



ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ & ΤΜΗΜΑ ΝΟΣΗΛΕΥΤΙΚΗΣ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΔΕΟΝΤΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΗΘΙΚΗ ΣΤΙΣ ΒΙΟΪΑΤΡΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ



Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

***" Ο ρόλος της τεχνητής νοημοσύνης και της τηλεϊατρικής
στην εξέλιξη της Οφθαλμολογίας "***

υπό

ΠΕΤΡΟΥ ΤΖΙΟΛΑ

Ειδικευόμενου Οφθαλμολογίας

Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των
απαιτήσεων για την απόκτηση του
Διπλώματος Μεταπτυχιακών Σπουδών
«Δεοντολογία και Ηθική στις Βιοϊατρικές Επιστήμες»

Λάρισα, 2024

Για

Επιβλέπων:

*Άννα Μαυροφόρου, Καθηγήτρια Δεοντολογίας και Βιοηθικής, Τμήμα Νοσηλευτικής,
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας*

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

- 1. Άννα Μαυροφόρου, Καθηγήτρια Δεοντολογίας και Βιοηθικής, Τμήμα Νοσηλευτικής,
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας (επιβλέπουσα)*
- 2. Σοφία Ανδρούδη, Καθηγήτρια Οφθαλμολογίας, Τμήμα Ιατρικής, Σχολή Επιστημών
Υγείας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας*
- 3. Γιαννούκας Αθανάσιος, Καθηγητής Αγγειοχειρουργικής Ιατρικού Τμήματος
Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, Διευθυντής Αγγειοχειρουργικής Κλινικής Π.Γ.Ν. Λάρισας*

Τίτλος εργασίας στα αγγλικά:

The role of artificial intelligence and telemedicine in the development of Ophthalmology.

Περιεχόμενα

- ❖ Πρόλογος
- ❖
- ❖ Ευχαριστίες
- ❖
- ❖ Περίληψη στα Ελληνικά-Λέξεις κλειδιά
- ❖
- ❖ Περίληψη στα Αγγλικά(Abstract)– Λέξεις κλειδιά
- ❖
- ❖ Εισαγωγή
- ❖
- ❖ Σκοπός
- ❖
- ❖ Μεθοδολογία
- ❖
- ❖ Αποτελέσματα
- ❖
- ❖ Συζήτηση
- ❖
- ❖ Βιβλιογραφικές αναφορές
- ❖
- ❖ Παράρτημα

Πρόλογος

Όλοι μιλούν για τεχνητή νοημοσύνη αυτές τις μέρες, στην πραγματικότητα όμως, εάν κοιτάξουμε τις αναζητήσεις και την αναφορά της τεχνητής νοημοσύνης στο διαδίκτυο, μπορούμε να δούμε μια σαφή εκθετική τάση. Η τεχνητή νοημοσύνη δεν είναι νέα, ξεκίνησε στην πραγματικότητα πριν από 65 χρόνια, αλλά σήμερα έχουμε επιτέλους έναν οικονομικά αποδοτικό τρόπο αποθήκευσης μεταφοράς καθώς και την εξέλιξη στον τομέα της πληροφορικής, που μας έδωσε τη δυνατότητα, να μπορούμε να αναλύσουμε μια τεράστια ποσότητα δεδομένων με καινούριο και καινοτόμο τρόπο.

Ο λόγος που επέλεξα να ασχοληθώ με το συγκεκριμένο θέμα δεν είναι τυχαίος. Ως κλινικός ιατρός στον τομέα της οφθαλμολογίας, παρατηρώ πως η τεχνητή νοημοσύνη έχει μπει για τα καλά στην καθημερινή κλινική πρακτική, ενώ ταυτόχρονα συνεχίζει να κατακλύζει όλο και περισσότερους τομείς. Αυτό είναι κάτι το οποίο ο κάθε άνθρωπος ως μονάδα, δε μπορεί ούτε να επηρεάσει με κάποιο τρόπο, ούτε να περιορίσει. Εν αντιθέσει είμαστε υποχρεωμένοι να προσαρμοστούμε στις ανάγκες της εποχής και να υιοθετήσουμε τη 'νέα πραγματικότητα'.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες στην συντονίστρια καθηγήτρια της διπλωματικής μου εργασίας και τακτική καθηγήτρια Δεοντολογίας και Βιοηθικής, *κα Άννα Μαυροφόρου*, για την πολύτιμη καθοδήγηση, την ενθάρρυνση και την υποστήριξή της καθ' όλη τη διάρκεια αυτής της προσπάθειας.

Η εξειδίκευση και οι εύστοχες παρατηρήσεις της υπήρξαν καθοριστικής σημασίας για τη διαμόρφωση της κατεύθυνσης της έρευνάς μου και για την επιτυχή ολοκλήρωσή της. Η αφοσίωση και η προσήλωσή της στην ακαδημαϊκή αριστεία αποτέλεσαν πηγή έμπνευσης, και εκτιμώ βαθύτατα τον χρόνο και την προσπάθεια που αφιέρωσε στην καθοδήγησή μου.

Θα ήθελα επίσης να αφιερώσω την εργασία μου στον άνθρωπο που πίστεψε σε μένα από την πρώτη στιγμή κι έκανε τα πάντα για να κάνω τα όνειρά μου πραγματικότητα, κι ας μη πρόλαβε να με δει να τα πραγματοποιώ.

Να έρχεσαι πιο συχνά στα όνειρά μου παππού, κι εύχομαι να είσαι περήφανος για μένα!

Μου λείπεις! Σ' αγαπώ πολύ και για πάντα.

Περίληψη - Λέξεις κλειδιά

Η ιδέα της τεχνητής νοημοσύνης αποτελεί αντικείμενο συζήτησης, εδώ και αρκετές δεκαετίες, η εδραίωσή της ωστόσο στην καθημερινότητά μας έχει επέλθει τα τελευταία χρόνια. Σε αυτό έχει συμβάλει σημαντικά η εξέλιξη της τεχνολογίας καθώς κι η ανάπτυξη των λειτουργικών συστημάτων.

Ο τομέας της Ιατρικής έχει επηρεαστεί άμεσα απ'τις νέες εξελίξεις και ηθικοί προβληματισμοί έχουν έρθει στην επιφάνεια. Στόχος της συγκεκριμένης εργασίας είναι η ανάλυση της έννοιας της 'Τεχνητής Νοημοσύνης', καθώς κι οι πρακτικές της εφαρμογές στην Ιατρική και συγκεκριμένα στην Οφθαλμολογία.

Έγινε βιβλιογραφική ανασκόπηση, μέσω της οποίας μελετήθηκαν διάφορες πληθυσμιακές ομάδες στο πέρασμα των χρόνων με εστίαση στα τελευταία χρόνια, όπου και υπάρχουν πολύ περισσότερες πηγές πληροφόρησης.

Τα αποτελέσματα είναι πολύ ενθαρρυντικά, καθώς η τεχνητή νοημοσύνη καταλαμβάνει όλο και μεγαλύτερο κομμάτι σε διάφορους τομείς κι επικεντρώνεται στη πρόληψη, διάγνωση και θεραπεία διαφόρων ασθενειών, μειώνοντας έτσι την πιθανότητα 'ανθρώπινου λάθους' κι αξιοποιώντας τους οικονομικούς πόρους με τον καλύτερο τρόπο.

Η τεχνητή νοημοσύνη στην οφθαλμολογία βελτιώνει την ακρίβεια στη διάγνωση, επιταχύνει την ανάλυση εικόνων, μειώνει το κόστος και υποστηρίζει την έγκαιρη ανίχνευση παθήσεων. Παράλληλα, αντιμετωπίζει προκλήσεις όπως η ποιότητα δεδομένων, η κανονιστική έγκριση και η ενσωμάτωση στις κλινικές ροές. Μελλοντικά, αναμένεται να ενισχύσει την εξατομικευμένη φροντίδα και τις τηλε-ιατρικές υπηρεσίες.

Τα πρακτικά και ηθικά διλήμματα που προκύπτουν από την εφαρμογή της Τεχνητής Νοημοσύνης ωστόσο, αποτελεί θέμα προβληματισμού. Η ηθική χρήση της τεχνητής νοημοσύνης επικεντρώνεται σε ζητήματα όπως: η δικαιοσύνη, η διαφάνεια κι η προστασία απορρήτου. Τα συστήματα πρέπει να αποφεύγουν τη μεροληψία και να διασφαλίζουν ότι δεν επηρεάζουν αρνητικά ευάλωτες ομάδες. Οι διαδικασίες λήψης αποφάσεων πρέπει να είναι κατανοητές και εξηγήσιμες στους χρήστες, ενώ τα προσωπικά δεδομένα πρέπει να διαχειρίζονται υπεύθυνα, σύμφωνα με τους νόμους. Η τεχνητή νοημοσύνη πρέπει να ενισχύει την αυτονομία και να ενδυναμώνει τους ανθρώπους, διατηρώντας τον έλεγχο στους χρήστες. Τα συστήματα πρέπει να προστατεύονται από κάθε κακόβουλη χρήση και δυσλειτουργίες ενώ ταυτόχρονα οφείλει να προάγει το κοινό καλό και τα ανθρώπινα δικαιώματα. Η ανάπτυξη προηγμένων συστημάτων πρέπει να ευθυγραμμίζεται με τις ανθρώπινες αξίες και να αποτρέπει υπαρξιακές απειλές λαμβάνοντας υπόψη πιθανούς μακροπρόθεσμους κινδύνους. Η συνολική πρόκληση είναι η δημιουργία συστημάτων τεχνητής νοημοσύνης που να είναι δίκαια, υπεύθυνα και ασφαλή, με θετικό αντίκτυπο στην κοινωνία.

Λέξεις-Κλειδιά:

Abstract - Keywords

The concept of Artificial Intelligence (AI) has been a subject of discussion for several decades, but its integration into everyday life has accelerated significantly in recent years, largely due to technological advancements and the development of sophisticated operating systems.

The field of medicine has been directly influenced by these developments, bringing ethical considerations to the forefront. This study aims to analyze the concept of AI and explore its practical applications in medicine, with a specific focus on ophthalmology.

A comprehensive literature review was conducted, examining diverse population groups over time, with particular attention to recent years, given the increased availability of data.

The findings are highly promising, as AI is increasingly applied across various domains, particularly in prevention, diagnosis, and treatment of diseases. It minimizes the likelihood of human error and optimizes the allocation of financial resources. In ophthalmology, AI enhances diagnostic accuracy, accelerates image analysis, reduces costs, and supports early detection of diseases. However, challenges such as data quality, regulatory approval, and seamless integration into clinical workflows persist. Looking ahead, AI is expected to strengthen personalized care and telemedicine services.

Nonetheless, the practical and ethical dilemmas arising from AI implementation warrant careful consideration. Ethical AI usage revolves around issues such as fairness, transparency, and data privacy. Systems must avoid biases and ensure they do not adversely affect vulnerable groups. Decision-making processes should be comprehensible and explainable to users, while personal data must be managed responsibly and in compliance with relevant laws.

AI should empower individuals by maintaining user control and enhancing autonomy. Systems must also be safeguarded against malicious use and operational failures, while promoting the greater good and human rights. The development of advanced AI systems should align with human values, address long-term risks, and avoid existential threats.

The overarching challenge lies in creating AI systems that are fair, responsible, and safe, ensuring a positive societal impact.

Keywords:

#Artificial Intelligence (AI), #Ethics, #Medicine, #Ophthalmology, #Telemedicine

Εισαγωγή

Η τεχνητή νοημοσύνη δεν είναι μια καινούρια ιδέα που δεν είχαμε ακούσει παλαιότερα. Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια παρατηρούμε πως ο ρόλος της γίνεται όλο και πιο σπουδαίος κι αφορά όλο και περισσότερο την καθημερινότητά μας. Αυτό φυσικά, έχει να κάνει με την εξέλιξη της ίδιας της τεχνολογίας κι είναι κάτι που δε θα μπορούσε να αφήσει ανεπηρέαστο τον κλάδο της Ιατρικής.

Η ανάγκη βελτιστοποίησης της ιατρικής επιστήμης, ο αυξανόμενος αριθμός των ασθενών, η οικονομική δυσχέρεια, οι επείγουσες καταστάσεις, βλέπε πανδημία Covid-19, καθώς κι η αύξηση του προσδόκιμου ορίου ζωής, οδήγησαν στην επιτάχυνση της πρακτικής εφαρμογής τόσο της τεχνητής νοημοσύνης, όσο και της τηλεϊατρικής.

Στόχος της διπλωματικής μου εργασίας είναι η ανάλυση των ηθικών προβληματισμών που προκύπτουν με τη χρήση της τεχνητής νοημοσύνης καθώς και των πρακτικών εφαρμογών αυτής στον εξειδικευμένο κλάδο της οφθαλμολογίας.

Θα υπάρξει ιστορική αναδρομή της ιδέας της τεχνητής νοημοσύνης, επεξήγηση των αμφιβολιών που έχουν προκύψει κατά καιρούς καθώς και πώς φτάσαμε τα τελευταία χρόνια να φέρουμε το θέμα της τεχνητής νοημοσύνης και πάλι στο προσκήνιο.

Θα γίνει επεξηγηματική ανάλυση όσον αφορά στη συμβολή της τεχνητής νοημοσύνης στην πρόληψη, διάγνωση και θεραπεία οφθαλμικών παθήσεων, καθώς και στην ενημέρωση και συμβουλευτική των ασθενών μέσω της τηλεϊατρικής.

Επιπλέον θα υπάρξει εμβάθυνση που θα αφορά στο ηθικό κομμάτι της «αντικατάστασης» του διαγνώστη-θεράποντα ιατρού, στο κατά ποσό αυτό εκτιμάται από τους ίδιους τους ασθενείς που πλήττονται άμεσα, από τους επαγγελματίες υγείας που κινδυνεύουν να χάσουν τη δουλειά τους, καθώς και ποιος είναι υπεύθυνος σε περίπτωση «ιατρικού λάθους».

Η μεθοδολογία που θα χρησιμοποιηθεί θα είναι βασισμένη σε βιβλιογραφική ανασκόπηση.

Σκοπός

Σκοπός της εργασίας είναι η επεξήγηση της έννοιας της τεχνητής νοημοσύνης, καθώς και το πώς αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο στην επιστήμη της Ιατρικής, καθώς και σε άλλες επιστήμες.

Θα γίνει εμβάθυνση στην ειδικότητα της οφθαλμολογίας με πρακτικές εφαρμογές και προβληματισμούς. Ηθικά διλήμματα που προκύπτουν και κατά πόσο αυτές οι νέες μέθοδοι αξιολόγησης και γνωμάτευσης μπορούν να έχουν άμεσες συνέπειες στην υγεία των ασθενών.

Μεθοδολογία

Η μεθοδολογία που θα χρησιμοποιηθεί, θα είναι βασισμένη σε βιβλιογραφική ανασκόπηση. Η συγκεκριμένη ερευνητική εργασία πρόκειται να αξιοποιήσει την υπάρχουσα επιστημονική γνώση και τα ερευνητικά δεδομένα και στόχος είναι να ‘τοποθετηθεί’ στον χώρο μαζί με άλλες σχετικές έρευνες. Χρησιμοποιήθηκαν πηγές του διαδικτύου (όπως άρθρα κι ιστοσελίδες), καθώς και διαλέξεις του Μεταπτυχιακού προγράμματος ‘Δεοντολογία κι Ηθική στις Βιοϊατρικές επιστήμες’.

Αποτελέσματα

Η ιδέα της τεχνητής νοημοσύνης

Η ιδέα της τεχνητής νοημοσύνης (Artificial Intelligence-AI) έχει τις ρίζες της στην ιδέα της δημιουργίας μηχανών που μπορούν να προσομοιώσουν την ανθρώπινη σκέψη, συλλογισμό και συμπεριφορά. Από τις πρώιμες φιλοσοφικές εξερευνήσεις έως τις σύγχρονες υπολογιστικές εξελίξεις, η ιστορία της τεχνητής νοημοσύνης (AI), είναι ένα ταξίδι θεωρητικών και τεχνολογικών εξελίξεων.

Η Ιδέα της Τεχνητής Νοημοσύνης

Στον πυρήνα της, η τεχνητή νοημοσύνη αφορά την κατασκευή μηχανών ή συστημάτων που μπορούν να μιμηθούν ή να αναπαράγουν γνωστικές λειτουργίες όπως η μάθηση, η επίλυση προβλημάτων, η αντίληψη, η κατανόηση γλώσσας και η λήψη αποφάσεων. Ο στόχος είναι να δημιουργηθούν ευφυείς πράκτορες, ικανοί να εκτελούν εργασίες που απαιτούν συνήθως ανθρώπινη νοημοσύνη.

Οι βασικοί εννοιολογικοί στόχοι της τεχνητής νοημοσύνης περιλαμβάνουν:

Μίμηση ανθρώπινης λογικής: Η τεχνητή νοημοσύνη στοχεύει στη δημιουργία μηχανών που μπορούν να σκέφτονται, να συλλογίζονται και να λύνουν προβλήματα με τρόπους παρόμοιους με τους ανθρώπους.

Μάθηση και προσαρμογή: Η τεχνητή νοημοσύνη επιδιώκει να αναπτύξει συστήματα που μπορούν να μάθουν από δεδομένα και εμπειρίες, βελτιώνοντας με την πάροδο του χρόνου χωρίς ρητό προγραμματισμό για κάθε κατάσταση.

