

ΙΟΝΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ



- Πτυχιακή Εργασία -

Τεχνητή νοημοσύνη και οι εφαρμογές της στην υγεία

Νικόλαος Μπουτουρίδης

Επιβλέπων Καθηγητής: Αριστείδης Βραχάτης

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ	8
1.1 Τι είναι Τεχνητή Νοημοσύνη.....	8
1.2 Λοιποί Ορισμοί Τεχνητής Νοημοσύνης.....	9
1.3 Τεστ Τούρινγκ.....	10
1.4 Ιστορική Αναδρομή	12
1.5 Εξέλιξη της τεχνητής νοημοσύνης.....	13
1.6 Εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης.....	21
1.6.1 Στρατιωτικές εφαρμογές τεχνητής νοημοσύνης.....	21
1.6.2. Συστήματα Αναγνώρισης Προσώπου	23
1.6.3 Εφαρμογή τεχνητής νοημοσύνης για την επιβολή του νόμου και για νομικές διαδικασίες.....	24
1.6.4 Εφαρμογές τεχνητής νοημοσύνης στον τομέα του ανθρώπινου δυναμικού.....	25
1.6.5 Εφαρμογή τεχνητής νοημοσύνης στον κλάδο της φιλοξενίας	26
1.6.6 Εφαρμογή της τεχνητής νοημοσύνης στα βιντεοπαιχνίδια	26
1.6.7 Εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης στην κυβερνοασφάλεια.....	27
1.6.8 Εφαρμογές τεχνητής νοημοσύνης στην εκπαίδευση.....	28
1.7 Σύνοψη.....	28
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Η ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ	29
2.1 Η Πληροφορική στις Μονάδες Υγείας.....	29
2.2 Η Τεχνητή Νοημοσύνη στην Ιατρική.....	30
2.3 Έμπειρα Συστήματα στην Ιατρική	33
2.4 Χαρακτηριστικά Εμπειρικών Συστημάτων στην Ιατρική.....	34
2.5 Στοιχεία των Έμπειρων Συστημάτων	34
2.6 Χρήση Έμπειρων Συστημάτων στην Ιατρική	36
2.7 Προγράμματα Ιατρικής Έμπειρων Συστημάτων	37
2.8 Διαφορές Χαρακτηριστικών Έμπειρων Συστημάτων με Συμβατικά Προγράμματα	39
2.9 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Έμπειρων Συστημάτων με Άνθρωπο Ειδικό	40
2.10 Σύνοψη.....	41
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΙΑΤΡΙΚΗ.....	42
3.1 Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων	42

3.2 Ιατρικά Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων	43
3.3 Λειτουργία των Ιατρικών Συστημάτων Υποστήριξης Αποφάσεων.....	45
3.4 Παραδείγματα Τύπων Αποφάσεων	46
3.5 Εφαρμογή των Συστημάτων Υποστήριξης Αποφάσεων Κλινικής Πρακτικής.....	47
3.6 Εμπόδια στην Εφαρμογή τους.....	47
3.7 Σύνοψη.....	48
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΕΧΝΗΤΗΣ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗΣ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ.....	49
4.1 Ρομποτική Χειρουργική	49
4.1.1 Τεχνολογία και Λειτουργία	49
4.1.2 Εφαρμογές Ρομποτικής Χειρουργικής.....	51
4.1.3 Πλεονεκτήματα Ρομποτικής Χειρουργικής	51
4.1.4 Προκλήσεις και Περιορισμοί στην Εφαρμογή της Χειρουργικής Ρομποτικής	52
4.1.5 Μελλοντικές Προοπτικές	52
4.2 Εξατομικευμένη Ιατρική και Θεραπευτικές Αγωγές.....	53
4.2.1 Ορισμός	53
4.2.2 Ρόλος Τεχνητής Νοημοσύνης στην Εξατομικευμένη Ιατρική	53
4.2.3 Πλεονεκτήματα της Εξατομικευμένης Ιατρικής.....	54
4.2.4 Προκλήσεις.....	55
4.2.5 Μέλλον	55
4.3 Τηλεϊατρική και Απομακρυσμένη Φροντίδα	56
4.3.1 Εισαγωγή	56
4.3.2 Πλεονεκτήματα Τηλεϊατρικής.....	56
4.3.3 Τεχνολογίες και Εφαρμογές Τηλεϊατρικής	57
4.3.4 Προκλήσεις στην Εφαρμογή της Τηλεϊατρικής.....	58
4.3.5 Μελλοντικές Προοπτικές	58
4.4 Διαχείριση Ιατρικών Δεδομένων και Ηλεκτρονικών Φακέλων Ασθενών	59
4.4.1 Εισαγωγή	59
4.4.2 Πλεονεκτήματα	59
4.4.3 Προκλήσεις.....	60
4.4.4 Μελλοντικές Προοπτικές	61
4.5 Ανάλυση Ιατρικών Εικόνων.....	61
4.5.1 Εισαγωγή	61
4.5.2 Τεχνολογίες	61

4.5.3 Εφαρμογές Ανάλυσης Ιατρικών Εικόνων	61
4.5.4 Πλεονεκτήματα	62
4.5.5 Προκλήσεις στην Εφαρμογή	62
ΠΗΓΕΣ :	64

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η τεχνητή νοημοσύνη αναφέρεται στον κλάδο της πληροφορικής που ασχολείται με τη σχεδίαση και την υλοποίηση υπολογιστικών συστημάτων και άλλων μηχανών που προσομοιώνουν την ανθρώπινη νοημοσύνη και μιμούνται στοιχεία ανθρώπινης συμπεριφοράς. Ο στόχος της τεχνητής νοημοσύνης είναι να δημιουργήσει συστήματα και προγράμματα που έχουν τη δυνατότητα να εκτελούν διάφορες εργασίες που απαιτούν ανθρώπινη νοημοσύνη, όπως αναγνώριση προτύπων, μάθηση, σκέψη, σχεδιασμό, επίλυση προβλημάτων και λήψη αποφάσεων. Η τεχνητή νοημοσύνη αποτελεί έναν από τους πιο ενδιαφέροντες και εξελισσόμενους τομείς της επιστήμης και της τεχνολογίας στη σύγχρονη εποχή. Πολλοί τομείς της ανθρώπινης ζωής επηρεάζονται ριζικά λόγω της τεχνολογίας της τεχνητής νοημοσύνης, με αποτέλεσμα να αλλάζει μορφή ο τρόπος με τον οποίο προσεγγίζουμε τη διαχείριση της υγείας μας και ο τρόπος με τον οποίο λαμβάνουμε διάφορες υπηρεσίες υγείας.

Πιο συγκεκριμένα, σκοπός αυτής της πτυχιακής εργασίας είναι να εστιάσει στις εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης που συναντώνται στον τομέα της υγείας. Ο συνδυασμός αυτών των δύο πεδίων ξεκλειδώνει νέες δυνατότητες και προοπτικές για τη βελτίωση της υγείας, της διάγνωσης και της θεραπείας των ασθενών.

Μέσω της εργασίας αυτής θα εξεταστεί η εξέλιξη της τεχνητής νοημοσύνης και κάποιοι από τους βασικούς τομείς της εφαρμογής της στην υγεία. Ειδικότερα, θα αναλύσουμε πώς η τεχνητή νοημοσύνη συμβάλλει στην αυτόνομη διάγνωση, την πρόβλεψη ασθενειών, την εξατομίκευση της θεραπείας και τη βελτίωση των υπηρεσιών της υγείας. Επιπρόσθετα, θα δούμε τόσο τις προκλήσεις όσο και τους περιορισμούς που αντιμετωπίζει η τεχνητή νοημοσύνη στον τομέα της υγείας. Τέλος, θα ανακαλύψουμε και τις πιθανές μελλοντικές εξελίξεις στον συγκεκριμένο τομέα.

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αποτελεί μια συνοπτική εισαγωγή στην προαναφερθείσα θεματική με σκοπό να ανοίξει τον δρόμο για περαιτέρω έρευνα και εξερεύνηση όσον αφορά την τεχνητή νοημοσύνη και την εφαρμογή της στην υγεία.

Η τεχνητή νοημοσύνη εφαρμόζεται σε πολλούς τομείς, συμπεριλαμβανομένων της ιατρικής, της αυτοκινητικής βιομηχανίας, της χρηματοοικονομικής ανάλυσης, της ψηφιακής διαφήμισης, και πολλών άλλων. Με τη συνεχόμενη ανάπτυξη και εξέλιξή της, προσφέρει ολοένα περισσότερες νέες δυνατότητες και εφαρμογές σε πολλούς τομείς της κοινωνίας.

Η τεχνητή νοημοσύνη (TN) είναι ένα πολύ σημαντικό πεδίο με πολλές εφαρμογές στον τομέα της υγείας, προσφέροντας αυξημένη ακρίβεια, ταχύτερη διάγνωση και αποτελεσματική διαχείριση των ασθενών. Στη διάγνωση και πρόβλεψη ασθενειών, η TN χρησιμοποιείται για την ανάλυση δεδομένων υγείας, όπως ακτινολογικές εικόνες και κλινικές εγγραφές, επιτρέποντας την έγκαιρη διάγνωση και πρόβλεψη ασθενειών πριν την εκδήλωσή τους. Η εξατομίκευση της θεραπείας ενισχύεται μέσω της TN, συνεισφέρει σε εξατομικευμένες θεραπείες με γνώμονα τα γενετικά χαρακτηριστικά, το ιστορικό υγείας και άλλους παράγοντες, επιτρέποντας την πιο αποτελεσματική αγωγή των ασθενών. Επιπλέον, η TN προσφέρει υποστήριξη στους ιατρούς για τη λήψη καλύτερων αποφάσεων σε κλινικό επίπεδο, προσαρμοσμένων στα δεδομένα του κάθε ασθενούς. Επίσης, με τη χρήση χειρουργικών ρομπότ παρέχεται βοήθεια στους χειρουργούς όσον αφορά την εκτέλεση επεμβάσεων με μεγαλύτερη ακρίβεια και λιγότερη επιβάρυνση για τον ασθενή. Επιπρόσθετα, η TN συμβάλλει σημαντικά στην πρόβλεψη επιδημιών. Αναλυτικότερα, χρησιμοποιείται για την πρόβλεψη εξάπλωσης ασθενειών και επιδημιών, συμβάλλοντας στη λήψη προληπτικών μέτρων και άμεσων αντιδράσεων χάρη στις έγκαιρες προβλέψεις. Η τεχνητή νοημοσύνη χρησιμοποιείται επίσης για την πρόβλεψη του κινδύνου ασθενειών σε άτομα με βάση τα γονίδια, τον τρόπο ζωής και άλλους παράγοντες, βοηθώντας τους να λάβουν μέτρα πρόληψης. Στην παρακολούθηση της υγείας, η TN χρησιμοποιείται για την ανίχνευση πρόσκαιρων ή χρόνιων καταστάσεων υγείας, όπως καρδιακοί νόσοι, διαβήτης, υπερτροφία, και άλλα, μέσω φορητών συσκευών και αισθητήρων υγείας. Μεγάλη επιρροή έχει και στη φαρμακολογική έρευνα όπου χρησιμοποιείται για την επιτάχυνση της διαδικασίας της αναζήτησης νέων φαρμάκων, αναλύοντας μεγάλα σύνολα δεδομένων για τον εντοπισμό νέων βιολογικών στόχων. Επιπλέον, η υποστήριξη της ψυχικής υγείας ενισχύεται με την TN. Πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποιείται για την ανίχνευση και τη διαχείριση των προβλημάτων ψυχικής υγείας, παρέχοντας συμβουλές, υποστήριξη και κατευθυντήριες γραμμές στους ασθενείς. Προσθέτοντας στα παραπάνω, αυτόνομα ιατρικά οχήματα που χρησιμοποιούν TN μπορούν να μεταφέρουν εξοπλισμό και προσωπικό σε απομακρυσμένες περιοχές ή να παρέχουν επείγουσα ιατρική βοήθεια. Εξίσου σημαντική επιρροή έχει η TN και στην ανάλυση γονιδιακού υλικού, συνεισφέροντας στην ανάλυση του γονιδιακού υλικού για την αναγνώριση γονιδιακών μεταλλάξεων που συσχετίζονται με καταστάσεις όπως ο καρκίνος και οι γενετικές ασθένειες. Τέλος, η αποτελεσματική διαχείριση των ροών εργασίας και η γενική οργάνωση στα νοσοκομεία βελτιώνεται μέσω της TN, συμβάλλοντας στην εξοικονόμηση χρόνου και πόρων.

Οι παραπάνω αποτελούν μόνο μερικές από την πληθώρα εφαρμογών της τεχνητής νοημοσύνης που συντελούν στη βελτίωση της υγείας, της διάγνωσης και της θεραπείας των ασθενών, καθώς και στην ανάπτυξη του τομέα της ιατρικής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ

1.1 Τι είναι Τεχνητή Νοημοσύνη

Η Τεχνητή Νοημοσύνη (ΤΝ) αναφέρεται στη μελέτη και δημιουργία προγραμμάτων για ηλεκτρονικούς υπολογιστές με σκοπό να εκτελούν εργασίες με "έξυπνο" τρόπο, προσομοιάζοντας τη συμπεριφορά του ανθρώπινου μυαλού. Το "έξυπνο" εδώ υποδηλώνει την ικανότητα να λύνουν προβλήματα, να μαθαίνουν από προηγούμενες εμπειρίες, να κατανοούν δύσκολες καταστάσεις και δεδομένα, καθώς και να αντιλαμβάνονται διαφορές και ομοιότητες μεταξύ καταστάσεων.

Σε γενικές γραμμές, η τεχνητή νοημοσύνη ασχολείται με τον σχεδιασμό και την υλοποίηση υπολογιστικών συστημάτων που μπορούν να προσομοιάσουν κάποιες πτυχές της ανθρώπινης συμπεριφοράς, συμπεριλαμβανομένων της μάθησης, της προσαρμοστικότητας, της εξαγωγής συμπερασμάτων, της κατανόησης από συμφραζόμενα και της επίλυσης προβλημάτων. Ο προσδιορισμός της ΤΝ ως "επιστήμη και μεθοδολογία της δημιουργίας νοούντων μηχανών" δίνεται από τον J. McCarthy. [2]

Η Τεχνητή Νοημοσύνη αντιπροσωπεύει ένα σημείο σύγκλισης πολλών επιστημονικών πεδίων, όπως η επιστήμη υπολογιστών, η ψυχολογία, η φιλοσοφία, η νευρολογία, η γλωσσολογία και η μηχανική. Ο στόχος είναι η δημιουργία ευφυούς συμπεριφοράς, χρησιμοποιώντας στοιχεία συλλογιστικής, μάθησης και προσαρμογής στο περιβάλλον. Η ΤΝ διακρίνεται σε δύο κύριες κατηγορίες: τη συμβολική Τεχνητή Νοημοσύνη, που επιχειρεί να μιμηθεί την ανθρώπινη νοημοσύνη με χρήση συμβόλων και λογικών κανόνων υψηλού επιπέδου, και την υποσυμβολική Τεχνητή Νοημοσύνη, που προσπαθεί να αναπαράγει την ανθρώπινη ευφυΐα χρησιμοποιώντας αριθμητικά μοντέλα και απεικονίζοντας επαγωγικά νοήμονες συμπεριφορές.

Οι Stuart Russell και Peter Norvig διακρίνουν τους ορισμούς της Τεχνητής Νοημοσύνης σε τέσσερις κατηγορίες, ανάλογα με το αν θεωρούν ένα σύστημα ως ευφυές, λαμβάνοντας υπόψη τα εξής κριτήρια: [1] εάν σκέφτεται σαν άνθρωπος (Μηχανισμός, γνωστική επιστήμη), εάν ενεργεί σαν άνθρωπος (Συμπεριφορά, Turing test), άμα σκέφτεται ορθολογικά (Μηχανισμός, νόμοι ορθής σκέψης) και τέλος, εάν ενεργεί ορθολογικά (Συμπεριφορά, ορθολογικοί πράκτορες).

Οι βασικές περιοχές της τεχνητής νοημοσύνης συνοψίζονται σε τέσσερις διαφορετικούς τομείς. Αρχικά, είναι η Μηχανική Μάθηση (Machine Learning), η οποία αποτελεί έναν τομέα που επικεντρώνεται στην ανάπτυξη αλγορίθμων και μοντέλων που με τη σειρά τους επιτρέπουν στις μηχανές να "μαθαίνουν" από τα

δεδομένα και να βελτιώνουν την απόδοσή τους με την εμπειρία. Έπειτα, υπάρχουν τα Νευρωνικά Δίκτυα (Neural Networks), τα οποία είναι μοντέλα που εμπνέονται από τη λειτουργία του ανθρώπινου εγκεφάλου και χρησιμοποιούνται ευρέως στη μηχανική μάθηση για προβλήματα όπως αναγνώριση εικόνων και φωνής. Επιπλέον, η Ανάλυση Φυσικής Γλώσσας (Natural Language Processing) αποτελεί μια συγκεκριμένη τεχνική η οποία εστιάζει στην κατανόηση και παραγωγή φυσικής γλώσσας από μηχανές, προκειμένου να αλληλοεπιδρούν με τους ανθρώπους με φυσικό τρόπο. Τέλος, έχουμε την Αυτοματοποίηση και ρομποτική (Automation and Robotics), όπου η τεχνητή νοημοσύνη αξιοποιείται για την ανάπτυξη αυτόνομων συστημάτων και ρομπότ που μπορούν να εκτελούν εργασίες σε περιβάλλοντα που προηγουμένως απαιτούσαν ανθρώπινη παρέμβαση.

1.2 Λοιποί Ορισμοί Τεχνητής Νοημοσύνης

Συναντώνται πολλοί ορισμοί για την Τεχνητή Νοημοσύνη, και διάφοροι επιστήμονες και ερευνητές έχουν προσφέρει τις δικές τους ερμηνείες. Παρακάτω παρατίθενται μερικοί κλασικοί ορισμοί από σημαντικούς πρωτεργάτες της Τεχνητής Νοημοσύνης:[1]

1. «Ο τομέας αυτός θα είναι ο τομέας της δημιουργίας νοούντων μηχανών, του είδους που, αν ήταν ανθρώπινα όντα, θα θεωρούνταν ότι σκέφτονται.» - John McCarthy
2. «Τεχνητή Νοημοσύνη είναι το πεδίο της επιστήμης των υπολογιστών που ασχολείται με τη σχεδίαση και την ανάπτυξη συστημάτων που εκτελούν εργασίες που απαιτούν ανθρώπινη νοημοσύνη.» - Stuart Russell & Peter Norvig
3. «Η τεχνητή νοημοσύνη είναι ο τομέας της επιστήμης της υπολογιστικής που ασχολείται με τον σχεδιασμό και την κατασκευή των νοούντων μηχανών.» - John Haugeland
4. «Τεχνητή Νοημοσύνη είναι η επιστήμη της κατασκευής εξομοιώσεων, είτε στο επίπεδο της γλώσσας, είτε στο επίπεδο της λογικής.» - Herbert A. Simon
5. «Η ΤΝ ασχολείται με την ευφυή συμπεριφορά των τεχνουργημάτων.» -Nils Nilsson

6. «ΤΝ είναι η επιστήμη που κάνει τις μηχανές να κάνουν πράγματα που θα απαιτούσαν ευφυΐα από έναν άνθρωπο.» - Marvin Minsky
7. «ΤΝ είναι η μελέτη των υπολογιστικών μεθόδων που καθιστούν δυνατά την αντίληψη, τον συλλογισμό και την ενέργεια.» - Patrick Henry Winston

1.3 Τεστ Τούρινγκ

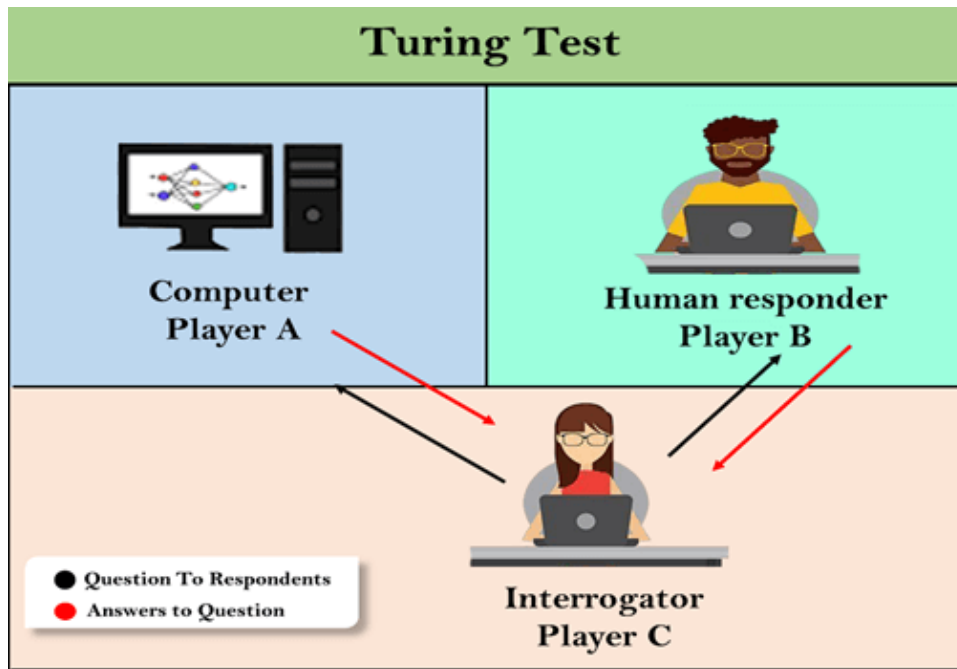
Το τεστ τούρινγκ είναι ένα διάσημο τεστ που έθεσε την ερώτηση: “Μπορούν να σκεφτούν οι μηχανές;” Το τεστ Turing βασίζεται σε μια απλή υπόθεση: Εάν ένας άνθρωπος μπορεί να εμπλακεί σε μια συζήτηση για πέντε λεπτά χωρίς να μπορεί να ξεχωρίσει εάν συνομιλεί με άλλον άνθρωπο ή μηχανή, τότε ο υπολογιστής θεωρείται πως περνάει το τεστ. Το τεστ αυτό, εφευρέθηκε το 1950 από τον Άλαν Τούρινγκ, έναν πρωτοπόρο μηχανικό ηλεκτρονικών υπολογιστών, ο οποίος έθεσε τα θεμέλια αυτού που ονομάζουμε σήμερα τεχνητή νοημοσύνη (AI), κάνοντας την απλή ερώτηση αν μία μηχανή μπορεί να μιμηθεί την ανθρώπινη σκέψη.

Το τεστ Τούρινγκ (παιχνίδι της μίμησης) περιλαμβάνει τρεις παίκτες, όπου ένας είναι ο υπολογιστής, ένας άλλος είναι ο άνθρωπος ερωτώμενος, και ο τρίτος είναι ένας άνθρωπος ανακριτής που απομονώνεται από τους άλλους δύο και έχει ως σκοπό να εντοπίσει ποιος από τους δύο είναι η μηχανή.

Ας υποθέσουμε ότι ο παίκτης Α είναι υπολογιστής, ο παίκτης Β είναι άνθρωπος (ερωτώμενος) και ο παίκτης Γ είναι ένας ανακριτής. Ο ανακριτής γνωρίζει ότι ένας από τους δύο είναι μηχανή, αλλά πρέπει να τον εντοπίσει με βάση τις ερωτήσεις και τις απαντήσεις τους.

Η επικοινωνία μεταξύ των τριών γίνεται μέσω πληκτρολογίου και οθόνης, έτσι ώστε το αποτέλεσμα να μην εξαρτάται από τη δυνατότητα της μηχανής να μετατρέπει λόγια σε ομιλία.

Το αποτέλεσμα του τεστ δεν εξαρτάται από κάθε σωστή απάντηση, αλλά μόνο από τον βαθμό στον οποίο οι απαντήσεις της μηχανής μοιάζουν με ανθρώπινη απάντηση. Επιτρέπεται στον υπολογιστή να κάνει ό,τι είναι δυνατόν για να προκαλέσει λανθασμένη ταυτοποίηση από τον ανακριτή.



Σχήμα 1 *Turing Test*

Επειδή ένα σύστημα μπορεί απλώς να δώσει μια απάντηση μέσα από μια διαδικασία που φαίνεται να κατανοεί, δεν σημαίνει απαραίτητα ότι πραγματικά την κατανοεί.

Το ενδιαφέρον είναι ότι πολλά από τα επιτυχημένα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης της σημερινής εποχής μπορούν να πείσουν κάποιον ότι κάνουν ανθρώπινη συνομιλία, όχι μέσω αληθοφανούς ανθρώπινης συνομιλίας, αλλά κάνοντας ορθογραφικά ή γραμματικά λάθη. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι οι ικανότητες που απαιτούνται για να φαίνεται μια μηχανή σαν άνθρωπος και να περάσει το τεστ δεν συνδέονται απαραίτητα με την πραγματική ευφυΐα και σκέψη.

Σήμερα, η Τεχνητή Νοημοσύνη υποστηρίζει ότι για να περάσει αυτή τη δοκιμασία ένας υπολογιστής, οφείλει να διαθέτει 6 σημαντικές ικανότητες. Οι ικανότητες αυτές αποτελούν τη δυνατότητα για επεξεργασία φυσικής γλώσσας (natural language processing), τη δυνατότητα αναπαράστασης γνώσης (knowledge representation), την αυτοματοποιημένη συλλογιστική (automated reasoning), την ικανότητα της μηχανικής μάθησης (machine learning), την ικανότητα της μηχανικής όρασης (computer vision), και, τέλος, την ικανότητα της ρομποτικής (robotics).

Παρόλο που κανένας Η/Υ μέχρι σήμερα δεν έχει περάσει τη δοκιμασία αυτή και ίσως αυτό να μην γίνει ποτέ εφικτό, οι ερευνητές της Τεχνητής Νοημοσύνης έχουν αφιερώσει ελάχιστη προσπάθεια στη δημιουργία μηχανών που απλά μπορούν να περάσουν τη δοκιμασία Turing, καθώς θεωρείται πιο σημαντική η μελέτη των θεμελιωδών αρχών στις οποίες βασίζεται η νοημοσύνη.

