



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

ΤΜΗΜΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ
ΤΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ
ΜΟΝΑΔΩΝ**

Τίτλος Εργασίας

ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ ΚΑΙ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑ

Όνομα Φοιτήτριας: Κατωμέρη Σπυριδούλα.

Υπεύθυνη Καθηγήτρια: Κοτταρίδη Κωνσταντίνα.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την κ. Κωνσταντίνα Κοτταρίδη, που με την πολύτιμη βοήθειά της μου έδωσε την ευκαιρία να εμβαθύνω σε ένα θέμα πέραν της καθιερωμένης εφαρμογής των εκπαιδευτικών. Η καθοδήγησή της δεν ήταν μόνο ακαδημαϊκή, αλλά και μια πηγή έμπνευσης, καθώς με ενθάρρυνε να σκέφτομαι κριτικά και να εξερευνώ νέες προοπτικές. Με τη στήριξή της, ένιωσα μεγαλύτερη αυτοπεποίθηση ως ερευνήτρια, γεγονός που θα με συνοδεύει και στις μελλοντικές μου αναζητήσεις.

Όπως και τον παππού μου, Γεώργιο Γαστεράτο, και τη γιαγιά μου, Κέρκυρα Γαστεράτου, που με στήριξαν και με στηρίζουν για να κατακτήσω τα όνειρά μου. Η αγάπη, η σοφία και οι αξίες που μου μετέδωσαν αποτελούν για μένα σταθερό σημείο αναφοράς. Η παρουσία τους στη ζωή μου δεν είναι απλώς μια πηγή δύναμης, αλλά και μια υπενθύμιση ότι με πίστη, προσπάθεια και αγάπη, όλα είναι δυνατά.

Πρόλογος

Η καινοτομία των τεχνολογιών της τεχνητής νοημοσύνης, έχει τραβήξει το ενδιαφέρον αρκετών ερευνητών, αφού μπορεί να βοηθήσει σε πολλούς τομείς που απαρτίζουν την κοινωνία. Η παρούσα εργασία εξετάζει τρόπους που μπορούν να χρησιμοποιήσουν την τεχνητή νοημοσύνη ώστε να αναπτυχθούν τεχνολογίες για την βιώσιμη ανάπτυξη. Επιπλέον, γίνεται ανάλυση εφαρμογών που υποστηρίζει την περιβαλλοντική παρακολούθηση, τη βιώσιμη γεωργία, τη διαχείριση αποβλήτων και υδάτινων πόρων, καθώς και τη βελτιστοποίηση της ενεργειακής κατανάλωσης. Παράλληλα, εξετάζονται οι κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις της τεχνητής νοημοσύνης, όπως η μείωση ανισοτήτων και η ενίσχυση της πρόσβασης σε βασικές υπηρεσίες. Παρουσιάζονται παραδείγματα εφαρμογών μηχανικής μάθησης για την πρόβλεψη κλιματικών αλλαγών, η ενσωμάτωση IoT για την παρακολούθηση καλλιεργειών και η ανάπτυξη συστημάτων ανακύκλωσης με αλγορίθμους βαθιάς μάθησης. Εξετάζονται, επίσης, οι προκλήσεις που αντιμετωπίζει η υιοθέτηση της τεχνητής νοημοσύνης, συμπεριλαμβανομένων ζητημάτων ιδιωτικότητας, ενεργειακής κατανάλωσης, και ηθικής.

Λέξεις Κλειδιά: Τεχνητή νοημοσύνη (AI), Στόχοι βιώσιμης ανάπτυξης (SDGs), περιβαλλοντική παρακολούθηση, έξυπνη γεωργία, βελτιστοποίηση ενέργειας

Abstract

Keywords: Artificial Intelligence (AI), Sustainable Development Goals (SDGs), Environmental Monitoring, Smart Agriculture, Energy Optimization

Πίνακας Περιεχομένων

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Κατάλογος Εικόνων	8
1 Εισαγωγή.....	9
1.1 Σκοπός και Στόχοι της Έρευνας	9
1.2 Η σημασία της βιώσιμης ανάπτυξης.....	9
1.3 Ο ρόλος της τεχνητής νοημοσύνης (TN) στη σύγχρονη κοινωνία	11
2 Τεχνητή Νοημοσύνη και Περιβάλλον.....	13
2.1 Περιβαλλοντική παρακολούθηση και ανάλυση δεδομένων	14
2.2 Πρόβλεψη και πρόληψη φυσικών καταστροφών	15
2.3 Εξοικονόμηση πόρων μέσω έξυπνων συστημάτων	18
2.4 Βελτιστοποίηση ενεργειακής κατανάλωσης με TN.....	21
3 TN και Βιώσιμη Γεωργία	22
3.1 Έξυπνη γεωργία και παρακολούθηση καλλιεργειών	23
3.2 Χρήση της TN για προβλέψεις κλιματικών επιπτώσεων.....	25
3.3 Βελτίωση παραγωγικότητας και μείωση αποβλήτων	27
3.4 Εφαρμογές της TN στη διαχείριση υδάτινων πόρων	29
4 TN στην Κυκλική Οικονομία και Διαχείριση Αποβλήτων	30
4.1 Ανάλυση και κατηγοριοποίηση αποβλήτων με TN	30
4.2 Προώθηση της ανακύκλωσης και κυκλικών μοντέλων	32
4.3 Προβλέψεις για βελτιστοποίηση των απορριμμάτων	34
4.4 Μείωση του ανθρακικού αποτυπώματος μέσω TN	36
5 TN και Βιώσιμη Ενέργεια	38
5.1 Βελτιστοποίηση ενεργειακών πόρων.....	38
5.2 Διαχείριση και προγραμματισμός ενεργειακών συστημάτων.....	40
5.3 Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και έξυπνα δίκτυα	42
5.4 Μοντέλα πρόβλεψης ενεργειακής κατανάλωσης.....	43
6 TN και Υγεία για Βιώσιμη Ανάπτυξη.....	45
6.1 Βιοϊατρική ανάλυση δεδομένων για πρόληψη ασθενειών	45
6.2 Ανίχνευση επιδημιών και διαχείριση πανδημιών	48
6.3 Ηθικά ζητήματα και προσωπικά δεδομένα στον τομέα της υγείας	50
6.4 Προσβασιμότητα υπηρεσιών υγείας μέσω TN	52
7 Κοινωνικές και Οικονομικές Επιπτώσεις της TN στη Βιώσιμη Ανάπτυξη	54
7.1 Δημιουργία νέων θέσεων εργασίας και οικονομική ανάπτυξη.....	55

7.2	Εκπαιδευτικά προγράμματα και δια βίου μάθηση.....	57
7.3	Μείωση ανισοτήτων μέσω έξυπνων πόλεων και υπηρεσιών.....	59
7.4	Δυνατότητες και προκλήσεις στην κοινωνική ισότητα.....	61
8	Κίνδυνοι και Ηθικά Ζητήματα της ΤΝ στη Βιώσιμη Ανάπτυξη.....	63
8.1	Προκλήσεις διαφάνειας και υπευθυνότητας.....	64
8.2	Κίνδυνοι για την ιδιωτικότητα και την ασφάλεια δεδομένων	66
8.3	Προκατάληψη και Ανισότητες στους Αλγόριθμους Τεχνητής Νοημοσύνης	68
8.4	Εξαρτήσεις και οι κίνδυνοι υποκατάστασης ανθρώπινης εργασίας	69
9	Συμπεράσματα και Μελλοντικές Κατευθύνσεις	71
9.1	Σύνοψη κύριων ευρημάτων	71
9.2	Προοπτικές για περαιτέρω έρευνα.....	72
9.3	Συμβολή της ΤΝ σε έναν βιώσιμο κόσμο.....	Error! Bookmark not defined.
	Βιβλιογραφία.....	73

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1.1 Στόχοι βιώσιμης ανάπτυξης.....	10
Εικόνα 1.2 Τεχνητή νοημοσύνη και βιώσιμη ανάπτυξη.....	12
Εικόνα 2.1 Σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης μετεωρολογικών και πλημμυρικών φαινομένων για τη λεκάνη Μάνδρας-Ελευσίνας της METRICA A.E.	16
Εικόνα 2.2 Σύστημα έγκαιρης παρακολούθησης πλημμυρικών φαινομένων για το Αρχαιολογικό Πάρκο ΔΙΟΝ στην περιοχή του Ολύμπου της METRICA A.E, σε συνεργασία με το ΕΚΕΦΕ Δημόκριτος	17
Εικόνα 2.3 Σύστημα έγκαιρης παρακολούθησης πλημμυρικών φαινομένων για την πόλη της Ηγουμενίτσας METRICA A.E, σε συνεργασία με το Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων για λογαριασμό του Δήμου Ηγουμενίτσας.....	17
Εικόνα 2.4 Συστήματα θέρμανσης, εξαερισμού και κλιματισμού.....	19
Εικόνα 2.5 Έννοια μη παρεμβατικής παρακολούθησης φορτίου	20
Εικόνα 3.1 Χρήση Drones στην γεωργία	23
Εικόνα 3.2 Εφαρμογή IoT στην γεωργία	24
Εικόνα 3.3 Συνελκτικά νευρωνικά δίκτυα για ταξινόμηση της νόσου των φύλλων κολοκύθας φιδιού.....	25
Εικόνα 3.4 (α) Χρονική συνάθροιση δεδομένων για τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο, και (β) χωρική συνάθροιση μέσω ζωνικής μέσης τιμής για τους νομούς της περιοχής μελέτης.....	26
Εικόνα 3.5 Προτεινόμενος κόμβος παρακολούθησης	28
Εικόνα 4.1 Έξυπνος μηχανισμός ταξινόμησης αποβλήτων.	31
Εικόνα 4.2 Έξυπνο Σύστημα Διαχείρισης και Συλλογής Απορριμμάτων με Χρήση Τεχνολογιών Industry 4.0.....	36
Εικόνα 5.1 Έξυπνο σπίτι	39
Εικόνα 6.1 Μοντέλο τεχνητής νοημοσύνης για διάγνωση Πάρκινσον από νυχτερινή αναπνοή.	46

1 Εισαγωγή

1.1 Σκοπός και Στόχοι της Έρευνας

Τα τελευταία χρόνια η τεχνητή νοημοσύνη (TN) έχει σημειώσει σημαντική και ταχύτατη πρόοδο, ανοίγοντας τον δρόμο να δημιουργηθούν νέες ευκαιρίες ώστε να βρεθούν λύσεις σε σημαντικά προβλήματα, ένα από αυτά είναι τις βιώσιμη ανάπτυξης. Η τεχνητή νοημοσύνη ενσωματώνει τεχνολογίες στα ενεργειακά συστήματα, την υγειονομική περίθαλψη, το αστικό σχεδιασμό και τις προσπάθειες διατήρησης δημιουργούνται δυνατότητες που στοχεύουν να ενισχύσουν την απόδοση, και να μειωθεί η κατανάλωση πόρων (Ametepey, 2024).

Ο όρος της βιώσιμης ανάπτυξης είναι αρκετά πολύπλευρος αφού μπορεί να ενσωματώσει αρκετούς τομείς. Συγκεκριμένα, συνδυάζει της οικονομική ανάπτυξη, την κοινωνική ένταξη, αλλά και την προστασία περιβάλλοντος. Η βιώσιμη ανάπτυξη στοχεύει να καλύψει ανάγκες που υπάρχουν στο παρόν, ώστε να μην θέτονται σε κίνδυνο μελλοντικές ανάγκες. Συνεπώς, ο παραπάνω ορισμός καλύπτει την ανάγκη για εξισορρόπηση οικονομικών, κοινωνικών και περιβαλλοντικών στόχων (Iacobuță & Ifrim, 2020).

Η παρούσα εργασία στοχεύει να μελετήσει τους τρόπους που η TN μπορεί να συνεισφέρει στον τομέα της βιώσιμης ανάπτυξης, όπως επίσης θα γίνει προσδιορισμός σε πρακτικές εφαρμογές σε τομείς, όπως η γεωργία, η ενέργεια, η διαχείριση των αποβλήτων αλλά και η υγεία. Οι κύριοι στόχοι της μελέτης είναι:

- Εξέταση εφαρμογών της TN που εφαρμόζονται ήδη στη βιώσιμη ανάπτυξη.
- Προσδιορισμός στα οφέλη και στις προκλήσεις που μπορεί να εμφανίσει η TN σε εφαρμογές της βιώσιμης ανάπτυξης.
- Ανάδειξη τομέων που παρουσιάζει μεγαλύτερο δυναμικό για βελτιώσεις μέσω της TN, όπως για παράδειγμα η ενεργειακή απόδοση.
- Τέλος, θα εξεταστούν ηθικές και κοινωνικές συνέπειες αυτών των εφαρμογών.

1.2 Η σημασία της βιώσιμης ανάπτυξης

Τα Ηνωμένα Έθνη έχουν θέση 17 Στόχους Βιώσιμης Ανάπτυξης για την βιώσιμη ανάπτυξης, οι οποίοι έλαβαν έγκριση το 2015. Και οι 17 στόχοι είναι ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο που αποσκοπεί στην αντιμετώπιση των πιεστικών προκλήσεων του κόσμου μέχρι το 2030. Επιπλέον, αυτοί οι στόχοι περιλαμβάνουν ένα μεγάλο φάσμα κοινωνικών, οικονομικών και

περιβαλλοντικών διαστάσεων, και δίνεται έμφαση στην διασύνδεση της βιώσιμης ανάπτυξης (Gómez-Echeverri, 2018).



Εικόνα 1.1 Στόχοι βιώσιμης ανάπτυξης

Οι περισσότεροι στόχοι έχουν σκοπό να καλύψουν προβλήματα σε παγκόσμιο επίπεδο, όπως είναι η φτώχεια, η ανισότητα, η κλιματική αλλαγή, η περιβαλλοντική υποβάθμιση, η ειρήνη αλλά και η δικαιοσύνη. Καθένας από τους στόχους που έχουν τεθεί, έχει συγκεκριμένους στόχους και αντίστοιχους δέκτες, τα οποία δημιουργούν εάν ολοκληρωμένο πλαίσιο που μπορεί να βοηθήσει μια ισορροπία ανάμεσά στην οικονομία, την κοινωνία και το περιβάλλον (Nilsson et al., 2018- Gómez-Echeverri, 2018).

Μία σημαντική απειλή που επηρεάζει τον πλανήτη είναι η κλιματική αλλαγή, και μπορεί να επηρεάσει το οικοσύστημα και τις ανθρώπινες κοινωνίες. Όλα αυτά μπορούν να οδηγήσουν σε ακραία καιρικά φαινόμενα, όπως είναι η άνοδος της στάθμης της θάλασσας και της απώλειας της βιοποικιλότητας (Singh et al., 2019- Behera et al., 2023). Στις μέρες μας, παρατηρείται σημαντική εξάντληση φυσικών, κάτι που οδηγεί σε μη βιώσιμα πρότυπα κατανάλωσης και παραγωγής, που περιπλέκει την ικανότητα κάλυψης των αναγκών των σημερινών αλλά και των μελλοντικών γενεών. Όμως, για να καλυφθεί εάν σημαντικό εμπόδιο για τη βιώσιμη ανάπτυξη είναι η κοινωνική ανισότητα, καθώς οι περιθωριοποιημένες

κοινότητες φέρουν το βάρος της περιβαλλοντικής υποβάθμισης, και δεν έχουν πρόσβαση ε βασικούς πόρους (Pérez-Reña et al., 2021).

Συνεπώς και οι 17 στόχοι που έχουν θεσπιστεί απτά Ηνωμένα Έθνη (Εικόνα 1), είναι αλληλένδετοι και αποσκοπούν στην αντιμετώπιση παγκόσμιες προκλήσεις. Κάθε στόχος έχει σχεδιαστεί στόχοι μαζί να αποτελούν «σχέδιο για την επίτευξη ενός καλύτερου και πιο βιώσιμου μέλλοντος για όλους» μέχρι το έτος του 2030, τονίζοντας με αυτόν τον τρόπο την ανάγκη για συνεργασίες μεταξύ εθνών και τομέων (Gómez-Echeverri, 2018).

Για να επιτευχθεί η μακροπρόθεσμη επιβίωση του πλανήτη είναι σημαντικό να πραγματοποιηθούν και οι 17 στόχοι. Όπως έχει ήδη αναφερθεί οι στόχοι μεταξύ τους έχουν έναν αλληλένδετο χαρακτήρα, δηλαδή αυτό σημαίνει ότι αν ένας τομέας σημειώσει πρόοδος τότε αυτός μπορεί να επηρεάσει θετικά έναν άλλον τομέα. Για παράδειγμα, ο στόχος 13 αφορά την αποτελεσματική δράση για το κλίμα, κάτι που είναι απαραίτητο όχι μόνο για να μετριάσει την κλιματική αλλαγή αλλά και για να διασφαλίσει την πειστική ασφάλεια, στόχος 2, την προαγωγή της υγείας αλλά και της ευημερίας, στόχος 3, και μείωση της ανισότητας, στόχος 10 (Thapa et al., 2023- Marques, 2023).

Πλέον, η συχνότητα των καταστροφών, ειδικότερα αυτών που σχετίζονται με το κλίμα και πλάτους με δυσανάλογο τρόπο τους πιο ευάλωτους πληθυσμούς και απειλούν την παγκόσμια σταθερά, δείχνουν τον επείγων χαρακτήρα αυτής της προσπάθειας. Επομένως, η άμεση και η συντονισμένη δράση για να επιτευχθούν αυτοί οι στόχοι είναι σημαντική ώστε να διασφαλιστεί το μέλλον της κοινωνίας αλλά κυρίων του πλανήτη (Mortimer et al., 2023).

1.3 Ο ρόλος της τεχνητής νοημοσύνης (TN) στη σύγχρονη κοινωνία

Είναι σημαντικό να αναγνωριστεί ότι η τεχνητή νοημοσύνη έχει γίνει σημαντικό κομμάτι της καθημερινότητας του παγκοσμίου πληθυσμού, αφού προσφέρει σε όλους πολλά οφέλη και εφαρμογές. Όλα αυτά τα οφέλη και οι εφαρμογές έχουν δημιουργηθεί ώστε να αν ισχύσουν την αποτελεσματικότητα, την βιωσιμότητα αλλά και κυρίως την λήψη αποφάσεων. Ο τομέας της διαχείρισης της ενεργείας εφαρμόζονται τεχνολογίες όπως είναι η μηχανική μάθηση (ML) και πλέον η βαθιά μάθηση (DL), και χρησιμοποιούνται με στόχο να μπορέσουν να προβλέψουν την κατανάλωση ενέργειας. Η πρόβλεψη αυτή θα βοηθήσει ώστε να παρουσιάσει βελτίωση η χρήση της ενέργεια και να σημειωθεί μείωση στο κόστος.



Εικόνα 1.2 Τεχνητή νοημοσύνη και βιώσιμη ανάπτυξη

Εικόνα 2: Τεχνητή νοημοσύνη και βιώσιμη ανάπτυξη

Για παράδειγμα, σε περιπτώσεις έξυπνων κτηρίων όπου τα συστήματα διαχείρισης ενέργειας που βασίζονται σε τεχνητή νοημοσύνη, έχει παρατηρηθεί μια σημαντική βελτίωση στην αποδοτικότητα και την βιωσιμότητα, κάτι που γίνεται μέσω της ανάλυσης προτύπων κατανάλωσης και με στόχο να προσαρμοστεί η χρήση ενέργειας (Chauhan, 2024- Natarajan, 2024). Τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται για αυτά τα συστήματα είναι ιστορικά δεδομένα που μπορούν να βοηθήσουν στην πρόβλεψη μελλοντικών ενεργειακών αναγκών, και επιτρέπουν αποτελεσματικές στρατηγικές διανομής και κατανάλωση ενέργειας (Iriakuma, 2024- Mariano-Hernández et al., 2021).

Σε εφαρμογές που έχουν κατασκευαστεί για περιβαλλοντικούς σκοπούς, η τεχνητής νοημοσύνη έχει καθοριστικό ρόλο τόσο στο κομμάτι της παρακολούθησης όσο και στο κομμάτι της διαχείρισης της ρύπανσης. Έχουν αναπτυχθεί αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης που μπορούν να προβλέπουν την ποιότητα του αέρα και την εισέλευση των ρύπων (Monsaif et al., 2022; Popescu, 2024).

Η πρόβλεψη είναι σημαντική καθώς μπορεί να βοηθήσει στην δημοσία υγεία και την ασφάλεια, αφού μπορεί να επιτρέψει την έγκαιρη παρέμβαση ώστε να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα. Αξίζει να σημειωθεί ότι έχουν δημιουργηθεί τεχνολογίες τεχνητής νοημοσύνης, οι οποίες έχουν ενσωματωθεί σε συσκευές του Διαδικτύου των Πράγματος (Internet of Things). Αυτός ο συνδυασμός έχει δημιουργεί συστήματα περιβαλλοντικής παρακολούθησης αρκετά

εξελιγμένα, και μπορούν να ανιχνεύσουν και να ανταποκριθούν σε αλλαγές του αέρα και του νερού, και μπορεί να αντιμετωπιστεί σε πραγματικό χρόνο (Popescu, 2024; Adefemi, 2023).

Αν και ο κλάδος της τεχνητής νοημοσύνης έχει προσφέρει αρκετά πλεονέκτημα, είναι σημαντικό να μην παραληφθούν οι προκλήσεις και τα ηθικά προβλήματα που μπορεί να παρουσιάσει. Τα μοντέλα τεχνητής νοημοσύνης που μπορούν να αναπτυχθούν είναι αρκετά περιπλοκά, και πολλές φορές, μπορεί να εμποδίσουν την εμπιστοσύνη και την αποδοχή τους από τους χρήστες (Bhandary, 2024; Aderibigbe, 2023). Για παράδειγμα, στην περίπτωση της κατανάλωσης ενέργειας, οι τεχνολογίες της τεχνητής νοημοσύνης μπορεί να προσφέρουν ακριβείς προβλέψεις, όμως η φύση των αλγορίθμων καθιστά δύσκολο για τους ενδιαφερομένους να μπορέσουν να κατανοήσουν τους παράγοντες, που μπορεί να επηρεάσουν αυτές τις προβλέψεις (Bhandary, 2024- Zhang et al., 2021).

Επίσης, υπάρχουν ανησυχίες που αφορούν την προστασία της ιδιωτικής ζωής αλλά και την ασφάλεια των δεδομένων είναι αρκετά σημαντικό, ιδίως σε συστήματα τεχνητής νοημοσύνης που βασίζεται όλο και περισσότερο σε δεδομένα τόσο προσωπικά τόσο και περιβαλλοντικά (Maurya, 2024- ASIL, 2020). Η αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων είναι ζωτικής σημασίας για να διασφαλιστεί ότι οι τεχνολογίες TN εφαρμόζονται με τρόπο δεοντολογικό, διαφανή και ωφέλιμο για το κοινωνικό σύνολο.

2 Τεχνητή Νοημοσύνη και Περιβάλλον

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η τεχνητή νοημοσύνη καθημερινά γίνεται ολοένα και πιο σημαντική στην καθημερινότητα μας, αλλά και για το περιβάλλον, αφού έχουν αναπτυχθεί εργαλεία και μέθοδοι που μπορούν να αντιμετωπίσουν προβλήματα που υπάρχουν. Η περιβαλλοντική κρίση η απαιτεί λύσεις καινοτομίας, καθώς πλέον οι παραδοσιακές λύσεις υστερούν.

Η τεχνητή νοημοσύνη παρουσιάζει τα εξής στάδια, αρχικά με την συλλογή των δεδομένων, ακολουθεί η επεξεργασία τους, η ανάλυση τους, και ;όλα αυ τα σταδια μπορούν να γίνουν με τεράστιους όγκους δεδομένων, κάτι που βοηθάει τις προβλέψεις να γίνονται πιο ακριβής. Στη συνέχεια του κεφαλαίου θα αναλυθούν εφαρμογές που χρησιμοποιείται η τεχνητή νοημοσύνη στον τομέα του περιβάλλοντος, και με τους τρόπους που συμβάλουν αυτές οι τεχνολογίες για την εξοικονόμηση πόρων και την προστασία φυσικού κόσμου.

2.1 Περιβαλλοντική παρακολούθηση και ανάλυση δεδομένων

Πλέον για την περιβαλλοντική παρακολούθηση και την ανάλυση των δεδομένων που συλλέγονται εφαρμόζονται εργαλεία τεχνητής νοημοσύνης, καθώς οι λύσεις που προσφέρουν μπορεί να αντιμετωπίσουν προκλήσεις, όπως είναι η ποιότητα του αέρα, που μπορεί να γίνει πιο ευκολά η διαχείριση της. Ενώ, μπορεί να γίνει και παρακολούθηση ενός καίριου προβλήματος, όπως είναι η κλιματική αλλαγή. Όλα αυτά μπορούν να γίνουν με την αξιοποίηση προηγμένων αλγορίθμων και αναλύσεων δεδομένων. οι αλγόριθμοι της τεχνητής νοημοσύνης έχουν επίδειξη την δυνατότητα να μπορούν να επεξεργαστούν και να αναλύσουν τεράστιες ποσότητες δεδομένων (Shankar et al., 2022; Yang et al., 2022).

Στον τομέα της περιβαλλοντικής παρακολούθησης μια από τις πιο σημαντικές εφαρμογές όπως ήδη έχει αναφερθεί είναι αξιολόγηση του αέρα. Για αυτή την εφαρμογή, οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται εντάσσονται κυρίως στον κλάδο της μηχανικής μάθησης, και αναπτύσσονται αλγόριθμοι, που έχουν αναπτυχθεί ώστε να γίνει πρόβλεψη της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, χρησιμοποιώντας ιστορικά δεδομένα που είχαν συλλεχθεί και εντοπίζουν σύνθετα πρότυπα μέσα από αυτά (Shankar et al., 2022; Yang et al., 2022).

Από μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί έχουν δείξει πως για να επιτευχθεί η αποτελεσματική προβλέψει μπορούν να ενσωματωθούν μετεωρολογικά δεδομένα με μετρήσεις ρύπανσης, και επιτρέπουν στους υπευθύνους να εντοπίσουν την έγκαιρή παρέμβαση (Shankar et al., 2022; Yang et al., 2022). Ενώ έχει αποδειχθεί ότι τα μοντέλα που αναπτύσσονται, μπορούν να ανιχνεύσουν ανωμαλίες στις μετρήσεις του αέρα, κάνοντας τα δεδομένα ολοένα και πιο αξιόπιστα (Evangelopoulos, 2023). Αυτή η ικανότητα είναι ζωτικής σημασίας για την ανάπτυξη στρατηγικών για τη βελτίωση της ποιότητας του αέρα και την προστασία της δημόσιας υγείας.

Ένα παράδειγμά που εφαρμόζεται η τεχνητή νοημοσύνη στην περάτωσή της κλιματικής αλλαγής είναι τα συστήματά που χρησιμοποιούν δορυφορικές εικόνες ώστε να γίνεται παρακολούθησή της αποψίλωσης των δασών και των μεταβολών που γίνονται στη βλάστησή, δηλαδή μπορούν να παρέχουν σημαντικές και κρίσιμες πληροφορίες για την υγεία των οικοσυστημάτων και τις επιπτώσεις που μπορούν να εμφανιστούν ("International and Constitutional Efforts to Protect the Environment Through the Use of Artificial Intelligence Techniques", 2024).

Τα μεγάλα σύνολα δεδομένων που μπορούν να αντιμετωπίσουν αυτά τα συστήματα έχουν σχεδιάστε ώστε να παρακολουθούνται όλες οι αλλαγές με την πάροδο του χρόνου. Αυτές οι

πληροφορίες είναι σημαντικές αφού μπορούν να δώσουν λύσεις και να ενισχυθεί η βιοποικιλότητα (Shuford, 2024).

Επιπλέον, η εφαρμογή της TN επεκτείνεται στην ολοκληρωμένη διαχείριση λεκανών απορροής, όπου βοηθά στην παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο και στη λήψη αποφάσεων σχετικά με την κατανομή των υδάτινων πόρων. Οι τεχνολογίες TN μπορούν να αναλύουν τις περιβαλλοντικές συνθήκες εντός των λεκανών απορροής, βελτιστοποιώντας τη διαχείριση των υδάτινων πόρων και υποστηρίζοντας βιώσιμες πρακτικές (Zhang, 2024). Αυτή η ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης στα συστήματα περιβαλλοντικής διαχείρισης όχι μόνο ενισχύει την αποτελεσματικότητα αλλά και προωθεί μια πιο βιώσιμη προσέγγιση στη χρήση των πόρων.

Όλες αυτές οι δυνατότητες που προσφέρονται από αυτές τις τεχνολογίες έχουν στόλο να διατηρήσουν την βιοποικιλότητα. Οι ερευνητές έχουν την δυνατότητα να μπορούν να προβλέψουν αλλαγές και να αξιολογήσουν την κατανομή των ειδών αλλά και τις επιπτώσεις των περιβαλλοντικών παραγόντων. Επομένως αυτά τα συστήματα που αναπτύσσονται δημιουργούν στρατηγικές που ανταποκρίνονται στις μεταβαλλόμενες περιβαλλοντικές συνθήκες (Shuford, 2024).

Μια ακόμα εφαρμογή της τεχνητής νοημοσύνης είναι και η παρακολούθηση της αργίας ζωής. Αυτό επιτείνανε με συστήματα μη αυτοματοποιημένης αναγνώρισης εικόνων, τα οποία μπορούν να αναλύσουν δεδομένα που προέρχονται από κάμερες, οι οποίες χρησιμοποιούνται για να παρακολουθούν κινήσεις και συμπεριφορές των ειδών που μελετιούνται (Labazanova, 2024).

Επομένως, από τα παραπάνω παρατηρείται πως η τεχνητή νοημοσύνη είναι ένα ισχυρό εργαλείο στον τομέα της περιβαλλοντικής παρακολούθησης και ανάλυσης, αφού μέσα από τις γνώσεις και προβλέψεις που μπορούν να παρθούν από τα συστήματα που αναπτύσσονται, οδηγούν σε αποφάσεις που μπορούν να διαχειριστούν τα προβλήματα που αντιμετωπίζει ο πλανήτης.

2.2 Πρόβλεψη και πρόληψη φυσικών καταστροφών

Ένας ακόμα τομέας που μπορεί να εφαρμοστεί η τεχνητή νοημοσύνη είναι ο τομέας των φυσικών καταστροφών. Συνήθως με τον ορό φυσική καταστροφή αναφέρονται σε σεισμούς, πλημύρες και τυφώνες. Οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται αξιοποιούν προηγμένους αλγόριθμους, ώστε να βοηθούν τους ελεγκτές να μπορέσουν να αντιμετωπίσουν οποιαδήποτε καταστροφή με το όσον δυνατόν λιγότερες ζημιές και κυρίως στόχος είναι η διάσωση ζώων.

Στην περίπτωση της πρόβλεψης της φυσικής καταστροφής των σεισμών, όπου προσαρμόζονται ειδικοί αισθητές που μπορούν να ενισχύσουν τα ήδη υπάρχοντα συστήματα προειδοποιεί. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι οι αισθητήρες από οπτικές ίνες, που έχουν επιδείξει σημαντικά αποτελέσματα σε σήματα από θορύβους, σε σύγκριση με τα παραδοσιακά σεισμόμετρα, κυρίως σε περιπτώσεις ανίχνευσης σεισμικών κυμάτων χαμηλής συχνότητας (Zhang et al., 2022).

Το έργο MySpace αποτελεί παράδειγμα αυτής της προσέγγισης, όπου ένα σεισμικό δίκτυο βασισμένο σε smartphone χρησιμοποιεί δεδομένα επιταχυνσιομέτρων για τον εντοπισμό σεισμών και την παροχή έγκαιρων προειδοποιήσεων με βάση την εκτιμώμενη ένταση της δόνησης και τους χρόνους διαδρομής (Kong et al., 2016). Επιπλέον, έχουν αναπτυχθεί μοντέλα βαθιάς μάθησης για την ενίσχυση της ανίχνευσης σεισμών και της επιλογής φάσης, επιτρέποντας την αποτελεσματικότερη επεξεργασία μεγάλων συνόλων δεδομένων (Mousavi et al., 2020). Αυτές οι εξελίξεις αναδεικνύουν τις δυνατότητες της τεχνητής νοημοσύνης να βελτιώσει σημαντικά τις δυνατότητες παρακολούθησης και αντιμετώπισης των σεισμών.

