά παραδείγματα. Αυτά τα οχήματα χρησιμοποιούν αισθητήρες, κάμερες και τεχνολογίες βαθιάς μάθησης για να ανιχνεύουν το περιβάλλον τους, να λαμβάνουν αποφάσεις και να κινούνται με ασφάλεια στους δρόμους. Οι αλγόριθμοι AI τους επιτρέπουν να αναγνωρίζουν πεζούς, σήματα κυκλοφορίας και πιθανούς κινδύνους, μειώνοντας την πιθανότητα ατυχημάτων.

Εκτός από τα αυτόνομα οχήματα, η AI χρησιμοποιείται και στη διαχείριση κυκλοφορίας. Με την ανάλυση δεδομένων από αισθητήρες και κάμερες, τα συστήματα AI βοηθούν στη βελτιστοποίηση της ροής της κυκλοφορίας, μειώνοντας τη συμφόρηση και τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Επίσης, οι αλγόριθμοι AI χρησιμοποιούνται στις αεροπορικές μεταφορές για την πρόβλεψη των συνθηκών πτήσης, τη συντήρηση αεροσκαφών και τη διαχείριση πτήσεων (Zhang, & Lu, 2021).

Εκπαίδευση

Η τεχνητή νοημοσύνη αλλάζει τον τρόπο με τον οποίο παρέχεται και λαμβάνεται η εκπαίδευση, δημιουργώντας εξατομικευμένες εμπειρίες μάθησης για κάθε μαθητή. Με τη χρήση αλγορίθμων, οι πλατφόρμες AI μπορούν να προσαρμόσουν το εκπαιδευτικό περιεχόμενο στις ανάγκες, τις δεξιότητες και τους στόχους του μαθητή. Για παράδειγμα, μαθησιακά συστήματα όπως το Coursera ή το Duolingo χρησιμοποιούν την AI για να

προσαρμόζουν τις ασκήσεις και τα μαθήματα ανάλογα με την πρόοδο του χρήστη (Zhang, & Lu, 2021).

Η AI χρησιμοποιείται επίσης για την ανάλυση της απόδοσης των μαθητών, επιτρέποντας στους εκπαιδευτικούς να εντοπίζουν δυσκολίες και να παρεμβαίνουν εγκαίρως. Επιπλέον, η χρήση εικονικών βοηθών, όπως chatbots, υποστηρίζει τους μαθητές με την επίλυση απορίων, εξοικονομώντας χρόνο και πόρους στα εκπαιδευτικά ιδρύματα (Korteling et al., 2021).

Χρηματοοικονομικός Τομέας

Στον χρηματοοικονομικό τομέα, η AI έχει επαναπροσδιορίσει την προσέγγιση στις επενδύσεις, τη διαχείριση κινδύνων και την εξυπηρέτηση πελατών. Έξυπνοι αλγόριθμοι μπορούν να αναλύουν μεγάλες ποσότητες χρηματοοικονομικών δεδομένων και να προβλέπουν τάσεις στις αγορές, δίνοντας τη δυνατότητα στους επενδυτές να λαμβάνουν καλύτερες αποφάσεις.

Επιπλέον, η AI χρησιμοποιείται για την καταπολέμηση της απάτης. Τα συστήματα AI μπορούν να εντοπίζουν ασυνήθιστες συναλλαγές σε πραγματικό χρόνο, προστατεύοντας τους καταναλωτές και τις επιχειρήσεις. Τα chatbots που υποστηρίζονται από AI έχουν βελτιώσει σημαντικά την εξυπηρέτηση πελατών στις τράπεζες, απαντώντας γρήγορα σε ερωτήσεις και διεκπεραιώνοντας αιτήματα.

Ψυχαγωγία και Μέσα Ενημέρωσης

Η AI έχει φέρει επανάσταση και στον τομέα της ψυχαγωγίας. Υπηρεσίες όπως το Netflix, το Spotify και το YouTube χρησιμοποιούν αλγόριθμους AI για να προτείνουν περιεχόμενο στους χρήστες με βάση τις προτιμήσεις τους. Αυτοί οι αλγόριθμοι αναλύουν τις συνήθειες των χρηστών και προσαρμόζουν τις προτάσεις, παρέχοντας μια εξατομικευμένη εμπειρία.

Επίσης, η AI έχει εισχωρήσει στη δημιουργία περιεχομένου. Εργαλεία όπως το GPT μπορούν να δημιουργούν άρθρα, σενάρια και ακόμη και μουσική, μειώνοντας το χρόνο παραγωγής και διευρύνοντας τις δυνατότητες δημιουργικότητας. Στον κινηματογράφο, η AI χρησιμοποιείται για την επεξεργασία εικόνας και την ανάπτυξη ειδικών εφέ (Zhang, & Lu, 2021).

Λιανικό Εμπόριο

Το λιανικό εμπόριο έχει αγκαλιάσει την AI για να βελτιώσει την εμπειρία του πελάτη και να αυξήσει τις πωλήσεις. Οι αλγόριθμοι AI αναλύουν τις προτιμήσεις και τη συμπεριφορά των

πελατών για να παρέχουν εξατομικευμένες προτάσεις προϊόντων. Επιπλέον, η AI χρησιμοποιείται σε chatbot για την άμεση εξυπηρέτηση πελατών, μειώνοντας την ανάγκη για ανθρώπινο δυναμικό.

Στα φυσικά καταστήματα, οι κάμερες με τεχνολογία AI μπορούν να παρακολουθούν τη συμπεριφορά των πελατών και να προσαρμόζουν τη διάταξη των προϊόντων για να αυξήσουν τις πωλήσεις. Η διαχείριση αποθεμάτων και η πρόβλεψη ζήτησης είναι άλλες βασικές εφαρμογές της AI στον κλάδο.

Ενέργεια και Περιβάλλον

Στον τομέα της ενέργειας, η AI συμβάλλει στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και της βιωσιμότητας. Έξυπνα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιούν αλγόριθμους AI για τη διαχείριση της κατανάλωσης και την πρόβλεψη της ζήτησης, μειώνοντας την απώλεια ενέργειας. Επίσης, οι αλγόριθμοι AI βοηθούν στη βελτιστοποίηση της απόδοσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως τα ηλιακά και αιολικά πάρκα (Korteling et al., 2021).

Στον τομέα του περιβάλλοντος, η AI χρησιμοποιείται για την παρακολούθηση της ρύπανσης, την πρόβλεψη φυσικών καταστροφών και την ανάπτυξη βιώσιμων πρακτικών. Για παράδειγμα, οι δορυφόροι που ελέγχονται από AI μπορούν να παρακολουθούν τις αλλαγές στα οικοσυστήματα και να παρέχουν δεδομένα για την προστασία της βιοποικιλότητας.

Η τεχνητή νοημοσύνη αποτελεί μια επαναστατική τεχνολογία που επηρεάζει σχεδόν κάθε τομέα της ανθρώπινης δραστηριότητας. Από τη βιομηχανία και τις μεταφορές έως την εκπαίδευση, τον χρηματοοικονομικό τομέα και το περιβάλλον, οι εφαρμογές της AI προσφέρουν λύσεις που αυξάνουν την αποτελεσματικότητα, βελτιώνουν την εμπειρία του χρήστη και αντιμετωπίζουν σύνθετα προβλήματα. Παρά τις προκλήσεις που αφορούν την ηθική χρήση και τη διαφάνεια, η ανάπτυξη της AI συνεχίζει να ενισχύει την πρόοδο σε παγκόσμιο επίπεδο (Muehlematter et al., 2021).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Εφαρμογές της Τεχνητής Νοημοσύνης στην Ιατρική

Η τεχνητή νοημοσύνη (AI) έχει φέρει επανάσταση σε διάφορους τομείς της ιατρικής, από τη διάγνωση και τη θεραπεία μέχρι την πρόγνωση και τη διαχείριση δεδομένων. Οι δυνατότητες της AI επεκτείνονται συνεχώς, προσφέροντας ακριβέστερες, ταχύτερες και πιο αποτελεσματικές λύσεις σε προβλήματα υγειονομικής περίθαλψης. Η χρήση της AI στην ιατρική προχωρά με την ενσωμάτωση τεχνολογιών όπως η μηχανική μάθηση, η βαθιά μάθηση και η επεξεργασία φυσικής γλώσσας, οι οποίες συμβάλλουν στη βελτίωση των διαγνωστικών και θεραπευτικών διαδικασιών.

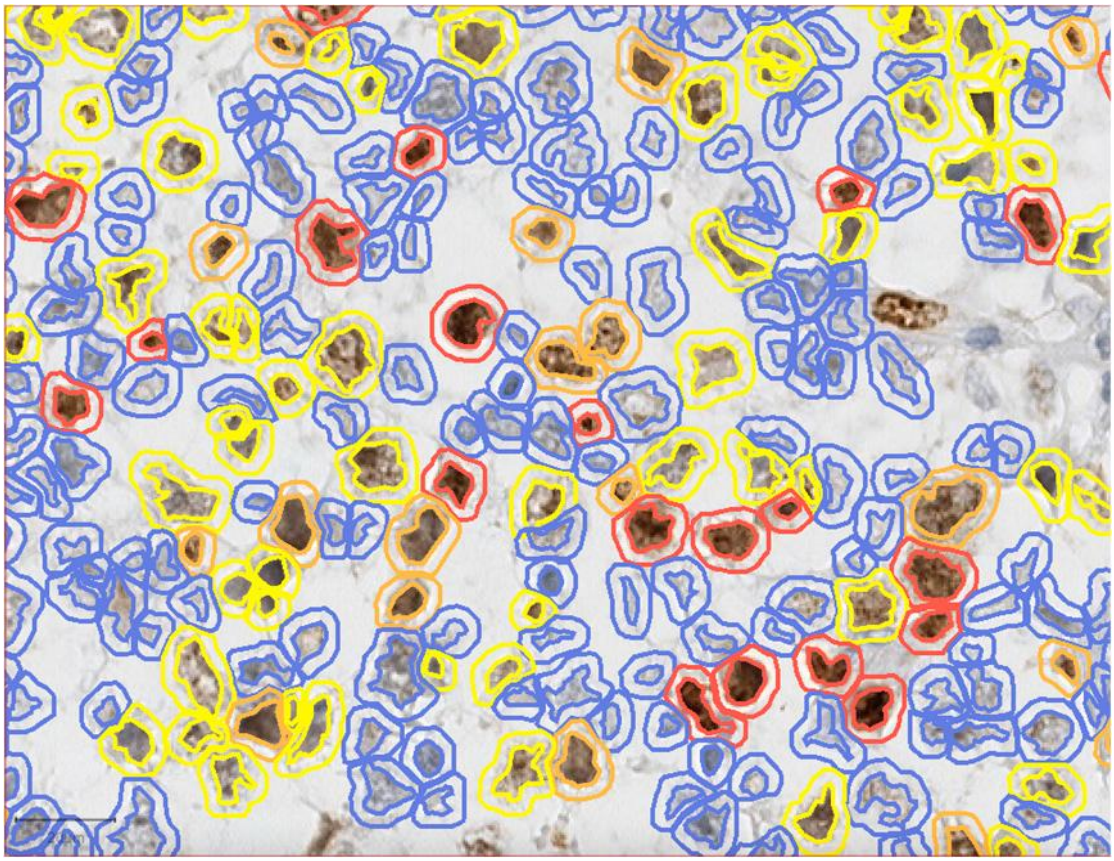
3.1 Διαγνωστικά συστήματα βασισμένα σε AI

Η ιατρική διάγνωση περιλαμβάνει την ανάλυση των συμπτωμάτων, του ιατρικού ιστορικού και των αποτελεσμάτων των εξετάσεων για τον προσδιορισμό της αιτίας μιας πάθησης και την καθοδήγηση της θεραπείας. Οι εξελίξεις στην τεχνητή νοημοσύνη έχουν φέρει επανάσταση σε αυτόν τον τομέα βελτιώνοντας την ακρίβεια, την ταχύτητα και την αποτελεσματικότητα της πρόβλεψης. Η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να αναλύσει μεγάλες ποσότητες πολυτροπικών δεδομένων, όπως ιατρική απεικόνιση, βιο-σήματα, ζωτικά σημεία, δημογραφικές πληροφορίες και αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών, για να υποστηρίξει τη λήψη αποφάσεων και να παρέχει πιο ακριβείς διαγνώσεις. Η ενοποίηση πολλαπλών πηγών δεδομένων ενισχύει τη διαγνωστική ακρίβεια, μειώνει την εσφαλμένη διάγνωση και βοηθά στην παρακολούθηση της εξέλιξης της νόσου με την πάροδο του χρόνου. Τα συστήματα υποστήριξης κλινικής απόφασης (CDSS) και το Explainable AI (XAI) με τεχνητή νοημοσύνη μπορούν να βοηθήσουν τους παρόχους υγειονομικής περίθαλψης αυτοματοποιώντας εργασίες ρουτίνας και παρέχοντας πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο, βελτιώνοντας τελικά τη φροντίδα των ασθενών.

Το μέλλον της τεχνητής νοημοσύνης στα ιατρικά διαγνωστικά πιθανότατα θα δει περαιτέρω προόδους, συμπεριλαμβανομένης της ενσωμάτωσης της κβαντικής τεχνητής νοημοσύνης (QAI) και της γενικής τεχνητής νοημοσύνης (GAI) για την ενίσχυση της

υπολογιστικής ισχύος και της διαγνωστικής ακρίβειας. Το Quantum AI μπορεί να επεξεργάζεται τεράστια ιατρικά δεδομένα σε πραγματικό χρόνο, βελτιστοποιώντας τις διαδικασίες λήψης αποφάσεων, ενώ τα γενικά μοντέλα AI από εταιρείες όπως η OpenAI, η IBM και η Google στοχεύουν στη βελτίωση της αποτελεσματικότητας της διάγνωσης και της θεραπείας. Ωστόσο, εξακολουθούν να υπάρχουν προκλήσεις, συμπεριλαμβανομένης της ποιότητας των δεδομένων, της μεροληψίας, των ανησυχιών για το απόρρητο και της ανάγκης για πρότυπα διαλειτουργικότητας. Πρέπει επίσης να εξεταστούν ηθικά ζητήματα σχετικά με την αλγοριθμική διαφάνεια και λογοδοσία. Παρά αυτές τις προκλήσεις, η συνεχής έρευνα στα διαγνωστικά που βασίζονται στην τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να οδηγήσει σε βελτιωμένη ακρίβεια, εξατομικευμένες θεραπείες και καλύτερα αποτελέσματα υγειονομικής περίθαλψης, βοηθώντας τελικά τους επαγγελματίες του ιατρικού κλάδου και τις βιομηχανίες στην καταπολέμηση παγκόσμιων κρίσεων υγείας όπως οι πανδημίες (Al-Antari, 2023).

Τα διαγνωστικά συστήματα βασισμένα σε AI έχουν ήδη γίνει σημαντικό εργαλείο στην ιατρική πρακτική, επιτρέποντας στους γιατρούς να εντοπίζουν ασθένειες με μεγαλύτερη ακρίβεια και ταχύτητα. Ένα από τα κύρια πλεονεκτήματα αυτών των συστημάτων είναι η ικανότητά τους να επεξεργάζονται και να αναλύουν τεράστια ποσά δεδομένων σε σύντομο χρονικό διάστημα, κάτι που είναι συχνά ανέφικτο για τους ανθρώπινους επαγγελματίες υγείας. Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούν τεχνικές μηχανικής μάθησης για να μάθουν από ιατρικά δεδομένα και να βελτιώνουν την ακρίβεια των διαγνώσεων τους με την πάροδο του χρόνου. Μία από τις πιο γνωστές εφαρμογές είναι η διάγνωση μέσω ανάλυσης ιατρικών εικόνων, όπως ακτινογραφίες, μαγνητικές τομογραφίες και αξονικές τομογραφίες. Οι αλγόριθμοι AI έχουν τη δυνατότητα να ανιχνεύουν ανωμαλίες με μεγαλύτερη ακρίβεια από τον άνθρωπο, ειδικά σε πρώιμα στάδια ασθενειών όπως ο καρκίνος του μαστού ή του πνεύμονα. Οι αλγόριθμοι αυτοί έχουν εκπαιδευτεί σε μεγάλες βάσεις δεδομένων ιατρικών εικόνων και είναι σε θέση να εντοπίζουν πρότυπα που μπορεί να είναι δύσκολο να ανιχνευθούν από τον ανθρώπινο οφθαλμό (Barragán-Montero et al., 2021).



Εικόνα 3. Υπολογισμός χρώσης Ki67 από το λογισμικό ανοιχτού κώδικα QuPath σε καθαρό σεμίνωμα, το οποίο δίνει ένα μέτρο του ρυθμού πολλαπλασιασμού του όγκου. Τα χρώματα αντιπροσωπεύουν την ένταση της έκφρασης: μπλε-χωρίς έκφραση, κίτρινο-χαμηλό, πορτοκαλί-μέτρια και κόκκινο-υψηλή έκφραση.

Ένα άλλο χαρακτηριστικό αυτών των διαγνωστικών συστημάτων είναι η δυνατότητα να προσφέρουν εξατομικευμένες λύσεις για κάθε ασθενή. Για παράδειγμα, σε ογκολογικές εφαρμογές, η AI μπορεί να προτείνει συγκεκριμένες θεραπευτικές στρατηγικές, βασιζόμενη στα γενετικά χαρακτηριστικά του ασθενούς και στο ιστορικό της ασθένειας. Αυτή η προσέγγιση προσφέρει μια νέα διάσταση στην εξατομικευμένη ιατρική και μπορεί να βελτιώσει σημαντικά τα αποτελέσματα της θεραπείας (Briganti & Le Moine, 2020). Η χρήση της AI στα διαγνωστικά συστήματα επιτρέπει επίσης την αυτοματοποίηση και την αύξηση της αποτελεσματικότητας στην επεξεργασία μεγάλων όγκων δεδομένων. Η δυνατότητα αυτή είναι κρίσιμη σε περιπτώσεις όπου η γρήγορη διάγνωση είναι ζωτικής σημασίας, όπως σε περιπτώσεις επειγόντων περιστατικών, όπου ο χρόνος παίζει καθοριστικό ρόλο για τη ζωή του ασθενούς (Rubinger et al., 2023).

3.2 Απεικονιστική διάγνωση (Medical Imaging)

Η απεικονιστική διάγνωση είναι ένας από τους τομείς όπου η AI έχει φέρει τη μεγαλύτερη επανάσταση. Τα συστήματα AI στην απεικονιστική διάγνωση χρησιμοποιούνται για την αυτόματη ανάλυση και ερμηνεία ιατρικών εικόνων, προσφέροντας γρήγορη και ακριβή ανίχνευση ανωμαλιών. Οι αλγόριθμοι βαθιάς μάθησης (deep learning) είναι ιδιαίτερα αποδοτικοί σε αυτή την εφαρμογή, καθώς είναι σε θέση να μαθαίνουν από τεράστιες βάσεις δεδομένων εικόνων και να αναγνωρίζουν πρότυπα που υποδεικνύουν παθολογικές καταστάσεις (Stewart et al., 2018). Η AI στην ιατρική απεικόνιση έχει αποδειχθεί ιδιαίτερα αποτελεσματική στην ανίχνευση κακοήθων όγκων, καρδιαγγειακών ανωμαλιών και πνευμονικών παθήσεων. Σε πολλές περιπτώσεις, οι αλγόριθμοι AI είναι σε θέση να εντοπίζουν ασθένειες σε αρχικά στάδια, πριν αυτές γίνουν αντιληπτές από τους ανθρώπινους ειδικούς, κάτι που επιτρέπει την έγκαιρη παρέμβαση και τη βελτίωση της πρόγνωσης του ασθενούς (Jiang et al., 2017).

Μία από τις σημαντικότερες προκλήσεις που αντιμετωπίζει η AI στην απεικονιστική διάγνωση είναι η διασφάλιση της ακρίβειας των αποτελεσμάτων. Παρά τις σημαντικές προόδους, οι αλγόριθμοι AI μπορεί να είναι ευάλωτοι σε σφάλματα, ειδικά όταν τα δεδομένα εκπαίδευσης είναι ανεπαρκή ή μη αντιπροσωπευτικά. Ως αποτέλεσμα, απαιτείται πάντα η συνεργασία μεταξύ ανθρώπου και μηχανής, ώστε να επιβεβαιώνονται τα αποτελέσματα και να αποφεύγονται λάθη που μπορεί να θέσουν σε κίνδυνο την υγεία του ασθενούς (Noorbakhsh-Sabet et al., 2019).

Επιπλέον, η AI μπορεί να ενισχύσει τη χρήση της απεικονιστικής διάγνωσης μέσω της επεξεργασίας τρισδιάστατων εικόνων. Οι νέες τεχνολογίες επιτρέπουν την καλύτερη οπτικοποίηση των εσωτερικών οργάνων και των ιστών, γεγονός που διευκολύνει τους ιατρούς να εντοπίζουν ανωμαλίες με μεγαλύτερη ακρίβεια και λεπτομέρεια. Αυτή η προσέγγιση συμβάλλει στη μείωση των διαγνωστικών σφαλμάτων και στη βελτίωση των αποτελεσμάτων για τους ασθενείς .Η τεχνολογία αυτή δεν περιορίζεται μόνο στην ανάλυση εικόνων. Μέσω της AI, οι εικόνες μπορούν να συσχετιστούν με άλλα δεδομένα ασθενών, όπως γενετικές πληροφορίες και κλινικά δεδομένα, προσφέροντας μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα της υγείας του ασθενούς και διευκολύνοντας τη διάγνωση και τη θεραπεία (Rubinger et al., 2023).

Η ανάλυση ιατρικής εικόνας, που υποστηρίζεται από την τεχνητή νοημοσύνη (AI), μεταμορφώνει την ανίχνευση και τη διάγνωση ασθενειών σε διάφορους τομείς της ιατρικής. Τεχνικές με γνώμονα την τεχνητή νοημοσύνη, όπως η βαθιά μάθηση και τα συνελικτικά νευρωνικά δίκτυα (CNN), έχουν βελτιώσει σημαντικά την ακρίβεια στον εντοπισμό ασθενειών του αμφιβληστροειδούς όπως η διαβητική αμφιβληστροειδοπάθεια, η ηλικιακή εκφύλιση της ωχράς κηλίδας και το γλαύκωμα, αξιοποιώντας μεθόδους απεικόνισης όπως η οπτική τομογραφία συνοχής (OCT) και η φωτογραφία βυθού. Ομοίως, η τεχνητή νοημοσύνη έχει δείξει πολλά υποσχόμενη στην απεικόνιση του εγκεφάλου για την ανίχνευση όγκων, χρησιμοποιώντας αλγόριθμους βελτιστοποίησης για τη βελτίωση της απόδοσης ταξινόμησης. Στην απεικόνιση των πνευμόνων, έχουν χρησιμοποιηθεί μοντέλα βαθιάς μάθησης για τη βελτίωση της ακρίβειας κατάτμησης στις ακτινογραφίες θώρακα και στις αξονικές τομογραφίες, ιδιαίτερα για τη διάγνωση του COVID-19. Επιπλέον, η υποβοηθούμενη από τεχνητή νοημοσύνη απεικόνιση μαστού, με χρήση ραδιενεργών και μεταφοράς μάθησης, έχει βελτιώσει την έγκαιρη ανίχνευση καρκίνου, βελτιωμένη ακρίβεια ταξινόμησης και εκλεπτυσμένες προγνωστικές αναλύσεις για τον σχεδιασμό και την πρόγνωση της θεραπείας (Pinto-Coelho, 2023).