1.4 Ιστορική Αναδρομή

Η ιστορία της τεχνητής νοημοσύνης ξεκινάει ουσιαστικά από τις πρώτες σκέψεις των μαθηματικών και επιστημόνων κατά τις αρχές του εικοστού αιώνα και φτάνει μέχρι και τις σημερινές εξελίξεις του τομέα. Κατά τη δεκαετία του 1940, δημιουργήθηκε η πρώτη μαθηματική περιγραφή ενός τεχνητού νευρωνικού δικτύου με περιορισμένες δυνατότητες επίλυσης αριθμητικών προβλημάτων. Καθώς έγινε εμφανές ότι οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές που δημιουργήθηκαν μετά τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο ήταν διαφορετικοί από ότι προηγουμένως, ξεκίνησε να γίνεται η συζήτηση σχετικά με τη δυνατότητα εμφάνισης μηχανών με νοημοσύνη. Στη συνέχεια, ο Alan Turing πρότεινε την Έννοια της Μηχανής Turing, η οποία αποτέλεσε τη θεωρητική βάση για την Τεχνητή Νοημοσύνη. Συγκεκριμένα το 1950, ο Alan Turing δημοσιεύει το άρθρο "Computing Machinery and Intelligence", παρουσιάζοντας το διάσημο Turing Test, που ουσιαστικά ήταν μια απλή δοκιμασία που είχε την δυνατότητα να εξακριβώσει αν μία μηχανή διαθέτει ευφυΐα.

Κατά τη δεκαετία του '50, εμφανίζονται οι πρώτοι ηλεκτρονικοί υπολογιστές, όπως ο ENIAC. Επιστήμονες όπως ο Alan Newell και ο Herbert Simon ξεκίνησαν την έρευνα σε θέματα επαγωγικής λογικής και προσομοίωσης ανθρώπινης σκέψης. Η τεχνητή νοημοσύνη θεμελιώθηκε τυπικά ως πεδίο στη συνάντηση ορισμένων επιφανών Αμερικανών επιστημόνων το 1956, ανάμεσα στους οποίους ήταν ο John McCarthy, Claude Shannon, Marvin Minsky, κλπ. Τη συγκεκριμένη χρονιά παρουσιάστηκε και το Logic Theorist, ένα πρόγραμμα το οποίο στηριζόταν σε συμπερασματικούς κανόνες τυπικής λογικής και σε αλγορίθμους αναζήτησης για την απόδειξη μαθηματικών θεωρημάτων. Επίσης, μετά από δύο χρόνια, το 1958, ο John McCarthy δημιουργεί τη γλώσσα προγραμματισμού LISP. Αποτελούσε την πρώτη γλώσσα συναρτησιακού προγραμματισμού και έτσι έπαιξε μεγάλο ρόλο στη δημιουργία εφαρμογών τεχνητής νοημοσύνης για τις επόμενες δεκαετίες. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα τη διεξαγωγή έρευνας στην επαγωγική λογική, αναδεικνύοντας με αυτόν τον τρόπο την τεχνητή νοημοσύνη ως ένα κύριο ερευνητικό πεδίο.

Από τα τέλη του '60 και μετά ξεκίνησε μια εποχή στασιμότητας για την επιστήμη της τεχνητής νοημοσύνης, κυρίως λόγω της υποχρηματοδότησης των ερευνητικών προγραμμάτων αλλά και λόγω της αδυναμίας των εργαλείων του χώρου για επίλυση δύσκολων και σύνθετων προβλημάτων. Στα μέσα της δεκαετίας του '70, υπήρξε μια αναζωπύρωση του ενδιαφέροντος για την Τεχνητή Νοημοσύνη, εξαιτίας των εμπορικών εφαρμογών που αναπτύχθηκαν και των έμπειρων συστημάτων ΤΝ που είχαν αποθηκευμένη γνώση για συγκεκριμένους εξειδικευμένους τομείς. Αυτά τα συστήματα ΤΝ είχαν τη δυνατότητα να εξάγουν λογικά συμπεράσματα με ταχύτητα και συμπεριφέρονταν όπως ένας ειδικός στον εκάστοτε τομέα.

Ταυτόχρονα, εμφανίστηκε η γλώσσα προγραμματισμού Prolog, η οποία ώθησε τη συμβολική ΤΝ. Κατά τις αρχές της δεκαετίας του '80, πραγματοποιήθηκαν

σημαντικές εξελίξεις, με την υλοποίηση ισχυρότερων και με περισσότερες εφαρμογές νευρωνικών δικτύων, όπως τα πολυεπίπεδα perceptron και τα δίκτυα Hopfield. Παράλληλα, εξελίσσονταν οι γενετικοί αλγόριθμοι και άλλες σχετικές μεθοδολογίες υπό το πλαίσιο του εξελικτικού υπολογισμού. Κατά τη δεκαετία του '80 και '90, η ΤΝ εστίασε σε εφαρμογές όπως η αναγνώριση φωνής και η επαναστατική θεωρία των νευρωνικών δικτύων. Ωστόσο, η τεχνητή νοημοσύνη δέχτηκε εκρηκτική εξέλιξη στις πρώτες δεκαετίες του 21ου αιώνα λόγω του διαδικτύου (internet, world-wide-web). Ως αποτέλεσμα, σημειώθηκε τεράστια ανάπτυξη για τους ευφυείς πράκτορες, ένα αυτόνομο λογισμικό ΤΝ τοποθετημένο σε κάποιο περιβάλλον με το οποίο αλληλοεπιδρά, οι οποίοι βρήκαν μεγάλο πεδίο εφαρμογών λόγω της εξάπλωσης του διαδικτύου. Οι πράκτορες στοχεύουν συνήθως στην παροχή βοήθειας στους χρήστες τους, στη συλλογή ή ανάλυση γιγάντιων συνόλων δεδομένων ή στην αυτοματοποίηση επαναλαμβανόμενων εργασιών (π.χ. διαδικτυακό ρομπότ), ενώ στους τρόπους κατασκευής και λειτουργίας τους συνοψίζουν όλες τις γνωστές μεθοδολογίες ΤΝ που αναπτύχθηκαν με το πέρασμα του χρόνου. Έτσι σήμερα, η ΤΝ ορίζεται ως η επιστήμη που μελετά τη σχεδίαση και υλοποίηση ευφυών πρακτόρων.

1.5 Εξέλιξη της τεχνητής νοημοσύνης

Οι σημαντικότερες στιγμές παρατίθενται παρακάτω:

1854: Ο George Boole δημοσιεύει το An Investigation into the Laws of Thought, στο οποίο βασίζονται οι μαθηματικές θεωρίες της λογικής και των πιθανοτήτων, θέτοντας τις βάσεις της προτασιακής λογικής.

1879: Ο Gottlob Frege δημοσιεύει το Begriffsschrift ("Conceptscript"), στο οποίο, για πρώτη φορά, παρουσιάζεται ένα σύστημα μαθηματικής λογικής με τη σύγχρονη έννοια.

1943: Ο Warren McCulloch και ο Walter Pitts παρουσιάζουν το πρώτο μοντέλο νευρωνικού δικτύου, εμπνευσμένο από τη λειτουργία του ανθρώπινου εγκεφάλου.

1950: Ο Alan Turing δημοσιεύει το "Computing Machinery and Intelligence", εισάγοντας το τεστ Turing και ανοίγοντας τις πόρτες σε αυτό που θα γινόταν γνωστό ως ΑΙ.

1951: Ο Minsky και ο Edmonds υλοποίησαν το πρώτο νευρωνικό δίκτυο, το SNARC, με 40 νευρώνες, το οποίο χρησιμοποιούσε 3.000 λυχνίες.

1952: Ο Arthur Samuel αναπτύσσει το Samuel Checkers-Playing Program, το πρώτο πρόγραμμα στον κόσμο που παίζει παιχνίδια τα οποία είναι αυτοδίδακτα.

1956: Διοργάνωση συνεδρίου (workshop) καθοριστικού στη γέννηση της Τεχνητής Νοημοσύνης. Οργανώθηκε από τους McCarthy, Minsky, Shannon και Rochester και αφορούσε τη θεωρία αυτομάτων, τα νευρωνικά δίκτυα και τη μελέτη της ευφυΐας.

1958: Ο Frank Rosenblatt αναπτύσσει το perceptron, ένα πρώιμο ANN που μπορεί να μάθει από τα δεδομένα και λειτουργεί ως το θεμέλιο για τα σύγχρονα νευρωνικά δίκτυα.

Ο John McCarthy αναπτύσσει τη γλώσσα προγραμματισμού Lisp, η οποία υιοθετήθηκε γρήγορα από τη βιομηχανία της TN και κέρδισε τεράστια δημοτικότητα μεταξύ των προγραμματιστών.

1959: Ο Arthur Samuel επινοεί τον όρο μηχανική μάθηση σε μια σημαντική εργασία εξηγώντας ότι ο υπολογιστής θα μπορούσε να προγραμματιστεί ώστε να ξεπεράσει τον προγραμματιστή του.

Ο Oliver Selfridge δημοσιεύει το "Pandemonium: A Paradigm for Learning", μια συμβολή ορόσημο στη μηχανική μάθηση που περιγράφει ένα μοντέλο που θα μπορούσε να βελτιωθεί προσαρμοστικά για να αναγνωρίσει μοτίβα στα γεγονότα.

1964: Ο Daniel Bobrow αναπτύσσει το STUDENT, ένα πρώιμο πρόγραμμα επεξεργασίας φυσικής γλώσσας (NLP) σχεδιασμένο για την επίλυση προβλημάτων λέξεων άλγεβρας, ενώ είναι υποψήφιος διδάκτορας στο MIT.

1965: Οι Edward Feigenbaum, Bruce G. Buchanan, Joshua Lederberg και Carl Djerassi αναπτύσσουν το πρώτο έμπειρο σύστημα, το Dendral, το οποίο βοηθάει τους οργανικούς χημικούς στον εντοπισμό άγνωστων οργανικών μορίων.

1966: Ο Joseph Weizenbaum δημιουργεί το Eliza, ένα από τα πιο διάσημα προγράμματα υπολογιστών όλων των εποχών, ικανό να συμμετέχει σε συνομιλίες με ανθρώπους και να τους κάνει να πιστεύουν ότι το λογισμικό είχε ανθρώπινα συναισθήματα.

Το Stanford Research Institute αναπτύσσει το Shakey, το πρώτο κινητό έξυπνο ρομπότ στον κόσμο που συνδυάζει AI, υπολογιστική όραση, πλοήγηση και NLP. Είναι ο παππούς των αυτόνομων αυτοκινήτων και drones.

1968: Ο Terry Winograd δημιουργεί το SHRDLU, το πρώτο πολυτροπικό σύστημα TN που μπορεί να χειριστεί και να αιτιολογήσει έναν κόσμο μπλοκ σύμφωνα με τις οδηγίες ενός χρήστη.

1969: Ο Arthur Bryson και ο Yu-Chi Ho περιγράφουν έναν αλγόριθμο μάθησης backpropagation για να ενεργοποιήσουν πολυεπίπεδα ANNs, μια πρόοδο πάνω από το perceptron και ένα θεμέλιο για βαθιά μάθηση.

Ο Marvin Minsky και ο Seymour Papert δημοσιεύουν το βιβλίο "Perceptrons," το οποίο περιορίζει την πρόοδο των νευρωνικών δικτύων για πολλά χρόνια.

1973: Ο James Lighthill δημοσιεύει την έκθεση "Artificial Intelligence: A General Survey", η οποία έχει ως αποτέλεσμα η βρετανική κυβέρνηση να μειώσει σημαντικά την υποστήριξη για την έρευνα AI.

1980: Συμβολικές μηχανές Lisp εμπορευματοποιούνται, σηματοδοτώντας μια αναγέννηση της τεχνητής νοημοσύνης. Χρόνια αργότερα, η αγορά μηχανών Lisp κατέρρευσε.

1981: Ο Danny Hillis σχεδιάζει παράλληλους υπολογιστές για TN και άλλες υπολογιστικές εργασίες, μια αρχιτεκτονική παρόμοια με τις σύγχρονες GPU.

1984: Ο Marvin Minsky και ο Roger Schank επινοούν τον όρο χειμώνας TN σε συνάντηση της Ένωσης για την Προώθηση της Τεχνητής Νοημοσύνης, προειδοποιώντας την επιχειρηματική κοινότητα ότι η διαφημιστική εκστρατεία TN θα οδηγήσει σε απογοήτευση και κατάρρευση της βιομηχανίας, η οποία συνέβη τρία χρόνια αργότερα.

1985: Η Judea Pearl εισάγει την αιτιώδη ανάλυση των μπεϋζιανών δικτύων, η οποία παρέχει στατιστικές τεχνικές για την αναπαράσταση της αβεβαιότητας στους υπολογιστές.

1986: Ο Geoff Hinton, David Rumelhart και Ronald Williams δημοσιεύουν το άρθρο "Learning Representations by Back-Propagating Errors," επιτρέποντας στα νευρωνικά δίκτυα να εκπαιδεύονται αποτελεσματικά.

1988: Ο Peter Brown δημοσιεύει το "A Statistical Approach to Language Translation", ανοίγοντας το δρόμο για μία από τις ευρύτερα μελετημένες μεθόδους μηχανικής μετάφρασης.

1989: Οι Yann LeCun, Yoshua Bengio και Patrick Haffner δείχνουν πώς τα συνελκτικά νευρωνικά δίκτυα (CNNs) μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αναγνώριση χειρόγραφων χαρακτήρων, επιδεικνύοντας ότι τα νευρωνικά δίκτυα θα μπορούσαν να εφαρμοστούν σε προβλήματα του πραγματικού κόσμου.

1997: Ο IBM's Deep Blue νικά τον παγκόσμιο πρωταθλητή σκακιού, Garry Kasparov, σηματοδοτώντας την πρώτη νίκη της τεχνητής νοημοσύνης σε ένα πολύπλοκο παιχνίδι.

2000: Οι ερευνητές του Πανεπιστημίου του Μόντρεαλ δημοσιεύουν το "A Neural Probabilistic Language Model", το οποίο προτείνει μια μέθοδο μοντελοποίησης της γλώσσας χρησιμοποιώντας νευρωνικά δίκτυα ανατροφοδότησης.

2006: Ο Andrew Ng και ο Daphne Koller ίδρυσαν το Coursera, μια πλατφόρμα για διαδικτυακή εκπαίδευση, που συμπεριλαμβάνει μαθήματα σχετικά με την τεχνητή νοημοσύνη.

Η Fei-Fei Li άρχισε να εργάζεται στην οπτική βάση δεδομένων ImageNet, που εισήχθη το 2009, η οποία λειτούργησε ως καταλύτης για την έκρηξη της τεχνητής νοημοσύνης και ως βάση ενός ετήσιου διαγωνισμού για αλγόριθμους αναγνώρισης εικόνας.

Η IBM Watson ξεκίνησε με τον αρχικό στόχο να νικήσει έναν άνθρωπο στο εμβληματικό κουίζ Jeopardy! Το 2011, το σύστημα υπολογιστών ερωτήσεων-απαντήσεων νίκησε τον (άνθρωπο) πρωταθλητή όλων των εποχών της παράστασης, Ken Jennings.

2009: Οι Rajat Raina, Anand Madhavan και Andrew Ng δημοσιεύουν το "Large-Scale Deep Unsupervised Learning Using Graphics Processors", παρουσιάζοντας την ιδέα της χρήσης GPU για την εκπαίδευση μεγάλων νευρωνικών δικτύων.

2011: Οι Jürgen Schmidhuber, Dan Claudiu Cireşan, Ueli Meier και Jonathan Masci αναπτύσσουν το πρώτο CNN που πέτυχε «υπεράνθρωπες» επιδόσεις κερδίζοντας τον γερμανικό διαγωνισμό αναγνώρισης σημάτων κυκλοφορίας.

Η Apple κυκλοφορεί την Siri, έναν προσωπικό βοηθό με φωνητική υποστήριξη που μπορεί να δημιουργήσει απαντήσεις και να προβεί σε ενέργειες ως απάντηση σε φωνητικά αιτήματα.

2012: Το Google X ανακοινώνει το έργο Google Brain, ένα μεγάλο νευρωνικό δίκτυο που μπορεί να μάθει από το περιβάλλον του.

Οι Geoffrey Hinton, Ilya Sutskever και Alex Krizhevsky εισάγουν μια βαθιά αρχιτεκτονική CNN που κερδίζει την πρόκληση ImageNet και πυροδοτεί την έκρηξη της έρευνας και της εφαρμογής βαθιάς μάθησης.

2013: Το κινεζικό Tianhe-2 διπλασιάζει την κορυφαία ταχύτητα υπερυπολογιστών στον κόσμο στα 33,86 petaflops, διατηρώντας τον τίτλο του ταχύτερου συστήματος στον κόσμο για τρίτη συνεχόμενη φορά.

Η DeepMind εισάγει τη βαθιά ενισχυτική μάθηση, ένα CNN που μαθαίνει με βάση τις ανταμοιβές και μαθαίνει να παίζει παιχνίδια μέσω της επανάληψης, ξεπερνώντας τα ανθρώπινα επίπεδα εμπειρογνομώνων.

Ο ερευνητής της Google Tomas Mikolov και οι συνεργάτες του παρουσιάζουν το Word2vec για τον αυτόματο εντοπισμό σημασιολογικών σχέσεων μεταξύ λέξεων.

2014: Ο Ian Goodfellow και οι συνεργάτες του εφευρίσκουν τα generative adversarial networks, μια κατηγορία πλαισίων μηχανικής μάθησης που χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία φωτογραφιών, τη μετατροπή εικόνων και τη δημιουργία deepfakes.

Ο Diederik Kingma και ο Max Welling εισάγουν παραλλαγμένους αυτόματους κωδικοποιητές για τη δημιουργία εικόνων, βίντεο και κειμένου.

Το Facebook αναπτύσσει το σύστημα αναγνώρισης προσώπου βαθιάς μάθησης DeepFace, το οποίο αναγνωρίζει ανθρώπινα πρόσωπα σε ψηφιακές εικόνες με σχεδόν ανθρώπινη ακρίβεια.

2015: Οι Elon Musk, Sam Altman, Ilya Sutskever, Greg Brockman, Trevor Blackwell, Vicki Cheung, Andrej Karpathy, Durk Kingma, Jessica Livingston, John Schulman, Pamela Vagata, και Wojciech Zaremba, ιδρύουν το OpenAI, μια εταιρεία ερευνητικής τεχνητής νοημοσύνης.

2016: Το AlphaGo της DeepMind νικάει τον παγκόσμιο πρωταθλητή και κορυφαίο παίκτη Go Lee Sedol στη Σεούλ της Νότιας Κορέας, συμβολίζοντας την υπεροχή της τεχνητής νοημοσύνης σε παιχνίδια στρατηγικής και δημιουργώντας συγκρίσεις με τον αγώνα σκακιού του Kasparov εναντίον του Deep Blue πριν 20 χρόνια.

Η Uber ξεκινάει ένα πιλοτικό πρόγραμμα αυτόνομης οδήγησης αυτοκινήτων στο Πίτσμπουργκ για μια επιλεγμένη ομάδα χρηστών.

2017: Οι ερευνητές του Στάνφορντ δημοσιεύουν εργασίες σχετικά με τα μοντέλα διάχυσης στο έγγραφο "Deep Unsupervised Learning Using Nonequilibrium Thermodynamics". Η τεχνική παρέχει έναν τρόπο αντίστροφης μηχανικής της διαδικασίας προσθήκης θορύβου σε μια τελική εικόνα.

Οι ερευνητές της Google αναπτύσσουν την έννοια των μετασχηματιστών στο σημαντικό έγγραφο "Attention Is All You Need", εμπνέοντας μεταγενέστερη έρευνα σε εργαλεία που θα μπορούσαν να αναλύσουν αυτόματα κείμενο χωρίς ετικέτα σε μεγάλα γλωσσικά μοντέλα (LLMs).

Ο Βρετανός φυσικός Stephen Hawking προειδοποιεί: «Αν δεν μάθουμε πώς να προετοιμαζόμαστε και να αποφεύγουμε τους πιθανούς κινδύνους, η τεχνητή

νοημοσύνη θα μπορούσε να είναι το χειρότερο γεγονός στην ιστορία του πολιτισμού μας».

2018: Αναπτύσσεται από την IBM, την Airbus και το Γερμανικό Κέντρο Αεροδιαστημικής DLR, το Cimon, το οποίο είναι το πρώτο ρομπότ που στάλθηκε στο διάστημα για να βοηθήσει τους αστροναύτες.

Η OpenAI κυκλοφορεί το GPT (Generative Pre-trained Transformer), ανοίγοντας το δρόμο για τα επόμενα LLM.

Το Groove X παρουσιάζει ένα οικιακό μίνι ρομπότ που ονομάζεται Lovot που θα μπορεί να αισθανθεί και να επηρεάσει τις αλλαγές της διάθεσης στους ανθρώπους.

2019: Η Microsoft ξεκινάει το παραγωγικό γλωσσικό μοντέλο Turing Natural Language Generation με 17 δισεκατομμύρια παραμέτρους.

Ο αλγόριθμος βαθιάς μάθησης της Google AI και του Ιατρικού Κέντρου Langone ξεπερνάει τους ακτινολόγους στην ανίχνευση πιθανών καρκίνων του πνεύμονα.

2020: Το Πανεπιστήμιο της Οξφόρδης αναπτύσσει ένα τεστ TN με ονομασία Curial για τον γρήγορο εντοπισμό του COVID-19 σε ασθενείς με αίθουσα έκτακτης ανάγκης.

Το Open AI κυκλοφορεί το GPT-3 LLM που αποτελείται από 175 δισεκατομμύρια παραμέτρους για τη δημιουργία ανθρώπινων μοντέλων κειμένου.

Η Nvidia ανακοινώνει την έκδοση beta της πλατφόρμας Omniverse για τη δημιουργία μοντέλων 3D στον φυσικό κόσμο.

Το σύστημα AlphaFold της DeepMind, ένα σύστημα τεχνητής νοημοσύνης που μαντεύει με ικανοποιητική ακρίβεια τη δομή των πρωτεϊνών από τη χημική σύστασή τους, κερδίζει τον διαγωνισμό CASP (Critical Assessment of Protein Structure Prediction).

2021: Η OpenAI εισάγει το πολυτροπικό σύστημα TN Dall-E που μπορεί να παράγει εικόνες από μηνύματα κειμένου.

Το Πανεπιστήμιο της Καλιφόρνια, στο Σαν Ντιέγκο, δημιουργεί ένα τετράποδο ρομπότ που λειτουργεί με πεπιεσμένο αέρα αντί για ηλεκτρονικά.

2022: Ο μηχανικός λογισμικού της Google, Blake Lemoine, απολύεται επειδή αποκάλυψε μυστικά της Lamda και ισχυρίστηκε ότι είχε αυτογνωσία.

Η DeepMind παρουσιάζει το AlphaTensor «για την ανακάλυψη νέων, αποτελεσματικών και αποδεδειγμένα σωστών αλγορίθμων».

Η Intel ισχυρίζεται ότι ο ανιχνευτής deepfake πραγματικού χρόνου FakeCatcher ήταν 96% ακριβής.

2023: Η OpenAI ανακοινώνει το πολυτροπικό LLM GPT-4 που λαμβάνει μηνύματα κειμένου και εικόνας.

Ο Elon Musk, ο Steve Wozniak και χιλιάδες άλλοι υπογράφωντες ζητούν μια εξάμηνη παύση στην εκπαίδευση «συστημάτων AI πιο ισχυρών από το GPT-4».

Μπορούμε μόνο να αρχίσουμε να οραματιζόμαστε τις συνεχείς τεχνολογικές εξελίξεις και επιρροές της τεχνητής νοημοσύνης στις επιχειρηματικές διαδικασίες, στην κατασκευή, στην υγειονομική περίθαλψη, στις χρηματοπιστωτικές υπηρεσίες, στο μάρκετινγκ, στην εμπειρία των πελατών, στα περιβάλλοντα εργατικού δυναμικού, στην εκπαίδευση, στη γεωργία, στο δίκαιο, στα συστήματα πληροφορικής και στη διαχείριση, στην ασφάλεια στον κυβερνοχώρο και στις χερσαίες, αεροπορικές και διαστημικές μεταφορές.

Η σημερινή πορεία της τεχνητής νοημοσύνης περιλαμβάνει σταδιακές και αποδιοργανωτικές εξελίξεις, εστιάζοντας στον απώτερο στόχο της επίτευξης τεχνητής γενικής νοημοσύνης. Η νευρομορφική επεξεργασία αναδύεται ως ελπιδοφόρα, μιμούμενη τη λειτουργία των ανθρώπινων εγκεφαλικών κυττάρων και επιτρέποντας την ταυτόχρονη λειτουργία των υπολογιστών.

Μέσα σε αυτό το πλαίσιο, προκύπτουν προκλήσεις που αφορούν την εμπιστοσύνη, την ιδιωτικότητα, τη διαφάνεια, τη λογοδοσία, την ηθική, και την ανθρωπιά. Αυτά τα θέματα δημιουργούν συγκρούσεις και αναζητούν επίπεδα αποδοχής τόσο από τις επιχειρήσεις όσο και από την κοινωνία.

1.6 Εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης

Τα τελευταία χρόνια, η τεχνητή νοημοσύνη αντιμετωπίζει όλο και πιο σύνθετες απαιτήσεις στις εφαρμογές της. Αντί να επικεντρώνονται σε μεμονωμένες κατηγορίες μεθόδων ή ερευνητικών αντικειμένων, οι εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης επωφελούνται από τη συνεργασία πολλών διαφορετικών μεθόδων και τεχνικών. Αυτό αντικατοπτρίζει μια αναζήτηση για ολοκληρωμένες προσεγγίσεις που να συνδυάζουν διαφορετικές δεξιότητες και κατευθύνσεις, προκειμένου να ανταποκριθούν στην πολυπλοκότητα των προβλημάτων και των αναγκών στον τομέα της τεχνητής νοημοσύνης. Οι εφαρμογές αυτές βρίσκονται σε διάφορους τομείς και είναι καθοριστικές στην καλύτερη λειτουργία και την αποδοτικότητα του κάθε κλάδου. Στον στρατιωτικό τομέα, οι εφαρμογές ΤΝ είναι διάφορες, όπως για παράδειγμα τα αυτόνομα οχήματα, οι προβλέψεις μάχης, η επικοινωνία και η ανάλυση δεδομένων. Τα συστήματα αναγνώρισης προσώπου με ΤΝ χρησιμοποιούνται για την ασφάλεια, από το ξεκλείδωμα μίας συσκευής μέχρι και την επιβολή του νόμου. Στον τομέα του ανθρώπινου δυναμικού η ΤΝ εξελίσσει την διαδικασία πρόσληψης και κάνει ευκολότερη την διαχείριση προσωπικού. Στον κλάδο της φιλοξενίας, μέσω της εφαρμογής της ΤΝ, βελτιώνεται η εμπειρία των πελατών χάρη στις εξατομικευμένες υπηρεσίες. Στον τομέα της ψυχαγωγίας και συγκεκριμένα των βιντεοπαιχνιδιών, γίνεται εφικτή η ανάπτυξη πιο ρεαλιστικών και αλληλεπιδραστικών εμπειριών για τους παίκτες χάρη στην εφαρμογή της ΤΝ. Οι εταιρείες που ασχολούνται με την ασφάλεια του κυβερνοχώρου εφαρμόζουν την ΤΝ για την πρόληψη, δηλαδή την ανίχνευση απειλών αλλά και για την συνολική προστασία του συστήματος και για την αποδοτικότερη αντίδραση σε τυχόν περιστατικά. Στην εκπαίδευση, η ΤΝ προσφέρει πολλές εφαρμογές όπως η εξατομικευμένη μάθηση, η αξιολόγηση των μαθητών και η διαδραστικότερη διδασκαλία. Από αυτές τις εφαρμογές στους συγκεκριμένους τομείς γίνεται αντιληπτή η προσφορά της ΤΝ και η δυνατότητα που έχει για να βελτιώσει και να εξελίξει τον εκάστοτε τομέα.