Η Ελλάδα είναι μια χώρα αρκετά σεισμογενείς και πολλές φορές έχουν συμβεί αρκετά καταστροφικά συμβάντα με πλημμύρες. Ειδικότερα, τα τελευταία 20 χρόνια έχουν σημειωθεί σημαντικές αυξήσεις στο κομμάτι των επενδύσεων, σε τομής όπως υποδομές, δηλαδή στο κομμάτι της κατασκευής μεγάλων λεωφόρων.



Εικόνα 2.1 Σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης μετεωρολογικών και πλημμυρικών φαινομένων για τη λεκάνη Μάνδρας-Ελευσίνας της METRICA A.E.



Εικόνα 2.2 Σύστημα έγκαιρης παρακολούθησης πλημμυρικών φαινομένων για το Αρχαιολογικό Πάρκο ΔΙΟΝ στην περιοχή του Ολύμπου της METRICA A.E, σε συνεργασία με το ΕΚΕΦΕ Δημόκριτος



Εικόνα 2.3 Σύστημα έγκαιρης παρακολούθησης πλημμυρικών φαινομένων για την πόλη της Ηγουμενίτσας METRICA A.E, σε συνεργασία με το Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων για λογαριασμό του Δήμου Ηγουμενίτσας

Η τεχνητή νοημοσύνη συμβάλλει επίσης στην πρόβλεψη τυφώνων και των σχετικών επιπτώσεών τους. Πρόσφατες μελέτες έχουν χρησιμοποιήσει τεχνικές μηχανικής μάθησης για την πρόβλεψη της έντασης και της τροχιάς των τυφώνων, οι οποίες είναι κρίσιμες για την αποτελεσματική ετοιμότητα και αντιμετώπιση καταστροφών. Για παράδειγμα, μια μελέτη κατέδειξε τη χρήση δικτύων μακράς βραχυπρόθεσμης μνήμης (LSTM) για την πρόβλεψη σημαντικών υψών κύματος που σχετίζονται με τυφώνες, αναδεικνύοντας την αποτελεσματικότητα της TN στην ανάλυση σύνθετων μετεωρολογικών δεδομένων (Bethel & Sun, 2021). Επιπλέον, επαναλαμβανόμενα νευρωνικά δίκτυα έχουν χρησιμοποιηθεί για την πρόβλεψη των τροχιών των τυφώνων, επιτρέποντας την έγκαιρη εκκένωση και κατανομή πόρων (Alemany et al., 2019). Η ενσωμάτωση δεδομένων lidar και ραντάρ ανέμου Doppler σε αριθμητικά μοντέλα πρόβλεψης καιρού έχει επίσης δείξει ότι υπόσχεται να βελτιώσει τις προβλέψεις τυφώνων, ιδίως σε περιοχές με έλλειψη δεδομένων (Li et al., 2022).

Η ανάλυση ιστορικών δεδομένων καταστροφών διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο στη βελτίωση των μοντέλων πρόβλεψης. Εξετάζοντας τα πρότυπα τυφώνων του παρελθόντος και τις επιπτώσεις τους, οι ερευνητές μπορούν να αναπτύξουν στατιστικά μοντέλα που λαμβάνουν υπόψη διάφορους παράγοντες επιρροής, όπως ο δείκτης της Βορειοατλαντικής Ταλάντωσης (NAO), ο οποίος έχει συνδεθεί με τη δραστηριότητα των τυφώνων (Heckscher, 2018). Αυτή η ιστορική προοπτική επιτρέπει τη βελτίωση των αλγορίθμων TN, ενισχύοντας τις προγνωστικές τους ικανότητες. Επιπλέον, τα δεδομένα πλήθους από χρήστες smartphone έχουν διερευνηθεί ως μέσο για τη βελτίωση των συστημάτων έγκαιρης προειδοποίησης σεισμών, αξιοποιώντας την ευρεία διαθεσιμότητα των κινητών συσκευών για τη συλλογή σεισμικών δεδομένων σε πραγματικό χρόνο (Finazzi & Fassò, 2016). Η προσέγγιση αυτή όχι μόνο βελτιώνει τις δυνατότητες ανίχνευσης αλλά και προωθεί την εμπλοκή της κοινότητας στην ετοιμότητα για καταστροφές.

Συμπερασματικά, η εφαρμογή της τεχνητής νοημοσύνης στην πρόβλεψη φυσικών καταστροφών αποτελεί σημαντική πρόοδο στη διαχείριση καταστροφών. Μέσω της ενσωμάτωσης τεχνολογιών αισθητήρων, αλγορίθμων μηχανικής μάθησης και ανάλυσης ιστορικών δεδομένων, η TN ενισχύει την ικανότητά μας να προβλέπουμε σεισμούς και τυφώνες, συμβάλλοντας τελικά σε αποτελεσματικότερες στρατηγικές μετριασμού. Καθώς οι τεχνολογίες αυτές συνεχίζουν να εξελίσσονται, έχουν τη δυνατότητα να μετασχηματίσουν τα πλαίσια αντιμετώπισης καταστροφών, καθιστώντας τις κοινότητες πιο ανθεκτικές στις επιπτώσεις των φυσικών καταστροφών.

2.3 Εξοικονόμηση πόρων μέσω έξυπνων συστημάτων

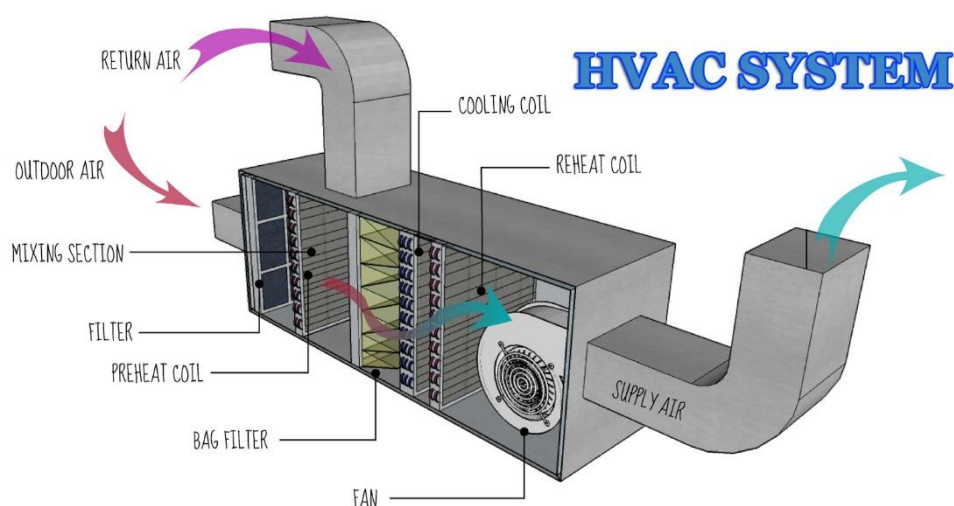
Ακόμα, η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να έχει καθοριστικό ρόλο στην διατήρησης των πόρων, ειδικότερα σε σημαντικούς τομείς όπως είναι το νερό και η ενέργεια. Και οι δυο τομείς είναι

αρκετά σημαντική πόροι στον καθημερινή ζωή ενός ανθρώπου. Τα έξυπνα σύστημα που αναπτύσσονται στοχεύουν να βρουν λύσεις ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι σπατάλες αυτών των πόρων.

Μια από τις πιο σημαντικές εφαρμογές στην διαχείριση των υδάτων είναι η ανάπτυξη συστημάτων διαχείριση υδάτων, με χρήση προηγμένων αλγορίθμων σε συνδυασμό με τεχνολογίες Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT). Για παράδειγμα, αυτά τα συστήματα αναπτύσσονται για να μπορούν να εντοπίσουν διαρροές και ανεπάρκειες στην διαχείριση υδάτων, αναλύοντας δεδομένα που συλλέγονται από αισθητήρες που τοποθετούνται σε όλο το δίκτυο της παροχής (Zhang et al., 2023).

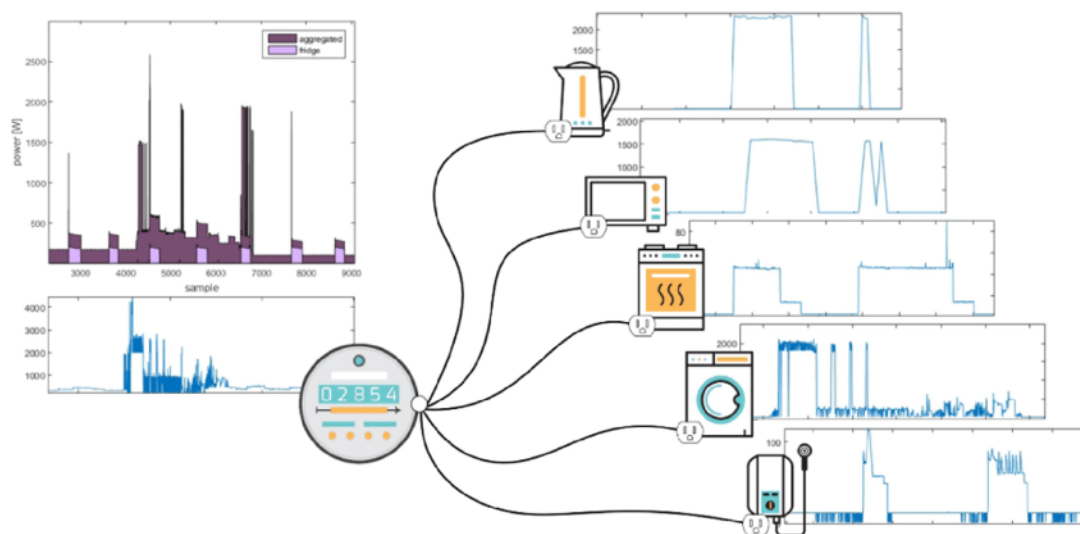
Επιπλέον, η χρήση της TN σε στρατηγικές άρδευσης, όπως η άρδευση ακριβείας, βελτιστοποιεί τη χρήση του νερού προσαρμόζοντας την ποσότητα του νερού που παρέχεται στις καλλιέργειες με βάση δεδομένα σε πραγματικό χρόνο σχετικά με την υγρασία του εδάφους και τις καιρικές συνθήκες. Η μέθοδος αυτή όχι μόνο εξοικονομεί νερό, αλλά και βελτιώνει την απόδοση και την ποιότητα των καλλιεργειών (Massaoudi et al., 2022).

Στο πόρο της ενέργειας τεχνητή νοημοσύνη στοχεύει να βελτιώσει τον τρόπο κατανάλωσης της ενέργειας, που μπορεί να γίνει σε κτήρια ακόμα και σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Αυτά τα έξυπνα συστήματα συνήθως χρησιμοποιούν αλγορίθμους μηχανικής μάθησης, και από τα δεδομένα που αναλύονται, οι ερευνητές στοχεύουν στον εντοπισμό ευκαιριών για καλύτερη διαχείριση. Ένα τέτοιο παράδειγμα, είναι τα συστήματα ρύθμισης θερμοστικής, εξαερισμού και κλιματισμού, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα (Gangoellis et al., 2016).



Εικόνα 2.4 Συστήματα θέρμανσης, εξαερισμού και κλιματισμού

Επίσης, μια ακόμα τεχνική που εφαρμόζεται είναι η τεχνική μη παρεμβατικής παρακολούθησης φορτίου. Αυτή τεχνική επιτρέπει να γίνεται εντοπισμό των συμπεριφορών κατανάλωσης ενέργειας, σε επίπεδο συσκευών. Συγκεκριμένα επιτρέπει στους χρήστες να μπορούν να λαμβάνουν ολοκληρωμένες αποφάσεις σε ότι αφορά την χρήση και την μείωση της ενδεχομένης σπάταλης (Rajendiran, 2022). Επομένως αυτά τα συστήματα βοηθούν τους μελετητές ώστε να γίνεται καλύτερη συλλογή δεδομένων και να βρίσκονται κατάλληλες λύσεις (Yiğitcanlar, 2021).



Εικόνα 2.5 Έννοια μη παρεμβατικής παρακολούθησης φορτίου

Η σύγκλιση της TN, του IoT και των τεχνολογιών αισθητήρων όχι μόνο εξορθολογίζει τη διαχείριση των πόρων, αλλά και προωθεί μια προληπτική προσέγγιση για την περιβαλλοντική βιωσιμότητα. Χρησιμοποιώντας την TN για την ανάλυση σύνθετων συνόλων δεδομένων, οι οργανισμοί μπορούν να προβλέψουν τις μελλοντικές απαιτήσεις πόρων και να προσαρμόσουν ανάλογα τις στρατηγικές τους, ελαχιστοποιώντας έτσι τη σπατάλη και προωθώντας τη διατήρηση (Shivaprakash et al., 2022). Για παράδειγμα, μοντέλα TN έχουν χρησιμοποιηθεί για την πρόβλεψη παραμέτρων ποιότητας νερού, επιτρέποντας έγκαιρες παρεμβάσεις για την προστασία των υδάτινων πόρων (Choden et al., 2022). Ομοίως, εφαρμογές TN στη διαχείριση της ενέργειας έχουν αποδείξει τη δυνατότητα σημαντικής καθαρής εξοικονόμησης ενέργειας, συμβάλλοντας σε ένα πιο βιώσιμο ενεργειακό τοπίο (Gangoilells et al., 2015).

2.4 Βελτιστοποίηση ενεργειακής κατανάλωσης με TN

Η τεχνητή νοημοσύνη έχει στόχο να προσφέρει εργαλεία που να διαχειρίζονται την ενέργεια, ώστε να μπορούν να βρουν έναν επαναστατικό τρόπο να βελτιώσουν την κατανάλωση ενέργειας τόσο σε οικιακό επίπεδο όσο και σε βιομηχανικό. Για παράδειγμα, οι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης μπορούν να εντοπίσουν πρότυπα και να προβλέψουν ενεργειακές απαιτήσεις που μπορούν να εμφανιστούν στο μέλλον (Stecyk, 2023; Raihan, 2023). Αυτή η δυνατότητα πρόβλεψης είναι ιδιαίτερα επωφελής σε συστήματα έξυπνων δικτύων, όπου η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να βελτιστοποιήσει τη διανομή ενέργειας με βάση δεδομένα σε πραγματικό χρόνο, βελτιώνοντας τη συνολική απόδοση και σταθερότητα του δικτύου (Ceci et al.).

Σε οικιακό επίπεδο, τα συστήματα διαχείρισης οικιακής ενέργειας με γνώμονα την τεχνητή νοημοσύνη (HEMS) χρησιμοποιούν δεδομένα από έξυπνους μετρητές και συσκευές IoT για την παρακολούθηση της χρήσης ενέργειας και τη βελτιστοποίηση της κατανάλωσης. Αυτά τα συστήματα μπορούν να προσαρμόσουν τη θέρμανση, την ψύξη και τον φωτισμό με βάση τα πρότυπα πληρότητας και τις εξωτερικές συνθήκες, οδηγώντας σε εξοικονόμηση ενέργειας έως και 30% σε ορισμένες περιπτώσεις (R., 2023; Rizvi, 2023). Για παράδειγμα, η εφαρμογή έξυπνων συστημάτων HVAC, τα οποία αξιοποιούν την τεχνητή νοημοσύνη για τη βελτιστοποίηση της θέρμανσης, του εξαερισμού και του κλιματισμού, έχει δείξει σημαντικές μειώσεις στην κατανάλωση ενέργειας διατηρώντας παράλληλα τα επίπεδα άνεσης (Liu & Jiang, 2021). Επιπλέον, η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να διευκολύνει την ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε οικιακά ενεργειακά συστήματα, ενισχύοντας τη βιωσιμότητα και μειώνοντας την εξάρτηση από ορυκτά καύσιμα (Puri et al., 2019).

Σε βιομηχανικά περιβάλλοντα, οι εφαρμογές τεχνητής νοημοσύνης επεκτείνονται στη βελτιστοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας στις διαδικασίες παραγωγής και στις αλυσίδες εφοδιασμού. Οι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης μπορούν να αναλύσουν τα επιχειρησιακά δεδομένα για να εντοπίσουν τις αναποτελεσματικότητες και να προτείνουν προσαρμογές που ελαχιστοποιούν τη χρήση ενέργειας ενώ μεγιστοποιούν την παραγωγικότητα (Ayoubi, 2023). Για παράδειγμα, η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να βελτιστοποιήσει τη δρομολόγηση των οχημάτων στα logistics για να μειώσει την κατανάλωση καυσίμου και τις εκπομπές, αποδεικνύοντας την ευελιξία της τεχνητής νοημοσύνης στην αντιμετώπιση της ενεργειακής απόδοσης σε διάφορους τομείς (Dikshit, 2023). Επιπλέον, η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να βελτιώσει τη διαχείριση των ενεργειακών πόρων σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις

προβλέποντας τις ενεργειακές ανάγκες και προσαρμόζοντας ανάλογα τις λειτουργίες, κάτι που είναι κρίσιμο για τη μείωση του λειτουργικού κόστους και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων (Ceci et al. , 2020).

Τα συστήματα διαχείρισης ηλεκτρικού δικτύου αποτελούν παράδειγμα του μετασχηματιστικού δυναμικού της τεχνητής νοημοσύνης στη διανομή ενέργειας. Αυτά τα συστήματα χρησιμοποιούν μηχανική μάθηση για να προβλέψουν την παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, επιτρέποντας καλύτερη εξισορρόπηση του φορτίου και μειώνοντας τον κίνδυνο διακοπής ρεύματος (Ceci et al., 2020). Αναλύοντας τεράστια σύνολα δεδομένων, η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να βελτιστοποιήσει τη ροή ενέργειας, διασφαλίζοντας ότι η προσφορά ανταποκρίνεται αποτελεσματικά στη ζήτηση, ελαχιστοποιώντας παράλληλα τα απόβλητα και τις εκπομπές (Stecyk, 2023). Επιπλέον, η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να διευκολύνει τους μηχανισμούς απόκρισης της ζήτησης, όπου οι καταναλωτές κινητοποιούνται να μειώσουν ή να αλλάξουν τη χρήση ενέργειας κατά τις περιόδους αιχμής, ενισχύοντας περαιτέρω την αξιοπιστία και τη βιωσιμότητα του δικτύου (Stecyk, 2023; Rizvi, 2023).

Συμπερασματικά, η εφαρμογή της τεχνητής νοημοσύνης και της μηχανικής μάθησης στη διαχείριση ενέργειας είναι ζωτικής σημασίας για τη βελτιστοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας τόσο σε οικιακό όσο και σε βιομηχανικό επίπεδο. Αξιοποιώντας προγνωστικές αναλύσεις και δεδομένα σε πραγματικό χρόνο, αυτές οι τεχνολογίες όχι μόνο ενισχύουν την ενεργειακή απόδοση αλλά συμβάλλουν επίσης σε σημαντικές μειώσεις στις εκπομπές ρύπων, ανοίγοντας το δρόμο για ένα πιο βιώσιμο ενεργειακό μέλλον.

3 ΤΝ και Βιώσιμη Γεωργία

Ένα από τους σημαντικότερους πυλώνες της ανθρώπινης επιβίωσης και της οικονομίας είναι η γεωργία. Αφού είναι ένας κλάδος που μπορεί να επηρεάσει και να επηρεαστεί παράλληλα από τις διάφορες περιβαλλοντικές συνθήκες.

Στην περίοδο που διανύετε με την κλιματική αλλαγή και τις ταχείας ανάπτυξης του πληθυσμού, είναι αρκετά σημαντικό οι γεωργικές πρακτικές να γίνονται ολοένα και πιο βιώσιμες και πιο επιτακτικές. Οι μέχρι τώρα παραδοσιακές μέθοδοι δεν μπορούν να ανταποκριθούν στις σημερινές απαιτήσεις παραγωγικότητας, καθώς είναι αρκετά πιο σύνθετες, απαιτείται περιορισμός των αποβλήτων αλλά και προστασίας του περιβάλλοντος.

Για αυτό το λόγο πλέον η τεχνητή νοημοσύνη συμβάλει σημαντικά στη μεταμόρφωση της γεωργίας. Οι προβλέψεις που μπορούν να κάνουν μέσω της τεχνητής νοημοσύνης, μπορούν να

βοηθήσουν στη βελτιστοποίηση της χρήσης πόρων, όπως νερό και λιπάσματα. Ακόμα. Μπορεί να βοηθήσει να αναπτυχθούν αισθητήρες και drones (Εικόνα 3.1), ώστε η έξυπνη γεωργία να μπορέσει να προσφέρει στους αγρότες την δυνατότητα να μπορούν να παρακολουθούν και να βελτιώνουν κάθε στάδιο της παραγωγικής διαδικασίας.



Εικόνα 3.1 Χρήση Drones στην γεωργία

3.1 Έξυπνη γεωργία και παρακολούθηση καλλιεργειών

Με τον όρο «Έξυπνη Γεωργία» αφορά την γεωργία της ακρίβειας, και γίνεται ενσωμάτωση προηγμένων τεχνολογιών όπως είναι το Internet of Things (IoT), της τεχνητής νοημοσύνης και της μηχανικής μάθηση. Όπως έχει αναφερθεί η τεχνητή νοημοσύνη βοηθά στη λήψη αποφάσεων, στο κλάδο της γεωργίας οι αποφάσεις μπορεί να ενισχύσει την παραγωγικότητα και την βιωσιμότητα στις αντίστοιχες δραστηριότητες. Οι τεχνολογίες IoT συνηθίζεται να χρησιμοποιούνται για την συλλογή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, μέσω διαφορετικών πηγών, είτε είναι από αισθητήρες είτε από δορυφόρους. Οι πηγές αυτές έχουν στόχο να παρακολουθούν γενικά τις περιβαλλοντικές συνθήκες, την υγεία του εδάφους, όπως και την κατάσταση των καλλιεργειών. Το επόμενο βήμα είναι η ανάλυση δεδομένων που δίνει στους αγρότες την δυνατότητα να εξαχθούν πρακτικές γνώσεις, που μπορεί να τους βοηθήσει να

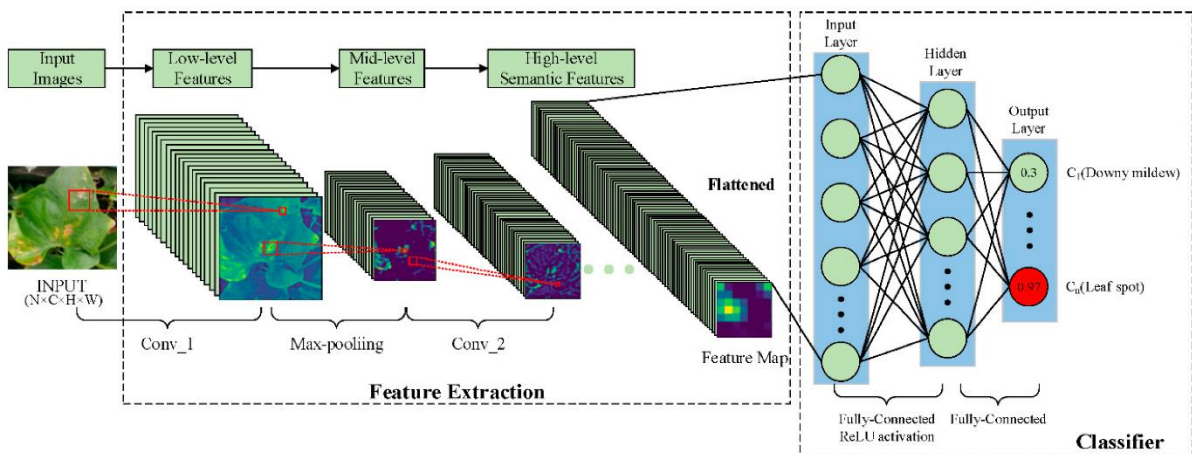
λάβουν αποφάσεις σχετικά με το πώς θα χρησιμοποιήσουν τους πόρους, και πώς διαχειριστούν τις καλλιέργειές τους (Sakaraji, 2023; Benos et al., 2021; Sivakumar et al., 2022).



Εικόνα 3.2 Εφαρμογή IoT στην γεωργία

Οι τεχνολογίες της τεχνικής νοημοσύνης που εφαρμόζονται στην γεωργία είναι η μηχανική μάθηση και οι όραση υπολογιστών, είναι δυο σημαντικές τεχνολογίες που μπορούν να επεξεργαστούν μεγάλες ποσότητες δεδομένων που θα συλλεγούν. Οι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης που μπορούν να αναπτυχθούν έχουν στόχο να αναγνωρίσουν μοτίβα και να προβλέψουν τις αποδόσεις και την ανίχνευση ασθενειών. (Ang & Seng, 2021; Jhajharia & Mathur, 2022; Araújo, 2023).

Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι τα γνωστά συνελκτικά νευρωνικά δίκτυα (CNN). Τα δίκτυα αυτά συνήθως χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές υπολογιστικής όρασης, που βοηθούν στην ανίχνευση φυτικών ασθενειών, αυτό μπορεί να επιτευχθεί μέσω της ανάλυσης εικόνων που τραβήχτηκαν από drones ή κάμερας (Meena, 2023; Tu et al., 2021).



Εικόνα 3.3 Συνελικτικά νευρωνικά δίκτυα για ταξινόμηση της νόσου των φύλλων κολοκύθας φιδιού.

Αυτή η εφαρμογή δίνει την ικανότητα στους αγρότες να βελτιώσουν την υγεία των καλλιεργειών τους, και ταυτόχρονα μειώνει την χρήση χημικών, επομένως, προωθούνται αειφόρες γεωργικής πρακτικής (Sakaraji, 2023· Wang, 2023· Victoire, 2023).

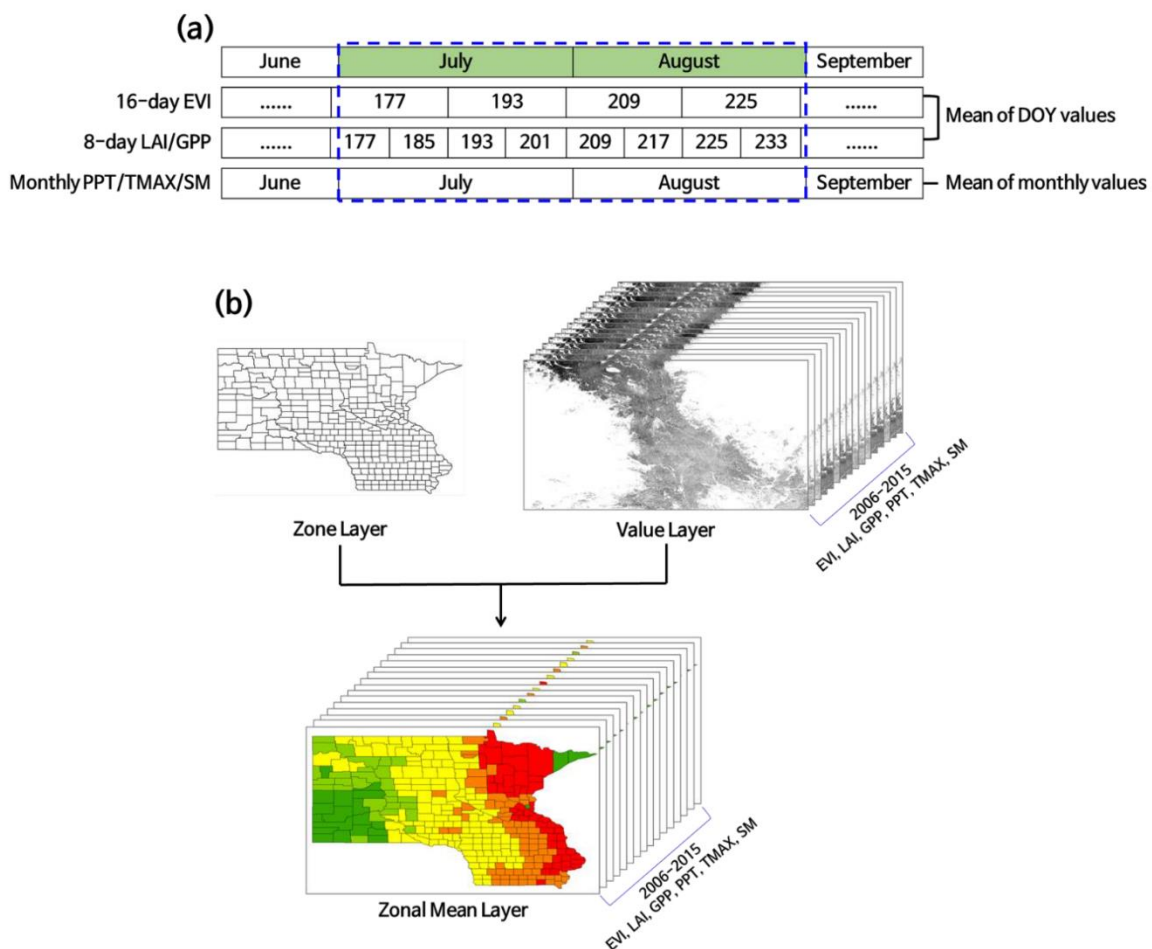
Αξίζει να σημειωθεί ότι η μεγάλη ποσότητα των δεδομένων δεν μπορεί να υπερεκτιμηθεί, αφού η συνεχής εισροή δεδομένων σε συσκευές IoT απαιτούν τεχνικές διαχείρισης αρκετά εξελιγμένες. Οι πλατφόρμες IoT που κατασκευάζονται για τον τομέα της γεωργίας βασίζονται στην τεχνητή νοημοσύνη, και επεξεργάζονται τα δεδομένα ώστε να βελτιώσουν τις γεωργικές πρακτικές, όπως για παράδειγμα είναι να αποφασίσουν ποια εποχή του χρόνου είναι κατάλληλη για τη φύτευση και την συγκομιδή (Sáiz-Rubio & Rovira-Más, 2020; Sun et al., 2019).

Ο συνδυασμός τις τεχνολογίας IoT και της τεχνητής νοημοσύνης στοχεύει να διευκολύνει την πλήρη κατανόηση των γεωργικών οικοσυστημάτων, επιτρέποντας στους αγρότες να πράττουν προληπτικά σε προκλήσεις που μπορούν να εμφανιστούν, μία σημαντική πρόκληση είναι η κλιματική μεταβλητότητα (Kamilaris & Prenafeta-Boldú, 2018; Λιάκος et al., 2018). Επομένως, το αποτέλεσμα είναι η ενίσχυση της παραγωγικότητας όμως συμβάλει στο να διατηρείται το περιβάλλον προωθώντας την αποτελεσματική χρήση των πόρων (Benos et al., 2021; Araújo et al., 2021).

3.2 Χρήση της TN για προβλέψεις κλιματικών επιπτώσεων

Η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να χρησιμοποιηθεί ώστε να γίνει πρόβλεψη ακραίων καιρικών φαινομένων, αυτό έχει θεωρηθεί ως μία μετασχηματιστική προσέγγιση για να ενισχυθεί η γεωργία στην κλιματική αλλαγή. Κάτι που είναι αρκετά σημαντικό, καθώς το τομέας της γεωργίας είναι αρκετά ευαίσθητος αφού μπορούν να επηρεάσουν τις αποδόσεις των

καλλιεργειών. Αυτό γίνεται μέσα από την αξιοποίηση σε μεγάλη κλίμακα δεδομένων, οι ερευνητές έχουν αναπτύξει μοντέλα που βοηθούν να προβλέπονται ακραία καιρικά φαινόμενα. Για παράδειγμα οι μελέτη των Kim et al. παρουσίασε έξι διαφορετικά μοντέλα τεχνητής νοημοσύνης που είναι αποτελεσματικά σε ότι αφορά την πρόβλεψη απόδοσης καλλιεργειών καλαμποκιού σε περιόδους ξηρασίας και κάψωνα. Η μελέτη τόνισε ότι οι ακραίες καιρικές συνθήκες μπορούν να οδηγήσουν σε σημαντική μείωση όσο αφορά την παραγωγή. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι η ξηρασία των Μεσοδυτικών ΗΠΑ το 2012 που οδήγησε σε μείωση της απόδοσης κατά 22% (Kim et al., 2020).