Αυτοματοποίηση εργασιών: Η τεχνητή νοημοσύνη συχνά αυτοματοποιεί πολύπλοκες, επαναλαμβανόμενες εργασίες ή εργασίες έντασης δεδομένων που παραδοσιακά εκτελούνταν από ανθρώπους.

Η ιδέα έχει διερευνηθεί για αιώνες, ακόμη και με τη μορφή μυθολογιών και λογοτεχνικών έργων, αλλά επισημοποιήθηκε περισσότερο με την άνοδο της επιστήμης των υπολογιστών και των μαθηματικών.

Πρώιμες εμπνεύσεις και θεμέλια

Φιλοσοφικές ρίζες:

Αρχαία Ελλάδα: Φιλόσοφοι όπως ο Αριστοτέλης και ο Πλάτωνας αναλογίστηκαν τη φύση του συλλογισμού, της λογικής και αν οι μηχανές μπορούσαν να αναπαράγουν την ανθρώπινη σκέψη. Το έργο του Αριστοτέλη για τον συλλογισμό είναι μια από τις πρώτες επίσημες απόπειρες συλλογισμού, που έθεσε τα θεμέλια για τη λογική που χρησιμοποιείται στην τεχνητή νοημοσύνη.

Ο Leibniz (17ος αιώνας) φαντάστηκε τη δημιουργία μιας μηχανής που θα μπορούσε να συλλογιστεί και ονειρευόταν μια «καθολική γλώσσα» για την ορθολογική σκέψη, μια ιδέα που αργότερα θα επηρέαζε την επίσημη λογική και τους υπολογιστές.

Automata και μηχανικές συσκευές:

Automata: Ήδη από τον 13ο αιώνα, εφευρέτες στην Ισλαμική Χρυσή Εποχή και στην Ευρώπη της Αναγέννησης σχεδίασαν μηχανικές συσκευές ικανές να μιμούνται τη συμπεριφορά ανθρώπων ή ζώων. Αν και δεν ήταν πραγματικά έξυπνες, αυτές οι συσκευές πυροδότησαν τη φαντασία για μηχανές που μπορούσαν να «σκέφτονται» ή να ενεργούν σαν ζωντανά όντα.

Άλαν Τούρινγκ (1912-1954):

Θεωρούμενος ο πατέρας της τεχνητής νοημοσύνης, ο Άλαν Τούρινγκ εισήγαγε τη Μηχανή Τούρινγκ το 1936, μια θεωρητική συσκευή που μπορούσε να προσομοιώσει οποιαδήποτε υπολογιστική διαδικασία. Το έργο του απέδειξε την ιδέα ότι οι μηχανές θα μπορούσαν ενδεχομένως να εκτελέσουν οποιαδήποτε εργασία εάν τους δοθούν οι σωστές οδηγίες.

Η επίσημη γέννηση του AI (δεκαετίες 1950 και 1960)

The Dartmouth Conference (1956):

Η επίσημη γέννηση της τεχνητής νοημοσύνης ως πεδίου έγινε στο Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence το 1956. Το συνέδριο, που διοργανώθηκε από τους John McCarthy, Marvin Minsky, Nathaniel Rochester και Claude Shannon, θεωρείται ευρέως το γεγονός που επισημοποίησε την AI ως επιστημονική πειθαρχία. Σε αυτό το συνέδριο, ο John McCarthy επινόησε τον όρο «τεχνητή νοημοσύνη».

Οι ερευνητές στο Dartmouth πίστευαν ότι η ανθρώπινη νοημοσύνη μπορούσε να περιγραφεί και να προσομοιωθεί με ακρίβεια από μηχανές, θέτοντας την ατζέντα για την έρευνα AI.

Πρώιμα προγράμματα AI:

Logic Theorist (1955): Αναπτύχθηκε από τους Allen Newell και Herbert A. Simon, αυτό το πρόγραμμα σχεδιάστηκε για να μιμείται τις ανθρώπινες δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων και θα μπορούσε να αποδείξει μαθηματικά θεωρήματα από το Principia Mathematica.

Γενικός Επιλυτής Προβλημάτων (General Problem Solver): Ένα άλλο πρώιμο σύστημα AI που δημιουργήθηκε από τους Newell και Simon το 1957, το GPS προοριζόταν να προσομοιώσει την επίλυση προβλημάτων που μοιάζει με άνθρωπο χρησιμοποιώντας λογική και σύμβολα, αν και μπορούσε να χειριστεί μόνο πολύ συγκεκριμένα προβλήματα.

ELIZA (1966): Αναπτύχθηκε από τον Joseph Weizenbaum, το ELIZA ήταν ένα από τα πρώτα προγράμματα επεξεργασίας φυσικής γλώσσας, το οποίο μπορούσε να προσομοιώσει μια συνομιλία αναγνωρίζοντας μοτίβα στην εισαγωγή των χρηστών και ανταποκρινόμενη ανάλογα. Αν και απλό, προκάλεσε από νωρίς ενδιαφέρον για τις δυνατότητες της τεχνητής νοημοσύνης για αλληλεπίδραση ανθρώπου-υπολογιστή.

Χρυσά Χρόνια και Προσδοκίες (1960-1970)

Κατά τη διάρκεια των δεκαετιών του 1960 και του 1970, η έρευνα για την τεχνητή νοημοσύνη ήταν γεμάτη αισιοδοξία, με τους ερευνητές να είναι σίγουροι ότι μηχανές ικανές για ανθρώπινη νοημοσύνη ήταν στον ορίζοντα. Οι βασικές εξελίξεις κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου περιλαμβάνουν:

Συμβολική τεχνητή νοημοσύνη: Η έρευνα της τεχνητής νοημοσύνης επικεντρώθηκε στον συμβολικό συλλογισμό, όπου οι μηχανές διδάσκονταν να χειρίζονται σύμβολα (που αναπαριστούν αντικείμενα, ιδέες κ.λπ.) για να προσομοιώνουν την ανθρώπινη επίλυση προβλημάτων. Αυτή η προσέγγιση οδήγησε στην ανάπτυξη των Expert Systems.

Expert Systems: Αυτά ήταν προγράμματα τεχνητής νοημοσύνης που σχεδιάστηκαν για να μιμηθούν τις ικανότητες λήψης αποφάσεων των ανθρώπινων ειδικών σε συγκεκριμένους τομείς όπως η ιατρική ή η μηχανική. Τα πρώιμα παραδείγματα περιλαμβάνουν το DENDRAL (για χημική ανάλυση) και το MYCIN (για τη διάγνωση λοιμώξεων).

Perceptrons (1960): Τα πρώιμα νευρωνικά δίκτυα εξερευνήθηκαν από τον Frank Rosenblatt με την εργασία του στο perceptron, ένα απλοϊκό μοντέλο που μιμείται τη νευρική δομή του βουητού.

The AI Winters (δεκαετίες 1970–1980)

Στα τέλη της δεκαετίας του 1970, ο τομέας εισήλθε στον πρώτο του Χειμώνα AI, μια περίοδος που χαρακτηρίστηκε από απογοήτευση και μειωμένη χρηματοδότηση. Υπήρχαν διάφοροι λόγοι για αυτήν την ύφεση:

Τεχνικοί περιορισμοί: Τα πρώιμα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης περιορίζονταν από την υπολογιστική ισχύ και η συμβολική προσέγγιση τεχνητής νοημοσύνης ήρθε αντιμέτωπη με εργασίες που απαιτούσαν κατανόηση του πραγματικού κόσμου ή μάθηση από δεδομένα.

Περιορισμοί έμπειρων συστημάτων: Αν και ήταν επιτυχημένα σε ορισμένους τομείς, τα έμπειρα συστήματα απαιτούσαν τεράστιες ποσότητες γνώσης για να κωδικοποιηθούν χειροκίνητα, γεγονός που καθιστούσε δύσκολη την κλιμάκωση και την προσαρμογή τους.

Minsky and Papert Critique: Στο βιβλίο τους *Perceptrons* του 1969, ο Marvin Minsky και ο Seymour Papert έδειξαν τους περιορισμούς των πρώιμων νευρωνικών δικτύων, που αποθάρρυναν την περαιτέρω εργασία σε αυτόν τον τομέα για αρκετά χρόνια.

The Rise of Machine Learning (δεκαετίες 1990–2000)

Μέχρι τη δεκαετία του 1990, η τεχνητή νοημοσύνη γνώρισε μια αναζωπύρωση, κυρίως λόγω της ανόδου της μηχανικής μάθησης (Machine learning) - ένα υποπεδίο της τεχνητής νοημοσύνης που εστιάζει σε αλγόριθμους που επιτρέπουν στα συστήματα να μαθαίνουν από δεδομένα χωρίς ρητό προγραμματισμό για κάθε εργασία.

Επανεξέταση των νευρωνικών δικτύων: Με βελτιωμένη υπολογιστική ισχύ και νέες τεχνικές όπως η backpropagation, τα νευρωνικά δίκτυα απέκτησαν νέα δυναμική. Ερευνητές όπως ο Geoffrey Hinton και ο Yann LeCun έκαναν ανακαλύψεις στη βαθιά μάθηση, οδηγώντας τελικά σε ισχυρές εφαρμογές τεχνητής νοημοσύνης.

Επιτεύγματα AI:

Deep Blue (1997): Το Deep Blue της IBM έγινε το πρώτο σύστημα τεχνητής νοημοσύνης που νίκησε έναν παγκόσμιο πρωταθλητή στο σκάκι, τον Garry Kasparov. Αυτό ήταν ορόσημο στην ικανότητα της τεχνητής νοημοσύνης να χειρίζεται περίπλοκες, στρατηγικές εργασίες.

Επεξεργασία ομιλίας και γλώσσας: Τα συστήματα AI για αναγνώριση ομιλίας και επεξεργασία φυσικής γλώσσας άρχισαν να κάνουν σημαντικά βήματα, με πρώιμες επιτυχίες σε συστήματα όπως το Watson της IBM και τα μοντέλα αυτόματης μετάφρασης της Google.

Σύγχρονη τεχνητή νοημοσύνη (2010–Σήμερα): Η εποχή της βαθιάς μάθησης

Η δεκαετία του 2010 σηματοδότησε μια περίοδο ταχείας προόδου στην τεχνητή νοημοσύνη λόγω της δύναμης της βαθιάς μάθησης (ένα υποσύνολο της μηχανικής μάθησης που χρησιμοποιεί πολυεπίπεδα νευρωνικά δίκτυα).

Οι βασικές εξελίξεις περιλαμβάνουν:

Big Data και GPU: Η άνοδος των μεγάλων δεδομένων και η χρήση GPU για υπολογισμούς μεγάλης κλίμακας επέτρεψαν στα μοντέλα βαθιάς μάθησης να εκπαιδεύονται σε τεράστιες ποσότητες δεδομένων, βελτιώνοντας την ακρίβεια και την απόδοση σε τομείς όπως η αναγνώριση εικόνας, η επεξεργασία φυσικής γλώσσας και τα αυτόνομα συστήματα.

Ορόσημα AI:

AlphaGo (2016): Το AlphaGo του Google DeepMind νίκησε τον παγκόσμιο πρωταθλητή στο σύνθετο επιτραπέζιο παιχνίδι Go, επιδεικνύοντας την ικανότητα του AI να κυριαρχεί σε εργασίες που θεωρούνται ότι απαιτούν διαίσθηση και δημιουργικότητα.

Επεξεργασία φυσικής γλώσσας: Η εισαγωγή μοντέλων όπως το GPT (Generative Pretrained Transformer) και το BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers) έφερε επανάσταση στην κατανόηση και τη δημιουργία φυσικής γλώσσας, επιτρέποντας περισσότερες αλληλεπιδράσεις τεχνητής νοημοσύνης που μοιάζουν με τον άνθρωπο.

Η τεχνητή νοημοσύνη στην καθημερινή ζωή:

Η τεχνητή νοημοσύνη είναι πλέον βαθιά ενσωματωμένη σε καθημερινές τεχνολογίες, ενισχύοντας τους φωνητικούς βοηθούς (π.χ. Siri, Alexa), αλγόριθμους συστάσεων (π.χ. Netflix, YouTube), συστήματα αυτόνομης οδήγησης και διαγνωστικά υγειονομικής περίθαλψης.

Τρέχουσα και μελλοντική τεχνητή νοημοσύνη: Τεχνητή Γενική Νοημοσύνη (Artificial General Intelligence)

Στενή τεχνητή νοημοσύνη (Narrow Artificial Intelligence) έναντι γενικής τεχνητής νοημοσύνης: Τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης σήμερα θεωρούνται μέρος της στενής τεχνητής νοημοσύνης, που σημαίνει ότι υπερέχουν σε συγκεκριμένες εργασίες (π.χ. αναγνώριση εικόνας, μετάφραση γλώσσας). Ωστόσο, ο απώτερος στόχος για πολλούς στον τομέα είναι η Τεχνητή Γενική Νοημοσύνη, ένα σύστημα που διαθέτει γνωστικές ικανότητες ισάξιες με τις ανθρώπινες, σε ένα ευρύ φάσμα εργασιών.

Ηθική και τεχνητή νοημοσύνη: Καθώς η τεχνητή νοημοσύνη ενσωματώνεται περισσότερο στην κοινωνία, οι συζητήσεις σχετικά με την ηθική, την προκατάληψη, τη διαφάνεια και τη ρύθμιση της τεχνητής νοημοσύνης αυξάνονται. Η διασφάλιση της υπεύθυνης ανάπτυξης της τεχνητής νοημοσύνης, η αποφυγή κινδύνων όπως η μετατόπιση εργασίας και η μεροληψία στη λήψη αποφάσεων, αποτελεί βασικό επίκεντρο της σύγχρονης έρευνας.

Βασικές προκλήσεις στην ενημερωμένη συναίνεση για τεχνητή νοημοσύνη στην υγειονομική περίθαλψη

Τα περισσότερα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης, κι ιδίως αυτά που βασίζονται στη μηχανική μάθηση, περιλαμβάνουν εξελιγμένους αλγόριθμους που ακόμη και οι κλινικοί γιατροί μπορεί αδυνατούν να ερμηνεύσουν ή/και να εξηγήσουν πλήρως. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα για τα μοντέλα ‘μαύρου κουτιού’, τα οποία παράγουν αποτελέσματα (όπως διαγνώσεις ή συστάσεις θεραπείας) χωρίς να παρέχουν εμπεριστατωμένες εξηγήσεις για το πώς προέκυψαν τα εν λόγω αποτελέσματα.

Διαφάνεια και εξήγηση: Ο ασθενής έχει το δικαίωμα της λεπτομερούς ενημέρωσης κι επεξήγησης μέσω των θεραπόντων ιατρών, σχετικά με τα μέσα που χρησιμοποιήθηκαν με στόχο τη διάγνωση και τη θεραπεία της ασθένειάς του. Ενδέχεται λοιπόν, να ζητηθεί από τους κλινικούς γιατρούς να ενημερώσουν τους ασθενείς όχι μόνο ότι χρησιμοποιείται τεχνητή νοημοσύνη αλλά κι ότι προκύπτουν περιορισμοί, μέσω της χρήσης της. Για παράδειγμα, εάν μια διάγνωση βασίζεται σε ένα μοντέλο τεχνητής νοημοσύνης που ο κλινικός ιατρός δεν μπορεί να εξηγήσει πλήρως, είναι υποχρεωμένος εφόσον επιλέγει να ακολουθήσει το συγκεκριμένο αποτέλεσμα, να αποκαλύψει αυτή την αβεβαιότητα και στον ασθενή.

Η πρόκληση είναι η εξισορρόπηση της διαφάνειας με την πρακτικότητα:

Παρόλο που οι ασθενείς έχουν το δικαίωμα να γνωρίζουν πώς γίνονται οι διαγνώσεις τους, λεπτομέρειες σχετικά με τις ιδιαίτερες λειτουργίες της τεχνητής νοημοσύνης, θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε καταιγισμό πληροφοριών, καθώς και στην έλλειψη της εμπιστοσύνης στο σύστημα υγειονομικής περίθαλψης. Ένα βασικό ερώτημα είναι πόση διαφάνεια απαιτείται από την πλευρά της ηθικής, ειδικά όταν οι ασθενείς μπορεί να μην κατανοούν πλήρως τις έννοιες της τεχνητής νοημοσύνης ή της μηχανικής μάθησης. Αυτό μπορεί να επηρεαστεί από την ηλικία, το γνωστικό επίπεδο και το υπόβαθρο του κάθε ασθενούς.

Το Δικαίωμα στην Εξήγηση (GDPR):

Σύμφωνα με τον Γενικό Κανονισμό Προστασίας Δεδομένων (General Data Protection Regulation- GDPR) της Ευρωπαϊκής Ένωσης, τα άτομα έχουν δικαίωμα εξηγήσεων, όταν λαμβάνονται αποφάσεις σχετικά με αυτά χρησιμοποιώντας αυτοματοποιημένες και κωδικοποιημένες διαδικασίες, συμπεριλαμβανομένης της τεχνητής νοημοσύνης. Αυτό εγείρει το ερώτημα πώς οι κλινικοί γιατροί μπορούν να συμμορφωθούν με αυτήν την απαίτηση εάν το σύστημα τεχνητής νοημοσύνης λειτουργεί με αδιαφανή τρόπο ή με μαύρο κουτί.