1.6.1 Στρατιωτικές εφαρμογές τεχνητής νοημοσύνης

Οι εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης στον στρατό είναι πολλές και ποικίλες. Μέσω της ΤΝ, ο στρατός χρησιμοποιεί αυτόνομα οχήματα, με σκοπό την

βελτίωση της αντίληψης και της ασφάλειας στο πεδίο της μάχης. Επίσης, έχει υιοθετήσει τη χρήση αλγορίθμων μηχανικής μάθησης για την ανάλυση δεδομένων και για την πρόβλεψη των ενεργειών των εχθρών. Η στρατιωτική χρήση της ΤΝ βελτιώνει σημαντικά και την ανίχνευση και την αναγνώριση. Πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποιείται για την ενίσχυση των στρατιωτικών επιχειρήσεων και της εθνικής ασφάλειας λόγω της δυνατότητας για ακριβή εντοπισμό απειλών ή/και εχθρικών δυνάμεων. Ο στρατός βρίσκεται αντιμέτωπος με το πρόβλημα της ανάλυσης πολλαπλών δεδομένων διαφορετικών μορφών. Για τη λύση αυτού του προβλήματος αξιοποιούν αλγόριθμους επεξεργασίας φυσικής γλώσσας ώστε να επεξεργάζονται τα δεδομένα που συλλέγουν από αισθητήρες και άλλες πηγές. Επιπρόσθετα, η ΤΝ έχει τη δυνατότητα να προβλέπει βλάβες στον στρατιωτικό εξοπλισμό και για αυτόν ακριβώς τον λόγο βοηθά στη συντήρησή του. Οι παραπάνω απαρτίζουν μόλις μερικές από τις πολλές εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης στον τομέα του στρατού. [25] [26]



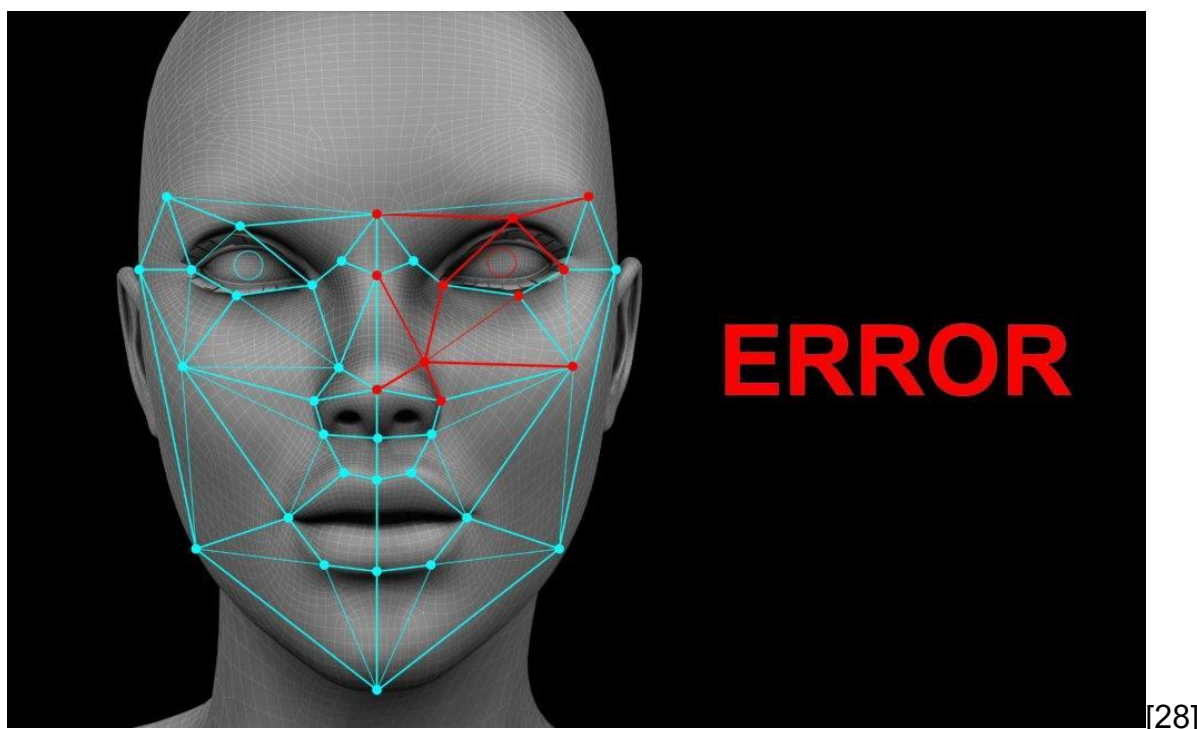
[27]

1.6.2. Συστήματα Αναγνώρισης Προσώπου

Ένα σύστημα αναγνώρισης προσώπου αποτελεί μια τεχνολογία που μπορεί να αναγνωρίσει ένα ανθρώπινο πρόσωπο από μια ψηφιακή εικόνα ή ένα πλαίσιο βίντεο, συνήθως συνδυάζοντας και μετρώντας διάφορα χαρακτηριστικά του προσώπου. Χρησιμοποιείται συχνά για ελέγχους ταυτότητας, επιτρέποντας την πιστοποίηση της ταυτότητας των χρηστών μέσω υπηρεσιών επαλήθευσης. [4] [5]

Τα συστήματα αναγνώρισης προσώπου αναπτύχθηκαν από τη δεκαετία του '60 ως μια μορφή εφαρμογής υπολογιστή και έχουν εκτείνει τη χρήση τους σε πιο πρόσφατες εποχές, συμπεριλαμβανομένων των smartphones και της ρομποτικής. Αυτά τα συστήματα χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση χαρακτηριστικών του προσώπου και κατηγοριοποιούνται ως βιομετρικά. Παρόλο που δεν είναι τόσο ακριβή όσο άλλες τεχνολογίες βιομετρικής, όπως η αναγνώριση ίριδας ή το αποτύπωμα δακτύλου, χρησιμοποιούνται ευρέως για την ευκολία της αναγνώρισης χωρίς επαφή. Έχουν εφαρμοστεί σε πολλούς τομείς, όπως στην αλληλεπίδραση ανθρώπου με υπολογιστή, στην εποπτεία βίντεο, στην επιβολή του νόμου, στον έλεγχο επιβατών και στην αυτόματη ευρετηρίαση εικόνων.

Συστήματα αναγνώρισης προσώπου χρησιμοποιούνται διεθνώς από κυβερνήσεις και ιδιωτικές εταιρείες. Ωστόσο, η αποτελεσματικότητά τους ποικίλλει, καθώς μερικά από αυτά έχουν αποσυρθεί λόγω ανεπάρκειας. Η χρήση τους έχει προκαλέσει επίσης ανησυχίες, με κατηγορίες για παραβίαση της ιδιωτικότητας, συχνά λανθασμένες αναγνωρίσεις και προώθηση φύλου και εθνικισμού. Επιπλέον, η εμφάνιση deepfakes έχει αυξήσει τις ανησυχίες σχετικά με την ασφάλειά τους. Αυτές οι ανησυχίες οδήγησαν σε απαγορεύσεις συστημάτων αναγνώρισης προσώπου σε πολλές πόλεις των Ηνωμένων Πολιτειών. Η ανησυχία της κοινωνίας οδήγησε την Meta Platforms να κλείσει το σύστημα αναγνώρισης προσώπου του Facebook και να διαγράψει τα δεδομένα σάρωσης προσώπου. Η αλλαγή αυτή αποτελεί μία από τις μεγαλύτερες μεταστροφές στην ιστορία της τεχνολογίας αναγνώρισης προσώπου. Επιπλέον, η IBM διέκοψε την προσφορά της τεχνολογίας αναγνώρισης προσώπου λόγω παρόμοιων ανησυχιών. [6] [7] [8]



1.6.3 Εφαρμογή τεχνητής νοημοσύνης για την επιβολή του νόμου και για νομικές διαδικασίες

Το COMPAS (Correctional Offender Management Profiling for Alternative Sanctions) είναι ένα εργαλείο που αναπτύχθηκε από τη Northpointe (πλέον γνωστή ως Equivant) και χρησιμοποιείται από τα δικαστήρια των ΗΠΑ για να εκτιμήσουν την πιθανότητα ενός κατηγορούμενου να επανεμπλακεί σε εγκληματικές πράξεις. Έχει εφαρμοστεί σε αρκετές πολιτείες, όπως η Νέα Υόρκη, το Ουισκόνσιν, η Καλιφόρνια και η Φλόριντα στην Κομητεία Broward. [9] [10] [11]

Το λογισμικό COMPAS χρησιμοποιεί έναν αλγόριθμο για την εκτίμηση του δυνητικού κινδύνου επανάληψης εγκληματικών πράξεων. Η Northpointe δημιούργησε κλίμακες κινδύνου για γενική και βίαιη επανάληψη εγκλημάτων, καθώς και για παραβάσεις προτελευταίου σταδίου. Σύμφωνα με τον Οδηγό Εφαρμοστή COMPAS, οι κλίμακες αυτές σχεδιάστηκαν χρησιμοποιώντας συμπεριφορικές και ψυχολογικές κατασκευές «πολύ υψηλής σημασίας για την επανάληψη εγκληματικών πράξεων και εγκληματικών σταδίων.» [11]

- Κλίμακα κινδύνου προτελευταίου σταδίου

Η κλίμακα κινδύνου προτελευταίου σταδίου αποτελεί μια μέτρηση της πιθανότητας ενός ατόμου να αποτύχει να εμφανιστεί ή/και να διαπράξει νέα

εγκλήματα κατά τη διάρκεια της αποφυλάκισης. Σύμφωνα με την έρευνα που καθόρισε τη δημιουργία της κλίμακας, «οι τρέχουσες κατηγορίες, οι εκκρεμείς κατηγορίες, η ιστορία συλλήψεων, η προηγούμενη αποτυχία προτελευταίου σταδίου, η σταθερότητα κατοικίας, η κατάσταση απασχόλησης, οι κοινωνικοί δεσμοί και η κατάχρηση ουσιών» είναι οι σημαντικότεροι δείκτες που επηρεάζουν τις βαθμολογίες κινδύνου προτελευταίου σταδίου. [11]

- Κλίμακα γενικής επανάληψης

Η κλίμακα γενικής επανάληψης σχεδιάστηκε για να προβλέπει νέες παραβάσεις κατά την αποφυλάκιση και μετά τη διενέργεια της αξιολόγησης COMPAS. Η κλίμακα χρησιμοποιεί το ποινικό ιστορικό και τους συνεργούς, την εμπλοκή σε ναρκωτικά και ένδειξη εγκληματικότητας σε νεαρή ηλικία. [12]

- Κλίμακα βίαιης επανάληψης

Η βαθμολογία βίαιης επανάληψης προορίζεται ώστε να προβλέπει βίαιες παραβιάσεις έπειτα από την αποφυλάκιση. Η κλίμακα χρησιμοποιεί δεδομένα ή δείκτες που περιλαμβάνουν «το ιστορικό βίας, το ιστορικό μη συμμόρφωσης, τα προβλήματα επαγγελματικής/ εκπαιδευτικής εκπαίδευσης, την ηλικία εισαγωγής και την ηλικία πρώτης σύλληψης.» Η βαθμολογία κινδύνου βίαιης επανάληψης υπολογίζεται όπως παρουσιάζεται παρακάτω. [13]

$$s = a(-w) + a_{\text{first}}(-w) + h_{\text{violence}}w + v_{\text{edu}}w + h_{\text{nc}}w$$

Όπου s είναι το σκορ κινδύνου επανάληψης βίαιων εγκλημάτων, w είναι ένας πολλαπλασιαστής βάρους, a είναι η τρέχουσα ηλικία, a_{first} είναι η ηλικία στην πρώτη σύλληψη, h_{violence} είναι το ιστορικό βίας, v_{edu} είναι η κλίμακα επαγγελματικής εκπαίδευσης, και h_{nc} είναι το ιστορικό μη συμμόρφωσης. Το βάρος, w , «καθορίζεται από τη δύναμη της σχέσης του στοιχείου με την επανάληψη προσωπικών παραβάσεων που παρατηρήσαμε στα δεδομένα μελέτης μας.» [14]

1.6.4 Εφαρμογές τεχνητής νοημοσύνης στον τομέα του ανθρώπινου δυναμικού

Η εφαρμογή της τεχνητής νοημοσύνης στον τομέα του ανθρώπινου δυναμικού και συγκεκριμένα στη διαδικασία πρόσληψης σημαίνει τη χρήση προηγμένων τεχνολογιών για την αυτοματοποίηση και βελτίωση διαφόρων σταδίων του διαδικαστικού κύκλου πρόσληψης. Η ανάπτυξη της τεχνητής νοημοσύνης, όπως η

μηχανική μάθηση και η ανάλυση μεγάλων όγκων δεδομένων, επιτρέπει τη χρήση της τεχνητής νοημοσύνης για την επιλογή, την αξιολόγηση και την πρόβλεψη της επιτυχίας των υποψηφίων. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε μειωμένη προκατάληψη και αύξηση της αποδοτικότητας στη διαδικασία πρόσληψης. Ωστόσο, παρά τα πιθανά οφέλη, η εισαγωγή της τεχνητής νοημοσύνης στη διαδικασία πρόσληψης έχει προκαλέσει συζητήσεις σχετικά με ανησυχίες για τη διαφάνεια των αλγορίθμων, την ευθύνη και την ανάγκη διαρκούς εποπτείας για τη διασφάλιση της δίκαιης και αμερόληπτης λήψης αποφάσεων κατά τη διάρκεια της διαδικασίας πρόσληψης. Επιπλέον προβληματισμό προκαλεί και η πιθανή ενίσχυση ανισοτήτων στον χώρο εργασίας και η απώλεια θέσεων εργασίας λόγω της αυτοματοποίησης. [15]

1.6.5 Εφαρμογή τεχνητής νοημοσύνης στον κλάδο της φιλοξενίας

Στον κλάδο της φιλοξενίας, η τεχνητή νοημοσύνη χρησιμοποιείται για να αυτοματοποιήσει επαναλαμβανόμενες εργασίες, να αναλύσει τις τάσεις της αγοράς, να αλληλοεπιδρά με τους επισκέπτες και να προβλέπει τις ανάγκες των πελατών. Οι υπηρεσίες τεχνητής νοημοσύνης στα ξενοδοχεία παρουσιάζονται μέσω ενός chatbot, μιας εφαρμογής, ενός εικονικού φωνητικού βοηθού και ρομπότ υπηρεσίας. [16]

1.6.6 Εφαρμογή της τεχνητής νοημοσύνης στα βιντεοπαιχνίδια

Στα βιντεοπαιχνίδια, η τεχνητή νοημοσύνη χρησιμοποιείται για να δημιουργήσει ανταποκριτική, προσαρμοστική ή νοηματική συμπεριφορά σε χαρακτήρες που δεν αποτελούν παίκτες (NPCs) η οποία μοιάζει με την ανθρώπινη νοημοσύνη. Η χρήση της TN στα βιντεοπαιχνίδια δεν στοχεύει στη δημιουργία ενός τεχνητού προσώπου που να αντιστοιχεί σε έναν NPC όπως στο Turing test. Αντίθετα, στόχος είναι η βελτίωση της εμπειρίας του παίκτη, μέσω της βελτιστοποίησης της συμπεριφοράς των NPCs, όπως η ανάπτυξη διαφορετικών επιπέδων δυσκολίας, η δημιουργία διαφορετικών μοτίβων κίνησης και η προσαρμογή του παιχνιδιού στην αλληλεπίδραση του παίκτη. Έτσι, η TN στα βιντεοπαιχνίδια έχει στόχο τη βελτίωση της διασκέδασης και της απολαυστικής εμπειρίας του παίκτη. [17]

Η τεχνητή νοημοσύνη είναι μέρος των παιχνιδιών από την αρχή της δεκαετίας του '50. Στα παλαιότερα παιχνίδια, οι αντίπαλοι TN διαφοροποιούνταν σε επίπεδα δυσκολίας, προσφέροντας μοτίβα κινήσεων και γεγονότα εξαρτώμενα από την

είσοδο του παίκτη. Στα σύγχρονα παιχνίδια, συχνά χρησιμοποιούνται τεχνικές όπως η εύρεση διαδρομής και τα δέντρα αποφάσεων για να καθοδηγήσουν τις ενέργειες των NPCs. Η τεχνητή νοημοσύνη συχνά χρησιμοποιείται και σε μη ορατούς μηχανισμούς, όπως η εξόρυξη δεδομένων και η δημιουργία περιεχομένου. Αντί να βελτιώσουν την τεχνητή νοημοσύνη για να λύσει ένα πρόβλημα, οι προγραμματιστές συχνά αλλάζουν το σενάριο για να γίνει πιο αντιμετωπίσιμο. Αν για παράδειγμα η εύρεση διαδρομής κολλάει, ένας προγραμματιστής μπορεί απλά να μετακινήσει ή να διαγράψει το εμπόδιο. [18] [19]

1.6.7 Εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης στην κυβερνοασφάλεια

Η Τεχνητή Νοημοσύνη διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο στην κυβερνοασφάλεια, ενισχύοντας την ανίχνευση απειλών, την αντίδραση σε περιστατικά και τη συνολική προστασία του συστήματος. Τα συστήματα TN παίζουν καθοριστικό ρόλο στην ανίχνευση απειλών μέσω της ανάλυσης τεράστιων ποσοτήτων δεδομένων από διάφορες πηγές με σκοπό να εντοπίσουν πρότυπα και ανωμαλίες που υποδηλώνουν κυβερνοαπειλές. Επίσης, η TN έχει την δυνατότητα να ανιχνεύσει ασυνήθιστες συμπεριφορές ή δραστηριότητες εντός ενός δικτύου που μπορεί να υποδηλώνουν παραβίαση ασφάλειας. Επιπλέον, οι αλγόριθμοι TN δύνανται να αναλύσουν κώδικα και συμπεριφορά προκειμένου να ανιχνεύσουν κακόβουλο λογισμικό. Επιπρόσθετα, η ανάλυση συμπεριφοράς του χρήστη συμβάλει στον εντοπισμό ανωμαλιών, το οποίο επιτυγχάνεται συγκεκριμένα με την παρακολούθηση της συμπεριφοράς του χρήστη και της δραστηριότητας του συστήματος. Πέρα από τα παραπάνω, η TN μπορεί να αναλύσει και να επεξεργαστεί πληροφορίες από διάφορες πηγές που σχετίζονται με πιθανές απειλές, παρέχοντας προειδοποιήσεις και προστασία ενάντια σε κυβερνοαπειλές. Εξίσου σημαντική είναι η δυνατότητα της TN για αυτόματη αντίδραση, το οποίο σημαίνει πως μπορεί να αυτοματοποιήσει την αντίδραση σε περιστατικά. Τέτοιες αντιδράσεις αποτελούν η καραντίνα μολυσμένων συσκευών, ή ο αποκλεισμός κακόβουλης κυκλοφορίας. Έτσι, ενισχύεται η άμεση και αποτελεσματική αντιμετώπιση. Τέλος, η TN βελτιώνει σημαντικά τους μηχανισμούς ταυτοποίησης χρηστών, όπως είναι η βιομετρική αναγνώριση, προκειμένου να προστατεύσει τα συστήματα από μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση.

Συνολικά, η TN επιτρέπει στους ειδικούς κυβερνοασφάλειας να προστατεύσουν τα ψηφιακά συστήματα πιο αποτελεσματικά στον σύγχρονο και δυναμικό κόσμο των κυβερνοαπειλών. Ο επικεφαλής ασφαλείας της Google, Shuman Ghosemajumder, έχει δηλώσει ότι η τεχνητή νοημοσύνη θα χρησιμοποιηθεί για την

πλήρη αυτοματοποίηση των περισσότερων λειτουργιών κυβερνοασφάλειας με την πάροδο του χρόνου. [20] [21]

1.6.8 Εφαρμογές τεχνητής νοημοσύνης στην εκπαίδευση

Η τεχνητή νοημοσύνη έχει πολλές εφαρμογές στον τομέα της εκπαίδευσης, μέσω των οποίων προσφέρει σημαντικές βελτιώσεις στη μαθησιακή διδασκαλία. Πιο συγκεκριμένα, μέσω των αλγορίθμων μηχανικής μάθησης επιτυγχάνεται η εξατομικευμένη μάθηση, ενώ με την ανάλυση των ατομικών αναγκών και τον τρόπο μάθησης του εκάστοτε μαθητή, παρέχονται προσαρμοσμένες δραστηριότητες και υλικό μάθησης. Επιπλέον, οι αλγόριθμοι μπορούν να διευκολύνουν την αυτόματη αξιολόγηση των μαθητών, παρακολουθώντας την πρόδοό τους σε πραγματικό χρόνο και παρέχοντας άμεση ανατροφοδότηση για τη βελτίωση των επιδόσεών τους. Παράλληλα, η προγνωστική ανάλυση αποτελεί ένα ακόμα χρήσιμο εργαλείο, καθώς μέσω των αναλυτικών τεχνικών μπορούν να προβλεφθούν οι ανάγκες και οι τάσεις στη μάθηση, επιτρέποντας στους εκπαιδευτικούς να προσαρμόσουν τις διδακτικές τους προσεγγίσεις ανάλογα. Επιπρόσθετα, η ΤΝ μπορεί να υποστηρίξει τη διδασκαλία με διάφορους τρόπους. Ειδικότερα, οι εκπαιδευτικοί μπορούν να χρησιμοποιήσουν εργαλεία ΤΝ προκειμένου να δημιουργήσουν διαδραστικά μαθήματα, εξομοιώσεις και εφαρμογές που συνεισφέρουν στην καλύτερη κατανόηση των μαθητών. Τέλος, μέσω της αναγνώρισης προτύπων, επιτρέπεται στους αλγορίθμους να εντοπίζουν τα μοτίβα και τις τάσεις στην απόδοση των μαθητών, συνδράμοντας στο έργο των εκπαιδευτικών όσον αφορά την αντιμετώπιση προβλημάτων και την πρόβλεψη αναγκών για περαιτέρω υποστήριξη.[22][23][24]

1.7 Σύνοψη

Στο πρώτο κεφάλαιο είδαμε πως η τεχνητή νοημοσύνη αποτελεί ένα πολυεπιστημονικό πεδίο που αντλεί από πολλούς τομείς και έχει εφαρμογές σε πολλά περιβάλλοντα. Η έννοια της νοημοσύνης είναι πολύπλοκη και ως εκ τούτου έχουν δοθεί πολλοί ορισμοί για την τεχνητή νοημοσύνη. Όλοι αυτοί οι ορισμοί έχουν ως κοινό παρονομαστή την ευφυΐα, η οποία εκδηλώνεται ποικιλοτρόπως. Η αλλαγή προσανατολισμού της τεχνητής νοημοσύνης έγινε όταν αναγνωρίστηκε η σημασία της γνώσης στην επίλυση προβλημάτων, με εστίαση στην αυτοματοποίηση της ανθρώπινης γνώσης. Συνολικά, η τεχνητή νοημοσύνη έχει ως στόχο τη μελέτη ιδεών που επιτρέπουν σε έναν υπολογιστή να φαίνεται νοήμων, δηλαδή να είναι πιο χρήσιμος και να αποτελεί ένα εργαλείο για την κατανόηση της νοημοσύνης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Η ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ

2.1 Η Πληροφορική στις Μονάδες Υγείας

Η χρήση υπολογιστών ξεκίνησε από εταιρείες και από πανεπιστήμια. Οι επιστήμες και τα επαγγέλματα που βασίζονται στους αριθμούς ήταν ανάμεσα στους πρώτους που αξιοποίησαν τη νέα τεχνολογία και αντιλήφθηκαν τα οφέλη της χρήσης υπολογιστών. Η ιατρική, από την άλλη πλευρά, καθυστέρησε σε σύγκριση με άλλες επιστήμες στην υιοθέτηση της πληροφορικής ως βασικό εργαλείο εργασίας. Η πληροφορική στις μονάδες υγείας επικεντρώνεται στην εφαρμογή τεχνολογικών λύσεων για την αντιμετώπιση προκλήσεων και τη βελτίωση της παροχής φροντίδας υγείας. Πιο συγκεκριμένα, η πληροφορική που υιοθετείται και χρησιμοποιείται από ένα νοσοκομείο αποτελεί ένα πληροφοριακό σύστημα, το οποίο ονομάζεται Ολοκληρωμένο Πληροφοριακό Σύστημα Νοσοκομείου (ΟΠΣΝ). Ένα ολοκληρωμένο πληροφοριακό σύστημα νοσοκομείου αποτελείται από ένα σύνολο λογισμικών εφαρμογών και υποδομών που σχεδιάζονται για να υποστηρίξουν και να βελτιστοποιούν τις διάφορες λειτουργίες και διαδικασίες ενός νοσοκομείου. Αυτό περιλαμβάνει τη διαχείριση ασθενών, την καταγραφή ιατρικών εγγράφων, τη διαχείριση ραντεβού, τη διαχείριση αποθεμάτων και φαρμάκων, τη χρέωση και τη χρηματοοικονομική διαχείριση, τη διαχείριση εξοπλισμού και εγκαταστάσεων, καθώς και την παραγωγή αναφορών και στατιστικών δεδομένων. Ο στόχος ενός ολοκληρωμένου πληροφοριακού συστήματος νοσοκομείου είναι η βελτίωση της ποιότητας της φροντίδας υγείας, η αποτελεσματικότητα των λειτουργιών του νοσοκομείου και η αύξηση της παραγωγικότητας του προσωπικού. Το Ολοκληρωμένο Πληροφοριακό Σύστημα Νοσοκομείου (ΟΠΣΝ) περιλαμβάνει διάφορα υποσυστήματα που με τη σειρά τους συμβάλλουν στη διαχείριση των λειτουργιών του νοσοκομείου. Το υποσύστημα διαχείρισης ασθενών περιλαμβάνει πληροφορίες σχετικά με την εγγραφή των ασθενών, το ιατρικό τους ιστορικό, την εισαγωγή των εξισώσεων, τις διαταγές θεραπείας και την παρακολούθηση της εξέλιξης της κατάστασής τους, καλύπτοντας τις λειτουργίες του γραφείου κίνησης και των εξωτερικών ιατρείων. Το υποσύστημα διαχείρισης ραντεβού οργανώνει τα ραντεβού των ασθενών με τους γιατρούς και άλλους ειδικούς, καθώς και τις προθεσμίες για εξετάσεις και χειρουργικές επεμβάσεις. Η διαχείριση ιατρικών εργαλείων αφορά τη διαχείριση του ιατρικού εξοπλισμού, περιλαμβανομένων των φαρμάκων και του εξοπλισμού διαγνωστικών εξετάσεων. Το υποσύστημα διαχείρισης αποθηκών και εφοδίων αναλαμβάνει τη διαχείριση των αποθεμάτων φαρμάκων, ιατρικού υλικού και άλλων εφοδίων απαραίτητων για τη λειτουργία του νοσοκομείου. Στον τομέα των οικονομικών, το υποσύστημα διαχείρισης οικονομικών και χρηματοοικονομικών διαχειρίζεται τον προϋπολογισμό, τη χρέωση των ασθενών, τον λογιστικό έλεγχο και τη διαχείριση των οικονομικών πόρων του νοσοκομείου. Τέλος, το υποσύστημα διαχείρισης προσωπικού καλύπτει την πρόσληψη, το ωράριο εργασίας, την

αξιολόγηση της απόδοσης και άλλες πτυχές που αφορούν το προσωπικό του νοσοκομείου, εξασφαλίζοντας την ομαλή και αποδοτική λειτουργία του.