Πέρα από την οφθαλμολογία, τη νευρολογία και την ογκολογία, οι εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης στην απεικόνιση του ήπατος και του παγκρέατος έχουν βελτιώσει την κατάτμηση, την εκτίμηση του όγκου και την αποτελεσματικότητα της απεικόνισης, προσφέροντας καλύτερες διαγνωστικές και προγνωστικές δυνατότητες. Για παράδειγμα, η τεχνητή νοημοσύνη έχει επιδείξει υψηλή ευαισθησία και ειδικότητα στην ανίχνευση της αναφερόμενης διαβητικής αμφιβληστροειδοπάθειας και στην πρόβλεψη της εξέλιξης της σχετιζόμενης με την ηλικία εκφύλισης της ωχράς κηλίδας. Η υποβοηθούμενη με AI οπτική τομογραφία συνοχής (OCT) έχει επίσης αποδειχθεί πολύτιμη στη διάγνωση του γλαυκώματος και του οιδήματος της ωχράς κηλίδας με αξιοσημείωτη ακρίβεια (Pinto-Coelho, 2023).

Σε μία ανασκόπηση του πεδίου εφαρμογής από τους Khalifa & Albadawy αναλύθηκαν 30 μελέτες σχετικά με το ρόλο της τεχνητής νοημοσύνης στη βελτίωση της διαγνωστικής απεικόνισης, κατηγοριοποιώντας τον αντίκτυπό της σε τέσσερις τομείς: Ανάλυση και Ερμηνεία Εικόνας, Λειτουργική Αποτελεσματικότητα, Προβλεψιμότητα και Εξατομικευμένη Υγεία και Υποστήριξη Κλινικών Αποφάσεων. Η τεχνητή νοημοσύνη

ενισχύει τη διαγνωστική ακρίβεια ανιχνεύοντας πολύπλοκα μοτίβα σε ιατρικές εικόνες, εντοπίζοντας ανωμαλίες και μειώνοντας το ανθρώπινο λάθος. Τα μοντέλα βαθιάς μάθησης, όπως τα συνελικτικά νευρωνικά δίκτυα (CNN), έχουν αποδειχθεί αποτελεσματικά στον εντοπισμό λεπτών ανωμαλιών σε διάφορες μεθόδους απεικόνισης, από μαγνητική τομογραφία έως αξονική τομογραφία. Οι εφαρμογές τεχνητής νοημοσύνης έχουν βελτιώσει με επιτυχία την ανίχνευση του καρκίνου του ορθού, των όζων του πνεύμονα, της διαβητικής αμφιβληστροειδοπάθειας και των όγκων του γαστρεντερικού, ξεπερνώντας συχνά τους ανθρώπινους ακτινολόγους σε ευαισθησία και ακρίβεια. Επιπλέον, τα συστήματα που βασίζονται στην τεχνητή νοημοσύνη συμβάλλουν στη μείωση των διαγνωστικών σφαλμάτων, διασφαλίζοντας συνεπείς και αξιόπιστες ερμηνείες ακόμη και σε δύσκολες κλινικές περιπτώσεις. Όσον αφορά τη λειτουργική απόδοση, η τεχνητή νοημοσύνη επιταχύνει την ερμηνεία της εικόνας και βελτιώνει τη σχέση κόστους-αποτελεσματικότητας. Μελέτες έδειξαν ότι η τεχνητή νοημοσύνη ενισχύει την ταχύτητα ροής εργασιών, ιδιαίτερα σε ρυθμίσεις υψηλής ζήτησης όπως τα τμήματα έκτακτης ανάγκης. Τα CNN έπαιξαν καθοριστικό ρόλο στην ανίχνευση όζων στους πνεύμονες που χάθηκαν από έμπειρους ακτινολόγους, ενώ η οδοντική απεικόνιση με υποστήριξη AI μείωσε σημαντικά τον χρόνο ερμηνείας. Επιπλέον, ο ρόλος του AI στη μείωση του κόστους είναι προφανής στην ικανότητά του να ελαχιστοποιεί τις περιττές επαναλαμβανόμενες σαρώσεις και τα διαγνωστικά σφάλματα, μειώνοντας τελικά τα έξοδα υγειονομικής περίθαλψης. Η υποβοηθούμενη από AI ερμηνεία ακτινογραφιών θώρακος και αξονικών τομογραφιών έχει επίσης αποδειχθεί ότι απλοποιεί τις διαγνωστικές διαδικασίες, επιτρέποντας ταχύτερη λήψη κλινικών αποφάσεων και βελτιωμένα αποτελέσματα των ασθενών (Khalifa & Albadawy, 2024).

3.3 AI στην πρόβλεψη ασθενειών και μοντελοποίηση υγείας

Η πρόβλεψη ασθενειών μέσω της τεχνητής νοημοσύνης αποτελεί έναν ακόμη τομέα με σημαντική δυναμική. Η AI μπορεί να επεξεργαστεί δεδομένα από διάφορες πηγές, όπως ιατρικά αρχεία, γενετικά δεδομένα, αποτελέσματα εξετάσεων και ακόμα και δεδομένα από φορητές συσκευές, για να προβλέψει μελλοντικές ασθένειες ή επιδείνωση της υγείας των ασθενών. Αυτή η δυνατότητα είναι εξαιρετικά χρήσιμη για την πρόληψη ασθενειών και τη βελτίωση της ποιότητας ζωής των ασθενών (Alsuliman et al., 2020). Η AI χρησιμοποιείται

συχνά για τη μοντελοποίηση της εξέλιξης των χρόνιων ασθενειών, όπως ο διαβήτης, οι καρδιαγγειακές παθήσεις και ο καρκίνος. Μέσα από την ανάλυση μεγάλων δεδομένων, οι αλγόριθμοι AI μπορούν να προσδιορίσουν τους παράγοντες κινδύνου και να δημιουργήσουν προγνωστικά μοντέλα που προβλέπουν την πιθανότητα εμφάνισης μιας ασθένειας. Αυτή η πληροφορία μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τους γιατρούς για να λαμβάνουν προληπτικά μέτρα, βελτιώνοντας την έκβαση των θεραπειών (Panch et al., 2018).

Η χρήση της AI στην πρόβλεψη ασθενειών δεν περιορίζεται μόνο σε μεγάλους πληθυσμούς. Εξατομικευμένα μοντέλα υγείας μπορούν να αναπτυχθούν για μεμονωμένους ασθενείς, λαμβάνοντας υπόψη το γενετικό τους προφίλ, το ιστορικό τους και τα δεδομένα του τρόπου ζωής τους. Αυτά τα μοντέλα επιτρέπουν την ανάπτυξη εξατομικευμένων στρατηγικών για την πρόληψη ασθενειών, προσφέροντας μια πιο στοχευμένη προσέγγιση στη διαχείριση της υγείας (Ahmed et al., 2020).

Παρά τις δυνατότητες της AI στην πρόβλεψη ασθενειών, υπάρχουν και προκλήσεις. Η ποιότητα των δεδομένων που χρησιμοποιούνται για την εκπαίδευση των αλγορίθμων είναι κρίσιμη για την ακρίβεια των προβλέψεων. Δεδομένα χαμηλής ποιότητας ή ελλιπή δεδομένα μπορούν να οδηγήσουν σε σφάλματα που επηρεάζουν την εγκυρότητα των προβλέψεων. Επίσης, ζητήματα ηθικής, όπως η ιδιωτικότητα των δεδομένων, παραμένουν σημαντικά όταν πρόκειται για την επεξεργασία προσωπικών πληροφοριών υγείας (Rubinger et al., 2023). Η μοντελοποίηση της υγείας με AI μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί σε επίπεδο δημόσιας υγείας για την πρόβλεψη και την αντιμετώπιση επιδημιών. Με τη χρήση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, η AI μπορεί να βοηθήσει στον εντοπισμό τάσεων και προτύπων που υποδεικνύουν την πιθανότητα εξάπλωσης μολυσματικών ασθενειών, συμβάλλοντας έτσι στην έγκαιρη λήψη μέτρων πρόληψης (Stewart et al., 2018). Οι εφαρμογές της AI στην ιατρική προσφέρουν σημαντικές ευκαιρίες για την ενίσχυση της διαγνωστικής ακρίβειας, την πρόληψη ασθενειών και τη βελτίωση των αποτελεσμάτων των θεραπειών. Ωστόσο, η αποτελεσματική χρήση αυτών των τεχνολογιών εξαρτάται από την ποιότητα των δεδομένων, τη συνεργασία μεταξύ γιατρών και μηχανών και την αντιμετώπιση των ηθικών ζητημάτων που προκύπτουν από τη χρήση της τεχνολογίας αυτής (Briganti & Le Moine, 2020).

Το προσαρμοστικό μοντέλο συνόλου Stacking που προτάθηκε στην έρευνα των Du et al., βελτιώνει την πρόβλεψη του σακχαρώδη διαβήτη (ΣΔ) ενσωματώνοντας πολλαπλούς ταξινομητές διατηρώντας παράλληλα μια ισορροπία μεταξύ της πολυπλοκότητας του μοντέλου και της ακρίβειας πρόβλεψης. Τα παραδοσιακά μοντέλα Stacking συχνά επιλέγουν

βασικούς ταξινομητές με βάση την ακρίβεια της πρόβλεψης, αγνοώντας την αρχή «αποσύνθεσης σφάλματος-ασάφειας», η οποία δίνει έμφαση στην ποικιλομορφία μεταξύ των βασικών ταξινομητών. Αυτή η μελέτη εισάγει μια προσαρμοστική μέθοδο για την επιλογή βασικών ταξινομητών αξιολογώντας μοντέλα χρησιμοποιώντας τη βαθμολογία F1 και στατιστικές Q για τη μεταβλητότητα. Η μέθοδος Tree SHAP χρησιμοποιείται για την ερμηνεία της σημασίας των χαρακτηριστικών, αποκαλύπτοντας ότι παράγοντες όπως η γενική υγεία (GenHlth), ο ΔΜΣ και η ηλικία συμβάλλουν σημαντικά στον κίνδυνο διαβήτη, ενώ χαρακτηριστικά όπως ο έλεγχος χοληστερόλης (CholCheck) και η κατανάλωση αλκοόλ έχουν ελάχιστη επίδραση. Το προσαρμοστικό μοντέλο του συνόλου Stacking υπερτερεί τόσο των παραδοσιακών μοντέλων όσο και των παραδοσιακών μοντέλων στοίβαξης όσον αφορά την πρόβλεψη DM, επιτυγχάνοντας ανώτερες μετρήσεις αξιολόγησης, συμπεριλαμβανομένων ακρίβειας 0,7559, ακρίβειας 0,7268, ανάκλησης 0,8132, βαθμολογίας F1 0,7684C3 και τιμής 0,7684 AU0, και τιμής 0,7684 AU0, και το μοντέλο προσαρμοστικού συνόλου Stacking, επιτυγχάνοντας ανώτερες μετρήσεις αξιολόγησης. Σε σύγκριση με τα παραδοσιακά μοντέλα μηχανικής εκμάθησης και συνόλου όπως το Bagging και το Boosting, το προτεινόμενο μοντέλο επιδεικνύει υψηλότερη προγνωστική ισχύ και στιβαρότητα. Ωστόσο, ενώ το προσαρμοστικό μοντέλο ενισχύει την ακρίβεια πρόβλεψης, η πολυπλοκότητά του παραμένει πρόκληση, που απαιτεί περαιτέρω βελτιστοποίηση για εφαρμογές πραγματικού κόσμου (Du et al., 2024).

3.4 Ρομποτική χειρουργική με τη χρήση AI

Η ρομποτική χειρουργική είναι ένας από τους πιο εξελιγμένους τομείς εφαρμογής της τεχνητής νοημοσύνης (AI) στην ιατρική. Οι ρομποτικές συσκευές που ελέγχονται από AI επιτρέπουν στους χειρουργούς να πραγματοποιούν επεμβάσεις με μεγαλύτερη ακρίβεια, λιγότερες παρεμβάσεις και ταχύτερη ανάρρωση για τους ασθενείς. Συστήματα όπως το Da Vinci Surgical System, που είναι πλέον ευρέως διαδεδομένα, επιτρέπουν στους χειρουργούς να εκτελούν πολύπλοκες επεμβάσεις με ελάχιστα επεμβατικές μεθόδους, αυξάνοντας την ακρίβεια των κινήσεων και μειώνοντας τους κινδύνους (Kilic, 2020).

Η χρήση AI στη ρομποτική χειρουργική επιτρέπει τη βελτίωση της ακρίβειας μέσω αλγορίθμων που αναλύουν σε πραγματικό χρόνο τα δεδομένα του ασθενούς και προσαρμόζουν τις κινήσεις του ρομπότ ανάλογα με την κατάσταση. Οι χειρουργοί μπορούν

να επιβλέπουν τη διαδικασία και να επεμβαίνουν μόνο όταν είναι απαραίτητο, αφήνοντας το σύστημα AI να εκτελέσει τις πιο κρίσιμες ενέργειες με μεγαλύτερη ακρίβεια από ό,τι θα ήταν δυνατόν με ανθρώπινα χέρια. Η AI στη ρομποτική χειρουργική επιτρέπει επίσης την εκπαίδευση των χειρουργών μέσω προσομοιώσεων που βασίζονται σε δεδομένα πραγματικών περιστατικών. Αυτό βοηθά στην προετοιμασία των νέων χειρουργών για πιο δύσκολες επεμβάσεις, ενώ παράλληλα μειώνει τον κίνδυνο για τους ασθενείς. Επιπλέον, η ρομποτική χειρουργική επιτρέπει στους γιατρούς να εκτελούν απομακρυσμένες χειρουργικές επεμβάσεις, κάτι που διευκολύνεται από τη χρήση AI για την άμεση προσαρμογή στις συνθήκες της επέμβασης (Rubinger et al., 2023).

Η αυτόματη αναγνώριση ροής εργασιών χειρουργικής επέμβασης (SWR) είναι απαραίτητη για την αξιολόγηση των χειρουργικών διαδικασιών, τον χωρισμό τους σε φάσεις, βήματα, εργασίες και ενέργειες. Οι πρώιμες προσεγγίσεις μηχανικής μάθησης για το SWR είχαν περιορισμένη επιτυχία, αλλά τα μοντέλα βαθιάς μάθησης, όπως τα CNN και τα επαναλαμβανόμενα νευρωνικά δίκτυα (RNN), έχουν βελτιώσει σημαντικά την ακρίβεια αναγνώρισης. Οι πρόσφατες εξελίξεις, συμπεριλαμβανομένων των χρονικών συνελικτικών δικτύων πολλαπλών εργασιών και των νευρωνικών δικτύων πολλαπλών εργασιών, ενισχύουν την αναγνώριση ροής εργασιών αναλύοντας τη χρήση χειρουργικών εργαλείων και την αναγνώριση χειρονομιών. Ωστόσο, αυτά τα μοντέλα βασίζονται σε μεγάλο βαθμό σε μεγάλης κλίμακας επισημασμένα σύνολα δεδομένων, καθιστώντας τον σχολιασμό δεδομένων μια χρονοβόρα και δαπανηρή διαδικασία. Τεχνικές ενεργούς μάθησης, όπως μοντέλα με βάση τη χρονική εξάρτηση μεγάλης εμβέλειας, έχουν προταθεί για να μετριάσουν αυτήν την πρόκληση βελτιώνοντας την αποτελεσματικότητα της αναγνώρισης με δεδομένα λιγότερο επισημασμένα (Knudsen et al., 2024).

Οι αυτοματοποιημένες μετρήσεις απόδοσης (APMs) αξιοποιούν την τεχνητή νοημοσύνη και τη μηχανική μάθηση (ML) για την αντικειμενική αξιολόγηση της χειρουργικής επάρκειας, διακρίνοντας τους ειδικούς και τους αρχάριους χειρουργούς με βάση τη συρραφή, το δέσιμο κόμπων και άλλες βασικές εργασίες. Επιπλέον, τα μοντέλα τεχνητής νοημοσύνης βοηθούν στη μέτρηση της χειρουργικής δυσκολίας αναλύοντας το γνωστικό φόρτο εργασίας και τις φυσιολογικές αποκρίσεις σε διαφορετικές χειρουργικές εργασίες. Πέρα από την αξιολόγηση απόδοσης, η τεχνητή νοημοσύνη προωθεί τον ρεαλισμό της χειρουργικής προσομοίωσης και τη βελτιστοποίηση ανατροφοδότησης. Οι τρέχοντες προσομοιωτές αγωνίζονται να αναπαράγουν με ακρίβεια τις παραμορφώσεις των μαλακών

ιστών, περιορίζοντας την αποτελεσματικότητά τους στη χειρουργική εκπαίδευση. Η μέθοδος πεπερασμένων στοιχείων (FEM) είναι το χρυσό πρότυπο για την προσομοίωση μαλακών ιστών, αλλά αντιμετωπίζει προκλήσεις υπολογισμού και εκτίμησης παραμέτρων. Έχουν προταθεί διορθώσεις που βασίζονται στο AI χρησιμοποιώντας νευρωνικά δίκτυα για τη βελτίωση των προσομοιώσεων που βασίζονται σε FEM. Επιπλέον, οι μηχανισμοί ανάδρασης σε πραγματικό χρόνο που τροφοδοτούνται με τεχνητή νοημοσύνη φέρνουν επανάσταση στη χειρουργική εκπαίδευση προσαρμόζοντας την καθοδήγηση με βάση την απόδοση μεμονωμένων εκπαιδευομένων (Knudsen et al., 2024).

Το παλαιότερα γνωστό ως Robodoc, είναι ένα προηγμένο ρομποτικό σύστημα λείανσης βασισμένο σε εικόνες που χρησιμοποιείται για ολική αρθροπλαστική γόνατος. Επιτρέπει την ακριβή τοποθέτηση εξαρτημάτων και την ακριβή αποκατάσταση του μηχανικού άξονα ισχίου-γόνατου-αστραγάλου μέσω προεγχειρητικού τρισδιάστατου σχεδιασμού. Αυτό το σύστημα έχει αποδειχθεί ότι μειώνει τα ακραία σημεία της κακοευθυγράμμισης εξασφαλίζοντας εξατομικευμένες μηριαίες τομές, ακριβή στροφική ευθυγράμμιση και ελαχιστοποιώντας τα ανθρώπινα σφάλματα που σχετίζονται με τις συμβατικές τεχνικές κοπής. Το σύστημα TSolution-One® ακολουθεί μια συγκεκριμένη χειρουργική τεχνική, που περιλαμβάνει προεγχειρητική απεικόνιση, προγραμματισμό εικονικής χειρουργικής επέμβασης και διεγχειρητική ρομποτική λείανση. Ενώ το σύστημα προσφέρει υψηλή ακρίβεια, έχει περιορισμούς όπως δύσκολη εκμάθηση και έλλειψη διεγχειρητικής ευελιξίας, που οδηγεί σε περιστασιακή εγκατάλειψη της διαδικασίας. Η σχέση κόστους-αποτελεσματικότητας εξακολουθεί να αποτελεί ανησυχία, καθώς το υψηλό κόστος προμηθειών και το λειτουργικό κόστος δημιουργούν οικονομικές προκλήσεις για τα ιδρύματα (Liow et al., 2017).



Εικόνα 4: Ρομποτικό σύστημα TSolution-One® (Liow et al., 2017)

Το CyberKnife είναι ένα ρομποτικό σύστημα ακτινοχειρουργικής που χρησιμοποιείται για την παροχή ακριβούς, υψηλής δόσης ακτινοθεραπείας σε όγκους και άλλους ανώμαλους ιστούς. Χρησιμοποιείται κυρίως για τη θεραπεία καρκίνων του εγκεφάλου, της σπονδυλικής στήλης, του πνεύμονα, του ήπατος, του προστάτη και άλλων καρκίνων, καθώς και για μη καρκινικές καταστάσεις όπως οι αρτηριοφλεβικές δυσπλασίες (AVMs) και η νευραλγία του τριδύμου. Σε αντίθεση με την παραδοσιακή ακτινοθεραπεία, το CyberKnife είναι μη επεμβατικό, δεν απαιτεί άκαμπτο πλαίσιο για ακινητοποίηση και μπορεί να παρακολουθεί και να προσαρμόζει την κίνηση του ασθενούς σε πραγματικό χρόνο. Το CyberKnife ενσωματώνει τεχνολογία που βασίζεται σε AI. Χρησιμοποιεί καθοδήγηση εικόνας σε πραγματικό χρόνο και ρομποτική κίνηση για να παρακολουθεί τους όγκους και να προσαρμόζει ανάλογα τις δέσμες ακτινοβολίας. Αυτό του επιτρέπει να αντισταθμίζει την κίνηση του ασθενούς, όπως η αναπνοή, χωρίς να απαιτεί άκαμπτους περιορισμούς. Οι αλγόριθμοι τεχνητής νοημοσύνης συμβάλλουν στη βελτιστοποίηση της παροχής ακτινοβολίας, διασφαλίζοντας υψηλή ακρίβεια, ελαχιστοποιώντας παράλληλα τη ζημιά στον περιβάλλοντα υγιή ιστό. Το σύστημα προσαρμόζεται συνεχώς κατά τη διάρκεια της θεραπείας, βελτιώνοντας την ακρίβεια και την ασφάλεια των ασθενών.

Η έρευνα των Romero-Gameros et al., ανέλυσε 57 ασθενείς με ακρομεγαλία που υποβλήθηκαν σε θεραπεία με ακτινοχειρουργική CyberKnife, αξιολογώντας τα αποτελέσματα τόσο της αποτελεσματικότητας όσο και της ασφάλειας. Η μελέτη ανέφερε

ποσοστό βιοχημικής ύφεσης 45,6%, με το 33,3% των ασθενών να επιτυγχάνουν βιοχημικό έλεγχο και το 12,28% να επιτυγχάνουν πλήρη βιοχημική ίαση. Η ακτινοχειρουργική οδήγησε σε σημαντική μείωση των επιπέδων GH και IGF-1 και μείωσε την ανάγκη για φαρμακολογική θεραπεία με την πάροδο του χρόνου. Ωστόσο, η θεραπεία οδήγησε επίσης σε αυξημένα ποσοστά ορμονικών ελλείψεων, συμπεριλαμβανομένου του υποθυρεοειδισμού και του υποκορτιζολισμού, με τον πανυπουποφυσισμό να αυξάνεται από 1,75% στην έναρξη σε 24,56% στην παρακολούθηση. Η μελέτη δεν βρήκε περιπτώσεις οπτικής νευρίτιδας ή εγκεφαλικού επεισοδίου και επιτεύχθηκε τοπικός έλεγχος του όγκου στο 100% των ασθενών. Τα υψηλότερα βασικά επίπεδα IGF-1 και η εισβολή στον σηραγγώδη κόλπο αναγνωρίστηκαν ως παράγοντες κινδύνου για επίμονη βιοχημική δραστηριότητα. Η ακτινοχειρουργική CyberKnife έδειξε αποτελεσματικότητα ως επικουρική θεραπεία στην ακρομεγαλία, με ποσοστά ύφεσης συγκρίσιμα με προηγούμενες μελέτες. Ωστόσο, το προφίλ ασφάλειας παραμένει ανησυχητικό λόγω της αυξημένης συχνότητας ανεπάρκειας ορμονών της υπόφυσης. Οι περιορισμοί της μελέτης περιελάμβαναν μικρό μέγεθος δείγματος, περιορισμένα δεδομένα παραμέτρων θεραπείας και μια σχετικά σύντομη περίοδο παρακολούθησης, η οποία μπορεί να έχει υποτιμήσει τις μακροπρόθεσμες επιπτώσεις. Παρόλα αυτά, παρέχει πολύτιμες πληροφορίες για το ρόλο του CyberKnife στη διαχείριση της ακρομεγαλίας, τονίζοντας την ανάγκη για περαιτέρω μακροπρόθεσμες μελέτες για τη βελτίωση των πρωτοκόλλων θεραπείας και την ελαχιστοποίηση των ανεπιθύμητων ενεργειών (Romero-Gameros et al., 2023).