Ευθύνη κλινικού ιατρού: Οι κλινικοί γιατροί έχουν ως καθήκον να βρουν μια ισορροπία μεταξύ της συμμόρφωσης με τον GDPR και της παροχής ουσιαστικών εξηγήσεων στους ασθενείς. Η επεξήγηση πρέπει να αφορά στον τρόπο με τον οποίο η τεχνητή νοημοσύνη επηρεάζει τη φροντίδα τους, ακόμα κι αν αυτή η εξήγηση περιορίζεται στις γενικές εισροές, εκροές και πιθανές προκαταλήψεις του συστήματος. Σε τέτοιες περιπτώσεις, η μερική

διαφάνεια—εξήγηση της γενικής λειτουργίας της τεχνητής νοημοσύνης χωρίς εμβάθυνση στις τεχνικές λεπτομέρειες— ενδέχεται να ικανοποιεί ηθικές και νομικές απαιτήσεις.

Μεροληψία και εισροές δεδομένων:

Τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης είναι τόσο καλά όσο τα δεδομένα στα οποία εκπαιδεύονται, γεγονός που εγείρει ανησυχίες σχετικά με την προκατάληψη στα μοντέλα τεχνητής νοημοσύνης. Εάν τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται για την εκπαίδευση του συστήματος είναι ελλιπή, μεροληπτικά ή μη αντιπροσωπευτικά ορισμένων πληθυσμών, η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να έχει μη ικανοποιητική απόδοση ή να παρέχει εσφαλμένες συστάσεις για αυτές τις ομάδες.

Αποκάλυψη Περιορισμών Δεδομένων: Οι κλινικοί γιατροί ενδέχεται να έχουν ηθική υποχρέωση να αποκαλύπτουν τυχόν γνωστές προκαταλήψεις ή/και περιορισμούς στο σύστημα τεχνητής νοημοσύνης, ειδικά εάν αυτές οι προκαταλήψεις θα μπορούσαν να επηρεάσουν τη φροντίδα του ασθενούς. Για παράδειγμα, εάν ένα σύστημα τεχνητής νοημοσύνης είναι λιγότερο ακριβές για ορισμένες εθνοτικές ομάδες ή φύλα, αυτές οι πληροφορίες θα πρέπει να κοινοποιούνται στον ασθενή.

Οι ασθενείς μπορεί επίσης να διστάζουν να επιτρέψουν τη χρήση ορισμένων κατηγοριών δεδομένων, όπως για παράδειγμα γενετικές πληροφορίες ή οικογενειακό ιστορικό, λόγω ανησυχιών σχετικά με το απόρρητο. Σε τέτοιες περιπτώσεις, οι κλινικοί γιατροί οφείλουν να εξισορροπούν τον σεβασμό του απορρήτου των ασθενών με την ανάγκη για ολοκληρωμένα δεδομένα για τη διασφάλιση της αποτελεσματικότητας και της ασφάλειας της τεχνητής νοημοσύνης.

Εκπαίδευση ασθενών σχετικά με την τεχνητή νοημοσύνη:

Καθήκον του κλινικού γιατρού να εκπαιδεύει: Οι κλινικοί γιατροί αναλαμβάνουν όλο και περισσότερο την ευθύνη της εκπαίδευσης των ασθενών σχετικά με το ρόλο της τεχνητής νοημοσύνης στη φροντίδα τους και στο θεραπευτικό πλάνο. Αυτό περιλαμβάνει την εξήγηση του τρόπου λειτουργίας των συστημάτων τεχνητής νοημοσύνης (στο βαθμό που είναι κατανοητό κι εφικτό), τους τύπους δεδομένων που χρησιμοποιούν και τυχόν πιθανούς κινδύνους ή οφέλη που σχετίζονται με τη χρήση τους.

Ενημερωμένη συγκατάθεση για χρήση τεχνητής νοημοσύνης: Σε περιπτώσεις όπου η τεχνητή νοημοσύνη εμπλέκεται άμεσα στη λήψη διαγνωστικών ή θεραπευτικών αποφάσεων, οι κλινικοί ιατροί μπορεί να χρειαστεί να ζητήσουν συγκεκριμένη ενημερωμένη συγκατάθεση από ασθενείς (πολλές φορές γραπτή), για τη χρήση της τεχνητής νοημοσύνης. Αυτή η συγκατάθεση δεν πρέπει να καλύπτει μόνο τη συμμετοχή της τεχνητής νοημοσύνης αλλά και τους περιορισμούς της, όπως η πιθανότητα μεροληψίας ή το γεγονός ότι ο κλινικός ιατρός μπορεί να αδυνατεί να κατανοήσει πλήρως το πώς καταλήγουν τα μέσα της τεχνητής νοημοσύνης στα συμπεράσματά της.

Συμφωνίες χρήση έναντι ενημερωμένης συναίνεσης στις εφαρμογές 'Artificial Intelligence-AI Health' :

Εφαρμογές υγείας και Chatbots: Πολλές εφαρμογές υγείας που βασίζονται σε τεχνητή νοημοσύνη, βασίζονται σε συμφωνίες χρηστών και όχι σε παραδοσιακή ενημερωμένη συναίνεση. Οι εφαρμογές αυτές μπορεί να αφορούν σε εργαλεία διαχείρισης σωματικού βάρους, πλάνα διατροφής, καθώς και διαγνωστικά chatbots. Οι συμφωνίες υπογράφονται συχνά από τους χρήστες, χωρίς οι τελευταίοι να έχουν διαβάσει ή κατανοήσει πλήρως το περιεχόμενό τους. Αυτό εγείρει ηθικές ανησυχίες σχετικά με το εάν οι ασθενείς κατανοούν πραγματικά τις συνέπειες της χρήσης τέτοιων εργαλείων τεχνητής νοημοσύνης κι αν είναι σε θέση αξιολόγησης των πηγών πληροφόρησης.

Συνεχείς ενημερώσεις και Όροι Παροχής Υπηρεσιών: Οι εφαρμογές υγείας, όπως κι οι περισσότερες εφαρμογές που βασίζονται στην τεχνητή νοημοσύνη, ενημερώνονται συχνά, με αλλαγές στους όρους παροχής υπηρεσιών τους. Οι ασθενείς μπορεί να μην συνειδητοποιούν ότι η συνεχής χρήση της εφαρμογής συνεπάγεται τη συναίνεσή τους σε αυτούς τους νέους όρους, που πολύ συχνά τους υπογράφουν τυφλά. Οι ειδικοί της βιοηθικής υποστηρίζουν ότι αυτές οι συμφωνίες χρηστών θα πρέπει να μοιάζουν περισσότερο με τις διαδικασίες ενημερωμένης συναίνεσης, παρέχοντας σαφείς και κατανοητές πληροφορίες σχετικά με το τι έχει αναδιαμορφωθεί στην εφαρμογή, πώς χρησιμοποιούνται τα δεδομένα και πώς οι ενημερώσεις μπορεί να αλλάξουν τη συμπεριφορά της.

Ηθικές συμφωνίες χρήστη: Μια ηθικά υπεύθυνη συμφωνία χρήστη για εφαρμογές υγείας τεχνητής νοημοσύνης θα ήταν διαφανής, κατανοητή και θα ενημερώνεται τακτικά ώστε να αντικατοπτρίζει σημαντικές αλλαγές στη λειτουργικότητα της εφαρμογής.

Θα πρέπει επίσης να περιλαμβάνονται πληροφορίες σχετικά με το πώς θα χρησιμοποιηθούν τα δεδομένα, εάν αυτά κοινοποιούνται σε τρίτους και πώς οι συστάσεις του συστήματος τεχνητής νοημοσύνης μπορούν να επηρεάσουν τις κλινικές αποφάσεις.

Στην ιδανική περίπτωση, αυτές οι συμφωνίες θα προσφέρουν επίσης στους ασθενείς την ευκαιρία να εξαιρεθούν από ορισμένες χρήσεις των δεδομένων τους χωρίς να χάσουν εντελώς την πρόσβαση στην εφαρμογή.

Ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης που αντιμετωπίζει ο ασθενής στη λήψη κλινικών αποφάσεων:

Όταν τα δεδομένα των εφαρμογών τεχνητής νοημοσύνης που χρησιμοποιούν οι ασθενείς (όπως φορητές συσκευές παρακολούθησης της υγείας), συμβάλλουν στη λήψη κλινικών αποφάσεων, υπάρχει ένα πρόσθετο επίπεδο ηθικής πολυπλοκότητας. Οι ασθενείς μπορεί να μην κατανοούν πλήρως ότι οι αλληλεπιδράσεις τους με μια εφαρμογή καταναλωτικής ποιότητας επηρεάζουν την κλινική φροντίδα που λαμβάνουν και διαμορφώνουν το θεραπευτικό πλάνο. Οι κλινικοί γιατροί πρέπει να είναι διαφανείς σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο χρησιμοποιούνται αυτά τα δεδομένα και η ενημερωμένη συγκατάθεση πρέπει να αντιμετωπίζει αυτόν τον βρόχο ανατροφοδότησης.

Επιπτώσεις στην αυτονομία του ασθενούς: Η χρήση της τεχνητής νοημοσύνης στη λήψη αποφάσεων μπορεί μερικές φορές να υπονομεύσει την αυτονομία του ασθενούς, εάν οι

ασθενείς δεν έχουν πλήρη επίγνωση του τρόπου με τον οποίο η τεχνητή νοημοσύνη συμβάλλει στις αποφάσεις. Η διασφάλιση ότι οι ασθενείς έχουν το δικαίωμα να αμφισβητούν τις συστάσεις που δημιουργούνται από την τεχνητή νοημοσύνη και να αναζητούν ανθρώπινη συμβολή είναι καθοριστικής σημασίας για τη διατήρηση της αυτονομίας.

Ασφάλεια και διαφάνεια

Η ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης στην υγειονομική περίθαλψη συνοδεύεται από σημαντικές προκλήσεις όσον αφορά στην ασφάλεια και στη διαφάνεια. Αυτοί είναι δύο κρίσιμοι παράγοντες για την απόκτηση εμπιστοσύνης και για τη διασφάλιση της ηθικής ανάπτυξης αυτών των τεχνολογιών. Η περίπτωση της IBM Watson για την Ογκολογία χρησιμεύει ως προειδοποιητική ιστορία, τονίζοντας τους πιθανούς κινδύνους από την ανεπαρκή εκπαίδευση δεδομένων και την έλλειψη διαφάνειας. Για να αντιμετωπιστούν αυτές οι ανησυχίες, πρέπει να τηρούνται οι βασικές αρχές της ανάπτυξης συστημάτων τεχνητής νοημοσύνης στην υγειονομική περίθαλψη.

1. Ασφάλεια: Διασφάλιση αξιόπιστων και έγκυρων δεδομένων

Ποιότητα δεδομένων εκπαίδευσης: Η ποιότητα των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιούνται για την εκπαίδευση συστημάτων τεχνητής νοημοσύνης είναι καθοριστικής σημασίας για την ασφάλεια και την αποτελεσματικότητά τους. Στην περίπτωση του Watson for Oncology, το σύστημα επικρίθηκε επειδή εκπαιδεύτηκε με συνθετικά δεδομένα αντί για δεδομένα ασθενών πραγματικού κόσμου. Αυτό είχε ως συνέπεια να δημιουργήσει ανησυχίες σχετικά με την ακρίβεια των θεραπευτικών συστάσεων. Το συμπέρασμα είναι ότι τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης θα πρέπει να εκπαιδεύονται σε αξιόπιστα, αντιπροσωπευτικά στοιχεία, καθώς και σε πραγματικά σύνολα δεδομένων ούτως ώστε να διασφαλιστεί ότι μπορούν να αποδώσουν με ακρίβεια σε κλινικές ρυθμίσεις.

Garbage In, Garbage Out: Η παροιμία "απορρίμματα μέσα, απορρίμματα έξω" τονίζει ότι η ποιότητα της εξόδου της τεχνητής νοημοσύνης εξαρτάται από την ποιότητα της εισαγωγής της. Εάν ένα σύστημα τεχνητής νοημοσύνης εκπαιδεύεται σε μεροληπτικά, ελλιπή ή ανακριβή δεδομένα, θα παράγει μη αξιόπιστα αποτελέσματα, τα οποία μπορεί να είναι επικίνδυνα στην υγειονομική περίθαλψη όπου διακυβεύονται οι ζωές των ασθενών. Οι προγραμματιστές πρέπει να διασφαλίσουν ότι τα σύνολα δεδομένων που χρησιμοποιούνται είναι διαφορετικά, πραγματικά και περιλαμβάνουν διαφορετικούς πληθυσμούς ασθενών έτσι ώστε να ελαχιστοποιηθεί η μεροληψία και η ανακρίβεια των αποτελεσμάτων.

Κοινή χρήση δεδομένων: Ο όγκος των δεδομένων που απαιτείται για τη βέλτιστη λειτουργία της τεχνητής νοημοσύνης ποικίλλει ανάλογα με την εργασία. Για κρίσιμες εφαρμογές όπως η

διάγνωση του καρκίνου ή τα αυτοκίνητα που δε χρειάζονται οδηγό, απαιτούνται μεγάλα σύνολα δεδομένων, για να επιτύχει η τεχνητή νοημοσύνη υψηλό βαθμό εμπιστοσύνης στις συστάσεις της. Σε ορισμένες περιπτώσεις, ενδέχεται να απαιτείται κοινή χρήση δεδομένων μεταξύ ιδρυμάτων για τη συλλογή επαρκών πληροφοριών για τη διασφάλιση της ασφάλειας, αν και αυτό εγείρει πρόσθετους προβληματισμούς σχετικά με το απόρρητο και την ασφάλεια που προκύπτει μέσω της συνεργασίας και επικοινωνίας τους.

2. Διαφάνεια: Οικοδόμηση εμπιστοσύνης και λογοδοσίας

Διαφάνεια σχετικά με τα δεδομένα και τους αλγόριθμους: Η διαφάνεια είναι καθοριστικής σημασίας για την οικοδόμηση εμπιστοσύνης μεταξύ των ενδιαφερομένων - ασθενών, κλινικών ιατρών και ρυθμιστικών αρχών. Οι προγραμματιστές τεχνητής νοημοσύνης πρέπει να είναι εκ των προτέρων προετοιμασμένοι σχετικά με τα είδη δεδομένων που χρησιμοποιούνται, για την εκπαίδευση των συστημάτων τους και τυχόν ελλείψεις στους αλγόριθμους τους, όπως προκαταλήψεις στα δεδομένα ή περιορισμούς στις προγνωστικές ικανότητες της τεχνητής νοημοσύνης. Στην υπόθεση Watson for Oncology, η IBM επικρίθηκε επειδή κράτησε κρυφές λεπτομέρειες σχετικά με τα σφάλματα του συστήματος για περισσότερο από ένα χρόνο. Μια τέτοια έλλειψη διαφάνειας διαβρώνει την εμπιστοσύνη και θα μπορούσε να καθυστερήσει την υιοθέτηση τεχνολογιών που μπορούν να σώσουν ζωές.

Αλγόριθμοι Black-Box: Πολλά συστήματα τεχνητής νοημοσύνης, ιδιαίτερα αυτά που βασίζονται στη μηχανική μάθηση, λειτουργούν ως μαύρα κουτιά, πράγμα που σημαίνει ότι οι διαδικασίες λήψης αποφάσεων δεν είναι εύκολα ερμηνεύσιμες. Αυτό εγείρει ηθικά ερωτήματα σχετικά με το εάν οι κλινικοί γιατροί και οι ασθενείς πρέπει να κατανοήσουν πώς ένα σύστημα τεχνητής νοημοσύνης καταλήγει στις συστάσεις του. Αν και το άνοιγμα του μαύρου κουτιού στο κοινό μπορεί να μην είναι πάντα εφικτό -λόγω ανησυχιών σχετικά με την πνευματική ιδιοκτησία ή την ασφάλεια- ο έλεγχος τρίτων και η κυβερνητική εποπτεία θα μπορούσαν να προσφέρουν έναν τρόπο να διασφαλιστεί ότι τα συστήματα ΑΙ είναι ασφαλή και αξιόπιστα.

Τυχαιοποιημένες δοκιμές για επικύρωση: Μια λύση στο πρόβλημα του μαύρου κουτιού είναι η επικύρωση συστημάτων τεχνητής νοημοσύνης μέσω τυχαιοποιημένων ελεγχόμενων δοκιμών ή άλλων αυστηρών μεθόδων δοκιμών. Εάν ένα σύστημα τεχνητής νοημοσύνης επιδεικνύει σταθερά θετικά αποτελέσματα σε κλινικές δοκιμές, μπορεί να αρκεί για να δικαιολογηθεί η χρήση του, ακόμη και αν η εσωτερική του λειτουργία δεν είναι πλήρως διαφανής. Τέτοιες δοκιμές θα μπορούσαν να χρησιμεύσουν ως μια μορφή επικύρωσης βάσει στοιχείων, παρόμοια με τον τρόπο με τον οποίο ελέγχονται τα φάρμακα για αποτελεσματικότητα και ασφάλεια πριν εγκριθούν για χρήση στην ιατρική πρακτική.