Υπάρχουν και τεχνολογίες οι οποίες είναι απαραίτητες στην καθημερινή κλινική πράξη, όπως η επεξεργασία εικόνας από ακτινοδιαγνωστικά μηχανήματα. Όλες οι τεχνολογίες και τα συστήματα πληροφορικής που αναφέρθηκαν παραπάνω είναι μέρος της Ηλεκτρονικής Υγείας (E-Health). Ο εξής ορισμός περιλαμβάνει εργαλεία όπως πληροφοριακά συστήματα, υπηρεσίες, προγράμματα τα οποία χρησιμοποιούνται από τις υπηρεσίες υγείας και από τους πολίτες. Σκοπός είναι η παροχή υψηλού επιπέδου υπηρεσιών με το μικρότερο δυνατό κόστος. [29]

2.2 Η Τεχνητή Νοημοσύνη στην Ιατρική

Η τεχνητή νοημοσύνη στην ιατρική αναπτύχθηκε από τα μέσα του 20ού αιώνα, αλλά η πραγματική της εφαρμογή και εξέλιξη έχουν επιτευχθεί τα τελευταία χρόνια. Αρχικά, η χρήση της ήταν περιορισμένη σε απλές εφαρμογές όπως η ανάλυση ιατρικών εικόνων και η διάγνωση με βάση των συμπτωμάτων.

Με την πρόοδο της τεχνολογίας και την ανάπτυξη των αλγορίθμων μηχανικής μάθησης, η τεχνητή νοημοσύνη έχει ενσωματωθεί σε πολλούς τομείς της ιατρικής. Σήμερα, χρησιμοποιείται ευρέως στη διάγνωση νοσημάτων, τον προγραμματισμό θεραπειών, την εξατομικευμένη ιατρική και την υποστήριξη λήψης αποφάσεων. Τα εργαλεία τεχνητής νοημοσύνης μπορούν να αναλύσουν μεγάλους όγκους δεδομένων, να ανιχνεύουν πρότυπα και να προβλέπουν αποτελέσματα με ακρίβεια και ταχύτητα που δεν είναι δυνατόν από ανθρώπους γιατρούς. Η εξέλιξη της τεχνητής νοημοσύνης στην ιατρική συνεχίζεται με την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών και την εφαρμογή τους σε περισσότερους τομείς της υγείας. Επιπλέον, οι επιστημονικές έρευνες στον τομέα της ιατρικής τεχνητής νοημοσύνης συνεχίζουν να προωθούνται για τη βελτίωση της περίθαλψης και την αντιμετώπιση των ιατρικών προβλημάτων. Παρακάτω παρατίθενται κάποια γεγονότα που έχουν σηματοδοτήσει την εξέλιξη της τεχνητής νοημοσύνης στην υγεία. [31]

1971: Οι επιστήμονες δημιουργούν τον INTERNIST-1, ο οποίος χρησιμοποιεί έναν ισχυρό αλγόριθμο κατάταξης για να φτάσει σε διαγνώσεις.

1975: Το Εθνικό Ινστιτούτο Υγείας χρηματοδοτεί το πρώτο εργαστήριο Τεχνητής Νοημοσύνης στην Ιατρική στο Πανεπιστήμιο Rutgers.

1976: Το σύστημα TN "Backward chaining" MYCIN παρέχει προτεινόμενες αντιβιοτικές αγωγές για πιθανά βακτηριακά παθογόνα. Το Πρόγραμμα Παρούσας Νόσου εισάγεται για να βοηθήσει στην αξιολόγηση του οιδήματος.

1978: Το Πανεπιστήμιο Rutgers αναπτύσσει το μοντέλο δικτύου αιτιώδους συνάφειας, το οποίο συνδυάζει τη στατιστική αναγνώριση προτύπων και την TN για συμβουλές όσον αφορά το γλαύκωμα.

1986: Το Πανεπιστήμιο της Μασαχουσέτης κυκλοφορεί το DXplain, που χρησιμοποιεί τα εισαγόμενα συμπτώματα για τη δημιουργία διαγνώσεων για 500 ασθένειες. Σήμερα έχει φτάσει σε περισσότερες από 2,600.

1989: Οι καρδιολόγοι του Cedars-Sinai καταθέτουν το CorSage, ένα κλινικό εργαλείο που συνδυάζει TN και στατιστικές τεχνικές για να βοηθήσει τους γιατρούς να αναγνωρίσουν ασθενείς με καρδιακά προβλήματα που είναι πιθανότερο να υποστούν άλλο στεφανιαίο επεισόδιο.

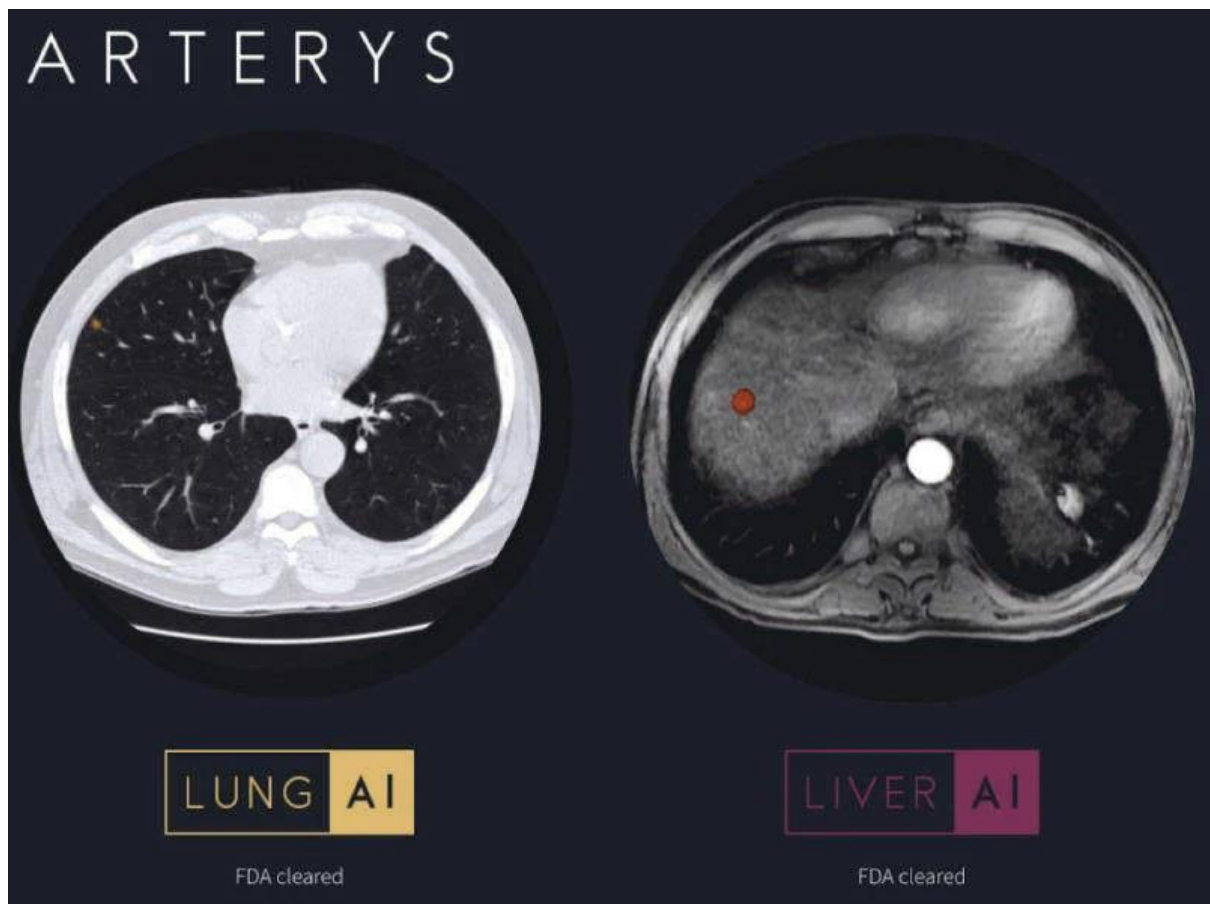
1991: Το Σύστημα Ερμηνείας Ειδικότητας Παθολογίας παράγει παθολογικές εκθέσεις με σχεδόν 95% διαγνωστική ακρίβεια.

2003: Το Πρόγραμμα Ανθρώπινου Γονιδιώματος παρέχει μια πληθώρα δεδομένων σχετικά με τη γενετική βάση της νόσου.

2007: Η IBM δημιουργεί το σύστημα ερωτήσεων-απαντήσεων Watson. Το 2011, ο Watson κερδίζει την πρώτη θέση στο Jeopardy και το 2017, νευρολόγοι το χρησιμοποιούν για την αναγνώριση πρωτεϊνών σύνδεσης RNA που έχουν αλλοιωθεί στην ALS.

2015: Το Pharmabot συμβάλλει στην εκπαίδευση για φαρμακευτικά προϊόντα για παιδιά και φροντιστές.

2017: Η Arterys κερδίζει έγκριση από την Υπηρεσία Τροφίμων και Φαρμάκων (FDA) για ένα προϊόν που αναλύει καρδιακές μαγνητικές τομογραφίες σε δευτερόλεπτα.



[45]

2017: Οι εφαρμογές με βαθιά μάθηση ελέγχουν για ασθένειες από τη διαβητική αμφιβληστροειδοπάθεια έως τον καρκίνο του δέρματος. Η FDA εγκρίνει την πρώτη συσκευή με TN που προορίζεται για χρήση στην αίθουσα εγχειρήσεων.

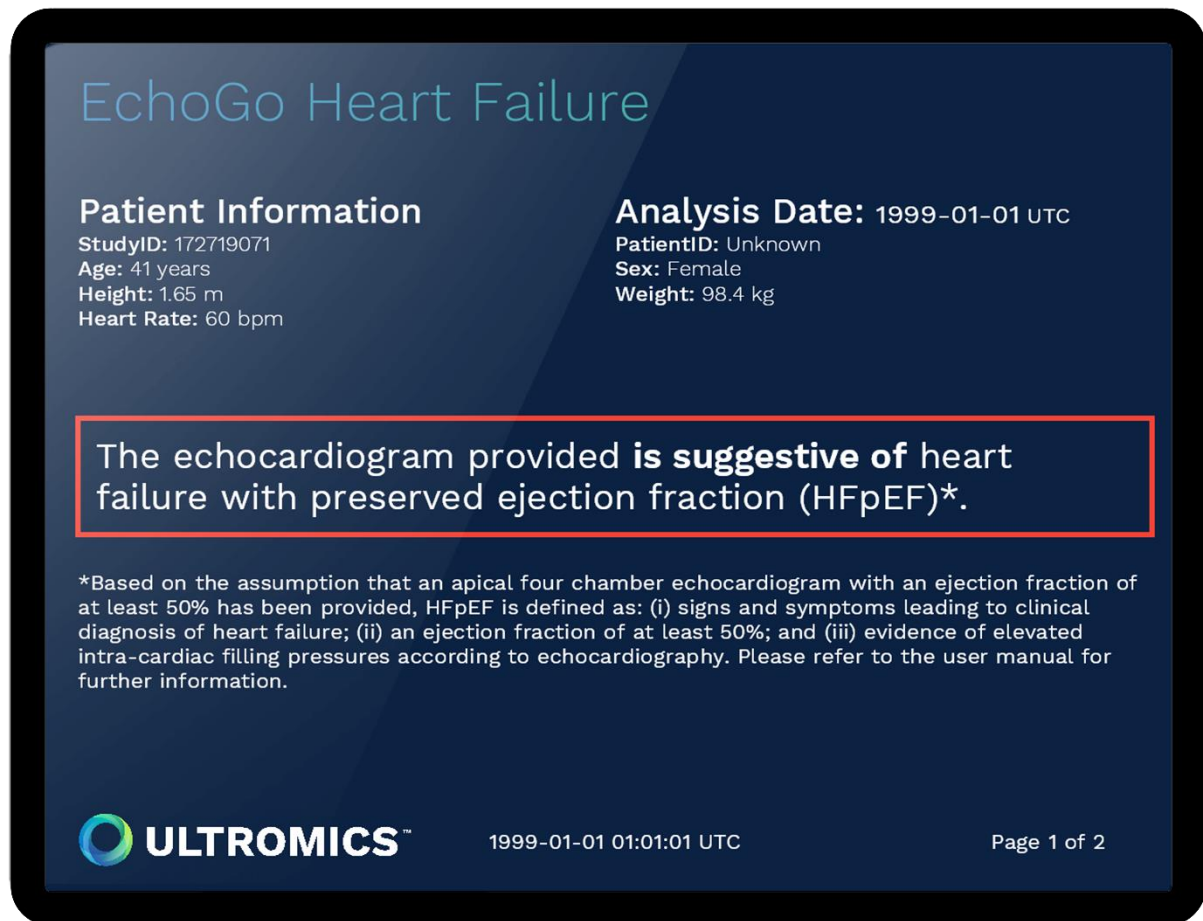
2019: Η FDA εγκρίνει την πρώτη συσκευή με TN για διάγνωση καρκίνου καθώς και έναν αλγόριθμο βαθιάς μάθησης για ερμηνεία εγκεφαλικών μαγνητικών τομογραφιών.

2019: Το Cedars-Sinai ιδρύει τη Διάρθρωση Τεχνητής Νοημοσύνης στην Ιατρική, υπό την ηγεσία του Sumeet Chugh, MD, του Pauline και του Harold Price Chair στην Ερευνητική Ηλεκτροφυσιολογία, ο οποίος βασίζεται στην TN και τα δεδομένα πληθυσμιακής κλίμακας ώστε να διαλύσει την μυστηριώδη ευαισθησία στην καρδιακή ανακοπή.

2020: Η Google DeepMind χρησιμοποιεί την TN για να προβλέψει την τρισδιάστατη δομή μιας πρωτεΐνης από τα αμινοξέα της ακολουθίας της, λύνοντας ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα της βιολογίας.

2021: Με την ηγεσία του Jason H. Moore, PhD, η Υπηρεσία Υπολογιστικής Βιοϊατρικής ενισχύει την υποδομή υπολογιστών του Cedars-Sinai για την έρευνα.

2022: Η FDA εξουσιοδοτεί 91 συσκευές με TN. Ένα από αυτά, το EchoGo Heart Failure, ανιχνεύει την καρδιακή ανεπάρκεια από ένα μόνο υπερηχοκαρδιογράφημα.



[46]

2.3 Έμπειρα Συστήματα στην Ιατρική

Εμπειρικά συστήματα, ή αλλιώς γνωστά ως Expert Systems (ΕΣ), αποτελούν έναν σημαντικό κλάδο στον χώρο της τεχνητής νοημοσύνης, ο οποίος έχει επηρεάσει πολλούς τομείς, από την ιατρική και τη διοίκηση επιχειρήσεων έως την παραγωγή και τη ρομποτική. Τα ΕΣ αποτελούν προγράμματα υπολογιστή που μπορούν να προσομοιώνουν την εμπειρία και τη συλλογιστική ενός εμπειρογνώμονα σε ένα συγκεκριμένο τομέα γνώσης. Με τη χρήση ενός περίπλοκου συνδυασμού κανόνων και λογικής, τα ΕΣ μπορούν να προσφέρουν ευφυείς συμβουλές, να λαμβάνουν αποφάσεις και να επιλύουν προβλήματα σε πολύπλοκους τομείς.

Από τις πρώτες εφαρμογές των ΕΣ στα μέσα της δεκαετίας του 1970 έως σήμερα, έχει σημειωθεί σημαντική εξέλιξη σε αυτόν τον τομέα. Αρχικά, οι περισσότερες εφαρμογές επικεντρώθηκαν σε ειδικούς τομείς όπως η ιατρική και η

χημεία, αλλά σήμερα οι ΕΣ έχουν επεκταθεί σε πολλούς άλλους τομείς, συμπεριλαμβανομένων της οικονομίας, της διοίκησης και της παραγωγής.

Τα Έμπειρα Συστήματα αναδεικνύονται ως βασικός πυλώνας στη σύγχρονη Ιατρική, προσφέροντας σημαντική συνδρομή σε πολλά αντικείμενα όπως η παρακολούθηση των ασθενών, η διάγνωση, η λήψη αποφάσεων και η ερμηνεία των ιατρικών προτάσεων. Συνολικά, η προηγμένη τεχνολογία των Έμπειρων Συστημάτων έχει επιφέρει επαναστατικές αλλαγές στον τρόπο που οι ιατροί διαχειρίζονται τις πληροφορίες και λαμβάνουν αποφάσεις στον ιατρικό κλάδο.

Με βάση τα δεδομένα που αναλύουν και τις προγραμματισμένες λειτουργίες τους, τα έμπειρα συστήματα στην ιατρική μπορούν να προσφέρουν πολλά οφέλη, συμπεριλαμβανομένης της αύξησης της ακρίβειας στις διαγνώσεις, της βελτίωσης της θεραπευτικής απόκρισης και της εξοικονόμησης χρόνου για τους ιατρούς. [40]

2.4 Χαρακτηριστικά Εμπειρικών Συστημάτων στην Ιατρική

Στην ιατρική, τα επιθυμητά χαρακτηριστικά των εμπειρικών συστημάτων περιλαμβάνουν αξιοπιστία, ακρίβεια, ευελιξία, διαφάνεια, υποστήριξη της λήψης αποφάσεων και συνεργασία. Η αξιοπιστία είναι ζωτικής σημασίας για την παροχή ακριβών διαγνώσεων, θεραπευτικών προτάσεων και γενικότερα για τις αποφάσεις που λαμβάνουν τα συστήματα. Η ακρίβεια είναι κρίσιμη, καθώς ακόμα και μικρές αποκλίσεις μπορούν να έχουν σημαντικές επιπτώσεις στην υγεία του ασθενή. Τα εμπειρικά συστήματα πρέπει επίσης να είναι ευέλικτα, ικανά να προσαρμόζονται σε διάφορες κλινικές καταστάσεις και ανάγκες των ασθενών. Η διαφάνεια είναι εξίσου σημαντική, καθώς επιτρέπει στο σύστημα να εξηγεί τη λογική πίσω από τις αποφάσεις του, διευκολύνοντας έτσι την κατανόηση από γιατρούς και ασθενείς. Η υποστήριξη της λήψης αποφάσεων κρίνεται απαραίτητη, καθώς τα συστήματα οφείλουν να παρέχουν πληροφορίες και συμβουλές που βασίζονται σε επιστημονικές αποδείξεις και εμπειρία. Τέλος, η συνεργασία με τους γιατρούς και το ιατρικό προσωπικό είναι κρίσιμη για την επίτευξη της καλύτερης δυνατής φροντίδας των ασθενών, εξασφαλίζοντας ότι τα εμπειρικά συστήματα λειτουργούν ως πολύτιμοι σύμβουλοι και υποστηρικτές στη διαδικασία της ιατρικής περίθαλψης. [55]

2.5 Στοιχεία των Έμπειρων Συστημάτων

Τα βασικά στοιχεία των εμπειρικών συστημάτων περιλαμβάνουν τη βάση γνώσης, τη μηχανή εξαγωγής συμπερασμάτων, τη διασύνδεση χρήστη, τους μηχανισμούς εκμάθησης και τους μηχανισμούς δικαιολόγησης. Η βάση γνώσης

αποτελεί την κεντρική συλλογή της γνώσης που χρησιμοποιεί το έμπειρο σύστημα, περιλαμβάνοντας κανόνες, δεδομένα και άλλες γνωστικές δομές που αντιπροσωπεύουν την εμπειρία του ειδικού στον συγκεκριμένο τομέα. Η μηχανή εξαγωγής συμπερασμάτων είναι ο πυρήνας του συστήματος και χρησιμοποιείται για την εφαρμογή των κανόνων της βάσης γνώσης στα δεδομένα εισόδου, επιτρέποντας τη δημιουργία νέων πληροφοριών και τη λήψη αποφάσεων με βάση τη διαθέσιμη γνώση. Η διασύνδεση χρήστη παρέχει το μέσο επικοινωνίας μεταξύ του χρήστη και του εμπειρικού συστήματος και μπορεί να είναι γραφική, κειμενική ή φωνητική, ενώ παράλληλα στοχεύει στην ευκολία χρήσης και κατανόησης των αποτελεσμάτων που παράγει το σύστημα. Επιπλέον, ορισμένα εμπειρικά συστήματα περιλαμβάνουν μηχανισμούς εκμάθησης που τους επιτρέπουν να βελτιώνουν την απόδοσή τους μέσω της εμπειρίας ή των δεδομένων που αποκτούν κατά τη λειτουργία τους. Τέλος, οι μηχανισμοί δικαιολόγησης επιτρέπουν τη δικαιολόγηση των αποφάσεων ή των συμβουλών που παρέχουν τα συστήματα, βοηθώντας τους χρήστες να κατανοήσουν τον τρόπο με τον οποίο το σύστημα έφθασε σε μια συγκεκριμένη απόφαση ή συμβουλή.

Τα κύρια συστατικά των έμπειρων συστημάτων (ΕΣ) περιλαμβάνουν τα αποθέματα γνώσης, την αναπαράσταση γνώσης, τον μηχανισμό εξαγωγής συμπερασμάτων και τη διαφάνεια λειτουργίας. Αρχικά, τα αποθέματα γνώσης αποτελούν τη βάση των ΕΣ και περιέχουν τη συλλογή της γνώσης που χρησιμοποιούν για την επεξεργασία των δεδομένων και τη λήψη αποφάσεων. Αυτή η γνώση μπορεί να αποθηκεύεται σε μορφή κανόνων, δεδομένων ή άλλων γνωστικών δομών, επιτρέποντας στο σύστημα να έχει μια ευρεία βάση πληροφοριών. Η αναπαράσταση γνώσης στα ΕΣ γίνεται με έναν απλό και ομοιόμορφο τρόπο, διευκολύνοντας την επεξεργασία και την ανάλυση των πληροφοριών με αποτελεσματικότητα και ακρίβεια. Ο μηχανισμός εξαγωγής συμπερασμάτων, γνωστός και ως "inference engine," αποτελεί ένα αυτόνομο στοιχείο του συστήματος που εφαρμόζει τους κανόνες της βάσης γνώσης στα δεδομένα εισόδου, προκειμένου να προκύψουν τεκμηριωμένα συμπεράσματα και αποφάσεις. Τέλος, η διαφάνεια λειτουργίας είναι ένα κρίσιμο χαρακτηριστικό των ΕΣ, καθώς διασφαλίζει ότι τα συστήματα είναι σε θέση να εξηγήσουν τα συμπεράσματα και τις αποφάσεις που λαμβάνουν. Αυτό παρέχει στους χρήστες μια κατανοητή αιτιολόγηση των αποτελεσμάτων, ενισχύοντας την εμπιστοσύνη τους στη χρήση του συστήματος και καθιστώντας τις διαδικασίες πιο αξιόπιστες και κατανοητές.

Τα ΕΣ αποδεικνύονται ιδιαίτερα χρήσιμα στην ιατρική και στα νοσοκομεία επειδή οι ειδικοί, παρά την εμπειρία τους, μπορεί να υπόκεινται σε λάθη. Επιπρόσθετα, η εύρεση εξειδικευμένων επαγγελματιών δεν είναι πάντα εύκολη,

επομένως η χρήση ΕΣ ενδεχομένως να αντισταθμίσει αυτήν την πρόκληση με τη διάχυση και τη διατήρηση της γνώσης. [55]

2.6 Χρήση Έμπειρων Συστημάτων στην Ιατρική

Η χρήση εμπειρικών συστημάτων στην ιατρική έχει επιφέρει σημαντικές εξελίξεις και προσφέρει πολλά οφέλη σε διάφορους τομείς της ιατρικής. Τα εμπειρικά συστήματα έχουν πολλαπλές εφαρμογές στην ιατρική, συμβάλλοντας σημαντικά στην υποστήριξη της διάγνωσης, της θεραπείας και της διαχείρισης του ιατρικού περιβάλλοντος. Πρώτον, ως υποβοηθοί διάγνωσης, τα εμπειρικά συστήματα λειτουργούν ως υποστηρικτικά εργαλεία για τη διενέργεια διαγνωστικών εξετάσεων, αναλύοντας τα συμπτώματα των ασθενών και το ιατρικό τους ιστορικό για να προτείνουν πιθανές διαγνώσεις ή να παρέχουν κλινικές κατευθυντήριες οδηγίες στους ιατρούς. Δεύτερον, στη στήριξη της θεραπείας, αυτά τα συστήματα παρέχουν πληροφορίες και προτάσεις για την κατάλληλη θεραπευτική αγωγή, λαμβάνοντας υπόψη το ιατρικό ιστορικό του ασθενούς και τις ειδικές ανάγκες του. Επιπλέον, τα εμπειρικά συστήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη διαχείριση του ιατρικού περιβάλλοντος στα νοσοκομεία, διευκολύνοντας τη διαχείριση των ιατρικών δεδομένων, του προσωπικού και των ροών εργασίας, συμβάλλοντας έτσι στη βελτίωση της απόδοσης και της αποτελεσματικότητας του νοσοκομειακού συστήματος. Επίσης, στη διαχείριση φαρμακευτικών δοσολογιών, τα εμπειρικά συστήματα συμβάλουν στην ανίχνευση και πρόληψη σφαλμάτων στη δοσολογία των φαρμάκων, παρέχοντας συστάσεις για τις κατάλληλες δόσεις και τις αλληλεπιδράσεις φαρμάκων. Στον τομέα της εκπαίδευσης, τα συστήματα αυτά αξιοποιούνται για την εκπαίδευση και την πρακτική εξάσκηση νοσοκομειακών ιατρών και φοιτητών ιατρικής σε διάφορες κλινικές και ιατρικές διαδικασίες. Τέλος, τα εμπειρικά συστήματα παράγουν προειδοποιήσεις και υπενθυμίσεις σε πραγματικό χρόνο, λειτουργώντας ως "υπενθύμιση" ή "προειδοποίηση" για οποιεσδήποτε μεταβολές στην κατάσταση του ασθενούς και ανιχνεύουν αυτόματα τα αποτελέσματα εργαστηριακών εξετάσεων προκειμένου να στέλνουν υπενθυμίσεις ή προειδοποιήσεις σχετικά με τα ευρήματα. [55]

Παρά την αυξημένη διάδοση των εμπειρικών συστημάτων στον τομέα της ιατρικής, υπάρχουν ορισμένα βασικά εμπόδια. Οι ιατρικές εργασίες είναι δύσκολες λόγω της πολυπλοκότητας των ασθενών και της αβεβαιότητας που περιβάλλει τα διαθέσιμα κλινικά δεδομένα. Επιπρόσθετα, οι αποδεκτοί παράγοντες σφαλμάτων είναι πολύ περιορισμένοι λόγω των ηθικών και νομικών ανησυχιών και του κινδύνου λανθασμένων ιατρικών επεμβάσεων, καθώς επίσης η χρηματοδότηση για τις κύριες δαπάνες είναι περιορισμένη. Ωστόσο, σημειώνονται παράγοντες που συντελούν στην

αυξανόμενη διάδοση της τεχνολογίας των εμπειρικών συστημάτων, οι οποίοι περιλαμβάνουν την αποτελεσματική διαχείριση των δαπανών και τη βελτιωμένη ποιότητα της φροντίδας των ασθενών.