Εικόνα 3.4 (α) Χρονική συνάθροιση δεδομένων για τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο, και (β) χωρική συνάθροιση μέσω ζωνικής μέσης τιμής για τους νομούς της περιοχής μελέτης.

Σύμφωνα με Judijanto (2023), παρουσιάζει την σημασία παρακολούθησης και προσαρμογής σε μεταβαλλόμενες καιρικές συνθήκες. Αφού αυτού του είδους αναλύσεις δίνει στους αγρότες την δυνατότητα να λάβουν άμεσες λύσεις λαμβάνοντας υπόψη και τις εποχιακές διακυμάνσεις. Αυτή η άποψη έρχεται σε συμφωνία με την μελέτη των Ramya et al. (2019), που τονίζει ότι τα έξυπνα συστήματα γεωργίας μπορούν να ενισχύσουν την παραγωγικότητα και του εισοδήματος

των αγροτών κατά την αντιμετώπιση καιρικών προκλήσεων (Judijanto, 2023; Ramya et al., 2019).

Ένα ακόμα σημαντικό παράδειγμα είναι η μελέτη του Zhang που παρουσιάζει ένα μοντέλο βαθιάς μάθησης για την συναγωγική πρόγνωση του καιρού. Αυτή η μελέτη παρουσιάζει ότι οι αλγόριθμοί μπορούν να παρουσιάσουν σημαντικά χαρακτηριστικά, βελτιώνοντας την πρόβλεψη μετεωρολογικών στοιχείων, όπως είναι η θερμοκρασία και οι ταχύτητα του αέρα. Καθώς και οι δύο αυτές συνθήκες που αναφέρθηκαν μπορούν να επιφέρουν αρκετά καταστροφικές επιπτώσεις στις καλλιέργειες (Zhang, 2023).

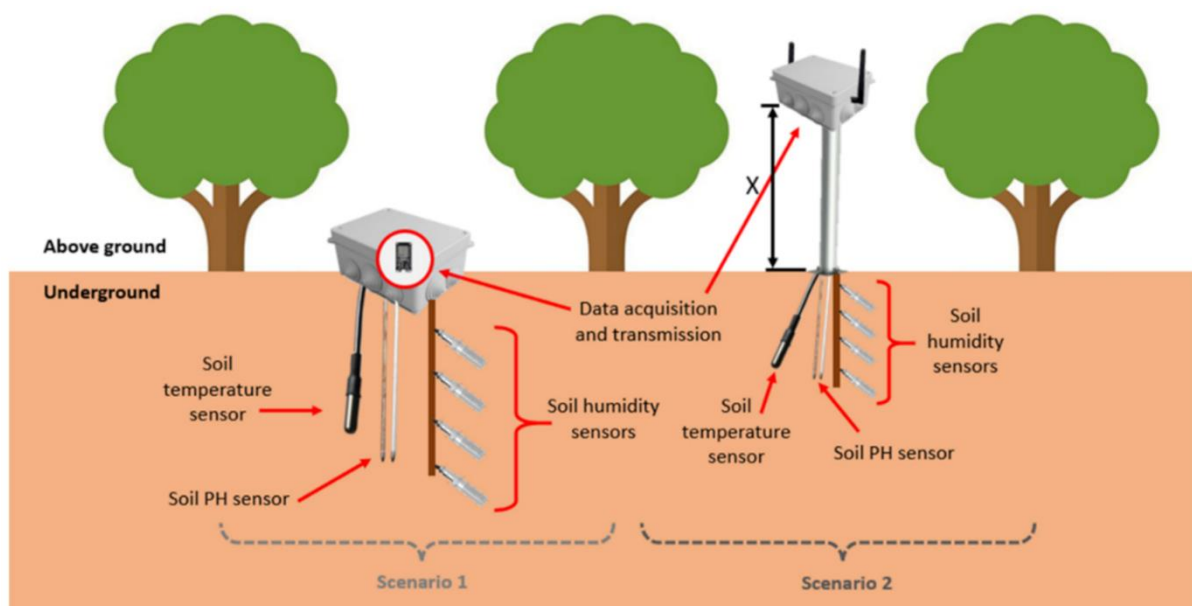
Όμως, παρά τις βελτιώσεις που μπορούν να επιφέρουν στις καλλιέργειες τα μοντέλα με βάση τη τεχνητή νοημοσύνη, βοηθούν επίσης στην κατανόηση του πώς λειτουργούν αυτά τα ακραία αυτά φαινόμενα. Η μελέτη των Mills et al. Παρουσιάζει τον τρόπο που η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να βοηθήσει να προβλέψει την εμφάνιση ανεμοστρόβιλων ή ακόμα και έντονες βροχοπτώσεις, που πλέον είναι ολοένα και πιο συχνά φαινόμενα (Mills et al., 2021).

Η ικανότητα αυτού του είδους πρόβλεψης αυτών των φαινομένων είναι αρκετά σημαντική, αφού μπορούν να βοηθήσουν να αναπτυχθούν στρατηγικές που μπορούν να προστατεύσουν τις καλλιέργειές και την διαχείριση των πόρων. Όλες αυτές οι τεχνικές βοηθούν επίσης στον μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα της γεωργίας.

Μία ακόμα μελέτη που τονίζει την έξυπνη διαχείριση των καιρικών δεδομένων είναι των Hachimi et al. (2022). Η μελέτη αυτή τονίζει την σημασία ανάπτυξης μεθόδων για διάφορες γεωργικές εργασίες, όπως είναι ο προγραμματισμός άρδευσης. Μία τέτοια προσέγγιση μπορεί να διασφαλίσει στους αγρότες μέσα διαβίωσης και ενίσχυσης της επισιτιστικής ασφάλειας.

3.3 Βελτίωση παραγωγικότητας και μείωση αποβλήτων

Η τεχνητή νοημοσύνη παίζει σημαντικό ρόλο στη μείωση των αποβλήτων και στην προώθηση βιώσιμων γεωργικών πρακτικών. Με τη χρήση αλγορίθμων μηχανικής μάθησης, εφαρμογές μπορούν να προσφέρουν πιο αποδοτική διαχείριση λιπασμάτων και νερού. Για παράδειγμα, η ανάλυση της υγείας του εδάφους, των επιπέδων υγρασίας και άλλων παραγόντων επιτρέπει στους γεωργούς να προσδιορίζουν με ακρίβεια την ποσότητα λιπάσματος που χρειάζεται η καλλιέργειά τους. Έτσι, μειώνεται η υπερβολική χρήση πόρων, όπως λιπασμάτων και νερού, κάτι που συμβάλλει στη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος (Oliveira & Silva, 2023; Kulykovets, 2023). Αυτή η εξοικονόμηση όχι μόνο προστατεύει το περιβάλλον αλλά και μειώνει τα κόστη παραγωγής.



Εικόνα 3.5 Προτεινόμενος κόμβος παρακολούθησης

Στην Εικόνα 3.5 φαίνεται ένα σύστημα που χρησιμοποιείται για την παρακολούθηση και βελτίωση της διαχείρισης των καλλιεργειών. Το σύστημα αυτό βασίζεται στη μέτρηση περιβαλλοντικών παραμέτρων, όπως η υγρασία, η θερμοκρασία και το pH του εδάφους. Σε δύο διαφορετικά σενάρια, οι αισθητήρες τοποθετούνται είτε στην επιφάνεια του εδάφους είτε κάτω από αυτήν, προσφέροντας σημαντικά δεδομένα για τη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων.

Ένας άλλος τομέας στον οποίο η τεχνητή νοημοσύνη κάνει τη διαφορά είναι η βελτίωση της διαδικασίας συγκομιδής. Χάρη στα μοντέλα τεχνητής νοημοσύνης, οι γεωργοί μπορούν να προβλέψουν την ιδανική στιγμή για συγκομιδή, λαμβάνοντας υπόψη παραμέτρους όπως οι καιρικές συνθήκες, η ωριμότητα των καλλιεργειών και η ζήτηση στην αγορά (Λιάκος et al., 2018; Zha, 2020). Η IBM, για παράδειγμα, χρησιμοποιεί τεχνολογίες τεχνητής νοημοσύνης για τη μείωση της σπατάλης τροφίμων και την ενίσχυση της παραγωγικότητας (H., 2023). Εκτός από τη συγκομιδή, μοντέλα τεχνητής νοημοσύνης μπορούν να βελτιώσουν την ποσότητα και την ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων, ενισχύοντας έτσι τη βιωσιμότητα των γεωργικών εκμεταλλεύσεων (Victoire, 2023).

Με την πάροδο του χρόνου, πολλές μελέτες έχουν αποδείξει την αποτελεσματικότητα της τεχνητής νοημοσύνης στη γεωργία. Ο συνδυασμός της τεχνητής νοημοσύνης με το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) φέρνει μια νέα εποχή στις γεωργικές πρακτικές, προσφέροντας συνεχή παρακολούθηση και διαχείριση των πόρων. Αυτή η τεχνολογία ενισχύει την αποδοτικότητα των γεωργικών δραστηριοτήτων και μειώνει το οικολογικό αποτύπωμα, συμβάλλοντας σε

ευρύτερους στόχους βιωσιμότητας (Wildan, 2023; Lakshmi & Corbett, 2020; Maffezzoli et al., 2022).

3.4 Εφαρμογές της TN στη διαχείριση υδάτινων πόρων

Μία ακόμα εφαρμογή της τεχνητής νοημοσύνης στο τομέα της γεωργίας είναι στην ενίσχυση της διαχείρισης των υδάτινων πόρων, κυρίως σε περιοχές που σημειώνεται σημαντική έλλειψη νερού. Η ενσωμάτωση μοντέλων πρόβλεψης έχει στόχο να μπορεί να γίνεται αποτελεσματική κατανάλωση νερού, υπολογίζοντας σημαντικές παραμέτρους, όπως είναι οι ανάγκες που παρουσιάζει κάθε καλλιέργεια, οι καιρικές συνθήκες και τα επίπεδα υγρασίας που παρουσιάζει το έδαφος.

Η μελέτη των Garcia et al., παρουσίασε πόσο σημαντικό είναι να ελέγχεται η διαχείριση του νερού, με βάση τα δεδομένα στη γεωργία ακριβείας, όπου τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται λαμβάνονται σε πραγματικό χρόνο και βοηθά τους αγρότες να μπορούν να βελτιώσουν τις πρακτικές άρδευσης που χρησιμοποιούν. Τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης έρχονται σε συμφωνία με τα αποτελέσματα της μελέτης των Li et al.. Συγκεκριμένα, αυτή η μελέτη παρουσιάζει τον τρόπο που μπορεί να βελτιώσει την κατανομή υδάτινων πόρων ο ασαφής προγραμματισμός. Αυτή η εφαρμογή τονίζει την ανάγκη για προσαρμογή στρατηγικών κατανομής υδάτινων πόρων με δεδομένα που λαμβάνονται σε πραγματικό χρόνο με στόχο την έγκαιρη αντιμετώπιση της άνισης χωρικής και χρονικής κατανομής των υδάτινων πόρων (Garcia et al., 2023; Li et al., 2022).

Επιπλέον έχουν αρχίσει να εφαρμόζονται τεχνολογίες αρκετά καινοτόμες που χρησιμοποιούν αισθητήρες IoT, ώστε να διευκολύνουν το κομμάτι της παρακολούθησης και ανάλυσης του τρόπου χρήσης του νερού, σε πραγματικό χρόνο. Τέτοιου είδους τεχνολογίες διευκολύνουν τους αγρότες να μπορούν να λάβουν πιο ολοκληρωμένες αποφάσεις σε σχέση με τα συστήματα άρδευσης που χρησιμοποιούν. Τέτοια παραδείγματα παρουσιάζονται στην μελέτη των Zhang et al.. Η μελέτη αυτή δείχνει πως η υιοθέτηση τεχνολογιών άρδευσης με εξοικονόμηση νερού από αγρότες στην πόλη του Πεκίνο, έχει δείξει αποτελέσματα ανακούφισης στην λειψυδρία σε προαστιακές περιοχές, δείχνοντας σε πρακτικό επίπεδο τα οφέλη που έχει η ενσωμάτωσης τέτοιων τεχνολογιών (Zhang et al., 2019). Αντίστοιχα, σε μία μελέτη των Hu et al., παρουσίασαν μία ολοκληρωμένη αξιολόγηση σε ότι αφορά την αποτελεσματικότητα της άρδευσης σε γεωργικές εκτάσεις, παρουσιάζοντας ωστόσο τον κρίσιμο ρόλο που μπορούν να έχουν τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο στο κομμάτι της διαχείρισης της ποσότητας του νερού

που καταναλώνεται, η οποία αντιπροσωπεύει σημαντικό μέρος στην συνολική χρήση νερού στην χώρα της Κίνας (Hu et al., 2022).

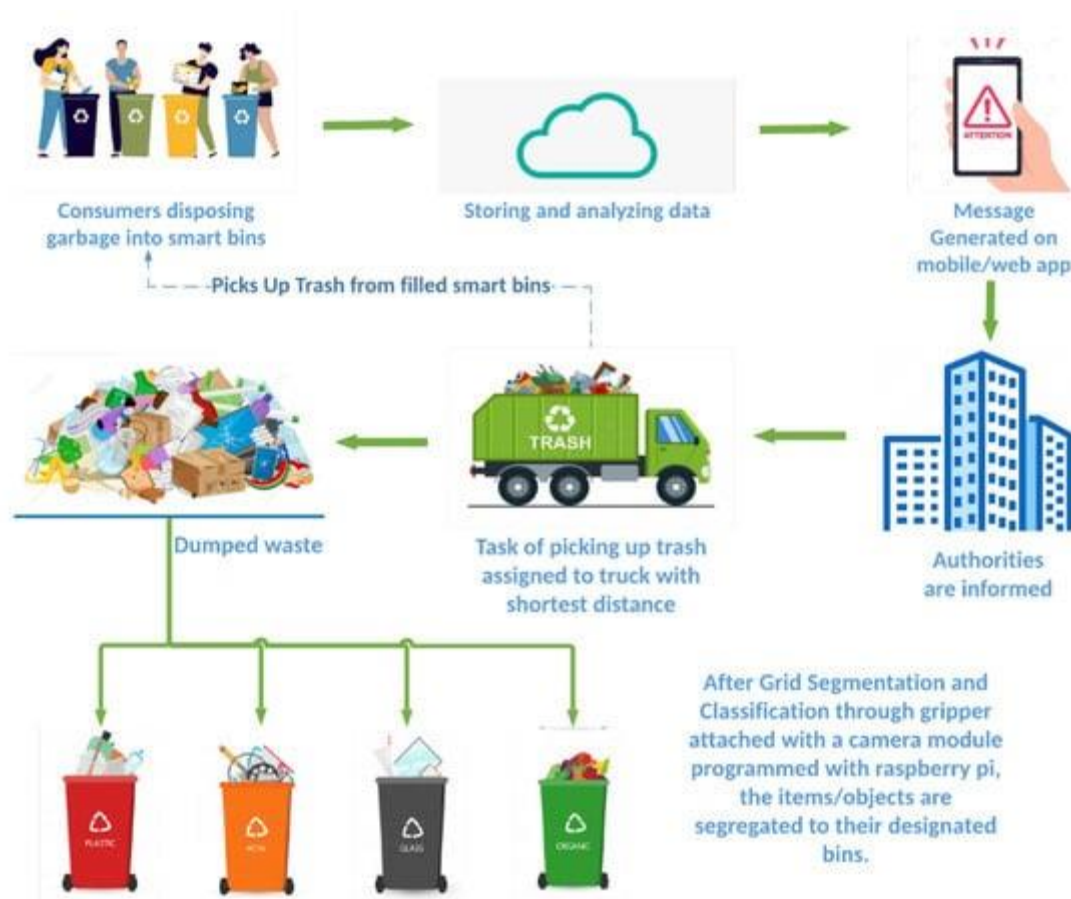
Έχουν παρουσιαστεί κάποια ολοκληρωμένα πιλοτικά έργα, τα οποία εφαρμόζουν τεχνητή νοημοσύνη για τη διαχείριση του νερού, και έχουν δείξει αρκετά ελπιδοφόρα αποτελέσματα. Ένα από αυτά τα έργα είναι το πλαίσιο Assumption-Simulation-Feedback-Adjustment (ASFA) που παρουσιάστηκε από τους Li et al.. Αυτό το έργο παρέχει μία ολοκληρωμένη προσέγγιση για το πως θα διορθωθεί σε πραγματικό χρόνο η κατανομή υδάτινων πόρων, για αυτό παρουσίασαν τον τρόπο με τον οποίο μπορεί να προσαρμοστεί η προγνωστική μοντελοποίηση στις μεταβαλλόμενες υδρολογικές συνθήκες (Li et al., 2018). Μία ακόμα μελέτη που αξίζει να αναφερθεί είναι των Cao et al. αναδεικνύει τον θετικό αντίκτυπο των βελτιωμένων τεχνολογιών άρδευσης στις γεωργικές πρακτικές εξοικονόμησης νερού, ενισχύοντας την ιδέα ότι οι τεχνολογικές εξελίξεις είναι ζωτικής σημασίας για τη βιώσιμη διαχείριση των υδάτινων πόρων (Cao et al., 2020).

Συμπερασματικά, η συμβολή της TN στη διαχείριση των υδάτινων πόρων σε περιοχές με έλλειψη νερού είναι πολύπλευρη, περιλαμβάνοντας αλγόριθμους πρόβλεψης, παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο και καινοτόμες εφαρμογές που ενισχύουν συλλογικά τις προσπάθειες διατήρησης του νερού. Η ενσωμάτωση αυτών των τεχνολογιών όχι μόνο βελτιστοποιεί την κατανομή του νερού αλλά και υποστηρίζει βιώσιμες γεωργικές πρακτικές, αντιμετωπίζοντας έτσι τις πιεστικές προκλήσεις της λειψυδρίας.

4 TN στην Κυκλική Οικονομία και Διαχείριση Αποβλήτων

4.1 Ανάλυση και κατηγοριοποίηση αποβλήτων με TN

Στον τομέα της ανάλυσης και της κατηγοριοποίησης των αποβλήτων, η τεχνητή νοημοσύνη είναι ιδιαίτερα χρήσιμο εργαλείο. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιούνται εργαλεία και συστήματα μηχανική μάθησης, ειδικότερα πλέον μοντέλα βαθιάς μάθησης και υπολογιστικής όρασης. Τα συστήματα αυτά βοηθούν στην κατηγοριοποίηση και στον εντοπισμό αποβλήτων σε πραγματικό χρόνο, ώστε να γίνει η ανακύκλωση τους. Η ανάπτυξη τέτοιου είδους συστημάτων έχει δείξει σημαντικά αποτελέσματα και είναι πιο ακριβής στο κομμάτι του διαχωρισμού των απορριμμάτων, καθώς βοηθάει τα μοντέλα που αναλύουν και αναγνωρίζουν το υλικό.



Εικόνα 4.1 Έξυπνος μηχανισμός ταξινόμησης αποβλήτων.

Μία αρκετά ενδιαφέρων προσέγγισή είναι τα μοντέλα που βασίζονται στα συνελκτικά νευρωνικά δίκτυα (CNN), τέτοια μοντέλα χρησιμοποιούνται για εργασία που αφορούν την ταξινόμηση και την διαχείριση των απορριμμάτων. Στην μελέτη τους οι Yu et al., παρουσίασαν ένα τέτοιο δίκτυο που είχε στόχο να βοηθήσει στην αναγνώριση και την διαλογή στερεών απορριμμάτων. Δηλαδή, το μοντέλο αυτό στόχευε να επεξεργάζεται εικόνες σε πραγματικό χρόνο, με ρυθμό 35,3 καρέ ανά δευτερόλεπτο (FPS). Το μοντέλο αυτό έδειξε ότι υπερσχύει από άλλες πιο δημοφιλείς μεθόδους σε αντίστοιχες εφαρμογές, όπως είναι η διαλογή απορριμμάτων κατασκευών και κατεδάφισης (Yu et al., 2020). Αυτή η ικανότητα είναι ζωτικής σημασίας καθώς επιτρέπει την ταχεία αναγνώριση και διαλογή διαφόρων τύπων απορριμμάτων, συμπεριλαμβανομένων των πλαστικών, μετάλλων και οργανικών υλικών, διευκολύνοντας έτσι τις αποτελεσματικές διαδικασίες ανακύκλωσης.

Μπορεί τα μοντέλα CNN να είναι μία αρκετά καινοτόμα μέθοδος, έχουν υπάρξει μελέτες που παρουσιάζουν άλλες τεχνικές μηχανικής μάθησης, όπως είναι η υπερφασματική απεικόνιση, έχουν δείξει σημαντικά αποτελέσματα στην βελτίωση της ταξινόμησης. Μια τέτοια μελέτη είναι των Calvini et al., οι οποίοι ανέπτυξαν ένα αλγόριθμο ταξινόμησης που ενσωματώνει την

υπερφασματική απεικόνιση χρησιμοποιώντας μεθόδους ιεραρχικής ταξινόμησης, ώστε ο χειρισμός πολλαπλών κατηγοριών αποβλήτων να γίνεται ακόμα πιο αποτελεσματικός (Calvini et al., 2018).

Αυτού του είδους τεχνικές έχουν δείξει ότι μπορούν να φέρουν καλά αποτελέσματα σε διάκριση απορριμμάτων σε πλαστικά πολυμερή, καθώς, για την επιτυχή ανακύκλωση κάθε τέτοιου υλικού, είναι σημαντικό να αναγνωριστεί ο τύπος του πολυμερούς, αφού μπορεί να απαιτεί διαφορετικές μεθόδους επεξεργασίας. Κάτι τέτοιο παρουσίασαν στην μελέτη τους οι Bonifazi et al., που χρησιμοποίησαν την τεχνική της υπερφασματικής απεικόνισης ώστε να προσδιορίζεται το αμιάντου σε απόβλητα κατασκευών και κατεδαφίσεων. Η ανάπτυξη αυτής της τεχνολογίας δίνει την ευκαιρία να μπορούν να διαχειριστούν επικίνδυνα απόβλητα (Bonifazi et al., 2019).

Επιπλέον, η διαλογή απορριμμάτων έχει αυτοματοποιηθεί μετά την ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης. Οι Gupta et al. Μέσα από την μελέτη τους τόνισα πως ο ρόλος της μηχανικής μάθηση είναι αρκετά σημαντικός για «έξυπνη» διαχείριση απορριμμάτων, και έδωσαν έμφαση στη ικανότητα που παρουσιάζουν ώστε να υποστηρίξουν την διαλογή σε διαφορετικά υλικά, όπως είναι τα πλαστικά, τα χαρτόνια και τα μέταλλα. Όλη αυτή η διαδικασία έχει δείξει ότι η διαλογή γίνεται ακόμα πιο γρήγορα και βελτιώνει την ποιότητα για μεταγενέστερες διαδικασίες ανακύκλωσης (Gupta et al., 2019).

Μία από τεχνική που έχει ενισχύσει την αποτελεσματικότητα είναι η ενσωμάτωση της τεχνολογίας αναγνώρισης ήχου, κάτι που μελετήθηκε από τους Munaka et al. Αυτή η μελέτη προτείνει μία νέα λειτουργία αυτόματης ταξινόμησης, αυτή η ταξινόμηση κάνει χρήση της αναγνώρισης ήχου ώστε να γίνεται διάκριση ανάμεσα στα υλικά που θα ανακυκλωθούν, αυξάνοντας τα επίπεδα ακρίβειας. Όλοι αυτή η προσέγγιση, έχει στόχο να συνδυάσει δεδομένα και οπτικά και ακουστικά, και δίνει ένα βήμα προόδου για να αναπτυχθούν έξυπνά συστήματα στον τομέα της διαχείρισης απορριμμάτων (Munaka et al., 2020).

4.2 Προώθηση της ανακύκλωσης και κυκλικών μοντέλων

Η ανακύκλωση είναι ένα σημαντικό βήμα στην διαχείριση των αποβλήτων, για αυτό η τεχνητή νοημοσύνη κατέχει σημαντικό ρόλο σε αυτό τον τομέα. Παρέχει μοντέλα κυκλικής οικονομίας, τα οποία μπορούν να ενισχύσουν την παρακολούθηση και την ανάλυση του κύκλου ζωής από προϊόντα που έχουν κατασκευαστεί από επαναχρησιμοποιούμενα υλικά.

Με τον όλο της κυκλικής οικονομίας αναφέρεται η σημασία για την αποδοτικότητα των πόρων, της μείωσης των αποβλήτων αλλά και της συνεχούς χρήσης των υλικών. Κάτι που μπορεί να

ευθυγραμμιστεί με τις δυνατότητες της τεχνητής νοημοσύνης μέσα από την ανάλυση δεδομένων και την προγνωστική μοντελοποίηση. Οι τεχνολογίες που παρέχονται διευκολύνουν την παρακολούθηση των προϊόντων σε όλη την διάρκεια του κύκλου ζωής τους. Αυτό επιτρέπει στις επιχειρήσεις να μπορούν να εντοπίζουν εύκαιρες ώστε να επαναχρησιμοποιούν, να ανακατασκευάζουν και να ανακυκλώνουν. Για παράδειγμα, η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να αναλύσει τα πρότυπα χρήσης ώστε να προβλέψει πότε ένα προϊόν είναι στο τέλος της ζωής τους, και έχει ξεπεράσει την ωφέλιμη ζωή του, έτσι τους επιτρέπεται να μπορούν να παρεμβαίνουν ώστε να ανακτούν υλικά πριν από το να γίνουν απόβλητα (Ali, 2023).

Μία σημαντική πρωτοβουλία, που θεωρείται από τις βασικές σε αυτόν τον τομέα, είναι η ανάπτυξη έξυπνων συστημάτων για την ανακύκλωση. Αυτά τα συστήματα κάνουν χρήση της τεχνητής νοημοσύνης ώστε να συλλέγουν δεδομένα και να τα αναλύουν για να βρίσκουν την χρήση και τη διάθεση τους. Επιπλέον, αυτά τα συστήματα μπορούν να αξιολογήσουν τα υλικά, τα οποία μπορούν να επανενταχθούν στον κύκλο παραγωγής. Για παράδειγμα, αλγόριθμοί έχουν δείξει ότι μπορούν να επεξεργαστούν δεδομένα από διαφορετικές πηγές, μέσα στις οποίες εντάσσεται και η συμπεριφορά των καταναλωτών, αλλά και των συστημάτων διαχείρισης, ώστε να μπορούν να προσδιορίσουν τα υλικά που απορρίπτονται συχνότερα και ποια από αυτά έχουν την δυνατότητα να επαναχρησιμοποιηθούν ή να ανακυκλωθούν (Olatayo & Mativenga, 2023- Parte, 2023).

Όλη αυτή η προσέγγισή έχει βασιστεί σε δεδομένα και ότι μόνο ώστε να ενισχύσει την αποτελεσματικότητα που παρέχουν οι διαδικασίες της ανακύκλωσης, αλλά γιατί μπορεί να ενημερώσει τους κατασκευαστές με πληροφορίες που αφορούν την βιώσιμη ανάκτηση των υλικών. Σκοπός της προσέγγισης λοιπόν είναι να βελτιστοποιήσει την αλυσίδα εφοδιασμού των υλικών (Murti et al., 2022).

Η τεχνητή νοημοσύνη εντοπίζει επίσης δυνητικά επαναχρησιμοποιήσιμα αντικείμενα και προτείνει καινοτόμους τρόπους επαναχρησιμοποίησης, ανακατασκευής ή ανακύκλωσής τους. Για παράδειγμα, τα μοντέλα μηχανικής μάθησης μπορούν να αναλύσουν εικόνες απορριπτόμενων προϊόντων για να τα ταξινομήσουν με βάση τη σύνθεση των υλικών τους και την κατάστασή τους, καθορίζοντας έτσι την καλύτερη στρατηγική ανακύκλωσης ή επαναχρησιμοποίησης (Ali, 2023). Στη βιομηχανία της μόδας, η τεχνητή νοημοσύνη έχει χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση του κύκλου ζωής των ενδυμάτων, προτείνοντας τροποποιήσεις ή επισκευές που μπορούν να παρατείνουν τη χρηστικότητά τους, μειώνοντας έτσι τα απόβλητα (Desa, 2023). Παρομοίως, στον τομέα της αυτοκινητοβιομηχανίας, έχουν δημιουργηθεί πλαίσια με βάση την TN για να κλείνουν κύκλους ενέργειας και υλικών,

διασφαλίζοντας ότι τα εξαρτήματα επαναχρησιμοποιούνται ή ανακυκλώνονται αποτελεσματικά (Esteva et al., 2020).

Επιπλέον, η ενσωμάτωση της TN στις διαδικασίες ανακύκλωσης μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικά οικονομικά οφέλη με τη δημιουργία νέων επιχειρηματικών ευκαιριών και τη μείωση της εξάρτησης από παρθένα υλικά. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό σε τομείς όπως τα πλαστικά, όπου η TN μπορεί να βελτιστοποιήσει την ανακύκλωση των πλαστικών αποβλήτων, μετατρέποντάς τα σε νέα προϊόντα και ελαχιστοποιώντας τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις (Olatayo & Mativenga, 2023- Murti et al., 2022). Οι δυνατότητες της TN να προωθήσει την καινοτομία στις πρακτικές ανακύκλωσης είναι τεράστιες, καθώς όχι μόνο ενισχύει τη λειτουργική αποτελεσματικότητα, αλλά και προάγει την κουλτούρα της βιωσιμότητας και της εξοικονόμησης πόρων στις βιομηχανίες (Shanmugam et al., 2020).

Συμπερασματικά, η TN χρησιμεύει ως κρίσιμος παράγοντας για την υλοποίηση πρωτοβουλιών κυκλικής οικονομίας, ενισχύοντας την παρακολούθηση του κύκλου ζωής των προϊόντων, διευκολύνοντας τα έξυπνα συστήματα ανακύκλωσης και εντοπίζοντας ευκαιρίες για επαναχρησιμοποίηση υλικών. Η ενσωμάτωση της TN στις διαδικασίες ανακύκλωσης όχι μόνο προάγει τη βιωσιμότητα, αλλά και την οικονομική ανάπτυξη, δημιουργώντας νέους δρόμους για την ανάκτηση πόρων και τη μείωση των αποβλήτων.

4.3 Προβλέψεις για βελτιστοποίηση των απορριμμάτων

Επιπλέον, στο κομμάτι των αποβλήτων η τεχνητή νοημοσύνη έχει δείξει ότι μπορεί να βοηθήσει στην πρόβλεψη της παραγωγής αποβλήτων, κάτι που διευκολύνει την αποτελεσματικότητα της διαχείρισης τους και μειώνοντας τον όγκο τους. Αυτό επιτυγχάνετε με την ανάπτυξη μοντέλων πρόβλεψης, αυτά τα μοντέλα εφαρμόζονται ώστε να μπορεί να εκτιμηθεί η παραγωγή αποβλήτων σε μελλοντικό χρόνο. Οι προβλέψεις βασίζονται σε πληθώρα παραγόντων, μέσα στους παράγοντες εξετάζεται η συμπεριφορά των καταναλωτών και οι κοινωνικό-οικονομικοί δείκτες.