3. Εξισορρόπηση της διαφάνειας με το απόρρητο και την πνευματική ιδιοκτησία

Προστασία της πνευματικής ιδιοκτησίας και της ασφάλειας:

Κανένας δε μπορεί να αμφισβητήσει τη σημαντικότητα της διαφάνειας. Υπάρχουν ωστόσο, εύλογες ανησυχίες σχετικά με την προστασία της πνευματικής ιδιοκτησίας των προγραμματιστών τεχνητής νοημοσύνης. Η δημοσιοποίηση των υποκειμένων δεδομένων καθώς και των αλγόριθμων, θα μπορούσε να θέσει σε κίνδυνο το ανταγωνιστικό τους πλεονέκτημα ή να τα εκθέσει σε κινδύνους για την ασφάλεια στον κυβερνοχώρο. Επομένως, πρέπει να επιτευχθεί μια ισορροπία μεταξύ της διασφάλισης ότι τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης είναι αρκετά διαφανή για την οικοδόμηση εμπιστοσύνης προστατεύοντας παράλληλα ευαίσθητες πληροφορίες. Οι ανεξάρτητοι έλεγχοι από αξιόπιστα τρίτα μέρη θα μπορούσαν να προσφέρουν έναν τρόπο διασφάλισης ασφάλειας και λογοδοσίας χωρίς να διακυβεύονται οι αποκλειστικές τεχνολογίες.

Προκατάληψη δεδομένων και αποκάλυψη: Οι προγραμματιστές τεχνητής νοημοσύνης πρέπει να είναι διαφανείς σχετικά με τυχόν γνωστές προκαταλήψεις στα συστήματά τους. Για παράδειγμα, εάν ένα μοντέλο τεχνητής νοημοσύνης εκπαιδεύεται κυρίως σε δεδομένα από μια δημογραφική ομάδα, μπορεί να έχει κακή απόδοση για άλλες. Οι κλινικοί γιατροί και οι ασθενείς πρέπει να ενημερώνονται για τέτοιες προκαταλήψεις, ώστε να διασφαλίζεται ότι οι αποφάσεις που λαμβάνονται από τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης είναι κατάλληλες για τον εν λόγω ασθενή. Σε αυτή την περίπτωση θα μπορούσαν να εισαχθούν δεδομένα στο πρόγραμμα που αφορούν και σε άλλες δημογραφικές ομάδες, ή ο κλινικός ιατρός θα μπορούσε να επιλέξει την εφαρμογή του συγκεκριμένου μοντέλου, μόνο σε ασθενείς που ανήκουν στη συγκεκριμένη δημογραφική ομάδα. Η αποτυχία αποκάλυψης αυτών των προκαταλήψεων θα μπορούσε να οδηγήσει σε επιζήμια αποτελέσματα, ιδιαίτερα για μειονοτικές ή υποεκπροσωπούμενες ομάδες.

4. Διαφάνεια στην κλινική πράξη

Ευθύνη κλινικού ιατρού: Οι κλινικοί γιατροί που χρησιμοποιούν συστήματα τεχνητής νοημοσύνης στο ιατρείο τους έχουν την ευθύνη να διασφαλίζουν ότι οι συστάσεις της τεχνητής νοημοσύνης είναι ασφαλείς και κατάλληλες για τους ασθενείς τους. Πρέπει επίσης να είναι διαφανείς με τους ασθενείς σχετικά με τη χρήση της τεχνητής νοημοσύνης στη φροντίδα τους, συμπεριλαμβανομένων των περιορισμών της. Για παράδειγμα, εάν ένα σύστημα τεχνητής νοημοσύνης είναι γνωστό ότι έχει κακή απόδοση σε ορισμένους πληθυσμούς, αυτό θα πρέπει να γνωστοποιείται στον ασθενή.

Ενημέρωση ασθενών: Ο βαθμός στον οποίο οι ασθενείς πρέπει να κατανοήσουν πώς λειτουργούν τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης αποτελεί ακόμα θέμα συζήτησης κι είναι πολυπαραγοντικό. Ωστόσο, τουλάχιστον, οι ασθενείς θα πρέπει να ενημερώνονται όταν χρησιμοποιείται ένα σύστημα τεχνητής νοημοσύνης στη διάγνωση ή τη θεραπεία τους και θα πρέπει να ενημερώνονται για τυχόν περιορισμούς ή προκαταλήψεις στο σύστημα. Η παροχή πληροφοριών στους ασθενείς με αυτές τις πληροφορίες συμβάλλει στη διασφάλιση της ενημέρωσης έτσι ώστε η συγκατάθεση του ασθενούς να θεωρείται έγκυρη κι αποδεκτή.

5. Εξασφάλιση Συνεχούς Βελτίωσης

Συνεχής παρακολούθηση και αναβαθμίσεις: Τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης δεν είναι στατικά. απαιτούν συνεχείς ενημερώσεις και βελτιώσεις καθώς γίνονται διαθέσιμα νέα δεδομένα. Για να πιστοποιηθεί η συνεχής ασφάλεια της τεχνητής νοημοσύνης στην υγειονομική περίθαλψη, οι προγραμματιστές πρέπει να εφαρμόζουν διαδικασίες για συνεχή παρακολούθηση, επιτρέποντάς τους να βελτιώσουν τους αλγόριθμους τους καθώς αναδύονται νέα δεδομένα και ιδέες. Οι ενημερώσεις του συστήματος θα πρέπει να κοινοποιούνται σε κλινικούς ιατρούς και σε ασθενείς ούτως ώστε να διατηρηθεί η διαφάνεια και η εμπιστοσύνη. Οι αναβαθμίσεις θα πρέπει να γίνονται με τη συγκατάθεση των χρηστών του προγράμματος και οι ενημερώσεις δε θα πρέπει να εξαρτώνται από την οικονομική ευχέρεια του χρήστη.

Δικαιοσύνη και προκαταλήψεις

Η αλγοριθμική δικαιοσύνη και οι προκαταλήψεις στα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης, ειδικά στην υγειονομική περίθαλψη, παρουσιάζουν κρίσιμες ηθικές προκλήσεις. Αν και η τεχνητή νοημοσύνη έχει τεράστιες δυνατότητες να διασφαλίσει την πρόσβαση στην υγειονομική περίθαλψη και να παρέχει γνώσεις από ειδικούς ακόμη και στις πιο απομακρυσμένες περιοχές, μπορεί επίσης να διαιωνίσει ή να επιδεινώσει τις διακρίσεις και τις ανισότητες εάν δεν αναπτυχθεί και εφαρμοστεί προσεκτικά. Ο βασικός κίνδυνος προκύπτει από μεροληψίες στα δεδομένα και τους αλγόριθμους, οι οποίες μπορούν να οδηγήσουν σε μεροληπτικά αποτελέσματα. Αυτά μπορούν να επηρεαστούν από διάφορους παράγοντες όπως η εθνικότητα, το χρώμα του δέρματος, το φύλο, η ηλικία, η αναπηρία και η κοινωνικοοικονομική κατάσταση.

1. Πηγές μεροληψίας στην τεχνητή νοημοσύνη

Οι προκαταλήψεις στα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης μπορεί να προκύψουν από πολλούς παράγοντες, που συχνά προέρχονται από τα δεδομένα ή τις διαδικασίες που χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη αυτών των συστημάτων. Στην υγειονομική περίθαλψη, τέτοιες προκαταλήψεις μπορεί να οδηγήσουν σε λανθασμένη διάγνωση, μη αποτελεσματικές θεραπείες, ακόμη και σε βλάβη περιορισμένων πληθυσμών.

Οι βασικές πηγές μεροληψίας περιλαμβάνουν:

Προκατειλημμένα σύνολα δεδομένων: Εάν τα σύνολα δεδομένων που χρησιμοποιούνται για την εκπαίδευση ενός μοντέλου τεχνητής νοημοσύνης δεν είναι αντιπροσωπευτικά του

πληθυσμού που θα εξυπηρετηθεί, οι συστάσεις της τεχνητής νοημοσύνης ενδέχεται να παραμορφωθούν και να επηρεαστούν. Για παράδειγμα, ένα εργαλείο διάγνωσης καρκίνου του δέρματος που έχει εκπαιδευτεί κυρίως σε δεδομένα από Καυκάσιους ασθενείς μπορεί να μην λειτουργεί αποτελεσματικά σε ασθενείς με πιο σκούρες αποχρώσεις δέρματος. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα χαμηλότερη ακρίβεια για τους μειονοτικούς πληθυσμούς και μπορεί να οδηγήσει σε λανθασμένες θεραπευτικές συστάσεις.

Αλγοριθμικές επιλογές: Προκαταλήψεις μπορούν επίσης να εισαχθούν με βάση τις αποφάσεις που λαμβάνουν οι επιστήμονες δεδομένων κατά την ανάπτυξη συστημάτων ΑΙ. Η επιλογή των τεχνικών μηχανικής μάθησης, τα δεδομένα που επιλέχθηκαν για ανάλυση και ο τρόπος με τον οποίο το μοντέλο τεχνητής νοημοσύνης είναι τελειοποιημένο μπορεί να επηρεάσει τα αποτελέσματα, οδηγώντας ενδεχομένως σε ακούσιες διακρίσεις.

Contextual Bias: Μεγάλη σημασία έχει επίσης το πλαίσιο στο οποίο χρησιμοποιείται η τεχνητή νοημοσύνη. Μοντέλα τεχνητής νοημοσύνης που έχουν αναπτυχθεί σε περιβάλλοντα υψηλών πόρων ενδέχεται να μην έχουν την αναμενόμενη απόδοση σε περιβάλλοντα χαμηλών πόρων, όπου το κλινικό περιβάλλον και οι διαθέσιμες θεραπείες διαφοροποιούνται. Αυτή η γεωγραφική αναντιστοιχία, μπορεί να εντείνει τις ανισότητες μεταξύ διαφορετικών περιοχών ή κοινωνικοοικονομικών ομάδων.

2. Οι επιπτώσεις της μεροληψίας στα αποτελέσματα της υγειονομικής περίθαλψης

Στην υγειονομική περίθαλψη, η παρουσία προκαταλήψεων στην τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να έχει σοβαρές συνέπειες. Τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο σε κρίσιμους τομείς όπως η διάγνωση, ο σχεδιασμός θεραπείας και η αξιολόγηση κινδύνου, επομένως οποιαδήποτε μεροληψία στο υποκείμενο σύστημα μπορεί να επηρεάσει άμεσα την ασφάλεια των ασθενών. Παρακάτω αναφέρονται κάποια χαρακτηριστικά παραδείγματα:

i) Φαινοτυπικές και Γονοτυπικές Προκαταλήψεις:

Τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης συχνά βασίζονται σε πληροφορίες φαινοτύπου (φυσικά χαρακτηριστικά) και γονότυπου (γενετικά χαρακτηριστικά) για να κάνουν προβλέψεις. Εφόσον η τεχνητή νοημοσύνη εκπαιδεύεται σε ένα σύνολο δεδομένων που υποδηλώνει ορισμένους φαινοτύπους ή γονότυπους, μπορεί να δώσει ανακριβείς διαγνώσεις ή μη αποτελεσματικές θεραπείες για αυτές τις ομάδες, θέτοντας τις σε κίνδυνο βλάβης.

ii) Λανθασμένες διαγνώσεις:

Σε περιπτώσεις όπου το σύστημα τεχνητής νοημοσύνης είναι προκατειλημμένο, οι ασθενείς που ανήκουν στις συγκεκριμένες ομάδες μπορεί να λάβουν εσφαλμένες διαγνώσεις, οδηγώντας σε περιττές θεραπείες ή ακόμη και στην αποτυχία αντιμετώπισης της πραγματικής κατάστασης. Για παράδειγμα, ένα σύστημα τεχνητής νοημοσύνης που εκπαιδεύεται κυρίως σε άνδρες ασθενείς μπορεί να μην αναγνωρίζει συμπτώματα καρδιακής νόσου στις γυναίκες, καθώς η παρουσίασή τους μπορεί να διαφέρει σημαντικά μεταξύ των φύλων.

iii) Διεύρυνση της ανισότητας:

Τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης που αναπτύχθηκαν για προηγμένες ρυθμίσεις υγειονομικής περίθαλψης ενδέχεται να μην λειτουργούν καλά σε χώρες χαμηλού και μεσαίου εισοδήματος (LMIC- Low and Lower Income Country), όπου η υποδομή υγειονομικής περίθαλψης, η διαθεσιμότητα πόρων και τα δημογραφικά στοιχεία του πληθυσμού είναι διαφορετικά. Εάν αυτά τα συστήματα δεν προσαρμοστούν στο τοπικό πλαίσιο, θα μπορούσαν να διευρύνουν το χάσμα μεταξύ περιοχών υψηλού και χαμηλού εισοδήματος, επιδεινώνοντας έτσι τις παγκόσμιες ανισότητες στον τομέα της υγείας.

3. Άμβλυνση μεροληψίας: Δεδομένα και Διαφάνεια

Οι προσπάθειες για τον μετριασμό της μεροληψίας στην τεχνητή νοημοσύνη στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης πρέπει να επικεντρωθούν στη βελτίωση της ποικιλομορφίας των δεδομένων, στην ενίσχυση της διαφάνειας, καθώς και στη διασφάλιση ρυθμιστικής εποπτείας.

Ορισμένες στρατηγικές περιλαμβάνουν:

Βελτίωση της ποιότητας και της ποικιλομορφίας των δεδομένων: Οι προγραμματιστές τεχνητής νοημοσύνης οφείλουν να διασφαλίσουν ότι τα σύνολα δεδομένων που χρησιμοποιούνται για εκπαίδευση είναι διαφορετικά και αντιπροσωπευτικά του πληθυσμού στο σύνολό του. Αυτό περιλαμβάνει τη συλλογή δεδομένων από όλες υποεκπροσωπούμενες ομάδες, όπως εθνικές μειονότητες, άτομα με αναπηρίες και άτομα από διαφορετικό κοινωνικοοικονομικό υπόβαθρο. Οι προσπάθειες συλλογής δεδομένων θα πρέπει επίσης να επικεντρωθούν στη συμπερίληψη της γενετικής ποικιλότητας ούτως ώστε να διασφαλιστούν ακριβείς διαγνώσεις μεταξύ των πληθυσμών.

Ανίχνευση μεροληψίας κι επεξήγηση: Προκειμένου να διασφαλιστεί η δικαιοσύνη, τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης θα πρέπει να σχεδιάζονται με εργαλεία για τον εντοπισμό και την αντιμετώπιση προκαταλήψεων. Η επεξήγηση (η ικανότητα δηλαδή κατανόησης και εξήγησης του τρόπου με τον οποίο ένα μοντέλο τεχνητής νοημοσύνης λαμβάνει αποφάσεις) είναι ιδιαίτερα σημαντική για τον εντοπισμό και τη διόρθωση των προκαταλήψεων. Αυτό παίζει καθοριστικό ρόλο στην υγειονομική περίθαλψη, όπου τα μοντέλα τεχνητής νοημοσύνης μαύρου κουτιού μπορούν να κρύψουν τα μοτίβα που εισάγουν διακρίσεις στη λήψη αποφάσεων. Σύμφωνα με μελετητές, η επεξήγηση είναι απαραίτητη για την ηθική της τεχνητής νοημοσύνης, καθώς επιτρέπει στους κλινικούς γιατρούς και τους ασθενείς να κατανοήσουν τη βάση μιας απόφασης, αποκαλύπτοντας πιθανώς προκαταλήψεις που διαφορετικά θα περνούσαν απαρατήρητες.

Διαφάνεια και υπευθυνότητα: Οι προγραμματιστές τεχνητής νοημοσύνης πρέπει να είναι διαφανείς σχετικά με τον τρόπο εκπαίδευσης των αλγορίθμων τους, συμπεριλαμβανομένων

των πηγών δεδομένων και τυχόν γνωστών περιορισμών. Οι προγραμματιστές θα πρέπει επίσης να είναι ανοιχτοί σχετικά με τυχόν προκαταλήψεις που υπάρχουν στα δεδομένα και να διασφαλίζουν ότι οι κλινικοί γιατροί κατανοούν αυτούς τους περιορισμούς. Η διαφάνεια ενισχύει την εμπιστοσύνη και συμβάλλει στην ενδυνάμωση της σχέσης των ασθενών και των κλινικών ιατρών, ενώ ταυτόχρονα βοηθά τους ρυθμιστές των συστημάτων τεχνητής νοημοσύνης να λογοδοτούν για τα αποτελέσματά τους.

Τυχαιοποιημένες κλινικές δοκιμές: Ορισμένοι υποστηρίζουν ότι η επεξήγηση μπορεί να μην είναι πάντα απαραίτητη, ειδικά εάν τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης έχουν υποβληθεί σε αυστηρές τυχαιοποιημένες κλινικές δοκιμές και έχουν επιδείξει ασφαλή κι αξιόπιστα αποτελέσματα. Σε αυτές τις περιπτώσεις, η εστίαση θα μπορούσε να μετατοπιστεί από την κατανόηση των ακριβών μηχανισμών της τεχνητής νοημοσύνης στη διασφάλιση παραγωγής αξιόπιστων αποτελεσμάτων σε διαφορετικούς πληθυσμούς. Ωστόσο, αυτό δεν θα μπορούσε να εξαλείψει την ανάγκη παρακολούθησης και αντιμετώπισης προκαταλήψεων.

4. Ηθική ανάπτυξη της τεχνητής νοημοσύνης σε ρυθμίσεις χαμηλών πόρων

Η διασφάλιση της ηθικής στην ανάπτυξη των συστημάτων τεχνητής νοημοσύνης αποτελεί μία από τις μεγαλύτερες προκλήσεις σε χώρες χαμηλού και μεσαίου εισοδήματος (LMIC). Τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης που έχουν σχεδιαστεί για περιβάλλοντα υψηλού εισοδήματος ενδέχεται να μην είναι κατάλληλα για ανάπτυξη σε περιβάλλοντα με περιορισμένους πόρους λόγω διαφορών στην υποδομή υγειονομικής περίθαλψης, την κλινική τεχνογνωσία και τα δημογραφικά στοιχεία του πληθυσμού. Ωστόσο, ο αποκλεισμός των LMIC από τα οφέλη της υγειονομικής περίθαλψης που βασίζεται στην τεχνητή νοημοσύνη θα ενίσχυε μόνο τις υπάρχουσες ανισότητες.