2.7 Προγράμματα Ιατρικής Έμπειρων Συστημάτων

Στην αρχή της τεχνητής νοημοσύνης στην ιατρική τα περισσότερα συστήματα αναπτύχθηκαν ώστε να προσφέρουν βοήθεια στους γιατρούς των νοσοκομείων και κλινικών στην διάγνωση. Τα κυριότερα έμπειρα συστήματα του χρησιμοποιούνται ή χρησιμοποιούνταν είναι τα παρακάτω:

Mycin:

Το Mycin ανήκει στην πρώτη γενιά εμπειρικών συστημάτων και αποτελεί έναν πρωτοπόρο στον τομέα της ιατρικής τεχνητής νοημοσύνης. Αναπτύχθηκε μέσα σε 5 με 6 χρόνια στα τέλη της δεκαετίας του '70 στο Πανεπιστήμιο του Στάνφορντ με στόχο τη διάγνωση και θεραπεία λοιμώξεων στον ανθρώπινο οργανισμό. Το Mycin λειτουργούσε με τη βοήθεια της γλώσσας προγραμματισμού Lisp και εφαρμόζε ένα σύστημα βασισμένο σε κανόνες για τη λήψη αποφάσεων.

Το σύστημα λειτουργούσε με τον εξής τρόπο: αναλύοντας τα συμπτώματα ενός ασθενούς, το Mycin θέτει σε λειτουργία μια σειρά ερωτήσεων και συγκρίνει τις απαντήσεις με μια βάση δεδομένων γνωστών λοιμώξεων. Εάν δεν υπάρχει αντιστοιχία, προχωράει σε επιπλέον ερωτήσεις για να περιορίσει τις επιλογές. Τέλος, κατά την ολοκλήρωση της ανάλυσης, προτείνει μια πορεία θεραπείας, λαμβάνοντας υπόψη τη σοβαρότητα της λοίμωξης και την κατάσταση του ασθενούς.

Το Mycin αποτέλεσε μια επιτυχημένη εφαρμογή στη δεκαετία του '70 και '80 και ενσωματώθηκε σε πολλά νοσοκομεία. Ωστόσο, τα εμπειρικά συστήματα όπως το Mycin αντιμετώπισαν προκλήσεις κατά τη δεκαετία του '90, καθώς νέες πιο προηγμένες και ευέλικτες τεχνικές τεχνητής νοημοσύνης ανέδειξαν πιο αποτελεσματικές λύσεις. Σήμερα, το Mycin δεν χρησιμοποιείται πλέον, αλλά η συμβολή του στην ιστορία της τεχνητής νοημοσύνης παραμένει σημαντική. [32]

HELP (Health Evaluation through Logical Programming):

Το HELP δημιουργήθηκε από τους Gardner, Pryor και Warner, ξεκίνησε στο νοσοκομείο LDS της Γιούτα το 1967 και αποτελεί μέρος του Intermountain Health Care (IHC). Αρχικά σχεδιάστηκε για τον έλεγχο της κυκλοφορίας, ενσωματώθηκε πρώτα στο καρδιολογικό εργαστήριο και στη συνέχεια στο χειρουργείο και τη ΜΕΘ. Μετέπειτα εξελίχθηκε σε ένα ολοκληρωμένο σύστημα νοσοκομείου, εφαρμοσμένο σε

πολλά νοσοκομεία του συστήματος. Το HELP αναπτύχθηκε στο Πανεπιστήμιο της Γιούτα και επεκτάθηκε με τη χρήση του HCOM, ένα εργαλείο μετατροπής γλωσσικού κώδικα που επιτρέπει τη δημιουργία μονάδων υποστήριξης αποφάσεων βασισμένων στην πιθανοτική λογική. Βασίζεται στη γνώση, δηλαδή είναι οργανωμένο με βάση τις διαδικασίες λήψης αποφάσεων. Χρησιμοποιεί λογικούς αλγόριθμους που εκφράζονται σε κείμενο εύκολα κατανοητό από τους χρήστες. Χρησιμοποιεί δεδομένα και στοιχεία με επεξεργασία για αναζήτηση των αρχείων και των εγγραφών των ασθενών. Επιπλέον, διαθέτει δομημένο λεξιλόγιο για την ομοιόμορφη αναπαράσταση δεδομένων. [33]

IBM Watson Health – Merative:

Η Merative L.P., πρώην IBM Watson Health, είναι μια αμερικανική εταιρεία ιατρικής τεχνολογίας που παρέχει προϊόντα και υπηρεσίες που βοηθούν τους πελάτες στην ιατρική έρευνα, στην κλινική έρευνα και στις υπηρεσίες υγειονομικής περίθαλψης, μέσω της χρήσης τεχνητής νοημοσύνης, ανάλυσης δεδομένων, cloud computing και άλλης προηγμένης τεχνολογίας πληροφοριών. Το 2022 η IBM Watson πουλήθηκε στην Francisco Partners. Με αυτή την πώληση η Francisco Partners απέκτησε δεδομένα και προϊόντα, όπως Health Insights, MarketScan, Clinical Development, Social Program Management, Micromedex και ιατρικά λογισμικά απεικόνισης εικόνας. Μετά την απόκτηση της από την Francisco Partners, μετονομάστηκε σε Merative. [34] [35]

Cerner Millennium:

Στις 20 Δεκεμβρίου του 2021, η Oracle Corporation ανακοίνωσε τη συμφωνία να αγοράσει την Cerner. Το κύριο προϊόν της Oracle Cerner είναι η πλατφόρμα Cerner Millennium. Ουσιαστικά αποτελεί ένα σύστημα εγγραφής στον τομέα της υγείας. Πιο συγκεκριμένα, εντός του συστήματος Millennium υπάρχουν διάφορες ενότητες οι οποίες συνδέονται με το κύριο σύστημα προκειμένου να επεκτείνουν τη διαμόρφωση και τη διαθεσιμότητα χαρακτηριστικών. Οι ενότητες του Cerner EHR περιλαμβάνουν διάφορα συστήματα που καλύπτουν διαφορετικές ανάγκες των υγειονομικών μονάδων. Το Cerner FirstNet είναι το σύστημα του τμήματος επείγουσας ανάγκης, ενώ τα Cerner SurgiNet και SurgiNet Anaesthesia Application (SAA) χρησιμοποιούνται για χειρουργικές και διαδικαστικές επεμβάσεις. Το Cerner RadNet είναι ένα σύστημα πληροφοριών ραδιολογίας, και το Cerner PathNet ένα σύστημα πληροφοριών εργαστηρίου. Η κύρια ενότητα κλινικής τεκμηρίωσης και παραγγελίας είναι το Cerner PowerChart. Το Cerner CareAware χρησιμοποιείται για τη σύνδεση βιοϊατρικών συσκευών στο Millennium, και το Cerner Learning Framework είναι ένα ειδικά σχεδιασμένο πακέτο για την εκπαίδευση και την υιοθέτηση όσον αφορά εγκαταστάσεις που εισάγονται στο Cerner EHR. [36] [37]

DXplain:

Το DXplain είναι ένα σύστημα υποστήριξης κλινικών αποφάσεων (CDSS) διαθέσιμο μέσω του διαδικτύου, βοηθώντας τους ιατρούς να πραγματοποιήσουν διαγνώσεις βασιζόμενοι σε συμπτώματα ασθενών, εργαστηριακά αποτελέσματα και άλλες κλινικές εκδηλώσεις που καταγράφονται από τον χρήστη. Παρέχει αποδεικτική υποστήριξη για κάθε διαφορετική διάγνωση, μαζί με συνιστώμενη παρακολούθηση που μπορεί να διεξαχθεί από τον ιατρό προκειμένου να καταλήξει σε μία πιο οριστική διάγνωση. Το σύστημα χρησιμεύει επίσης ως υλικό αναφοράς ιατρού διαθέτοντας μια βάση δεδομένων με δυνατότητα αναζήτησης ασθενειών και κλινικών εκδηλώσεων. Το DXplain σχεδιάστηκε από το Εργαστήριο Επιστήμης Υπολογιστών στο Γενικό Νοσοκομείο της Μασαχουσέτης. Οι εργασίες πάνω στο σύστημα ξεκίνησαν το 1984, ενώ η πρώτη του έκδοση κυκλοφόρησε δύο χρόνια μετά, το 1986. Παρά τη χρήση του DXplain στην εκπαίδευση κλινικών γιατρών, όπως και άλλα παρόμοια συστήματα υποστήριξης κλινικών αποφάσεων, παραμένει μόνο στο ερευνητικό εργαστήριο και στο ιατρικό εκπαιδευτικό περιβάλλον. Αυτό οφείλεται κυρίως στην έλλειψη υποστήριξης κλινικών γιατρών υπό πραγματικές συνθήκες. [38]

2.8 Διαφορές Χαρακτηριστικών Έμπειρων Συστημάτων με Συμβατικά Προγράμματα

Τα έμπειρα συστήματα διαθέτουν ορισμένα βασικά χαρακτηριστικά που τα ξεχωρίζουν από τα συμβατικά προγράμματα, καθιστώντας τα εξαιρετικά πολύτιμα σε πολλούς τομείς εφαρμογών. Πρώτον, βασίζονται σε γνώση που έχει συλλεχθεί από ανθρώπους ειδικούς και έχει ενσωματωθεί στο σύστημα μέσω σαφών κανόνων και αλγορίθμων, σε αντίθεση με τα συμβατικά προγράμματα που δεν διαθέτουν αυτή την εξειδικευμένη γνώση. Δεύτερον, διαθέτουν αυτόματο μηχανισμό εξαγωγής συμπερασμάτων, ο οποίος τους επιτρέπει να προτείνουν λύσεις ή να λαμβάνουν αποφάσεις με βάση τα δεδομένα και τους κανόνες που έχουν ενσωματωθεί, χαρακτηριστικό που συνήθως απουσιάζει από τα συμβατικά προγράμματα, τα οποία είναι προγραμματισμένα να ακολουθούν σύνολα εντολών. Επιπλέον, τα έμπειρα συστήματα παρέχουν διαφάνεια όσον αφορά τον τρόπο με τον οποίο καταλήγουν σε συγκεκριμένες αποφάσεις ή συμπεράσματα, διευκολύνοντας έτσι τους χρήστες την κατανόηση της διαδικασίας λήψης αποφάσεων. Ένα άλλο σημαντικό χαρακτηριστικό είναι η προσαρμοστικότητα και η εξατομίκευση, καθώς αυτά τα συστήματα μπορούν να παρέχουν λύσεις προσαρμοσμένες στις ανάγκες και τις προτιμήσεις του κάθε χρήστη, ενσωματώνοντας γνώση και προσαρμόζοντας τους αλγορίθμους τους. Επιπρόσθετα, κάποια έμπειρα συστήματα έχουν τη δυνατότητα συνεχούς εκμάθησης

και βελτίωσης μέσω της εμπειρίας και της χρήσης με την πάροδο του χρόνου, επιτρέποντάς τους να προσαρμόζονται σε νέες πληροφορίες και να βελτιώνουν την απόδοσή τους μακροπρόθεσμα. Τέλος, η αυτοματοποίηση που προσφέρουν τα έμπειρα συστήματα συμβάλλει στην ελαχιστοποίηση του ανθρώπινου εργασιακού φορτίου και ενισχύει την αποτελεσματικότητα της εκτέλεσης των καθηκόντων τους.

2.9 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Έμπειρων Συστημάτων με Άνθρωπο Ειδικό

Τα έμπειρα συστήματα παρουσιάζουν πολλά πλεονεκτήματα σε σχέση με τους ανθρώπους ειδικούς, τα οποία καθιστούν την χρήση τους ιδιαίτερα αποτελεσματική σε διάφορους τομείς. Καταρχάς, διαθέτουν ταχύτητα και αποτελεσματικότητα, καθώς μπορούν να επεξεργάζονται μεγάλες ποσότητες δεδομένων και να παράγουν υψηλής ποιότητας αποτελέσματα σε σύντομο χρονικό διάστημα. Επιπλέον, η λειτουργία τους βασίζεται σε αντικειμενικούς κανόνες και δεδομένα, αποφεύγοντας την υποκειμενικότητα που μπορεί να επηρεάσει τις ανθρώπινες αποφάσεις. Ένα ακόμη σημαντικό πλεονέκτημα είναι η συνέπεια, καθώς τα έμπειρα συστήματα εφαρμόζουν κανόνες και διαδικασίες με ακρίβεια και χωρίς να επηρεάζονται από παράγοντες όπως η κόπωση ή η συναισθηματική κατάσταση. Παράλληλα, η συνεχής διαθεσιμότητά τους τα καθιστά ικανά να λειτουργούν αδιάκοπα χωρίς την ανάγκη ξεκούρασης, προσφέροντας συνεχόμενη υποστήριξη. Επιπρόσθετα, τα έμπειρα συστήματα μπορούν να διατηρούν και να μεταφέρουν τη γνώση και την εμπειρία που έχει αποκτηθεί από διάφορους ειδικούς, εξασφαλίζοντας την ακεραιότητα της γνώσης. Επιπλέον, η δυνατότητα αποθήκευσης και ανάκτησης μεγάλου όγκου δεδομένων με ακρίβεια και ταχύτητα εξαλείφει τα λάθη και τις παραλείψεις που μπορούν να συμβούν από τους ανθρώπους. Τέλος, τα έμπειρα συστήματα μπορούν να εκτελούν επαναλαμβανόμενα καθήκοντα με μεγάλη ακρίβεια, απελευθερώνοντας τους ανθρώπους από αυτές τις εργασίες και επιτρέποντάς τους να επικεντρωθούν σε πιο δημιουργικές και σύνθετες δραστηριότητες.

Πέρα από τα πλεονεκτήματα που παρατίθενται παραπάνω, πρέπει να σημειωθούν και τα μειονεκτήματα των έμπειρων συστημάτων, τα οποία είναι σημαντικά και επηρεάζουν τη συνολική απόδοσή τους. Πρώτον, υπάρχει η έλλειψη ανθρώπινης ευφυΐας, καθώς τα έμπειρα συστήματα είναι περιορισμένα στην αντιμετώπιση προβλημάτων, λειτουργώντας με βάση τους προκαθορισμένους κανόνες και αλγορίθμους που έχουν ενσωματωθεί. Δεύτερον, η ανικανότητα αυτόνομης λήψης αποφάσεων είναι εμφανής, αφού τα έμπειρα συστήματα μπορεί να

μην είναι σε θέση να λάβουν υπόψη μη καταγεγραμμένους παράγοντες και προσωπικές κρίσεις που μπορεί να εξετάσει ένας άνθρωπος ειδικός. Επιπλέον, υπάρχει η απουσία ενσυναίσθησης, καθώς τα έμπειρα συστήματα δεν διαθέτουν συναισθηματισμούς και δεν κατανοούν τα ποικίλα και έντονα ανθρώπινα συναισθήματα, με αποτέλεσμα να μην μπορούν να αλληλεπιδράσουν με την ίδια ευαισθησία και κατανόηση όπως ένας άνθρωπος. Επιπροσθέτως, η ελλιπής εκπαίδευση των έμπειρων συστημάτων μπορεί να περιορίσει την αποτελεσματικότητά τους, καθώς η ποιότητα της εκπαίδευσης είναι κρίσιμη για την ακρίβεια των αποφάσεών τους. Ακόμα, τα έμπειρα συστήματα συχνά εμφανίζουν έλλειψη δυνατότητας προσαρμογής, δηλαδή δυσκολεύονται να εξελιχθούν με βάση νέες πληροφορίες και να προσαρμοστούν σε μεταβαλλόμενες συνθήκες ή απρόβλεπτες εξελίξεις. Τέλος, υπάρχει ο κίνδυνος εξάρτησης, καθώς η αυξημένη στήριξη σε αυτά ενδέχεται να οδηγήσει στη μείωση της ικανότητας επίλυσης προβλημάτων από τους ανθρώπους και στην απώλεια της ανεξαρτησίας των ειδικών στην εργασία τους.

2.10 Σύνοψη

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάστηκαν οι εφαρμογές της πληροφορικής στην ιατρική, εστιάζοντας στη συμβολή της τεχνητής νοημοσύνης και των έμπειρων συστημάτων. Επιπρόσθετα, αναφέραμε και κάποια κύρια έμπειρα συστήματα που χρησιμοποιούνται στον τομέα της υγείας. Τα έμπειρα συστήματα αποτελούν συστήματα διαχείρισης γνώσης με στόχο την αντιμετώπιση προβλημάτων που απαιτούν εμπειρογνωμοσύνη για την επίλυσή τους. Η χρήση τέτοιων συστημάτων κρίνεται απαραίτητη σε προβλήματα των οποίων η λύση δεν είναι δυνατή μέσω παραδοσιακών μεθόδων προγραμματισμού. Ωστόσο, για την δημιουργία ενός έμπειρου συστήματος το κόστος είναι υψηλό και απαιτείται σημαντική προσπάθεια. Εν κατακλείδι, η χρήση των έμπειρων συστημάτων τα καθιστά ισχυρά εργαλεία στον κλάδο της ιατρικής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΙΑΤΡΙΚΗ

3.1 Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων

Τα συστήματα υποστήριξης λήψης αποφάσεων αποτελούν λογισμικά ή εφαρμογές και βασίζονται σε υπολογιστές σχεδιασμένους ώστε να προσφέρουν βοήθεια στον χρήστη προκειμένου να πάρει μία απόφαση σε πολύπλοκα περιβάλλοντα. Τα συστήματα αυτά λειτουργούν χρησιμοποιώντας αλγορίθμους, βάσεις δεδομένων και άλλες τεχνολογίες ώστε να είναι ικανά να παρέχουν συμβουλές και προτάσεις στους χρήστες για την λήψη αποφάσεων. Τα συστήματα υποστήριξης αποφάσεων χρησιμοποιούνται σε πολλούς τομείς. Για παράδειγμα, στην ιατρική αξιοποιούνται στην ανάλυση ιατρικών δεδομένων, τη διαχείριση ασθενών, την πρόβλεψη διαγνώσεων και την παροχή συμβουλών για πιθανές θεραπείες. Ο σκοπός της χρήσης τους είναι να παρέχουν στους χρήστες πληροφορίες που απαιτούνται ώστε να λάβουν την καταλληλότερη απόφαση. Τα συστήματα υποστήριξης αποφάσεων αποτελούνται από τρία βασικά μέρη, τα οποία συνεργάζονται για την αποτελεσματική λήψη αποφάσεων. Πρώτον, τα δεδομένα, που αφορούν τη συλλογή και αποθήκευση των πληροφοριών που σχετίζονται με το πρόβλημα για το οποίο πρέπει να ληφθεί μια απόφαση. Η επεξεργασία αυτών των πληροφοριών είναι κρίσιμη για την ακριβή κατανόηση της κατάστασης και των παραγόντων που επηρεάζουν την απόφαση. Δεύτερον, η γνώση, η οποία περιλαμβάνει τους κανόνες, τους αλγορίθμους, τις διαδικασίες και την εμπειρία που έχουν ενσωματωθεί στο σύστημα, στοιχεία τα οποία χρησιμοποιούνται για την ανάλυση των δεδομένων και την παραγωγή μιας τεκμηριωμένης απόφασης. Τρίτον, η τεχνολογία, η οποία αναφέρεται στο λογισμικό και τις τεχνικές που αξιοποιούνται για την κατάλληλη επεξεργασία των δεδομένων και την εφαρμογή της γνώσης. Η τεχνολογία διασφαλίζει ότι οι διαδικασίες εκτελούνται με ακρίβεια και αποτελεσματικότητα, παρέχοντας έτσι ουσιαστική υποστήριξη στη λήψη αποφάσεων. Συνολικά, τα συστήματα υποστήριξης αποφάσεων συνδυάζουν αυτά τα τρία στοιχεία για να παρέχουν μια ολοκληρωμένη προσέγγιση στη διαχείριση και επίλυση προβλημάτων.

Τα συστήματα υποστήριξης αποφάσεων πρωτοεμφανίζονται στις αρχές της δεκαετίας του 1960 όταν γεννάται η ανάγκη για την δημιουργία τους. Αρχικά αναπτύχθηκαν ώστε να παρέχουν τεχνική υποστήριξη σε ειδικούς σε διάφορους τομείς. Οι θεωρητικές μελέτες για την ανάπτυξή τους ξεκίνησαν από το Ινστιτούτο τεχνολογίας του Carnegie και από το αντίστοιχο της Μασαχουσέτης. Στα μέσα του 1970 τα συστήματα υποστήριξης λήψης αποφάσεων διέθεταν πλέον ξεχωριστό τομέα για την έρευνά τους όπου προέκυψαν τα πρώτα συστήματα. Σε πρώτο στάδιο, τα ΣΑ βασίζονταν σε κανόνες γνώσης που προστίθενταν από ανθρώπους σε μια βάση

δεδομένων. Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1970 όμως εισήχθησαν οι πρώτες γλώσσες προγραμματισμού, ενώ κατά την διάρκεια του 1980 είχαν λάβει ήδη ευρύτερη αποδοχή και εφαρμογή σε πολλούς και διάφορους τομείς. Παράλληλα, η έρευνα στην τεχνητή νοημοσύνη συνέβαλε στην ανάπτυξη και των ΣΑ. Το 1990, η επιχειρησιακή επιστήμη καθιέρωσε τα συστήματα λήψης αποφάσεων ως απαραίτητα στη στρατηγική λήψης αποφάσεων. Σήμερα, τα ΣΑ έχουν καίρια σημασία καθώς παρέχουν μεγάλη βοήθεια στην αντιμετώπιση πολύπλοκων προβλημάτων.

3.2 Ιατρικά Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων

Η πολυπλοκότητα και ο τεράστιος όγκος δεδομένων των σύγχρονων ιατρικών συστημάτων έχουν καταστήσει τα ιατρικά συστήματα υποστήριξης αποφάσεων (ΙΣΑ) αναγκαία. Ο σκοπός των συστημάτων αυτών είναι η παροχή τεχνικής υποστήριξης στους χρήστες, που κυρίως είναι γιατροί, για τη λήψη αποφάσεων σχετικά με διαγνώσεις, θεραπείες και φροντίδα των ασθενών. Αυτά τα συστήματα εφαρμόζουν ποικίλες τεχνικές και αλγόριθμους από τον χώρο της τεχνητής νοημοσύνης και της μηχανικής μάθησης για να αναλύσουν τα δεδομένα και τις πληροφορίες που σχετίζονται με την υγεία των ασθενών και να παράγουν συστάσεις που βοηθούν στη λήψη αποφάσεων. Απαραίτητα χαρακτηριστικά των ΙΣΑ περιλαμβάνουν την ευελιξία, την ευφυΐα, την αυτονομία και την αξιοπιστία προκειμένου ο χρήστης τους να τα εμπιστεύεται αλλά και να είναι ικανός για την χρήση τους. Για να επιτευχθούν αυτές οι απαιτήσεις είναι αναγκαίο ο γιατρός να βρίσκεται σε στενή συνεργασία με τους επιστήμονες και μηχανικούς οι οποίοι θα υλοποιήσουν νέα μοντέλα και τεχνικές που θα απαρτίζουν την ουσία των συστημάτων.

Στη σύγχρονη εποχή, γίνεται αντιληπτό ότι οι απαιτήσεις στη μοντελοποίηση, την ανάλυση και την κατανόηση των ιατρικών προβλημάτων υπερβαίνουν τις δυνατότητες των κλασικών, συμβατικών μεθόδων και τεχνικών που έχουν αναπτυχθεί εξ ολοκλήρου εντός του ιατρικού τομέα. Επομένως, κρίνεται αναγκαία η υιοθέτηση μεθοδολογιών και τεχνικών από διάφορα επιστημονικά πεδία και η εφαρμογή τους στον τομέα της ιατρικής. Η εξερεύνηση και η εφαρμογή νέων μοντέλων που θα μπορούν να αξιοποιήσουν την εμπειρία των ανθρώπων θεωρείται εξίσου σημαντική για την επίτευξη αυτού του στόχου. Ωστόσο, θα πρέπει επίσης να κατέχουν μαθησιακές ικανότητες και να είναι εφοδιασμένα με συστήματα που θα τους εξασφαλίζουν την ικανότητα να εντοπίζουν και να διορθώνουν λάθη, δεδομένου ότι τα προβλήματα που θα καλούνται να αντιμετωπίζουν θα είναι πραγματικά ιατρικά προβλήματα. Τέτοιου είδους προβλήματα συχνά χαρακτηρίζονται από ασάφεια, αβεβαιότητα και πολυπλοκότητα. Παράλληλα, θα πρέπει να διαχειρίζονται έναν τεράστιο όγκο ιατρικών δεδομένων δίχως επίβλεψη.

Η εξέλιξη των νέων θεωριών και τεχνικών, όπως η Ασαφής Λογική, τα Νευρωνικά Δίκτυα, και οι Γενετικοί Αλγόριθμοι, επιτρέπει σε όλα τα εμπλεκόμενα μέρη να συνεργαστούν και να αξιοποιήσουν αυτά τα νέα μοντέλα και εργαλεία για την αντιμετώπιση ιατρικών προβλημάτων, κυρίως σε σχέση με τα Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων στην ιατρική διάγνωση. Τα Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων στην Ιατρική αποτελούν διαδραστικά συστήματα που χρησιμοποιούν γνώσεις από τον ασθενή με σκοπό να παρέχουν εξατομικευμένες ιατρικές αποφάσεις.