Μελέτες έχουν δείξει ότι τα νευρωνικά δίκτυα και ο συνδυασμός τους με άλλες στατιστικές τεχνικές, όπως είναι η ανάλυση κύριων συνιστωσών, μπορούν να δείξουν μεγαλύτερη ακρίβεια προβλέψεις σε σχέση με τις παραδοσιακές μεθόδους (Ali & Ahmad, 2019- Raudonis et al., 2022). Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι το προσαρμοστικό νευρό-ασαφές σύστημα συμπερασμού που έχει δείξει σημαντικές δυνατότητες στο κομμάτι της πρόβλεψης, κάνοντας το σύστημα να είναι η πρώτη επιλογή για τους μελετητές (Pręgoswska et al., 2022).

Μία ακόμα τεχνολογία που χρησιμοποιούνται στα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης είναι η ανάλυση χρονοσειρών και μηχανικής μάθησης. Αυτή η τεχνολογία βοηθάει στον εντοπισμό μοτίβων για την παραγωγή αποβλήτων. Αυτή η τεχνολογία μελετήθηκε από τους Ali & Ahmad (2019), οι οποίοι ανέδειξαν ένα αποτελεσματικό μοντέλο χρονοσειρών, το οποίο έχει αναπτύξει νευρωνικά δίκτυα με δοκιμές γάμμα. Το μοντέλο έχει προσαρμοστεί ώστε να προβλέπει την παραγωγή στερεών αποβλήτων ανά επτά ημέρες, τονίζοντας την υπεροχή του μοντέλου σε μακροπρόθεσμο διάστημα προβλέψεων (Ali & Ahmad, 2019).

Παρόμοια αποτελέσματα έχει δείξει τεχνολογία που έχει εφαρμοστεί βελτιστοποίηση Bayes, που συντονίζει την παλινδρόμηση της διαδικασίας Gaussian. Η τεχνολογία αυτή έχει δείξει σημαντικά αποτελέσματα για την εκτίμηση της παραγωγής αστικών αποβλήτων. Η εκτιμήσεις αυτής της τεχνολογίας γίνονται μέσω παραγόντων, όπως οι κοινωνικό – οικονομικοί δείκτες, κάτι που υπογραμμίζει την σημασία της συμπεριφοράς αλλά και των καταναλωτικών συνηθειών των ανθρώπων στις προβλέψεις παραγωγής αποβλήτων (Ceylan, 2020).

Όμως αν και σημαντική η πρόβλεψη της παραγωγής αποβλήτων, αξίζει να αναφερθεί ότι η τεχνητή νοημοσύνη βοηθά τις τοπικές αρχές ώστε να βελτιώσουν της διαδρομές συλλογής απορριμμάτων, και να προβλέπουν τις ανάγκες για δημιουργία εγκαταστάσεων διαχείρισης αποβλήτων. Με την ανάλυση των χωροχρονικών διακυμάνσεων, η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να βοηθήσει στην δημιουργία νέων στρατηγικών για την συλλογή απορριμμάτων, οι οποίες στοχεύουν να μειώσουν το λειτουργικό κόστος και να βελτιώσουν την παροχή υπηρεσίας (Mushtaq et al., 2020; Imran et al., 2020).

Για παράδειγμα, τα περισσότερα μοντέλα είναι ικανά να μπορούν να αναλύσουν δεδομένα που έχουν συλλεχθεί στο παρελθόν, δίνοντας έτσι στις χώρες και κατ' επέκταση στους δήμους τους να μπορούν να προσαρμόζουν τα προγράμματα συλλογής με βάση τον αναμενόμενο όγκο αποβλήτων (Storto, 2021). Πέρα, όμως από τα μοντέλα έχουν αναπτυχθεί εργαλεία βασιζόμενα στην τεχνητή νοημοσύνης, τα οποία είναι ικανά να μπορούν να προσαρμόσουν γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών, ώστε να προσφέρουν στον χρήστη μία πλήρη απεικόνιση των εστιών παραγωγής αποβλήτων. Η απεικόνιση αυτή επιτρέπει στις αρχές να κατανέμουν τους πόρους τους με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι αποτελεσματικός τρόπος, και να μειώσουν τις περιττές διαδρομές (Imran et al., 2020).

Στην εικόνα που ακολουθεί (Εικ. 4.2) παρουσιάζεται ένα σύστημα έξυπνης συλλογής απορριμμάτων. Το σύστημα αυτό αξιοποιεί τεχνολογίες του Industry 4.0 και τα κυβερνο-φυσικά συστήματα, με στόχο την βελτίωση του συστήματος. ΟΙ κάδοι που τοποθετούνται στα σπίτια των πελατών έχουν εξοπλιστεί με ετικέτες RFID (Radio-frequency identification), που

δίνουν την δυνατότητα παρακολούθησης της πληρότητας τους σε πραγματικό χρόνο. Τα δεδομένα που συλλέγονται, αποθηκεύονται και επεξεργάζονται στον χώρο του Cloud, όπου εξειδικευμένοι αλγόριθμοι μπορούν να προβλέψουν τον όγκο των κάδων και στην συνέχεια να προγραμματίσουν τα δρομολόγια των απορριμματοφόρων. Οι οδηγοί, είναι εξοπλισμένοι με τις κατάλληλες συσκευές ώστε να ακολουθούν το προγραμματισμένο δρομολόγιο τους για την συλλογή των απορριμμάτων, και στην συνέχεια τα παραδίδουν σε εγκαταστάσεις διαχείρισης όπως είναι τα κέντρα διαλογής ανακύκλωσης και κομποστοποίησης. Το σύστημα που παρουσιάζεται στην εικόνα έχει θετικά αποτελέσματα αύξησης απόδοσης και χαμηλού κόστους .



Εικόνα 4.2 Έξυπνο Σύστημα Διαχείρισης και Συλλογής Απορριμμάτων με Χρήση Τεχνολογιών Industry 4.0

Είναι σημαντικό να κατανοηθεί ότι η τεχνητή νοημοσύνη έχει ενσωματωθεί στην διαχείριση των αποβλήτων, όχι μόνο να προβλέπουν οι εκάστοτε αρχές την παραγωγή αποβλήτων, αλλά μπορούν να λάβουν τις κατάλληλες αποφάσεις βασιζόμενες στα δεδομένα που έχουν ληφθεί. Μέσω της αξιοποίησης προηγμένων αλγορίθμων και τεχνικές, οι δήμοι είναι ικανή να μπορούν να κατανοήσουν τους παράγοντες που επηρεάζουν την παραγωγή αποβλήτων. Αυτό στοχεύει στην βελτίωση των διαδικασιών συλλογής αποβλήτων που τελικά συμβάλουν ώστε να οι διαδικασίες να είναι αρκετά βιώσιμες.

4.4 Μείωση του ανθρακικού αποτυπώματος μέσω ΤΝ

Μία ακόμα χρήση της τεχνικής νοημοσύνης στον τομέα της κυκλικής οικονομίας και της διαχείρισης αποβλήτων που είναι αρκετά σημαντική είναι στην μείωση του αποτυπώματος του άνθρακα. Πιο συγκεκριμένα, η τεχνητή νοημοσύνη παίζει σημαντικό ρόλο στην μείωση του

αποτυπώματος άνθρακα στις διαδικασίες διαχείρισης απορριμμάτων, μέσω βελτιστοποιημένων λειτουργιών και προγνωστικών αναλύσεων.

Αξίζει να αναφερθεί ότι μία από τις πιο σημαντικές εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης σε αυτόν τον τομέα, είναι να βελτιώνει την μεταφορά και την διαχείριση των απορριμμάτων. Οι αλγόριθμοί έχουν σχεδιαστεί ώστε να μπορούν να αναλύσουν μεγάλες ποσότητες δεδομένων, με στόχο να ανακαλύπτουν αποτελεσματικές διαδρομές για τα οχήματα συλλογής δεδομένων. Με την βελτιστοποίηση των διαδρομών των απορριμματοφόρων βοηθάτε να ελαχιστοποιηθεί η κατανάλωση των καυσίμων και των εκπομπών (Εικ. 4.2) (Bányai et al., 2019).

Έχουν αναπτυχθεί μοντέλα βασιζόμενα στην μηχανική μάθηση, τα οποία προβλέπουν μοτίβα παραγωγής απορριμμάτων, βασιζόμενα σε ιστορικά δεδομένα, που μπορούν να επιτρέπουν τον καλύτερο προγραμματισμό και κατανομή πόρων για την συλλογή απορριμμάτων (Ali, 2023). Αυτή η ικανότητα να προβλέπουν την παραγωγή, αν και ενισχύουν στην λειτουργικότητα του συστήματος, αλλά επίσης μπορούν να συμβάλλουν στην μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, κάτι που σχετίζεται κυρίων με τις μεταφορές.

Επιπλέον, στοχεύουν να αναπτυχθούν συστήματα τα οποία κάνουν την ανάλυση πιο εύκολη απόδοση για την επαναχρησιμοποίηση πόρων, εφαρμόζοντας αλγορίθμους που αξιολογούν τον κύκλο ζωής των υλικών. Εφαρμόζοντας την τεχνητή νοημοσύνη στην κυκλική οικονομία, οι οργανισμοί που εφαρμόζουν αυτά τα συστήματα μπορούν να βελτιστοποιήσουν την επαναχρησιμοποίηση και την ανακύκλωση υλικών. Αυτό μπορεί να μειώσει το συνολικό αποτύπωμα άνθρακα (Leising et al., 2018)

Για παράδειγμα, τα συστήματα που βασίζονται στην τεχνητή νοημοσύνη μπορούν να αξιολογήσουν τη δυνατότητα ανακύκλωσης διαφόρων υλικών και να προτείνουν τις πιο βιώσιμες πρακτικές για τη διαχείριση των απορριμμάτων (Leising et al., 2018; Ratti et al., 2023). Αυτά τα συστήματα μπορούν επίσης να παρακολουθούν την αποτελεσματικότητα των προγραμμάτων ανακύκλωσης, παρέχοντας γνώσεις που οδηγούν σε βελτιωμένες πρακτικές και μειωμένη κατανάλωση ενέργειας (Camilleri, 2020).

Όμως, εκτός από την βελτιστοποίηση της μεταφοράς και της επαναχρησιμοποίησης των πόρων, χρησιμοποιούνται ολοένα και περισσότερο ώστε να γίνεται αξιολόγηση την διαδικασίας που ακολουθείται για το στάδιο της ανακύκλωσης. Η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να χρησιμοποιηθεί ώστε να αναλύσει σύνθετες ροές αποβλήτων, και να εντοπίσει ποια υλικά είναι ανακυκλώσιμα, αυτό βοηθήσει στην διαλογή και στην αύξηση του ποσοστού υλικών που γίνεται ανακύκλωση. Αυτό είναι μία σημαντική ικανότητα που μπορεί να ελαχιστοποιήσει σε

περιβαλλοντικό επίπεδο τις επιπτώσεις που μπορεί να σχετίζονται με την υγειονομική ταφή και την αποτέφρωση, καθώς και τα δύο είναι σημαντικές εκπομπές άνθρακα (Goldstein et al., 2016; Scholz et al., 2015). Επιπλέον, μπορούν να αναπτυχθούν τεχνολογίες ανακύκλωσης αρκετά αποτελεσματικές και να μπορούν να προσαρμοστούν σε διαφορετικά σενάρια και αποτελέσματα, αυτό οδηγεί σε επενδύσεις ώστε να ερευνώνται λύσεις για την βιώσιμη διαχείριση απορριμμάτων (Yuzgenç, 2023).

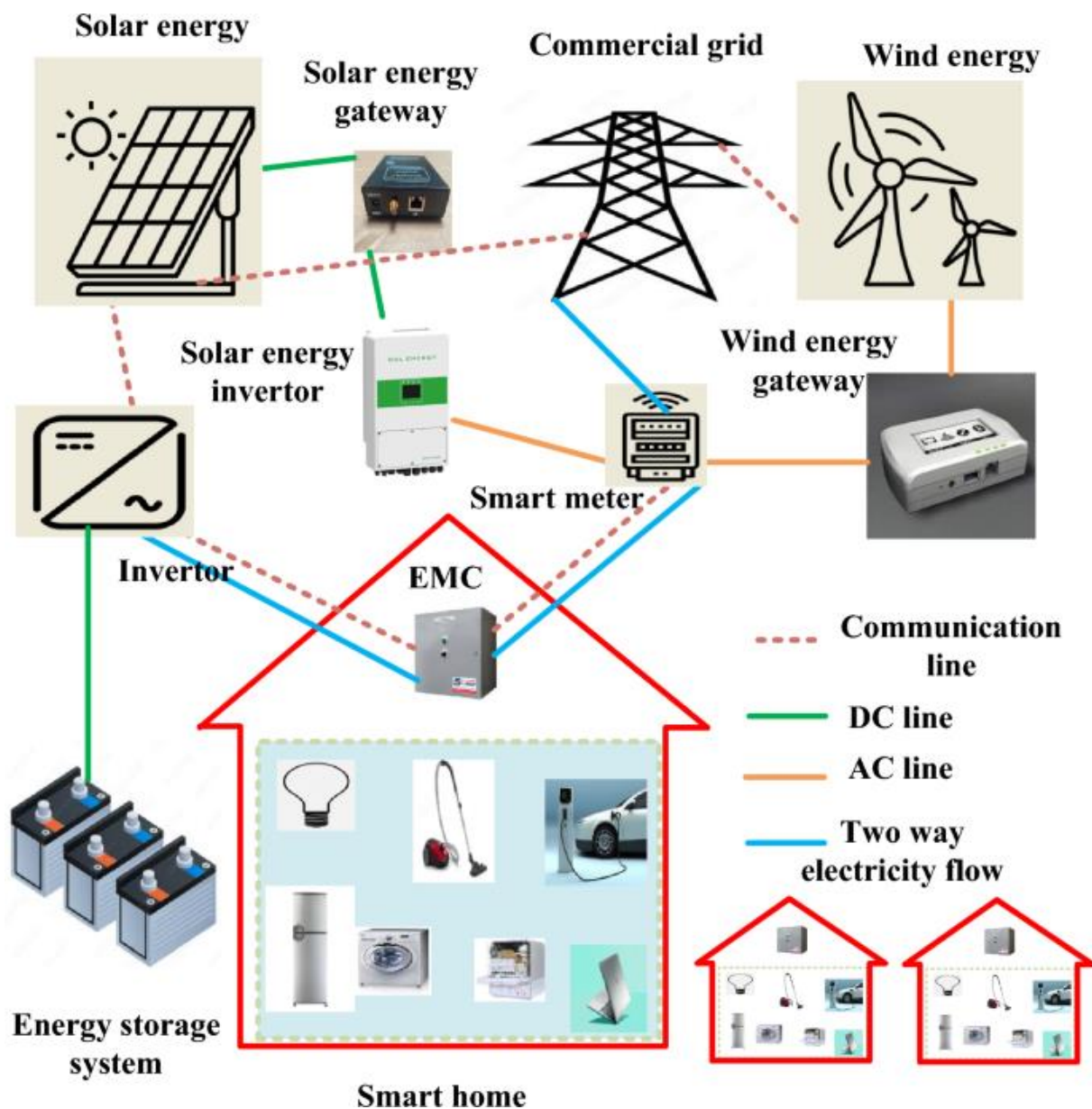
Ο ρόλος του AI στη διαχείριση απορριμμάτων επεκτείνεται και στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας. Με τη βελτιστοποίηση των λειτουργικών διαδικασιών, η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να μειώσει σημαντικά την ενέργεια που απαιτείται για την επεξεργασία και την ανακύκλωση απορριμμάτων. Για παράδειγμα, τα ευφυή συστήματα μπορούν να διαχειριστούν τη χρήση ενέργειας σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας απορριμμάτων, διασφαλίζοντας ότι οι λειτουργίες εκτελούνται με μέγιστη απόδοση ενώ ελαχιστοποιούν τη σπατάλη ενέργειας (Yusuf, 2023· Şeneren & Yiğit, 2023). Αυτό όχι μόνο μειώνει το αποτύπωμα άνθρακα αυτών των εγκαταστάσεων, αλλά συμβάλλει επίσης στους συνολικούς στόχους βιωσιμότητας εντός των αστικών περιβαλλόντων.

Συμπερασματικά, η τεχνητή νοημοσύνη μεταμορφώνει τις διαδικασίες διαχείρισης απορριμμάτων βελτιστοποιώντας τη μεταφορά, ενισχύοντας την επαναχρησιμοποίηση των πόρων και βελτιώνοντας την αποδοτικότητα της ανακύκλωσης. Αυτές οι εξελίξεις οδηγούν σε ουσιαστικές μειώσεις των εκπομπών άνθρακα και της κατανάλωσης ενέργειας, ευθυγραμμίζοντας με τους ευρύτερους στόχους βιωσιμότητας. Η ενσωμάτωση τεχνολογιών τεχνητής νοημοσύνης στη διαχείριση απορριμμάτων όχι μόνο αντιμετωπίζει άμεσες επιχειρησιακές προκλήσεις, αλλά συμβάλλει επίσης σε μακροπρόθεσμα περιβαλλοντικά οφέλη.

5 ΤΝ και Βιώσιμη Ενέργεια

5.1 Βελτιστοποίηση ενεργειακών πόρων

Η τεχνητή νοημοσύνη βρίσκει εφαρμογή και στον τομέα της ενέργειας, συγκεκριμένα παίζει καθοριστικό ρόλο στην βελτιστοποίηση της χρήσης ενέργειας σε βιομηχανικές, εμπορικές και οικιακές εφαρμογές. Οι εφαρμογές αυτές κάνουν χρήση διάφορων αλγορίθμων της μηχανικής μάθησης (Li, 2023, Olatunde, 2024).



Εικόνα 5.1 Έξυπνο σπίτι

Στο πλαίσιο κατασκευή κτηρίων που μπορούν να επικαλεστούν έξυπνα χρησιμοποιείται η τεχνητή νοημοσύνη, η οποία αξιοποιείται ώστε να ρυθμίζεται το σύστημα θέρμανσης, φωτισμού και κλιματισμού. Ο στόχος αυτών των συστημάτων είναι να οδηγήσουν σε βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης (Phan et al., 2022; , Camacho, 2024).

Οι αλγόριθμοι της μηχανικής μάθησης μπορούν να εφαρμοστούν ώστε να γίνονται προβλέψεις και να προσαρμογής με τα πρότυπα κατανάλωσης ενέργειας, βασιζόμενα σε διάφορους παράγοντες, όπως είναι η πληρότητα, ο καιρός αλλά και τα πρότυπα χρήσης (Chauhan, 2024; Hanafi, 2024). Ένα καλό παράδειγμα που αξίζει να σημειωθεί είναι τα συστήματα διαχείρισης κτιρίων που κάνουν χρήση της τεχνητής νοημοσύνης, έχουν συστήματα τα οποία βοηθούν στην

αυτόματη ρύθμιση της θερμοκρασίας, ακόμα και του φωτισμού, με σκοπό να μπορεί ο κάθε ένοικος του κτιρίου ώστε να ταιριάζει με της ανάγκες τους, σταματώντας την περιττή κατανάλωση ενέργειας (Wang & Gang, 2017; Chauhan, 2024).

Στην περίπτωση των βιομηχανικών διεργασιών, η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να συμβάλει στην βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης. Συγκεκριμένα, η αναλύσεις που πραγματοποιούνται γίνονται σε μεγάλα σύνολα δεδομένων που συλλέγονται από αισθητήρες και εξοπλισμούς παραγωγής. Οι αλγόριθμοι μπορούν να εντοπίσουν ευκαιρίες για την βελτιστοποίηση, όπως είναι η προσαρμογές στις ρυθμίσεις του εξοπλισμού (Natalia, 2024; Olatunde, 2024). Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικές μειώσεις στην κατανάλωση ενέργειας και σε βελτιωμένη συνολική απόδοση της διαδικασίας (Almusaed & Yitmen, 2023; Olatunde, 2024).

Συγκεκριμένες τεχνικές που χρησιμοποιούνται για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης μέσω της τεχνητής νοημοσύνης περιλαμβάνουν προγνωστικές αναλύσεις για την πρόβλεψη ζήτησης, προσαρμοστικούς αλγόριθμους ελέγχου για συστήματα HVAC, δυναμική διαχείριση φωτισμού με βάση τα πρότυπα πληρότητας και ενοποίηση με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (Chauhan, 2024; , Hanafi, 2024). Επιπλέον, τα συστήματα διαχείρισης ενέργειας που βασίζονται στην τεχνητή νοημοσύνη μπορούν να αξιοποιήσουν τη μηχανική μάθηση και τα νευρωνικά δίκτυα για συνεχή παρακολούθηση, ανάλυση και βελτιστοποίηση της χρήσης ενέργειας σε έξυπνα κτίρια και βιομηχανικές εγκαταστάσεις (Zhou et al., 2020; Maurya, 2024).

Συνολικά, η ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης στη διαχείριση ενέργειας σε διάφορους τομείς έχει τη δυνατότητα να βελτιώσει σημαντικά την ενεργειακή απόδοση, να μειώσει το κόστος και να συμβάλει σε πιο βιώσιμες ενεργειακές πρακτικές (Mocanu et al., 2019).

5.2 Διαχείριση και προγραμματισμός ενεργειακών συστημάτων

Η τεχνητή νοημοσύνη βοηθάει στην αποτελεσματική διαχείριση ενεργειακών συστημάτων, όπως για παράδειγμα είναι τα έξυπνα δίκτυα και η αποθήκευση ενέργειας. Αυτά τα συστήματα έχουν δείξει σημαντικές δυνατότητας για την βελτίωση της κατανόησης και την παρακολούθηση της ζήτησης και της προσφοράς ενέργειας σε πραγματικό χρόνο (Marques, 2024; Camacho , 2024; Maurya, 2024; Ali & Choi, 2020).

Οι περισσότερες τεχνικές που εφαρμόζονται είναι οι παραδοσιακοί αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης, νευρωνικά δίκτυα και οι γενετική αλγόριθμοι. Αυτές οι τεχνητές μπορούν να αξιοποιηθούν ώστε να βελτιωθούν πτυχές για την διαχείριση του ενεργειακού συστήματος (Marques, 2024; Camacho, 2024; Maurya, 2024). Αυτές οι προσεγγίσεις επιτρέπουν την προγνωστική ανάλυση , και την πραγματική σε πραγματικό χρόνο, κάτι που οδηγεί σε

βελτίωση της αξιοπιστίας, με μειωμένο λειτουργικό κόστος και υπάρχει βελτίωση στην συνολική απόδοση (Camacho, 2024, Maurya, 2024).

Μία από τις πιο βασικές εφαρμογή της τεχνητής νοημοσύνης στον τομέα των ενεργειακών συστημάτων είναι ο προγραμματισμός για την παραγωγή και την διανομή της ενέργειας. Για την βελτιστοποίηση χρησιμοποιούνται αλγόριθμοί για να εξισορροπήσουν την προσφορά και της ζήτησης, και μπορεί να διασφαλίσει την αποτελεσματική κατανομή και την διανομή ενέργειας (Alves et al., 2020; Marques, 2024; Maurya, 2024).

Ένα ακόμα παράδειγμα που αξίζει να αναφερθεί είναι τα συστήματα που μπορούν να προβλέψουν την ζήτηση και την παραγωγή της ενέργειας, αυτά τα συστήματα επιτρέπει το βέλτιστο προγραμματισμό των ενεργειακών πόρων ώστε να καλυφθούν οι προβλεπόμενες ανάγκες των ανθρώπων (Kuzlu et al., 2020; Ahmad et al., 2019).

Επιπλέον, μία ακόμα εφαρμογή είναι η παρακολούθηση και ο έλεγχος των ενεργειακών συστημάτων. Τα συστήματα αυτά μπορούν να λειτουργούν ώστε να αναλύουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο, τα δεδομένα λαμβάνονται από αισθητήρες ή και από έξυπνους μετρητές, αυτές οι αναλύσεις επιτρέπουν τον έγκαιρο εντοπισμό σφαλμάτων, την πρόβλεψη αναγκαίας συντήρησης και την βελτιστοποίηση της διανομής ενέργειας (Ghadi, 2024; , Camacho, 2024; Omitaomu & Niu, 2021). Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε βελτιωμένη ανθεκτικότητα του δικτύου, μειωμένο χρόνο διακοπής λειτουργίας και καλύτερη ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Khosrojerdi et al., 2021; Ezeigweneme, 2024).

Αρκετά υπάρχοντα έργα και τεχνολογίες καταδεικνύουν την εφαρμογή της τεχνητής νοημοσύνης στη διαχείριση ενεργειακών συστημάτων. Για παράδειγμα, η χρήση συστημάτων πολλαπλών παραγόντων και των δυνατοτήτων αυτοθεραπείας σε έξυπνα δίκτυα (Alves et al., 2020), η ενσωμάτωση ενεργειακών υπηρεσιών που βασίζονται στην τεχνητή νοημοσύνη στην άκρη του δικτύου (Arcas, 2024) και η ανάπτυξη των αγορών ηλεκτρικής ενέργειας που υποστηρίζονται από AI Xu et al. (2019) είναι παραδείγματα τέτοιων τεχνολογιών (Singh & Gill, 2023; Li et al., 2022).

Επιπλέον, η ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης σε συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μπορεί να βελτιώσει τις τεχνικές πρόβλεψης, να βελτιστοποιήσει τη διαχείριση ενεργειακών δεδομένων και να αντιμετωπίσει τις προκλήσεις που σχετίζονται με την ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε υπάρχοντα συστήματα δικτύου (Adewumi, 2024; Khallaf, 2024).

Συμπερασματικά, η εφαρμογή της τεχνητής νοημοσύνης στη διαχείριση ενεργειακών συστημάτων, όπως τα έξυπνα δίκτυα και η αποθήκευση ενέργειας, έχει τη δυνατότητα να βελτιώσει σημαντικά την κατανόηση και παρακολούθηση της ζήτησης και προσφοράς ενέργειας σε πραγματικό χρόνο, να βελτιστοποιήσει την παραγωγή και διανομή ενέργειας και να βελτιώσει η συνολική απόδοση και αξιοπιστία των ενεργειακών συστημάτων (Marques, 2024; Camacho, 2024; Maurya, 2024; Ali & Choi, 2020).

5.3 Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και έξυπνα δίκτυα

Μία από τις πιο βασικές στρατηγικές που ακολουθείται στα έξυπνα δίκτυα είναι η ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης. Η στρατηγική αυτή έχει προσαρμοστεί ώστε να μπορεί να βελτιώσει την απόδοση και την βιωσιμότητα σε συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Kushawaha, 2024; Hamdan, 2024). Συνήθως, εφαρμόζονται τεχνολογίες μηχανικής μάθησης και βαθιάς μάθησης, όπως είναι τα νευρωνικά δίκτυα και πλέον χρησιμοποιούνται γενετικοί αλγόριθμοι. Οι τεχνολογίες αυτές έχουν την δυνατότητα να μπορούν να μεταμορφώσουν τη διαχείριση και την βελτιστοποίηση των ηλεκτρονικών δικτύων (Onwusinkwue, 2024; Marques, 2024).

Μία βασική εφαρμογή των παραπάνω τεχνολογιών είναι η προγνωστική ανάλυση που μπορούν να πραγματοποιήσουν σε πραγματικό χρόνο (Hamdan, 2024; Khosrojerdi et al., 2021). Συγκεκριμένα, αναπτύσσονται συστήματα τα οποία λειτουργούν ώστε να μπορούν να παρέχουν ακρίβεια σε προβλέψεις μοτίβων για την παραγωγή ενέργειας, όπως είναι η ηλιακή, η αιολική ακόμα και η υδροηλεκτρική ενέργεια. Με αυτή την δυνατότητα οι χειριστές μπορούν να διαχειριστούμε με καλύτερο τρόπο την μεταβλητότητα και την διακοπή αυτών των πηγών (Hamdan, 2024; Khosrojerdi et al., 2021; Kuzlu et al., 2020). Τέτοια συστήματα είναι μια σημαντικά βελτιωμένη ικανότητα να μπορούν να προβλέψουν μία σταθερότητα στο δίκτυο, την αξιοπιστία του και κυρίως την αποτελεσματική χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Kushawaha, 2024; Hamdan, 2024).

Μία ακόμα σημαντική εφαρμογή που αξίζει να αναφερθεί είναι στο κομμάτι της αποθήκευσης της ενέργειας, όπου η τεχνητή νοημοσύνη παρέχει αρκετά σημαντικές λύσεις (Hamdan, 2024). Συνήθως, εφαρμόζονται προηγμένοι μηχανισμοί για το κομμάτι του ελέγχου και επίσης αλγόριθμοι για την βελτιστοποίηση, οι τεχνολογίες αυτές μπορούν να διευκολύνουν την έξυπνη διαχείριση στο κομμάτι της διαχείρισης της αποθηκευμένης ενέργειας. Αυτή η διαχείριση στοχεύει να γίνεται καλύτερή χρήση στην περίσσεια ενέργεια σε περιόδους αιχμής παραγωγής, και διασφαλίζοντας να την σπατάλη της ενέργειας (Hamdan, 2024; K., 2023).

Επίσης, τα έξυπνα δίκτυα που εφαρμόζουν τις τεχνολογίες νοημοσύνης έχουν βελτιώσει την ενεργειακή απόδοση και την διαχείριση από το κομμάτι της ζήτησης (Kushawaha, 2024; Khosrojerdi et al., 2021; Chui et al., 2018). Αυτό εξετάζεται μέσω της παρακολούθησης σε πραγματικό χρόνο για την εξισορρόπηση του φορτίου και των προηγμένων τεχνικών. Η τεχνητή νοημοσύνη σε αυτό το τομέα μπορεί να βοηθήσει ώστε να βελτιώσει την κατανάλωση ενέργειας από του πολίτες, και να μειώσει το λειτουργικό κόστος της παροχής. Ενώ, μπορεί να δώσει πληροφορίες σχετικά με την παράταση της διάρκειας ζωής της υποδομής ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Kushawaha, 2024; Khosrojerdi et al., 2021; Chui et al., 2018).

Επιπλέον, η ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης και των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μπορεί να συμβάλει στην ανάπτυξη βιώσιμων και ανθεκτικών ενεργειακών συστημάτων σε έξυπνες πόλεις (Katic, 2018; Malik et al., 2019). Αξιοποιώντας την τεχνητή νοημοσύνη για προγνωστική συντήρηση, βελτιστοποίηση ενέργειας και την απρόσκοπτη ενσωμάτωση κατανεμημένων ενεργειακών πόρων, οι λύσεις έξυπνων δικτύων μπορούν να βελτιώσουν τη συνολική απόδοση, αξιοπιστία και περιβαλλοντική βιωσιμότητα των αστικών ενεργειακών συστημάτων (Katic, 2018; Malik et al., 2019).

Ωστόσο, η επιτυχής εφαρμογή της τεχνητής νοημοσύνης στην ενοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και στη διαχείριση έξυπνων δικτύων δεν είναι χωρίς προκλήσεις. Ζητήματα όπως το απόρρητο δεδομένων, η ασφάλεια, η τεχνική πολυπλοκότητα και η ανάγκη για τυποποιημένα πρωτόκολλα πρέπει να αντιμετωπιστούν για την πλήρη αξιοποίηση των δυνατοτήτων της τεχνητής νοημοσύνης σε αυτόν τον τομέα (Fang, 2023; , Camacho, 2024; Şerban & Lytras, 2020).

5.4 Μοντέλα πρόβλεψης ενεργειακής κατανάλωσης

Η χρήση μοντέλων τεχνητής νοημοσύνης για την πρόβλεψη της κατανάλωσης ενέργειας σε διάφορα επίπεδα, όπως οικιακό, βιομηχανικό και εθνικό, έχει γίνει όλο και πιο σημαντική τα τελευταία χρόνια. Διάφορες τεχνικές πρόβλεψης, συμπεριλαμβανομένων αλγορίθμων μηχανικής μάθησης και βαθιάς μάθησης, έχουν χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία ακριβών μοντέλων κατανάλωσης και τη βελτίωση των στρατηγικών διαχείρισης και αποθήκευσης ενέργειας.

Ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα της χρήσης μοντέλων ΑΙ για την πρόβλεψη κατανάλωσης ενέργειας είναι η ικανότητά τους να χειρίζονται μεγάλα και πολύπλοκα σύνολα δεδομένων. Όπως περιγράφεται στο (Hadi et al., 2022), οι προσομοιώσεις που βασίζονται σε ΑΙ χρησιμοποιώντας MATLAB/SIMULINK έχουν δείξει τη δυνατότητα διαχείρισης μεγάλων

ροών δεδομένων και αποθήκευσης σε δίκτυα Internet of Things (IoT), τα οποία είναι ζωτικής σημασίας για εφαρμογές ενεργειακής απόδοσης (EE). Ομοίως, οι Li et al. (2020) υπογραμμίζει τα οφέλη μιας προσέγγισης βασισμένης στη μάθηση που δεν προϋποθέτει ένα συγκεκριμένο μοντέλο του υποκείμενου συστήματος, αλλά αντίθετα μαθαίνει και αντλεί πολιτικές ελέγχου από τα τεράστια δεδομένα που συλλέγονται για την κατάσταση του συστήματος και την κατανάλωση ενέργειας.

Τεχνικές βαθιάς μάθησης έχουν επίσης διερευνηθεί για τη μοντελοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας. Για παράδειγμα, οι Chen et al. (2018) παρουσιάζει μια μελέτη περίπτωσης σχετικά με τη χρήση της βαθιάς μάθησης για τη μοντελοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας ενός φούρνου ηλεκτρικού τόξου (EAF), καταδεικνύοντας τις δυνατότητες αυτής της προσέγγισης για βιομηχανικές εφαρμογές. Επιπλέον, οι Zsembinszki et al. (2021) συζητά τη χρήση του βέλτιστου ελέγχου βασισμένου σε βαθιά μάθηση για ένα σύνθετο υβριδικό σύστημα αποθήκευσης ενέργειας, τονίζοντας τη στιβαρότητα και τα πλεονεκτήματα απόδοσης αυτής της τεχνικής.

Τα μοντέλα τεχνητής νοημοσύνης μπορούν να αξιοποιηθούν για την πρόβλεψη ενεργειακών αναγκών και την προσαρμογή των στρατηγικών διαχείρισης και αποθήκευσης ενέργειας. Η αναφορά Radu & Szelag (2018) προτείνει ότι οι στρατηγικές διαχείρισης ενέργειας μπορούν θεωρητικά να μειώσουν την κατανάλωση ενέργειας έως και 20% και να μειώσουν το μέγεθος των συσκευών αποθήκευσης ενέργειας. Ομοίως, οι Mao et al. (2020) περιγράφει μια αποτελεσματική στρατηγική λειτουργίας για ένα σύστημα συνδυασμένης ψύξης, θέρμανσης και ισχύος (CCHP) ενσωματωμένο με φωτοβολταϊκά/θερμικά πάνελ και αποθήκευση θερμικής ενέργειας, που μπορεί να βελτιώσει τη συνολική απόδοση, συμπεριλαμβανομένων οικονομικών, περιβαλλοντικών και ενεργειακών πτυχών.

Αρκετά σύγχρονα έργα και πλατφόρμες χρησιμοποιούν μοντέλα AI για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης. Για παράδειγμα, οι Zhu et al. (2022) παρουσιάζει μια προσέγγιση "Green AI for IIoT", η οποία εστιάζει στον ενεργειακά αποδοτικό ευφυή υπολογισμό αιχμής για το Industrial Internet of Things (IIoT). Επιπλέον, οι Zhang et al. (2022) εισάγει μια λύση "Smart DC" που συνδυάζει την τεχνητή νοημοσύνη και την ψηφιακή δίδυμη τεχνολογία για τη βελτιστοποίηση της εξοικονόμησης ενέργειας στα κέντρα δεδομένων.

Συμπερασματικά, η χρήση μοντέλων AI για την πρόβλεψη και τη διαχείριση της κατανάλωσης ενέργειας έχει δείξει σημαντικές δυνατότητες. Αξιοποιώντας αλγόριθμους μηχανικής μάθησης, βαθιά μάθηση και άλλες τεχνικές τεχνητής νοημοσύνης, οι ερευνητές και οι επαγγελματίες μπορούν να αναπτύξουν ακριβή μοντέλα κατανάλωσης, να βελτιστοποιήσουν στρατηγικές

διαχείρισης και αποθήκευσης ενέργειας και να βελτιώσουν την ενεργειακή απόδοση σε διάφορους τομείς, από οικιακό έως βιομηχανικό και εθνικό επίπεδο.

6 ΤΝ και Υγεία για Βιώσιμη Ανάπτυξη

Η βιώσιμη ανάπτυξη μπορεί να επηρεάζει πολλούς τομείς, όμως ένας από τους πιο σημαντικούς είναι ο τομέας της υγείας, αφού είναι ένας τομέας όπου μπορεί να συνδυαστεί η κοινωνική ευημερία, οι οικονομία, αλλά και ο τομέας της ποιότητας ζωής των πολιτών. Η σημερινή εποχή είναι αρκετά συνδεδεμένη με την ψηφιακή τεχνολογία, ιδιαίτερα με την τεχνητή νοημοσύνη, αφού είναι ένα σημαντικό εργαλείο για την μεταμόρφωση της υγειονομικής περίθαλψης, αφού μπορεί να οριστεί ως ένα εργαλείο για την εύρεση λύσεων αρκετά καινοτόμες σε κομμάτια που μπορούν να είναι χωρίς αυτό το εργαλείο μη αποτελεσματικά και να μην υπάρχει προσβασιμότητα στις υπηρεσίες υγείας.

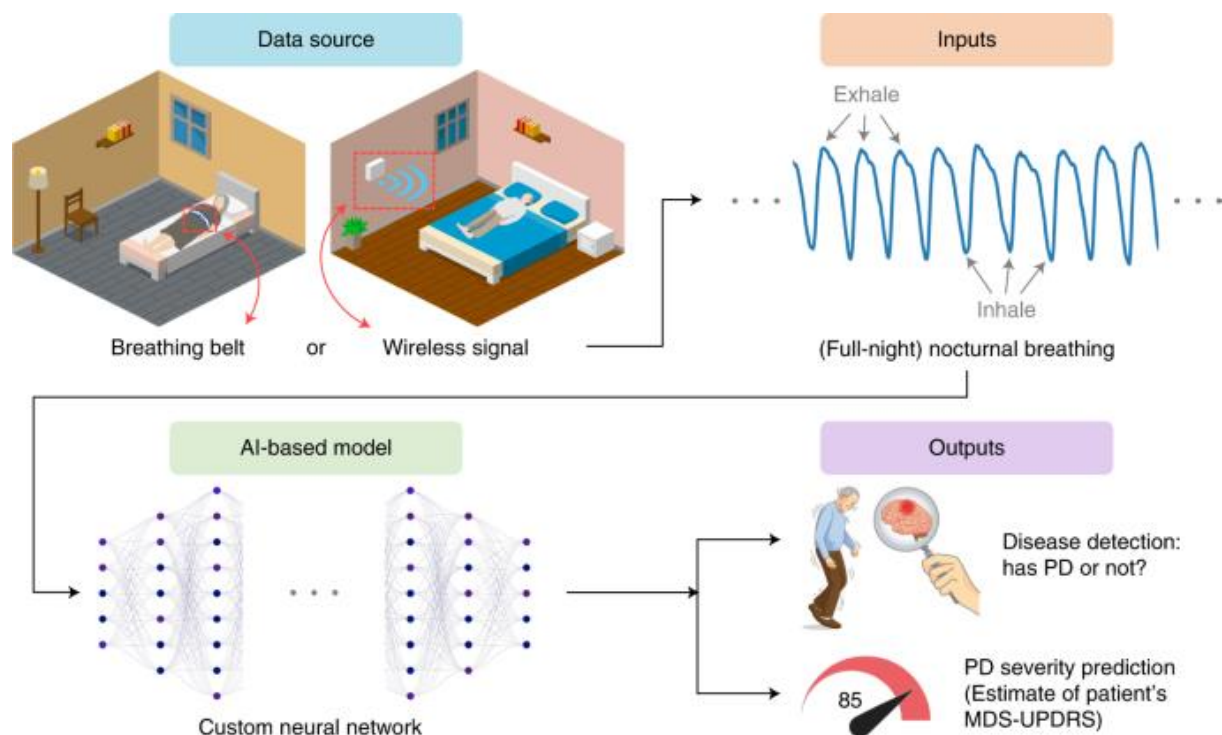
Η εισαγωγή της τεχνητής νοημοσύνης στο τομέας της υγείας έχει θέση στόχο να δημιουργηθεί ένα πιο ανθεκτικό και αποτελεσματικό σύστημα υγείας, όπως είναι να μπορεί να βοηθήσει στην πρόβλεψη ασθενειών, ακόμα και στην διαχείριση πανδημιών. Όμως η πιο συχνή χρήση της είναι στην ανάλυση βιοϊατρικών δεδομένων και τη βελτίωση της προσβασιμότητας σε υπηρεσίες υγείας. Όμως, σε αυτόν τον τομέα η τεχνητή νοημοσύνη πρέπει να καλύπτει κάποια σημαντικό ηθικά και νομικά ζητήματα, όπως το κομμάτι της προστασίας της ιδιωτικότητας. Αυτό το κεφάλαιο έχει στόχο να αναλύσει την συμβολή της τεχνητής νοημοσύνης στον τομέας της υγείας που μπορεί να επηρεάσει την βιώσιμη ανάπτυξη.

6.1 Βιοϊατρική ανάλυση δεδομένων για πρόληψη ασθενειών

Στο κομμάτι της υγειονομικής περίθαλψης η τεχνητή νοημοσύνη αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο, και μετασχηματιστικό. Ειδικότερα στο κομμάτι της ανάλυσης ιατρικών δεδομένων. Με τον όρο ιατρικά δεδομένα, συνήθως, αποτελούνται από το ιστορικό ασθενειών, γενετικές πληροφορίες ακόμα και από αποτελέσματα εξετάσεων. Ο λόγος που η τεχνητή νοημοσύνη ενσωματώθηκε στην υγεία έχει να κάνει με την διευκόλυνση στο κομμάτι στην πρόγνωσής και της πρόληψης, αφού μπορεί να βοηθήσει του γιατρούς σε μία πιο ενισχυμένη διάγνωση ή και να δώσει λύσεις ώστε να μπορούν να προσφέρει στρατηγικές για τη πρόληψη σε διάφορες ασθένειες.

Η ανάλυση ιατρικών δεδομένων μέσω αλγορίθμων τεχνητής νοημοσύνης, μπορεί να αποτελέσει ένα σημαντικό πλεονέκτημα, αφού οι κώδικες είναι σχεδιασμένοι ώστε να μπορούν να εντοπίσουν πολύπλοκα μοτίβα και συσχετίσεις που μπορούν να μην αναγνωριστούν από της

παραδοσιακές μεθόδους στατιστικών αναλύσεων των δεδομένων. Αξίζει να σημειωθεί ότι στην πλειοψηφία των αλγορίθμων που χρησιμοποιούνται είναι της τεχνολογίας της μηχανικής μάθησης. Ένα παράδειγμα τέτοιων αλγορίθμων έχουν χρησιμοποιηθεί ώστε να μπορούν να βοηθήσουν τους υγειονομικούς να προβλέψουν την ασθένειες όπως είναι η κώφωση. Αυτή η πρόβλεψη μπορεί να γίνει μέσω της ανάλυσης ακτινολογικών παραμέτρων, που στις παραδοσιακές μεθόδους δεν λαμβάνονται υπόψη (Hussein, 2023). Επιπλέον, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ώστε να γίνει εξόρυξη γενετικών και μεταγραφικών δεδομένων, η εξόρυξη αυτών των δεδομένων μπορεί να βοηθήσει να αποκαλύψει γνώσεις που μπορούν να συνδέσουν τις γενετικές παραλλαγές με κλινικά αποτελέσματα. Αυτές οι γνώσεις είναι σημαντικές να ανακαλύπτονται καθώς μπορούν να βοηθήσουν την αντιμετώπιση ασθενειών που δεν έχουν θεραπεία, όπως για παράδειγμα η νόσος του Πάρκινσον (Su et al., 2020). Η ικανότητα να μπορούν να επεξεργάζονται και να αναλύονται τεράστιες ποσότητες δεδομένων, μπορεί να προσφέρει στους κλινικούς την ευκαιρία για πιο λεπτή κατανόηση των μηχανισμών της εκάστοτε νόσου και των ειδικών παραγόντων κινδύνου για το ασθενή.



Εικόνα 6.1 Μοντέλο τεχνητής νοημοσύνης για διάγνωση Πάρκινσον από νυχτερινή αναπνοή.

Η παραπάνω εικόνα (Εικόνα 6.1) παρουσιάζει ένα σύστημα που μέσα από την άντληση νυχτερινών σημάτων από την αναπνοή, είτε αυτά προέρχονται από ζώνη αναπνοής που φοράει το άτομο, είτε από ραδιοκύματα που αντλούνται στο σώμα του ατόμου κατά την διάρκεια του ύπνου τους. Στην συνέχεια αυτό το σύστημα επεξεργάζεται τα σήματα – δεδομένα που

λαμβάνει μέσω ενός νευρωνικού δικτύου που έχει δημιουργηθεί, ώστε να μπορεί να προβλέψει αν το άτομο που εξετάζεται πάσχει από την νόσο του Πάρκινσον (Parkinson Disease – PD), και στις περιπτώσεις θετικών διαγνώσεων αξιολογείται η σοβαρότητα της με βάση την κλίμακα της MDS-UPDRS (Yang et al., 2022)

Επιπλέον, η τεχνολογία της τεχνητής νοημοσύνης έχουν δείξει αρκετά υποσχόμενες δεξιότητες στον τομέα της ογκολογίας. Για παράδειγμα, στο κομμάτι της βιοπληροφορικής, έχουν γίνει προσεγγίσεις που μπορούν να αναγνωρίσουν γονίδια του ανοσοποιητικού συστήματος ως προγνωστικοί βιοδείκτες, όπως στην περίπτωση του καρκίνου του μαστού. Μέσω της αξιοποίηση των αλγορίθμων της μηχανικής μάθησης που μπορούν να αναπτυχθούν μπορεί να ενισχυθεί η ακρίβεια για τις προβλέψεις των κινδύνων θνησιμότητας (Zhang et al., 2020).

Πέρα από τους αλγορίθμους της μηχανικής μάθησης, πλέον εφαρμόζονται τεχνικές βαθιάς μάθησης, που μπορούν να εφαρμοστούν ώστε να προβλέψουν τα ποσοστά επιβίωσης, όπως γίνεται με τους ασθενείς που έχουν καρκίνο του στόματος. Οι προβλέψεις θνησιμότητας αναδεικνύουν την ευρωστία της τεχνητής νοημοσύνης στο κομμάτι του χειρισμού δεδομένων υψηλών διαστάσεων, αφού μπορούν να παρέχουν πληροφορίες πρόγνωσης αξιόπιστου επιπέδου (Kim et al., 2019).

Όλες αυτές οι εφαρμογές που έχουν αναπτυχθεί μέχρι στιγμής δείχνουν τις δυνατότητες της τεχνητής νοημοσύνης να μπορεί να προσφέρει εργαλεία που στοχεύουν στην διευκόλυνση της εξατομικευμένης ιατρικής. Η εξατομικευμένη ιατρική αφορά τα σχέδια θεραπειών τα οποία μπορούν να προσαρμοστούν σε μεμονωμένους ασθενείς, αυτό μπορεί να επιτυγχάνεται με βάση δεδομένα ασθενών αντίστοιχων περιπτώσεων,

Όμως εκτός από το κομμάτι της προγνωστικής ιατρικής, υπάρχουν και άλλες περιπτώσεις όπου η τεχνητή νοημοσύνη που παίζει σημαντικό και κρίσιμο ρόλο. Αυτές οι περιπτώσεις είναι η έγκαιρη διάγνωση και η σωστή παρέμβαση. Έχουν ήδη αναπτυχθεί αλγόριθμοι, οι οποίοι είναι ικανοί να μπορούν να προβλέψουν καρδιοαγγειακά συμβάντα σε ασθενείς που έχουν σημειωθεί ως ασθενείς υψηλού κινδύνου. Δηλαδή, η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να βελτιώσει τα αποτελέσματα της υγείας επιτρέποντας με αυτόν τον τρόπο έγκαιρες ιατρικές απαντήσεις (Bomfim et al., 2023).

Πρόσφατα, η ανθρωπότητα πέρασε την πανδημία της COVID – 19, ήταν μία περίπτωση πανδημίας όπου αναπτύχθηκαν αρκετά συστήματα τεχνητής νοημοσύνης όπου χρησιμοποιήθηκαν ώστε να μπορέσουν να προβλέψουν τους κινδύνους θνησιμότητας σε

ασθενής που νόσησαν. Για την πρόβλεψη τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν οι ακτινογραφίες θώρακα επιδεικνύοντας την ικανότητα που παρουσιάζει η τεχνολογία ώστε να βελτιώσει τις διαγνωστικές διαδικασίες σε περιβάλλον οξείας φροντίδας (Nanivadekar et al., 2021).

Τέτοιου είδους εφαρμογές δεν έχουν στόχο μόνο να βελτιώσουν την ακρίβεια στον τομέα των διαγνώσεων. Στοχεύουν στο να μπορούν να κάνουν πιο ορθολογικές τις κλινικές ροές εργασιών. Επίσης, επιτρέπει στους επαγγελματίες της υγείας να μπορούν να εστιάζουν στο κομμάτι της εξατομικευμένης φροντίδας στους ασθενείς, και όχι τόσο στην διαχείριση των δεδομένων που προσφέρει η υγεία. Όμως, αν και έχει αναφερθεί ήδη η εξατομικευμένη ιατρική, η τεχνητή νοημοσύνη στοχεύει να ξεπεράσει τις μέχρι τώρα εφαρμογές της όπως είναι η ατομική πρόβλεψη και η διάγνωση ασθενειών, προσπαθεί να περιλαμβάνει ευρύτερες εφαρμογές της δημόσιας υγείας.

Στην περίοδο της πρόσφατης πανδημίας που αναφέρθηκε παραπάνω, οι τεχνολογίες της τεχνητής νοημοσύνης πέρα από την πρόβλεψη θνησιμότητας προσπάθησαν να διευκολύνουν τους κλινικούς να μπορέσουν να παρακολουθήσουν την μετάδοση ασθενειών σε πραγματικό χρόνο, όπως επίσης να μπορεί να επιτευχθεί η δυνατότητα να μπορούν να παρακολουθούν από μακριά ασθενείς, με αυτό τον τρόπο τα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης στην αποτελεσματική διαχείριση των κρίσεων δημόσιας υγείας (Barbieri et al., 2021). Η ικανότητα της τεχνητής νοημοσύνης να αναλύει μεγάλα σύνολα δεδομένων γρήγορα και με ακρίβεια είναι ανεκτίμητη στην επείγουσα ιατρική και τη διαχείριση επιδημιών, όπου η έγκαιρη λήψη αποφάσεων είναι κρίσιμη.

6.2 Ανίχνευση επιδημιών και διαχείριση πανδημιών

Η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να ενσωματωθεί ώστε να μπορεί να ανιχνεύει και να παρακολουθεί επιδημίες, με στόχο να μπορεί να βελτιώσει σε σημαντικά επίπεδα την ικανότητα να γίνεται η πρόβλεψη, η ανίχνευση αλλά και κυρίως η διαχείριση μολυσματικών ασθενειών από τους κλινικούς, ακόμα και όταν είναι στα αρχικά στάδια. Αυτή η εφαρμογή είναι αρκετά πολύπλευρη, και μπορεί να αξιοποιεί δεδομένα που συλλέγονται από αναφορές υγείας, ακόμα και από μέσα κοινωνικής δικτύωσης, ώστε να γίνει μοντελοποίηση του τρόπου εξάπλωσης ασθενειών, όπως για παράδειγμα ήταν και ο COVID-19, μέσα από την μοντελοποίηση μπορούν να παραχθούν σημαντικές πληροφορίες ώστε να παρέχει σημαντικές παρεμβάσεις στην δημόσια υγεία.

Μία από της πιο συχνές αλλά και βασικές στρατηγικές για να γίνεται παρακολούθηση στο στάδιο κάποια επιδημίας είναι να γίνεται ανάλυση από δεδομένα που έχουν συλλεχθεί μέσω πλατφορμών κοινωνικής δικτύωσης. Μέσα από μελέτες έχουν παρουσιαστεί αποτελέσματα που δείχνουν πως τα μέσα κοινωνικής δικτύωσης μπορούν να παρέχουν αρκετά πολύτιμες πληροφορίες ακόμα και σε πραγματικό χρόνο, ιδιαίτερα ότι αφορά το δημόσιο αίσθημα και τις συμπεριφορές που αφορούν το κομμάτι της υγείας. Ένα παράδειγμα που αξίζει να αναφερθεί είναι οι συστηματικές ανασκοπήσεις που έχουν πραγματοποιηθεί ώστε να δείξουν πως όσο γίνεται παρακολούθηση σε κοινωνικά δίκτυα, είναι πιθανών να εντοπιστούν αποτελέσματα από παρτίδες εμβολίων που υπάρχουν ανησυχίες, οι πληροφορίες που μπορεί να συλλεχθούν μπορεί να αποτελέσουν ζωτικής σημασίας στο κομμάτι της κατανόησης στην στάση που μπορεί να έχει το κοινό σε περιόδους που υπάρχει κρίση στην υγεία (Karafillakis et al., 2021). Επιπλέον, η χρήση τεχνικών επεξεργασίας φυσικής γλώσσας (NLP) επιτρέπει την εξαγωγή σημαντικών προτύπων από τεράστιες ποσότητες αδόμητων δεδομένων, επιτρέποντας στις υγειονομικές αρχές να ανιχνεύουν νωρίς πιθανές εστίες (Mutuvi et al., 2020; Chen et al., 2023). Αυτή η ικανότητα είναι ιδιαίτερα σημαντική καθώς παρέχει μια πιο λεπτή κατανόηση του δημόσιου λόγου γύρω από ζητήματα υγείας, προχωρώντας πέρα από τον απλό αριθμό αναρτήσεων για την ανάλυση περιεχομένου και συναισθήματος (Chen et al., 2023).

Επιπλέον, οι αλγόριθμοι τεχνητής νοημοσύνης, ιδιαίτερα αυτοί που βασίζονται στη μηχανική μάθηση, έχουν παίξει καθοριστικό ρόλο στη μοντελοποίηση της εξάπλωσης μολυσματικών ασθενειών. Για παράδειγμα, υβριδικά μοντέλα τεχνητής νοημοσύνης που ενσωματώνουν δίκτυα μακράς βραχυπρόθεσμης μνήμης (LSTM) έχουν χρησιμοποιηθεί για την πρόβλεψη ποσοστών μόλυνσης από τον COVID-19 σε διάφορες περιοχές, επιδεικνύοντας βελτιωμένη ακρίβεια στις τάσεις πρόβλεψης (Zheng et al., 2020). Αυτά τα μοντέλα χρησιμοποιούν ιστορικά δεδομένα και ενημερώνουν συνεχώς τις προβλέψεις τους με βάση νέες πληροφορίες, παρέχοντας έτσι δυναμικές γνώσεις για την εξελισσόμενη φύση των επιδημιών (Parry et al., 2021). Επιπλέον, η εφαρμογή διαγραμμάτων ελέγχου, όπως το διάγραμμα Shewhart, έχει προταθεί για να απεικονίσει και να μάθει από δεδομένα επιδημίας, βοηθώντας τους λήπτες να κατανοήσουν τις διακυμάνσεις στις αναφερόμενες περιπτώσεις και τους θανάτους (Islam, 2020, Perla et al., 2020).

Οι πρακτικές εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης στη διαχείριση επιδημιών είναι εμφανείς σε διάφορες πλατφόρμες και πρωτοβουλίες. Για παράδειγμα, η ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης στα συστήματα επιτήρησης της υγείας έχει διευκολύνει την παρακολούθηση της ανθρώπινης κινητικότητας κατά τη διάρκεια της πανδημίας COVID-19, παρέχοντας κρίσιμα

δεδομένα για τον τρόπο με τον οποίο οι πληθυσμοί ανταποκρίνονται στα μέτρα υγείας (Chukhrova, 2024). Επιπλέον, έχουν αναπτυχθεί εργαλεία που βασίζονται στην τεχνητή νοημοσύνη για την ανάλυση περιεχομένου που σχετίζεται με την υγεία σε πολλές γλώσσες, ενισχύοντας την παγκόσμια ικανότητα για επιδημική νοημοσύνη (Huang et al., 2020). Αυτά τα εργαλεία όχι μόνο εξορθολογίζουν τη διαδικασία συλλογής δεδομένων αλλά βελτιώνουν επίσης την ακρίβεια του εντοπισμού κρουσμάτων συνθέτοντας πληροφορίες από διάφορες πηγές, συμπεριλαμβανομένων ειδήσεων και διαδικτυακών φόρουμ υγείας (Mutuvi et al., 2020; Chen et al., 2023).

Επομένως, η χρήση της τεχνητής νοημοσύνης μπορεί να βοηθήσει στον εντοπισμό αλλά και να γίνεται παρακολούθηση τυχών επιδημιών, που αντιπροσωπεύουν μία μεταμορφωτική πρόοδο στο κομμάτι της δημόσιας υγείας. Επιπλέον, μπορούν να αξιοποιηθούν δεδομένα που λαμβάνονται από τα μέσα κοινωνικής δικτύωσης, και επιπλέον εφαρμόζονται εξελιγμένοι αλγόριθμοι ώστε να γίνεται μία προγνωστική μοντελοποίηση και να αναπτύσσονται πλατφόρμες για την παρακολούθηση, η τεχνητή νοημοσύνη ενισχύει την ικανότητα να ανταποκρίνεται αποτελεσματικά σε εστίες μολυσματικών ασθενειών. Αυτή η πολύπλευρη προσέγγιση όχι μόνο βοηθά στην έγκαιρη ανίχνευση, αλλά υποστηρίζει επίσης τη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων σε παρεμβάσεις στη δημόσια υγεία.

6.3 Ηθικά ζητήματα και προσωπικά δεδομένα στον τομέα της υγείας

Αξίζει να αναφερθεί, πως η τεχνητή νοημοσύνη αν και πλέον έχει ενσωματωθεί στο τομέα της υγειονομικής περίθαλψης, καλείται να αντιμετωπίσει κάποιες σημαντικές προκλήσεις ηθικών ζητημάτων που πρέπει να υπολογιστούν, για παράδειγμα η κυριότερη πρόκληση που έχει να αντιμετωπιστεί είναι η προστασία των δεδομένων των ασθενών που εξετάζονται. Η παραβίαση των δεδομένων που εξετάζονται είναι ένα από τις κυριότερες ανησυχίες που έχουν οι αναλυτές, αφού μία τέτοια παραβίαση μπορεί να θέσει σε κίνδυνο την ανωνυμία των ασθενών. Τα δεδομένα υγείας που χρησιμοποιούνται είναι αρκετά ευαίσθητα, για αυτό και τα καθιστούν ως πρωταρχικός στόχος στις επιθέσεις που γίνονται στις εκάστοτε κυβερνήσεις, και οποιαδήποτε μορφή παραβίασης μπορεί να οδηγήσει σε μία σημαντική βλάβη, αφού μέσα στην παραβίαση μπορεί να γίνει κλοπή ταυτότητας, αλλά και πρόσβαση σε μι εξουσιοδοτημένες προσωπικές πληροφορίες υγείας (Lee & Yoon, 2021; Price & Cohen, 2019).

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θεσπίσει έναν *Γενικό Κανονισμό για την Προστασία δεδομένων – GDPR*, ο οποίος παίζει αρκετά σημαντικό και κρίσιμο ρόλο στον περιορισμό των πιθανών κινδύνων που μπορούν να θεσπιστούν από αυστηρές γραμμές που κατευθύνουν τον χειρισμό

των δεδομένων, αυτό τονίζει την ανάγκη που υπάρχει για συναίνεση στο δικαίωμα του λάθους (Κονάτ et al., 2023; Amini, 2023). Ωστόσο, αξίζει να αναφερθεί ότι η εφαρμογή αυτών των κανονισμών παρουσιάζει μία πολυπλοκότητα σε συστήματα της τεχνητής νοημοσύνης, που συνεχίζει να είναι πρόκληση, αφού η πλειοψηφία των εφαρμογών της τεχνητής νοημοσύνης είναι σημαντικό να εκπαιδεύονται με μεγάλα σύνολα δεδομένα που πολλές φορές μπορεί να μην έρχονται σε συμφωνία με τους νόμους περί απορρήτου (Nguyen et al., 2022; Li et al., 2019).

Οι αλγόριθμοι της τεχνητής νοημοσύνης που αναπτύσσονται είναι σημαντικό να παρουσιάσουν διαφάνεια και λογοδοσία, κάτι που είναι σημαντικά ώστε να υπάρξει διασφάλιση για του είδους τις αποφάσεις που θα παρθούν στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης, επίσης πρέπει οι αποφάσεις να λαμβάνονται στα συστήματα να είναι κατανοητές και κυρίως δικαιολογημένες. Η έλλειψη διαφάνειας μπορεί να οδηγήσει σε δυσπιστία μεταξύ των ασθενών και των παροχών υγειονομικής περίθαλψης, καθώς οι αποφάσεις που λαμβάνονται από αδιαφανείς αλγόριθμους ενδέχεται να μην ελέγχονται εύκολα (Morley et al., 2020; Reddy et al., 2019). Επιπλέον, οι ηθικές συνέπειες της αυτοματοποιημένης διάγνωσης εγείρουν ανησυχίες σχετικά με την πιθανότητα σφαλμάτων χωρίς ανθρώπινη επίβλεψη. Τα αυτοματοποιημένα συστήματα μπορεί να στερούνται τη διαφοροποιημένη κατανόηση που διαθέτουν οι επαγγελματίες, οδηγώντας σε λανθασμένες διαγνώσεις ή ακατάλληλες συστάσεις θεραπείας (Elendu, 2023; Alowais, 2023). Το δεοντολογικό πλαίσιο που περιβάλλει την τεχνητή νοημοσύνη στην υγειονομική περίθαλψη πρέπει επομένως να δώσει προτεραιότητα στην ανθρώπινη επίβλεψη για τη διατήρηση της λογοδοσίας και τη διασφάλιση της ασφάλειας των ασθενών (Williamson, 2024).

Οι αλγόριθμοι πρέπει να έρθουν σε συμφωνία με αρκετούς κανονισμούς που έχουν τεθεί, όπως είναι ο GDPR, που δείχνει πόσο κρίσιμη είναι η ηθική διαχείριση για τα ιατρικά δεδομένα. Πιο αναλυτικά ο GDPR είναι ένας κανονισμός που ορίζει ότι ο εκάστοτε οργανισμός θα πρέπει να τηρεί σε αυστηρό επίπεδο τα μέτρα που έχουν τεθεί ώστε να προστατεύονται τα δεδομένα, όπως επίσης να υπάρχει διασφάλιση ότι τα υποκείμενα των δεδομένων πρέπει να είναι ενήμερα με τον τρόπο που θα χρησιμοποιηθούν τα δεδομένα (Κονάτ et al., 2023; Amini, 2023). Αυτό είναι ένα πλαίσιο που έχει τεθεί ώστε να διασφαλίζει το ιατρικό απόρρητο, ενώ αυξάνει τα επίπεδα εμπιστοσύνης στις τεχνολογίες που αναπτύσσονται με την τεχνητή νοημοσύνη, και αυτές δίνουν στους ασθενείς την ασφάλεια ότι μπορούν να έχουν τον έλεγχο των πληροφοριών τους (Arigbabu, 2024; Wang et al., 2022). Όμως, είναι μία πρόκληση που πρέπει να υπάρχει ισορροπία ανάμεσα στην ανάγκη που υπάρχουν για τα δεδομένα ώστε να εκπαιδεύονται τα μοντέλα που αναπτύσσονται σε συνδυασμό με την ανάγκη για το ιατρικό απόρρητο. Μέσα από

τις μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί έχουν βρεθεί λύσεις, όπως είναι η ομοσπονδιακή μάθηση, που είναι μία μέθοδος που επιτρέπει στα μοντέλα να χρησιμοποιηθούν αποκεντρωμένα δεδομένα ώστε να εκπαιδευτούν χωρίς να υπάρξει παραβίαση του απορρήτου (Kaissis et al., 2020).