Προσαρμογή με βάση τα συμφραζόμενα: Τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης πρέπει να προσαρμόζονται στην πραγματικότητα και στις συγκεκριμένες ανάγκες των ρυθμίσεων χαμηλών πόρων. Αυτό περιλαμβάνει μοντέλα εκπαίδευσης σε δεδομένα από τοπικούς πληθυσμούς, λαμβάνοντας υπόψη τη διαθεσιμότητα θεραπειών και συνυπολογισμό της υποδομής υγειονομικής περίθαλψης. Για παράδειγμα, ένα σύστημα τεχνητής νοημοσύνης που χρησιμοποιείται σε μια απομακρυσμένη κλινική μπορεί να χρειαστεί να λειτουργεί με περιορισμένη πρόσβαση σε ορισμένες τεχνολογίες ή θεραπείες, κάτι που θα μπορούσε να επηρεάσει τις συστάσεις του.

Ρυθμιστική υποστήριξη και υποστήριξη πόρων: Οι κυβερνήσεις και οι διεθνείς οργανισμοί πρέπει να εφαρμόσουν ρυθμιστικά πλαίσια που προωθούν την ασφαλή και δίκαιη χρήση της τεχνητής νοημοσύνης στα LMIC. Αυτά τα πλαίσια θα πρέπει να διασφαλίζουν ότι τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης πληρούν τα ίδια πρότυπα ασφάλειας και δικαιοσύνης με εκείνα των χωρών υψηλού εισοδήματος, ενώ προσαρμόζονται στα τοπικά πλαίσια. Επιπλέον, θα πρέπει να παρασχεθεί οικονομική και τεχνική υποστήριξη για να μπορέσουν αυτές οι περιοχές να επωφεληθούν από προηγμένες τεχνολογίες τεχνητής νοημοσύνης χωρίς να ενταθούν οι ανισότητες στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης.

5. Αντιμετώπιση εμπορικού απορρήτου και ιδιοκτησιακών ανησυχιών

Ενώ η διαφάνεια είναι το κλειδί για την αντιμετώπιση της μεροληψίας, οι ανησυχίες σχετικά με το εμπορικό απόρρητο και την πνευματική ιδιοκτησία μπορούν να περιορίσουν το άνοιγμα των συστημάτων Artificial Intelligence - Τεχνητής Νοημοσύνης. Οι εταιρείες που αναπτύσσουν συστήματα τεχνητής νοημοσύνης ενδέχεται να αντισταθούν στην αποκάλυψη των ιδιόκτητων αλγορίθμων τους, ισχυριζόμενοι το εμπορικό απόρρητο ως μέσο για την προστασία των καινοτομιών τους. Αυτό δημιουργεί ένα εμπόδιο στην πλήρη διαφάνεια, καθιστώντας δύσκολη την αξιολόγηση του εάν ένα σύστημα τεχνητής νοημοσύνης είναι δίκαιο και αμερόληπτο.

Έλεγχος τρίτων: Μια πιθανή λύση είναι η συμμετοχή τρίτων ελεγκτών που μπορούν να αξιολογήσουν τη δικαιοσύνη και την αποτελεσματικότητα των συστημάτων τεχνητής νοημοσύνης χωρίς να απαιτείται η πλήρης αποκάλυψη αποκλειστικών πληροφοριών. Αυτοί οι ελεγκτές θα μπορούσαν να διασφαλίσουν ότι τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης πληρούν τα ηθικά πρότυπα χωρίς να διακυβεύονται τα εμπορικά συμφέροντα των προγραμματιστών τεχνητής νοημοσύνης.

Ηθική δεοντολογία της Τεχνητής Νοημοσύνης

Η δεοντολογία της Τεχνητής Νοημοσύνης (AI) στηρίζεται στην ανάπτυξη και χρήση τεχνολογιών τεχνητής νοημοσύνης ούτως ώστε να εξασφαλίσει ότι αυτές συνάδουν με τις ανθρώπινες αξίες, τους κοινωνικούς κανόνες και τα νομικά πλαίσια. Καθώς τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης αυξάνονται σε ισχύ και διεισδυτικότητα, οι ηθικοί προβληματισμοί γίνονται όλο και πιο αναγκαίοι για την πρόληψη των πιθανών βλαβών και τη διασφάλιση θετικών αποτελεσμάτων.

Η ηθική της τεχνητής νοημοσύνης έρχεται αντιμέτωπη με διάφορα βασικά ζητήματα:

1. Δικαιοσύνη και Μεροληψία

Τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης, εάν δεν είναι κατάλληλα εκπαιδευμένα, μπορούν να διαιωνίσουν ή να ενισχύσουν τις προκαταλήψεις που υπάρχουν στα δεδομένα εκπαίδευσής τους, οδηγώντας σε άδικο ή μεροληπτικά αποτελέσματα. Η διασφάλιση της δικαιοσύνης απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή στα δεδομένα που χρησιμοποιούνται, στην ποικιλία των συνόλων εκπαίδευσης και στον τρόπο με τον οποίο αναπτύσσονται τα μοντέλα τεχνητής νοημοσύνης. Η ηθική τεχνητή νοημοσύνη απαιτεί τα συστήματα να σχεδιάζονται ώστε να ελαχιστοποιούν την προκατάληψη και να αποτρέπουν τη ζημιά σε μειονεκτούσες ή περιθωριοποιημένες ομάδες.

2. Διαφάνεια και Επεξήγηση

Πολλά μοντέλα τεχνητής νοημοσύνης, λειτουργούν ως «μαύρα κουτιά», που σημαίνει ότι οι διαδικασίες λήψης αποφάσεων είναι συχνά αδιαφανείς. Αυτή η έλλειψη διαφάνειας εγείρει ανησυχίες όταν η τεχνητή νοημοσύνη χρησιμοποιείται σε κρίσιμους τομείς όπως η υγειονομική περίθαλψη, τα οικονομικά ή η ποινική δικαιοσύνη. Η ηθική τεχνητή νοημοσύνη περιλαμβάνει τη δημιουργία συστημάτων που είναι εξηγήσιμα, όπου οι χρήστες μπορούν να κατανοήσουν πώς λαμβάνονται οι αποφάσεις και επιτρέπουν την υπευθυνότητα.

3. Προστασία απορρήτου και δεδομένων

Η τεχνητή νοημοσύνη συχνά βασίζεται σε τεράστιες ποσότητες δεδομένων, συμπεριλαμβανομένων των προσωπικών πληροφοριών. Η ηθική χρήση της τεχνητής νοημοσύνης απαιτεί ισχυρή προστασία απορρήτου δεδομένων, διασφαλίζοντας ότι οι πληροφορίες των ατόμων συλλέγονται, αποθηκεύονται και υποβάλλονται σε επεξεργασία με υπευθυνότητα. Η συμμόρφωση με τους νόμους περί προστασίας δεδομένων όπως ο GDPR είναι ζωτικής σημασίας για την ανάπτυξη ηθικής τεχνητής νοημοσύνης.

4. Αυτονομία και Έλεγχος

Τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης μπορούν μερικές φορές να ενεργούν με τρόπους που μειώνουν την ανθρώπινη δράση, όπως όταν τα αυτόνομα συστήματα λαμβάνουν αποφάσεις χωρίς ανθρώπινη συνδρομή ή επίβλεψη. Η ηθική τεχνητή νοημοσύνη θα πρέπει να ενδυναμώνει τους ανθρώπους, επιτρέποντας ουσιαστικό έλεγχο και λήψη αποφάσεων, ιδιαίτερα σε καταστάσεις με σημαντικές προσωπικές ή κοινωνικές συνέπειες.

5. Ευθύνη και υπευθυνότητα

Σε περιπτώσεις όπου τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης προκαλούν βλάβη, μπορεί να είναι ασαφές ποιος είναι υπεύθυνος—ο προγραμματιστής, ο προγραμματιστής ή το ίδιο το ΑΙ. Η καθιέρωση σαφών γραμμών λογοδοσίας είναι κρίσιμης σημασίας για τις ηθικές πρακτικές τεχνητής νοημοσύνης. Οι προγραμματιστές και οι οργανισμοί πρέπει να αναλάβουν την ευθύνη για τον αντίκτυπο των συστημάτων τους στην κοινωνία.

6. Μετατόπιση εργασίας και οικονομικός αντίκτυπος

Η τεχνητή νοημοσύνη έχει τη δυνατότητα να διαταράξει τις αγορές εργασίας αυτοματοποιώντας εργασίες που παραδοσιακά εκτελούνται από ανθρώπους. Οι ηθικοί προβληματισμοί θα πρέπει να περιλαμβάνουν τις κοινωνικοοικονομικές συνέπειες της τεχνητής νοημοσύνης, υποστηρίζοντας πολιτικές που αντιμετωπίζουν την εκτόπιση θέσεων εργασίας και διασφαλίζουν ότι τα οφέλη της τεχνητής νοημοσύνης κατανέμονται δίκαια στην κοινωνία.

7. Ασφάλεια

Καθώς τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης γίνονται πιο αυτόνομα, η διασφάλιση της ασφάλειας και της αξιοπιστίας τους είναι πρωταρχικής σημασίας. Η ηθική της τεχνητής νοημοσύνης απαιτεί τα συστήματα να ελέγχονται διεξοδικά, να παρακολουθούνται και να προστατεύονται από κακόβουλη χρήση ή ακούσιες επιβλαβείς συνέπειες, όπως αυτόνομα όπλα ή κυβερνοεπιθέσεις που βασίζονται στην τεχνητή νοημοσύνη.

8. Ανθρώπινα δικαιώματα και AI for Good

Η τεχνητή νοημοσύνη θα πρέπει να αναπτυχθεί με τον ευρύτερο στόχο της προώθησης των ανθρωπίνων δικαιωμάτων και του παγκόσμιου καλού. Αυτό περιλαμβάνει τη χρήση της τεχνητής νοημοσύνης για θετικά κοινωνικά αποτελέσματα, όπως οι βελτιώσεις στην υγειονομική περίθαλψη, ο μετριασμός της κλιματικής αλλαγής και η πρόσβαση στην εκπαίδευση, ενώ αποτρέπεται η χρήση της με τρόπους που υπονομεύουν τη δημοκρατία ή επιδεινώνουν την ανισότητα.

9. Μακροπρόθεσμες επιπτώσεις κι υπαρξιακοί κίνδυνοι

Ορισμένες ηθικές συζητήσεις γύρω από την τεχνητή νοημοσύνη περιλαμβάνουν ανησυχίες σχετικά με τις μακροπρόθεσμες επιπτώσεις της τεχνητής γενικής νοημοσύνης (AGI) ή της

υπερνοημοσύνης, που θα μπορούσαν ενδεχομένως να ξεπεράσουν την ανθρώπινη νοημοσύνη. Η ηθική τεχνητή νοημοσύνη απαιτεί εστίαση στη διασφάλιση ότι τα προηγμένα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης είναι ευθυγραμμισμένα με τις ανθρώπινες αξίες και δεν αποτελούν υπαρκτές απειλές για την ανθρωπότητα.

Τεχνητή νοημοσύνη στην οφθαλμολογία

Η τεχνητή νοημοσύνη (Artificial Intelligence-AI) έχει συνεισφέρει εξίσου και στον τομέα της οφθαλμολογίας, όπου χρησιμοποιείται για τη βελτίωση της διάγνωσης, της θεραπείας και των αποτελεσμάτων των ασθενών για διάφορες οφθαλμικές παθήσεις.

Οι τεχνολογίες τεχνητής νοημοσύνης, ειδικά η μηχανική μάθηση (Machine Learning-ML) και η βαθιά μάθηση (Deep Learning-DL), έχουν θέσει ψηλά τον πήχη για την αυτοματοποίηση της ανάλυσης εικόνας, τον εντοπισμό οφθαλμικών ασθενειών και τη βοήθεια στη λήψη κλινικών αποφάσεων, μειώνοντας ταυτόχρονα τον απαιτούμενο χρόνο.

Βασικές εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης στην Οφθαλμολογία:

1. Ανίχνευση και διάγνωση ασθενειών

Η τεχνητή νοημοσύνη είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική στην ανάλυση ιατρικών εικόνων από συσκευές όπως κάμερες βυθού, οπτική τομογραφία συνοχής (OCT) και φωτογραφίες με σχισμοειδή λυχνία για την έγκαιρη και ακριβή ανίχνευση οφθαλμικών ασθενειών. Οι συνήθεις συνθήκες στις οποίες εφαρμόζεται η τεχνητή νοημοσύνη περιλαμβάνουν:

Διαβητική αμφιβληστροειδοπάθεια (Diabetic Retinopathy-DR): Τα μοντέλα τεχνητής νοημοσύνης, ιδιαίτερα τα συνελκτικά νευρωνικά δίκτυα (Convolutional Neural Networks-CNN), έχουν εκπαιδευτεί να ανιχνεύουν τη διαβητική αμφιβληστροειδοπάθεια από εικόνες αμφιβληστροειδούς με υψηλή ακρίβεια. Σε ορισμένες περιπτώσεις, η τεχνητή νοημοσύνη έχει ταιριάζει ή και ξεπεράσει τους ανθρώπινους οφθαλμιάτρους όσον αφορά τον εντοπισμό σημείων διαβητικής αμφιβληστροειδοπάθειας.

Γλαύκωμα: Η τεχνητή νοημοσύνη χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση της βλάβης του οπτικού νεύρου από σαρώσεις OCT ή εικόνες βυθού, επιτρέποντας την έγκαιρη διάγνωση του γλαυκώματος, το οποίο είναι κρίσιμο για την πρόληψη της μη αναστρέψιμης απώλειας όρασης.

Ηλικιακή εκφύλιση της ωχράς κηλίδας (Age-related Macular Degeneration): Οι αλγόριθμοι της τεχνητής νοημοσύνης μπορούν να ταξινομήσουν στάδια της AMD με βάση

την απεικόνιση OCT, βοηθώντας στην έγκαιρη ανίχνευση και παρακολούθηση της εξέλιξης της νόσου.

Καταρράκτης: Τα εργαλεία τεχνητής νοημοσύνης μπορούν να αναγνωρίσουν τον καταρράκτη από εικόνες με σχισμοειδή λυχνία και να βοηθήσουν τους χειρουργούς στον προεγχειρητικό σχεδιασμό παρέχοντας πληροφορίες για τα χαρακτηριστικά των φακών και τις χειρουργικές τεχνικές.

2. Απεικονιστική και Διαλογή

Τα εργαλεία τεχνητής νοημοσύνης ενσωματώνονται σε προγράμματα προσυμπτωματικού ελέγχου για να βοηθήσουν στον εντοπισμό ασθενών που χρειάζονται επείγουσα θεραπεία. Αυτά τα συστήματα μπορούν να αυτοματοποιήσουν τη διαδικασία προσυμπτωματικού ελέγχου, επιτρέποντας σε μη ειδικούς ή τεχνικούς να τραβήξουν εικόνες αμφιβληστροειδούς που στη συνέχεια αναλύονται από την τεχνητή νοημοσύνη για σημεία ασθένειας, μειώνοντας την επιβάρυνση των ειδικών.

Σε περιβάλλοντα χαμηλών πόρων όπου η πρόσβαση σε εξειδικευμένους οφθαλμιάτρους είναι περιορισμένη, τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης μπορούν να βοηθήσουν στη διαλογή των ασθενών, διασφαλίζοντας ότι τα άτομα με σοβαρές παθήσεις έχουν προτεραιότητα για θεραπεία.

3. Προληπτική ανάλυση

Η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να βοηθήσει στην πρόβλεψη της εξέλιξης της νόσου αναλύοντας μεγάλα σύνολα δεδομένων πληροφοριών ασθενών, συμπεριλαμβανομένων γενετικών δεδομένων, απεικόνισης και κλινικών ιστορικών. Για παράδειγμα, αναπτύσσονται μοντέλα τεχνητής νοημοσύνης για να προβλέψουν την πιθανότητα απώλειας όρασης σε ασθενείς με γλαύκωμα ή εκφύλιση ωχράς κηλίδας, επιτρέποντας πιο εξατομικευμένα καθώς και προληπτικά σχέδια θεραπείας.

4. Χειρουργική Βοήθεια και Πρόβλεψη Αποτελεσμάτων

Η τεχνητή νοημοσύνη αναπτύσσεται για την υποστήριξη οφθαλμικών επεμβάσεων, όπως χειρουργικές επεμβάσεις καταρράκτη ή αμφιβληστροειδούς. Τα εργαλεία τεχνητής νοημοσύνης μπορούν να παρέχουν καθοδήγηση κατά τη διάρκεια των διαδικασιών προβλέποντας πιθανές επιπλοκές ή χρησιμοποιώντας προεγχειρητικά δεδομένα για τη βελτίωση του χειρουργικού σχεδιασμού. Επιπλέον, η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να αναλύει τα χειρουργικά αποτελέσματα για να βελτιώσει τις μελλοντικές διαδικασίες και να βοηθήσει στη βελτίωση των χειρουργικών τεχνικών.