3.5 Αυτόματη επεξεργασία δεδομένων από ηλεκτρονικούς φακέλους υγείας (Electronic Health Records - EHRs)

Η αυτόματη επεξεργασία δεδομένων από ηλεκτρονικούς φακέλους υγείας (EHRs) είναι μια κρίσιμη εφαρμογή της AI στην ιατρική, επιτρέποντας τη βελτίωση της διαχείρισης δεδομένων ασθενών και την ταχύτερη παροχή ιατρικών πληροφοριών στους επαγγελματίες υγείας. Η AI βοηθά στη συλλογή, οργάνωση και ανάλυση δεδομένων από τους EHRs, προσφέροντας στους γιατρούς τη δυνατότητα να έχουν πρόσβαση σε ολοκληρωμένες πληροφορίες σχετικά με τον ασθενή σε πραγματικό χρόνο (Noorbakhsh-Sabet et al., 2019).

Οι αλγόριθμοι AI είναι σε θέση να εντοπίζουν πρότυπα και τάσεις στα δεδομένα των EHRs, κάτι που επιτρέπει την έγκαιρη διάγνωση ασθενειών και τη λήψη προληπτικών

μέτρων. Για παράδειγμα, η AI μπορεί να αναλύσει ιστορικά δεδομένα για να προβλέψει τον κίνδυνο εμφάνισης κάποιας ασθένειας στον ασθενή ή να προτείνει εξατομικευμένες θεραπευτικές επιλογές. Αυτή η δυνατότητα βελτιώνει την ποιότητα των υπηρεσιών υγείας και επιταχύνει τη λήψη ιατρικών αποφάσεων (Jiang et al., 2017). Επιπλέον, η αυτόματη επεξεργασία των EHRs μειώνει τον χρόνο που δαπανούν οι επαγγελματίες υγείας για γραφειοκρατικές διαδικασίες και επιτρέπει στους γιατρούς να επικεντρωθούν περισσότερο στη φροντίδα των ασθενών. Η AI διευκολύνει επίσης την ανάλυση μεγάλων όγκων δεδομένων, επιτρέποντας στους ερευνητές να εντοπίσουν νέες τάσεις και να προτείνουν πιο στοχευμένες παρεμβάσεις για τη δημόσια υγεία (Ahmed et al., 2020). Ωστόσο, οι προκλήσεις περιλαμβάνουν τη διαχείριση της ιδιωτικότητας των δεδομένων και την εξασφάλιση ότι τα συστήματα AI είναι αξιόπιστα και διαφανή. Η έλλειψη διαφάνειας (το λεγόμενο black-box problem) στα μοντέλα AI μπορεί να δημιουργήσει ανησυχίες σχετικά με τον τρόπο λήψης αποφάσεων από τους αλγορίθμους, ενώ οι παραβιάσεις δεδομένων αποτελούν σημαντική ανησυχία για τους ασθενείς (Muehlematter et al., 2021). Τα δεδομένα συχνά υποφέρουν από ζητήματα ποιότητας, συμπεριλαμβανομένων της ελλιπούς, των ασυνεπειών, των σφαλμάτων και της έλλειψης πληροφοριών. Αυτά τα προβλήματα προκύπτουν λόγω τόσο τεχνικών όσο και κοινωνικών παραγόντων, όπως οι πιέσεις εργασίας, η λανθασμένη τεκμηρίωση, η έλλειψη τυποποιημένων πρωτοκόλλων και η μη βέλτιστη σχεδίαση συστημάτων EHR. Η κακή ποιότητα δεδομένων μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την ασφάλεια των ασθενών, την αποτελεσματικότητα της υγειονομικής περίθαλψης και την κλινική έρευνα, οδηγώντας μερικές φορές σε παραπλανητικά συμπεράσματα ή σε μη χρησιμοποιήσιμα δεδομένα. Η αντιμετώπιση αυτών των ζητημάτων απαιτεί μια δομημένη προσέγγιση για την αξιολόγηση της ποιότητας των δεδομένων, η οποία περιλαμβάνει τον καθορισμό των απαιτήσεων δεδομένων, τη μέτρηση της ποιότητας των δεδομένων, την ανάλυση σφαλμάτων και την εφαρμογή βελτιώσεων. Έχουν προταθεί διάφορες στρατηγικές για τη βελτίωση της ποιότητας των δεδομένων, όπως η εκπαίδευση του προσωπικού, η τυποποιημένη τεκμηρίωση, η καλύτερη χρηστικότητα και η συμμετοχή των ασθενών στην ακρίβεια των δεδομένων (Ozonze et al., 2023).

3.6 Προσωπική ιατρική και θεραπεία (Personalized Medicine)

Η εξατομικευμένη ιατρική (PM) είναι μια εξελισσόμενη προσέγγιση στην υγειονομική περίθαλψη που προσαρμόζει τις στρατηγικές πρόληψης και θεραπείας σε μεμονωμένους ασθενείς με βάση τα γενετικά, φαινοτυπικά χαρακτηριστικά και τον τρόπο ζωής τους. Αντιπροσωπεύει μια μετατόπιση από το παραδοσιακό μοντέλο "ένα μέγεθος για όλους" προς στοχευμένες θεραπείες που έχουν σχεδιαστεί για τη βελτίωση των αποτελεσμάτων της θεραπείας. Αν και δεν υπάρχει καθολικά αποδεκτός ορισμός, οι Υπουργοί Υγείας της ΕΕ ορίζουν το PM ως χρήση μοριακού προφίλ, ιατρικής απεικόνισης και δεδομένων τρόπου ζωής για την παροχή της σωστής θεραπείας στο σωστό άτομο τη σωστή στιγμή. Οι πρόοδοι στις γενετικές δοκιμές, την ταυτοποίηση βιοδεικτών και την τεχνητή νοημοσύνη (AI) έχουν επιταχύνει την ανάπτυξη του PM, υπόσχοντας σημαντικά οφέλη στην πρόληψη, τη διάγνωση και τη θεραπεία ασθενειών. Ωστόσο, η ευρεία υιοθέτησή του παρουσιάζει προκλήσεις, συμπεριλαμβανομένων οικονομικών ανησυχιών, ηθικών κριτηρίων και πιθανών αλλαγών στην παροχή και αξιολόγηση υπηρεσιών υγειονομικής περίθαλψης (Stefanicka-Wojtas & Kurpas, 2023).

Η ταχεία ανάπτυξη των δεδομένων υγειονομικής περίθαλψης, που αναφέρεται ότι αυξάνεται κατά 48% ετησίως, παρουσιάζει ευκαιρίες και προκλήσεις για τη μετατροπή των δεδομένων σε κλινικά οφέλη. Η μετατροπή αυτού του τεράστιου όγκου πληροφοριών σε προγνωστικά διαγνωστικά και εξατομικευμένες θεραπείες είναι απαραίτητη για τη βελτίωση των αποτελεσμάτων των ασθενών. Το PM προσφέρει πολυάριθμα πλεονεκτήματα, όπως ακριβέστερες διαγνώσεις, στοχευμένες θεραπείες με λιγότερες παρενέργειες, βελτιωμένη πρόληψη ασθενειών, μείωση κόστους και αυξημένη συμμετοχή των ασθενών. Καθώς η τεχνολογία και η έρευνα συνεχίζουν να προοδεύουν, το PM θα συνεχίσει να εξελίσσεται, οδηγώντας την καινοτομία στην υγειονομική περίθαλψη και διασφαλίζοντας πιο ακριβείς, αποτελεσματικές και εξατομικευμένες θεραπείες για τους ασθενείς (Suwinski et al., 2019).

Η AI παίζει έναν αυξανόμενο ρόλο στην εξατομικευμένη ιατρική (personalized medicine), η οποία βασίζεται στην ανάλυση των μοναδικών γενετικών, περιβαλλοντικών και κλινικών χαρακτηριστικών κάθε ασθενούς για την ανάπτυξη προσαρμοσμένων θεραπευτικών λύσεων. Η AI χρησιμοποιείται για την ανάλυση μεγάλων δεδομένων, όπως γονιδιωματικά δεδομένα, ιστορικό υγείας και άλλες βιολογικές πληροφορίες, ώστε να δημιουργηθούν εξατομικευμένα πλάνα θεραπείας που μεγιστοποιούν την αποτελεσματικότητα αι

ελαχιστοποιούν τις ανεπιθύμητες ενέργειες (Briganti & Le Moine, 2020). Στην εξατομικευμένη ιατρική, η AI μπορεί να βοηθήσει στη δημιουργία προγνωστικών μοντέλων για τον προσδιορισμό της πιο κατάλληλης θεραπείας για κάθε ασθενή, λαμβάνοντας υπόψη τη μοναδική γενετική του σύσταση. Ένας σημαντικός τομέας εφαρμογής της AI είναι η καρκινική θεραπεία, όπου οι αλγόριθμοι AI αναλύουν γενετικές μεταλλάξεις και προτείνουν εξατομικευμένες θεραπευτικές αγωγές, όπως τη χρήση συγκεκριμένων φαρμάκων για στοχευμένη θεραπεία καρκινικών κυττάρων (Sahu et al., 2022).

Έρευνα για την Ασφάλεια εμβολίων και φαρμάκων

Η παραδοσιακή ανακάλυψη φαρμάκων βασίζεται σε εντατικό και χρονοβόρο πειραματισμό, ενώ οι τεχνικές τεχνητής νοημοσύνης επιτρέπουν την αποτελεσματική ανάλυση μεγάλων συνόλων δεδομένων για την πρόβλεψη της αποτελεσματικότητας και της τοξικότητας του φαρμάκου με υψηλή ακρίβεια. Τα μοντέλα που βασίζονται στην τεχνητή νοημοσύνη έχουν προβλέψει με επιτυχία τη βιολογική δραστηριότητα και τις δυσμενείς επιδράσεις των φαρμακευτικών ενώσεων, επιτρέποντας τον σχεδιασμό βιοδραστικών μορίων με ελάχιστες παρενέργειες. Επιπλέον, η τεχνητή νοημοσύνη ενισχύει την αναγνώριση των αλληλεπιδράσεων φαρμάκου-φαρμάκου, βελτιώνοντας την εξατομικευμένη ιατρική προσαρμόζοντας θεραπείες σε μεμονωμένους ασθενείς με βάση γενετικά προφίλ και ανταποκρίσεις στα φάρμακα (Blanco-González et al., 2023).

Πέρα από τη βελτίωση των δυνατοτήτων πρόβλεψης, η τεχνητή νοημοσύνη διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο στον de novo σχεδιασμό νέων φαρμακευτικών ενώσεων με συγκεκριμένες ιδιότητες, εκσυγχρονίζοντας μια παραδοσιακά αργή και έντασης πόρων διαδικασίας. Τα μοντέλα τεχνητής νοημοσύνης, εκπαιδευμένα σε βάσεις δεδομένων γνωστών ενώσεων, έχουν αποδείξει την ικανότητα να δημιουργούν νέα θεραπευτικά μόρια με επιθυμητά χαρακτηριστικά όπως διαλυτότητα και βιολογική δραστηριότητα. Η ανάπτυξη του AlphaFold από την DeepMind έχει προωθήσει περαιτέρω τον αντίκτυπο της τεχνητής νοημοσύνης στη φαρμακευτική έρευνα προβλέποντας δομές πρωτεΐνης, κάτι που αναμένεται να φέρει επανάσταση στην εξατομικευμένη ιατρική και την ανακάλυψη φαρμάκων. Ο συνδυασμός τεχνικών ML με προσομοιώσεις μοριακής δυναμικής (MD) αποδεικνύεται επίσης μια ισχυρή προσέγγιση για την επιτάχυνση του σχεδιασμού φαρμάκων, υπογραμμίζοντας την αυξανόμενη σημασία της τεχνητής νοημοσύνης στη φαρμακευτική έρευνα και τις βιοεπιστήμες (Blanco-González et al., 2023)

Η AI συμβάλλει επίσης σημαντικά στην έρευνα για την ασφάλεια των εμβολίων. Μέσω της επεξεργασίας μεγάλων όγκων δεδομένων από κλινικές δοκιμές, η AI μπορεί να εντοπίζει πιθανά προβλήματα ασφάλειας σε πρώιμα στάδια, βοηθώντας στην ταχύτερη ανάπτυξη νέων θεραπειών και στην εξασφάλιση της αποτελεσματικότητας των εμβολίων. Επιπλέον, οι αλγόριθμοι AI επιτρέπουν τη γρήγορη ανάλυση των δεδομένων που προέρχονται από δοκιμές εμβολίων, μειώνοντας έτσι τον χρόνο που απαιτείται για την ανίχνευση παρενεργειών και τη βελτιστοποίηση της ασφάλειας (Helm et al., 2020). Η δυνατότητα ανάλυσης μεγάλων δεδομένων καθιστά την AI ένα πολύτιμο εργαλείο στην ανάπτυξη νέων φαρμάκων και στην παρακολούθηση των φαρμακολογικών επιπτώσεων σε μεγάλους πληθυσμούς. Οι κλινικές δοκιμές μπορούν να βελτιστοποιηθούν με τη χρήση αλγορίθμων AI, που μπορούν να προβλέψουν πιθανά αποτελέσματα και να προτείνουν προσαρμογές στο σχέδιο της έρευνας με βάση τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο (Barragán-Montero et al., 2021).

Έρευνα για θεραπεία για τον καρκίνο

Η AI έχει φέρει σημαντικές εξελίξεις στην έρευνα για τη θεραπεία του καρκίνου, όπου χρησιμοποιείται για την ανάλυση γενετικών δεδομένων και τη βελτίωση της κατανόησης των μηχανισμών που οδηγούν στην ανάπτυξη καρκινικών κυττάρων. Οι αλγόριθμοι AI επιτρέπουν στους ερευνητές να αναλύουν μεγάλες ποσότητες δεδομένων, όπως γενετικές μεταλλάξεις, και να προσδιορίζουν πιθανούς βιοδείκτες που μπορεί να αποτελούν στόχους για νέες θεραπείες (Jiang et al., 2017).

Στην καρκινική θεραπεία, η AI χρησιμοποιείται για την εξατομίκευση των θεραπευτικών αγωγών, λαμβάνοντας υπόψη τις μοναδικές γενετικές παραλλαγές του ασθενούς. Επιπλέον, τα προγνωστικά μοντέλα που βασίζονται στην AI μπορούν να προσδιορίσουν την αποτελεσματικότητα των θεραπειών, βοηθώντας τους γιατρούς να επιλέξουν την καλύτερη θεραπευτική προσέγγιση για κάθε περίπτωση. Η εξατομικευμένη θεραπεία με τη χρήση AI όχι μόνο αυξάνει την επιτυχία της θεραπείας, αλλά και μειώνει τις ανεπιθύμητες ενέργειες, προσφέροντας μια πιο στοχευμένη προσέγγιση στη διαχείριση του καρκίνου (Saxena, 2021).

Η παθολογική ανάλυση παραμένει το χρυσό πρότυπο για τη διάγνωση του όγκου, αλλά προκλήσεις όπως η έλλειψη κλινικών παθολόγων και η μεταβλητότητα στις υποκειμενικές αξιολογήσεις έχουν οδηγήσει στην άνοδο της υπολογιστικής παθολογίας με τη βοήθεια AI. Τα μοντέλα τεχνητής νοημοσύνης που χρησιμοποιούν μηχανική μάθηση (ML) και βαθιά μάθηση (DL) έχουν επιδείξει διαγνωστική ακρίβεια συγκρίσιμη ή και μεγαλύτερη από αυτή των ειδικών. Αυτά τα μοντέλα ενισχύουν την αποτελεσματικότητα, την επαναληψιμότητα και την ακρίβεια στη διάγνωση και την πρόβλεψη της πρόγνωσης του καρκίνου. Η απεικόνιση ολόκληρων διαφανειών με τη βοήθεια AI (WSI) μπορεί να ταξινομήσει και να βαθμολογήσει τους όγκους, να ανιχνεύσει μικρομεταστάσεις και να προβλέψει μοριακές αλλαγές, κίνδυνο υποτροπής και ποσοστά επιβίωσης. Ενώ οι παραδοσιακές μέθοδοι ML βασίζονται σε χαρακτηριστικά που εξάγονται με μη αυτόματο τρόπο, τα μοντέλα DL μπορούν να αναλύουν αυτόματα μεγάλα σύνολα δεδομένων, αλλά μπορεί να υποφέρουν από υπερβολική προσαρμογή και έλλειψη ερμηνείας. Για να αντιμετωπιστεί αυτό, αναπτύσσονται υβριδικά μοντέλα που ενσωματώνουν τεχνικές ML και DL, οδηγώντας σε πιο ακριβείς και εξατομικευμένες διαγνώσεις όγκων (Liao et al., 2023).

Η τεχνητή νοημοσύνη έχει επίσης βελτιώσει σημαντικά την ανίχνευση, τον χαρακτηρισμό και την παρακολούθηση όγκων στην ιατρική απεικόνιση. Οι προηγμένες μέθοδοι απεικόνισης όπως η αξονική τομογραφία και η μαγνητική τομογραφία δημιουργούν τεράστιο όγκο δεδομένων, αυξάνοντας τον φόρτο εργασίας για τους ακτινολόγους. Τα μοντέλα διάγνωσης με τη βοήθεια υπολογιστή (CAD) που βασίζονται σε AI βοηθούν τους ακτινολόγους βελτιώνοντας τη διαγνωστική ακρίβεια και αποτελεσματικότητα. Η ανάλυση απεικόνισης που βασίζεται σε ML περιλαμβάνει βήματα όπως η προεπεξεργασία εικόνας, η εξαγωγή χαρακτηριστικών και η εκπαίδευση μοντέλων, με την επιλογή χαρακτηριστικών να παίζει καθοριστικό ρόλο. Τα μοντέλα σύντηξης που βασίζονται σε DL, όπως τα συνελικτικά νευρωνικά δίκτυα (CNN), έχουν αποδειχθεί αποτελεσματικά στην ταξινόμηση, τη βαθμολόγηση και τη σταδιοποίηση όγκων. Για παράδειγμα, τα μοντέλα AI έχουν εφαρμοστεί με επιτυχία στη διάγνωση του καρκίνου του μαστού, βελτιώνοντας την ακρίβεια στη διάκριση μεταξύ καλοήθων και κακοήθων βλαβών. Με τις συνεχείς εξελίξεις, η ιατρική απεικόνιση που βασίζεται στην τεχνητή νοημοσύνη αναμένεται να γίνει ένα ουσιαστικό εργαλείο για τη βελτίωση της διαγνωστικής ακρίβειας και της εξατομικευμένης θεραπείας στην ογκολογία (Dhahri et al., 2019).

AR and AI Combination (Εφαρμογές) για κατεύθυνση στο χειρουργείο, εκμάθηση

Η συνδυασμένη χρήση επαυξημένης πραγματικότητας (Augmented Reality - AR) και τεχνητής νοημοσύνης (AI) αναδεικνύεται σε σημαντική τεχνολογία για την κατεύθυνση στο χειρουργείο και την εκπαίδευση των χειρουργών. Μέσω αυτής της τεχνολογίας, οι χειρουργοί μπορούν να βλέπουν τρισδιάστατα μοντέλα ανατομικών δομών σε πραγματικό χρόνο, ενώ παράλληλα η AI αναλύει δεδομένα και παρέχει ζωντανή καθοδήγηση κατά τη διάρκεια της επέμβασης (Kilic, 2020).

Η τεχνολογία AR σε συνδυασμό με την AI επιτρέπει επίσης την εκμάθηση και εκπαίδευση των χειρουργών σε προσομοιωμένα περιβάλλοντα, όπου οι χειρουργοί μπορούν να εξασκηθούν σε εικονικές επεμβάσεις πριν αναλάβουν πραγματικές περιπτώσεις. Οι AI αλγόριθμοι μπορούν να αξιολογούν την απόδοση του χειρουργού και να προτείνουν βελτιώσεις, κάνοντάς το ένα πολύτιμο εργαλείο για την εκπαίδευση και την επιμόρφωση στον τομέα της χειρουργικής. Αυτός ο συνδυασμός τεχνολογιών ανοίγει νέους δρόμους στη χειρουργική πρακτική, βελτιώνοντας την ακρίβεια των επεμβάσεων και μειώνοντας τον χρόνο ανάρρωσης των ασθενών. Επιπλέον, η AR με τη βοήθεια της AI μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την εκπαίδευση των φοιτητών ιατρικής, επιτρέποντάς τους να εξοικειωθούν με την ανατομία και τις χειρουργικές διαδικασίες μέσα από ασφαλή και διαδραστικά περιβάλλοντα (Sahu et al., 2022).

Στην αρθροσκόπηση ισχίου, έχουν χρησιμοποιηθεί συστήματα πλοήγησης με τεχνητή νοημοσύνη και AR για τη βελτίωση της χειρουργικής ακρίβειας στη θεραπεία καταστάσεων όπως η πρόσκρουση της μηριαίας κοτύλης. Ο προεγχειρητικός σχεδιασμός με τη βοήθεια υπολογιστή και η διεγχειρητική πλοήγηση επιτρέπουν πιο ακριβή οστική εκτομή, μειώνοντας τον χειρουργικό χρόνο και βελτιώνοντας το εύρος κίνησης. Ομοίως, στην αρθροσκόπηση γόνατος, η τεχνητή νοημοσύνη έχει χρησιμοποιηθεί για να βοηθήσει στην αναδόμηση του ACL, διασφαλίζοντας ακριβέστερη τοποθέτηση σήραγγας και καλύτερα μετεγχειρητικά αποτελέσματα. Η πλοήγηση με τη βοήθεια τεχνητής νοημοσύνης έχει αποδειχθεί ότι παρέχει πιο ανατομικά σωστή τοποθέτηση της μηριαίας σήραγγας και βελτιώνει τη σταθερότητα της άρθρωσης του γόνατος. Επιπλέον, οι μηχανικοί έχουν αναπτύξει αρθροσκοπικά συστήματα πλοήγησης με τεχνητή νοημοσύνη που προσφέρουν απεικόνιση σε πραγματικό χρόνο και βελτιωμένη αντίληψη βάθους, αντιμετωπίζοντας κοινές προκλήσεις στην αρθροσκόπηση γόνατος (Chen, 2023).

Το AI έχει επίσης ενσωματωθεί στην αρθροσκόπηση του αστραγάλου, βελτιώνοντας την ακρίβεια των τεχνικών μείωσης του κατάγματος και εσωτερικής στερέωσης. Μελέτες έχουν δείξει ότι οι υποβοηθούμενες από AI διαδικασίες, όπως αυτές που χρησιμοποιούν ρομποτική πλοήγηση και τρισδιάστατα εκτυπωμένους εξατομικευμένους οδηγούς, οδηγούν σε καλύτερη λειτουργική αποκατάσταση, μειωμένο πόνο και ελαχιστοποίηση της διεγχειρητικής έκθεσης σε ακτινοβολία. Στην αρθρόδεση αστραγάλου, έχουν χρησιμοποιηθεί εξατομικευμένοι οδηγοί βασισμένοι σε τεχνητή νοημοσύνη για τη βελτίωση της ακρίβειας διάτρησης με σύρμα Kirschner, μειώνοντας τον χειρουργικό χρόνο διατηρώντας παράλληλα εξαιρετικά μετεγχειρητικά αποτελέσματα. Σε όλες αυτές τις εφαρμογές, η τεχνητή νοημοσύνη αποδεικνύεται ένα μετασχηματιστικό εργαλείο στην αρθροσκοπική χειρουργική, ενισχύοντας την ακρίβεια, μειώνοντας τις επιπλοκές και βελτιώνοντας τόσο τα βραχυπρόθεσμα όσο και τα μακροπρόθεσμα αποτελέσματα των ασθενών (Chen, 2023).