Η εφαρμογή της τεχνητής νοημοσύνης στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης, έχει δείξει ότι μπορεί να προσφέρει αρκετά σημαντικές και πρωτοπόρες ευκαιρίες ώστε να σημειωθεί βελτίωση στα αποτελέσματα των ασθενών. Η διασφάλιση της διαφάνειας στους αλγόριθμους τεχνητής νοημοσύνης, τη διατήρηση της ανθρώπινης επίβλεψης σε αυτοματοποιημένες διαδικασίες και την τήρηση ρυθμιστικών πλαισίων όπως ο GDPR για την προστασία των δεδομένων των ασθενών. Είναι σημαντικό να υπάρχει ενθάρρυνση στο κομμάτι της ηθικής προσέγγισης για να υπάρχει ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης στην υγειονομική περίθαλψη, οι ενδιαφερόμενοι μπορούν να ενισχύσουν την εμπιστοσύνη και να βελτιώσουν τα αποτελέσματα των ασθενών ενώ περιηγούνται στην πολυπλοκότητα της σύγχρονης ιατρικής τεχνολογίας.

6.4 Προσβασιμότητα υπηρεσιών υγείας μέσω TN

Επιπλέον, μία ακόμη εφαρμογή της τεχνητής νοημοσύνης στον τομέα της υγείας είναι να βελτιώσει σε σημαντικό επίπεδο την πρόσβαση, αλλά και την ποιότητα των υπηρεσιών υγείας, ιδίως όταν αφορούν απομακρυσμένες και αναπτυσσόμενες περιοχές. Για να υπάρξει αυτή η βελτίωση πρέπει να τεθούν σε εφαρμογή διάφορες εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης, όπως για παράδειγμα είναι η τηλεϊατρικής, και πλέον τα γνωστά «chatbots» στο κομμάτι της διαγνωστικής ιατρικής. Αυτές οι εφαρμογές έχουν κληθεί να αντιμετωπίσουν σε συλλογικό επίπεδο της προκλήσεις που μπορούν να εμφανιστούν στο σύστημα της υγείας, ιδίως δεν απομακρυσμένες περιοχές.

Η εφαρμογή της τηλεϊατρικής, μπορεί να ενισχυθεί με την χρήση της τεχνητής νοημοσύνης, καθώς μπορεί να διευκολύνει την διάγνωση να γίνεται από απόσταση και να δίνεται η κατάλληλη θεραπεία, με αυτή την εφαρμογή μπορούν να ξεπεραστούν οποιαδήποτε γεωγραφικά εμπόδια μπορεί να υπάρχουν στους πολίτες ώστε να έχουν πρόσβαση στην υγεία. Οι αλγόριθμοι που έχουν αναπτυχθεί στοχεύουν να αναλύσουν τα δεδομένα που έχουν συλλεχθεί από ασθενείς και να τους παρέχουν τις απαραίτητες προκαταρκτικές διαγνώσεις, κάτι που είναι ιδιαίτερα επωφελής για περιοχές που δεν έχουν άμεση επαφή με επαγγελματίες υγείας. Κάποια εργαλεία που αποτελούν αξιόλογο παράδειγμα είναι αλγόριθμοι που μπορούν αν ανιχνεύσουν τις λεπτές ανωμαλίες που μπορούν να υπάρχουν σε ιατρικές εικόνες, αυτό

μπορεί να βοηθήσει στην έγκαιρη διάγνωση και να δοθεί προσωποποιημένη θεραπεία (Vaidya, 2024). Επιπλέον, η ενσωμάτωση της τηλεϊατρικής με την τεχνητή νοημοσύνη επιτρέπει την παρακολούθηση και τη διαχείριση χρόνιων ασθενειών σε πραγματικό χρόνο, κάτι που είναι ζωτικής σημασίας σε περιβάλλοντα περιορισμένων πόρων, όπου συχνά δεν υπάρχει συνεχής υγειονομική περίθαλψη (Guo & Li, 2018).

Τα chatbots και οι εικονικοί γιατροί αντιπροσωπεύουν μια άλλη σημαντική πρόοδο στην παροχή υγειονομικής περίθαλψης. Αυτά τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης μπορούν να παρέχουν ιατρικές συμβουλές σε πραγματικό χρόνο, μειώνοντας έτσι την επιβάρυνση των παροχών υγειονομικής περίθαλψης και βελτιώνοντας τη δέσμευση των ασθενών. Μελέτες έχουν δείξει ότι τα AI chatbots μπορούν να κατανοούν τη φυσική γλώσσα και να μαθαίνουν από τις αλληλεπιδράσεις των χρηστών, επιτρέποντάς τους να παρέχουν εξατομικευμένες απαντήσεις και υποστήριξη (Talyshinskii, 2023; Fan et al., 2021). Μπορούν επίσης να προσομοιώνουν συνομιλίες μεταξύ ασθενών και παροχών περίθαλψης, προσφέροντας ακριβείς και ολοκληρωμένες συμβουλές περίθαλψης (Fan et al., 2021).

Η χρήση των chatbots έχει αποδειχθεί ιδιαίτερα αποτελεσματική στην αντιμετώπιση στιγματισμένων θεμάτων υγείας, ενθαρρύνοντας τα άτομα να αναζητήσουν ιατρικές συμβουλές που διαφορετικά θα απέφευγαν (Branley-Bell, 2023). Τα chatbots είναι εργαλεία που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για εκπαιδευτικούς λόγους, αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την ενημέρωση των ασθενών για κάποιες ασθένειες, ενώ ακόμα μπορούν να τους ενημερώσουν για τις θεραπευτικές επιλογές που μπορούν να υπάρχουν για τις ασθένειες που ερευνούν, αυτό είναι όμως ένα βήμα πριν την ενημέρωσή τους από τους ιατρούς, καθώς είναι σημαντικό να μην παραλείπεται η συμβολή τους (Görtz et al., 2023).

Ένας ακόμα τομέας υγείας που αξίζει να αναφερθούν οι εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης είναι οι φαρμακευτικές υπηρεσίες και η διαχείριση των φαρμάκων, σε αυτούς τους κλάδους μπορούν να αναπτυχθούν αλγόριθμοι που μπορούν να μεταμορφώσουν τον τρόπο με τον οποίο γίνεται συνταγογράφηση και παρακολούθηση των φαρμάκων. Τα αντίστοιχα συστήματα που αναπτύσσονται με την χρήση της τεχνητής νοημοσύνης είναι ικανά να μπορούν να αναλύσουν μεγάλης κλίμακας δεδομένα, καθώς με αυτά τα δεδομένα μπορούν να εντοπίσουν μοτίβα για την συμμόρφωση και την πιο αποτελεσματική φαρμακευτική αγωγή που μπορεί να δοθεί, αυτό είναι αρκετά απαραίτητα στον τρόπο που μπορούν να διαχειριστούν χρόνιες παθήσεις (Parija & Padmavathi, 2022). Επιπλέον, η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να βοηθήσει στην πρόβλεψη πιθανών ανεπιθύμητων αντιδράσεων των φαρμάκων, ενισχύοντας έτσι την ασφάλεια των ασθενών και βελτιστοποιώντας τα θεραπευτικά αποτελέσματα (Wang, 2023). Σε περιοχές που

είναι υπό ανάπτυξη αυτά τα συστήματα είναι ιδιαίτερα σημαντικά καθώς είναι πιθανόν να έχουν περιορισμένη πρόσβαση σε ότι αφορά την φαρμακευτική περίθαλψη.

Η τεχνητή νοημοσύνη στον τομέα της υγείας έχει αναπτύξει εφαρμογές που ενισχύουν τις παροχές υγειονομικής περίθαλψης σε περιοχές με περιορισμένους πόρους είναι πολύπλευρη. Οι τεχνολογίες τεχνητής νοημοσύνης μπορούν να βελτιώσουν την αποτελεσματικότητα των εργαζομένων στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης, επιτρέποντάς τους να επικεντρωθούν σε πιο σύνθετα καθήκοντα, ενώ τα ερωτήματα ρουτίνας διεκπεραιώνονται από συστήματα τεχνητής νοημοσύνης (Guo & Li, 2018). Επιπλέον, η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να διευκολύνει την κατάρτιση των εργαζομένων στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης, εξοπλίζοντάς τους με τις απαραίτητες δεξιότητες για την αποτελεσματική χρήση αυτών των τεχνολογιών (Wahl et al., 2018). Οι μελέτες έχουν δώσει το έναυσμα στον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας – ΠΟΥ να παρουσιάσει την σημασία των στρατηγικών για την ψηφιακή υγεία, επιπλέον τονίστηκε ο σημαντικό ρόλος της τεχνητής νοημοσύνης ώστε να υπάρξει βελτίωση στους αποτελεσματικούς χειρισμούς της υγείας σε παγκόσμιο επίπεδο, ιδίως σε περιοχές που ο πληθυσμός δεν εξυπηρετείται με σωστό τρόπο (Kazi et al., 2020).

Επομένως, είναι εύκολο να βγει το συμπέρασμα ότι η τεχνητή νοημοσύνη έχει δείξει αρκετά καινοτόμες δυνατότητες, οι οποίες μπορούν να φέρουν την επανάσταση σε ότι αφορά τις υπηρεσίες στην υγειονομική περίθαλψη, σε όλες τις περιοχές ακόμα και αν αυτές είναι υπό ανάπτυξη, και σε αυτές τις περιοχές μπορούν να βελτιωθούν η προσβασιμότητα, η ποιότητα της παροχής, αλλά και να τους παρέχουν καινοτόμους πόρους. Οι περισσότεροι πολίτες πριν την επίσκεψη στον εκάστοτε ιατρό, χρησιμοποιούν το διαδίκτυο ώστε να λάβουν την διάγνωση στα εκάστοτε συμπτώματα, για αυτό η ενσωμάτωση της τηλεματικής, των «AI Chatbot», όπως και των προηγμένων τεχνικών διαγνώσεων είναι κάποια από τα εργαλεία που μπορούν να καλύψουν τα κενά που υπάρχουν στην υγειονομική περίθαλψη, επομένως μπορούν να οδηγήσουν σε σημαντικά αποτελέσματα.

7 Κοινωνικές και Οικονομικές Επιπτώσεις της ΤΝ στη Βιώσιμη Ανάπτυξη

Η τεχνητή νοημοσύνη είναι ένας δυναμικός καταλύτης για πολλούς τομείς, όπως ήδη έχουν αναφερθεί και παραπάνω, για αυτό μπορεί να προσφέρει νέες ευκαιρίες στο κομμάτι των κοινωνικών και οικονομικών επιπτώσεων. Η εφαρμογή τέτοιων εργαλείων σε αυτούς τους τομείς μπορεί να επηρεάζει σε έμμεσο επίπεδο την ποιότητα της ζωής των ανθρώπων, αφού μπορούν να δημιουργηθούν νέες θέσεις εργασιών, αλλά ακόμα μπορούν να βελτιώσουν την

ποιότητα των υπηρεσιών που προσφέρονται στους πολίτες, ενώ αξίζει να σημειωθεί ότι υπάρχουν μελέτες που δείχνουν ότι μπορεί να μειωθεί η ανισότητα, σημαντικό κομμάτι στις κοινωνικές επιπτώσεις. Αν και οι δυνατότητες που μπορεί να προσφέρει η τεχνητή νοημοσύνη είναι αρκετά σημαντικές, όμως υπάρχουν αρκετές προκλήσεις που κλείνεται να αντιμετωπίσει, οι προκλήσεις αυτές μπορούν να αφορούν την πρόσβαση σε διάφορους πόρους, τις παροχές στον τομέα της εκπαίδευσης, αλλά και πλέον θέλουν να αντιμετωπίσουν την ύπαρξη την φτώχειας, αυτοί οι πόροι είναι εργαλεία που μπορούν να βοηθήσουν στην κοινωνική ισότητα.

Αυτό το κεφάλαιο, έχει στόχο να εξετάσει τον ρόλο που έχει η τεχνητή νοημοσύνη στο κομμάτι της διαμόρφωσης της κοινωνικής και της οικονομικής πραγματικότητας. Θα υπάρξει ανάλυση του τρόπου με τον οποίο η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να δημιουργήσει νέες θέσεις εργασίας, και επομένως να συμβάλει στην οικονομική ανάπτυξης, να βοηθήσει σε εκπαιδευτικά και δια βίου μάθησης προγράμματα, επιπλέον θα αναφερθούν και τα βήματα που μπορούν να ακολουθηθούν ώστε να προωθηθεί η κοινωνική ανισότητα. Ενώ, θα παρουσιαστούν οι προκλήσεις που μπορούν να αφορούν την χρήση της τεχνητής νοημοσύνης, όπως για παράδειγμα μπορεί να είναι η ψηφιακή ανισότητα, η προκαταλήψεις που μπορούν να έχουν κάποιοι αλγόριθμοι, και επίσης θα αναφερθεί ο κίνδυνος για αποκλεισμό των ευάλωτων ομάδων.

7.1 Δημιουργία νέων θέσεων εργασίας και οικονομική ανάπτυξη

Η τεχνητή νοημοσύνη έχει δείξει σημαντικά αποτελέσματα ώστε να μπορέσει να αναδειχθεί ως μία μετασχηματιστική δύναμη στον τομέα της παγκόσμια οικονομία. Μπορεί να το πετύχει αυτό μέσω μηχανισμών όπως είναι η αυτοματοποίηση, η βελτιστοποίηση των επιχειρηματικών διαδικασιών και η δημιουργία νέων βιομηχανιών. Σε θεωρητικό επίπεδο, το αντίκτυπο των της τεχνητής νοημοσύνης σε αυτόν τομέα, υποστηρίζει ότι λειτουργεί ως μία τεχνολογία γενικού σκοπού, παρόμοια με τον ηλεκτρισμό ή το διαδίκτυο, η οποία μπορεί να αλλάξει ριζικά τις διαδικασίες παραγωγής και τα επιχειρηματικά μοντέλα σε όλους τους τομείς (Fu, 2023; Singh, 2024).

Με την αυτοματοποίηση των καθηκόντων ρουτίνας, αλλά και με την βελτίωση των επιχειρηματικών διαδικασιών, δίνεται στην τεχνητή νοημοσύνη η ικανότητα να μπορεί να οδηγήσει στην αύξηση της παραγωγικότητας, όπως και να βελτιώσει την απόδοση, αυτό μπορεί να επιτευχθεί μέσω της προώθησης της οικονομικής ανάπτυξης (Gonzales, 2023- Makridis & Mishra, 2022). Ένα αξιόλογο παράδειγμα, είναι πως η τεχνητή νοημοσύνη έχει την ικανότητα να μπορεί να αναλύει τεράστια σύνολα δεδομένων, αυτό δίνει στις επιχειρήσεις να μπορούν να

αναλύσουν τα δεδομένα τους και να λάβουν πιο ολοκληρωμένες και τεκμηριωμένες αποφάσεις, ώστε να κάνουν πιο λογικές τις λειτουργίες τους, και να υπάρχει δείγμα καινοτομίας, δύο στοιχεία που είναι κρίσιμα για την οικονομική ανάπτυξη (Saba, 2024).

Η έλευση της τεχνητή νοημοσύνη οδήγησε επίσης στη δημιουργία νέων κατηγοριών θέσεων εργασίας, άμεσα και έμμεσα. Καθώς οι βιομηχανίες υιοθετούν τεχνολογίες τεχνητή νοημοσύνη, υπάρχει αυξανόμενη ζήτηση για επαγγελματίες σε τομείς όπως η ανάλυση δεδομένων, η μηχανική μηχανικής μάθησης και η κυβερνοασφάλεια (Singh, 2024; Makridis & Mishra, 2022). Οι θέσεις εργασίας που δημιουργούνται σε αυτούς τους τομείς είναι συχνά υψηλής ειδίκευσης και έντασης γνώσης, αντανakλώντας τη στροφή προς ένα πιο τεχνολογικά επιδέξιο εργατικό δυναμικό (Fan & Liu, 2021). Η άνοδος που σημειώνεται στα επιστημονικά δεδομένα είναι ένα αξιοσημείωτο παράδειγμα, ειδικότερα με τους ρόλους τους που είναι απαραίτητοι για τους οργανισμούς, οι οποίοι επιθυμούν να χρησιμοποιήσουν την τεχνητή νοημοσύνη ως ένα στρατηγικό πλεονέκτημα. Η ενσωμάτωση αυτή όχι μόνο σε έναν τομέα μπορεί να δώσει την δυνατότητα να δημιουργηθούν νέες ευκαιρίες απασχόλησης, όμως έχει βρεθεί ότι μπορεί να αυξήσει τις ικανότητες των ανθρώπων (Deng, 2023).

Αξίζει να σημειωθεί πως δεν μπορεί να παραλειφθεί ο αντίκτυπος της τεχνητής νοημοσύνης σε πιο παραδοσιακούς τομείς, κάποιοι από αυτούς τους τομείς μπορεί να είναι οι μεταποιήσεις, και οι μεταφορές, που είναι κάποιοι κλάδοι που έρχονται αντιμέτωποι με σημαντικές διαταραχές, που δημιουργούνται από την αυτοματοποίηση, επομένως μειώνονται κάποιες θέσεις εργασιών (Frey & Osborne, 2017; Austine, 2024). Συγκεκριμένα, η πρόκληση εμφανίζεται στο ότι το εργατικό δυναμικό πρέπει να αναβαθμίσει τις δεξιότητές τους και να αρχίσουν να προσαρμόζονται στο νέο εργασιακό περιβάλλον. Για την αναβάθμιση των δεξιοτήτων του εργατικού προσωπικού κάποια εταιρείες, είναι απαραίτητο για να μην υπάρξουν μείωση των αρνητικών επιπτώσεων γύρω από την αυτοματοποίηση, αυτό μπορεί να διασφαλιστεί μέσω της μεταφοράς των εκτοπισμένων εργαζομένων σε νέες θέσεις που μπορεί να δημιουργήσει η τεχνητή νοημοσύνη (Autor, 2015). Οι πρωτοβουλίες έχουν τεθεί ώστε να μπορούν οι εταιρίες να αποσκοπούν στην επανεκπαίδευσης των εργαζομένων τους στην ψηφιακή μόρφωση και σε ικανότητες που αφορούν την τεχνητή νοημοσύνη και βοηθούν ώστε να φέρει σε ισορροπία τις παραδοσιακές θέσεις εργασίες με τις νέες (C.M, 2023).

Έχουν υπάρξει μελέτες που ερευνούν περιπτώσεις που δείχνουν τις δυνατότητες που έχει η τεχνητή νοημοσύνη ώστε να δημιουργήσει νέες ευκαιρίες εργασίας, παράλληλα όμως μπορεί να μορφοποιήσει κάποιους υπάρχον κλάδους. Για παράδειγμα στον κλάδο της υγείας μπορεί να αναβαθμίσει τον τομέα της διάγνωσης, αφού μπορεί να δημιουργηθούν νέες θέσεις για

ειδικούς στην τεχνητή νοημοσύνη με εξειδίκευση την υγεία, επομένως δημιουργείται ο κλάδος της βιοπληροφορικής (Deng, 2023). Παρομοίως, ο τομέας της επιστήμης των δεδομένων έχει σημειώσει εκθετική ανάπτυξη, με τους οργανισμούς να βασίζονται όλο και περισσότερο σε πληροφορίες που βασίζονται σε δεδομένα για να ενημερώσουν τις στρατηγικές τους (Makridis & Mishra, 2022; Liu, 2023). Οι εξελίξεις αυτές υπογραμμίζουν τη διττή φύση του αντίκτυπου της τεχνητή νοημοσύνη: ενώ αυτοματοποιεί ορισμένα καθήκοντα, δημιουργεί ταυτόχρονα ζήτηση για νέες δεξιότητες και ρόλους, αναδεικνύοντας τη σημασία των προσαρμοστικών πολιτικών για το εργατικό δυναμικό (Xu, 2022).

Επομένως, η τεχνητή νοημοσύνη έχει ένα πολύπλευρο ρόλο στην οικονομική ανάπτυξη, αφού περιλαμβάνει την ενίσχυση της παραγωγικότητας μέσω της αυτοματοποίησης, τη δημιουργία νέων κατηγοριών θέσεων εργασίας και τον μετασχηματισμό παραδοσιακών κλάδων. Η τεχνητή νοημοσύνη συνεχίζει να αναπτύσσεται και να παρουσιάζει συνεχώς εξελίξεις, παρουσιάζοντας έτσι οι υπεύθυνοι την εξέλιξη της πολιτικής, και οι ηγέτες του κλάδου να επικεντρωθούν σε πρωτοβουλίες επανακατάρτισης και σε πρόσβαση χωρίς αποκλεισμούς στα οφέλη της τεχνητής νοημοσύνης, ώστε να διασφαλιστεί ότι το εργατικό δυναμικό είναι προετοιμασμένο για το μέλλον της εργασίας.

7.2 Εκπαιδευτικά προγράμματα και δια βίου μάθηση

Πέρα από την χρήση της τεχνητής νοημοσύνης στον τομέα της οικονομικής ανάπτυξης, μπορεί να ενσωματωθεί και στον τομέα της εκπαίδευσης. Συγκεκριμένα μπορεί να μεταμορφώσει το κομμάτι της σχολικής εκπαίδευσης, όπως επίσης και να βοηθήσει σε προγράμματα που αφορούν την επαγγελματική κατάρτισης. Τα τελευταία χρόνια η τεχνητή νοημοσύνη έχει παρουσιάσει ραγδαίες και σημαντικές εξελίξεις, κάτι που την καθιστά αναγκαία επιλογή για την δια βίου μάθησης. Η ενσωμάτωση αυτή επιτρέπει στα άτομα να μπορούν να προσαρμόζονται τόσο οι ίδιοι όσο και το μάθημα τους στις εξελισσόμενες τεχνολογίες και μεθοδολογίες.

Όμως, η επίδραση που παρουσιάζει τη τεχνητή νοημοσύνη στην εκπαίδευση είναι αρκετά πολύπλοκη, αφού μπορεί να επηρεάσει τις παιδαγωγικές αλλά και τις διοικητικές πρακτικές. Σε μία μελέτη των Rios – Campos et al. Έδειξαν πως η χρήση της τεχνητής νοημοσύνης μπορεί να βελτιωθεί ο τρόπος με τον οποίο διαχειρίζεται η πανεπιστημιακή εκπαίδευση με μία πιο ορθή λογική στα διοικητικά καθήκοντα. Αυτή η μελέτη έδειξε πως επιτρέπεται στους εκπαιδευτικούς να επικεντρώνονται περισσότερο στην διδασκαλία και στην μάθηση (Rios-Campos et al., 2023). Ωστόσο, η αποτελεσματική ενσωμάτωση της τεχνητή νοημοσύνη σε

εκπαιδευτικά πλαίσια απαιτεί ουσιαστική κατάρτιση και επαγγελματική ανάπτυξη των εκπαιδευτικών, όπως υπογραμμίζει ο Chukwubueze, ο οποίος σημειώνει ότι οι εκπαιδευτικοί πρέπει να αποκτήσουν τις απαραίτητες δεξιότητες για να αξιοποιήσουν αποτελεσματικά την τεχνητή νοημοσύνη στις διδακτικές τους πρακτικές (Chukwubueze, 2024). Επιπλέον, η αντίσταση στην αλλαγή εντός των εκπαιδευτικών ιδρυμάτων μπορεί να αποτελέσει σημαντική πρόκληση για την εφαρμογή της τεχνητή νοημοσύνη, όπως συζητείται από τους Howard και Mozejko (Chukwubueze, 2024).

Όσον αφορά τα εκπαιδευτικά προγράμματα, υπάρχουν πολυάριθμες πρωτοβουλίες που έχουν σχεδιαστεί για να εξοπλίσουν τους εκπαιδευόμενους με βασικές δεξιότητες τεχνητή νοημοσύνη. Για παράδειγμα, η ανάπτυξη εκπαιδευτικών μοντέλων τεχνητή νοημοσύνη για μη ειδικευόμενους στην πληροφορική έχει διερευνηθεί από τους Lee και Cho, οι οποίοι υποστηρίζουν ένα πρόγραμμα σπουδών που περιλαμβάνει τεχνικές ταξινόμησης και θεμελιώδεις αρχές τεχνητή νοημοσύνη (Lee & Cho, 2021). Επιπλέον, οι προσεγγίσεις βιωματικής μάθησης στην εκπαίδευση τεχνητή νοημοσύνη, όπως σημειώνει ο Kim, μπορούν να ενισχύσουν την εμπλοκή και την κατανόηση των τεχνολογιών τεχνητή νοημοσύνη από τους φοιτητές (Kim, 2023). Προγράμματα που επικεντρώνονται στην ενσωμάτωση της τεχνητή νοημοσύνη στην τεχνολογική εκπαίδευση, όπως αυτά που εφαρμόζονται σε γυμνάσια στη Νότια Κορέα, καταδεικνύουν τη δυνατότητα της τεχνητή νοημοσύνη να εμπλουτίσει τη μαθησιακή εμπειρία μέσω μορφών συνεργατικής μάθησης που βασίζονται σε προβλήματα (Park & Kwon, 2023).

Στο κομμάτι της επαγγελματικής εκπαίδευσης η τεχνητή νοημοσύνη παρουσιάζει κάποιες επιπτώσεις αρκετά βαθιές αφού μπορεί να αυξάνει την ζήτηση για την συνεχή εκπαίδευση των εργαζομένων. Επιπλέον, μπορεί να υπάρξει αναδιαμόρφωση στις δεξιότητες που είναι απαραίτητες να κατέχουν οι εργαζόμενοι, αφού είναι αναγκαίο πλέον οι εργαζόμενοι να αναπτύσσουν τις ικανότητες τους στα διαδικτυακά μαθήματα και μαζικών ανοικτά διαδικτυακά μαθήματα (MOOCs). Αν και ήδη έχει αναφερθεί στο προηγούμενο κεφάλαιο ο τομέας της υγειονομικής περίθαλψης, φαίνεται πως είναι ένας τομέας που αποτελεί παράδειγμα καθώς οι επαγγελματίες πρέπει πλέον να είναι καλά εξοικειωμένοι με τις εφαρμογές που βασίζονται στην τεχνητή νοημοσύνη, ένα τέτοιο παράδειγμα είναι το έργο Teferi, που αφορά εκπαιδευτικά προγράμματα που είναι σχεδιασμένα ώστε να μειώσουν το χάσμα των κλινικών πρακτικών και της τεχνητής νοημοσύνης (Teferi, 2023). Επιπλέον, οι Petersson et al. υπογραμμίζουν τη σημασία του ψηφιακού αλφαριθμητισμού για τους επαγγελματίες του τομέα

της υγείας, υπογραμμίζοντας την ανάγκη προσαρμογής της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης σε αυτές τις αναδυόμενες απαιτήσεις (Petersson et al., 2022).

Παρά τις πολυάριθμες ευκαιρίες που παρουσιάζει η τεχνητή νοημοσύνη στην εκπαίδευση, παραμένουν αρκετές προκλήσεις. Η έλλειψη εξειδικευμένων εκπαιδευτών ικανών να παρέχουν εκπαίδευση στην τεχνητή νοημοσύνη αποτελεί σημαντικό εμπόδιο, όπως επισημαίνει ο Familoni, ο οποίος συζητά την ανάγκη οι εκπαιδευτικοί να είναι επαρκώς προετοιμασμένοι για να διδάξουν περιεχόμενο σχετικό με την τεχνητή νοημοσύνη (Familoni, 2024). Αξίζει να σημειωθεί ότι οι ηθικές επιπτώσεις που μπορεί να έχει η τεχνητή νοημοσύνη στην εκπαίδευση μπορούν να αφορούν της ανησυχίες που υπάρχουν σχετικά με την προστασία της ιδιωτικότητας, ακόμα μπορεί να αφορά την μεροληψία με την οποία μπορεί να αντιμετωπιστούν οι αλγόριθμοι, αυτές οι επιπτώσεις μπορεί να οδηγήσουν σε προσεκτική εξέταση και επομένως στην θέσπιση ηθικών κατευθυντήριων γραμμών (Holmes et al., 2021). Ο Selwyn προειδοποιεί κατά της άκριτης υιοθέτησης των τεχνολογιών τεχνητή νοημοσύνη, υποστηρίζοντας μια πιο μελετητική προσέγγιση για την ενσωμάτωσή τους σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα (Selwyn, 2022).

Τέλος, τα εκπαιδευτικά συστήματα που εξελίσσουν τα προγράμματα τους με την ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης, καταφέρνουν να παρουσιάσουν ευκαιρίες και προκλήσεις. Επομένως, η δια βίου μάθηση πλέον είναι απαραίτητα ώστε να προσαρμοστούν τα άτομα στις εξελίξεις που προσφέρει η χρήση της τεχνητής νοημοσύνης, και πλέον είναι απαραίτητα όλα τα εκπαιδευτικά προγράμματα να κάνουν μαθήματα που αφορούν την τεχνητή νοημοσύνη ώστε να ανταποκρίνονται στις καθημερινές ανάγκες των ανθρώπων. Με την αντιμετώπιση των προκλήσεων της έλλειψης εκπαιδευτών και των ηθικών προβληματισμών, τα εκπαιδευτικά ιδρύματα μπορούν να αξιοποιήσουν την τεχνητή νοημοσύνη για να βελτιώσουν τις μαθησιακές εμπειρίες και να προετοιμάσουν τους μαθητές για το μελλοντικό εργατικό δυναμικό.

7.3 Μείωση ανισοτήτων μέσω έξυπνων πόλεων και υπηρεσιών

Η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να εφαρμοστεί ακόμα και στην ανάπτυξη έξυπνων πόλεις, που πλέον αποτελούν σημαντική ευκαιρία στον τρόπο που αντιμετωπίζονται οι κοινωνικές και οικονομικές ανισότητες, ιδίως σε περιπτώσεις ατόμων με χαμηλό εισόδημα. Οι έξυπνες υποδομές, ενισχυμένες με τεχνητή νοημοσύνη, μπορούν να βελτιώσουν την πρόσβαση σε βασικές δημόσιες υπηρεσίες, προωθώντας έτσι καλύτερες συνθήκες διαβίωσης και δίκαιη κατανομή των υπηρεσιών. Η αστική διαχείριση μπορεί να χρησιμοποιήσει εφαρμογές τεχνητής νοημοσύνης, οι οποίες μπορούν να φέρουν σε λογική τροχιά υπηρεσίες της δημόσιας υγείας,

κάνοντας αυτές της υπηρεσίες πιο προσιτές για πληθυσμό που είναι περιθωριοποιημένος. Μέσα από την έρευνα έχουν παρουσιαστεί ότι υπάρχουν επενδύσεις πάνω στην τεχνητή νοημοσύνη, οι οποίες είναι σημαντικό να δίνουν προτεραιότητα σε τομείς που έχουν στόχο να μειώσουν την ανισότητα στον πληθυσμό, για παράδειγμα κάποιοι τέτοιοι τομείς είναι η πρόσβαση σε πληροφορίες και υπηρεσίες υγείας (Morgenstern et al., 2021). Επιπλέον, η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να διευκολύνει την αποτελεσματική κατανομή των πόρων, διασφαλίζοντας ότι οι ευάλωτες κοινότητες λαμβάνουν την υποστήριξη που χρειάζονται (Secinaro et al., 2021).