5. Τηλεϊατρική και Τηλεπαρακολούθηση

Οι πλατφόρμες με δυνατότητα ΑΙ βελτιώνουν την πρόσβαση στην οφθαλμική φροντίδα μέσω της τηλεϊατρικής. Οι ασθενείς μπορούν να τραβήξουν εικόνες αμφιβληστροειδούς χρησιμοποιώντας συστήματα που βασίζονται σε εφαρμογές smartphone ή εξειδικευμένες συσκευές, οι οποίες στη συνέχεια αναλύονται από αλγόριθμους τεχνητής νοημοσύνης εξ αποστάσεως. Αυτό επιτρέπει τη διαβούλευση σε πραγματικό χρόνο και τη φροντίδα παρακολούθησης χωρίς να απαιτείται από τους ασθενείς να επισκέπτονται φυσικά μια κλινική. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η τονομέτρηση της ενδοφθάλμιας πίεσης από τον ίδιο τον ασθενή στο σπίτι κι η αποστολή του αποτελέσματος της εξέτασης στον θεράποντα ιατρό.

6. Έρευνα και Ανάπτυξη Φαρμάκων

Η τεχνητή νοημοσύνη επιταχύνει επίσης την έρευνα στην οφθαλμολογία αναλύοντας τεράστια σύνολα δεδομένων από κλινικές δοκιμές, αρχεία ασθενών και μελέτες απεικόνισης. Αυτό βοηθά τους ερευνητές να εντοπίσουν πιθανούς βιοδείκτες, να αξιολογήσουν την αποτελεσματικότητα του φαρμάκου και να κατανοήσουν αποτελεσματικότερα τους μηχανισμούς της νόσου. Αυτό θα μπορούσε να συμβάλλει ακόμη και στην εξέλιξη της γονιδιακής θεραπείας.

Πλεονεκτήματα της τεχνητής νοημοσύνης στην Οφθαλμολογία:

Αυξημένη ακρίβεια: Η τεχνητή νοημοσύνη έχει επιδείξει υψηλή ακρίβεια, ευαισθησία και ειδικότητα στην ανίχνευση διαφόρων οφθαλμικών παθήσεων, συχνά ισοδύναμη ή υπερβαίνουσα του ανθρώπου.

Επεκτασιμότητα: Τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης μπορούν να αναλύσουν χιλιάδες εικόνες σε σύντομο χρονικό διάστημα, καθιστώντας τις ανεκτίμητες σε προγράμματα ελέγχου μεγάλης κλίμακας καθώς και σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης ή έλλειψης προσωπικού.

Κόστος-αποτελεσματικότητα: Η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να μειώσει το κόστος αυτοματοποιώντας διαδικασίες που διαφορετικά απαιτούν το χρόνο και την τεχνογνωσία εκπαιδευμένων οφθαλμιάτρων.

Έγκαιρη ανίχνευση: Η ικανότητα του ΑΙ να ανιχνεύει ανεπαίσθητες αλλαγές στις εικόνες του αμφιβληστροειδούς επιτρέπει την έγκαιρη διάγνωση, αποτρέποντας πιθανώς την απώλεια όρασης σε καταστάσεις όπως η διαβητική αμφιβληστροειδοπάθεια και η AMD.

Προκλήσεις και προβληματισμοί:

Ποιότητα δεδομένων: Τα μοντέλα τεχνητής νοημοσύνης βασίζονται σε μεγάλο βαθμό στην ποιότητα των δεδομένων που χρησιμοποιούνται για εκπαίδευση. Οι εικόνες κακής ποιότητας ή τα μεροληπτικά σύνολα δεδομένων μπορεί να οδηγήσουν σε ανακριβείς προβλέψεις και σε λάθος διαγνώσεις από τους θεράποντες ιατρούς. Η ανακριβής διάγνωση θα έχει άμεσο αντίκτυπο στον ίδιο τον ασθενή, επηρεάζοντας την εξέλιξη της νόσου.

Κανονιστική έγκριση: Τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης πρέπει να υποβληθούν σε αυστηρό έλεγχο και επικύρωση πριν εγκριθούν για κλινική χρήση. Ρυθμιστικά πλαίσια όπως το FDA εξακολουθούν να εξελίσσονται για να φιλοξενούν ιατρικές συσκευές που βασίζονται σε τεχνητή νοημοσύνη.

Ενσωμάτωση με κλινικές ροές εργασίας: Για να είναι επιτυχημένα τα εργαλεία τεχνητής νοημοσύνης, πρέπει να ενσωματώνονται απρόσκοπτα στις υπάρχουσες κλινικές ροές εργασίας, διασφαλίζοντας ότι βοηθούν αντί να διαταράσσουν το έργο των επαγγελματιών υγείας.

Αξιοσημείωτα συστήματα ΑΙ στην Οφθαλμολογία:

IDx-DR: Ένα από τα πρώτα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης που εγκρίθηκε από τον FDA, το IDx-DR έχει σχεδιαστεί για να ανιχνεύει τη διαβητική αμφιβληστροειδοπάθεια αναλύοντας εικόνες αμφιβληστροειδούς χωρίς την ανάγκη συμβολής κλινικού γιατρού.

Το DeepMind της Google: Η DeepMind έχει αναπτύξει αλγόριθμους τεχνητής νοημοσύνης που μπορούν να διαγνώσουν πάνω από 50 οφθαλμικές παθήσεις με ακρίβεια συγκρίσιμη με τους κορυφαίους οφθαλμίατρους αναλύοντας σαρώσεις OCT.

Μελλοντικές προοπτικές:

Το μέλλον της τεχνητής νοημοσύνης στην οφθαλμολογία φαίνεται πολλά υποσχόμενο. Αναμένεται να συμβάλλει με πιθανές προόδους όπως η υποστήριξη αποφάσεων σε πραγματικό χρόνο κατά τη διάρκεια της χειρουργικής επέμβασης, οι βελτιωμένες τηλε-οφθαλμολογικές υπηρεσίες και η ανάπτυξη μοντέλων τεχνητής νοημοσύνης που μπορούν να προβλέψουν τις απαντήσεις στη θεραπεία με βάση τα μεμονωμένα χαρακτηριστικά του ασθενούς.

Ο συνδυασμός ΑΙ με φορητές συσκευές, έξυπνα διαγνωστικά και εξατομικευμένη ιατρική πιθανότατα θα φέρει επανάσταση στη φροντίδα των οφθαλμών τα επόμενα χρόνια.

Ηθικοί προβληματισμοί στην επιστήμη της Οφθαλμολογίας

Η ηθική στην οφθαλμολογία, όπως και σε όλους τους ιατρικούς τομείς, είναι κρίσιμη για τη διασφάλιση του υψηλότερου επιπέδου περίθαλψης, διασφαλίζοντας παράλληλα τα δικαιώματα, την ιδιωτική ζωή και την ευημερία των ασθενών.

Οι ηθικοί προβληματισμοί στην οφθαλμολογία καλύπτουν διάφορες πτυχές, από τη συναίνεση και το απόρρητο του ασθενούς έως τη λήψη αποφάσεων και την υπεύθυνη χρήση αναδυόμενων τεχνολογιών όπως η τεχνητή νοημοσύνη (AI).

Παρακάτω αναφέρονται επιγραμματικά οι βασικοί τομείς ηθικού προβληματισμού στην επιστήμη της Οφθαλμολογίας:

1. Συναίνεση μετά από ενημέρωση

Σαφής επικοινωνία: Ο ασθενής πρέπει να είναι πλήρως ενημερωμένος για τη διάγνωση, τις θεραπευτικές επιλογές, τους κινδύνους και τα οφέλη πριν λάβει αποφάσεις. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό στην οφθαλμολογία, όπου οι θεραπείες ή οι χειρουργικές επεμβάσεις (όπως χειρουργική επέμβαση καταρράκτη, επεμβάσεις λείζερ ή ενέσεις για ασθένειες του αμφιβληστροειδούς) μπορεί να έχουν σημαντικές επιπτώσεις στην όραση.

Ικανότητα συναίνεσης: Οι ασθενείς με προβλήματα όρασης μπορεί επίσης να έχουν άλλες γνωστικές ή σωματικές προκλήσεις, γεγονός που καθιστά απαραίτητο να αξιολογηθεί εάν μπορούν να κατανοήσουν πλήρως τις παρεχόμενες πληροφορίες. Εάν όχι, πρέπει να εμπλακούν κατάλληλοι κηδεμόνες ή υποκατάστατα.

Εκλεκτικές επεμβάσεις: Σε περιπτώσεις όπου εξετάζονται εκλεκτικές επεμβάσεις, όπως η διαθλαστική χειρουργική (π.χ., LASIK), οι ασθενείς πρέπει να ενημερώνονται για τους πιθανούς κινδύνους, τις εναλλακτικές θεραπείες καθώς και για το γεγονός ότι η συγκεκριμένη διαδικασία δεν είναι ιατρικά απαραίτητη.

2. Εμπιστευτικότητα και ασφάλεια δεδομένων

Ιδιωτικό απόρρητο ασθενούς: Η προστασία του απορρήτου των ασθενών αποτελεί βασική ηθική ευθύνη στην οφθαλμολογία, όπως και σε όλους τους τομείς της υγειονομικής περίθαλψης. Τα δεδομένα ασθενών, συμπεριλαμβανομένων των ιατρικών αρχείων και των αποτελεσμάτων απεικόνισης (όπως σαρώσεις αμφιβληστροειδούς), πρέπει να αποθηκεύονται με ασφάλεια και να κοινοποιούνται μόνο σε εξουσιοδοτημένο προσωπικό.

Τηλεϊατρική και τεχνητή νοημοσύνη: Με την αυξανόμενη χρήση της τεχνητής νοημοσύνης και της τηλεϊατρικής στην οφθαλμολογία, υπάρχουν αυξανόμενες ανησυχίες σχετικά με την ασφάλεια των δεδομένων. Η δεοντολογική πρακτική απαιτεί αυστηρές διασφαλίσεις για να διασφαλιστεί ότι τα δεδομένα των ασθενών προστατεύονται όταν μεταδίδονται ηλεκτρονικά ή αναλύονται από συστήματα τεχνητής νοημοσύνης.

3. Χρήση Τεχνητής Νοημοσύνης (AI)

Μεροληψία και δικαιοσύνη: Η τεχνητή νοημοσύνη χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο στην οφθαλμολογία για τη διάγνωση καταστάσεων όπως η διαβητική αμφιβληστροειδοπάθεια, το γλαύκωμα και η ηλικιακή εκφύλιση της ωχράς κηλίδας. Ωστόσο, υπάρχουν ηθικές ανησυχίες σχετικά με την προκατάληψη στους αλγόριθμους τεχνητής νοημοσύνης. Εάν τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης εκπαιδεύονται σε μη αντιπροσωπευτικά σύνολα δεδομένων, ενδέχεται να μην αξιολογούν σε ικανοποιητικό βαθμό τους πληθυσμούς ασθενών, οδηγώντας ενδεχομένως σε λανθασμένη διάγνωση ή άνιση φροντίδα.

Επίβλεψη και λήψη αποφάσεων: Η τεχνητή νοημοσύνη θα πρέπει να συμπληρώνει, να διευκολύνει κι όχι να αντικαθιστά, την ανθρώπινη κρίση. Οι οφθαλμίατροι έχουν ηθική ευθύνη να επιβλέπουν τις συστάσεις που δημιουργούνται από την τεχνητή νοημοσύνη και να διασφαλίζουν ότι οι ασθενείς κατανοούν ότι η τεχνητή νοημοσύνη χρησιμοποιείται ως βοηθητικό εργαλείο και όχι ως ο μόνος υπεύθυνος λήψης αποφάσεων στη φροντίδα τους.

Διαφάνεια και υπευθυνότητα: Όταν χρησιμοποιούνται συστήματα τεχνητής νοημοσύνης, είναι σημαντικό να διατηρείται διαφάνεια με τους ασθενείς σχετικά με τον τρόπο χρήσης αυτών των εργαλείων και να διασφαλίζεται η λογοδοσία εάν τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης αποτύχουν ή οδηγήσουν σε εσφαλμένες διαγνώσεις.

4. Αυτονομία Ασθενούς και Κοινή Λήψη Αποφάσεων

Σεβασμός της αυτονομίας: Ο σεβασμός της αυτονομίας του ασθενούς περιλαμβάνει τη συμμετοχή των ασθενών στις αποφάσεις σχετικά με τη φροντίδα τους και τον σεβασμό των προτιμήσεών τους, ακόμη και όταν διαφέρουν από τη σύσταση του γιατρού. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό σε θεραπείες που σχετίζονται με την όραση, καθώς ο αντίκτυπος στην ποιότητα ζωής του ασθενούς μπορεί να ποικίλλει ανάλογα με τις προσωπικές συνθήκες και αξίες.

Συμμετοχή μελών της οικογένειας: Σε ορισμένες περιπτώσεις, ειδικά όταν εμπλέκονται ηλικιωμένοι ασθενείς ή άτομα με προβλήματα όρασης, μπορεί να χρειαστεί να συμπεριληφθούν μέλη της οικογένειας στη διαδικασία λήψης αποφάσεων. Ωστόσο, αυτό πρέπει να γίνεται με σεβασμό στις επιθυμίες και τα δικαιώματα του ασθενούς.

Διαχείριση προσδοκιών: Σε εκλεκτικές ή υψηλού κινδύνου διαδικασίες, όπως διαθλαστικές επεμβάσεις ή πειραματικές θεραπείες, οι οφθαλμίατροι έχουν ηθικό καθήκον να διασφαλίζουν ότι οι ασθενείς έχουν ρεαλιστικές προσδοκίες σχετικά με τα αποτελέσματα, τις πιθανές παρενέργειες και τους κινδύνους που εμπεριέχονται.

5. Αντιμετώπιση Ευάλωτων Πληθυσμών

Πρόσβαση στην περίθαλψη: Η ηθική πρακτική της οφθαλμολογίας περιλαμβάνει τη διασφάλιση δίκαιης πρόσβασης στη φροντίδα των ευάλωτων πληθυσμών, όπως οι ηλικιωμένοι, τα άτομα με αναπηρίες και τα άτομα σε κοινότητες με χαμηλό εισόδημα. Δεδομένου ότι η φροντίδα των οφθαλμών μπορεί να επηρεάσει σημαντικά την ποιότητα ζωής, ιδιαίτερα για όσους διατρέχουν κίνδυνο τύφλωσης, η διασφάλιση της ίσης πρόσβασης είναι ζωτικής σημασίας.

Γηριατρικοί ασθενείς: Μπορεί να προκύψουν ηθικά ζητήματα κατά τη θεραπεία ηλικιωμένων ασθενών, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις προοδευτικών ασθενειών όπως το γλαύκωμα ή ο καταρράκτης. Οι γιατροί οφείλουν να εξισορροπούν τα οφέλη της επιθετικής θεραπείας με τους πιθανούς κινδύνους, λαμβάνοντας υπόψη τη συνολική υγεία, το προσδόκιμο ζωής και τις προσωπικές προτιμήσεις του ασθενούς.

Παιδιά και συναίνεση: Η παιδιατρική οφθαλμολογία απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή σε θέματα συναίνεσης και λήψης αποφάσεων, καθώς οι μικροί ασθενείς δεν μπορούν να κατανοήσουν πλήρως τους κινδύνους και τα οφέλη ορισμένων θεραπειών. Σε αυτές τις περιπτώσεις, οι κηδεμόνες πρέπει να παρέχουν τη συγκατάθεσή τους, αλλά το βέλτιστο συμφέρον του παιδιού πρέπει πάντα να είναι το πρωταρχικό μέλημα.

6. Κατανομή πόρων και κόστος περίθαλψης

Δίκαιη κατανομή πόρων: Με συχνά περιορισμένους πόρους υγειονομικής περίθαλψης, οι οφθαλμίατροι αντιμετωπίζουν ηθικά διλήμματα σχετικά με τη δίκαιη κατανομή των θεραπειών κι ιδιαίτερα των δαπανηρών, που αφορούν κυρίως σε προηγμένες χειρουργικές επεμβάσεις ή στα φάρμακα υψηλής ποιότητας. Η διασφάλιση της πρόσβασης όλων των ασθενών σε βασικές θεραπείες, χωρίς αδικαιολόγητη οικονομική επιβάρυνση, αποτελεί βασικό ηθικό μέλημα.

Προτεραιότητα στη φροντίδα: Σε ορισμένες περιπτώσεις, ειδικά σε δημόσια συστήματα ή συστήματα υγειονομικής περίθαλψης περιορισμένων πόρων, πρέπει να ληφθούν αποφάσεις σχετικά με το ποιοι ασθενείς λαμβάνουν πρώτα ορισμένες θεραπείες. Σε αυτή την κατηγορία κατατάσσονται οι μεταμοσχεύσεις κερατοειδούς ή χειρουργικές επεμβάσεις καταρράκτη, και βλεφαρόπτωσης. Αυτές οι αποφάσεις θα πρέπει να βασίζονται στην ιατρική ανάγκη και στη δικαιοσύνη και όχι στην ικανότητα πληρωμής του ασθενούς.