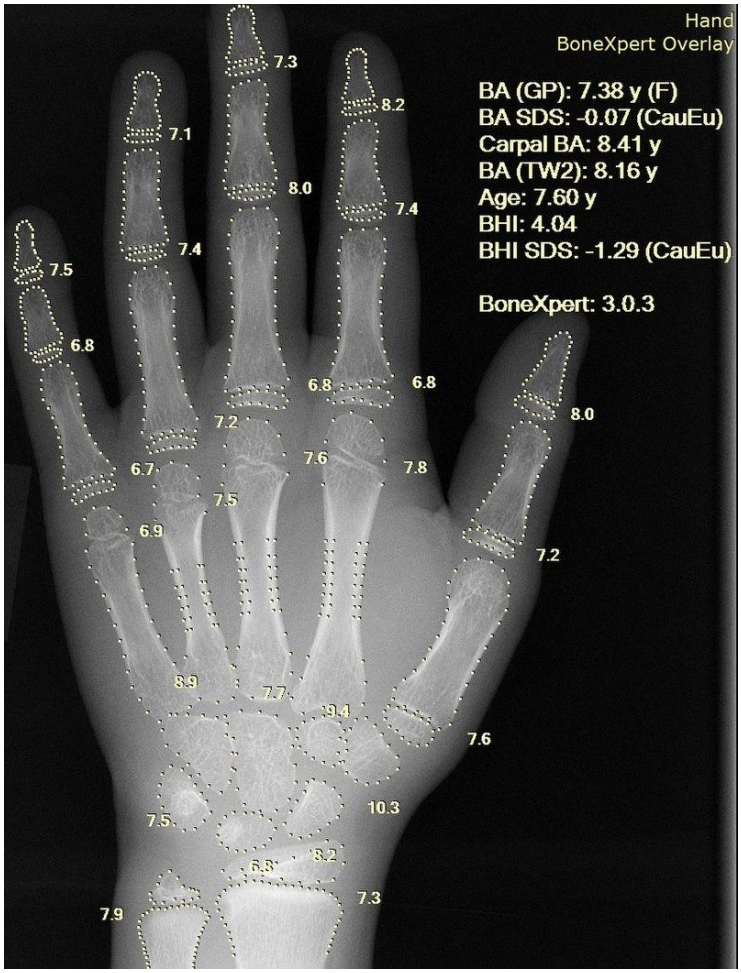
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Πλεονεκτήματα της Τεχνητής Νοημοσύνης στην Ιατρική

Η τεχνητή νοημοσύνη (AI) έχει φέρει ριζικές αλλαγές στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης, συμβάλλοντας στην αναβάθμιση της ιατρικής πρακτικής μέσω της αυτοματοποίησης, της ανάλυσης μεγάλων δεδομένων και της εξατομικευμένης φροντίδας. Οι αλγόριθμοι της AI, όπως η μηχανική μάθηση και η βαθιά μάθηση, προσφέρουν μοναδικά πλεονεκτήματα που έχουν επηρεάσει θετικά τη διάγνωση, τη θεραπεία και τη διαχείριση ασθενειών. Οι τρεις βασικοί τομείς στους οποίους η AI επιφέρει σημαντικές βελτιώσεις περιλαμβάνουν την ακρίβεια και ταχύτητα στη διάγνωση, τη μείωση του κόστους και τη βελτίωση της αποδοτικότητας, καθώς και την ενίσχυση της εξατομικευμένης ιατρικής.

4.1 Ακρίβεια και ταχύτητα στη διάγνωση

Ένα από τα πιο σημαντικά πλεονεκτήματα της AI στην ιατρική είναι η δυνατότητά της να βελτιώνει την ακρίβεια και την ταχύτητα στη διάγνωση. Οι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης και βαθιάς μάθησης μπορούν να επεξεργαστούν τεράστιους όγκους δεδομένων σε σύντομο χρονικό διάστημα, προσφέροντας διαγνωστικές λύσεις που είναι ταχύτερες και πιο ακριβείς σε σχέση με τις παραδοσιακές μεθόδους. Η AI μπορεί να αναλύσει ιατρικές εικόνες, όπως αξονικές τομογραφίες, μαγνητικές τομογραφίες και ακτινογραφίες, με ακρίβεια που ξεπερνά πολλές φορές την ανθρώπινη αντίληψη. Αυτή η τεχνολογία μπορεί να εντοπίσει ανωμαλίες σε αρχικά στάδια που μπορεί να μην είναι εύκολα αναγνωρίσιμες από τους ιατρούς, όπως στην περίπτωση της έγκαιρης διάγνωσης καρκίνου (Rubinger et al., 2023).



Εικόνα 5. Ακτινογραφία χεριού, με αυτόματο υπολογισμό της οστικής ηλικίας από λογισμικό υπολογιστή

Η ακρίβεια της AI στη διάγνωση έχει φανεί σε διάφορες ιατρικές ειδικότητες. Στην καρδιολογία, η AI χρησιμοποιείται για την ανίχνευση καρδιακών ανωμαλιών μέσω ηλεκτροκαρδιογραφημάτων (EKG) και απεικονιστικών εξετάσεων. Επίσης, στην οφθαλμολογία, η AI έχει χρησιμοποιηθεί για την ανίχνευση της διαβητικής αμφιβληστροειδοπάθειας με υψηλή ακρίβεια μέσω ανάλυσης εικόνων από οφθαλμολογικές εξετάσεις (Ahmed et al., 2020). Αυτές οι εφαρμογές επιτρέπουν την έγκαιρη παρέμβαση και τη βελτίωση των προγνωστικών για τους ασθενείς, ενώ μειώνουν τον κίνδυνο επιδείνωσης των ασθενειών.

Η ταχύτητα με την οποία η AI επεξεργάζεται δεδομένα έχει σημαντικές επιπτώσεις στην καθημερινή ιατρική πρακτική. Η αυτοματοποίηση της διάγνωσης επιτρέπει στους γιατρούς να διαθέτουν τα αποτελέσματα σε ελάχιστο χρόνο, κάτι που μπορεί να αποδειχθεί ζωτικής σημασίας σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης, όπως τα εγκεφαλικά επεισόδια και οι

καρδιακές προσβολές. Η γρήγορη ανάλυση ιατρικών εικόνων και δεδομένων από την AI βοηθά στην άμεση λήψη αποφάσεων, βελτιώνοντας την έκβαση της θεραπείας (Jiang et al., 2017).

4.2 Μείωση κόστους και βελτίωση αποδοτικότητας

Η τεχνητή νοημοσύνη συμβάλλει στη μείωση του κόστους της υγειονομικής περίθαλψης μέσω της αυτοματοποίησης πολλών διαδικασιών και της βελτιστοποίησης της διαχείρισης των πόρων. Η δυνατότητα της AI να επεξεργάζεται μεγάλα δεδομένα σε σύντομο χρόνο μειώνει την ανάγκη για χρονοβόρες διαδικασίες, όπως η χειροκίνητη ανάλυση ιατρικών εικόνων ή δεδομένων, ελαχιστοποιώντας το χρόνο που δαπανούν οι γιατροί και άλλοι επαγγελματίες υγείας σε αυτές τις εργασίες. Αυτό οδηγεί σε βελτιωμένη αποδοτικότητα των νοσοκομείων και των κλινικών, καθώς οι επαγγελματίες υγείας μπορούν να επικεντρωθούν περισσότερο στην παροχή φροντίδας και λιγότερο στις γραφειοκρατικές διαδικασίες (Briganti & Le Moine, 2020).

Η μείωση του κόστους επιτυγχάνεται επίσης μέσω της χρήσης AI στη διαχείριση των ηλεκτρονικών φακέλων υγείας (Electronic Health Records - EHRs). Οι αλγόριθμοι AI μπορούν να αυτοματοποιήσουν τη συλλογή και ανάλυση των δεδομένων από τους EHRs, εντοπίζοντας γρήγορα τις πιο κρίσιμες πληροφορίες για την κατάσταση του ασθενούς. Αυτό μειώνει την ανάγκη για ανθρώπινη παρέμβαση στις διαδικασίες αυτές, οδηγώντας σε χαμηλότερο κόστος λειτουργίας και ταχύτερη πρόσβαση στις πληροφορίες υγείας (Muehlematter et al., 2021). Η χρήση της AI για την ανάλυση των ιατρικών δεδομένων επιτρέπει τη βελτίωση της ποιότητας των υπηρεσιών, ενώ παράλληλα μειώνει τα περιθώρια σφάλματος.

Επιπλέον, η AI συμβάλλει στη μείωση των αναγκών για επαναληπτικές διαγνωστικές εξετάσεις. Με την ακριβή διάγνωση από την πρώτη εξέταση, οι ασθενείς αποφεύγουν τη διενέργεια περιττών διαγνωστικών ελέγχων, οι οποίοι μπορεί να είναι δαπανηροί και χρονοβόροι. Αυτό όχι μόνο μειώνει το κόστος για τους ασθενείς και τα συστήματα υγείας, αλλά βελτιώνει και την εμπειρία των ασθενών (Ahmed et al., 2020).

Η AI ενισχύει επίσης την αποδοτικότητα στη διαχείριση των ιατρικών πόρων. Για παράδειγμα, οι αλγόριθμοι AI μπορούν να αναλύσουν τα δεδομένα νοσοκομείων και κλινικών για να προβλέψουν τις ανάγκες σε προσωπικό και εξοπλισμό, επιτρέποντας

καλύτερη διαχείριση των πόρων και μειώνοντας τη σπατάλη. Επιπλέον, η αυτοματοποίηση διαδικασιών όπως η διαχείριση προμηθειών και η κατανομή κλινών μπορεί να βελτιώσει τη λειτουργία των υγειονομικών μονάδων και να μειώσει τα γενικά έξοδα (Saxena, 2021).

4.3 Ενίσχυση της εξατομικευμένης ιατρικής

Η εξατομικευμένη ιατρική είναι ένας τομέας όπου η τεχνητή νοημοσύνη έχει αποδειχθεί ιδιαίτερα αποτελεσματική. Η AI μπορεί να αναλύσει μεγάλα σύνολα δεδομένων, όπως γενετικά δεδομένα, κλινικά ιστορικά και δεδομένα από φορητές συσκευές, για να προσφέρει θεραπευτικές λύσεις που είναι προσαρμοσμένες στις ανάγκες κάθε ασθενούς. Αυτό επιτρέπει την ανάπτυξη εξατομικευμένων θεραπειών που βελτιώνουν την αποτελεσματικότητα των ιατρικών παρεμβάσεων και μειώνουν τις ανεπιθύμητες ενέργειες (Sahu et al., 2022). Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα της AI στην εξατομικευμένη ιατρική είναι η εφαρμογή της στην καρκινική θεραπεία. Με την ανάλυση των γενετικών μεταλλάξεων των καρκινικών κυττάρων και του ιστορικού του ασθενούς, η AI μπορεί να προτείνει εξατομικευμένες θεραπείες που ταιριάζουν καλύτερα στο προφίλ του ασθενούς. Αυτή η προσέγγιση έχει αποδειχθεί εξαιρετικά αποτελεσματική στη βελτίωση των αποτελεσμάτων των ασθενών, καθώς προσφέρει μια πιο στοχευμένη και λιγότερο επιθετική θεραπευτική αγωγή (Jiang et al., 2017).

Επιπλέον, η AI βοηθά στην παρακολούθηση της προόδου των ασθενών και την προσαρμογή της θεραπείας ανάλογα με την απόκρισή τους. Για παράδειγμα, οι αλγόριθμοι AI μπορούν να αναλύουν δεδομένα από φορητές συσκευές υγείας και να παρακολουθούν συνεχώς τη φυσική κατάσταση και τα ζωτικά σημεία των ασθενών. Αυτά τα δεδομένα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να ενημερώνουν τους γιατρούς για την αποτελεσματικότητα της θεραπείας και να επιτρέπουν την προσαρμογή των θεραπευτικών πλάνων σε πραγματικό χρόνο (Briganti & Le Moine, 2020). Η εξατομικευμένη ιατρική μπορεί επίσης να εφαρμοστεί σε προληπτικά μέτρα. Η AI μπορεί να αναλύσει δεδομένα σχετικά με το γενετικό προφίλ, τις συνήθειες του τρόπου ζωής και το ιατρικό ιστορικό ενός ασθενούς, για να προβλέψει την πιθανότητα εμφάνισης ασθενειών όπως ο διαβήτης ή οι καρδιαγγειακές παθήσεις. Με αυτήν την πληροφορία, οι γιατροί μπορούν να προτείνουν προληπτικά μέτρα που είναι εξατομικευμένα και αποτρέπουν την ανάπτυξη σοβαρών ασθενειών (Noorbakhsh-Sabet et al., 2019).

Η AI ενισχύει επίσης την εξατομικευμένη θεραπεία με τη χρήση αλγορίθμων που αναλύουν δεδομένα από κλινικές δοκιμές και ερευνητικά προγράμματα. Αυτά τα δεδομένα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανάπτυξη νέων φαρμάκων και θεραπειών που είναι προσαρμοσμένα στις ιδιαίτερες ανάγκες διαφορετικών ομάδων ασθενών. Η τεχνητή νοημοσύνη επιταχύνει επίσης τη διαδικασία των κλινικών δοκιμών, επιτρέποντας την ανάλυση των αποτελεσμάτων σε πραγματικό χρόνο και μειώνοντας τον χρόνο που απαιτείται για την ανάπτυξη νέων φαρμάκων (Helm et al., 2020).

Η τεχνητή νοημοσύνη έχει φέρει επανάσταση στον τομέα της ιατρικής, προσφέροντας πλεονεκτήματα που βελτιώνουν την ακρίβεια και ταχύτητα της διάγνωσης, μειώνουν το κόστος της φροντίδας και βελτιώνουν την αποδοτικότητα των συστημάτων υγείας. Επίσης, η AI έχει συμβάλλει σημαντικά στην ενίσχυση της εξατομικευμένης ιατρικής, επιτρέποντας την ανάπτυξη θεραπειών προσαρμοσμένων στις ανάγκες κάθε ασθενούς. Παρά τις προκλήσεις που μπορεί να φέρει η εφαρμογή της, όπως ζητήματα ιδιωτικότητας και διαφάνειας, τα οφέλη της AI στον τομέα της υγείας είναι αδιαμφισβήτητα, και αναμένεται να παίξουν καθοριστικό ρόλο στην εξέλιξη της ιατρικής στο μέλλον (Muehlematter et al., 2021).

4.4 Συνεργασία ανθρώπου-μηχανής (Human-AI Collaboration)

Η συνεργασία μεταξύ ανθρώπου και μηχανής αποτελεί μια από τις πιο κρίσιμες πτυχές της εφαρμογής της τεχνητής νοημοσύνης (AI) στην ιατρική. Η AI, με τις δυνατότητές της στην ανάλυση μεγάλων δεδομένων και τη λήψη γρήγορων αποφάσεων, μπορεί να λειτουργήσει ως συμπληρωματικό εργαλείο για τους ιατρούς, ενισχύοντας τη διάγνωση και τη θεραπεία ασθενειών. Παρά την ταχύτητα και την ακρίβεια της AI, η ανθρώπινη συμβολή παραμένει αναγκαία, καθώς οι μηχανές στερούνται της ηθικής κρίσης, της ενσυναίσθησης και της πολύπλευρης κατανόησης που κατέχουν οι επαγγελματίες υγείας.

Η συνεργασία ανθρώπου και μηχανής βασίζεται στο συνδυασμό των δυνατοτήτων των αλγορίθμων AI με την ιατρική εμπειρία. Οι γιατροί μπορούν να χρησιμοποιήσουν την AI για την ανάλυση δεδομένων, την ανίχνευση προτύπων και την πρόβλεψη ασθενειών, ενώ διατηρούν την τελική απόφαση και τη συνολική εικόνα της υγείας του ασθενούς. Αυτός ο συνδυασμός ενισχύει την ακρίβεια της διάγνωσης και την αποτελεσματικότητα της θεραπείας, καθώς η AI προσφέρει ταχύτερη ανάλυση δεδομένων και ο ιατρός εφαρμόζει την κλινική του εμπειρία (Jiang et al., 2017). Η AI μπορεί να αναγνωρίζει προειδοποιητικά

σημάδια σε ιατρικές εικόνες, όπως καρκινικές αλλοιώσεις, αλλά η επιβεβαίωση και η ερμηνεία αυτών των ευρημάτων εξαρτάται από τον άνθρωπο. Ο ρόλος του ανθρώπινου παράγοντα στη συνεργασία αυτή είναι να προσφέρει μια πιο ολοκληρωμένη ερμηνεία των αποτελεσμάτων, λαμβάνοντας υπόψη παραμέτρους που η AI μπορεί να παραβλέψει, όπως τα κλινικά συμπτώματα και η ιστορία του ασθενούς (Ahmed et al., 2020). Η συνεργασία αυτή επιτρέπει τη διαχείριση της περίπτωσης του ασθενούς με τον καλύτερο δυνατό τρόπο, καθώς συνδυάζεται η ακρίβεια της AI με την ιατρική κρίση.

Παρά την πρόοδο της AI, οι γιατροί παίζουν σημαντικό ρόλο στην εποπτεία των αποφάσεων που λαμβάνονται από τα συστήματα AI. Αυτή η ανθρώπινη εποπτεία είναι απαραίτητη για τη διασφάλιση της ακρίβειας και της αξιοπιστίας των αποφάσεων, ειδικά σε περιπτώσεις όπου τα αποτελέσματα της AI μπορεί να μην είναι σαφή ή να απαιτούν εξειδικευμένη ερμηνεία (Noorbakhsh-Sabet et al., 2019). Στη χειρουργική πρακτική, για παράδειγμα, τα ρομποτικά συστήματα μπορούν να ενισχύσουν την ακρίβεια των χειρουργικών επεμβάσεων, αλλά η παρουσία και η εποπτεία του χειρουργού παραμένουν ζωτικής σημασίας. Η συνεργασία ανθρώπου-μηχανής έχει επίσης εκπαιδευτικό χαρακτήρα. Οι ιατροί και οι επαγγελματίες υγείας μπορούν να μάθουν από τα συστήματα AI, τα οποία τους παρέχουν συνεχή πληροφόρηση και υποδείξεις βάσει δεδομένων. Αυτή η διαδικασία μπορεί να ενισχύσει τη γνώση τους και να τους βοηθήσει να ενημερώνονται συνεχώς για νέες τάσεις και ανακαλύψεις στην ιατρική. Με την πάροδο του χρόνου, η συνεργασία αυτή μπορεί να βελτιώσει συνολικά την ιατρική πρακτική και να ενισχύσει την ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών υγείας (Muehlematter et al., 2021).

4.5 Μειονεκτήματα της Τεχνητής Νοημοσύνης στην Ιατρική

Παρότι η τεχνητή νοημοσύνη (AI) έχει φέρει σημαντική πρόοδο στην ιατρική, προσφέροντας εργαλεία που ενισχύουν τη διάγνωση, τη θεραπεία και την εξατομικευμένη φροντίδα, συνοδεύεται από ορισμένα μειονεκτήματα που απαιτούν προσοχή. Αυτά τα μειονεκτήματα αφορούν κυρίως τη διαφάνεια, την αξιοπιστία, τα ηθικά ζητήματα και τη σχέση μεταξύ τεχνολογίας και ανθρώπινου παράγοντα, ενώ ενδέχεται να δημιουργήσουν επιπλοκές στην καθημερινή ιατρική πρακτική. Ένα από τα πιο βασικά μειονεκτήματα της AI στην ιατρική είναι το πρόβλημα της διαφάνειας και της ερμηνευσιμότητας, γνωστό και ως το "black-box problem". Πολλοί αλγόριθμοι AI, ειδικά αυτοί που βασίζονται στη βαθιά μάθηση,

λειτουργούν μέσω πολύπλοκων και συχνά αδιαφανών διαδικασιών, καθιστώντας δύσκολη την κατανόηση του πώς καταλήγουν σε συγκεκριμένες αποφάσεις. Αυτή η αδυναμία κατανόησης μειώνει την εμπιστοσύνη των επαγγελματιών υγείας στη χρήση της τεχνολογίας, καθώς οι γιατροί δεν μπορούν να εξηγήσουν στους ασθενείς τους τον τρόπο με τον οποίο ελήφθη μια διάγνωση ή πρόταση θεραπείας. Το ζήτημα γίνεται ακόμη πιο περίπλοκο όταν οι αποφάσεις της AI είναι λανθασμένες, καθώς η έλλειψη διαφάνειας δυσκολεύει την αναγνώριση και τη διόρθωση των σφαλμάτων.

Ένα άλλο σημαντικό μειονέκτημα είναι η εξάρτηση από την ποιότητα και την επάρκεια των δεδομένων. Οι αλγόριθμοι AI εκπαιδεύονται με βάση μεγάλα σύνολα δεδομένων, και η ακρίβεια των προβλέψεων τους εξαρτάται άμεσα από την ποιότητα αυτών των δεδομένων. Αν τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται για την εκπαίδευση ενός αλγορίθμου είναι ελλιπή, προκατειλημμένα ή μη αντιπροσωπευτικά, τότε τα αποτελέσματα της AI μπορεί να είναι λανθασμένα ή παραπλανητικά. Για παράδειγμα, αν ένα σύστημα AI δεν περιλαμβάνει επαρκή δεδομένα από διαφορετικούς πληθυσμούς, ενδέχεται να αποδώσει καλύτερα για ορισμένες εθνοτικές ομάδες και χειρότερα για άλλες, δημιουργώντας ανισότητες στη φροντίδα. Η ποιότητα των δεδομένων παραμένει μία από τις μεγαλύτερες προκλήσεις για την αποτελεσματική χρήση της AI στην ιατρική. Επιπλέον, η AI στην ιατρική μπορεί να οδηγήσει σε υπερβολική εξάρτηση από την τεχνολογία, γεγονός που μπορεί να υποβαθμίσει την κλινική κρίση και την ευθύνη των γιατρών. Αν και η AI προσφέρει ταχύτητα και ακρίβεια στις διαγνώσεις, δεν μπορεί να αντικαταστήσει την πολύπλευρη κατανόηση και την ηθική κρίση των επαγγελματιών υγείας. Οι γιατροί που βασίζονται υπερβολικά στις προτάσεις της AI μπορεί να παραβλέψουν κρίσιμες πληροφορίες ή να αγνοήσουν στοιχεία που δεν έχουν ενσωματωθεί στους αλγορίθμους. Η ισορροπία μεταξύ της χρήσης της AI ως εργαλείου υποστήριξης και της διατήρησης της ανθρώπινης κρίσης είναι απαραίτητη για την αποφυγή ιατρικών λαθών (Ahmed et al., 2020).