Η υγείας είναι ένας τομέας που η τεχνητή νοημοσύνη καλείται να γεφυρώσει τα κενά που υπάρχουν στις υπηρεσίες τους, ιδίως σε περιοχές όπου δεν είναι εύκολα προσβάσιμος τομέας. Τα εργαλεία που μπορούν να χρησιμοποιηθούν και είναι βασισμένα στη τεχνητή νοημοσύνη μπορούν να πραγματοποιήσουν αναλύσεις που χρησιμοποιούν δεδομένα από τα ηλεκτρονικά αρχεία υγείας ώστε να γίνει εντοπισμός στην τυχόν ύπαρξη ανισότητα στην υγεία, και επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν αυτά τα εργαλεία ώστε να εντοπιστούν πιθανές ανάγκες στις υπηρεσίες και να παρέχει στοχευμένες λύσεις (Secinaro et al., 2021). Επιπλέον, η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να υποστηρίξει εκπαιδευτικές πρωτοβουλίες παρέχοντας εξατομικευμένες μαθησιακές εμπειρίες που ανταποκρίνονται στις μοναδικές ανάγκες των μαθητών με διαφορετικό υπόβαθρο (Wang et al., 2023). Αυτή η προσέγγιση όχι μόνο ενισχύει τα εκπαιδευτικά αποτελέσματα αλλά και προάγει τον αλφαριθμητισμό στον τομέα της υγείας, ο οποίος είναι ζωτικής σημασίας για τη μείωση των ανισοτήτων στον τομέα της υγείας (Shepherd et al., 2018).

Ένας ακόμα τομέας που αξίζει να αναφερθεί είναι οι έξυπνες πόλεις, που είναι χαρακτηριστικό παράδειγμα χρήσης της τεχνητής νοημοσύνης, τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται στοχεύουν στην βελτίωση της κατανάλωσης που γίνεται στο κομμάτι της ενέργειας και σε ένα σημαντικό καθημερινό πρόβλημα τα εργαλεία μπορούν να συμβάλουν στην διαχείριση της κυκλοφορίας, αυτά είναι δύο καλά παραδείγματα για την βιώσιμη ανάπτυξη. Με τη χρήση αλγορίθμων τεχνητή νοημοσύνη, οι πόλεις μπορούν να παρακολουθούν και να διαχειρίζονται αποτελεσματικότερα τη χρήση ενέργειας, οδηγώντας σε εξοικονόμηση κόστους που μπορεί να ανακατευθυνθεί για τη βελτίωση των δημόσιων υπηρεσιών. Η ροή κυκλοφορίες είναι ένα καθημερινό πρόβλημα στις αστικές περιοχές, αυτό καλείται να βελτιώσει η τεχνητή νοημοσύνη, που δείχνει ότι μπορεί να μειώσει την συμφόρηση, που είναι κάτι που μπορεί να επηρεάσει σε δυσανάλογο επίπεδο της κοινότητες που μπορεί να χρησιμοποιούν τις δημόσιες συγκοινωνίες. Οι βελτιώσεις που μπορούν να δημιουργηθούν μέσα από της τεχνολογίες της

τεχνητής νοημοσύνης δεν στοχεύουν μόνο στην καλύτερη ποιότητα ζωής των κατοίκων, αλλά θέλουν να βελτιώσουν και την οικονομική ανάπτυξη, κάτι που μπορεί να γίνει μέσω την προσέλκυσης κάποιων κερδοφόρων επιχειρήσεων, αλλά πλέον μπορεί να γίνει μέσω της ανάπτυξης νέων ευκαιριών εργασίες (Neves, 2024).

Όμως, η χρήση της τεχνητής νοημοσύνης στον τομέα των έξυπνων πόλεων, δεν είναι τόσο εύκολη, υπάρχουν προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπιστούν. Συγκεκριμένα, έχουν παρουσιαστεί ψηφιακές ανισότητες, που είναι μία από τις κύριες προκλήσεις, καθώς είναι σημαντικό τα οφέλη να γίνονται με δίκαιη κατανομή. Οι ευάλωτες κοινότητες είναι ένα παράδειγμα που αξίζει να αναφερθεί αφού δεν έχουν συχνά πρόσβαση σε τεχνολογίες και τις απαραίτητες δεξιότητες για να αναπτύξουν στην ψηφιακή εκπαίδευση (Henaio-Rodríguez et al., 2023). Ένας κίνδυνος που υπάρχει σε αυτά τα συστήματα που αναπτύσσονται είναι οι προκαταλήψεις, καθώς αυτές μπορούν να οδηγήσουν σε μία άνιση μεταχείριση στο κομμάτι των δημόσιων υπηρεσιών (Wu et al., 2022). Η αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων απαιτεί μια συντονισμένη προσπάθεια για να διασφαλιστεί ότι οι πρωτοβουλίες τεχνητή νοημοσύνη σχεδιάζονται με ρητή εστίαση στην ισότητα, ενσωματώνοντας τη συμβολή διαφορετικών κοινοτικών φορέων (d'Elia et al., 2022).

Συμπερασματικά, ενώ η τεχνητή νοημοσύνη έχει τη δυνατότητα να μειώσει σημαντικά τις κοινωνικές και οικονομικές ανισότητες στις έξυπνες πόλεις, πρέπει να δοθεί προσεκτική προσοχή στην εφαρμογή αυτών των τεχνολογιών. Η εξασφάλιση ισότιμης πρόσβασης σε υπηρεσίες που βασίζονται στην τεχνητή νοημοσύνη και η αντιμετώπιση των υποκείμενων ψηφιακών διαχωρισμών αποτελούν κρίσιμα βήματα προς την επίτευξη της υπόσχεσης των έξυπνων πόλεων ως εξισωτών στην κοινωνία.

7.4 Δυνατότητες και προκλήσεις στην κοινωνική ισότητα

Στο κομμάτι των κοινωνικών ανισοτήτων, η τεχνητή νοημοσύνη έχει αποδειχθεί ότι είναι μία δύναμη που έχει μετασχηματιστικό χαρακτήρα για να αντιμετωπίσει οποιαδήποτε πρόκληση που υπάρχει, όπως για παράδειγμα είναι η βελτίωση στην πρόσβαση των μειονεκτικών ομάδων σε βασικές υπηρεσίες. Η ενσωμάτωση τέτοιων τεχνολογιών στην υγεία, στην εκπαίδευση και στην οικονομία έχει δείξει ότι μπορούν να γεφυρώσουν τα τυχόν κενά στην παροχή υπηρεσιών, δίνοντας έτσι την δυνατότητα ύπαρξης κοινωνικής ισότητας. Είναι αρκετά σημαντικό να γίνει αναγνώριση των τυχόν προκλήσεων που μπορούν να τεθούν από τις αλγοριθμικές προκαταλήψεις, και ο κίνδυνος επιδείνωσης των υφιστάμενων ανισοτήτων.

Ο τομέας της υγείας είναι μία από τις πιο συχνές περιπτώσεις κοινωνικών ανισοτήτων, για αυτό και οι εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης έχουν δείξει ότι μπορούν να υπόσχονται βήματα βελτίωσης για την πρόσβαση των ατόμων που ανήκουν σε περιθωριοποιημένες ομάδες. Για παράδειγμα, εργαλεία αυτό-αναφοράς με χρήση τεχνητή νοημοσύνη, όπως chatbots, έχουν εφαρμοστεί σε υπηρεσίες ψυχικής υγείας, οδηγώντας σε αυξημένη δέσμευση από μειονοτικές ομάδες, χωρίς να επηρεάζουν αρνητικά τους χρόνους αναμονής για θεραπεία (Habicht, 2024). Τα εργαλεία αυτά διευκολύνουν την ευκολότερη πρόσβαση σε υπηρεσίες ψυχικής υγείας, γεγονός που είναι ιδιαίτερα επωφελές για τα άτομα που μπορεί να αντιμετωπίζουν στίγμα ή εμπόδια στα παραδοσιακά περιβάλλοντα υγειονομικής περίθαλψης (Gültekin, 2024). Επίσης, οι τεχνολογίες της τεχνητής νοημοσύνης έχουν δείξει ότι μπορούν να αυξήσουν την αποτελεσματικότητα στις παροχές της υγείας, καθώς οι υγειονομική μπορούν πλέον να διαχειριστούν με καλύτερο τρόπο τα δεδομένα, και την προγνωστική ανάλυση, που είναι σημαντικά σε περιόδους κρίσεων, ή και σε περιόδους πανδημίας, όπως ήταν με τον COVID-19 (Secinaro et al., 2021). Ωστόσο, η πιθανότητα μεροληψίας στους αλγορίθμους τεχνητή νοημοσύνη παραμένει σημαντική ανησυχία, καθώς οι μεροληψίες αυτές μπορεί να ενισχύσουν ακούσια τις υφιστάμενες κοινωνικές ανισότητες, ιδίως εάν τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται για την εκπαίδευση αυτών των συστημάτων αντικατοπτρίζουν ιστορικές προκαταλήψεις (Fiske et al., 2019).

Στον εκπαιδευτικό τομέα, οι τεχνολογίες τεχνητή νοημοσύνη μπορούν να βοηθήσουν στην προσαρμογή των μαθησιακών εμπειριών ώστε να ανταποκρίνονται στις ανάγκες των μειονεκτούντων μαθητών. Για παράδειγμα, οι πλατφόρμες που βασίζονται στην τεχνητή νοημοσύνη μπορούν να παρέχουν εξατομικευμένες μαθησιακές διαδρομές που προσαρμόζονται σε διαφορετικά επίπεδα πρόσβασης και ικανοτήτων, προωθώντας έτσι την ενσωμάτωση (Chai, 2024). Ωστόσο, οι ανισότητες στην πρόσβαση στις ψηφιακές τεχνολογίες μπορούν να δημιουργήσουν ένα ψηφιακό χάσμα, περιθωριοποιώντας περαιτέρω όσους βρίσκονται ήδη σε μειονεκτική θέση (Vaidehi et al., 2021). Αυτό υπογραμμίζει την ανάγκη για μια ισορροπημένη προσέγγιση που όχι μόνο αξιοποιεί την τεχνητή νοημοσύνη για την εκπαιδευτική ισότητα, αλλά και αντιμετωπίζει τα υποκείμενα ζητήματα υποδομής και πρόσβασης που συμβάλλουν στην ανισότητα (Mitchell et al., 2020).

Οι χρηματοπιστωτικές υπηρεσίες μπορούν επίσης να επωφεληθούν από την τεχνητή νοημοσύνη, ιδίως μέσω της ανάπτυξης χρηματοπιστωτικών προϊόντων χωρίς αποκλεισμούς που απευθύνονται σε υποεξυπηρετούμενους πληθυσμούς. Η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να διευκολύνει τις διαδικασίες βαθμολόγησης πιστώσεων και αξιολόγησης κινδύνου που είναι πιο

δίκαιες και διαφανείς, διευρύνοντας δυνητικά την πρόσβαση σε χρηματοοικονομικούς πόρους για άτομα με χαμηλό εισόδημα (Wilson & Marasoiu, 2022). Παρ' όλα αυτά, ο κίνδυνος αλγοριθμικής μεροληψίας στις διαδικασίες λήψης χρηματοοικονομικών αποφάσεων αποτελεί σοβαρή απειλή για την επίτευξη πραγματικής ισότητας, καθώς οι μεροληπτικοί αλγόριθμοι μπορεί να θέσουν δυσανάλογα σε μειονεκτική θέση ορισμένες δημογραφικές ομάδες (Yuan, 2024).

Παρά τις ευκαιρίες που παρουσιάζει η τεχνητή νοημοσύνη, είναι επιτακτική ανάγκη να προσεγγιστεί η εφαρμογή της με προσοχή. Οι ηθικές επιπτώσεις της τεχνητή νοημοσύνη στην παροχή υπηρεσιών πρέπει να εξεταστούν κριτικά για να αποφευχθεί η εμπέδωση προκαταλήψεων που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε νέες μορφές ανισότητας (Doraiswamy et al., 2020). Οι αλγόριθμοι είναι σημαντικό να διασφαλίζονται ότι έχουν διαφάνεια και να συμμετέχουν σε διαφορετικά και ενδιαφέροντα μέρη στην διαδικασία της ανάπτυξης μπορεί να οδηγήσει στον μετριασμό αυτών των κινδύνων (Fiske et al., 2019). Είναι πολύ σημαντικό να βοηθήσετε όλους να μάθουν πώς να χρησιμοποιούν την τεχνολογία, ειδικά άτομα που μπορεί να μην έχουν τις ίδιες πιθανότητες με άλλους. Με αυτόν τον τρόπο, όλοι μπορούν να μοιραστούν τα καλά πράγματα που προέρχονται από τη χρήση της τεχνητής νοημοσύνης.

Επομένως, τα εργαλεία που μπορεί να παρέχει η τεχνητή νοημοσύνη έχουν δείξει ότι διαθέτουν αρκετά σημαντικές δυνατότητες ώστε να σημειωθεί μείωση στην ανισότητα σε κοινωνικό επίπεδο, αυτό μπορεί να επιτευχθεί κυρίως από την καλύτερη πρόσβαση σε διάφορες υπηρεσίες της καθημερινότητας των ανθρώπων, είναι σημαντικό η προσεκτική εξέταση των ηθικών επιπτώσεων και κάποιων πιθανών προκαταλήψεων. Αντιμετωπίζοντας τέτοιου είδους προκλήσεις, η τεχνητή νοημοσύνη έχει δείξει ότι μπορεί να παίζει καθοριστικό ρόλο σε ότι αφορά την προώθηση της κοινωνικής ισότητας, συνεπώς μπορεί να διασφαλίσει ότι τα άτομα ανεξάρτητα από την κοινωνικοοικονομική τους κατάσταση, και έχουν ίσες ευκαιρίες.

8 Κίνδυνοι και Ηθικά Ζητήματα της ΤΝ στη Βιώσιμη Ανάπτυξη

Η τεχνολογία της τεχνητής νοημοσύνης έχει καταφέρει πολλά και σημαντικά πράγματα, τα οποία έχουν φέρει επανάσταση, οι τεχνολογίες της έχουν συμβάλει με καθοριστικό τρόπο στην βιώσιμη ανάπτυξη. Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια έχει καταφέρει να ενσωματωθεί στην καθημερινότητα των ανθρώπων, και εγείρει σοβαρά ηθικά και πρακτικά ζητήματα. Αν και οι τεχνολογίες που έχουν αναπτυχθεί έχει καταφέρει να φέρουν σημαντικά και θετικά διάφορες εφαρμογές, όμως δεν έχουν μειωθεί οι κίνδυνοι που μπορούν να παρουσιαστούν αν οι χρήσης

της δεν γίνεται με τον σωστό τρόπο, η έλλειψη διαφάνειας και η απουσία των ρυθμιστικών πλαισίων είναι απαραίτητα για την μείωση κινδύνων.

Το ακόλουθο κεφάλαιο έχει σκοπό να εξετάσει και να παρουσιάσει κάποιους από τους κύριους και πρακτικούς προβληματισμούς που υπάρχουν στην τεχνική νοημοσύνη που αφορά την βιώσιμη ανάπτυξη, συγκεκριμένα, θα παρουσιαστούν τέσσερα βασικά ζητήματα, τα οποία είναι η ανάγκη που υπάρχει για διαφάνεια και υπευθυνότητα που χρειάζονται για να λειτουργούν οι αλγόριθμοι, επίσης είναι σημαντικό να υπάρχει προστασία στην ιδιωτικότητα και στην ασφάλεια που πρέπει να χρησιμοποιούνται τα δεδομένα, την προκατάληψη που μπορεί να ενσωματωθεί στους αλγόριθμους και να οδηγήσει σε ανισότητες, καθώς και τους κοινωνικοοικονομικούς κινδύνους που προκύπτουν από την υποκατάσταση της ανθρώπινης εργασίας.

Συνεπώς, το κεφάλαιο αυτό στοχεύει να αναδείξει τις πιθανές προκλήσεις που μπορούν να προκύψουν κατά την χρήση της τεχνητής νοημοσύνης, παρέχοντας μια κριτική ανάλυση των κινδύνων που σχετίζονται με την ηθική και την υπευθυνότητα, αλλά και προτάσεις για την αντιμετώπισή τους. Καθώς η τεχνητή νοημοσύνη συνεχίζει να αναπτύσσεται και να επηρεάζει κάθε πτυχή της ανθρώπινης δραστηριότητας, η εξέταση αυτών των ζητημάτων καθίσταται κρίσιμη για τη διασφάλιση μιας δίκαιης και βιώσιμης κοινωνίας.

8.1 Προκλήσεις διαφάνειας και υπευθυνότητας

Η διαφάνεια και η λογοδοσία είναι προκλήσεις που είναι αρκετά κρίσιμα για τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης, αυτές οι προκλήσεις απαιτούν εξονυχιστική εξέταση αφού πλέον οι τεχνολογίες που αναπτύσσονται αρχίζουν να ενσωματώνονται σε πολλούς τομείς, όπως έχουν ήδη αναφερθεί οι περισσότεροι παραπάνω. Η διαφάνεια που είναι απαραίτητη να έχουν οι αλγόριθμοι είναι υψίστης σημασίας, ώστε οι χρήστες και οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής να έχουν πιο κατανοητό τρόπο για την λήψη των αποφάσεων τους. Παρόμοια η έννοια της λογοδοσίας έχει να κάνει με την διασφάλιση ότι οι μηχανισμοί που αναπτύσσονται αφορούν την αντιμετώπιση κάποιος αρνητικών επιπτώσεων.

Η διαφάνεια αφορά την σαφήνεια που σχετίζεται με τον τρόπο που οι χρήστες μπορούν να κατανοούν το πως λειτουργούν οι αλγόριθμοι. Αυτό είναι αρκετά σημαντικό στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης, αφού τα συστήματα που μπορούν να επηρεάσουν της αποφάσεις που αφορούν τους ασθενείς (Morandini, 2023). Αλλά, υπάρχουν μελέτες που διερευνούν τους τρόπους που μπορούν να αντιμετωπιστούν οι προκλήσεις που αφορούν την διαφάνεια και την αυτοματοποιημένη λήψη αποφάσεων, αυτές οι μελέτες τονίζουν την σημασία του συνδυασμού

της ιδανικής διαφάνειας με την υλοποίηση της σε πραγματικό χρόνο (Felzmann et al., 2020). Οι προκλήσεις αυτές περιπλέκονται περαιτέρω από την πολυπλοκότητα πολλών αλγορίθμων τεχνητής νοημοσύνης, οι οποίοι συχνά αποκρύπτουν τη λογική πίσω από τις αποφάσεις τους, καθιστώντας δυσκολότερο για τους χρήστες να αξιολογήσουν τη δικαιοσύνη και την αξιοπιστία τους (Chazette & Schneider, 2020).

Επιπλέον, μελέτες έχουν δείξει ότι τα ενδιαφερόμενα μέρη, συμπεριλαμβανομένων των ασθενών και των παροχών υγειονομικής περίθαλψης, εκφράζουν συχνά ανησυχίες σχετικά με την αδιαφάνεια των συστημάτων τεχνητή νοημοσύνη. Για παράδειγμα, έχουν υπάρξει μελέτες που εξετάζουν αν οι ασθενείς είναι έτοιμη για να δεχτούν την αυτοματοποιημένη περίθαλψη, οι μελέτες αυτές οι δεν είναι ακόμα έτοιμη, κάτι που δείχνει πως είναι αναγκαίο να υπάρχει μεγαλύτερη διαφάνεια στην λειτουργία των συστημάτων (Tran et al., 2019). Παρόμοια, έχουν παρουσιαστεί αποτελέσματα που δείχνουν πως υπάρχει χαμηλή εμπιστοσύνη στις συμβουλές που προέρχονται από συστήματα τεχνητής νοημοσύνης, αυτό είναι κάτι που οφείλεται στην αντιληπτή απανθρωποποίηση των σχέσεων μεταξύ κλινικού ιατρού – ασθενούς και στην έλλειψη ρυθμιστικής εποπτείας (Scott et al., 2021). Τα ευρήματα αυτά υπογραμμίζουν την ανάγκη για κατευθυντήριες γραμμές που προωθούν τη διαφάνεια στις εφαρμογές τεχνητή νοημοσύνη, επιτρέποντας την επαλήθευση των αποτελεσμάτων των αλγορίθμων και ενισχύοντας την εμπιστοσύνη των χρηστών.

Το ζήτημα της λογοδοσίας στη λήψη αποφάσεων για την τεχνητή νοημοσύνη είναι εξίσου πιεστικό. Τα συστήματα της τεχνητής νοημοσύνης πλέον αναλαμβάνουν ολοένα και περισσότερους ρόλους για την λήψη αποφάσεων, κάτι που οδηγεί στην ανάγκη για να καθοριστούν κατευθυντήριες γραμμές ευθύνης για τα αρνητικά αποτελέσματα. Επιπλέον, υποστηρίζεται πως η ανθρώπινη εποπτεία είναι σημαντικό κομμάτι αν θέλουν να διασφαλιστεί ότι τα συστήματα που αναπτύσσονται είναι ηθικά ορθά πέρα από αποτελεσματικά (Laux, 2023). Αυτή η εποπτεία πρέπει να θεσμοθετηθεί για να αποτραπούν πιθανές βλάβες που μπορεί να προκύψουν από κακοσχεδιασμένα συστήματα τεχνητή νοημοσύνη ή από τη μη ευθυγράμμιση των κινήτρων μεταξύ των προγραμματιστών και των χρηστών.

Οι ηθικές επιπτώσεις δεν μπορούν να παραλειφθούν στην διαδικασία της λήψης αποφάσεων αφού αν και έχει βρεθεί ότι η τεχνητή νοημοσύνη ότι ενισχύεται η αποτελεσματικότητα στο κομμάτι της λήψης αποφάσεων όμως παρουσιάζονται η αλγοριθμική προκατάληψη και τα ηθικά ζητήματα (BALBAA, 2024). Αυτό καθιστά αναγκαία την εφαρμογή ισχυρών ρυθμιστικών πλαισίων που διασφαλίζουν τη λογοδοσία και τα ηθικά πρότυπα στην ανάπτυξη της τεχνητή νοημοσύνη. Η αξιοπιστία και η διαφάνεια είναι δύο απαραίτητα στοιχεία που

πρέπει να έχουν τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης στον τομέα της υγείας, καθώς είναι απαραίτητα να οι χρήστες τους να αναπτύξουν εμπιστοσύνη (Mészáros et al., 2022). Σε αυτό το πλαίσιο είναι σημαντικό να υπάρχει ρυθμιστική εποπτεία αφού μπορεί να συμβάλει στη μείωση κινδύνων που έχουν άμεση σχέση με την τεχνητή νοημοσύνη, όπως για παράδειγμα είναι η παραβίαση την ιδιωτικής ζωής, ακόμα και η αλγοριθμική μεροληψία, δύο από τις πιο σημαντικές ανησυχία που υπάρχουν σε όλους τους τομείς που εφαρμόζεται την τεχνητή νοημοσύνη (Espejo, 2023).

Αυτές οι προκλήσεις αντιμετωπίζονται με ολοκληρωμένες κατευθυντήριες γραμμές που πρέπει να εφαρμοστούν στα συστήματα τις τεχνητής νοημοσύνης. Αυτές οι γραμμές είναι απαραίτητα να προωθούν την διαφάνεια στο στάδιο του σχεδιασμού, που περιλαμβάνεται η ενσωμάτωση των αρχών της διαφάνειας στη διαδικασία ανάπτυξης των συστημάτων τεχνητή νοημοσύνη (Felzmann et al., 2020). Επιπλέον, η θέσπιση σαφών πλαισίων λογοδοσίας είναι ζωτικής σημασίας. Αυτό περιλαμβάνει τον καθορισμό των ρόλων και των ευθυνών των προγραμματιστών τεχνητή νοημοσύνη, των χρηστών και των ρυθμιστικών φορέων στην εποπτεία των εφαρμογών τεχνητή νοημοσύνη.

Επιπλέον, η θέσπιση ηθικών προτύπων και η συνεχής παρακολούθηση των συστημάτων τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να συμβάλει στη διασφάλιση ότι λειτουργούν εντός αποδεκτών παραμέτρων και δεν επηρεάζουν αρνητικά τους χρήστες. Οι κατευθυντήριες γραμμές έχουν σχεδιαστεί με στόχο την υπεύθυνη υιοθέτηση των συστημάτων της τεχνητής νοημοσύνης, επομένως, οι αλγόριθμοι πρέπει να έχουν ακεραιότητα, διαφάνεια και υπευθυνότητα (Hryciw, 2023). Αυτή η προσέγγιση είναι ικανή να αυξήσει την εμπιστοσύνη στις τεχνητής νοημοσύνης και να διασφαλίσει ότι χρησιμοποιούνται υπεύθυνα και ηθικά σε διάφορους τομείς.

8.2 Κίνδυνοι για την ιδιωτικότητα και την ασφάλεια δεδομένων

Τα δεδομένα είναι αρκετά σημαντικό κομμάτι στα συστήματα της τεχνητής νοημοσύνης, όμως με την ενσωμάτωση της δημιουργούνται ανησυχίες που αφορούν τους κινδύνους που έχουν να κάνουν με την προστασία και την ασφάλεια των δεδομένων. Τα περισσότερα συστήματα εκπαιδεύονται σε τεράστιες ποσότητες δεδομένων, και οι δυνατότητες παρακολούθησης και η χρήση αυτών των δεδομένων είναι αρκετά σημαντικά. Η αυξανόμενη εξάρτηση του χρηματοπιστωτικού τομέα από την τεχνητή νοημοσύνη είναι ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα για την επεξεργασία των προσωπικών πληροφοριών, καθώς έχουν αναδειχθεί προκλήσεις που αφορούν την διασφάλιση της ασφάλεια που υπάρχει για τα δεδομένα. Η παραβίαση των δεδομένων της Capital One το 2019 αποτελεί παράδειγμα των σοβαρών συνεπειών των

ανεπαρκών μέτρων προστασίας δεδομένων, οδηγώντας σε οικονομικές απώλειες και βλάβη της φήμης, ενώ εγείρει ερωτήματα σχετικά με την αποτελεσματικότητα των υφιστάμενων πρωτοκόλλων ασφαλείας (Olabanji, 2024). Επιπλέον, ο χαρακτήρας «μαύρου κουτιού» πολλών συστημάτων τεχνητή νοημοσύνη περιπλέκει τη διαφάνεια των διαδικασιών λήψης αποφάσεων, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε παραβιάσεις της ιδιωτικής ζωής των δεδομένων, εάν οι ευαίσθητες πληροφορίες δεν προστατεύονται επαρκώς (Booven, 2024).

Οι κίνδυνοι που συνδέονται με παραβιάσεις δεδομένων και κακή διαχείριση επιδεινώνονται σε περιβάλλοντα όπου χρησιμοποιείται η τεχνητή νοημοσύνη. Ο τομέας της υγειονομικής περίθαλψης, για παράδειγμα, αντιμετωπίζει μοναδικές προκλήσεις, καθώς τα μοντέλα τεχνητή νοημοσύνη απαιτούν εκτεταμένα σύνολα δεδομένων για εκπαίδευση, τα οποία μπορούν να εκθέσουν ευαίσθητες πληροφορίες ασθενών εάν δεν διασφαλιστούν κατάλληλα. Αξιοσημείωτες παραβιάσεις, όπως αυτές που αφορούν την Anthem Inc. και το UCLA Health System, υπογραμμίζουν τα τρωτά σημεία που ενυπάρχουν στο χειρισμό μεγάλων συνόλων δεδομένων (Booven, 2024). Επιπλέον, η ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης στα μέτρα κυβερνοασφάλειας είναι ζωτικής σημασίας για τον μετριασμό αυτών των κινδύνων. Οι τεχνολογίες τεχνητή νοημοσύνη μπορούν να ενισχύσουν την ανίχνευση απειλών και να αυτοματοποιήσουν τις αντιδράσεις σε πιθανές παραβιάσεις, βελτιώνοντας έτσι τη συνολική ασφάλεια των δεδομένων (Chindrus, 2023; Meduri, 2024). Ωστόσο, πρέπει να αντιμετωπιστούν οι ηθικές επιπτώσεις της τεχνητή νοημοσύνη, συμπεριλαμβανομένων των προκαταλήψεων στους αλγόριθμους και των ζητημάτων λογοδοσίας, ώστε να διασφαλιστεί η υπεύθυνη χρήση (Schweitzer, 2024; Dopamu, 2024).

Πρόσφατα έχει οριστεί ο «Γενικός Κανονισμός για την Προστασία Δεδομένων – GDPR» που παρουσιάστηκε από την Ευρωπαϊκή Ένωση, και έχει ορίσει κάποια ρυθμιστικά πλαίσια που στοχεύουν στον κατάλληλο τρόπο για την προστασία των δεδομένων (GDPR), και έχουν καθοριστικό ρόλο στον τρόπο που ρυθμίζονται τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης που χειρίζονται τα προσωπικά δεδομένα. Αυτά τα ρυθμιστικά πλαίσια που ορίζει ο κανονισμός επιβάλλουν στους οργανισμούς να πραγματοποιούν εκτιμήσεις για τον αντίκτυπο της προστασίας δεδομένων, όταν αναλύουν δεδομένων που ενδέχεται να έχουν υψηλούς κινδύνους για τα άτομα που αφορούν τα δεδομένα (Pandit, 2022). Είναι μία απαίτηση που οι οργανισμοί κρίνουν απαραίτητη ώστε να επεξεργάζονται τα δεδομένα, και να αξιολογούνται οι κίνδυνοι, και τέλος να γίνεται εφαρμογή των κατάλληλων μέτρων. Η πολυπλοκότητα που υπάρχει στις τεχνολογίες της τεχνητής νοημοσύνης συχνά δυσκολεύει την συμμόρφωση τους στους κανονισμούς που έχουν οριστεί, αφού οι ενδιαφερόμενοι εντοπίζουν δύσκολα τους κινδύνους

και τα αποτελέσματα (Pandit, 2023). Οι έλεγχοι απορρήτου που πραγματοποιούνται στα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης είναι απαραίτητοι αφού μπορούν να διασφαλίσουν την συμμόρφωση των συστημάτων στους GDPR, όσο οι τεχνολογίες ενσωματώνονται στις κοινωνικές λειτουργίες (Lund, 2024).

Αν και η τεχνική νοημοσύνη έχει δημιουργήσει ευκαιρίες που είναι καινοτόμες και αποτελεσματικές σε πολλούς και διάφορους τομείς, αφού εισάγει κινδύνους που αφορούν την προστασία ιδιωτικής ζωής και στην ασφάλεια των δεδομένων. Είναι απαραίτητο να δημιουργείται μία ολοκληρωμένη προσέγγιση για τον τρόπο με τον οποίο πρέπει να διαχειριστούν οι κίνδυνοι που αφορά την κατάχρηση δεδομένων που συνδυάζεται με τις προκλήσεις της κανονιστικής συμμόρφωσης και των ηθικών προβληματισμών, καθιστά αναγκαία μια ολοκληρωμένη προσέγγιση για τη διαχείριση αυτών των κινδύνων. Οι οργανισμοί πρέπει να δώσουν προτεραιότητα στην εφαρμογή ισχυρών μέτρων ασφαλείας, να τηρήσουν τα κανονιστικά πλαίσια και να προωθήσουν τη διαφάνεια στις διαδικασίες λήψης αποφάσεων τεχνητή νοημοσύνη για την αποτελεσματική προστασία των προσωπικών δεδομένων.

8.3 Προκατάληψη και Ανισότητες στους Αλγόριθμους Τεχνητής Νοημοσύνης

Μία ακόμα σημαντική πρόκληση που παρουσιάζουν οι αλγόριθμοι της τεχνητής νοημοσύνης είναι η μεροληψία που παρουσιάζουν οι αλγόριθμοι, καθώς μπορεί οι αλγόριθμοι να παρουσιάσουν μεροληπτική συμπεριφορά στην διαδικασία της εκπαίδευσης μέσω των δεδομένων εκπαίδευσης καθώς αναπτύσσονται. Όταν εκπαιδεύεται το εκάστοτε μοντέλο, τα δεδομένα πρέπει να είναι μη μεροληπτικά, αφού μπορούν να διαιωνίσουν και να επιδεινώσουν τις υπάρχουσες κοινωνικές προκαταλήψεις, επομένως τα αποτελέσματα είναι με διακρίσεις ανεξάρτητα τον τομέα που εφαρμόζεται, όπως για παράδειγμα στην υγεία, και στον δικαστικό τομέα. Για παράδειγμα, μελέτες έχουν δείξει ότι οι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης που χρησιμοποιούνται σε δικαστικά περιβάλλοντα έχουν ενισχύσει τις φυλετικές προκαταλήψεις, με αποτέλεσμα την άδικη μεταχείριση ορισμένων δημογραφικών ομάδων (Baltezarević, 2023). Ομοίως, στον τομέα της απασχόλησης, οι αυτοματοποιημένες διαδικασίες ελέγχου μπορεί να εισάγουν ακούσια διακρίσεις εις βάρος των υποψηφίων με βάση το φύλο ή την εθνικότητα λόγω μεροληπτικών δεδομένων εκπαίδευσης (Osasona, 2024).