7. Ηθικά Θέματα Έρευνας και Καινοτομίας

Κλινικές δοκιμές: Η κλινική οφθαλμολογία συχνά περιλαμβάνει έρευνα για νέες θεραπείες, συμπεριλαμβανομένων φαρμάκων, καινούργιων χειρουργικών τεχνικών ή συσκευών (όπως οι ενδοφθάλμιοι φακοί κι η ρομποτική χειρουργική). Η ενημερωμένη συναίνεση είναι κρίσιμης σημασίας στις κλινικές δοκιμές, με τους ασθενείς να χρειάζονται σαφή κατανόηση

ότι συμμετέχουν στην έρευνα, ότι τα αποτελέσματα δεν είναι εγγυημένα κι ότι η εξέλιξη της νόσου αμφίβολη.

Πειραματικές Θεραπείες: Η προσφορά πειραματικών θεραπειών ή χειρουργικών επεμβάσεων χωρίς σαφή στοιχεία οφέλους παρουσιάζει ένα ηθικό δίλημμα. Οι οφθαλμίατροι πρέπει να εξισορροπούν την καινοτομία με την ασφάλεια των ασθενών και να συστήνουν τέτοιες θεραπείες μόνο όταν τα πιθανά οφέλη υπερτερούν των κινδύνων.

Η τεχνητή νοημοσύνη στην έρευνα: Καθώς τα εργαλεία τεχνητής νοημοσύνης ενσωματώνονται στην έρευνα, η διαφάνεια σχετικά με τη χρήση δεδομένων και τις επιπτώσεις των ευρημάτων έρευνας που βασίζονται στην τεχνητή νοημοσύνη είναι κρίσιμη για τη διατήρηση των δεοντολογικών προτύπων.

8. Διαχείριση Συγκρούσεων Συμφερόντων

Οικονομικά κίνητρα: Σε ορισμένες περιπτώσεις, οι οφθαλμίατροι μπορεί να αντιμετωπίσουν σύγκρουση συμφερόντων, ειδικά εάν έχουν οικονομικούς δεσμούς με ορισμένους παρόχους θεραπείας, εταιρείες ιατροτεχνολογικών προϊόντων ή φαρμακευτικές εταιρείες. Δεοντολογικά, αυτές οι συγκρούσεις θα πρέπει να αποκαλύπτονται στους ασθενείς και οι αποφάσεις θα πρέπει να λαμβάνονται με βάση αποκλειστικά το καλύτερο για τον ασθενή.

Ηθικό μάρκετινγκ: Ειδικά σε τομείς όπως η διαθλαστική χειρουργική ή οι αισθητικές επεμβάσεις στα μάτια, οι ηθικές πρακτικές μάρκετινγκ είναι απαραίτητες. Οι γιατροί πρέπει να αποφεύγουν να παραπλανούν τους ασθενείς με υπερβολικούς ισχυρισμούς για οφέλη ή να ελαχιστοποιούν τους πιθανούς κινδύνους σε διαφημίσεις ή διαβουλεύσεις.

9. Φροντίδα στο τέλος της ζωής και διατήρηση της όρασης

Εξισορρόπηση επιθετικής θεραπείας: Σε περιπτώσεις όπου οι ασθενείς πλησιάζουν στο τέλος της ζωής τους ή έχουν πολλαπλές επιπλοκές υγείας, η απόφαση να ακολουθήσουν επιθετικές θεραπείες για τη διατήρηση της όρασης μπορεί να είναι ηθικά περίπλοκη και να αποβεί μοιραία. Είναι σημαντικό να σταθμιστούν τα πιθανά οφέλη από τη διατήρηση της όρασης σε σχέση με τη συνολική ποιότητα ζωής και το ευρύτερο πλαίσιο υγείας του ασθενούς.

Οι επιθυμίες του ασθενούς: Ο σεβασμός των επιθυμιών ενός ασθενούς όσον αφορά τη φροντίδα στο τέλος της ζωής του, συμπεριλαμβανομένων των αποφάσεων σχετικά με την απόρριψη ή την αποδοχή διαδικασιών αποκατάστασης της όρασης, είναι ηθικά κρίσιμος κι αναγκαίος.

10. Παγκόσμια Πρόσβαση Οφθαλμολογίας και Οφθαλμικής Φροντίδας

Vision Care σε ρυθμίσεις χαμηλών πόρων: Σε παγκόσμιο επίπεδο, εκατομμύρια άνθρωποι υποφέρουν από τύφλωση που μπορεί να προληφθεί, λόγω έλλειψης πρόσβασης στη βασική οφθαλμική περίθαλψη. Η ηθική οφθαλμολογία περιλαμβάνει την υπεράσπιση και τη συμμετοχή σε πρωτοβουλίες για την παροχή φροντίδας της όρασης σε υπο-εξυπηρετούμενες περιοχές.

Ανθρωπιστικές προσπάθειες: Οι οφθαλμίατροι που συμμετέχουν σε διεθνή προσέγγιση ή αποστολές πρέπει να διασφαλίζουν ότι η εργασία τους τηρεί υψηλά ηθικά πρότυπα, αποφεύγοντας πρακτικές εκμετάλλευσης και διασφαλίζοντας ότι οι θεραπείες είναι βιώσιμες και προς το συμφέρον των τοπικών πληθυσμών.

Συζήτηση

Η τεχνητή νοημοσύνη (TN) δεν είναι μια απλή μόδα που θα ξεθωριάσει, αλλά μια τεχνολογία με διαρκή και βαθιά επίδραση σε πολλούς τομείς της ζωής μας. Ενώ υπάρχουν τάσεις που μπορεί να υπερεκτιμώνται σε ορισμένες φάσεις, η ίδια η τεχνολογία έχει ήδη αποδείξει την αξία και τις δυνατότητές της σε κρίσιμους τομείς. Αν και είναι πιθανό να υπάρξουν "κύματα ενθουσιασμού" που θα ξεθωριάσουν, η TN είναι μια θεμελιώδης τεχνολογία που θα συνεχίσει να προσαρμόζεται και να εξελίσσεται. Το μέλλον της δεν είναι να "περάσει", αλλά να ενσωματωθεί όλο και πιο βαθιά στις ζωές μας.

Η τεχνητή νοημοσύνη (TN), παρόλο που παρουσιάζει εντυπωσιακές δυνατότητες σε πολλούς τομείς, δεν πρόκειται να αντικαταστήσει πλήρως τον άνθρωπο για διάφορους λόγους που σχετίζονται με τις περιορισμένες ικανότητές της, τον ρόλο του ανθρώπου στη δημιουργία και διαχείρισή της, καθώς και τις ηθικές και κοινωνικές της διαστάσεις.

i) Έλλειψη ανθρώπινης δημιουργικότητας και συνείδησης: Η τεχνητή νοημοσύνη βασίζεται σε δεδομένα και αλγόριθμους, αλλά δεν διαθέτει συνείδηση, συναισθήματα ή τη δυνατότητα να δημιουργεί αυθεντικές ιδέες όπως ένας άνθρωπος.

ii) Αδυναμία κατανόησης πολυδιάστατων καταστάσεων: Οι αλγόριθμοι δεν μπορούν να αντιμετωπίσουν αβέβαιες ή μη προβλέψιμες καταστάσεις με τον ίδιο τρόπο που ένας άνθρωπος μπορεί να αξιοποιήσει την εμπειρία και την κρίση του.

Ο ρόλος του ανθρώπου στη δημιουργία και διαχείριση της τεχνητής νοημοσύνης συνεχίζει να παραμένει καθοριστικός. Η ανάπτυξη, συντήρηση και βελτίωση των συστημάτων Τεχνητής Νοημοσύνης απαιτεί ανθρώπινη τεχνογνωσία. Χωρίς ανθρώπους, η τεχνητή νοημοσύνη δεν μπορεί να προσαρμοστεί στις συνεχώς μεταβαλλόμενες ανάγκες. Οι τελικές αποφάσεις σε κρίσιμους τομείς, όπως η υγεία ή η δικαιοσύνη, παραμένουν υπό την ευθύνη των ανθρώπων, λόγω της ανάγκης για ηθική κρίση και κοινωνική ευθύνη. Επιπροσθέτως, η τεχνητή νοημοσύνη δεν μπορεί να αντιληφθεί την ηθική ή τις κοινωνικές αξίες. Ο άνθρωπος παραμένει ο εγγυητής της ηθικής χρήσης της τεχνολογίας. Ενώ η Τεχνητή Νοημοσύνη μπορεί να αυτοματοποιήσει επαναλαμβανόμενες ή διαδικαστικές εργασίες, οι δημιουργικές, στρατηγικές και συναισθηματικά εμπλεκόμενες εργασίες παραμένουν αποκλειστικό προνόμιο των ανθρώπων.

Η TN δεν είναι ανεξάρτητη οντότητα, αλλά εργαλείο που υποστηρίζει και ενισχύει τις ανθρώπινες δυνατότητες. Σε συνδυασμό με τον άνθρωπο, μπορεί να επιτύχει εξαιρετικά αποτελέσματα, αλλά δεν μπορεί να λειτουργήσει αυτόνομα σε πολλαπλά επίπεδα χωρίς

καθοδήγηση. Αντίθετα, ο ρόλος της είναι να συμπληρώνει τις ανθρώπινες δεξιότητες και να ενισχύει την αποδοτικότητα, αφήνοντας τον άνθρωπο να επικεντρώνεται σε πιο δημιουργικούς, στρατηγικούς και κοινωνικούς τομείς.

Μετά την τεχνητή νοημοσύνη (TN), αναμένεται η ανάπτυξη τεχνολογιών που θα την επεκτείνουν και θα την ξεπεράσουν.

Αυτές περιλαμβάνουν τη **Γενική TN**, που θα προσομοιώνει την ανθρώπινη σκέψη, και τη σύνδεση TN με τη **βιοτεχνολογία**, όπως η ενίσχυση της ανθρώπινης νοημοσύνης μέσω εμφυτευμάτων. Η **κβαντική υπολογιστική** θα φέρει νέα επίπεδα υπολογιστικής δύναμης, ενώ οι έρευνες για συνείδηση και συναισθηματική νοημοσύνη στις μηχανές ενδέχεται να ανοίξουν νέα ηθικά και φιλοσοφικά ζητήματα.

Προοπτικές όπως η **υπερνοημοσύνη** και η **τεχνολογική μοναδικότητα** μπορεί να αλλάξουν δραστικά την κοινωνία, ενώ ο **μετα-ανθρωπισμός** θα φέρει τη συνύπαρξη ανθρώπου και μηχανής. Το μέλλον θα εξαρτηθεί από το πώς η ανθρωπότητα θα διαχειριστεί αυτές τις ριζοσπαστικές εξελίξεις.

Βιβλιογραφικές αναφορές

1. Artificial intelligence and deep learning in ophthalmology.

Ting DSW, Pasquale LR, Peng L, Campbell JP, Lee AY, Raman R, Tan GSW, Schmetterer L, Keane PA, Wong TY.

Br J Ophthalmol. 2019 Feb;103(2):167-175. doi: 10.1136/bjophthalmol-2018-313173. Epub 2018 Oct 25.

2. **Artificial Intelligence and Ophthalmology.**

Keskinbora K, Güven F.

Turk J Ophthalmol. 2020 Mar 5;50(1):37-43. doi: 10.4274/tjo.galenos.2020.78989.

3. **Artificial intelligence in ophthalmology.**

Popescu Patoni SI, Muşat AAM, Patoni C, Popescu MN, Munteanu M, Costache IB, Pîrvulescu RA, Muşat O.

Rom J Ophthalmol. 2023 Jul-Sep;67(3):207-213. doi: 10.22336/rjo.2023.37.

4. Digital technology, tele-medicine and **artificial intelligence in ophthalmology**: A global perspective.

Li JO, Liu H, Ting DSJ, Jeon S, Chan RVP, Kim JE, Sim DA, Thomas PBM, Lin H, Chen Y, Sakamoto T, Loewenstein A, Lam DSC, Pasquale LR, Wong TY, Lam LA, Ting DSW.

Prog Retin Eye Res. 2021 May;82:100900. doi: 10.1016/j.preteyeres.2020.100900. Epub 2020 Sep 6.

5. **Artificial Intelligence Meets Neuro-Ophthalmology.**

Leong YY, Vasseneix C, Finkelstein MT, Milea D, Najjar RP.

Asia Pac J Ophthalmol (Phila). 2022 Mar-Apr 01;11(2):111-125. doi: 10.1097/APO.0000000000000512.

6. **Artificial intelligence in ophthalmology**: The path to the real-world clinic.

Li Z, Wang L, Wu X, Jiang J, Qiang W, Xie H, Zhou H, Wu S, Shao Y, Chen W.

Cell Rep Med. 2023 Jul 18;4(7):101095. doi: 10.1016/j.xcrm.2023.101095. Epub 2023 Jun 28.

7. **Artificial intelligence for pediatric ophthalmology.**

Reid JE, Eaton E.

Curr Opin Ophthalmol. 2019 Sep;30(5):337-346. doi: 10.1097/ICU.0000000000000593.

8. Ethics of **Artificial Intelligence** in Medicine and **Ophthalmology**.

Abdullah YI, Schuman JS, Shabsigh R, Caplan A, Al-Aswad LA.
Asia Pac J Ophthalmol (Phila). 2021 May-Jun 01;10(3):289-298. doi:
10.1097/APO.0000000000000397.

9. **Artificial intelligence**: the unstoppable revolution in **ophthalmology**.
Benet D, Pellicer-Valero OJ.
Surv Ophthalmol. 2022 Jan-Feb;67(1):252-270. doi: 10.1016/j.survophthal.2021.03.003.
Epub 2021 Mar 16.

10. Welcoming **artificial intelligence** into **ophthalmology**.
Smith JR.
Clin Exp Ophthalmol. 2023 Nov;51(8):759-760. doi: 10.1111/ceo.14311.

11. **Artificial intelligence** for anterior segment diseases: Emerging applications in
ophthalmology.
Ting DSJ, Foo VH, Yang LWY, Sia JT, Ang M, Lin H, Chodosh J, Mehta JS, Ting DSW.
Br J Ophthalmol. 2021 Feb;105(2):158-168. doi: 10.1136/bjophthalmol-2019-315651. Epub
2020 Jun 12.

12. **Artificial Intelligence in Ophthalmology** - Status Quo and Future Perspectives.
Wawer Matos PA, Reimer RP, Rokohl AC, Caldeira L, Heindl LM, Große Hokamp N.
Semin Ophthalmol. 2023 Apr;38(3):226-237. doi: 10.1080/08820538.2022.2139625. Epub
2022 Nov 10.

13. **Artificial intelligence in ophthalmology** - Machines think!
Honavar SG.
Indian J Ophthalmol. 2022 Apr;70(4):1075-1079. doi: 10.4103/ijo.IJO_644_22.

14. **Artificial intelligence and ophthalmology**: Current status.
Zarranz-Ventura J, Bernal-Morales C, Saenz de Viteri M, Castro Alonso FJ, Urcola JA.
Arch Soc Esp Oftalmol (Engl Ed). 2021 Aug;96(8):399-400. doi:
10.1016/j.oftale.2021.06.001.

15. **Artificial intelligence in ophthalmology** during COVID-19 and in the post COVID-19 era.
Hallak JA, Scanzera AC, Azar DT, Chan RVP.
Curr Opin Ophthalmol. 2020 Sep;31(5):447-453. doi: 10.1097/ICU.0000000000000685.
16. **Artificial intelligence in ophthalmology**: an insight into neurodegenerative disease.
Patil AD, Biousse V, Newman NJ.
Curr Opin Ophthalmol. 2022 Sep 1;33(5):432-439. doi: 10.1097/ICU.0000000000000877.
Epub 2022 Jul 12.
17. **Artificial intelligence** and machine learning in **ophthalmology**: A review.
Srivastava O, Tennant M, Grewal P, Rubin U, Seamone M.
Indian J Ophthalmol. 2023 Jan;71(1):11-17. doi: 10.4103/ijo.IJO_1569_22.
18. Assistive applications of **artificial intelligence in ophthalmology**.
Hubbard DC, Cox P, Redd TK.
Curr Opin Ophthalmol. 2023 May 1;34(3):261-266. doi: 10.1097/ICU.0000000000000939.
Epub 2022 Dec 29.
19. **Artificial intelligence in ophthalmology** and healthcare: An updated review of the techniques in use.
Bali J, Bali O.
Indian J Ophthalmol. 2021 Jan;69(1):8-13. doi: 10.4103/ijo.IJO_1848_19.
20. Use of **artificial intelligence in ophthalmology**: a narrative review.
Martins TGDS, Schor P, Mendes LGA, Fowler S, Silva R.
21. **Artificial intelligence** applications for **Ophthalmology**: Current status.
Rao C, Raman R.
Nepal J Ophthalmol. 2019 Jan;11(21):1-4. doi: 10.3126/nepjoph.v11i1.25409.
22. Clinician-driven **artificial intelligence in ophthalmology**: resources enabling democratization.

Korot E, Gonçalves MB, Khan SM, Struyven R, Wagner SK, Keane PA.
Curr Opin Ophthalmol. 2021 Sep 1;32(5):445-451. doi: 10.1097/ICU.0000000000000785.

23. Artificial Intelligence in Medicine: Where Are We Now?

Kulkarni S, Seneviratne N, Baig MS, Khan AHA.
Acad Radiol. 2020 Jan;27(1):62-70. doi: 10.1016/j.acra.2019.10.001. Epub 2019 Oct 19.

24. The current state of artificial intelligence in ophthalmology.

Kapoor R, Walters SP, Al-Aswad LA.
Surv Ophthalmol. 2019 Mar-Apr;64(2):233-240. doi: 10.1016/j.survophthal.2018.09.002.
Epub 2018 Sep 22.