Ένα ακόμη ζήτημα που συνδέεται με την AI είναι η πιθανότητα σφαλμάτων. Παρά την υψηλή ακρίβεια που έχουν επιτύχει πολλά συστήματα AI, δεν είναι αλάνθαστα. Σφάλματα μπορεί να προκύψουν από ελλιπή δεδομένα, εσφαλμένες παραμετροποιήσεις αλγορίθμων ή ακόμα και από τη χρήση μη αντιπροσωπευτικών δειγμάτων. Αυτά τα σφάλματα ενδέχεται να έχουν σοβαρές συνέπειες για την υγεία των ασθενών, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις όπου οι γιατροί βασίζονται πλήρως στις προβλέψεις των αλγορίθμων. Επιπλέον, η έλλειψη

τυποποίησης και κοινών προτύπων για την ανάπτυξη και την εφαρμογή της AI στην ιατρική μπορεί να ενισχύσει τους κινδύνους.

Τα ηθικά ζητήματα αποτελούν επίσης ένα από τα βασικά μειονεκτήματα της AI στην ιατρική. Ένα σημαντικό ζήτημα είναι η ιδιωτικότητα των δεδομένων. Η AI βασίζεται στην ανάλυση μεγάλων ποσοτήτων προσωπικών και ευαίσθητων δεδομένων, γεγονός που εγείρει ανησυχίες για την προστασία της ιδιωτικότητας των ασθενών. Παρόλο που υπάρχουν ρυθμίσεις, όπως ο Γενικός Κανονισμός Προστασίας Δεδομένων (GDPR), η παραβίαση δεδομένων μπορεί να έχει σοβαρές συνέπειες. Επιπλέον, οι αποφάσεις που λαμβάνονται από την AI εγείρουν ερωτήματα σχετικά με την ευθύνη. Σε περίπτωση λανθασμένης διάγνωσης ή θεραπείας, είναι δύσκολο να καθοριστεί ποιος φέρει την ευθύνη: ο αλγόριθμος, ο προγραμματιστής ή ο γιατρός που χρησιμοποίησε την τεχνολογία (Muehlematter et al., 2021).

Η εισαγωγή της AI στην ιατρική επηρεάζει επίσης τη σχέση γιατρού-ασθενούς. Καθώς οι γιατροί βασίζονται ολοένα και περισσότερο στην τεχνολογία, η προσωπική αλληλεπίδραση με τους ασθενείς ενδέχεται να μειωθεί. Αυτό μπορεί να επηρεάσει την εμπιστοσύνη που έχουν οι ασθενείς στους γιατρούς τους και να οδηγήσει σε αποξένωση. Η έλλειψη ανθρώπινης επαφής και η αδυναμία κατανόησης των διαδικασιών της AI μπορεί να κάνουν τους ασθενείς να αισθάνονται ότι λαμβάνουν απρόσωπη φροντίδα, μειώνοντας την ικανοποίησή τους από τις υπηρεσίες υγείας. Τέλος, υπάρχει το ζήτημα της προσβασιμότητας και του κόστους. Αν και η AI μπορεί να μειώσει το συνολικό κόστος της υγειονομικής περίθαλψης μέσω της αυτοματοποίησης και της αποτελεσματικότητας, η ανάπτυξη, η εφαρμογή και η συντήρηση των συστημάτων AI είναι δαπανηρές. Οι μικρότερες κλινικές και τα συστήματα υγείας σε αναπτυσσόμενες χώρες ενδέχεται να μην έχουν τους πόρους για να υιοθετήσουν αυτές τις τεχνολογίες, γεγονός που δημιουργεί ανισότητες στην πρόσβαση στις υπηρεσίες υγείας. Η εισαγωγή της AI απαιτεί επίσης εκπαίδευση των επαγγελματιών υγείας, κάτι που μπορεί να είναι χρονοβόρο και να επιβαρύνει τα ήδη περιορισμένα συστήματα υγείας. Συνοψίζοντας, παρά τα πολλά οφέλη της AI στην ιατρική, τα μειονεκτήματα είναι ουσιώδη και απαιτούν σοβαρή αντιμετώπιση. Η διαφάνεια, η αξιοπιστία, η ποιότητα δεδομένων, η προστασία της ιδιωτικότητας, η ευθύνη και η προσβασιμότητα αποτελούν κρίσιμα ζητήματα που πρέπει να επιλυθούν για να διασφαλιστεί η ασφαλής και δίκαιη εφαρμογή της AI. Ενώ η AI έχει τη δυνατότητα να επαναστατικοποιήσει την ιατρική, η

χρήση της πρέπει να γίνεται με προσοχή, με στόχο τη μεγιστοποίηση των ωφελειών και την ελαχιστοποίηση των κινδύνων (Ahmed et al., 2020).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Προκλήσεις και Περιορισμοί της Τεχνητής Νοημοσύνης στην Ιατρική

Παρά τα σημαντικά πλεονεκτήματα της τεχνητής νοημοσύνης στην ιατρική, υπάρχουν πολλές προκλήσεις και περιορισμοί που πρέπει να ληφθούν υπόψη. Αυτές οι προκλήσεις σχετίζονται κυρίως με την έλλειψη διαφάνειας και ερμηνευσιμότητας των αλγορίθμων AI, την εξάρτηση από την ποιότητα των δεδομένων, καθώς και τους κινδύνους που απορρέουν από την υπερβολική εξάρτηση από τα συστήματα AI. Η αποτελεσματική αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων είναι κρίσιμη για την ασφαλή και αξιόπιστη χρήση της AI στην ιατρική.

5.1 Έλλειψη διαφάνειας και ερμηνευσιμότητας (Black-box problem)

Ένα από τα πιο σημαντικά προβλήματα της AI στην ιατρική είναι η έλλειψη διαφάνειας και ερμηνευσιμότητας, γνωστό και ως το "black-box problem". Οι περισσότεροι αλγόριθμοι AI, ειδικά αυτοί που βασίζονται στη βαθιά μάθηση, λειτουργούν με τρόπο που είναι δύσκολο να ερμηνευτεί από τους ανθρώπους. Οι αποφάσεις που λαμβάνονται από τα συστήματα AI συχνά βασίζονται σε πολύπλοκες μαθηματικές διαδικασίες που δεν είναι άμεσα κατανοητές, ακόμη και από τους ίδιους τους ιατρούς που χρησιμοποιούν τα συστήματα αυτά.

Αυτό δημιουργεί ζητήματα εμπιστοσύνης και ασφάλειας. Όταν οι γιατροί δεν μπορούν να κατανοήσουν πώς η AI έφτασε σε μια συγκεκριμένη απόφαση, είναι δύσκολο να αξιολογηθεί η ακρίβεια ή η καταλληλότητα αυτής της απόφασης για τον ασθενή. Επίσης, σε περιπτώσεις όπου οι αποφάσεις της AI είναι λανθασμένες, η αδυναμία ερμηνείας καθιστά δύσκολη την αναγνώριση του προβλήματος και τη διόρθωση των σφαλμάτων (Briganti & Le Moine, 2020). Για να αντιμετωπιστεί αυτό το ζήτημα, υπάρχει ανάγκη για την ανάπτυξη "εξηγήσιμων" συστημάτων AI, που θα επιτρέπουν στους χρήστες να κατανοούν πώς οι αλγόριθμοι φτάνουν στις αποφάσεις τους.

Η έλλειψη διαφάνειας είναι ιδιαίτερα σημαντική όταν πρόκειται για εφαρμογές που αφορούν τη ζωή των ασθενών, όπως οι διαγνωστικές αποφάσεις. Σε αυτές τις περιπτώσεις, οι γιατροί πρέπει να είναι σε θέση να εξηγούν στους ασθενείς πώς η AI συνέβαλε στη διάγνωση

ή τη θεραπεία, προκειμένου να ενισχυθεί η εμπιστοσύνη τόσο των ασθενών όσο και των ιατρών στα συστήματα AI (Ahmed et al., 2020).

5.2 Σφάλματα και υπερβολική εξάρτηση από AI

Ένας άλλος περιορισμός της AI στην ιατρική είναι η πιθανότητα σφαλμάτων, τα οποία μπορούν να προκύψουν από τη λανθασμένη εφαρμογή των αλγορίθμων ή από προβλήματα στην ποιότητα των δεδομένων που χρησιμοποιούνται για την εκπαίδευση τους. Τα σφάλματα αυτά μπορεί να έχουν σοβαρές συνέπειες, ιδιαίτερα όταν οι ιατροί βασίζονται υπερβολικά στην AI για τη λήψη κλινικών αποφάσεων (Mekov et al., 2020). Η υπερβολική εξάρτηση από την AI μπορεί να οδηγήσει σε υποβάθμιση της κλινικής κρίσης και της ευθύνης των γιατρών. Αν και η AI μπορεί να προσφέρει ταχύτερες και ακριβέστερες διαγνώσεις σε πολλές περιπτώσεις, δεν είναι αλάνθαστη. Η χρήση της AI χωρίς την κατάλληλη ανθρώπινη εποπτεία μπορεί να οδηγήσει σε σοβαρά ιατρικά λάθη, ειδικά σε περιπτώσεις όπου η AI αποτυγχάνει να εντοπίσει κρίσιμες ανωμαλίες ή προσφέρει λανθασμένες προβλέψεις (Rubinger et al., 2023).

Για παράδειγμα, αν η AI αποτυγχάνει να ανιχνεύσει ένα σημαντικό πρότυπο σε μια ιατρική εικόνα, οι γιατροί που βασίζονται αποκλειστικά στα αποτελέσματά της μπορεί να μην ανακαλύψουν την πραγματική διάγνωση. Γι' αυτόν τον λόγο, είναι απαραίτητο οι επαγγελματίες υγείας να χρησιμοποιούν την AI ως ένα εργαλείο υποστήριξης και όχι ως τον μοναδικό παράγοντα στη λήψη αποφάσεων (Park et al., 2020). Η ισορροπία μεταξύ της χρήσης της τεχνολογίας και της ανθρώπινης κλινικής κρίσης είναι απαραίτητη για την ελαχιστοποίηση των κινδύνων.

5.3 Προβλήματα ποιότητας δεδομένων και εκπαίδευσης μοντέλων

Η αποτελεσματικότητα των συστημάτων AI εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ποιότητα των δεδομένων που χρησιμοποιούνται για την εκπαίδευσή τους. Εάν τα δεδομένα που τροφοδοτούνται στους αλγόριθμους είναι ελλιπή, προκατειλημμένα ή κακής ποιότητας, οι αποφάσεις που λαμβάνονται από την AI θα είναι ανακριβείς ή παραπλανητικές. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό στον τομέα της ιατρικής, όπου η ακρίβεια των δεδομένων είναι κρίσιμη για τη διάγνωση και τη θεραπεία των ασθενειών (Noorbakhsh-Sabet et al., 2019). Πολλές βάσεις δεδομένων που χρησιμοποιούνται στην εκπαίδευση των αλγορίθμων AI δεν

περιέχουν πλήρη και αντιπροσωπευτικά δεδομένα από όλους τους πληθυσμούς ασθενών. Για παράδειγμα, ορισμένα σύνολα δεδομένων μπορεί να μην περιλαμβάνουν επαρκή δείγματα από εθνοτικές ή ηλικιακές ομάδες, κάτι που μπορεί να οδηγήσει σε προκατειλημμένες αποφάσεις. Αυτό μπορεί να έχει σοβαρές επιπτώσεις, καθώς η AI ενδέχεται να αποδίδει καλύτερα για ορισμένους πληθυσμούς ασθενών και χειρότερα για άλλους, δημιουργώντας ανισότητες στην ιατρική φροντίδα (Alsuliman et al., 2020).

Επιπλέον, η εκπαίδευση των μοντέλων AI απαιτεί μεγάλα και ποικιλόμορφα σύνολα δεδομένων για να επιτευχθεί η ακρίβεια και η αξιοπιστία τους. Εάν οι αλγόριθμοι δεν εκπαιδευτούν σωστά ή δεν ανανεώνονται με νέα δεδομένα, οι προβλέψεις τους μπορεί να μην είναι αξιόπιστες. Η διασφάλιση της ποιότητας των δεδομένων και η συνεχής ενημέρωση των μοντέλων AI είναι κρίσιμες για την επιτυχή εφαρμογή της τεχνολογίας στην ιατρική (Rubinger et al., 2023). Η τεχνητή νοημοσύνη έχει φέρει σημαντικές προόδους στην ιατρική, αλλά αντιμετωπίζει επίσης προκλήσεις και περιορισμούς που πρέπει να ληφθούν σοβαρά υπόψη. Η συνεργασία ανθρώπου και μηχανής είναι ζωτικής σημασίας για τη βέλτιστη χρήση της AI, ενώ η έλλειψη διαφάνειας, τα σφάλματα και η ποιότητα των δεδομένων είναι ζητήματα που πρέπει να αντιμετωπιστούν προκειμένου η AI να χρησιμοποιείται με ασφάλεια και αποτελεσματικότητα.

5.4 Ηθικά και νομικά ζητήματα στη χρήση AI

Η ανάπτυξη και η εφαρμογή της τεχνητής νοημοσύνης (AI) στον τομέα της ιατρικής εγείρει σημαντικά ηθικά και νομικά ζητήματα που πρέπει να εξεταστούν προσεκτικά. Παρά τα οφέλη που προσφέρει η AI στην υγειονομική περίθαλψη, υπάρχουν ανησυχίες σχετικά με την προστασία της ιδιωτικότητας των ασθενών, την ασφάλεια των δεδομένων, τη διαφάνεια των αποφάσεων, καθώς και την ευθύνη σε περίπτωση λάθους. Η αποτελεσματική αντιμετώπιση αυτών των ζητημάτων είναι κρίσιμη για τη διασφάλιση ότι η AI χρησιμοποιείται με τρόπο που σέβεται τα δικαιώματα των ασθενών και συμμορφώνεται με τους υπάρχοντες νόμους και κανονισμούς. Ένα από τα κύρια ηθικά ζητήματα στη χρήση της AI στην ιατρική αφορά την προστασία της ιδιωτικότητας των ασθενών και την ασφάλεια των προσωπικών τους δεδομένων. Οι αλγόριθμοι AI βασίζονται στην ανάλυση μεγάλων ποσοτήτων δεδομένων, πολλά από τα οποία περιλαμβάνουν ευαίσθητες πληροφορίες σχετικά με την υγεία των ασθενών. Η επεξεργασία αυτών των δεδομένων απαιτεί την εφαρμογή

ισχυρών μηχανισμών προστασίας για να διασφαλιστεί ότι τα δεδομένα αυτά δεν θα εκτεθούν ή θα χρησιμοποιηθούν καταχρηστικά. Παρά τις προσπάθειες ενίσχυσης της ασφάλειας, υπάρχουν περιπτώσεις παραβιάσεων δεδομένων που θέτουν σε κίνδυνο την ιδιωτικότητα των ασθενών, γεγονός που εγείρει ανησυχίες σχετικά με τη διαχείριση των δεδομένων από τα συστήματα AI (Muehlematter et al., 2021).

Η διαφάνεια των αποφάσεων που λαμβάνονται από τα συστήματα AI είναι επίσης ένα σημαντικό ηθικό ζήτημα. Πολλοί αλγόριθμοι AI, ειδικά αυτοί που βασίζονται στη βαθιά μάθηση, λειτουργούν με τρόπους που είναι δύσκολο να ερμηνευτούν από τους ανθρώπους. Αυτό σημαίνει ότι οι ιατροί και οι ασθενείς δεν μπορούν να κατανοήσουν πώς και γιατί η AI λαμβάνει συγκεκριμένες αποφάσεις, δημιουργώντας προβλήματα διαφάνειας και λογοδοσίας. Αυτή η «μαύρη κουτί» φύση της AI μπορεί να οδηγήσει σε έλλειψη εμπιστοσύνης στους αλγορίθμους και να εγείρει ερωτήματα σχετικά με τη δικαιοσύνη και την αντικειμενικότητα των αποφάσεων (Briganti & Le Moine, 2020).

Στο νομικό πεδίο, ένα από τα μεγαλύτερα ζητήματα είναι η κατανομή της ευθύνης σε περίπτωση λάθους ή σφάλματος της AI. Εάν η AI οδηγήσει σε μια λανθασμένη διάγνωση ή θεραπεία, είναι δύσκολο να καθοριστεί ποιος ευθύνεται: ο προγραμματιστής του αλγορίθμου, ο πάροχος της τεχνολογίας ή ο γιατρός που χρησιμοποίησε το σύστημα; Οι υφιστάμενοι νομικοί κανόνες συχνά δεν επαρκούν για να καλύψουν τέτοιες καταστάσεις, με αποτέλεσμα να υπάρχει κενό στη ρύθμιση της χρήσης της AI στην ιατρική. Η νομοθεσία πρέπει να προσαρμοστεί ώστε να καθορίζει σαφώς τα δικαιώματα και τις υποχρεώσεις όλων των εμπλεκόμενων μερών. Επιπλέον, οι αλγόριθμοι AI μπορεί να είναι προκατειλημμένοι, αν τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται για την εκπαίδευσή τους δεν είναι αντιπροσωπευτικά ή αντανακλούν διακρίσεις. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε άνιση αντιμετώπιση ορισμένων ομάδων ασθενών, όπως η διαφορετική διάγνωση ή η προτεινόμενη θεραπεία βάσει της φυλής, του φύλου ή της κοινωνικοοικονομικής κατάστασης. Η ανάγκη για δικαιοσύνη και η εξασφάλιση ότι οι αλγόριθμοι δεν ενισχύουν τις υπάρχουσες ανισότητες είναι κρίσιμη για την ηθική χρήση της AI στην ιατρική (Alsuliman et al., 2020).

Τα ηθικά και νομικά ζητήματα γύρω από τη χρήση της AI στην ιατρική απαιτούν συνεχή παρακολούθηση και ανάπτυξη κατάλληλων πλαισίων που να διασφαλίζουν ότι η τεχνολογία χρησιμοποιείται με ασφάλεια, διαφάνεια και δικαιοσύνη. Αυτό περιλαμβάνει την ανάπτυξη ρυθμιστικών πολιτικών και νομοθετικών πλαισίων που να καλύπτουν την

προστασία των προσωπικών δεδομένων, την κατανομή της ευθύνης και τη διασφάλιση της διαφάνειας των συστημάτων AI.

5.5 Η αντιμετώπιση του ανθρώπινου παράγοντα και η αβεβαιότητα

Η ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης στην ιατρική πρακτική απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή στη διαχείριση του ανθρώπινου παράγοντα και της αβεβαιότητας που προκύπτει από τη χρήση της τεχνολογίας. Αν και η AI μπορεί να προσφέρει σημαντική βοήθεια στη λήψη αποφάσεων, η ανθρώπινη κρίση παραμένει αναγκαία για την κατανόηση και την αντιμετώπιση της αβεβαιότητας που συχνά συνοδεύει τα αποτελέσματα της AI. Η AI, παρά την ικανότητά της να επεξεργάζεται τεράστια δεδομένα, δεν είναι αλάνθαστη και η αβεβαιότητα που μπορεί να προκύψει από τις αποφάσεις της απαιτεί προσεκτική διαχείριση από τους γιατρούς.

Οι γιατροί συχνά πρέπει να διαχειριστούν την αβεβαιότητα που προκύπτει από τα αποτελέσματα της AI, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις όπου η διάγνωση ή η πρόγνωση είναι ασαφής ή αμφισβητή. Παρόλο που οι αλγόριθμοι AI μπορούν να προσφέρουν γρήγορες και ακριβείς διαγνώσεις, υπάρχει πάντα ένα ποσοστό αβεβαιότητας που συνοδεύει τις αποφάσεις τους, λόγω των περιορισμών των δεδομένων ή της έλλειψης επαρκούς ερμηνείας των αποτελεσμάτων. Οι γιατροί πρέπει να χρησιμοποιούν την κλινική τους κρίση για να αξιολογούν τα αποτελέσματα της AI και να λαμβάνουν τεκμηριωμένες αποφάσεις, λαμβάνοντας υπόψη τον συνολικό ιατρικό φάκελο του ασθενούς και όχι μόνο τις προβλέψεις της AI. Η αλληλεπίδραση μεταξύ AI και ανθρώπων επαγγελματιών υγείας πρέπει να βασίζεται σε μια ισορροπημένη συνεργασία, όπου οι γιατροί χρησιμοποιούν τα αποτελέσματα της AI ως ένα εργαλείο που ενισχύει τη λήψη αποφάσεων, χωρίς να παραμερίζουν την προσωπική τους κρίση. Η υπερβολική εξάρτηση από την AI μπορεί να οδηγήσει σε σφάλματα και απώλεια της ικανότητας των γιατρών να αναγνωρίζουν προβλήματα που η AI μπορεί να μην μπορεί να αντιληφθεί, όπως είναι οι ατομικές περιπτώσεις ασθενών που δεν εμπίπτουν στα γενικά πρότυπα δεδομένων (Ahmed et al., 2020). Είναι σημαντικό να υπάρχει ένα επίπεδο σκεπτικισμού και κριτικής ανάλυσης των αποτελεσμάτων που παρέχει η AI, ώστε να διασφαλιστεί ότι οι αποφάσεις που λαμβάνονται είναι οι καλύτερες δυνατές για τον ασθενή.

Η αβεβαιότητα μπορεί να προκύψει και από την ποικιλία των δεδομένων που χρησιμοποιούνται για την εκπαίδευση των αλγορίθμων AI. Αν τα δεδομένα δεν είναι

επαρκώς αντιπροσωπευτικά ή αν υπάρχει έλλειψη δεδομένων για συγκεκριμένους πληθυσμούς ασθενών, οι προβλέψεις της AI μπορεί να είναι ανακριβείς ή μεροληπτικές. Οι γιατροί πρέπει να λαμβάνουν υπόψη αυτές τις πιθανότητες και να διασφαλίζουν ότι οι αποφάσεις που λαμβάνονται βασίζονται σε πλήρη κατανόηση των περιορισμών των συστημάτων AI (Noorbakhsh-Sabet et al., 2019).