Στο πρόσφατο παρελθόν, τα ιατρικά συστήματα υποστήριξης αποφάσεων χρησιμοποιούνταν κυρίως για συγκεκριμένους σκοπούς, όπως την ερμηνεία αποτελεσμάτων παρακολούθησης της πνευμονικής λειτουργίας ή την ανάλυση καρδιογραφημάτων. Πρόσφατα όμως, αναπτύχθηκαν περαιτέρω και εφαρμόζονται και σε άλλους τομείς όπως η ακτινοθεραπεία, και μελλοντικά αναμένεται αύξηση της εφαρμογής τους. Στόχος είναι η παροχή ακριβών και αξιόπιστων διαγνώσεων και η αποφυγή των πιθανών λαθών που οφείλονται σε έλλειψη γνώσεων των γιατρών. Επιπλέον, η χρήση τους μειώνει το κόστος, καθώς επιτρέπει ταχύτερη διάγνωση και πιο αποδοτική θεραπεία, εξαλείφοντας την ανάγκη για εξειδικευμένους ιατρούς. Ωστόσο, τίθεται και ηθικό ζήτημα διότι η κακή χρήση τους, ή κάποια λάθος λειτουργία των συστημάτων, ενδέχεται να επηρεάσει την υγεία κάποιου ασθενούς.

Τα ιατρικά συστήματα υποστήριξης αποφάσεων μπορούν να παρέχουν υποστήριξη σε κρίσιμες κλινικές καταστάσεις, ιδιαίτερα σε άπειρους ιατρικούς επαγγελματίες. Για παράδειγμα, τα Ασαφή Γνωστικά Δίκτυα, αποτελούν τεχνική υπολογισμού που αντιπροσωπεύει μια προσέγγιση παρόμοια με τον ανθρώπινο τρόπο σκέψης. Αντιπροσωπεύουν με επιτυχία τη γνώση και την ανθρώπινη εμπειρία, και διαμορφώνουν τη συμπεριφορά οποιουδήποτε συστήματος. Τα συστήματα υποστήριξης αποφάσεων για ιατρικά προβλήματα αξιοποιούν προηγμένες μεθόδους υπολογισμού και τεχνικές Ασαφούς Λογικής με τεχνικές Ασαφών Γνωστικών Δικτύων ως κύρια μεθοδολογία. Αυτά τα συστήματα πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τους ένα ευρύ φάσμα στοιχείων και πληροφοριών από διάφορες πηγές, όπως αρχεία ασθενών, φυσικές εξετάσεις και εργαστηριακές εξετάσεις. Γενικά, η ιατρική διαδικασία απόφασης είναι σύνθετη διότι συχνά τα ιατρικά στοιχεία και οι πληροφορίες είναι ασαφή, συγκρουόμενα, ελλιπή ή δεν μπορούν εύκολα να ερμηνευτούν. Κατά συνέπεια, τα ιατρικά συστήματα λήψης αποφάσεων αποτελούνται από έναν συνδυασμό πολλών συστημάτων. Παράλληλα, τα στοιχεία που λαμβάνουν επηρεάζονται από διάφορους παράγοντες, όπου ο κάθε παράγοντας επηρεάζει τον άλλον και καθορίζεται η γενική απόφαση σε κάποιο βαθμό. Καθίσταται προφανές ότι τα ιατρικά συστήματα υποστήριξης απόφασης απαιτούν μια περίπλοκη μεθοδολογία διαμόρφωσης προκειμένου να έχουν τη δυνατότητα να χειριστούν όλες αυτές τις προκλήσεις ενώ συγχρόνως να βρίσκονται σε θέση να καταλήξουν σε μια απόφαση.

3.3 Λειτουργία των Ιατρικών Συστημάτων Υποστήριξης Αποφάσεων

Τα ιατρικά συστήματα υποστήριξης αποφάσεων διαθέτουν μια πολύπλοκη λειτουργία που αποτελείται από ορισμένα βήματα. Πιο συγκεκριμένα, όταν λέμε λειτουργία εννοούμε τη διαγνωστική διαδικασία που εκτελείται και αποτελεί ένα κρίσιμο στάδιο με σκοπό την αξιολόγηση των πληροφοριών και των δεδομένων ώστε να διαμορφωθεί ένα ιατρικό σχέδιο δράσης.

Αρχικά, πρέπει να συλλεχθούν τα δεδομένα του ασθενή, τα οποία περιλαμβάνουν πληροφορίες όπως το ιατρικό ιστορικό του, διάφορες εξετάσεις ή/και εικονογραφικά δεδομένα. Μετά την συλλογή των δεδομένων του ασθενή και έπειτα από επικοινωνία με τον ιατρό, ακολουθεί η επεξεργασία των δεδομένων. Έτσι, τα δεδομένα που έχουν συλλεχθεί υποβάλλονται σε διάφορες διαδικασίες επεξεργασίας, αναλύονται και επεξεργάζονται ώστε να μπορέσουν να αξιοποιηθούν για τη λήψη αποφάσεων. Σύμφωνα με τα επεξεργασμένα πλέον δεδομένα, πραγματοποιείται η διάγνωση και η κλινική αξιολόγηση για να καταλήξουμε στην καθοριστική διαμόρφωση ενός ιατρικού σχεδίου δράσης. Τέλος, τα ιατρικά συστήματα υποστήριξης αποφάσεων παρέχουν βοήθεια στον ιατρό, προτείνοντας πιθανά ιατρικά σχέδια και διαδικασίες που θεωρούνται χρήσιμα και κατάλληλα για την αντιμετώπιση της συγκεκριμένης κατάστασης του ασθενούς. Τα συγκεκριμένα αυτά στάδια δουλεύουν συνεχώς ως ένα διαδοχικό σύνολο διαδικασιών και εκτελούνται προκειμένου να παρέχουν υποστήριξη στους ιατρούς στη λήψη αποφάσεων για την αποτελεσματικότερη αντιμετώπιση της κάθε ιατρικής κατάστασης οποιουδήποτε ασθενούς.

Γίνεται αντιληπτό πως η διάγνωση είναι μια διαδικασία που έχει ως αφετηρία την επεξεργασία των δεδομένων τα οποία δίνονται στο σύστημα και ολοκληρώνεται με τη διάγνωση και την επιλογή της βέλτιστης πιθανής θεραπείας. Σκοπός των ιατρικών συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων είναι η διάσπαση του ολικού προβλήματος διάγνωσης σε μικρότερα τμήματα. Αυτό γίνεται ώστε οι ιατροί να έχουν τη δυνατότητα να παρατηρούν και να εμπλέκονται σε όλη τη διαδικασία της διάγνωσης, αλληλοεπιδρώντας με το σύστημα καθ' όλη τη διάρκεια. Η διάγνωση και η θεραπεία θεωρούνται οι πιο σημαντικές διαδικασίες στην κλινική εφαρμογή αλλά και εξαιρετικά πολύπλοκες, διότι η εμπειρία που απαιτείται από τον ιατρό είναι μεγάλη. Συνεπώς, η έλλειψη γνώσης για το πώς εκτελείται η επεξεργασία των δεδομένων του ασθενή προκειμένου να πραγματοποιηθεί η εξαγωγή της κλινικής ερμηνείας αποτελεί ένα σημαντικό μειονέκτημα που καθιστά ακόμα πιο δύσκολη ολόκληρη την διαδικασία. Ωστόσο, μέθοδοι τεχνητής νοημοσύνης και διαχείρισης γνώσης προσφέρουν τη δυνατότητα βελτίωσης στη διαδικασία αυτή. Γενικά, τα

ιατρικά συστήματα υποστήριξης απόφασης γίνεται να σχεδιαστούν με δύο διαφορετικές προσεγγίσεις: μπορούν να σχεδιαστούν ώστε να προσομοιώνουν τις ενέργειες που θα ακολουθούσε ένας ιατρός, κάνοντας χρήση της αναγνώρισης των κατάλληλων χαρακτηριστικών του ασθενούς, ή, από την άλλη πλευρά, μπορούν να σχεδιαστούν ώστε να παράγουν και να προτείνουν καινούριες διαγνωστικές παραμέτρους που προέκυψαν από την ανάλυση των ληφθέντων δεδομένων του ασθενή. Παρ' όλα αυτά, κρίνεται αναγκαίο να δοθεί η δέουσα προσοχή στη σχεδίαση της δεύτερης προσέγγισης λόγω του αυξημένου κινδύνου για λανθασμένες ερμηνείες. [39]

3.4 Παραδείγματα Τύπων Αποφάσεων

Τα ιατρικά συστήματα υποστήριξης αποφάσεων εξυπηρετούν ένα ευρύ φάσμα του τομέα της υγείας με διάφορες διαδικασίες. Επομένως, οι αποφάσεις που λαμβάνονται από τα συστήματα υποστήριξης αποφάσεων κατηγοριοποιούνται σε διάφορους τύπους, ορισμένοι από τους οποίους παρατίθενται παρακάτω. Την πρώτη κατηγορία αποτελούν οι θεραπευτικές αποφάσεις, οι οποίες προσδιορίζουν την αντιμετώπιση μιας ιατρικής κατάστασης και περιλαμβάνουν την αξιολόγηση και την επιλογή της κατάλληλης αγωγής, θεραπείας, ή/και χορήγησης φαρμάκων για μια συγκεκριμένη κατάσταση. Μια δεύτερη κατηγορία απαρτίζεται από τις διαγνωστικές αποφάσεις, που συσχετίζονται με τη διάγνωση κάποιου ασθενούς ή κάποιου ιατρικού προβλήματος, όπως η ερμηνεία και η κατανόηση κάποιων ενδείξεων ή η κατανόηση του προβλήματος και της κατάστασης του ασθενούς. Τρίτον, οι αποφάσεις πρόβλεψης και πρόληψης συνιστούν μια ακόμη κατηγορία και αφορούν την πρόβλεψη πιθανών προβλημάτων υγείας και τη λήψη προληπτικών μέτρων ώστε να εξαλειφθεί ή να μειωθεί ο κίνδυνος ανάπτυξης προβλημάτων υγείας. Τέλος, σημειώνονται οι οργανωτικές αποφάσεις, που σχετίζονται με την οργάνωση και τη διαχείριση διάφορων ιατρικών υπηρεσιών, όπως η διαδικασία εγγραφής ενός ασθενούς στη λίστα των ασθενών ενός νοσοκομείου ή κλινικής, καθώς και η διαχείριση και η οργάνωση των εξετάσεων όλων των ασθενών μιας νοσοκομειακής μονάδας. Συνολικά, οι τύποι αποφάσεων αυτοί ενσωματώνουν τις πολυδιάστατες εφαρμογές των συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων στον ιατρικό τομέα, διασφαλίζοντας την αποτελεσματική και ορθολογική διαχείριση των ιατρικών πληροφοριών και διαδικασιών.

Παραπάνω αναφέρθηκαν μόνο μερικοί από τους κύριους τύπους αποφάσεων που λαμβάνονται από τα ιατρικά συστήματα υποστήριξης αποφάσεων. Κάθε τύπος αποφάσεων απαιτεί την αντίστοιχη χρήση μεθοδολογιών και διαδικασιών που έχουν βασιστεί σε επιστημονική και ιατρική γνώση. [42]

3.5 Εφαρμογή των Συστημάτων Υποστήριξης Αποφάσεων Κλινικής Πρακτικής

Η εφαρμογή των συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων στην κλινική πρακτική υποδηλώνει τη χρήση τεχνολογίας και αλγορίθμων προκειμένου να προσφέρει σημαντική βοήθεια τους ιατρούς στη λήψη αποφάσεων όσον αφορά τη διάγνωση, τη θεραπεία και τη διαχείριση των ασθενών. Αυτή η διαδικασία αποτελείται από την ανάλυση μεγάλου όγκου δεδομένων και την εφαρμογή προηγμένων αλγορίθμων για την εξαγωγή συμπερασμάτων και την παροχή συστάσεων στους ιατρούς. Λόγω της εισαγωγής αυτών των συστημάτων, παρατηρείται σημαντική αναβάθμιση στις παρεχόμενες υπηρεσίες υγείας, και φυσικά αποτροπή ιατρικών λαθών και σφαλμάτων. Σημαντικό όφελος αποτελεί επίσης η καλύτερη πρακτική συνταγογράφησης φαρμάκων και αγωγών. Ένα τέτοιο σύστημα έχει τη δυνατότητα να παράγει ηλεκτρονικές υπενθυμίσεις ανάλογα τη φαρμακευτική αγωγή του ασθενούς, με αποτέλεσμα να συμμορφώνεται ο ασθενής με τη διαδικασία της αγωγής, ενώ επίσης διευκολύνει τη διαχείριση της αγωγής από πλευράς του ιατρού. Αυτή η παροχή ηλεκτρικών ειδοποιήσεων και υπενθυμίσεων σημαίνει και τη μείωση πιθανών ιατρικών λαθών και σφαλμάτων που συχνά προκύπτουν εξαιτίας της δυσκολίας διαχείρισης του μεγάλου όγκου δεδομένων που απαιτούν την προσοχή του ιατρού. Εξίσου σημαντικό είναι το γεγονός πως τα συστήματα υποστήριξης αποφάσεων προσφέρουν καθοδήγηση στους ιατρούς κατά τη διαδικασία καταγραφής του ιατρικού ιστορικού του κάθε ασθενή και αποτελούν ένα ενιαίο υπόβαθρο γνώσης.

Η εύκολη χρήση των συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων στον κλάδο της παροχής υγειονομικής φροντίδας αλλά και η δυνατότητά τους να ενημερώνονται με κάθε νέο δεδομένο του κάθε ασθενούς καθιστούν καθοριστικούς παράγοντες προκειμένου να εξασφαλίσουν την επιτυχία τους.

3.6 Εμπόδια στην Εφαρμογή τους

Παρά τα θετικά που προσφέρουν τα ιατρικά συστήματα υποστήριξης αποφάσεων, η εφαρμογή τους στην καθημερινή κλινική πρακτική είναι ακόμα περιορισμένη, γεγονός που οφείλεται στην ιδιαιτερότητα που χαρακτηρίζει τον τομέα της υγείας. Πιο συγκεκριμένα, στον τομέα της υγείας τα δεδομένα παρουσιάζονται σε περιγραφική μορφή, καθιστώντας έτσι δύσκολη την έκφραση και την αναπαράσταση των δεδομένων στην βάση γνώσης. Τα ιατρικά δεδομένα και οι ιατρικές πληροφορίες εξειδικεύονται με βάση το ιστορικό και τα χαρακτηριστικά του κάθε ασθενούς, το οποίο έχει ως συνέπεια την αύξηση της πολυπλοκότητας των ιατρικών αποφάσεων. Ωστόσο, άλλος είναι ο κύριος λόγος πίσω από τη δυσκολία της εφαρμογής των ιατρικών συστημάτων λήψης αποφάσεων: το ιατρικό προσωπικό, το οποίο συχνά

αρνείται τη χρήση αυτών των εργαλείων, δεδομένου ότι υπάρχει ο φόβος πως η εφαρμογή τους θα σημάνει την αντικατάστασή τους από αυτά. Επιπρόσθετα, οι δυσκολίες στη χρήση των διεπαφών αποθαρρύνουν το ιατρικό προσωπικό από την αξιοποίηση των συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων, παρά το γεγονός ότι τα συστήματα αυτά είναι σχεδιασμένα ώστε να είναι όσο το δυνατόν πιο φιλικά και εύχρηστα προς τον χρήστη προκειμένου να προσφέρουν την απαραίτητη βοήθεια στην επίλυση καθημερινών προβλημάτων και στην αποφυγή πιθανών ιατρικών λαθών. Τέλος, η έλλειψη συμβατότητας των συστημάτων με τους ηλεκτρονικούς ιατρικούς φακέλους δημιουργεί προβλήματα στην εισαγωγή των δεδομένων που γίνεται από τους μηχανικούς γνώσης, ενώ η παρεμβολή των μηχανικών γνώσης καθιστά τη διαδικασία χρονοβόρα. [42]

3.7 Σύνοψη

Συνοψίζοντας, σε αυτό το κεφάλαιο αναλύθηκε ένα πολλά υποσχόμενο ερευνητικό πεδίο. Η ανάπτυξη των συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων αποτελεί μία από τις πιο αξιόλογες και αξιοσημείωτες προσπάθειες στον χώρο της πληροφορικής. Η χρήση τους συνεισφέρει στην επίλυση καθημερινών προβλημάτων, καθώς εφαρμόζονται σε πολλούς και διαφορετικούς τομείς. Στον κλάδο της υγείας, τα πληροφοριακά συστήματα υποστήριξης ιατρικών αποφάσεων είναι διαδραστικά συστήματα που χρησιμοποιούνται στην ιατρική διάγνωση για την λήψη αποφάσεων. Ο ρόλος τους περιλαμβάνει την παροχή υποστήριξης σε κρίσιμες κλινικές αποφάσεις, ιδιαίτερα για τους άπειρους γιατρούς ή τη λειτουργία ως δεύτερη γνώμη για τους πιο έμπειρους, με τη δημιουργία μιας πληροφοριακής υποδομής που ανταποκρίνεται πλήρως στις ανάγκες των χρηστών. Επίσης σημειώνεται η ανάπτυξη λογισμικών που επεξεργάζονται δεδομένα και μπορούν να προτείνουν ιατρικές διαδικασίες ή ακόμα και να πραγματοποιούν διαγνώσεις. Η υιοθέτηση αυτών των συστημάτων συμβάλλει στη βελτίωση των παρεχόμενων υπηρεσιών υγείας με ταυτόχρονη μείωση του κόστους νοσηλείας και αύξηση της παραγωγικότητας σε τομείς όπως η τιμολόγηση, η μείωση ιατρικών λαθών και η βελτίωση της ποιότητας της υγειονομικής περίθαλψης. Τέλος, γίνεται αναφορά στους παράγοντες που εμποδίζουν την εφαρμογή τους, ο πιο βασικός από τους οποίους είναι το ανθρώπινο δυναμικό της υγείας που παραμένει αρνητικό στη χρήση των παραπάνω εργαλείων, διότι πιστεύουν πως αυτά τα συστήματα θα τους αντικαταστήσουν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΕΧΝΗΤΗΣ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗΣ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ

Η ικανότητα της τεχνητής νοημοσύνης να μπορεί να επεξεργαστεί μεγάλο όγκο δεδομένων, να αναγνωρίζει πρότυπα και να μαθαίνει από αυτά, σημαίνει πως αποτελεί ένα πολύτιμο μέσο για την αντιμετώπιση των σύνθετων προκλήσεων που χαρακτηρίζει τον τομέα της υγείας. Παρακάτω θα εξεταστούν περαιτέρω εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης στην υγεία, πέρα από τα ιατρικά συστήματα υποστήριξης αποφάσεων που είδαμε προηγουμένως, και από τα έμπειρα συστήματα που είδαμε στο κεφάλαιο 2.

4.1 Ρομποτική Χειρουργική

Η ρομποτική χειρουργική θεωρείται μία από τις πιο καινοτόμες εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης στην υγεία. Η χρήση της είναι επαναστατική για τις χειρουργικές επεμβάσεις, αφού η χρήση των ρομπότ στα χειρουργεία προσφέρει ακρίβεια, ευελιξία και καλύτερο έλεγχο των καταστάσεων. Παρακάτω θα αναλύσουμε τη λειτουργία της ρομποτικής χειρουργικής, τα προσφερόμενα πλεονεκτήματα αλλά και τις προκλήσεις που την συνοδεύουν. [51]

4.1.1 Τεχνολογία και Λειτουργία

Η ρομποτική χειρουργική στηρίζεται σε ρομποτικά συστήματα, τα οποία ελέγχονται από χειρουργούς μέσω υπολογιστών. Αυτά τα συστήματα αποτελούνται από εργαλεία ύψιστης ακρίβειας, προσφέροντας έτσι στους χειρουργούς που τα χειρίζονται μέσω χειριστηρίων την απόλυτη μίμηση των κινήσεων των χεριών τους σε μικροκινήσεις των χειρουργικών εργαλείων. Επίσης είναι εξοπλισμένα με τις καλύτερες κάμερες ώστε να έχουν οι χειρουργοί στη διάθεσή τους την καλύτερη δυνατή εικόνα για την επέμβαση.

Το Da Vinci Surgical System αποτελεί ένα από τα πιο εξελιγμένα συστήματα ρομποτικής χειρουργικής, το οποίο καθιέρωσε νέες διαστάσεις στην ιατρική πρακτική από το 2000 και μετά. Έχει εφαρμοστεί επιτυχώς σε πολλές χειρουργικές επεμβάσεις, συμπεριλαμβανομένων της ριζικής προστατεκτομής, πυελοπλαστικής, κυστεκτομής, νεφρεκτομής και ουρητηρικής επανεμφύτευσης. Επίσης, χρησιμοποιείται για υστερεκτομή, ινομυωματεκτομή και ιεροκολποληξία, καθώς και για διαφραγματοκλήλη και αποκατάσταση βουβωνοκλήλης. Στον τομέα της γαστρεντερικής χειρουργικής, έχει εφαρμοστεί επιτυχώς σε εκτομές και χολοκυστεκτομές. Επιπλέον, η διαστοματική

ρομποτική χειρουργική (TORS) για καρκίνο κεφαλής και τραχήλου καθώς και η μεταμόσχευση πνευμόνων αποτελούν εξαιρετικά προηγμένες εφαρμογές του συστήματος, που έχουν συμβάλει στην πρόοδο της ιατρικής και στη βελτίωση των αποτελεσμάτων των χειρουργικών επεμβάσεων. Συνολικά, το Da Vinci Surgical System αντιπροσωπεύει ένα εξαιρετικά σημαντικό εργαλείο στη σύγχρονη ιατρική πρακτική, προσφέροντας υψηλή ακρίβεια, ελευθερία κίνησης και αποτελεσματικότητα στις διάφορες χειρουργικές επεμβάσεις που διεξάγονται.

Το Vinci Surgical System, αποτελείται συνήθως από 3 με 4 διαδραστικά χέρια που έχουν την ικανότητα να κρατάνε αντικείμενα που χρησιμοποιούνται σε ένα χειρουργείο όπως είναι το ψαλίδι, το νυστέρι, είτε η λαβίδα. Το ένα χέρι ελέγχει τις κάμερες, επομένως μέσω της κονσόλας ο χειρουργός έχει ορατότητα χάρη στις κάμερες, ενώ παράλληλα ελέγχει υπόλοιπα χέρια. Το συγκεκριμένο σύστημα απαιτεί έναν άνθρωπο χειρουργό για τη χρήση του. [41]



[44]

4.1.2 Εφαρμογές Ρομποτικής Χειρουργικής

Πέρα από το Da Vinci Surgical System και τις συγκεκριμένες επεμβάσεις που έχουν ήδη αναφερθεί, υπάρχουν και άλλα ρομποτικά συστήματα χειρουργικής που έχουν εφαρμογές σε διάφορους ιατρικούς τομείς. Στη γενική χειρουργική συγκαταλέγονται επεμβάσεις στη χολή, το ήπαρ, τον οισοφάγο, το στομάχι, το παχύ έντερο και άλλα όργανα, ενώ στη γυναικολογία περιλαμβάνονται η αντιμετώπιση γυναικολογικών καρκίνων και η αφαίρεση ινομυωμάτων, όπως και η υστερεκτομή (αφαίρεση της μήτρας). Στην καρδιολογία κατατάσσονται οι ρομποτικές επεμβάσεις οι οποίες στοχεύουν στην καταπολέμηση των αρρυθμιών, στην επιδιόρθωση των καρδιακών βαλβίδων και σε διαδικασίες στεφανιαίας παράκαμψης. Στην παιδοχειρουργική, η ρομποτική χειρουργική χρησιμοποιείται για δύσκολες επεμβάσεις όπου απαιτείται η μέγιστη δυνατή ακρίβεια σε ασθενείς μικρής ηλικίας. Τέτοια χειρουργεία πραγματοποιούνται συνήθως για την επιδιόρθωση συγγενών ανωμαλιών. Στην ουρολογία εμπίπτουν οι ρομποτικές χειρουργικές επεμβάσεις για την αντιμετώπιση τυχόν νεφρικών προβλημάτων και για την αφαίρεση του προστάτη. Τέλος, στην ωτορινολαρυγγολογία εφαρμόζεται σε επεμβάσεις στον λαιμό, οι οποίες συχνά γίνονται για την αφαίρεση όγκων από τον λάρυγγα ή τον φάρυγγα. Αυτά τα σύγχρονα συστήματα διευκολύνουν τους χειρουργούς στην εκτέλεση πολύπλοκων επεμβάσεων, προσφέροντας στους ασθενείς αποτελεσματικότερες και λιγότερο επεμβατικές επιλογές θεραπείας.