25. Promising Artificial Intelligence-Machine Learning-Deep Learning Algorithms in Ophthalmology.

Balyen L, Peto T.
Asia Pac J Ophthalmol (Phila). 2019 May-Jun;8(3):264-272. doi: 10.22608/APO.2018479.
Epub 2019 May 31.

26. Artificial intelligence in retina.

Schmidt-Erfurth U, Sadeghipour A, Gerendas BS, Waldstein SM, Bogunović H.
Prog Retin Eye Res. 2018 Nov;67:1-29. doi: 10.1016/j.preteyeres.2018.07.004. Epub 2018 Aug 1.

27. Artificial Intelligence in Ophthalmology: Accuracy, Challenges, and Clinical Application.

Tan Z, Scheetz J, He M.
Asia Pac J Ophthalmol (Phila). 2019 May-Jun;8(3):197-199. doi: 10.22608/APO.2019122.

28. Analysis of international publication trends in artificial intelligence in ophthalmology.

Boudry C, Al Hajj H, Arnould L, Mouriaux F.
Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol. 2022 May;260(5):1779-1788. doi: 10.1007/s00417-021-05511-7. Epub 2022 Jan 9.

29. Introduction to Machine Learning, Neural Networks, and Deep Learning.

Choi RY, Coyner AS, Kalpathy-Cramer J, Chiang MF, Campbell JP.
Transl Vis Sci Technol. 2020 Feb 27;9(2):14. doi: 10.1167/tvst.9.2.14.

30. Recent evidence of economic evaluation of artificial intelligence in ophthalmology.

Ruamviboonsuk P, Ruamviboonsuk V, Tiwari R.
Curr Opin Ophthalmol. 2023 Sep 1;34(5):449-458. doi: 10.1097/ICU.0000000000000987.
Epub 2023 Jul 17.

31. Artificial intelligence promotes the diagnosis and screening of diabetic retinopathy.
Huang X, Wang H, She C, Feng J, Liu X, Hu X, Chen L, Tao Y.
Front Endocrinol (Lausanne). 2022 Sep 29;13:946915. doi: 10.3389/fendo.2022.946915.
eCollection 2022.

32. Artificial Intelligence in Ophthalmology in 2020: A Technology on the Cusp for
Translation and Implementation.
Gunasekeran DV, Wong TY.
Asia Pac J Ophthalmol (Phila). 2020 Mar-Apr;9(2):61-66. doi:
10.1097/01.APO.0000656984.56467.2c.

33. Reshaping the use of Artificial Intelligence in Ophthalmology: Sometimes you
Need to go Backwards.
Crincoli E, Sacconi R, Querques G.
Retina. 2023 Sep 1;43(9):1429-1432. doi: 10.1097/IAE.00000000000003878.

34. Artificial intelligence in ophthalmology: Optimization of machine learning for
ophthalmic care and research.
Ong J, Selvam A, Chhablani J.
Clin Exp Ophthalmol. 2021 Jul;49(5):413-415. doi: 10.1111/ceo.13952.

35. The eye in AI: artificial intelligence in ophthalmology.
Keel S, van Wijngaarden P.
Clin Exp Ophthalmol. 2019 Jan;47(1):5-6. doi: 10.1111/ceo.13435. Epub 2018 Nov 28.

36. Insights into the growing popularity of artificial intelligence in ophthalmology.
Dutt S, Sivaraman A, Savoy F, Rajalakshmi R.
Indian J Ophthalmol. 2020 Jul;68(7):1339-1346. doi: 10.4103/ijo.IJO_1754_19.

**37. Applications of Artificial Intelligence to Electronic Health Record Data in
Ophthalmology.**

Lin WC, Chen JS, Chiang MF, Hribar MR.
Transl Vis Sci Technol. 2020 Feb 27;9(2):13. doi: 10.1167/tvst.9.2.13.

38. [**Artificial intelligence in ophthalmology**].
Finger RP.
Ophthalmologe. 2020 Oct;117(10):963-964. doi: 10.1007/s00347-020-01131-4.

39. Considerations for **Artificial Intelligence** Real-World Implementation in
Ophthalmology: Providers' and Patients' Perspectives.
Tseng RMWW, Gunasekeran DV, Tan SSH, Rim TH, Lum E, Tan GSW, Wong TY, Tham
YC.
Asia Pac J Ophthalmol (Phila). 2021 May-Jun 01;10(3):299-306. doi:
10.1097/APO.0000000000000400.

40. Emergence of non-**artificial intelligence** digital health innovations in
ophthalmology: A systematic review.
Tseng RMWW, Tham YC, Rim TH, Cheng CY.
Clin Exp Ophthalmol. 2021 Sep;49(7):741-756. doi: 10.1111/ceo.13971. Epub 2021 Jul 16.

41. Generative **artificial intelligence in ophthalmology**: current innovations, future
applications and challenges.
Sonmez SC, Sevgi M, Antaki F, Huemer J, Keane PA.
Br J Ophthalmol. 2024 Sep 20;108(10):1335-1340. doi: 10.1136/bjo-2024-325458.

42. The Pros and Cons of **Artificial Intelligence** Authorship in **Ophthalmology**.
Van Gelder RN.
Ophthalmology. 2023 Jul;130(7):670-671. doi: 10.1016/j.ophtha.2023.05.018.

43. The Current State of **Artificial Intelligence** in Neuro-**Ophthalmology**. A Review.
Lapka M, Straňák Z.
Cesk Slov Oftalmol. 2024;80(4):179-186. doi: 10.31348/2023/33.

44. **Ophthalmology** and the emergence of **artificial intelligence**.
Scheetz J, He M, van Wijngaarden P.
Med J Aust. 2021 Mar;214(4):155-157.e1. doi: 10.5694/mja2.50932. Epub 2021 Feb 14.

45. Comment on: "**Artificial Intelligence and Ophthalmology**".
 Dos Santos Martins TG.
 Turk J Ophthalmol. 2020 Dec 29;50(6):392. doi: 10.4274/tjo.galenos.2020.98354.
46. Latest developments of generative **artificial intelligence** and applications in **ophthalmology**.
 Feng X, Xu K, Luo MJ, Chen H, Yang Y, He Q, Song C, Li R, Wu Y, Wang H, Tham YC, Ting DSW, Lin H, Wong TY, Lam DS.
 Asia Pac J Ophthalmol (Phila). 2024 Jul-Aug;13(4):100090. doi: 10.1016/j.apjo.2024.100090. Epub 2024 Aug 14.
47. Novel technical and privacy-preserving technology for **artificial intelligence** in **ophthalmology**.
 Lim JS, Hong M, Lam WST, Zhang Z, Teo ZL, Liu Y, Ng WY, Foo LL, Ting DSW.
 Curr Opin Ophthalmol. 2022 May 1;33(3):174-187. doi: 10.1097/ICU.0000000000000846. Epub 2022 Mar 9.
48. **Ophthalmology** Optical Coherence Tomography Databases for **Artificial Intelligence** Algorithm: A Review.
 Restrepo D, Quion JM, Do Carmo Novaes F, Azevedo Costa ID, Vasquez C, Bautista AN, Quiminiano E, Lim PA, Mwavu R, Celi LA, Nakayama LF.
 Semin Ophthalmol. 2024 Apr;39(3):193-200. doi: 10.1080/08820538.2024.2308248. Epub 2024 Feb 9.
49. **Artificial intelligence** applied to **ophthalmology** and optometry: A citation network analysis.
 Martinez-Perez C, Alvarez-Peregrina C, Villa-Collar C, Sánchez-Tena MÁ.
 J Optom. 2022;15 Suppl 1(Suppl 1):S82-S90. doi: 10.1016/j.optom.2022.06.005. Epub 2022 Sep 21.
50. Developments in **Artificial Intelligence** for **Ophthalmology**: Federated Learning.
 Teo ZL, Lee AY, Campbell P, Chan RVP, Ting DSW.
 Asia Pac J Ophthalmol (Phila). 2022 Nov 1;11(6):500-502. doi: 10.1097/APO.0000000000000582.
51. Current state and future prospects of **artificial intelligence** in **ophthalmology**: a review.

Hogarty DT, Mackey DA, Hewitt AW.
Clin Exp Ophthalmol. 2019 Jan;47(1):128-139. doi: 10.1111/ceo.13381. Epub 2018 Sep 30.

52. Applications of **artificial intelligence**-enabled robots and chatbots in **ophthalmology**: recent advances and future trends.

Madadi Y, Delsoz M, Khouri AS, Boland M, Grzybowski A, Yousefi S.
Curr Opin Ophthalmol. 2024 May 1;35(3):238-243. doi: 10.1097/ICU.0000000000001035.
Epub 2024 Jan 22.

53. Generative **artificial intelligence** in **ophthalmology**: Correspondence.

Daungsupawong H, Wiwanitkit V.
Surv Ophthalmol. 2024 Sep-Oct;69(5):848. doi: 10.1016/j.survophthal.2024.06.002. Epub 2024 Jun 17.

54. [**Artificial Intelligence** in **Ophthalmology**].

Guthoff RF, Stachs O.
Klin Monbl Augenheilkd. 2019 Dec;236(12):1397-1398. doi: 10.1055/a-1022-3851. Epub 2019 Dec 5.

55. [**Artificial intelligence** in **ophthalmology** : Guidelines for physicians for the critical evaluation of studies].

Pfau M, Walther G, von der Emde L, Berens P, Faes L, Fleckenstein M, Heeren TFC, Kortüm K, Künzel SH, Müller PL, Maloca PM, Waldstein SM, Wintergerst MWM, Schmitz-Valckenberg S, Finger RP, Holz FG.
Ophthalmologe. 2020 Oct;117(10):973-988. doi: 10.1007/s00347-020-01209-z.

56. Advances in **Artificial Intelligence** Chatbot Technology in **Ophthalmology**-Reply.

Mihalache A, Popovic MM, Muni RH.
JAMA Ophthalmol. 2023 Nov 1;141(11):1088-1089. doi: 10.1001/jamaophthalmol.2023.4623.

57. Advances in **Artificial Intelligence** Chatbot Technology in **Ophthalmology**.

Lin JC, Kurapati SS, Scott IU.
JAMA Ophthalmol. 2023 Nov 1;141(11):1088. doi: 10.1001/jamaophthalmol.2023.4619.

58. Economic Evaluations of **Artificial Intelligence** in **Ophthalmology**.

Ruamviboonsuk P, Chantra S, Seresirikachorn K, Ruamviboonsuk V, Sangroongruangsri S. Asia Pac J Ophthalmol (Phila). 2021 Jul 13;10(3):307-316. doi: 10.1097/APO.0000000000000403.

59. [ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN OPHTHALMOLOGY].

Erdinest N, Ben Ephraim Noyman D, Lavy I, Berkow D, Pincovich S, London N, Shmueli O, Levinger N, Morad Y, Landau D, Levi Vineberg T. Harefuah. 2024 Jan;163(1):37-42.

60. Demystifying the Jargon: The Bridge between Ophthalmology and Artificial Intelligence.

Coyner AS, Campbell JP, Chiang MF. Ophthalmol Retina. 2019 Apr;3(4):291-293. doi: 10.1016/j.oret.2018.12.008.

61. Artificial Intelligence in Ophthalmology: Evolutions in Asia.

Ruamviboonsuk P, Cheung CY, Zhang X, Raman R, Park SJ, Ting DSW. Asia Pac J Ophthalmol (Phila). 2020 Mar-Apr;9(2):78-84. doi: 10.1097/01.APO.0000656980.41190.bf.

62. Tracking Online Interest in Artificial Intelligence in Ophthalmology Using Google Trends.

Ahuja AS, Rahimy E, Sridhar J. Semin Ophthalmol. 2023 Oct;38(7):644-647. doi: 10.1080/08820538.2023.2204919. Epub 2023 Apr 24.

63. Artificial Intelligence in Ophthalmology: Present and Future Directions.

Gal-Or O, Tiosano A, Perchik I, Giladi Y, Bahar I. Isr Med Assoc J. 2024 Feb;26(2):90-96.

64. Artificial intelligence for diabetes care: current and future prospects.

Sheng B, Pushpanathan K, Guan Z, Lim QH, Lim ZW, Yew SME, Goh JHL, Bee YM, Sabanayagam C, Sevdalis N, Lim CC, Lim CT, Shaw J, Jia W, Ekinci EI, Simó R, Lim LL, Li H, Tham YC. Lancet Diabetes Endocrinol. 2024 Aug;12(8):569-595. doi: 10.1016/S2213-8587(24)00154-2.

65. Future directions of generative artificial intelligence in ophthalmology and vision science.

Waisberg E, Ong J, Masalkhi M, Lee AG, Tavakkoli A. Surv Ophthalmol. 2024 Sep-Oct;69(5):849-850. doi: 10.1016/j.survophthal.2024.06.003. Epub 2024 Jun 14.

66. Performance of an **Artificial Intelligence** Chatbot in Ophthalmic Knowledge Assessment.
Mihalache A, Popovic MM, Muni RH.
JAMA Ophthalmol. 2023 Jun 1;141(6):589-597. doi: 10.1001/jamaophthalmol.2023.1144.
67. The era of **artificial intelligence** and virtual reality: transforming surgical education in **ophthalmology**.
Bakshi SK, Lin SR, Ting DSW, Chiang MF, Chodosh J.
Br J Ophthalmol. 2021 Oct;105(10):1325-1328. doi: 10.1136/bjophthalmol-2020-316845.
Epub 2020 Aug 14.
68. GPT-4: a new era of **artificial intelligence** in medicine.
Waisberg E, Ong J, Masalkhi M, Kamran SA, Zaman N, Sarker P, Lee AG, Tavakkoli A.
Ir J Med Sci. 2023 Dec;192(6):3197-3200. doi: 10.1007/s11845-023-03377-8. Epub 2023 Apr 19.
69. Impact of **Artificial Intelligence** on Medical Education in **Ophthalmology**.
Valikodath NG, Cole E, Ting DSW, Campbell JP, Pasquale LR, Chiang MF, Chan RVP;
American Academy of Ophthalmology Task Force on Artificial Intelligence.
Transl Vis Sci Technol. 2021 Jun 1;10(7):14. doi: 10.1167/tvst.10.7.14.
70. **Artificial intelligence** in **ophthalmology**: Is it just hype with no substance or the real McCoy.
Patil SV.
Indian J Ophthalmol. 2019 Jul;67(7):1251-1252. doi: 10.4103/ijo.IJO_32_19.
71. Gaps and future of human-centered **artificial intelligence** in **ophthalmology**: Future Vision Forum consensus statement.
Ting DSW, Humayun MS, Huang SS; Future Vision Forum Faculty.
Curr Opin Ophthalmol. 2023 Sep 1;34(5):431-436. doi: 10.1097/ICU.0000000000000984.
Epub 2023 Jul 17.
72. [**Artificial intelligence** based on images in **ophthalmology**].
Xu LL, Yang Z, Tian B.
Zhonghua Yan Ke Za Zhi. 2021 Jun 11;57(6):465-469. doi: 10.3760/cma.j.cn112142-20201224-00842.
73. A review of **ophthalmology** education in the era of generative **artificial intelligence**.
Heinke A, Radgoudarzi N, Huang BB, Baxter SL.

Asia Pac J Ophthalmol (Phila). 2024 Jul-Aug;13(4):100089. doi: 10.1016/j.apjo.2024.100089. Epub 2024 Aug 10.

74. Upholding **artificial intelligence** transparency in **ophthalmology**: A call for collaboration between academia, industry, and government for patient care in the 21st century.

Thaler A, Ong J, Al-Aswad LA.

Asia Pac J Ophthalmol (Phila). 2024 Jul-Aug;13(4):100093. doi: 10.1016/j.apjo.2024.100093. Epub 2024 Aug 17.

75. Global disparity bias in **ophthalmology artificial intelligence** applications.

Nakayama LF, Kras A, Ribeiro LZ, Malerbi FK, Mendonça LS, Celi LA, Regatieri CVS, Waheed NK.

BMJ Health Care Inform. 2022 Apr;29(1):e100470. doi: 10.1136/bmjhci-2021-100470.

76. Comments on: **Artificial intelligence** in **ophthalmology** - Machines think!

Kurian M.

Indian J Ophthalmol. 2022 Aug;70(8):3164. doi: 10.4103/ijo.IJO_912_22.

77. Advancements and turning point of **artificial intelligence** in **ophthalmology**: A comprehensive analysis of research trends and collaborative networks.

Ahn J, Choi M.

Ophthalmic Physiol Opt. 2024 Jul;44(5):1031-1040. doi: 10.1111/opo.13315. Epub 2024 Apr 6.

78. Screening of Diabetic Retinopathy Using **Artificial Intelligence** and Tele-**Ophthalmology**.

Kuklinski EJ, Henry RK, Shah M, Zarbin MA, Szirth B, Bhagat N.

J Diabetes Sci Technol. 2023 Nov;17(6):1724-1725. doi: 10.1177/19322968231194041. Epub 2023 Aug 29.

79. A(eye): A Review of Current Applications of **Artificial Intelligence** and Machine Learning in **Ophthalmology**.

Armstrong GW, Lorch AC.

Int Ophthalmol Clin. 2020 Winter;60(1):57-71. doi: 10.1097/IIO.0000000000000298.

80. Controversies in **artificial intelligence**.

Liu TYA, Bressler NM.

Curr Opin Ophthalmol. 2020 Sep;31(5):324-328. doi: 10.1097/ICU.0000000000000694.