Επιπλέον, ο ανθρώπινος παράγοντας παίζει σημαντικό ρόλο στην εμπιστοσύνη και αποδοχή της AI από τους ίδιους τους επαγγελματίες υγείας. Πολλοί γιατροί μπορεί να διστάζουν να υιοθετήσουν την AI λόγω ανησυχιών σχετικά με την ακρίβεια των αποτελεσμάτων ή την πιθανότητα σφαλμάτων. Η εκπαίδευση των επαγγελματιών υγείας στη χρήση της AI και η ενίσχυση της εμπιστοσύνης τους στα συστήματα αυτά είναι κρίσιμη για την αποτελεσματική ενσωμάτωσή τους στην καθημερινή ιατρική πρακτική. Τέλος, η διαχείριση της αβεβαιότητας περιλαμβάνει και την ενημέρωση των ασθενών σχετικά με τη χρήση της AI στη διάγνωσή τους. Οι ασθενείς έχουν δικαίωμα να γνωρίζουν πώς χρησιμοποιείται η AI στη φροντίδα τους και να κατανοούν τα οφέλη, αλλά και τους πιθανούς κινδύνους που σχετίζονται με τη χρήση της. Η ανοιχτή επικοινωνία μεταξύ γιατρών και ασθενών είναι απαραίτητη για την ενίσχυση της εμπιστοσύνης και τη διαχείριση της αβεβαιότητας, ειδικά όταν οι αποφάσεις βασίζονται εν μέρει σε αλγόριθμους AI (Panch et al., 2018).Η εφαρμογή της AI στην ιατρική φέρνει στο προσκήνιο σημαντικά ηθικά και νομικά ζητήματα, όπως η προστασία της ιδιωτικότητας, η διαφάνεια και η ευθύνη σε περίπτωση λάθους. Η διαχείριση αυτών των προκλήσεων απαιτεί την ανάπτυξη νέων ρυθμιστικών πλαισίων και πολιτικών που να διασφαλίζουν την ασφαλή και δίκαιη χρήση της τεχνολογίας. Ταυτόχρονα, η αντιμετώπιση του ανθρώπινου παράγοντα και της αβεβαιότητας παραμένει κρίσιμη, καθώς οι γιατροί πρέπει να συνεχίσουν να παίζουν καθοριστικό ρόλο στη λήψη αποφάσεων, διασφαλίζοντας ότι οι προβλέψεις της AI ερμηνεύονται σωστά και χρησιμοποιούνται με υπευθυνότητα (Al Kuwaiti et al., 2023).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

Ηθικά Διλήμματα και Νομικές Προεκτάσεις της Τεχνητής Νοημοσύνης στην Ιατρική

Η τεχνητή νοημοσύνη (AI) έχει φέρει επανάσταση στον τομέα της ιατρικής, προσφέροντας νέες δυνατότητες στη διάγνωση, τη θεραπεία και τη διαχείριση ασθενειών. Ωστόσο, η χρήση της AI στην υγειονομική περίθαλψη συνοδεύεται από σοβαρά ηθικά διλήμματα και νομικές προεκτάσεις, τα οποία αφορούν την προστασία της ιδιωτικότητας, την ερμηνευσιμότητα των αποφάσεων της AI και την κατανομή της ευθύνης σε περιπτώσεις σφαλμάτων. Τα ζητήματα αυτά απαιτούν προσεκτική ανάλυση και ρύθμιση, προκειμένου να διασφαλιστεί ότι η AI χρησιμοποιείται με τρόπο που σέβεται τα δικαιώματα των ασθενών και συμμορφώνεται με τους νομικούς και ηθικούς κανόνες.

6.1 Ηθικά διλήμματα στην ιατρική με τη χρήση AI

Η εισαγωγή της AI στην ιατρική θέτει μια σειρά από ηθικά διλήμματα που αφορούν κυρίως την αυτονομία των ασθενών, τη διαφάνεια των αποφάσεων και την ισότητα στην πρόσβαση στην υγειονομική περίθαλψη. Ένα από τα πιο βασικά ζητήματα είναι η αδυναμία των συστημάτων AI να παρέχουν επαρκείς εξηγήσεις για τις αποφάσεις που λαμβάνουν, δημιουργώντας προβλήματα σχετικά με τη διαφάνεια και την εμπιστοσύνη των ασθενών. Οι αλγόριθμοι βαθιάς μάθησης λειτουργούν ως «μαύρα κουτιά», καθώς οι τρόποι με τους οποίους καταλήγουν σε διαγνωστικά αποτελέσματα είναι συχνά αδιαφανείς, ακόμη και για τους ίδιους τους ιατρούς. Αυτό δημιουργεί ηθικά διλήμματα, καθώς οι ασθενείς δεν μπορούν να κατανοήσουν πώς και γιατί η AI συνέβαλε στη διάγνωσή τους, με αποτέλεσμα να τίθεται σε αμφισβήτηση η λήψη ενήμερων αποφάσεων από τους ίδιους (Briganti & Le Moine, 2020).

Επιπλέον, η χρήση της AI μπορεί να υπονομεύσει την αυτονομία των ασθενών. Σε πολλές περιπτώσεις, οι αλγόριθμοι AI μπορεί να λαμβάνουν αποφάσεις που αντικρούουν τις επιθυμίες ή τις προσδοκίες των ασθενών, χωρίς να παρέχουν επαρκή εξήγηση για τον λόγο πίσω από αυτές τις αποφάσεις. Η ηθική πρόκληση εδώ είναι η εξισορρόπηση μεταξύ της αποτελεσματικότητας της AI και της διατήρησης του δικαιώματος των ασθενών να έχουν τον

έλεγχο της φροντίδας τους. Όταν οι αποφάσεις που προτείνονται από την AI δεν είναι επαρκώς διαφανείς ή κατανοητές, οι ασθενείς μπορεί να αισθάνονται ότι χάνουν την ικανότητά τους να λαμβάνουν ενήμερες αποφάσεις σχετικά με τη θεραπεία τους (Muehlematter et al., 2021).

Άλλο ένα ηθικό δίλημμα είναι η πιθανότητα προκατάληψης (bias) στους αλγορίθμους AI. Εάν τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται για την εκπαίδευση της AI είναι ελλιπή ή προκατειλημμένα, οι αποφάσεις που θα ληφθούν μπορεί να ενισχύσουν τις υφιστάμενες ανισότητες στην υγειονομική περίθαλψη. Για παράδειγμα, αν τα δεδομένα δεν περιλαμβάνουν επαρκή αντιπροσώπευση από διαφορετικούς πληθυσμούς, οι προβλέψεις της AI μπορεί να είναι ανακριβείς για ορισμένες εθνοτικές ή κοινωνικοοικονομικές ομάδες, οδηγώντας σε άνιση παροχή υγειονομικής φροντίδας. Αυτή η πιθανότητα προκατάληψης εγείρει ηθικά ζητήματα σχετικά με την ισότητα και τη δικαιοσύνη στην πρόσβαση στις ιατρικές υπηρεσίες (Rubinger et al., 2023).

Επιπλέον, υπάρχει το ηθικό ζήτημα της λογοδοσίας και της ευθύνης. Όταν ένα σύστημα AI κάνει ένα λάθος, όπως μια λανθασμένη διάγνωση, τίθεται το ερώτημα ποιος φέρει την ευθύνη: ο γιατρός που χρησιμοποίησε το σύστημα, η εταιρεία που ανέπτυξε τον αλγόριθμο, ή το ίδιο το σύστημα AI; Αυτή η έλλειψη σαφήνειας ως προς την κατανομή της ευθύνης δημιουργεί ανησυχίες σχετικά με την ασφαλή και υπεύθυνη χρήση της τεχνολογίας στην ιατρική. Ένα ακόμη ηθικό ζήτημα είναι η ηθική επίβλεψη της AI από τους επαγγελματίες υγείας. Αν και οι αλγόριθμοι AI μπορούν να προσφέρουν ακριβείς διαγνώσεις ή προτάσεις θεραπείας, η τελική απόφαση πρέπει να λαμβάνεται από τους γιατρούς, οι οποίοι είναι υπεύθυνοι να λαμβάνουν υπόψη και την ανθρώπινη διάσταση της περίπτωσης. Η τάση για υπερβολική εξάρτηση από την AI μπορεί να οδηγήσει σε παραμέληση της κλινικής κρίσης και της ατομικής αξιολόγησης του ασθενούς, κάτι που μπορεί να έχει αρνητικές συνέπειες στην παροχή φροντίδας (Saxena, 2021).

Συνολικά, η χρήση της AI στην ιατρική εγείρει σοβαρά ηθικά διλήμματα, τα οποία απαιτούν την ανάπτυξη ισχυρών ηθικών πλαισίων και κανόνων, ώστε να διασφαλιστεί ότι η τεχνολογία χρησιμοποιείται με τρόπο που σέβεται τα δικαιώματα των ασθενών, προάγει την ισότητα και ενισχύει τη διαφάνεια.

6.2 Η προστασία της ιδιωτικότητας και των προσωπικών δεδομένων

Η προστασία της ιδιωτικότητας και των προσωπικών δεδομένων αποτελεί ένα από τα πιο κρίσιμα ζητήματα που εγείρονται με τη χρήση της AI στην ιατρική. Τα δεδομένα υγείας θεωρούνται εξαιρετικά ευαίσθητα, καθώς περιλαμβάνουν λεπτομερείς πληροφορίες για την υγεία, τις συνήθειες και το ιστορικό των ασθενών. Οι αλγόριθμοι AI βασίζονται σε μεγάλα σύνολα δεδομένων για να λειτουργούν αποτελεσματικά, και η συλλογή και ανάλυση αυτών των δεδομένων δημιουργεί κινδύνους για την ασφάλεια και την προστασία της ιδιωτικότητας των ασθενών (Muehlematter et al., 2021).

Ένας από τους κύριους κινδύνους που σχετίζεται με τη χρήση AI στην υγειονομική περίθαλψη είναι η πιθανότητα παραβίασης των δεδομένων. Παρά τα σύγχρονα μέτρα προστασίας, υπάρχουν περιπτώσεις όπου δεδομένα ασθενών έχουν υποκλαπεί ή έχουν χρησιμοποιηθεί χωρίς τη συγκατάθεση των ενδιαφερόμενων. Μια τέτοια παραβίαση θα μπορούσε να έχει σοβαρές συνέπειες για τους ασθενείς, καθώς τα δεδομένα υγείας μπορούν να χρησιμοποιηθούν για δυσφημιστικούς σκοπούς ή να οδηγήσουν σε διακρίσεις στον χώρο της εργασίας ή των ασφαλειών. Οι ασθενείς, συνεπώς, έχουν δικαίωμα να γνωρίζουν πώς χρησιμοποιούνται τα δεδομένα τους και να έχουν τον πλήρη έλεγχο αυτών (Panch et al., 2018).

Η έννοια της συγκατάθεσης παίζει επίσης σημαντικό ρόλο στο ζήτημα της ιδιωτικότητας. Σε πολλές περιπτώσεις, οι ασθενείς ενδέχεται να μην γνωρίζουν πλήρως πώς και γιατί χρησιμοποιούνται τα δεδομένα τους από τα συστήματα AI. Αυτό μπορεί να υπονομεύσει την εμπιστοσύνη τους στο υγειονομικό σύστημα και να τους αποτρέψει από το να δώσουν τη συγκατάθεσή τους για τη χρήση των δεδομένων τους, κάτι που μπορεί να περιορίσει τη λειτουργικότητα των αλγορίθμων AI που βασίζονται σε μεγάλα σύνολα δεδομένων (Briganti & Le Moine, 2020). Είναι απαραίτητο να υπάρχει διαφάνεια στη συλλογή και την ανάλυση των δεδομένων, καθώς και σαφείς διαδικασίες συγκατάθεσης που επιτρέπουν στους ασθενείς να έχουν πλήρη έλεγχο επί των πληροφοριών τους. Ένα ακόμη σημαντικό ζήτημα είναι η αποθήκευση και η ασφάλεια των δεδομένων. Οι αλγόριθμοι AI απαιτούν μεγάλες ποσότητες δεδομένων για την εκπαίδευση και την ανάπτυξή τους, κάτι που συνεπάγεται την αποθήκευση αυτών των δεδομένων σε διακομιστές ή στο cloud. Αυτό δημιουργεί νέες προκλήσεις για την προστασία των δεδομένων, καθώς τα συστήματα αποθήκευσης μπορεί να είναι ευάλωτα σε επιθέσεις ή τεχνικά προβλήματα. Η διασφάλιση

της ασφάλειας των δεδομένων αυτών αποτελεί βασική προτεραιότητα για την αποτροπή παραβιάσεων και τη διατήρηση της εμπιστοσύνης των ασθενών (Ahmed et al., 2020).

Η νομοθεσία για την προστασία των προσωπικών δεδομένων, όπως ο Γενικός Κανονισμός για την Προστασία Δεδομένων (GDPR) στην Ευρωπαϊκή Ένωση, θέτει αυστηρούς κανόνες σχετικά με τη συλλογή, την επεξεργασία και την αποθήκευση των δεδομένων των ασθενών. Ο κανονισμός αυτός απαιτεί από τις εταιρείες και τους παρόχους υγειονομικής περίθαλψης να εφαρμόζουν μέτρα για την προστασία των δεδομένων και να εξασφαλίζουν τη συγκατάθεση των ασθενών για τη χρήση των πληροφοριών τους. Ωστόσο, η ταχεία ανάπτυξη της τεχνολογίας AI απαιτεί συνεχή αναπροσαρμογή των κανονισμών, ώστε να καλύπτουν τις νέες προκλήσεις που προκύπτουν από τη χρήση των δεδομένων (Saxena, 2021).

Επιπλέον, η διεθνής συνεργασία είναι απαραίτητη για την προστασία της ιδιωτικότητας των δεδομένων, καθώς οι αλγόριθμοι AI συχνά απαιτούν δεδομένα από διαφορετικές χώρες και συστήματα υγείας για να λειτουργούν αποτελεσματικά. Η διασφάλιση της ιδιωτικότητας σε παγκόσμια κλίμακα απαιτεί συντονισμένες προσπάθειες και τη θέσπιση κοινών προτύπων για την προστασία των προσωπικών δεδομένων σε διεθνές επίπεδο (Helm et al., 2020). Η προστασία της ιδιωτικότητας και των προσωπικών δεδομένων αποτελεί ένα από τα πιο κρίσιμα ζητήματα στη χρήση της AI στην ιατρική. Η διασφάλιση ότι τα δεδομένα των ασθενών παραμένουν ασφαλή και προστατευμένα απαιτεί την εφαρμογή ισχυρών μέτρων ασφαλείας και την ανάπτυξη σαφών διαδικασιών συγκατάθεσης, που επιτρέπουν στους ασθενείς να έχουν τον έλεγχο των πληροφοριών τους. Η συνεχής παρακολούθηση και αναπροσαρμογή των νομικών πλαισίων είναι επίσης απαραίτητη για την αντιμετώπιση των νέων προκλήσεων που φέρνει η τεχνολογία AI.

6.3 Νομικό πλαίσιο και κανονισμοί για τη χρήση AI στην ιατρική

Η τεχνητή νοημοσύνη (AI) στην ιατρική εγείρει πληθώρα νομικών ζητημάτων, καθώς οι κανονισμοί που διέπουν τη χρήση της εξακολουθούν να είναι υπό διαμόρφωση. Το νομικό πλαίσιο για την AI στην υγειονομική περίθαλψη περιλαμβάνει ζητήματα που αφορούν την προστασία των ασθενών, την ασφάλεια των δεδομένων και τη διασφάλιση της ακρίβειας και της αξιοπιστίας των διαγνωστικών και θεραπευτικών συστημάτων AI. Οι νόμοι και οι κανονισμοί που εφαρμόζονται σήμερα για την AI δεν έχουν διαμορφωθεί

πλήρως, καθώς οι ρυθμιστικές αρχές παγκοσμίως προσπαθούν να συμβαδίσουν με την ταχεία εξέλιξη της τεχνολογίας.

Στις Ηνωμένες Πολιτείες, ο Οργανισμός Τροφίμων και Φαρμάκων (FDA) είναι υπεύθυνος για την έγκριση ιατρικών συσκευών και τεχνολογιών, συμπεριλαμβανομένων των συστημάτων AI. Το νομικό πλαίσιο που εφαρμόζει ο FDA είναι εστιασμένο στην ασφάλεια και την αποτελεσματικότητα των συστημάτων AI που χρησιμοποιούνται για διαγνωστικούς και θεραπευτικούς σκοπούς. Παράλληλα, η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) έχει θεσπίσει τον Γενικό Κανονισμό για την Προστασία Δεδομένων (GDPR), ο οποίος επιβάλλει αυστηρούς κανόνες για τη χρήση προσωπικών δεδομένων, περιλαμβάνοντας και τα δεδομένα υγείας που χρησιμοποιούνται από συστήματα AI (Muehlematter et al., 2021). Η πρόκληση που αντιμετωπίζουν οι ρυθμιστικές αρχές είναι να διασφαλίσουν ότι η AI πληροί τα κριτήρια ασφάλειας και διαφάνειας, ενώ ταυτόχρονα να επιτρέπουν την καινοτομία στον τομέα της ιατρικής τεχνολογίας. Η ανάπτυξη αλγορίθμων AI που χρησιμοποιούνται σε κλινικές εφαρμογές πρέπει να ακολουθεί αυστηρά πρωτόκολλα, διασφαλίζοντας την ποιότητα των δεδομένων που χρησιμοποιούνται για την εκπαίδευση των αλγορίθμων. Οι κανονισμοί για την AI στην ιατρική πρέπει επίσης να καλύπτουν την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας και της αξιοπιστίας αυτών των συστημάτων, διασφαλίζοντας ότι οι αλγόριθμοι δεν προκαλούν ανεπιθύμητα αποτελέσματα (Noorbakhsh-Sabet et al., 2019).

Ένα άλλο σημαντικό στοιχείο του νομικού πλαισίου αφορά τη διαφάνεια και την ερμηνευσιμότητα των αποφάσεων που λαμβάνονται από συστήματα AI. Οι ρυθμιστικές αρχές πρέπει να απαιτούν από τους παρόχους τεχνολογίας AI να παρέχουν σαφείς εξηγήσεις για το πώς οι αλγόριθμοι καταλήγουν σε διαγνωστικές ή θεραπευτικές αποφάσεις, κάτι που βοηθά στη διασφάλιση της εμπιστοσύνης των επαγγελματιών υγείας και των ασθενών στα συστήματα αυτά. Οι νόμοι πρέπει να επιβάλλουν επίσης ότι τα συστήματα AI λειτουργούν εντός των ορίων της ιατρικής ηθικής, διασφαλίζοντας ότι οι αποφάσεις είναι δίκαιες και αμερόληπτες (Panch et al., 2018). Στο πλαίσιο αυτό, προκύπτει και το ζήτημα της ευθύνης σε περίπτωση σφαλμάτων ή αποτυχιών της AI. Το νομικό πλαίσιο πρέπει να καθορίσει σαφώς ποιος φέρει την ευθύνη όταν η AI οδηγήσει σε μια λανθασμένη διάγνωση ή θεραπεία. Επειδή η AI συχνά λειτουργεί με τρόπο αυτόνομο, η κατανομή της ευθύνης μεταξύ των κατασκευαστών, των παρόχων υπηρεσιών και των ιατρών πρέπει να καθοριστεί με σαφήνεια. Αυτή η πρόκληση γίνεται ακόμη πιο έντονη όταν πρόκειται για αλγόριθμους που μαθαίνουν και εξελίσσονται συνεχώς με την πάροδο του χρόνου (Ahmed et al., 2020).

Ένα σημαντικό βήμα προς τη δημιουργία ενός ισχυρού νομικού πλαισίου για τη χρήση της AI στην ιατρική είναι η διεθνής συνεργασία. Οι ρυθμιστικές αρχές σε όλο τον κόσμο πρέπει να συνεργάζονται για τη δημιουργία κοινών προτύπων που θα διασφαλίζουν την ασφάλεια, την αποτελεσματικότητα και τη διαφάνεια των συστημάτων AI. Αυτό θα επιτρέψει την ευρύτερη αποδοχή της τεχνολογίας AI στην υγειονομική περίθαλψη και θα διασφαλίσει ότι οι ασθενείς προστατεύονται ανεξάρτητα από τη χώρα στην οποία λαμβάνουν ιατρική φροντίδα (Saxena, 2021). Τέλος, η ανάπτυξη και εφαρμογή νομικών πλαισίων πρέπει να συμβαδίζει με την ταχεία εξέλιξη της AI. Οι νομοθέτες πρέπει να αναθεωρούν και να προσαρμόζουν τους κανονισμούς τους καθώς η τεχνολογία προχωρά, διασφαλίζοντας ότι η AI συνεχίζει να χρησιμοποιείται με ασφάλεια και υπευθυνότητα στην ιατρική πρακτική.

6.4 Πνευματική ιδιοκτησία και κατοχύρωση δικαιωμάτων

Η χρήση της τεχνητής νοημοσύνης στην ιατρική φέρνει στο προσκήνιο μια σειρά από ζητήματα που αφορούν την πνευματική ιδιοκτησία και την κατοχύρωση δικαιωμάτων. Η ανάπτυξη αλγορίθμων AI, οι οποίοι χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία ιατρικών δεδομένων και την υποστήριξη διαγνωστικών ή θεραπευτικών αποφάσεων, απαιτεί σημαντική ερευνητική εργασία και πόρους. Ως εκ τούτου, τα ζητήματα σχετικά με την κατοχύρωση της πνευματικής ιδιοκτησίας αυτών των αλγορίθμων και των τεχνολογιών που προκύπτουν είναι πολύπλοκα και απαιτούν προσεκτική ρύθμιση.

Ένα από τα βασικά ερωτήματα που προκύπτει αφορά το ποιος κατέχει τα δικαιώματα πνευματικής ιδιοκτησίας για έναν αλγόριθμο AI. Σε πολλές περιπτώσεις, οι αλγόριθμοι αναπτύσσονται από ερευνητικές ομάδες σε πανεπιστήμια ή από ιδιωτικές εταιρείες τεχνολογίας. Η κατοχύρωση δικαιωμάτων για αυτούς τους αλγορίθμους απαιτεί τη σαφή καθοδήγηση των νομικών πλαισίων, προκειμένου να διασφαλιστεί ότι τα δικαιώματα πνευματικής ιδιοκτησίας προστατεύονται και αποδίδονται σωστά στους δημιουργούς. Αυτό περιλαμβάνει την αναγνώριση του ποιος είναι ο «εφευρέτης» σε περιπτώσεις όπου η AI παίζει κεντρικό ρόλο στην ανάπτυξη νέων τεχνολογιών ή λύσεων (Muehlematter et al., 2021). Η κατοχύρωση της πνευματικής ιδιοκτησίας γίνεται πιο σύνθετη όταν πρόκειται για αλγόριθμους AI που συνεχίζουν να μαθαίνουν και να βελτιώνονται μέσω της χρήσης τους. Αν ένας αλγόριθμος AI εξελίσσεται αυτόνομα με την πάροδο του χρόνου, το ζήτημα της κατοχύρωσης γίνεται πιο δύσκολο, καθώς μπορεί να είναι ασαφές ποιος είναι υπεύθυνος για

τις καινοτομίες που εισάγει το σύστημα. Αυτό εγείρει ερωτήματα σχετικά με το αν η AI μπορεί να θεωρηθεί δημιουργός και αν θα πρέπει να της αποδίδεται πνευματική ιδιοκτησία για τις νέες λύσεις που αναπτύσσει (Briganti & Le Moine, 2020).

Ένα άλλο σημαντικό ζήτημα είναι η προστασία των δεδομένων που χρησιμοποιούνται για την εκπαίδευση των αλγορίθμων AI. Τα ιατρικά δεδομένα, τα οποία συχνά περιλαμβάνουν ευαίσθητες πληροφορίες για την υγεία των ασθενών, είναι κρίσιμα για την ανάπτυξη ακριβών και αποτελεσματικών αλγορίθμων. Ωστόσο, η χρήση αυτών των δεδομένων εγείρει ζητήματα σχετικά με την πνευματική ιδιοκτησία και την προστασία των προσωπικών δεδομένων. Οι νομοθεσίες πρέπει να διασφαλίζουν ότι τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη αλγορίθμων προστατεύονται από μη εξουσιοδοτημένη χρήση και ότι οι ασθενείς έχουν πλήρη έλεγχο των πληροφοριών τους (Saxena, 2021). Η κατοχύρωση δικαιωμάτων για τα δεδομένα που παράγονται από τους αλγορίθμους AI είναι επίσης ένα ζήτημα που χρειάζεται προσοχή. Εάν ένας αλγόριθμος παράγει ένα μοναδικό αποτέλεσμα ή πρόταση θεραπείας, ποιος έχει το δικαίωμα να κατοχυρώσει αυτό το αποτέλεσμα ως πνευματική ιδιοκτησία; Σε πολλές περιπτώσεις, οι προγραμματιστές του αλγορίθμου μπορεί να θεωρούν ότι έχουν τα δικαιώματα πνευματικής ιδιοκτησίας, ενώ σε άλλες περιπτώσεις οι χρήστες του συστήματος, όπως οι γιατροί ή τα νοσοκομεία, μπορεί να διεκδικούν αυτά τα δικαιώματα (Helm et al., 2020).