Η ρομποτική χειρουργική ήδη έχει χρησιμοποιηθεί, συνεχίζει να χρησιμοποιείται σε αρκετούς τομείς, ενώ συνεχώς επεκτείνεται και σε άλλους. Καθίσταται ένα σημαντικό εργαλείο στον αγώνα για καλύτερα χειρουργικά αποτελέσματα και κυρίως στη βελτίωση της ποιότητας ζωής των ασθενών. [41] [51]

4.1.3 Πλεονεκτήματα Ρομποτικής Χειρουργικής

Η ρομποτική χειρουργική προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα σε σύγκριση με τις παραδοσιακές χειρουργικές μεθόδους. Ένα από τα κύρια πλεονεκτήματα είναι η υψηλή ακρίβεια και σταθερότητα των ρομποτικών συστημάτων, τα οποία εξαλείφουν τις άστατες κινήσεις και το τρέμουλο που μπορεί να παρατηρηθεί με τα ανθρώπινα χέρια, επιτρέποντας πιο ομαλές, ακριβείς και σταθερές κινήσεις κατά τη διάρκεια της επέμβασης. Επιπλέον, η ρομποτική χειρουργική χρησιμοποιεί μια ελάχιστη επεμβατική προσέγγιση, με τη χρήση μικρότερων τομών. Αυτό σημαίνει όχι μόνο μειωμένο πόνο για τον ασθενή, αλλά και μειωμένη αιμορραγία και κίνδυνο μόλυνσης, λόγω της ακριβέστερης χειρουργικής τεχνικής και του μειωμένου απαραίτητου χρόνου παραμονής του ασθενή για ανάρρωση στο νοσοκομείο. Ακόμη, η ρομποτική χειρουργική προσφέρει καλύτερη ορατότητα μέσω τρισδιάστατων εικόνων υψηλής ανάλυσης, καθώς τα συστήματα προσφέρουν στους χειρουργούς βελτιωμένη οπτική

του χειρουργικού πεδίου. Τέλος, τα ρομποτικά εργαλεία διαθέτουν περισσότερη ευελιξία συγκριτικά με τα ανθρώπινα χέρια και μεγαλύτερο εύρος κίνησης, επιτρέποντας στους χειριστές να κάνουν πιο περίπλοκες αλλά και πιο ακριβείς κινήσεις. Όλα αυτά συμβάλλουν στη βελτίωση των θεραπευτικών αποτελεσμάτων. [41]

4.1.4 Προκλήσεις και Περιορισμοί στην Εφαρμογή της Χειρουργικής Ρομποτικής

Παρά τα πλεονεκτήματα που προσφέρει η ρομποτική χειρουργική, σημειώνονται και ορισμένες σημαντικές προκλήσεις που περιορίζουν την ευρεία εφαρμογή της στην κλινική πράξη. Η πρώτη και σημαντικότερη είναι το υψηλό κόστος της τεχνολογίας, συμπεριλαμβανομένης της απόκτησης και συντήρησης του ρομποτικού συστήματος, το οποίο δυσχεραίνει την πρόσβαση των νοσοκομείων και των χειρουργών σε αυτήν την τεχνολογία. Επιπλέον, η ρομποτική χειρουργική επηρεάζεται από τεχνικές και μηχανικές αστοχίες και λάθη, ένας κίνδυνος που πάντα θα ελλοχεύει. Αυτό συμβαίνει διότι όσο και να προοδεύει η τεχνολογία, και η πιθανότητα να συμβούν τέτοια λάθη μειώνεται, ποτέ δεν θα εξαλειφθεί πλήρως ως ενδεχόμενο. Το θέμα της εκπαίδευσης και εμπειρίας είναι επίσης κρίσιμο, δεδομένου ότι τα ρομποτικά συστήματα απαιτούν εκτεταμένη εκπαίδευση και εξάσκηση προκειμένου να μπορέσει ένας χειρουργός να τα χειριστεί. Οι χειρουργοί περνούν ήδη από μεγάλη και χρονοβόρα εκπαίδευση για την άσκηση του επαγγέλματός τους, και η χρήση ενός ρομποτικού συστήματος προσθέτει ακόμα περισσότερο χρόνο τον οποίο καλούνται να διαθέσουν για την εκπαίδευσή τους. Τέλος, υπάρχουν σημαντικά ηθικά ερωτήματα που θέτουν υπό αμφισβήτηση τον βαθμό ασφάλειας των ρομποτικών συστημάτων για χρήση σε ασθενείς. Πιο συγκεκριμένα, αμφισβητείται η αυτονομία και η δυνατότητα λήψης αποφάσεων των συστημάτων χωρίς την ύπαρξη ανθρώπινης παρέμβασης. Αυτές οι προκλήσεις απαιτούν συνεχή ερευνητική και κλινική εξέλιξη προκειμένου να αποφευχθούν οι περιορισμοί και να αξιοποιηθούν πλήρως οι δυνατότητες της ρομποτικής χειρουργικής στο μέλλον.[41] [51]

4.1.5 Μελλοντικές Προοπτικές

Η εξέλιξη της ρομποτικής χειρουργικής ακολουθεί γρήγορους ρυθμούς και το μέλλον της φαίνεται εξαιρετικά υποσχόμενο. Η ενσωμάτωση προηγμένων τεχνολογιών, όπως η τεχνητή νοημοσύνη, η μηχανική μάθηση και η αναγνώριση εικόνας, αναμένεται να βελτιώσει σημαντικά την ακρίβεια και την αποδοτικότητα των

ρομποτικών συστημάτων. Στο σύντομο μέλλον, τα ρομποτικά χειρουργικά συστήματα ενδέχεται να αποκτήσουν αυξημένα επίπεδα αυτονομίας, επιτρέποντας την εκτέλεση ακόμη πιο σύνθετων επεμβάσεων με ελάχιστη ή/και μηδενική ανθρώπινη παρέμβαση. Συνεπώς, η ρομποτική χειρουργική αναμένεται να διαδραματίσει καθοριστικό ρόλο στο μέλλον της χειρουργικής ιατρικής, καθώς προσφέρει καινοτόμες λύσεις που μπορούν να βελτιώσουν σημαντικά τα αποτελέσματα των επεμβάσεων και την ποιότητα της φροντίδας των ασθενών. Τέλος, η ανάπτυξη πιο προσιτών και ευέλικτων ρομποτικών συστημάτων θα επιτρέψει την ευρύτερη χρήση τους σε νοσοκομεία και κλινικές παγκοσμίως, μειώνοντας τα κόστη απόκτησης και συντήρησής τους και βελτιώνοντας με αυτό τον τρόπο την προσβασιμότητα σε προηγμένες χειρουργικές τεχνικές. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα τη συνολική αναβάθμιση της ποιότητας των υπηρεσιών υγείας που παρέχονται στους ασθενείς.

4.2 Εξατομικευμένη Ιατρική και Θεραπευτικές Αγωγές

4.2.1 Ορισμός

Η εξατομικευμένη ιατρική αποτελεί μία σύγχρονη και επαναστατική προσέγγιση στη φροντίδα των ασθενών στον τομέα της υγείας. Με τον όρο αυτό εννοούμε τις θεραπείες και τις αγωγές που είναι προσαρμοσμένες στις διαφορετικές και ειδικές ατομικές ανάγκες του κάθε ασθενούς. Αυτό σημαίνει πως δεν εφαρμόζεται μία γενική θεραπευτική προσέγγιση σε όλους τους ασθενείς, αλλά μία εξατομικευμένη προσέγγιση που λαμβάνει υπόψη τη μοναδική σύνθεση, τον τρόπο ζωής, τις γενετικές ιδιαιτερότητες και το ιατρικό ιστορικό του κάθε ασθενή. [47]

4.2.2 Ρόλος Τεχνητής Νοημοσύνης στην Εξατομικευμένη Ιατρική

Η τεχνητή νοημοσύνη έχει καθοριστικό ρόλο στην υλοποίηση της εξατομικευμένης ιατρικής. Μέσω της ανάλυσης μεγάλου όγκου δεδομένων, της αναγνώρισης προτύπων και της μηχανικής μάθησης, οι αλγόριθμοι τεχνητής νοημοσύνης μπορούν να δημιουργήσουν σημαντικές και χρήσιμες κλινικές πληροφορίες που βοηθούν στη λήψη αποφάσεων και στην προσαρμογή των θεραπειών στις ατομικές ανάγκες του ασθενούς. Πιο συγκεκριμένα, η ανάλυση γονιδιώματος με τη χρήση αλγορίθμων τεχνητής νοημοσύνης που αναλύουν τα γενετικά δεδομένα του ασθενή έχει την δυνατότητα να εντοπισμού παραλλαγών που επηρεάζουν την αντίδραση του ασθενούς σε συγκεκριμένες θεραπείες και αγωγές. Τα προγνωστικά μοντέλα χρησιμοποιούνται για να προβλέπουν την εξέλιξη των

νοσημάτων και ασθενειών, βασιζόμενα σε αναλύσεις δεδομένων που εκτιμούν την ανταπόκριση του ασθενούς σε διάφορες θεραπείες και φαρμακευτικές προσεγγίσεις. Τέλος, η τεχνητή νοημοσύνη διευκολύνει τη δημιουργία εξατομικευμένων πλάνων θεραπείας, συνδυάζοντας δεδομένα όπως οι γενετικές ιδιαιτερότητες του ασθενούς, ο τρόπος ζωής και το ιατρικό ιστορικό του, προσφέροντας έτσι εξατομικευμένες θεραπευτικές προσεγγίσεις που βελτιώνουν την αποτελεσματικότητα και την εμπειρία των ασθενών. [53]

4.2.3 Πλεονεκτήματα της Εξατομικευμένης Ιατρικής

Η εξατομικευμένη ιατρική προσφέρει πολλαπλά πλεονεκτήματα σε σχέση με τις παραδοσιακές ιατρικές προσεγγίσεις. Η εξατομικευμένη ιατρική ενισχύει την ακρίβεια της διάγνωσης μέσω της αξιοποίησης της ανάλυσης μεγάλων δεδομένων και της αναγνώρισης προτύπων. Έτσι έχει την δυνατότητα να κάνει πιο ακριβείς διαγνώσεις. Με την ανάλυση των δεδομένων του ασθενή, όπως οι γενετικές ιδιαιτερότητες, επιτρέπει τον εντοπισμό συγκεκριμένων μοτίβων και βιοδεικτών που συνδέονται με συγκεκριμένες παθήσεις. Επίσης, προσφέρει πρόληψη ασθενειών, το οποίο επιτυγχάνεται μέσω της ανάλυσης των δεδομένων του ασθενούς, καθώς οι αλγόριθμοι τεχνητής νοημοσύνης είναι ικανοί να προβλέψουν κατά πόσο κινδυνεύει ο ασθενής από την εμφάνιση ορισμένων ασθενειών. Χάρη στις προβλέψεις αυτές, μπορούν να παρθούν προληπτικά μέτρα και να πραγματοποιηθεί έγκαιρη ιατρική παρέμβαση προκειμένου να μειωθεί η πιθανότητα εμφάνισης σοβαρών προβλημάτων υγείας στον ασθενή. Επιπλέον, η εξατομικευμένη ιατρική παρέχει τη δυνατότητα της προσαρμοσμένης θεραπείας. Με την χρήση της τεχνητής νοημοσύνης στην εξατομικευμένη ιατρική, δημιουργεί προσαρμοσμένες θεραπείες στις ατομικές ανάγκες και ιδιαιτερότητες του κάθε ασθενούς. Οι προσαρμοσμένες αυτές θεραπείες σχεδιάζονται για τον κάθε ασθενή ξεχωριστά και είναι βασισμένες στο γενετικό προφίλ, το ιατρικό ιστορικό, και τον τρόπο ζωής του. Κατ' αυτόν τον τρόπο, η θεραπεία αυτή θεωρείται πιο αποτελεσματική και με μειωμένες πιθανότητες ανεπιθύμητων παρενεργειών λόγω της γνώσης όσον αφορά την αντίδραση του ασθενούς σε συγκεκριμένα φάρμακα. Συνέπεια της εξατομικευμένης ιατρικής είναι η καλύτερη σχέση ανάμεσα σε γιατρό και ασθενή. Όταν παρέχεται στον ασθενή μια εξατομικευμένη θεραπεία, προσαρμοσμένη στις ανάγκες του, νιώθει περισσότερη εμπιστοσύνη προς τη θεραπεία αλλά και στον γιατρό που τον καθοδηγεί και τον επιβλέπει. Επομένως, ο ασθενής είναι πιο πιθανό να ακολουθήσει πιστά τη θεραπεία που του έχει δοθεί. Τέλος, αναφέρεται η εξέλιξη της ιατρικής έρευνας μέσω της συλλογής και της ανάλυσης μεγάλων όγκων δεδομένων, καθώς η εξατομικευμένη έρευνα προωθεί την εξέλιξη της ιατρικής έρευνας, προσφέροντας στους ερευνητές ευκαιρίες για την ανακάλυψη νέων καινοτόμων θεραπευτικών προσεγγίσεων.

4.2.4 Προκλήσεις

Παρά τα σημαντικά πλεονεκτήματα της εξατομικευμένης ιατρικής, προκύπτουν διάφορες προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπιστούν ώστε να επιτευχθεί η πλήρης υιοθέτηση αυτής της τεχνολογίας. Τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται από τα συστήματα εξατομικευμένης ιατρικής προέρχονται από ποικίλες πηγές, όπως ψηφιοποιημένους ιατρικούς φακέλους, γενετικές αναλύσεις από διάφορες φορητές συσκευές υγείας, και άλλες. Αυτό σημαίνει ότι εφόσον τα δεδομένα δεν διαθέτουν κοινή πηγή, συνήθως έχουν διαφορετική μορφή το ένα με το άλλο, γεγονός το οποίο προκαλεί δυσκολία στην ενοποίηση των δεδομένων. Επιπλέον, η αποθήκευση και η επεξεργασία δεδομένων αποτελεί μία δύσκολη διαδικασία που απαιτεί αντιμετώπιση. Πιο συγκεκριμένα, από τις διάφορες πηγές από τις οποίες δημιουργείται τεράστιος όγκος δεδομένων, καθίστανται αναγκαίες οι κατάλληλες υποδομές ώστε να πραγματοποιείται η αποθήκευση και η επεξεργασία των δεδομένων αυτών. Επομένως, η διαχείριση των δεδομένων συνήθως αποδεικνύεται μια περίπλοκη διαδικασία με υψηλό κόστος. Η χρήση της εξατομικευμένης ιατρικής προαπαιτεί την κατάλληλη εκπαίδευση των εργαζομένων στον τομέα της υγείας, ελλείψει της οποίας σημειώνεται καθυστέρηση της πλήρους ενσωμάτωσης της τεχνολογίας. Επιπρόσθετα, μία ακόμη πρόκληση είναι ότι οι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης στην εξατομικευμένη ιατρική απαιτούν αξιοπιστία και ακρίβεια. Απαραίτητες προϋποθέσεις για την επίτευξη αυτών των δύο χαρακτηριστικών είναι η μακροχρόνια ανάπτυξη και η διαθεσιμότητα μεγάλου όγκου δεδομένων. Τέλος, υπάρχει αντίσταση στην αλλαγή, καθώς παρατηρείται πως πολλοί εργαζόμενοι στο τομέα της υγείας είναι αρνητικοί απέναντι σε νέες τεχνολογίες, γεγονός το οποίο οφείλεται στην πεποίθηση πως αυτές οι τεχνολογίες θα τους αντικαταστήσουν, και θα επιβαρυνθούν με υποχρεώσεις και καθήκοντα που ενδεχομένως θα τους επιφέρει η ενασχόληση με νέες τεχνολογίες.

4.2.5 Μέλλον

Η εξατομικευμένη ιατρική, επηρεασμένη από τις προόδους της τεχνητής νοημοσύνης, της γενετικής και της ανάλυσης μεγάλων δεδομένων, υπόσχεται να φέρει επανάσταση στον τομέα της υγείας. Με τη χρήση προηγμένων αλγορίθμων, αυτοματοποίησης και γενετικών αναλύσεων, θα επιτευχθεί ακριβέστερη διάγνωση και πιο αποτελεσματικές θεραπείες. Επιπλέον, η ανάπτυξη ολοκληρωμένων γενετικών προφίλ και η διασύνδεση δεδομένων θα επιτρέψουν την καλύτερη παρακολούθηση και εξατομίκευση των θεραπειών, ενώ νέες θεραπευτικές προσεγγίσεις όπως η γονιδιακή θεραπεία και η ανοσοθεραπεία θα συνεισφέρουν σημαντικά στην αντιμετώπιση σοβαρών ασθενειών. Παρά τις προκλήσεις που αναφέρονται, η

εξατομικευμένη ιατρική αναμένεται να βελτιώσει σημαντικά την ποιότητα της υγειονομικής φροντίδας και να ενισχύσει περαιτέρω τη δυναμική της, οδηγώντας σε ένα μέλλον όπου η ιατρική φροντίδα θα καταστεί πιο προληπτική, προβλεπτική και εξατομικευμένη για κάθε ασθενή. [53]

4.3 Τηλεϊατρική και Απομακρυσμένη Φροντίδα

4.3.1 Εισαγωγή

Η τηλεϊατρική και η απομακρυσμένη φροντίδα αντιπροσωπεύουν πρωτοποριακές εξελίξεις στον τομέα της υγείας, αξιοποιώντας την τεχνολογία για την παροχή ιατρικών υπηρεσιών από απόσταση. Αυτές οι καινοτομίες καθιστούν την ιατρική φροντίδα πιο προσβάσιμη και αποδοτική, ιδιαίτερα για ασθενείς με κινητικά προβλήματα, αναπηρίες ή χρόνιες παθήσεις που περιορίζουν την κινητικότητά τους, με αποτέλεσμα να δυσκολεύονται να επισκεφθούν νοσοκομεία, ιατρεία και ιατρικά κέντρα, καθώς και για ασθενείς σε απομακρυσμένες ή αγροτικές περιοχές, όπου υπάρχουν ελλείψεις ιατρών σε κάποιους τομείς και για πιο ιδιαίτερες περιπτώσεις ασθενών που χρειάζονται συγκεκριμένη αντιμετώπιση. Με τη χρήση σύγχρονων τεχνολογικών εργαλείων, η τηλεϊατρική επιτρέπει τη συνεχή παρακολούθηση και διαχείριση της υγείας των ασθενών, βελτιώνοντας σημαντικά την ποιότητα της παρεχόμενης φροντίδας και τη συνολική εμπειρία των ασθενών.

4.3.2 Πλεονεκτήματα Τηλεϊατρικής

Η τηλεϊατρική προσφέρει αξιοσημείωτα πλεονεκτήματα στον κλάδο της υγείας, με την παροχή ιατρικών υπηρεσιών εξ αποστάσεως χάρη στην εφαρμογή της τεχνολογίας. Αυτή η προσέγγιση βελτιώνει την πρόσβαση σε ιατρική φροντίδα, εξοικονομεί χρόνο και κόστος, παρέχει άμεση και συνεχή υποστήριξη καθώς και ευελιξία και άνεση στους ασθενείς. Αναλυτικότερα, η τηλεϊατρική δίνει την δυνατότητα στους ασθενείς να έχουν πρόσβαση σε ειδικούς και σε ιατρική φροντίδα χωρίς να χρειάζεται να διανύσουν μεγάλες αποστάσεις προκειμένου να επισκεφτούν ιατρικά κέντρα. Αυτό αποτελεί σημαντικό προνόμιο για άτομα που ζουν σε απομακρυσμένες περιοχές ή έχουν περιορισμένη κινητικότητα ή/και αναπηρίες. Επίσης μέσω της τηλεϊατρικής, τόσο οι ασθενείς όσο και οι πάροχοι ιατρικής περίθαλψης εξοικονομούν χρόνο και χρήμα διότι μειώνεται η ανάγκη για μετακινήσεις, μειώνοντας αντίστοιχα και τον χρόνο αναμονής. Επιπλέον αξίζει να σημειωθεί η δυνατότητα της τηλεϊατρικής για παρακολούθηση των ασθενών και για την άμεση παρέμβαση εφόσον αυτή κριθεί απαραίτητη, γεγονός το οποίο έχει ως συνέπεια τη μείωση του κόστους της οποιασδήποτε νοσηλείας. Μέσω των τηλεϊατρικών συστημάτων και συσκευών δίνεται επίσης η δυνατότητα της

απομακρυσμένης παρακολούθησης. Οι γιατροί έχουν την δυνατότητα να παρακολουθούν συνεχώς την κατάσταση των ασθενών που κρίνουν ότι χρειάζεται. Αυτό καθίσταται χρήσιμο όσον αφορά τη διαχείριση χρόνιων παθήσεων και παθήσεων που επηρεάζουν καθημερινά τη ζωή ασθενών καθώς και τη λήψη άμεσων μέτρων όταν κριθεί αναγκαίο. Τέλος, η τηλεϊατρική προσφέρει ευελιξία και άνεση. Πιο συγκεκριμένα, οι ασθενείς μέσω της τηλεϊατρικής τεχνολογίας μπορούν να έρθουν σε επικοινωνία με τους ιατρούς τους όποτε επιθυμούν από το σπίτι τους, καθιστώντας την ιατρική τους φροντίδα πιο άνετη και ευέλικτη. [49]

4.3.3 Τεχνολογίες και Εφαρμογές Τηλεϊατρικής

Η τεχνολογία στον τομέα της υγείας προχωρά με γοργούς ρυθμούς, μεταμορφώνοντας τον τρόπο με τον οποίο παρέχονται οι ιατρικές υπηρεσίες. Από την τεχνητή νοημοσύνη και τη ρομποτική χειρουργική έως την τηλεϊατρική, αυτές οι καινοτομίες βελτιώνουν τις διαγνώσεις, εξατομικεύουν τις θεραπείες και ενισχύουν την ποιότητα φροντίδας. Αυτές οι τεχνολογίες δεν καθιστούν μόνο την υγειονομική περίθαλψη πιο αποτελεσματική αλλά και πιο προσβάσιμη, προετοιμάζοντας το έδαφος για ένα καλύτερο μέλλον στην ιατρική. Παρακάτω θα δούμε ορισμένες τεχνολογίες και εφαρμογές χάρη στις οποίες είναι εφικτή η τηλεϊατρική. Οι βιντεοκλήσεις και οι τηλεδιασκέψεις είναι εξαιρετικά χρήσιμες για τους γιατρούς. Πιο συγκεκριμένα, μέσω της χρήσης πλατφόρμων βιντεοκλήσεων έχουν τη δυνατότητα να αξιολογούν και να συμβουλεύουν τους ασθενείς τους σε πραγματικό χρόνο. Οι βιντεοκλήσεις και οι τηλεδιασκέψεις αξιοποιούνται από τους γιατρούς τόσο στην πραγματοποίηση μίας αρχικής διάγνωσης όσο και στην παρακολούθηση των ασθενών κατά τη διάρκεια της εκάστοτε θεραπείας. Επιπλέον, οι συσκευές απομακρυσμένης παρακολούθησης, όπως τα ψηφιακά πιεσόμετρα, μετρητές γλυκόζης, και άλλες φορητές συσκευές συλλέγουν δεδομένα υγείας από τους ασθενείς και τα αποστέλλουν στους ιατρούς για ανάλυση, επιτρέποντας έτσι την παρακολούθηση της κατάστασης της υγείας των ασθενών χωρίς να απαιτείται η φυσική τους παρουσία. Σημαντική τεχνολογία της τηλεϊατρικής αποτελούν και οι ηλεκτρονικοί ιατρικοί φάκελοι. Έχουν σκοπό τη διευκόλυνση της αποθήκευσης και της ανταλλαγής ιατρικών πληροφοριών και δεδομένων μεταξύ ασθενών, ιατρών και γενικά παρόχων υγείας και φροντίδας. Κατ' αυτόν τον τρόπο, σημειώνεται βελτίωση της φροντίδας των ασθενών και λήψη καταλληλότερων αποφάσεων σχετικά με την αγωγή και τη θεραπεία τους. Με τη συνδυαστική χρήση αυτών των τεχνολογιών, η τηλεϊατρική καθίσταται ένας ολοκληρωμένος και αποτελεσματικός τρόπος παροχής ιατρικών υπηρεσιών εξ αποστάσεως. [50]

4.3.4 Προκλήσεις στην Εφαρμογή της Τηλεϊατρικής

Η τηλεϊατρική και η απομακρυσμένη φροντίδα έχουν επιφέρει σημαντικές αλλαγές στον τομέα της υγείας, ωστόσο συνοδεύονται από διάφορες προκλήσεις. Η αποτελεσματική εφαρμογή τους εξαρτάται από την κατάλληλη τεχνολογική υποδομή, την προστασία προσωπικών δεδομένων, την τήρηση νομικών κανονισμών και την εκπαίδευση τόσο των ιατρών όσο και των ασθενών προκειμένου να εξασφαλιστεί η ικανότητά τους να αξιοποιήσουν την τεχνολογία αυτή. Παρακάτω θα δούμε αναλυτικότερα κάποιες από αυτές τις προκλήσεις που αντιμετωπίζει η τηλεϊατρική. [43] Αρχικά υπάρχει η ανάγκη της τεχνολογίας και της συνδεσιμότητας. Πιο αναλυτικά, για την τηλεϊατρική απαιτείται συγκεκριμένη τεχνολογική υποδομή και αξιόπιστη συνδεσιμότητα στο διαδίκτυο. Χωρίς αυτά είναι αδύνατον να υλοποιηθεί, ενώ η διαθεσιμότητά τους συχνά αποτελεί πρόκληση σε επαρχιακές και απομακρυσμένες περιοχές. Επίσης, ένα σοβαρό ζήτημα που απασχολεί την τηλεϊατρική είναι η ασφάλεια και η προστασία των προσωπικών ιατρικών δεδομένων. Απαιτούνται αυστηρά μέτρα και συνεχής ενημέρωση για νέες απειλές προκειμένου να παραμείνουν τα δεδομένα των ασθενών ασφαλή. Ευαίσθητο θέμα αποτελεί επίσης η νομοθεσία και οι κανονισμοί. Η κάθε χώρα έχει τους δικούς της νόμους και κανονισμούς με τους οποίους οφείλει να συμμορφώνεται η τεχνολογία της τηλεϊατρικής. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την περιπλοκή της εφαρμογής της τεχνολογίας σε αρκετές χώρες, επιβραδύνοντας την υιοθέτηση της τηλεϊατρικής. Ωστόσο, πρόκληση για την εφαρμογή της τηλεϊατρικής αποτελεί επίσης η εκπαίδευση και η εξοικείωση με την νέα τεχνολογία. Η τηλεϊατρική τεχνολογία και τα τηλεϊατρικά συστήματα απαιτούν την εκπαίδευση και την εξοικείωση τόσο των πάροχων υγειονομικής περίθαλψης όσο και των ασθενών για την πλήρη εκμετάλλευση και την αποτελεσματικότερη χρήση των συστημάτων αυτών. Απαραίτητη προϋπόθεση για την προαπαιτούμενη αυτή εκπαίδευση είναι η διάθεση πόρων, χρημάτων και χρόνου. [50]

4.3.5 Μελλοντικές Προοπτικές

Στο μέλλον η τηλεϊατρική της απομακρυσμένης φροντίδας θα συνεχίσει να εξελίσσεται. Οι ήδη υπάρχουσες τεχνολογίες και μεθοδολογίες που βρίσκονται σε χρήση θα βελτιώνονται διαρκώς. Κατά συνέπεια, αναμένεται να δούμε μεγαλύτερη ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης με σκοπό τη βελτίωση της διάγνωσης, την παρακολούθηση των ασθενών, καθώς και την ανάπτυξη πιο σύγχρονων και εύχρηστων συστημάτων απομακρυσμένης παρακολούθησης. Εξίσου σημαντική προβλέπεται και η βελτίωση της διαλειτουργικότητας και της επικοινωνίας ανάμεσα στα τηλεϊατρικά συστήματα και στους ηλεκτρονικούς ιατρικούς φακέλους των

ασθενών, γεγονός το οποίο θα φέρει ως αποτέλεσμα την αποδοτικότερη και ποιοτικότερη φροντίδα των ασθενών. [43]

4.4 Διαχείριση Ιατρικών Δεδομένων και Ηλεκτρονικών Φακέλων Ασθενών

4.4.1 Εισαγωγή

Η διαχείριση των ιατρικών δεδομένων και των ηλεκτρονικών φακέλων ασθενών (EHRs – Electronic Health Records) έχουν ρόλο ζωτικής σημασίας στη σύγχρονη υγειονομική περίθαλψη. Μέσω αυτών γίνεται εφικτή η συλλογή των πληροφοριών υγείας, η αποθήκευσή τους, αλλά και η ανάλυσή τους με συγκεκριμένο τρόπο ώστε να γίνεται αποτελεσματικά και με τη μέγιστη ασφάλεια. [48]

4.4.2 Πλεονεκτήματα

Η διαχείριση ιατρικών δεδομένων και η χρήση ηλεκτρονικών φακέλων ασθενών παρέχουν σημαντικά πλεονεκτήματα στο σύστημα υγειονομικής φροντίδας, όπως είναι η βελτίωση της ακρίβειας και της ταχύτητας πρόσβασης σε ιατρικές πληροφορίες, ο καλύτερος συντονισμός μεταξύ των πάροχων υγείας και η εξασφάλιση της προστασίας και της ασφάλειας των δεδομένων των ασθενών. Αρχικά, μέσω της χρήσης των ηλεκτρονικών φακέλων ασθενών ενισχύεται σημαντικά η διαλειτουργικότητα ανάμεσα σε διαφορετικούς υγειονομικούς οργανισμούς και συστήματα. Έτσι καθίσταται εφικτή και ευκολότερη η ανταλλαγή πληροφοριών, που είναι κρίσιμη για τη διαρκή και έγκυρη φροντίδα του κάθε ασθενή. Επιπλέον, οι ηλεκτρονικοί φάκελοι ασθενών συγκεντρώνουν όλες τις απαραίτητες πληροφορίες των ασθενών σε μία ενιαία ψηφιακή πλατφόρμα, στην οποία έχουν πρόσβαση οι ιατροί. Συνεπώς, διευκολύνεται η πρόσβαση των ιατρών σε οποιαδήποτε πληροφορία χρειάζονται αφού είναι μόνιμα διαθέσιμες ανεξαρτήτως τοποθεσίας και ώρας. Τέτοιες πληροφορίες περιλαμβάνουν αποτελέσματα εξετάσεων, ιατρικό ιστορικό, κ.ά.. Επιπρόσθετα, ενισχύεται η ασφάλεια των δεδομένων, καθώς αποτελεί προτεραιότητα για τους ηλεκτρονικούς φακέλους ασθενών προκειμένου να προστατεύονται τα δεδομένα του εκάστοτε ασθενούς. Η ύψιστη ασφάλεια επιτυγχάνεται μέσω κρυπτογράφησης και άλλων σύγχρονων τεχνολογικών μέτρων ασφαλείας που αποσκοπούν στη μείωση του κινδύνου της απώλειας δεδομένων και της μη εξουσιοδοτημένης πρόσβασης σε προσωπικά ιατρικά δεδομένα ασθενών. Επίσης, με τη χρήση των ηλεκτρονικών φακέλων παρέχεται στους ιατρούς η δυνατότητα παρακολούθησης της υγείας και της γενικής κατάστασης των ασθενών με μεγαλύτερη ευκολία. Η χρήση τους ακόμη επιτρέπει την αναγνώριση προτύπων τα οποία μπορούν να οδηγήσουν σε αποτελεσματικότερες θεραπευτικές αποφάσεις, ενώ,

παράλληλα, οι ηλεκτρονικοί φάκελοι καταπολεμούν πιθανές ανακρίβειες και ελλείψεις πληροφοριών με αποτέλεσμα τη μείωση των γενικών σφαλμάτων. Τέλος, λόγω της ψηφιοποίησης των ιατρικών αρχείων, μειώνεται σημαντικά η γραφειοκρατία και κατά συνέπεια εξοικονομείται πολύτιμος χρόνος και πόροι. Έτσι έχουμε βελτίωση στη συνολική αποδοτικότητα των υγειονομικών υπηρεσιών. [48]

4.4.3 Προκλήσεις

Η διαχείριση ιατρικών δεδομένων και η χρήση ηλεκτρονικών φακέλων ασθενών αντιμετωπίζουν προκλήσεις, οι οποίες περιλαμβάνουν την ανάγκη για αξιόπιστες τεχνολογικές υποδομές, την προστασία των προσωπικών δεδομένων των ασθενών, τη συμμόρφωση με πολύπλοκους νομικούς και κανονιστικούς περιορισμούς και την απαιτούμενη εκπαίδευση των επαγγελματιών υγείας και των ασθενών για τη χρήση αυτών των συστημάτων. Καταρχήν, μεγάλη πρόκληση απαιτεί το κόστος της τεχνολογίας δεδομένου ότι τα συστήματα EHR απαιτούν μία σημαντική οικονομική επένδυση που δεν έχουν τη δυνατότητα να διαθέσουν όλα τα υγειονομικά κέντρα. Πέρα από το κόστος για την αρχική τους εγκατάσταση, υπάρχει επίσης και το κόστος της συντήρησής τους. Επιπλέον, τα συστήματα αυτά προϋποθέτουν μια συγκεκριμένη βασική εκπαίδευση ώστε να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικά από τους χρήστες. Το προσωπικό ενδεχομένως να μην επιθυμεί να εκπαιδευτεί στη χρήση ενός νέου συστήματος και να επενδύσει χρόνο σε αυτό. Πρόβλημα αποτελεί επίσης η αποδοχή της τεχνολογίας από τους χρήστες. Είναι συχνό φαινόμενο το προσωπικό που θα αποτελέσει τους χρήστες της νέας τεχνολογίας να την αρνείται και να μην είναι πρόθυμο να υλοποιήσει τη μετάβαση από τα παραδοσιακά φυσικά χάρτινα αρχεία σε αρχεία ηλεκτρονικής μορφής. Εξίσου σημαντικό και περίπλοκο είναι το ζήτημα της νομοθεσίας και των κανονισμών. Το εκάστοτε κράτος διέπεται από τους δικούς του νόμους και κανονισμούς που ενδεχομένως να είναι περιοριστικοί, γεγονός το οποίο συνεπάγεται την καθυστέρηση όσον αφορά την εφαρμογή της νέας τεχνολογίας. Η ασφάλεια των δεδομένων είναι άλλη μία κρίσιμη πρόκληση, εφόσον είναι απαραίτητο τα συστήματα EHR να έχουν τη μέγιστη ασφάλεια προκειμένου να προστατεύονται τα δεδομένα των χρηστών. Η προστασία τους πρέπει να ανανεώνεται συνεχώς με νέες μεθόδους ώστε να διασφαλίζεται η ασφάλεια των δεδομένων από ολοένα εξελισσόμενες και καινούριες απειλές. Τέλος, η χρήση των ηλεκτρονικών φακέλων ασθενών έχει ως σκοπό την επίτευξη της διαλειτουργικότητας ανάμεσα στα διαφορετικά συστήματα. Αυτό, ωστόσο, αποτελεί μια μεγάλη πρόκληση και συχνά θέτει εμπόδια στη συνεργασία των συστημάτων λόγω διαφορετικών τεχνολογιών που πολλές φορές δεν είναι συμβατές. [48]

4.4.4 Μελλοντικές Προοπτικές

Προβλέπεται σημαντική εξέλιξη στον τομέα της διαχείρισης ιατρικών δεδομένων και των ηλεκτρονικών φακέλων ασθενών χάρη στην ενσωμάτωση τεχνολογιών όπως η τεχνητή νοημοσύνη και η μηχανική μάθηση. Αυτές οι προηγμένες τεχνολογίες αναμένεται να ενισχύσουν την ικανότητα ανάλυσης δεδομένων και πρόβλεψης υγειονομικών αναγκών, επιτρέποντας μια πιο εξατομικευμένη και αποτελεσματική παροχή ιατρικής φροντίδας. [48]

4.5 Ανάλυση Ιατρικών Εικόνων

4.5.1 Εισαγωγή

Η ανάλυση ιατρικών εικόνων αποτελεί μία καινοτόμα εφαρμογή της τεχνητής νοημοσύνης στον τομέα της υγείας, η χρησιμότητα της οποίας εντοπίζεται στη διαχείριση των τεράστιων όγκων δεδομένων που παράγονται από τις διάφορες μεθόδους απεικόνισης, όπως η μαγνητική τομογραφία, οι υπέρηχοι και οι ακτινογραφίες. Με την αξιοποίηση της τεχνητής νοημοσύνης καθίσταται δυνατός ένας βαθμός ακρίβειας και ταχύτητας στη διάγνωση που άλλοτε θα ήταν πολύπλοκος και χρονοβόρος.

4.5.2 Τεχνολογίες

Σημαντικό ρόλο έχουν οι αλγόριθμοι βαθιάς μάθησης όσον αφορά τον εκσυγχρονισμό της ανάλυσης ιατρικών εικόνων. Πιο συγκεκριμένα, τα νευρωνικά δίκτυα έχουν τη δυνατότητα να εντοπίσουν όγκους, φλεγμονές και άλλα παρόμοια με ακρίβεια. Η εκπαίδευση αυτών των συστημάτων πραγματοποιείται με τη χρήση δεδομένων ώστε να εκπαιδευτούν στην αναγνώριση μοτίβων που συνδέονται με διάφορες ασθένειες και παθήσεις.

4.5.3 Εφαρμογές Ανάλυσης Ιατρικών Εικόνων

Η τεχνητή νοημοσύνη εφαρμόζεται σε διάφορους τομείς της ιατρικής απεικόνισης, προσφέροντας σημαντικές βελτιώσεις στην ανίχνευση και στη διάγνωση ασθενειών. Ειδικότερα στην ογκολογία, χρησιμοποιείται για την ανίχνευση και την παρακολούθηση όγκων, επιτρέποντας την έγκαιρη και ακριβή διάγνωση του καρκίνου. Επίσης στην καρδιολογία, η τεχνητή νοημοσύνη αναλύει υπερήχους της καρδιάς και συμβάλλει στη διάγνωση καρδιακών παθήσεων, βελτιώνοντας τη φροντίδα των ασθενών με καρδιαγγειακά προβλήματα. Παράλληλα, στη νευρολογία, η τεχνητή νοημοσύνη αναλύει μαγνητικές τομογραφίες (MRI) για την αναγνώριση

νευρολογικών διαταραχών, προσφέροντας πολύτιμες πληροφορίες για την κατάσταση του εγκεφάλου και του νευρικού συστήματος. Στην περίπτωση του καρκίνου του πνεύμονα, η τεχνητή νοημοσύνη χρησιμοποιείται για την ανάλυση υπολογιστικών τομογραφιών (CT), επιτρέποντας τον εντοπισμό τυχόν όγκων και την ακριβή διάγνωση της νόσου. Τέλος, στον καρκίνο του μαστού, η τεχνητή νοημοσύνη αξιοποιείται για την αναγνώριση εικόνων μαστογραφίας, βοηθώντας στον εντοπισμό επικίνδυνων ανωμαλιών και ενισχύοντας την πρόληψη και την έγκαιρη θεραπεία. [52] [54]

4.5.4 Πλεονεκτήματα

Η χρήση της τεχνητής νοημοσύνης στην ανάλυση ιατρικών εικόνων προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα, όπως αυξημένη ακρίβεια, ταχύτερη διάγνωση και αποδοτικότητα, συμβάλλοντας στη βελτίωση της ιατρικής φροντίδας και της πρόγνωσης των ασθενειών. Αναλυτικότερα, οι αλγόριθμοι τεχνητής νοημοσύνης ανιχνεύουν με μεγάλη ακρίβεια παθολογίες συντελώντας στη μείωση της πιθανότητας να συμβούν ανθρώπινα λάθη. Επιπλέον, συγκριτικά με τον άνθρωπο, η τεχνητή νοημοσύνη αναλύει τις εικόνες με μεγαλύτερη ταχύτητα, επιταχύνοντας τη διαδικασία της διάγνωσης. Μέσω της αυτοματοποίησης της ανάλυσης ιατρικών εικόνων, μειώνεται σημαντικά ο φόρτος εργασίας των ιατρών, με αποτέλεσμα να έχουν την ευχέρεια να επικεντρωθούν σε άλλες πιο απαιτητικές περιπτώσεις, προσφέροντας έτσι αυξημένη αποδοτικότητα. Επιπρόσθετα, τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης έχουν την ικανότητα της πρόγνωσης, δηλαδή μπορούν να προβλέψουν την εξέλιξη διάφορων παθήσεων, ενισχύοντας την προληπτική ιατρική και την έγκαιρη θεραπεία. [54]

4.5.5 Προκλήσεις στην Εφαρμογή

Πέρα από τα πλεονεκτήματα που αναφέρθηκαν παραπάνω, σημειώνονται και σημαντικές προκλήσεις με τις οποίες έρχεται αντιμέτωπη η εφαρμογή της συγκεκριμένης τεχνολογίας. Ένα σημαντικό πρόβλημα είναι η δύσκολη ερμηνεία των παραγόμενων αποτελεσμάτων λόγω της πολυπλοκότητας που χαρακτηρίζει τα μοντέλα τεχνητής νοημοσύνης. Κατά συνέπεια, τα αποτελέσματα κατανοούνται αποκλειστικά από το ειδικά εκπαιδευμένο προσωπικό. Η αξιοπιστία των αλγορίθμων αποτελεί επίσης μία πρόκληση. Οι αλγόριθμοι που χρησιμοποιούνται πρέπει να δοκιμάζονται συνεχώς προκειμένου να εξασφαλίζεται η γνησιότητα, η ακρίβεια και η αξιοπιστία τους, στοιχεία που αποτελούν απαραίτητες προϋποθέσεις για χρήση στον ιατρικό κλάδο. Επιπλέον, πρόκληση συνιστά και η εκπαίδευση των συστημάτων διότι

οι αλγόριθμοι των συστημάτων αυτών απαιτούν μεγάλο όγκο δεδομένων ώστε να εκπαιδευτούν. Τέλος, όπως και στις περισσότερες τεχνολογίες, υπάρχει η πρόκληση των νομικών ζητημάτων. Πέρα από θέματα περί προστασίας προσωπικών δεδομένων που αντιμετωπίζουν όλες οι τεχνολογίες οι οποίες χρειάζονται ή διαχειρίζονται δεδομένα ασθενών, τίθεται και το ζήτημα της νομικής ευθύνης σε ενδεχόμενο που το σύστημα ευθύνεται για λάθος διάγνωση. [54]

ΠΗΓΕΣ :

Τεχνητή Νοημοσύνη και οι εφαρμογές της στην Ιατρική, Δημήτριος Ι. Γκορίλας (2022)

Ηλεκτρονική Υγεία, Παντελής Αγγελίδης (2015)

Το σύγχρονο νοσοκομείο: Βιοϊατρική Τεχνολογία, Πληροφοριακά Συστήματα και Λήψη Ιατρικής Απόφασης, Βασίλειος Σπυρόπουλος (2015)

Computing Machinery and Intelligence by Alan Turing (1950)

Πληροφοριακά Συστήματα Υγείας, Ιωάννης Αποστολάκης, Δεύτερη Βελτιωμένη Έκδοση (2007)

[1] "Artificial Intelligence: A Modern Approach" (Τεχνητή Νοημοσύνη: Μια Σύγχρονη Προσέγγιση), των Stuart Russell και Peter Norvig

[2]] McCarthy J. (1998) what is artificial Intelligence? Computer science Department, Stanford University, <https://www-formal.stanford.edu/jmc/whatisai.pdf>

[3] <https://academic.oup.com/mind/article/LIX/236/433/986238>

[4] International Research Journal of Engineering and Technology (2022)
<https://www.irjet.net/archives/V9/i3/IRJET-V9I333.pdf>

[5] Facial Recognition Technology: An analysis with scope in India (2010), S.B.Thorat, S. K. Nayak, Jyoti P Dandale <https://arxiv.org/abs/1005.4263>

[6] Racial Discrimination in Face Recognition Technology", Alex Najibi (October 24, 2020), <https://sitn.hms.harvard.edu/flash/2020/racial-discrimination-in-face-recognition-technology/>

[7] Facial Recognition Technology: Federal Law Enforcement Agencies Should Have Better Awareness of Systems Used by Employees (July 13, 2021),
<https://www.gao.gov/products/gao-21-105309>

[8] Study warns deepfakes can fool facial recognition, Kyle Wiggers, (March 5, 2021)
<https://venturebeat.com/business/study-warns-deepfakes-can-fool-facial-recognition/>

[9] COMPAS, State of Wisconsin, Department of Corrections
<https://doc.wi.gov/Pages/AboutDOC/COMPAS.aspx>

[10] A computer program used for bail and sentencing decisions was labeled biased against blacks. It's actually not that clear. By Sam Corbett- Davies, Emma Pierson, Avi Feller, Sharad Goel. (October 17, 2016)

<https://www.washingtonpost.com/news/monkey-cage/wp/2016/10/17/can-an-algorithm-be-racist-our-analysis-is-more-cautious-than-propublicas/>

[11] Practitioner's Guide to COMPAS

<https://s3.documentcloud.org/documents/2840784/Practitioner-s-Guide-to-COMPAS-Core.pdf> page 27

[12] Practitioner's Guide to COMPAS

<https://s3.documentcloud.org/documents/2840784/Practitioner-s-Guide-to-COMPAS-Core.pdf> page 26

[13] Practitioner's Guide to COMPAS

<https://s3.documentcloud.org/documents/2840784/Practitioner-s-Guide-to-COMPAS-Core.pdf> page 28

[14] Practitioner's Guide to COMPAS

<https://s3.documentcloud.org/documents/2840784/Practitioner-s-Guide-to-COMPAS-Core.pdf> page 29

[15] https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/63223371/Essay_On_Ethics_AI_Hiring

An overview of ethical issues in using AI systems in hiring with a case study of Amazon's AI based hiring tool, Akhil Alfons Kodiyan (November 12, 2019)

[16] <https://www.forbes.com/sites/forbesbusinesscouncil/2023/09/11/revolutionizing-the-hospitality-industry-with-artificial-intelligence/>

Revolutionizing the Hospitality Industry with Artificial Intelligence, Daniel Berman, (September 11, 2023)

[17] <https://yannakakis.net/wp-content/uploads/2012/03/gameAI.pdf> Game AI

Revisited, Γεώργιος Γιαννακάκης, (2012)

[18] <https://www.polygon.com/2017/8/5/16101700/social-skyrim-mod-ai-research>

Skyrim mod makes NPC interactions less scripted, more Sims-like, Owen S. Good, (August 5, 2017)

[19] <https://archive.org/details/byte-magazine-1982-12/page/n101/mode/2up?view=theater>

Design Techniques and Ideals for Video Games, Byte Magazine Vol. 7 (1982)

[20] <https://www.hindawi.com/journals/wcmc/2021/3329581/> Artificial Intelligence

Application in Cybersecurity and Cyberdefence, Yao Jun, Alissa Craig, Wasswa Shafik, Lule Sharif, (October 27, 2021)

[21] <https://venturebeat.com/business/how-ai-will-automate-cybersecurity-in-the-post-covid-world/>

How AI will automate cybersecurity in the post-COVID world, Shuman Ghosemajumder, (September 6, 2020)

- [22] <https://www.nytimes.com/2024/01/11/technology/ai-chatbots-khan-education-tutoring.html> Will Chatbots Teach Your Children? Nathan Singer, (January 11, 2024)
- [23] <https://elearningindustry.com/artificial-intelligence-in-the-classroom-role> The Role of Artificial Intelligence In The Classroom, Alec Sears, (April 14, 2018)
- [24] <https://www.nytimes.com/2010/11/21/technology/21brain.html> Growing Up Digital, Wired for Distraction, Matt Richtel, (November 21, 2010)
- [25] https://www.researchgate.net/publication/334573170_Artificial_intelligence_as_the_basis_of_future_control_networks Vadym Slyusar (July 2019)
- [26] <https://sgp.fas.org/crs/natsec/R45178.pdf> Artificial Intelligence and National Security (Updated November 10, 2020)
- [27] <https://api.army.mil/e2/c/images/2021/11/02/776f5ad7/original.jpg> U.S. Army Pfc. Daniel Candales, assigned to the 82nd Airborne Division, uses the tactical robotic controller to control the expeditionary modular autonomous vehicle as a practice exercise in preparation for Project Convergence at Yuma Proving Ground, Ariz., October 19, 2021. During Project Convergence 21, Soldiers are experimenting with using the vehicle for semi-autonomous reconnaissance and re-supply. (U.S. Army photo by Sgt. Marita Schwab) (Sgt. Marita Schwab)
- [28] <https://skywell.software/wp-content/uploads/2019/10/face-id-fail-1024x644.jpg>
- [29] https://health.ec.europa.eu/ehealth-digital-health-and-care_en e-health European commission
- [30] <https://el.wikipedia.org/wiki/ΟΠΣΝ> Ολοκληρωμένο πληροφοριακό σύστημα νοσοκομείου
- [31] <https://www.cedars-sinai.org/discoveries/ai-ascendance-in-medicine.html> AI's Ascendance in Medicine: A Timeline, (April 20, 2023) Cedars-Sinai Staff
- [32] <https://stacks.stanford.edu/file/druid:xt779dh5744/xt779dh5744.pdf> COMPUTER-BASED MEDICAL DECISION MAKING: FROM MYCIN TO VM, (1980) LAWRENCE M. FAGAN, EDWARD H. SHORTLIFFE and BRUCE G. BUCHANAN
- [33] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2580236/> The HELP System, (November 2, 1982) T. A. Pryor, R. M. Gardner, P. D. Clayton, and H. R. Warner
- [34] <https://oulurepo.oulu.fi/bitstream/handle/10024/27921/> The Rise, Fall, and Resurrection of IBM Watson health, UC Berkeley and University of Oulu, (2019) Jialei Yang, Prof. Henry Chesbrough, Prof. Pia Hurmelinna – Laukkanen

- [35] <https://newsroom.ibm.com/2022-01-21-Francisco-Partners-to-Acquire-IBMs-Healthcare-Data-and-Analytics-Assets> Francisco Partners to Acquire IBM's Healthcare Data and Analytics Assets (21 Ιανουαρίου 2022)
- [36] <https://web.archive.org/web/20131104071335/http://www.intersystems.com/products/index.html> InterSystems
- [37] <https://www.prnewswire.com/news-releases/oracle-buys-cerner-301448252.html> Oracle Buys Cerner News Provided by Oracle (December 20, 2021)
- [38] <https://web.archive.org/web/20070304164709/http://lcs.mgh.harvard.edu/projects/dxplain.html> DXplain
- [39] https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/3047/2/02_chapter_12.pdf Διαγνωστικός Συλλογισμός και Υποστήριξη Κλινικής Απόφασης, Spyropoulos Vasileios (2015)
- [40] <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0957417421003419> Expert systems: Definitions, advantages and issues in medical field applications, Aurora Saibene, Michela Assale, Marta Giltri (27 July 2020)
- [41] http://journal-ene.gr/wp-content/uploads/2010/11/TOMOS3TEFXOS3_GREEK-dragged.pdf Ρομποτική Χειρουργική: η Νέα Πρόκληση για το Ιατρικό και Νοσηλευτικό Προσωπικό στον 21ο αιώνα, Αλεξανδροπούλου Χριστίνα-Αθανασία, Δρ. Παναγιωτόπουλος Ηλίας
- [42] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211883723000266> Systematic AI Support for Decision-Making in the Healthcare Sector: Obstacles and Success Factors, Markus Bertl, Peeter Ross, Dirk Draheim (September 2023)
- [43] <https://link.springer.com/article/10.1007/s10916-020-01596-5> Bokolo Anthony Jnr. (15 June 2020)
- [44] <https://cghmc.com.ph/the-da-vinci-robot-the-latest-member-of-the-cghmc-surgical-team/> THE DA VINCI ROBOT THE LATEST MEMBER OF THE CGHMC SURGICAL TEAM
- [45] <https://www.medicaldevice-network.com/news/arterys-receives-first-fda-clearance-ai-oncology-imaging-suite/?cf-view> Arterys gains FDA clearance for AI oncology imaging suite
- [46] <https://www.ultromics.com/products/echogo-heart-failure> Ultromics, EchoGo heart failure

- [47] <https://permed.gr/index.php/permed/issue/view/10/11> Εξατομικευμένη Ιατρική, Βραχάτης Αριστείδης, Λάζαρος Κωνσταντίνος-Παναγιώτης, Βλάμος Παναγιώτης (12 Απριλίου, 2024)
- [48] <http://dspace.lib.uom.gr/handle/2159/14304> Ηλεκτρονικοί Ιατρικοί Φάκελοι Σενάριο Εφαρμογής και Ανάλυση του Λογισμικού Ανοικτού Κώδικα OPENMRS, ΚΟΤΣΙΡΟΥ ΒΑΣΙΛΙΚΗ, (Φεβρουάριος 2011)
- [49] <https://kypseli.ouc.ac.cy/bitstream/handle/11128/3304/%ce%a0%ce%a5%ce%a3%ce%a3-2018-00142.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Η Τηλεϊατρική ως ενισχυτικό και υποστηρικτικό μέσο στην πρόληψη ασθενειών του Γυναικείου πληθυσμού, σε απομακρυσμένες περιχές, από τις Μαίες / Μαιευτές στην Πρωτοβάθμια φροντίδα υγείας, Χαριτινή Θεοφιλοπούλου (Ιανουάριος 2018)
- [50] <http://repositoryesdda.ekdd.gr/jspui/handle/123456789/531> Η τηλεϊατρική στην Ελλάδα και στην Ευρώπη. Εφαρμογές και προκλήσεις, Ειρήνη Χρήστου (2022)
- [51] <https://repo.lib.duth.gr/jspui/handle/123456789/15944> Η τεχνητή νοημοσύνη στον χειρουργικό τομέα. Ηθικά διλήμματα κατά την εφαρμογή της. Μαρία Φώτη (2 Μαρτίου, 2023)
- [52] <https://dspace.lib.ntua.gr/xmlui/handle/123456789/39323> Ανάλυση και επεξεργασία εικόνων: τεχνικές για την βελτίωση αντίθεσης ιατρικών εικόνων, Κυριαζής Αναστάσιος (22 Οκτωβρίου 2014)
- [53] https://www.researchgate.net/profile/Koen-Hindriks/publication/335967116_Artificial_Intelligence_in_Health_Care_and_Medicine_A_Personalized_Approach/links/5d8661e092851ceb792b2892/Artificial-Intelligence-in-Health-Care-and-Medicine-A-Personalized-Approach.pdf Artificial Intelligence in Health Care and Medicine: A Personalized Approach, Koen V Hindriks and John-Jules Ch Meyer, (19 Σεπτεμβρίου, 2019)
- [54] <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=9103969> AI in Medical Imaging Informatics: Current Challenges and Future Directions, (7 Ιουλίου, 2020)
- [55] https://www.researchgate.net/profile/Jimmy-Singla/publication/271157162_Medical_Expert_Systems_for_Diagnosis_of_Various_Diseases/links/5ad191daaca272fdaf779ffa/Medical-Expert-Systems-for-Diagnosis-of-Various-Diseases.pdf Medical Expert Systems for Diagnosis of Various Diseases, Jimmy Singla, Dinesh Grover, Abhinav Bhandari, (Μάιος 2014)