Επιπλέον, η κατοχύρωση δικαιωμάτων στην AI μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα ανταγωνισμού και μονοπωλίων. Οι εταιρείες που κατοχυρώνουν τις τεχνολογίες AI τους ενδέχεται να αποκτήσουν υπερβολική επιρροή στην αγορά, περιορίζοντας την πρόσβαση σε αυτές τις τεχνολογίες και εμποδίζοντας την καινοτομία. Η ρύθμιση της αγοράς πρέπει να διασφαλίζει ότι η κατοχύρωση δικαιωμάτων δεν οδηγεί σε ανισότητες στην πρόσβαση στις τεχνολογίες αυτές, ειδικά στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης όπου η καινοτομία είναι κρίσιμη για την ποιότητα της φροντίδας (Rubinger et al., 2023).

Τέλος, είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι η πνευματική ιδιοκτησία και τα δικαιώματα των αλγορίθμων AI δεν περιορίζονται μόνο σε νομικά ζητήματα. Υπάρχουν επίσης ηθικές προεκτάσεις που σχετίζονται με τη δίκαιη κατανομή των οφελών από την ανάπτυξη αυτών των τεχνολογιών. Οι κανόνες για την πνευματική ιδιοκτησία πρέπει να προάγουν την ισότητα στην πρόσβαση και τη δικαιοσύνη στην απόδοση των δικαιωμάτων, εξασφαλίζοντας ότι η AI χρησιμοποιείται προς όφελος όλων και όχι μόνο προς όφελος των εταιρειών που την αναπτύσσουν. Η πνευματική ιδιοκτησία και η κατοχύρωση δικαιωμάτων

για την AI στην ιατρική αποτελούν πολυσύνθετα ζητήματα που απαιτούν τη δημιουργία ισχυρών νομικών πλαισίων. Η προστασία των δημιουργών, η κατοχύρωση των δεδομένων και η διασφάλιση της πρόσβασης σε καινοτόμες τεχνολογίες είναι απαραίτητες για την προώθηση της ανάπτυξης της AI, ενώ παράλληλα απαιτούνται ρυθμίσεις που να προάγουν τη διαφάνεια και την ισότητα στην ιατρική πρακτική.

6.5 Η κοινωνική διάσταση της AI στην υγειονομική περίθαλψη

Η κοινωνική διάσταση της τεχνητής νοημοσύνης (AI) στην υγειονομική περίθαλψη είναι ένα ζήτημα που αναδεικνύει τις επιπτώσεις της τεχνολογίας στη σχέση μεταξύ γιατρών και ασθενών, στην ισότητα πρόσβασης στην υγεία, καθώς και στην κοινωνική αποδοχή της χρήσης AI. Η εφαρμογή της AI έχει τη δυνατότητα να βελτιώσει τη ζωή των ασθενών και να διευκολύνει την παροχή ιατρικών υπηρεσιών, αλλά παράλληλα μπορεί να δημιουργήσει νέες προκλήσεις και ανησυχίες που σχετίζονται με την ανθρώπινη αλληλεπίδραση, τις ανισότητες στην πρόσβαση και τις κοινωνικές αξίες. Ένα από τα βασικά κοινωνικά ζητήματα είναι η αλλαγή στη σχέση μεταξύ γιατρών και ασθενών. Η AI μπορεί να αυτοματοποιήσει πολλές διαδικασίες που μέχρι σήμερα βασίζονταν στη διαπροσωπική επαφή, όπως η διάγνωση και η παρακολούθηση της υγείας των ασθενών. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε μείωση της ανθρώπινης αλληλεπίδρασης, καθώς οι ασθενείς ενδέχεται να αλληλεπιδρούν περισσότερο με μηχανές παρά με γιατρούς. Παρότι η AI μπορεί να προσφέρει ακριβή και ταχύτατη φροντίδα, υπάρχει ο κίνδυνος να χαθεί η ανθρώπινη επαφή, η οποία είναι σημαντική για τη δημιουργία σχέσης εμπιστοσύνης και την ενσυναίσθηση που απαιτείται στην ιατρική πρακτική (Briganti & Le Moine, 2020).

Επιπλέον, η κοινωνική διάσταση της AI επηρεάζεται από τις ανισότητες στην πρόσβαση στην τεχνολογία. Οι χώρες και οι κοινότητες με περιορισμένους πόρους μπορεί να μην έχουν πρόσβαση στις εξελιγμένες τεχνολογίες AI που χρησιμοποιούνται σε ανεπτυγμένα υγειονομικά συστήματα. Αυτό ενδέχεται να διευρύνει το χάσμα μεταξύ πλούσιων και φτωχών περιοχών όσον αφορά την παροχή ποιοτικής υγειονομικής φροντίδας. Η ανισότητα στην πρόσβαση μπορεί επίσης να επηρεάσει ορισμένες ευάλωτες ομάδες, όπως οι ηλικιωμένοι, που μπορεί να δυσκολεύονται να υιοθετήσουν τις νέες τεχνολογίες ή να κατανοήσουν πώς να αλληλεπιδρούν με αυτές (Muehlematter et al., 2021).

Ένα άλλο σημαντικό ζήτημα είναι η κοινωνική αποδοχή της AI στην υγειονομική περίθαλψη. Παρά τα πλεονεκτήματα της τεχνολογίας, πολλοί ασθενείς μπορεί να είναι επιφυλακτικοί απέναντι στη χρήση της AI, λόγω ανησυχιών σχετικά με την ασφάλεια των δεδομένων τους, την ακρίβεια των διαγνώσεων και τον έλεγχο που διατηρούν στη θεραπεία τους. Οι κοινωνικές αξίες και οι αντιλήψεις σχετικά με την τεχνολογία μπορεί να επηρεάσουν την αποδοχή της AI, με αποτέλεσμα να χρειάζεται εκτεταμένη εκπαίδευση και ενημέρωση για να εξηγηθούν τα οφέλη και οι περιορισμοί της AI στο ευρύ κοινό (Rubinger et al., 2023).

Παράλληλα, η AI έχει τη δυνατότητα να προσφέρει σημαντικά κοινωνικά οφέλη, όπως η μείωση των γεωγραφικών ανισοτήτων στην πρόσβαση στην υγειονομική φροντίδα. Μέσω της τηλεϊατρικής και της ανάλυσης μεγάλων δεδομένων, η AI μπορεί να προσφέρει εξ αποστάσεως ιατρικές υπηρεσίες σε απομακρυσμένες περιοχές, επιτρέποντας στους ασθενείς να λαμβάνουν φροντίδα χωρίς να απαιτείται φυσική παρουσία σε μια ιατρική μονάδα. Επιπλέον, η AI μπορεί να βοηθήσει στην αντιμετώπιση των ελλείψεων σε ιατρικό προσωπικό, ενισχύοντας την ικανότητα των γιατρών να διαχειρίζονται μεγαλύτερο αριθμό ασθενών με την υποστήριξη τεχνολογίας (Ahmed et al., 2020).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

Μελλοντικές Προοπτικές και Κατευθύνσεις

Η ανάπτυξη της τεχνητής νοημοσύνης στην υγειονομική περίθαλψη προσφέρει σημαντικές μελλοντικές προοπτικές, με νέες τεχνολογίες να εμφανίζονται συνεχώς και να επηρεάζουν το μέλλον της ιατρικής πρακτικής. Οι προοπτικές αυτές αφορούν τη συνεχή εξέλιξη των τεχνολογιών AI, την ενσωμάτωσή τους στα υγειονομικά συστήματα και τις επιπτώσεις που θα έχουν στην ιατρική εκπαίδευση και την καθημερινή πρακτική των επαγγελματιών υγείας.

7.1 Η εξέλιξη της AI και νέες τεχνολογίες στην ιατρική

Η τεχνολογία AI αναμένεται να συνεχίσει να εξελίσσεται ταχέως, με σημαντικές προόδους που θα επηρεάσουν τη διάγνωση, τη θεραπεία και την πρόληψη ασθενειών. Η εξέλιξη των αλγορίθμων μηχανικής μάθησης και βαθιάς μάθησης θα επιτρέψει την περαιτέρω βελτίωση των διαγνωστικών συστημάτων, καθιστώντας τη διάγνωση πιο ακριβή και εξατομικευμένη. Οι αλγόριθμοι αυτοί θα είναι σε θέση να αναλύουν πιο πολύπλοκα και πολυδιάστατα δεδομένα, ενσωματώνοντας γενετικές πληροφορίες, ιατρικό ιστορικό και δεδομένα από φορητές συσκευές υγείας, προσφέροντας προσαρμοσμένες θεραπευτικές λύσεις (Noorbakhsh-Sabet et al., 2019).

Μια από τις πιο πολλά υποσχόμενες τεχνολογίες στην ιατρική είναι η χρήση της AI στην ανάλυση γενετικών δεδομένων για την ανάπτυξη εξατομικευμένης ιατρικής. Η AI θα επιτρέψει στους γιατρούς να αναλύουν γενετικές μεταλλάξεις και να προσαρμόζουν τις θεραπείες ανάλογα με τα γενετικά χαρακτηριστικά κάθε ασθενούς, βελτιώνοντας την αποτελεσματικότητα των θεραπειών και μειώνοντας τις ανεπιθύμητες ενέργειες. Αυτή η προσέγγιση της εξατομικευμένης ιατρικής αναμένεται να αλλάξει ριζικά τον τρόπο με τον οποίο οι γιατροί διαχειρίζονται ασθένειες, όπως ο καρκίνος και οι καρδιαγγειακές παθήσεις (Saxena, 2021).

Επιπλέον, οι τεχνολογίες ρομποτικής χειρουργικής που ενσωματώνουν AI θα εξελιχθούν, επιτρέποντας την εκτέλεση πιο πολύπλοκων επεμβάσεων με μεγαλύτερη ακρίβεια και λιγότερη παρεμβατικότητα. Τα συστήματα AI που χρησιμοποιούνται στη

ρομποτική χειρουργική θα συνεχίσουν να βελτιώνονται, προσφέροντας στους χειρουργούς τη δυνατότητα να πραγματοποιούν ελάχιστα επεμβατικές επεμβάσεις με τη βοήθεια τεχνολογιών που βασίζονται σε αναλύσεις σε πραγματικό χρόνο. Αυτή η εξέλιξη θα οδηγήσει σε ταχύτερη ανάρρωση των ασθενών, λιγότερες επιπλοκές και βελτιωμένη ποιότητα ζωής μετά από τις επεμβάσεις (Rubinger et al., 2023).

Η τεχνητή νοημοσύνη αναμένεται επίσης να επεκταθεί σε νέους τομείς της υγειονομικής περίθαλψης, όπως η πρόληψη ασθενειών. Μέσω της ανάλυσης μεγάλων συνόλων δεδομένων, η AI μπορεί να εντοπίσει πρότυπα και τάσεις που υποδεικνύουν την πιθανότητα εμφάνισης ασθενειών προτού εμφανιστούν τα συμπτώματα. Αυτή η προσέγγιση της προληπτικής ιατρικής θα επιτρέψει στους γιατρούς να λαμβάνουν προληπτικά μέτρα για την αποτροπή της εμφάνισης σοβαρών ασθενειών, μειώνοντας τη νοσηρότητα και τα κόστη για τα συστήματα υγείας (Ahmed et al., 2020). Η χρήση της AI για τη βελτίωση της αποδοτικότητας των συστημάτων υγείας είναι ένα άλλο σημαντικό σημείο προοπτικής. Τα υγειονομικά συστήματα που βασίζονται σε τεχνολογίες AI θα μπορούν να διαχειρίζονται καλύτερα τους πόρους τους, βελτιώνοντας τη ροή των ασθενών και μειώνοντας τις περιττές δαπάνες. Οι αλγόριθμοι AI μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη διαχείριση των νοσοκομειακών κλινών, τη βελτιστοποίηση των διαδικασιών χειρουργείων και τη μείωση των χρόνων αναμονής, βελτιώνοντας έτσι την ποιότητα της παρεχόμενης φροντίδας (Briganti & Le Moine, 2020).

Εκτός από τις υπάρχουσες τεχνολογίες, νέες και καινοτόμες τεχνολογίες αναμένεται να αναδυθούν, όπως η συνδυασμένη χρήση της επαυξημένης πραγματικότητας (AR) και της τεχνητής νοημοσύνης για την εκπαίδευση των γιατρών και τη βελτίωση των χειρουργικών επεμβάσεων. Η επαυξημένη πραγματικότητα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία τρισδιάστατων απεικονίσεων των ανατομικών δομών του ασθενούς, ενώ η AI μπορεί να αναλύσει δεδομένα σε πραγματικό χρόνο και να προσφέρει κατευθύνσεις στους χειρουργούς κατά τη διάρκεια της επέμβασης. Αυτή η συνδυασμένη χρήση τεχνολογιών αναμένεται να βελτιώσει την ασφάλεια και την ακρίβεια των επεμβάσεων (Panch et al., 2018). Η εξέλιξη της AI στην ιατρική δεν θα περιοριστεί μόνο στην τεχνολογία. Η ενσωμάτωση της AI θα αλλάξει τον τρόπο με τον οποίο εκπαιδεύονται οι γιατροί και οι επαγγελματίες υγείας. Η AI θα χρησιμοποιηθεί ως εργαλείο εκπαίδευσης, παρέχοντας στους φοιτητές ιατρικής τη δυνατότητα να συμμετέχουν σε προσομοιώσεις και να λαμβάνουν ανατροφοδότηση σε πραγματικό χρόνο σχετικά με τις επιδόσεις τους. Αυτή η τεχνολογία θα προσφέρει νέους

τρόπους εκπαίδευσης και ανάπτυξης των δεξιοτήτων των επαγγελματιών υγείας, βελτιώνοντας την ικανότητά τους να προσαρμόζονται στις νέες προκλήσεις της ιατρικής πρακτικής (Saxena, 2021).

Η τεχνητή νοημοσύνη στην υγειονομική περίθαλψη έχει φέρει σημαντικές αλλαγές, προσφέροντας νέες δυνατότητες στη διάγνωση, τη θεραπεία και την πρόληψη ασθενειών. Η κοινωνική διάσταση της AI θέτει προκλήσεις που σχετίζονται με την πρόσβαση στην τεχνολογία, την αλλαγή στη σχέση γιατρού-ασθενούς και την αποδοχή της τεχνολογίας από την κοινωνία. Οι μελλοντικές προοπτικές της AI στην ιατρική περιλαμβάνουν την εξέλιξη των υπαρχόντων τεχνολογιών και την ανάπτυξη νέων εργαλείων που θα βελτιώσουν την αποτελεσματικότητα των συστημάτων υγείας και θα προσφέρουν εξατομικευμένη φροντίδα. Η AI αναμένεται να συνεχίσει να αλλάζει το τοπίο της ιατρικής, προσφέροντας πιο ακριβείς, ταχύτερες και οικονομικότερες λύσεις για τους ασθενείς και τα υγειονομικά συστήματα.

7.2 Η ενσωμάτωση AI σε παγκόσμια υγειονομικά συστήματα

Η ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης (AI) στα παγκόσμια υγειονομικά συστήματα αποτελεί μια από τις μεγαλύτερες προκλήσεις αλλά και ευκαιρίες για την παγκόσμια υγεία. Η AI έχει τη δυνατότητα να βελτιώσει την ποιότητα των ιατρικών υπηρεσιών, να μειώσει τα κόστη και να προσφέρει ευρύτερη πρόσβαση σε εξειδικευμένες ιατρικές γνώσεις. Η εφαρμογή της AI, ωστόσο, δεν είναι ομοιόμορφη παγκοσμίως, και υπάρχουν σημαντικές διαφορές στην υιοθέτηση της τεχνολογίας μεταξύ των ανεπτυγμένων και αναπτυσσόμενων χωρών.

Στα ανεπτυγμένα υγειονομικά συστήματα, η AI χρησιμοποιείται ήδη ευρέως για τη βελτίωση της διάγνωσης, της θεραπείας και της διαχείρισης ασθενειών. Τα συστήματα υγείας σε χώρες όπως οι Ηνωμένες Πολιτείες, η Γερμανία και η Ιαπωνία επενδύουν σε συστήματα AI για την αυτοματοποίηση διαδικασιών, τη βελτίωση της ακρίβειας των διαγνωστικών εξετάσεων και τη διαχείριση των δεδομένων των ασθενών. Σε αυτά τα συστήματα, η AI ενισχύει τις δυνατότητες των γιατρών και βελτιώνει την αποτελεσματικότητα της παροχής φροντίδας, ενώ η επένδυση στην τεχνολογία υποστηρίζεται από αυστηρά ρυθμιστικά πλαίσια που εξασφαλίζουν την ασφάλεια και την ποιότητα των υπηρεσιών (Briganti & Le Moine, 2020).

Αντίθετα, στα υγειονομικά συστήματα των αναπτυσσόμενων χωρών, η ενσωμάτωση της AI παραμένει περιορισμένη λόγω της έλλειψης υποδομών, της περιορισμένης πρόσβασης σε τεχνολογία και της έλλειψης επαρκών πόρων. Πολλές χώρες δυσκολεύονται να εφαρμόσουν ακόμη και βασικές ιατρικές τεχνολογίες, γεγονός που περιορίζει την ικανότητά τους να ενσωματώσουν προηγμένες λύσεις AI. Παρά τις δυσκολίες αυτές, η AI προσφέρει σημαντικές δυνατότητες για την παροχή εξ αποστάσεως ιατρικών υπηρεσιών και την ανάλυση δεδομένων σε περιοχές με έλλειψη προσωπικού και εξοπλισμού. Τεχνολογίες τηλεϊατρικής που βασίζονται στην AI μπορούν να βελτιώσουν την πρόσβαση σε ιατρικές υπηρεσίες σε απομακρυσμένες περιοχές, μειώνοντας τις γεωγραφικές ανισότητες στην παροχή υγειονομικής φροντίδας (Ahmed et al., 2020).

Ένα σημαντικό εμπόδιο στην παγκόσμια ενσωμάτωση της AI είναι η διαφορετική ρυθμιστική προσέγγιση που ακολουθούν οι διάφορες χώρες. Οι κανονισμοί για τη χρήση της AI στην υγειονομική περίθαλψη διαφέρουν από χώρα σε χώρα, γεγονός που καθιστά δύσκολη την παγκόσμια υιοθέτηση κοινών προτύπων. Για την επιτυχή ενσωμάτωση της AI σε παγκόσμια κλίμακα, είναι απαραίτητη η διεθνής συνεργασία και η ανάπτυξη κοινών ρυθμιστικών πλαισίων που θα επιτρέψουν την ασφαλή και αποτελεσματική χρήση της τεχνολογίας σε διαφορετικά υγειονομικά συστήματα (Panch et al., 2018).

Τέλος, η ενσωμάτωση της AI σε παγκόσμια κλίμακα απαιτεί τη συνεχή εκπαίδευση των επαγγελματιών υγείας στην τεχνολογία και την ανάπτυξη πολιτικών που προωθούν την ισότιμη πρόσβαση σε υγειονομικές υπηρεσίες. Είναι σημαντικό να διασφαλιστεί ότι τα οφέλη της AI δεν περιορίζονται μόνο σε χώρες με προηγμένα συστήματα υγείας, αλλά επεκτείνονται και σε αναπτυσσόμενες περιοχές, μειώνοντας τις υγειονομικές ανισότητες σε παγκόσμια κλίμακα.

7.3 Πιθανές συνέπειες και τάσεις στην ιατρική πρακτική

Η είσοδος της AI στην ιατρική πρακτική έχει ήδη αρχίσει να αλλάζει τον τρόπο με τον οποίο λειτουργεί η υγειονομική περίθαλψη, και οι συνέπειες αυτής της αλλαγής θα είναι βαθιές τα επόμενα χρόνια. Μια από τις πιο άμεσες συνέπειες της AI στην ιατρική είναι η ενίσχυση της ακρίβειας στη διάγνωση και τη θεραπεία. Οι αλγόριθμοι AI μπορούν να επεξεργαστούν τεράστιους όγκους δεδομένων, να εντοπίσουν πρότυπα και να προσφέρουν ακριβείς διαγνώσεις με ταχύτητα που ξεπερνά αυτή των ανθρώπων. Αυτό μπορεί να

οδηγήσει σε έγκαιρη ανίχνευση ασθενειών, όπως ο καρκίνος, και σε πιο αποτελεσματικές θεραπευτικές παρεμβάσεις (Rubinger et al., 2023).

Μια άλλη πιθανή συνέπεια της χρήσης της AI στην ιατρική είναι η αλλαγή του ρόλου των επαγγελματιών υγείας. Οι γιατροί και οι νοσηλευτές θα κληθούν να συνεργαστούν στενότερα με τα συστήματα AI, υιοθετώντας έναν ρόλο «επόπτη» των αλγορίθμων. Αυτό θα απαιτήσει μια αλλαγή στη φύση της ιατρικής πρακτικής, όπου οι γιατροί θα χρειάζεται να κατανοούν όχι μόνο την κλινική επιστήμη, αλλά και τις τεχνολογίες AI, προκειμένου να αξιοποιούν πλήρως τα οφέλη της τεχνολογίας. Η AI δεν πρόκειται να αντικαταστήσει τους γιατρούς, αλλά θα λειτουργήσει ως εργαλείο που θα ενισχύσει τις δυνατότητές τους, αυξάνοντας την αποδοτικότητα και την ακρίβεια της ιατρικής φροντίδας (Briganti & Le Moine, 2020).

Επιπλέον, η AI θα αλλάξει τον τρόπο με τον οποίο γίνεται η ανάλυση και η διαχείριση των ιατρικών δεδομένων. Οι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης θα είναι σε θέση να επεξεργάζονται μεγάλα σύνολα δεδομένων από διαφορετικές πηγές, όπως γενετικά δεδομένα, απεικονιστικές εξετάσεις και δεδομένα από ηλεκτρονικούς φακέλους υγείας. Αυτό θα επιτρέψει στους γιατρούς να λαμβάνουν πιο τεκμηριωμένες αποφάσεις και να αναπτύσσουν εξατομικευμένες θεραπείες για κάθε ασθενή. Ωστόσο, αυτή η αυξημένη χρήση δεδομένων δημιουργεί επίσης ανησυχίες σχετικά με την ιδιωτικότητα και την ασφάλεια των πληροφοριών, καθώς και τον κίνδυνο παραβίασης των προσωπικών δεδομένων των ασθενών (Muehlematter et al., 2021).

Μια από τις κύριες τάσεις που αναμένεται να ενισχυθεί τα επόμενα χρόνια είναι η εξατομικευμένη ιατρική, όπου η AI θα παίζει κεντρικό ρόλο στην ανάλυση των γενετικών και κλινικών χαρακτηριστικών των ασθενών για την προσαρμογή των θεραπειών στις ατομικές τους ανάγκες. Η χρήση της AI σε συνδυασμό με την ανάλυση μεγάλων δεδομένων θα επιτρέψει την ανάπτυξη νέων θεραπειών και την πρόληψη ασθενειών με τρόπους που δεν ήταν δυνατοί στο παρελθόν (Saxena, 2021). Παράλληλα, η ρομποτική χειρουργική και η χρήση επαυξημένης πραγματικότητας (AR) σε συνδυασμό με την AI αναμένεται να βελτιώσει σημαντικά την ακρίβεια των χειρουργικών επεμβάσεων. Οι χειρουργοί θα μπορούν να χρησιμοποιούν συστήματα AI για να λαμβάνουν πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο κατά τη διάρκεια των επεμβάσεων, βελτιώνοντας την ασφάλεια των διαδικασιών και μειώνοντας τους κινδύνους για τους ασθενείς. Αυτή η νέα τάση θα επηρεάσει σημαντικά τον

τρόπο με τον οποίο πραγματοποιούνται οι επεμβάσεις, ενισχύοντας τη συνεργασία μεταξύ χειρουργών και τεχνολογίας (Ahmed et al., 2020).

7.4 Η διαχείριση της AI στον τομέα της ιατρικής εκπαίδευσης

Η ταχεία εξέλιξη της AI απαιτεί την προσαρμογή των συστημάτων ιατρικής εκπαίδευσης, προκειμένου οι νέοι γιατροί και οι επαγγελματίες υγείας να είναι εξοπλισμένοι με τις γνώσεις και τις δεξιότητες που απαιτούνται για να συνεργάζονται αποτελεσματικά με την τεχνολογία. Η ενσωμάτωση της AI στην ιατρική εκπαίδευση είναι απαραίτητη, καθώς οι μελλοντικοί γιατροί θα πρέπει να είναι σε θέση να κατανοούν πώς λειτουργούν τα συστήματα AI, πώς να τα χρησιμοποιούν για τη λήψη κλινικών αποφάσεων και πώς να αξιολογούν τα αποτελέσματά τους.

Μια από τις πρώτες αλλαγές στην ιατρική εκπαίδευση είναι η εισαγωγή της εκπαίδευσης στην επιστήμη των δεδομένων και την AI στα προγράμματα σπουδών των ιατρικών σχολών. Οι φοιτητές ιατρικής θα πρέπει να αποκτήσουν βασικές γνώσεις στις αρχές της μηχανικής μάθησης και της ανάλυσης δεδομένων, προκειμένου να κατανοούν πώς οι αλγόριθμοι λειτουργούν και πώς μπορούν να συμβάλουν στη βελτίωση της κλινικής πρακτικής. Επιπλέον, η εκπαίδευση στη χρήση των συστημάτων AI για διαγνωστικούς και θεραπευτικούς σκοπούς θα πρέπει να είναι πρακτική και να περιλαμβάνει τη χρήση εργαλείων AI σε προσομοιώσεις και κλινικά σενάρια (Noorbakhsh-Sabet et al., 2019).

Η ιατρική εκπαίδευση θα πρέπει επίσης να επικεντρώνεται στην ανάπτυξη κριτικής σκέψης και ικανότητας ερμηνείας των αποτελεσμάτων της AI. Οι γιατροί θα πρέπει να είναι σε θέση να κρίνουν πότε να βασίζονται στις προβλέψεις της AI και πότε να χρησιμοποιούν την κλινική τους κρίση για να αμφισβητήσουν τα αποτελέσματα των αλγορίθμων. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό σε περιπτώσεις όπου η AI μπορεί να παρουσιάσει ανακρίβειες ή να οδηγήσει σε λανθασμένες αποφάσεις λόγω προβλημάτων στην ποιότητα των δεδομένων (Briganti & Le Moine, 2020). Επιπλέον, η ενσωμάτωση της AI στην ιατρική εκπαίδευση απαιτεί επίσης την εκπαίδευση των καθηγητών και των κλινικών εκπαιδευτών. Οι εκπαιδευτές θα πρέπει να είναι εξοικειωμένοι με τις τεχνολογίες AI και να είναι σε θέση να διδάσκουν τους φοιτητές πώς να τις χρησιμοποιούν με ασφάλεια και αποτελεσματικότητα. Η διαρκής επιμόρφωση των επαγγελματιών υγείας στην AI θα είναι επίσης απαραίτητη, καθώς η τεχνολογία συνεχίζει να εξελίσσεται και να προσφέρει νέες δυνατότητες (Saxena, 2021).

Τέλος, η εκπαίδευση στη χρήση της AI δεν περιορίζεται μόνο στους γιατρούς, αλλά πρέπει να περιλαμβάνει και άλλους επαγγελματίες υγείας, όπως νοσηλευτές, φαρμακοποιούς και διοικητικά στελέχη νοσοκομείων. Η επιτυχής ενσωμάτωση της AI στον τομέα της υγείας απαιτεί συνεργασία από όλο το φάσμα των επαγγελματιών υγείας, ώστε όλοι να μπορούν να συμβάλουν στη βελτίωση της παροχής φροντίδας μέσω της τεχνολογίας.

Η ενσωμάτωση της AI στα παγκόσμια υγειονομικά συστήματα, οι συνέπειες στην ιατρική πρακτική και η διαχείριση της AI στην ιατρική εκπαίδευση αποτελούν σημαντικούς τομείς που θα καθορίσουν το μέλλον της υγειονομικής φροντίδας. Η AI αναμένεται να βελτιώσει την ποιότητα της φροντίδας, να μειώσει τις ανισότητες και να ενισχύσει την αποδοτικότητα των συστημάτων υγείας. Ωστόσο, η επιτυχής ενσωμάτωση της AI απαιτεί τη συνεργασία των επαγγελματιών υγείας, την προσαρμογή των συστημάτων εκπαίδευσης και την ανάπτυξη ρυθμιστικών πλαισίων που θα διασφαλίζουν την ασφάλεια και την ηθική χρήση της τεχνολογίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

Συμπεράσματα

Η τεχνητή νοημοσύνη (AI) έχει πλέον εδραιωθεί ως μια από τις πιο καινοτόμες τεχνολογίες στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης, με τη δυναμική να αλλάξει δραματικά τον τρόπο που ασκείται η ιατρική και παρέχεται φροντίδα στους ασθενείς. Τα συστήματα AI έχουν ήδη αρχίσει να ενσωματώνονται στην καθημερινή ιατρική πρακτική, επιτρέποντας στους γιατρούς να αξιοποιούν μεγάλους όγκους δεδομένων με ταχύτητα και ακρίβεια που δεν ήταν προηγουμένως δυνατή. Αυτό έχει θετικές επιπτώσεις τόσο στην πρόληψη όσο και στη διάγνωση και τη θεραπεία πολλών ασθενειών, ενώ ανοίγει νέες δυνατότητες για τη δημιουργία πιο εξατομικευμένων και αποτελεσματικών θεραπευτικών προσεγγίσεων.

Μία από τις σημαντικότερες συμβολές της AI είναι η βελτίωση της ακρίβειας στη διάγνωση. Αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης, βαθιάς μάθησης και ανάλυσης εικόνων επιτρέπουν την ανίχνευση παθήσεων με μεγαλύτερη ευαισθησία και ακρίβεια από ποτέ. Για παράδειγμα, η χρήση της AI στην ανάλυση ιατρικών εικόνων, όπως οι αξονικές τομογραφίες και οι μαγνητικές τομογραφίες, έχει αποδειχθεί πολύτιμη στην έγκαιρη διάγνωση ασθενειών όπως ο καρκίνος, οι καρδιαγγειακές παθήσεις και οι νευροεκφυλιστικές ασθένειες. Αυτή η τεχνολογία δίνει τη δυνατότητα στους γιατρούς να αναγνωρίζουν παθολογικά σημεία σε πολύ πρώιμα στάδια, γεγονός που αυξάνει τις πιθανότητες επιτυχούς θεραπείας και βελτιώνει τα ποσοστά επιβίωσης.

Παράλληλα, η τεχνητή νοημοσύνη έχει ενισχύσει σημαντικά την εξατομικευμένη ιατρική. Η ανάλυση μεγάλων ποσοτήτων δεδομένων, όπως τα γενετικά δεδομένα, τα δεδομένα από ηλεκτρονικούς φακέλους υγείας και οι πληροφορίες από φορητές συσκευές παρακολούθησης υγείας, επιτρέπει την ανάπτυξη θεραπευτικών προσεγγίσεων που είναι ειδικά προσαρμοσμένες στις ανάγκες κάθε ασθενούς. Η δυνατότητα αυτή επιτρέπει στους γιατρούς να σχεδιάζουν θεραπείες που λαμβάνουν υπόψη τα μοναδικά χαρακτηριστικά του κάθε ασθενούς, βελτιώνοντας έτσι τα αποτελέσματα της θεραπείας και μειώνοντας τις πιθανότητες παρενεργειών. Ένα από τα πλέον επαναστατικά στοιχεία της AI είναι η εφαρμογή της στη ρομποτική χειρουργική, η οποία έχει βελτιώσει δραματικά την ακρίβεια και την αποτελεσματικότητα των χειρουργικών επεμβάσεων. Η ρομποτική χειρουργική επιτρέπει στους χειρουργούς να εκτελούν πολύπλοκες επεμβάσεις μέσω μικρών τομών,

χρησιμοποιώντας ρομποτικούς βραχίονες που ελέγχονται με εξαιρετική ακρίβεια. Αυτό μειώνει τον χρόνο ανάρρωσης των ασθενών, ελαχιστοποιεί τον κίνδυνο λοιμώξεων και άλλων επιπλοκών, και βελτιώνει τη συνολική εμπειρία της χειρουργικής διαδικασίας.

Ένα άλλο μεγάλο όφελος της τεχνητής νοημοσύνης στην υγειονομική περίθαλψη είναι η αυτοματοποίηση πολλών διαδικασιών που προηγουμένως απαιτούσαν ανθρώπινη εργασία. Από την ανάλυση δεδομένων ιατρικών φακέλων έως τη διαχείριση φαρμάκων και την παρακολούθηση ασθενών, η AI έχει βελτιώσει την αποδοτικότητα των συστημάτων υγείας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του λειτουργικού κόστους, την αύξηση της παραγωγικότητας και την ελάφρυνση του φόρτου εργασίας των ιατρών και του προσωπικού, που μπορούν πλέον να επικεντρωθούν σε πιο κρίσιμα και πολύπλοκα θέματα της φροντίδας των ασθενών.

Επιπλέον, η τεχνητή νοημοσύνη έχει αναπτύξει εφαρμογές στην ανάλυση ηλεκτρονικών φακέλων υγείας, βοηθώντας τους γιατρούς να αντλούν κρίσιμες πληροφορίες γρήγορα και αποτελεσματικά. Η AI μπορεί να ανιχνεύσει ανωμαλίες στα δεδομένα των ασθενών, να προτείνει διαγνωστικές εξετάσεις ή ακόμα και να υποδείξει προληπτικά μέτρα που θα μπορούσαν να αποτρέψουν την εμφάνιση σοβαρών ασθενειών. Με αυτόν τον τρόπο, οι γιατροί μπορούν να λαμβάνουν πιο τεκμηριωμένες αποφάσεις και να προσφέρουν καλύτερη φροντίδα στους ασθενείς.

Ωστόσο, παρά τα αδιαμφισβήτητα πλεονεκτήματα της AI, υπάρχουν και προκλήσεις που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την ενσωμάτωση της τεχνολογίας στα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης. Ένα από τα μεγαλύτερα ζητήματα είναι η ηθική και νομική διάσταση της χρήσης της AI. Οι αλγόριθμοι AI συχνά λειτουργούν ως «μαύρα κουτιά», με τους χρήστες να μην είναι πάντα σε θέση να κατανοήσουν πώς λαμβάνονται οι αποφάσεις από τα συστήματα. Αυτό δημιουργεί ανησυχίες σχετικά με τη διαφάνεια, την ερμηνευσιμότητα των αποφάσεων και τη λογοδοσία σε περίπτωση σφάλματος. Η ανάπτυξη εξηγήσιμων AI συστημάτων και η θέσπιση κατάλληλων νομικών πλαισίων είναι απαραίτητες για την αντιμετώπιση αυτών των ζητημάτων.

Επιπλέον, η προστασία της ιδιωτικότητας των ασθενών και η ασφάλεια των προσωπικών δεδομένων είναι κρίσιμα ζητήματα. Η AI βασίζεται στην ανάλυση μεγάλων ποσοτήτων δεδομένων, πολλά από τα οποία περιέχουν ευαίσθητες πληροφορίες για την υγεία των ασθενών. Η διαχείριση αυτών των δεδομένων πρέπει να γίνεται με τρόπο που να διασφαλίζει την προστασία της ιδιωτικότητας και να αποτρέπει την ανεξέλεγκτη χρήση ή την

παραβίαση τους. Η διαφάνεια στη χρήση των δεδομένων και η συμμόρφωση με τους νόμους περί προστασίας των προσωπικών δεδομένων είναι απαραίτητες για την οικοδόμηση εμπιστοσύνης μεταξύ ασθενών και παρόχων υγειονομικής φροντίδας. Ακόμα μία σημαντική πρόκληση είναι η εκπαίδευση των επαγγελματιών υγείας στη χρήση της AI. Η επιτυχημένη ενσωμάτωση της τεχνολογίας στην ιατρική απαιτεί από τους γιατρούς και τους υπόλοιπους επαγγελματίες υγείας να κατανοούν πώς λειτουργούν τα συστήματα AI και πώς να τα χρησιμοποιούν αποτελεσματικά στην καθημερινή τους πρακτική. Η ιατρική εκπαίδευση πρέπει να προσαρμοστεί για να περιλαμβάνει μαθήματα που αφορούν την τεχνητή νοημοσύνη, την ανάλυση δεδομένων και τη συνεργασία με τεχνολογίες αιχμής. Η εκπαίδευση αυτή είναι απαραίτητη για την προσαρμογή στις νέες τεχνολογικές απαιτήσεις της σύγχρονης υγειονομικής φροντίδας.

Τέλος, η AI προσφέρει μεγάλες δυνατότητες για τη μελλοντική ανάπτυξη και βελτίωση της υγειονομικής περίθαλψης. Με τη συνεχή εξέλιξη των αλγορίθμων μηχανικής μάθησης και βαθιάς μάθησης, η τεχνητή νοημοσύνη θα συνεχίσει να προσφέρει νέες λύσεις για την ανάλυση δεδομένων, την πρόγνωση ασθενειών και την ανάπτυξη εξατομικευμένων θεραπειών. Η συνδυασμένη χρήση της AI με άλλες τεχνολογίες αιχμής, όπως η επαυξημένη πραγματικότητα και η ανάλυση μεγάλων δεδομένων, θα προσφέρει νέες ευκαιρίες για την ανάπτυξη καινοτόμων θεραπευτικών προσεγγίσεων.

Η AI στην υγειονομική περίθαλψη έχει ανοίξει νέους δρόμους για την πρόοδο της ιατρικής, βελτιώνοντας την ποιότητα της φροντίδας, την αποτελεσματικότητα των συστημάτων και την πρόσβαση των ασθενών σε εξειδικευμένες θεραπείες. Παρά τις προκλήσεις που συνοδεύουν την υιοθέτησή της, τα οφέλη που προσφέρει η τεχνητή νοημοσύνη είναι τεράστια και έχουν τη δυνατότητα να αλλάξουν ριζικά τον τρόπο με τον οποίο ασκείται η ιατρική στο μέλλον. Η συνεχής εξέλιξη της τεχνολογίας και η προσαρμογή των νομικών και ηθικών πλαισίων θα επιτρέψουν στην AI να ενσωματωθεί πλήρως στα συστήματα υγείας, προσφέροντας βελτιωμένες υπηρεσίες και καλύτερα αποτελέσματα για τους ασθενείς σε παγκόσμιο επίπεδο.

Βιβλιογραφία

Ahmed, Z., Mohamed, K., Zeeshan, S., & Dong, X. (2020). Artificial intelligence with multi-functional machine learning platform development for better healthcare and precision medicine. *Database*, *2020*, baaa010.

Al-Antari M. A. (2023). Artificial Intelligence for Medical Diagnostics—Existing and Future AI Technology! *Diagnostics (Basel), 13(4),688*

Al Kuwaiti, A., Nazer, K., Al-Reedy, A., Al-Shehri, S., Al-Muhanna, A., Subbarayalu, A. V., ... & Al-Muhanna, F. A. (2023). A review of the role of artificial intelligence in healthcare. *Journal of personalized medicine*, *13*(6), 951.

Alsuliman, T., Humaidan, D., & Sliman, L. (2020). Machine learning and artificial intelligence in the service of medicine: Necessity or potentiality?. *Current research in translational medicine*, *68*(4), 245-251.

Barragán-Montero, A., Javaid, U., Valdés, G., Nguyen, D., Desbordes, P., Macq, B., ... & Lee, J. A. (2021). Artificial intelligence and machine learning for medical imaging: A technology review. *Physica Medica*, *83*, 242-256.

Blanco-González A., Cabezón A., Seco-González A., Conde-Torres D., Antelo-Riveiro P., Piñeiro A., Garcia-Fandino R. (2023). The Role of AI in Drug Discovery: Challenges, Opportunities, and Strategies. *Pharmaceuticals (Basel), 16(6),* 891.

Briganti, G., & Le Moine, O. (2020). Artificial intelligence in medicine: today and tomorrow. *Frontiers in medicine*, *7*, 509744.

Chen, H. (2023). Application progress of artificial intelligence and augmented reality in orthopaedic arthroscopy surgery. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research, 18, 775*

Dhahri H., Maghayreh E. A., Mahmood A., Elkilani W., Nagi M. F. (2019). Automated Breast Cancer Diagnosis Based on Machine Learning Algorithms. *Journal of Healthcare Engineering, 4253641*

Du Q., Wang D., Zhang Y. (2024). The role of artificial intelligence in disease prediction: using ensemble model to predict disease mellitus. *Sec. Healthcare Professions Education, 11*

Helm, J. M., Swiergosz, A. M., Haeberle, H. S., Karnuta, J. M., Schaffer, J. L., Krebs, V. E., ... & Ramkumar, P. N. (2020). Machine learning and artificial intelligence: definitions, applications, and future directions. *Current reviews in musculoskeletal medicine*, *13*, 69-76.

Husnain, A., Hussain, H. K., Shahroz, H. M., Ali, M., & Hayat, Y. (2024). Advancements in Health through Artificial Intelligence and Machine Learning: A Focus on Brain Health. *Revista Espanola de Documentacion Cientifica*, *18*(01), 100-123.

Jiang, F., Jiang, Y., Zhi, H., Dong, Y., Li, H., Ma, S., ... & Wang, Y. (2017). Artificial intelligence in healthcare: past, present and future. *Stroke and vascular neurology*, *2*(4).

Jones, L. D., Golan, D., Hanna, S. A., & Ramachandran, M. (2018). Artificial intelligence, machine learning and the evolution of healthcare: A bright future or cause for concern?. *Bone & joint research*, *7*(3), 223-225.

Khalifa M. & Albadawy, M. (2024). AI in diagnostic imaging: Revolutionising accuracy and efficiency. *Computer Methods and Programs in Biomedicine Update, 5, 100146*

Kilic, A. (2020). Artificial intelligence and machine learning in cardiovascular health care. *The Annals of thoracic surgery*, *109*(5), 1323-1329.

Knudsen J. E., Ghaffar U., Ma R., Hung A. J. (2024). Clinical applications of artificial intelligence in robotic surgery. *Journal of Robotic Surgery, 18(1),* 102

Korteling, J. H., van de Boer-Visschedijk, G. C., Blankendaal, R. A., Boonekamp, R. C., & Eikelboom, A. R. (2021). Human-versus artificial intelligence. *Frontiers in artificial intelligence*, *4*, 622364.

Koteluk, O., Wartecki, A., Mazurek, S., Kołodziejczak, I., & Mackiewicz, A. (2021). How do machines learn? artificial intelligence as a new era in medicine. *Journal of Personalized Medicine*, *11*(1), 32.

Liao J., Li X., Gan Y., Han S., Rong P., Wang W., Li W., Zhou L. (2023). Artificial intelligence assists precision medicine in cancer treatment. *Frontiers in Oncology, 12,* 998222.

Liow M. H. L., Chin P. L., Pang H. N., Tay D. K., Yeo S. J. (2017). THINK surgical TSolution-One® (Robodoc) total knee arthroplasty. *SICOT J., 3(63).*

Mekov, E., Miravitlles, M., & Petkov, R. (2020). Artificial intelligence and machine learning in respiratory medicine. *Expert review of respiratory medicine*, *14*(6), 559-564.

Muehlematter, U. J., Daniore, P., & Vokinger, K. N. (2021). Approval of artificial intelligence and machine learning-based medical devices in the USA and Europe (2015–20): a comparative analysis. *The Lancet Digital Health*, *3*(3), e195-e203.

Noorbakhsh-Sabet, N., Zand, R., Zhang, Y., & Abedi, V. (2019). Artificial intelligence transforms the future of health care. *The American journal of medicine*, *132*(7), 795-801.

Ozonze O., Scott P. J., Hopgood A. A. (2023). Automating Electronic Health Record Data Quality Assessment. *J Med Syst, 47(1).*

Panch, T., Szolovits, P., & Atun, R. (2018). Artificial intelligence, machine learning and health systems.

Panesar, A., & Panesar, H. (2021). Artificial intelligence and machine learning in global healthcare. In *Handbook of Global Health* (pp. 1775-1813). Cham: Springer International Publishing.

Park, C. W., Seo, S. W., Kang, N., Ko, B., Choi, B. W., Park, C. M., ... & Yoon, H. J. (2020). Artificial intelligence in health care: current applications and issues. *Journal of Korean medical science*, *35*(42).

Pinto-Coelho, L. (2023). How Artificial Intelligence Is Shaping Medical Imaging Technology: A Survey of Innovations and Applications. *Bioengineering (Basel), 10(12),*1435.

Rodríguez, F. A. R., Flores, L. G., & Vitón-Castillo, A. A. (2022, September). Artificial intelligence and machine learning: present and future applications in health sciences. In *Seminars in Medical Writing and Education* (Vol. 1, pp. 9-9).

Romero-Gameros C. A., Gonzales-Virla B., Vargas-Ortega G., Sosa-Eroza E., Rendón-Macías M., Balcázar-Hernández L. J., Mercado M., Velasco-Cortes N., Rodea-Ávila C. A., Flores-Robles L., Lorenzana-Hernández J. A. (2023). Efficiency and Safety of CyberKnife Robotic Radiosurgery in the Multimodal Management of Patients with Acromegaly. *Cancers*, *15(5)*, 1438.

Rozario, M., Zainuddin, A. A., & Gamage, S. A. (2021). Artificial intelligence and machine learning in the healthcare sector: a review. *Malaysian Journal of Science and Advanced Technology*, 89-96.

Rubinger, L., Gazendam, A., Ekhtiari, S., & Bhandari, M. (2023). Machine learning and artificial intelligence in research and healthcare. *Injury*, *54*, S69-S73.

Sahu, M., Gupta, R., Ambasta, R. K., & Kumar, P. (2022). Artificial intelligence and machine learning in precision medicine: A paradigm shift in big data analysis. *Progress in molecular biology and translational science*, *190*(1), 57-100.

Saxena, A. (2021). *Artificial intelligence and machine learning in healthcare*. S. Chandra (Ed.). Singapore: Springer.

Stefanicka-Wojtas D. & Kurpas, D. (2023). Personalised Medicine—Implementation to the Healthcare System in Europe (Focus Group Discussions). *Journal of Personalized Medicine, 13(3),* 380.

Stewart, J., Sprivulis, P., & Dwivedi, G. (2018). Artificial intelligence and machine learning in emergency medicine. *Emergency Medicine Australasia*, *30*(6), 870-874.

Suwinski P., Ong C., Ling M. H. T., Poh Y. M., Khan A. M., Ong H. S. (2019, 02 12). Advancing Personalized Medicine Through the Application of Whole Exome Sequencing and Big Data Analytics. *Frontiers in Genetics, 10(49)*.

Zhang, C., & Lu, Y. (2021). Study on artificial intelligence: The state of the art and future prospects. *Journal of Industrial Information Integration*, *23*, 100224.