Οι κοινωνικές και ηθικές συνέπειες της αλγοριθμικής μεροληψίας είναι βαθιές. Οι διακρίσεις εις βάρος περιθωριοποιημένων ομάδων μπορεί να οδηγήσουν σε σημαντικές ανισότητες στις

ευκαιρίες και τα αποτελέσματα, επηρεάζοντας την πρόσβαση των ατόμων σε θέσεις εργασίας, υγειονομική περίθαλψη και δίκαιη νομική μεταχείριση (Huang et al., 2023). Για παράδειγμα, η πανδημία COVID-19 ανέδειξε πώς οι φυλετικές προκαταλήψεις μπορούν να επιδεινώσουν τις ανισότητες στην υγεία μεταξύ των εθνικών μειονοτήτων, οδηγώντας σε αυξημένους κινδύνους για την ψυχική υγεία και κοινωνικές ανισότητες (Fisher et al., 2021). Επιπλέον, οι προκαταλήψεις στους αλγορίθμους μπορούν να υπονομεύσουν την εμπιστοσύνη του κοινού στα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης, όπως φάνηκε στην αντίδραση κατά των προκατειλημμένων αποτελεσμάτων σε εφαρμογές υψηλού κινδύνου, όπως η ποινική δικαιοσύνη και οι πρακτικές προσλήψεων (Ferrara, 2023).

Η αντιμετώπιση των προκαταλήψεων στους αλγορίθμους απαιτεί μια πολύπλευρη προσέγγιση. Μια αποτελεσματική στρατηγική είναι η διασφάλιση της διαφάνειας στη συλλογή δεδομένων και στις αλγοριθμικές διαδικασίες. Αυτό περιλαμβάνει την εφαρμογή δηλώσεων δεδομένων που περιγράφουν λεπτομερώς τα χαρακτηριστικά των συνόλων δεδομένων κατάρτισης, τα οποία μπορούν να βοηθήσουν στον εντοπισμό πιθανών προκαταλήψεων και να προωθήσουν τη λογοδοσία (Brown et al., 2021). Επιπλέον, ο συνεχής έλεγχος των αλγορίθμων είναι απαραίτητος για τον εντοπισμό και τον μετριασμό των προκαταλήψεων καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής τους (Bender & Friedman, 2018). Είναι σημαντικό οι προγραμματιστές να δίνουν προτεραιότητα σε πρακτικές που είναι δίκαιες ώστε να διασφαλιστούν ότι οι διαφορετικές δημογραφικές ομάδες θα αντιπροσωπεύονται σωστά στο στάδιο της εκπαίδευσης και τα αποτελέσματα θα είναι δίκαια (Raji et al., 2020). Οι ερευνητές και οι προγραμματιστές προσπαθούν να αναπτύξουν συστήματα τεχνητής νοημοσύνης που να δίνουν αποτελέσματα που παρουσιάζουν ισότητα και διαφάνεια (Morley et al., 2021).

8.4 Εξαρτήσεις και οι κίνδυνοι υποκατάστασης ανθρώπινης εργασίας

Πλέον, η καθημερινότητα των ανθρώπων περιλαμβάνει ολοένα και περισσότερες τεχνολογίες τεχνητής νοημοσύνης και αυτοματοποιημένες εργασίες, σε πολλούς τομείς, και έχουν σημειωθεί πολλές επιπτώσεις σε αγορές, σε ασφάλεια των εργασίας και τις κοινωνικές εργασίες. Με την ολοένα και αύξηση της χρήσης των αυτοματοποιημένων εργασιών, οδηγεί σε πιθανή εξάλειψη κάποιων θέσεων εργασιών αφού τις αντικαθιστούν. Μελέτες έχουν δείξει ότι οι εργαζόμενοι που διατρέχουν υψηλό κίνδυνο να χάσουν την εργασία τους από την αυτοματοποίηση, καθώς οι θέσεις τους είναι τέτοια που μπορούν να εκτελεστούν με αποτελεσματικό τρόπο από μηχανές (Narine, 2023; Schwabe & Castellacci, 2020; Aaronson & Phelan, 2024). Αντίθετα, υπάρχει δυναμικό για τη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας σε τομείς που απαιτούν υψηλότερα επίπεδα δεξιοτήτων ή σε ρόλους που η τεχνητή νοημοσύνη δεν

μπορεί εύκολα να αναπαράγει, όπως αυτοί που περιλαμβάνουν σύνθετη επίλυση προβλημάτων ή διαπροσωπικές δεξιότητες (Rio-Chanona et al., 2019- Agrawal, 2024).

Οι κοινωνικές και οικονομικές συνέπειες αυτής της μετατόπισης είναι σημαντικές. Είναι πιθανόν οι εργαζόμενοι που ανήκουν στο χαμηλότερο μορφωτικό επίπεδο να χάσουν την δουλειά τους, αφού είναι δύσκολο να καλύψουν τις θέσεις εργασίας που πλέον απαιτούν υψηλότερα προσόντα (Klinova & Korinek, 2021; Nirpani, 2020). Αυτή η πόλωση της αγοράς εργασίας, όπου οι θέσεις εργασίας υψηλής και χαμηλής ειδίκευσης πολλαπλασιάζονται, ενώ οι θέσεις εργασίας μεσαίας ειδίκευσης μειώνονται, εγείρει ανησυχίες σχετικά με τη μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα του εργατικού δυναμικού και την οικονομική σταθερότητα των πληττόμενων κοινοτήτων (Vaz et al., 2022; Nakamura, 2022). Οι εργαζόμενοι που χάνουν την δουλειά τους μπορεί να παρουσιάσουν κάποιες ψυχολογικές επιπτώσεις, που οδηγούν συνήθως σε υψηλά ποσοστά άγχους ακόμα και σε κατάθλιψη, αυτό δείχνει πόσο σημαντικό είναι η παροχή υποστήριξης σε εργαζόμενους που κινδυνεύουν να χάσουν την δουλειά τους (Gratz et al., 2020; Rughoobur-Seetah, 2021).

Επομένως, για να μειωθούν οι δύσκολες επιπτώσεις από την διαδικασία αυτοματοποίηση στην αγορά εργασίας, οι περισσότεροι οργανισμοί προσπαθούν να προωθήσουν τμήματα επανεκπαίδευσης και αναβάθμιση των δεξιοτήτων των εργαζόμενων τους. Η επένδυση σε προγράμματα εκπαίδευσης και κατάρτισης μπορεί να βοηθήσει τους εργαζόμενους να μεταβούν σε νέους ρόλους που είναι λιγότερο ευάλωτοι στην αυτοματοποίηση (Narine, 2023; Brynjolfsson, 2022).

Επιπλέον, υπάρχει ανάγκη για πολιτικές που αντιμετωπίζουν τις οικονομικές ανισότητες που επιδεινώνονται από την αυτοματοποίηση, όπως μηχανισμοί αναδιανομής εισοδήματος που μπορούν να παρέχουν στήριξη σε όσους πλήττονται περισσότερο από την απώλεια θέσεων εργασίας (Hoorn, 2018; Kuo, 2023). Με την προώθηση ενός περιβάλλοντος που ενθαρρύνει τη συνεχή μάθηση και προσαρμογή, οι κοινωνίες μπορούν να αντιμετωπίσουν καλύτερα τις προκλήσεις που θέτουν η τεχνητή νοημοσύνη και η αυτοματοποίηση, οδηγώντας τελικά σε μια πιο δίκαιη αγορά εργασίας.

9 Συμπεράσματα και Μελλοντικές Κατευθύνσεις

9.1 Σύνοψη κύριων ευρημάτων

Η παρούσα εργασία παρουσίασε μερικούς από τους τομείς που η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να συμβάλει στη βιώσιμη ανάπτυξη, αφού παρέχει μία πολυδιάστατη ανάλυση των εφαρμογών και των προκλήσεων για το μέλλον. Αρχικά η εφαρμογή της τεχνητής νοημοσύνης σε περιβαλλοντικούς σκοπούς μπορεί να χρησιμοποιηθεί ώστε να γίνεται καλύτερη παρακολούθηση της ποιότητας του αέρα και του νερού, αυτό επιτυγχάνεται μέσω προηγμένων αλγορίθμων μηχανικής μάθησης, ακόμα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την πρόβλεψη φυσικών καταστροφών, όπως είναι οι σεισμοί. Επιπλέον, μπορούν να αναλυθούν δορυφορικά δεδομένα ώστε να γίνει ανίχνευση της αποψίλωσης των δασών, όπως και των τυχών μεταβολών που μπορούν να υπάρξουν στην βιοποικιλότητα.

Η γεωργία και η κυκλική οικονομία είναι δύο τομείς που εφαρμόζουν την τεχνητή νοημοσύνη ώστε να προάγουν την βιωσιμότητα μέσα από την υιοθέτηση των προηγμένων τεχνολογιών που τους παρέχει. Η «έξυπνη γεωργία» προσφέρει στους αγρότες αισθητήρες και drones ώστε να μπορούν να κάνουν τις παραγωγές του πιο αποδοτικές μέσω των πόρων του νερού και των λιπασμάτων, ενώ τους βοηθά να μειώσουν τα απόβλητα και να έχουν περισσότερη παραγωγή. Παράλληλα, τα συστήματα TN που εφαρμόζονται στη διαχείριση αποβλήτων και τα κυκλικά οικονομικά μοντέλα διευκολύνουν την ανακύκλωση και την επαναχρησιμοποίηση υλικών, μειώνοντας έτσι το περιβαλλοντικό αποτύπωμα.

Μία ακόμα σημαντική συνεισφορά της τεχνικής νοημοσύνης είναι στους τομείς της κοινωνίας και της οικονομίας, αφού είναι ικανή να ενισχύσει την οικονομική ανάπτυξη αφού μπορεί να προσφέρει νέες θέσεις εργασίας, ιδιαίτερα σε τομείς που αφορούν τις έξυπνες πόλεις και την διαχείριση ενέργειας. Όμως, οι τεχνολογίες της προσφέρουν στην μείωση της κοινωνικής ανισότητας, αφού μπορεί να διευκολύνει την πρόσβαση ατόμων σε κρίσιμες υπηρεσίες, όπως για παράδειγμα είναι η υγεία και η εκπαίδευση. Η δημιουργία των έξυπνων πόλεων έχουν στόχο να βοηθήσουν την ποιότητα ζωής των κατοίκων της, και η χρήση της βιοϊατρικής ανάπτυξης βοηθά στην ενίσχυση της δημόσιας υγείας.

Ωστόσο, παρατηρήθηκαν και σημαντικοί περιορισμοί και προκλήσεις. Οι αλγόριθμοι της TN απαιτούν μεγάλα σύνολα δεδομένων και υψηλή επεξεργαστική ισχύ, γεγονός που αυξάνει την ενεργειακή κατανάλωση. Ταυτόχρονα, η προστασία της ιδιωτικότητας και η αντιμετώπιση προκαταλήψεων στους αλγόριθμους παραμένουν ανοιχτά ζητήματα. Όμως, αν και η τεχνητή

νοημοσύνη έχει εφαρμοστεί στις περισσότερες περιοχές, είναι δύσκολο να ενστερνιστεί σε απομακρυσμένες ή ευάλωτες περιοχές, αφού αυτές οι περιοχές έχουν έλλειψη υποδομών.

Επομένως, για την επίτευξη των 17 στόχων βιώσιμης ανάπτυξης (Εικ. 1.1) η τεχνητή νοημοσύνη έχει αποδειχθεί αρκετά σημαντικά, καθώς προωθεί λύσεις που βοηθούν στις κοινωνικές, περιβαλλοντικές και οικονομικές περιπτώσεις. Η ικανότητά της να παρέχει προγνωστικά μοντέλα, να βελτιώνει τη διαχείριση των πόρων και να ενισχύει την κοινωνική ένταξη καταδεικνύει τη μεγάλη της συνεισφορά στη δημιουργία ενός βιώσιμου μέλλοντος για όλους.

9.2 Προοπτικές για περαιτέρω έρευνα

Η τεχνητή νοημοσύνη στο κομμάτι της βιώσιμης ανάπτυξης συνεχώς αναπτύσσεται, όμως το στάδιο που βρίσκεται είναι δείχνει πως υπάρχουν ακόμα τρόποι για περαιτέρω διερεύνηση σε διάφορες κρίσιμες διαστάσεις. Οι αλγόριθμοι που έχουν αναπτυχθεί μέχρι στιγμής έχουν δείξει ότι έχουν αρκετά προβλήματα που τους εμποδίζει να έχουν καλή αποτελεσματικότητα σε εφαρμογές που στοχεύουν στην βιώσιμη ανάπτυξη.

Πολλά από τα μοντέλα που έχουν ήδη αναπτυχθεί έχουν πρόβλημα στην διαφάνεια και στην ερμηνευσιμότητα των δεδομένων, επομένως αυτό οδηγεί στην μείωση εμπιστοσύνης των χρηστών (Jobin & Ienca, 2019; Akinrinola, 2024). Η ενίσχυση της αλγοριθμικής διαφάνειας είναι ζωτικής σημασίας, καθώς μπορεί να διευκολύνει την καλύτερη κατανόηση και αποδοχή των λύσεων τεχνητής νοημοσύνης (Olorunfemi, 2024). Επιπλέον, η ενσωμάτωση προηγμένων τεχνικών επεξεργασίας δεδομένων, όπως η ανάλυση μεγάλων δεδομένων και η μηχανική μάθηση, μπορεί να βελτιώσει σημαντικά τις επιδόσεις των συστημάτων ΤΝ στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής (Adelakun, 2024; Bachmann et al., 2022). Η έρευνα θα πρέπει να επικεντρωθεί στην ανάπτυξη πιο εύρωστων αλγορίθμων που μπορούν να χειριστούν ποικίλα σύνολα δεδομένων και να παρέχουν αξιόπιστες εκροές, βελτιστοποιώντας έτσι την εφαρμογή τους στην περιβαλλοντική παρακολούθηση και τη διαχείριση των πόρων (Akter, 2024).

Στον τομέα της αειφόρου ανάπτυξης πρέπει η επόμενη μελέτες θα ήταν καλό να εστιάσουν στις ηθικές επιπτώσεις που υπάρχουν, δηλαδή, θα πρέπει να βρεθούν τρόποι αντιμετώπισης για της προσκλήσεις της διασφάλισης της λογοδοσίας και της διαφάνειας στα συστήματα ΤΝ. Η φύση «μαύρου κουτιού» πολλών αλγορίθμων ΤΝ εγείρει ανησυχίες σχετικά με την προκατάληψη και τη δικαιοσύνη, οι οποίες μπορούν να διαιωνίσουν τις υφιστάμενες ανισότητες (Akinrinola, 2024; Hoseini, 2023).

Επομένως, με την καθιέρωση των ηθικών πλαισίων που δημιουργούνται είναι απαραίτητο να υπάρχει σωστή καθοδήγηση ώστε να αναπτύσσονται κατάλληλα τα μοντέλα, και οι προγραμματιστές να διασφαλίζουν ότι οι τεχνολογίες που αναπτύσσονται θα εξυπηρετούν την ανθρώπινη ευημερία με στόχο τον σεβασμό της ιδιωτικής ζωής και της ασφάλειας (Fan, 2024). Η ενσωμάτωση ηθικών εκτιμήσεων στις διαδικασίες σχεδιασμού της τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να συμβάλει στον μετριασμό των κινδύνων που συνδέονται με την αλγοριθμική προκατάληψη και να ενισχύσει την εμπιστοσύνη του κοινού στις εφαρμογές τεχνητή νοημοσύνη (Saraiva, 2024).

Τα μοντέλα που αναπτύσσονται για την επίτευξη της βιώσιμης ανάπτυξης παρουσιάζουν προκλήσεις που είναι αρκετά πολύπλοκες και απαιτούν τον συνδυασμό γνώσεων από πολλά διάφορους τομείς, δηλαδή, μπορεί να γίνει συνδυασμός την περιβαλλοντικής επιστήμης, της κοινωνιολογίας αλλά και της οικονομίας. Επομένως, για την ανάπτυξη των μοντέλων απαιτεί την συνεργασία των ερευνητών που ασχολούνται με την τεχνητή νοημοσύνη με τους γνώστες του εκάστοτε τομέα, ώστε να προτείνονται λύσεις που είναι καινοτόμες και αξιοποιούν προηγμένες τεχνολογίες (Akter, 2024).

Για παράδειγμα, η διεπιστημονική έρευνα μπορεί να ενισχύσει την αποτελεσματικότητα της ΤΝ στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής με την ενσωμάτωση οικολογικών δεδομένων με προηγμένες τεχνικές μοντελοποίησης (Adelakun, 2024; Bachmann et al., 2022). Τέτοιες συνεργασίες μπορούν επίσης να διευκολύνουν την ανάπτυξη συστημάτων ΤΝ που δεν είναι μόνο τεχνικά ικανά αλλά και κοινωνικά υπεύθυνα και ηθικά ορθά (Toli, 2024).

Βιβλιογραφία

Aaronson, D. and Phelan, B. (2024). The evolution of technological substitution in low-wage labor markets. *The Review of Economics and Statistics*, 106(4), 1045-1063. https://doi.org/10.1162/rest_a_01222

Adefemi, A. (2023). Artificial intelligence in environmental health and public safety: a comprehensive review of usa strategies. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 20(3), 1420-1434. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2023.20.3.2591>

Aderibigbe, A. (2023). Enhancing energy efficiency with ai: a review of machine learning models in electricity demand forecasting. *Engineering Science & Technology Journal*, 4(6), 341-356. <https://doi.org/10.51594/estj.v4i6.636>

Adewumi, A. (2024). Reviewing the impact of ai on renewable energy efficiency and management. *International Journal of Science and Research Archive*, 11(1), 1518-1527. <https://doi.org/10.30574/ijjsra.2024.11.1.0245>

Agrawal, A. (2024). The turing transformation: artificial intelligence, intelligence augmentation, and skill premiums., (Special Issue 5). <https://doi.org/10.1162/99608f92.35a2f3ff>

Ahmad, A., Javaid, N., Mateen, A., Awais, M., & Khan, Z. (2019). Short-term load forecasting in smart grids: an intelligent modular approach. *Energies*, 12(1), 164. <https://doi.org/10.3390/en12010164>

Ahmad, S. and Kim, D. (2020). Quantum gis based descriptive and predictive data analysis for effective planning of waste management. *Ieee Access*, 8, 46193-46205. <https://doi.org/10.1109/access.2020.2979015>

Aleman, S., Beltran, J., Pérez, A., & Ganzfried, S. (2019). Predicting hurricane trajectories using a recurrent neural network. *Proceedings of the Aaai Conference on Artificial Intelligence*, 33(01), 468-475. <https://doi.org/10.1609/aaai.v33i01.3301468>

Ali, A. (2023). Green ai for sustainability: leveraging machine learning to drive a circular economy. *Babylonian Journal of Artificial Intelligence*, 2023, 15-16. <https://doi.org/10.58496/bjai/2023/004>

Ali, S. and Ahmad, A. (2019). Forecasting msw generation using artificial neural network time series model: a study from metropolitan city. *Sn Applied Sciences*, 1(11). <https://doi.org/10.1007/s42452-019-1382-7>

Ali, S. and Choi, B. (2020). State-of-the-art artificial intelligence techniques for distributed smart grids: a review. *Electronics*, 9(6), 1030. <https://doi.org/10.3390/electronics9061030>

Almusaed, A. and Yitmen, İ. (2023). Architectural reply for smart building design concepts based on artificial intelligence simulation models and digital twins. *Sustainability*, 15(6), 4955. <https://doi.org/10.3390/su15064955>

Alowais, S. (2023). Revolutionizing healthcare: the role of artificial intelligence in clinical practice. *BMC Medical Education*, 23(1). <https://doi.org/10.1186/s12909-023-04698-z>

Alves, F., Santos, N., Rodrigues, G., Ribeiro, P., & Souza, A. (2020). Uma revisão da literatura sobre técnicas de inteligência artificial aplicadas a redes inteligentes de autocura/ a review of

literature on artificial intelligence techniques applied to self-healing smart grids. *Brazilian Journal of Development*, 6(11), 88775-88792. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n11-338>

Ametepey, S. (2024). The impact of ai in sustainable development goal implementation: a delphi study. *Sustainability*, 16(9), 3858. <https://doi.org/10.3390/su16093858>

Amini, M. (2023). Artificial intelligence ethics and challenges in healthcare applications: a comprehensive review in the context of the european gdpr mandate. *Machine Learning and Knowledge Extraction*, 5(3), 1023-1035. <https://doi.org/10.3390/make5030053>

Ang, L. and Seng, J. (2021). Big data and machine learning with hyperspectral information in agriculture. *Ieee Access*, 9, 36699-36718. <https://doi.org/10.1109/access.2021.3051196>

Araújo, S. (2023). Machine learning applications in agriculture: current trends, challenges, and future perspectives. *Agronomy*, 13(12), 2976. <https://doi.org/10.3390/agronomy13122976>

Araújo, S., Peres, R., Barata, J., Lidon, F., & Ramalho, J. (2021). Characterising the agriculture 4.0 landscape—emerging trends, challenges and opportunities. *Agronomy*, 11(4), 667. <https://doi.org/10.3390/agronomy11040667>

Arcas, G. (2024). Edge offloading in smart grid. *Smart Cities*, 7(1), 680-711. <https://doi.org/10.3390/smartcities7010028>

Arigbabu, A. (2024). Data governance in ai - enabled healthcare systems: a case of the project nightingale. *Asian Journal of Research in Computer Science*, 17(5), 85-107. <https://doi.org/10.9734/ajrcos/2024/v17i5441>

Asif, R. (2020). Deep neural networks for future low carbon energy technologies: potential, challenges and economic development.. <https://doi.org/10.1109/bigdataservice49289.2020.00028>

Austine, U. (2024). The impact of ai on us labor markets.. <https://doi.org/10.5121/csit.2024.140403>

Autor, D. (2015). Why are there still so many jobs? the history and future of workplace automation. *Journal of Economic Perspectives*, 29(3), 3-30. <https://doi.org/10.1257/jep.29.3.3>

Ayoubi, H. (2023). Artificial intelligence in green management and the rise of digital lean for sustainable efficiency. *E3s Web of Conferences*, 412, 01053. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202341201053>

BALBAA, M. (2024). The impact of artificial intelligence in decision making: a comprehensive review. *Epra International Journal of Economics Business and Management Studies*, 27-38. <https://doi.org/10.36713/epra15747>

Baltezarević, B. (2023). The dark horizon of artificial intelligence and chatgpt: a transhumanistic perspective. *Knowledge International Journal*, 60(1), 157-160. <https://doi.org/10.35120/kij6001157b>

Bányai, T., Tamás, P., Illés, B., Stankevičiūtė, Ž., & Bányai, Á. (2019). Optimization of Municipal Waste Collection Routing: Impact of Industry 4.0 Technologies on Environmental Awareness and Sustainability. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(4), 634. <https://doi.org/10.3390/ijerph16040634>

Barbieri, D., Giuliani, E., Prete, A., Losi, A., Villani, M., & Barbieri, A. (2021). How artificial intelligence and new technologies can help the management of the covid-19 pandemic. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(14), 7648. <https://doi.org/10.3390/ijerph18147648>

Behera, B., Behera, P., & Sethi, N. (2023). Decoupling the role of renewable energy, green finance and political stability in achieving the sustainable development goal 13: empirical insight from emerging economies. *Sustainable Development*. <https://doi.org/10.1002/sd.2657>

Bender, E. and Friedman, B. (2018). Data statements for natural language processing: toward mitigating system bias and enabling better science. *Transactions of the Association for Computational Linguistics*, 6, 587-604. https://doi.org/10.1162/tacl_a_00041

Benos, L., Tagarakis, A., Dolias, G., Berruto, R., Kateris, D., & Bochtis, D. (2021). Machine learning in agriculture: a comprehensive updated review. *Sensors*, 21(11), 3758. <https://doi.org/10.3390/s21113758>

Bethel, B. and Sun, W. (2021). Forecasting hurricane-forced significant wave heights using the long short-term memory network in the caribbean sea.. <https://doi.org/10.5194/os-2021-84>

Bhandary, A. (2024). Enhancing household energy consumption predictions through explainable ai frameworks. *Ieee Access*, 12, 36764-36777. <https://doi.org/10.1109/access.2024.3373552>

Bomfim, V., Carvalho, M., Santos, A., Pires, M., & Magalhães, M. (2023). The use of artificial intelligence in predicting cardiovascular events in high-risk patients. *Medical Research Archives*, 11(5). <https://doi.org/10.18103/mra.v11i5.3860>

Bonifazi, G., Capobianco, G., & Serranti, S. (2019). Hyperspectral imaging and hierarchical pls-da applied to asbestos recognition in construction and demolition waste. *Applied Sciences*, 9(21), 4587. <https://doi.org/10.3390/app9214587>

Booven, D. (2024). Synthetic genitourinary image synthesis via generative adversarial networks: enhancing ai diagnostic precision.. <https://doi.org/10.1101/2024.05.20.595002>

Branley-Bell, D. (2023). Chatbots for embarrassing and stigmatizing conditions: could chatbots encourage users to seek medical advice?. *Frontiers in Communication*, 8. <https://doi.org/10.3389/fcomm.2023.1275127>

Brown, S., Davidović, J., & Hasan, A. (2021). The algorithm audit: scoring the algorithms that score us. *Big Data & Society*, 8(1). <https://doi.org/10.1177/2053951720983865>

Brynjolfsson, E. (2022). The turing trap: the promise & peril of human-like artificial intelligence. *Daedalus*, 151(2), 272-287. https://doi.org/10.1162/daed_a_01915

Brynjolfsson, E. (2022). The turing trap: the promise & peril of human-like artificial intelligence. *Daedalus*, 151(2), 272-287. https://doi.org/10.1162/daed_a_01915

C.M, I. (2023). Role of artificial intelligence in electrification of africa. *Engineering Science & Technology Journal*, 4(6), 456-472. <https://doi.org/10.51594/estj.v4i6.667>

Calvini, R., Orlandi, G., Foca, G., & Ulrici, A. (2018). Development of a classification algorithm for efficient handling of multiple classes in sorting systems based on

Camacho, J. (2024). Leveraging artificial intelligence to bolster the energy sector in smart cities: a literature review. *Energies*, 17(2), 353. <https://doi.org/10.3390/en17020353>

Camilleri, M. (2020). European environment policy for the circular economy: implications for business and industry stakeholders. *Sustainable Development*, 28(6), 1804-1812. <https://doi.org/10.1002/sd.2113>

Ceci, M., Corizzo, R., Japkowicz, N., Mignone, P., & Pio, G. (2020). Echad: embedding-based change detection from multivariate time series in smart grids. *Ieee Access*, 8, 156053-156066. <https://doi.org/10.1109/access.2020.3019095>

Ceylan, Z. (2020). Estimation of municipal waste generation of turkey using socio-economic indicators by bayesian optimization tuned gaussian process regression. *Waste Management & Research the Journal for a Sustainable Circular Economy*, 38(8), 840-850. <https://doi.org/10.1177/0734242x20906877>

- Chai, C. (2024). Development and validation of the artificial intelligence learning intention scale (ailis) for university students. *Sage Open*, 14(2). <https://doi.org/10.1177/21582440241242188>
- Chang, F., Chang, L., & Chen, J. (2023). Artificial intelligence techniques in hydrology and water resources management. *Water*, 15(10), 1846. <https://doi.org/10.3390/w15101846>
- Chauhan, B. (2024). Ai-driven energy management systems for smart buildings.. *pst*, 48(1), 322-337. <https://doi.org/10.52783/pst.280>
- Chazette, L. and Schneider, K. (2020). Explainability as a non-functional requirement: challenges and recommendations. *Requirements Engineering*, 25(4), 493-514. <https://doi.org/10.1007/s00766-020-00333-1>
- Chen, C., Liu, Y., Kumar, M., & Qin, J. (2018). Energy consumption modelling using deep learning technique — a case study of eaf. *Procedia Cirp*, 72, 1063-1068. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.03.095>
- Chen, S., Yin, S., Guo, Y., Ge, Y., Janies, D., Dulin, M., ... & Zhang, D. (2023). Content and sentiment surveillance (csi): a critical component for modeling modern epidemics. *Frontiers in Public Health*, 11. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1111661>
- Chindrus, C. (2023). Securing the network: a red and blue cybersecurity competition case study. *Information*, 14(11), 587. <https://doi.org/10.3390/info14110587>
- Choden, Y., Chokden, S., Rabten, T., Chettri, N., Aryan, K., & Abdouli, K. (2022). Performance assessment of data driven water models using water quality parameters of wangchu river, bhutan. *Sn Applied Sciences*, 4(11). <https://doi.org/10.1007/s42452-022-05181-y>
- Chui, K., Lytras, M., & Visvizi, A. (2018). Energy sustainability in smart cities: artificial intelligence, smart monitoring, and optimization of energy consumption. *Energies*, 11(11), 2869. <https://doi.org/10.3390/en11112869>
- Chukhrova, N. (2024). Monitoring epidemic processes under political measures. *Statistics in Medicine*, 43(11), 2122-2160. <https://doi.org/10.1002/sim.10042>
- Chukwubueze, N. (2024). Artificial intelligence and future of secondary education in delta state: implications for educational administration. *Journal of Asian Scientific Research*, 14(3), 277-288. <https://doi.org/10.55493/5003.v14i3.5073>

- Corva, D., Semianiw, N., Eichholtzer, A., Adams, S., Mahmud, A., Gaur, K., ... & Kouzani, A. (2022). A smart camera trap for detection of endotherms and ectotherms. *Sensors*, 22(11), 4094. <https://doi.org/10.3390/s22114094>
- Deng, Z. (2023). Research on the development trend of artificial intelligence led by chatgpt. *Highlights in Science Engineering and Technology*, 56, 112-116. <https://doi.org/10.54097/hset.v56i.9822>
- Dikshit, S. (2023). The use of artificial intelligence to optimize the routing of vehicles and reduce traffic congestion in urban areas. *Eai Endorsed Transactions on Energy Web*, 10. <https://doi.org/10.4108/ew.4613>
- Dopamu, O. (2024). Artificial intelligence and us financial institutions: review of ai-assisted regulatory compliance for cybersecurity. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 21(3), 964-979. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2024.21.3.0791>
- Doraiswamy, P., Blease, C., & Bodner, K. (2020). Artificial intelligence and the future of psychiatry: insights from a global physician survey. *Artificial Intelligence in Medicine*, 102, 101753. <https://doi.org/10.1016/j.artmed.2019.101753>
- Elendu, C. (2023). Ethical implications of ai and robotics in healthcare: a review. *Medicine*, 102(50), e36671. <https://doi.org/10.1097/md.00000000000036671>
- Ennouri, K., Smaoui, S., Gharbi, Y., Cheffi, M., Braïek, O., Ennouri, M., ... & Triki, M. (2021). Usage of artificial intelligence and remote sensing as efficient devices to increase agricultural system yields. *Journal of Food Quality*, 2021, 1-17. <https://doi.org/10.1155/2021/6242288>
- Espejo, G. (2023). Exploring the role of artificial intelligence in mental healthcare: progress, pitfalls, and promises. *Cureus*. <https://doi.org/10.7759/cureus.44748>
- Evangelopoulos, V. (2023). Fault detection of air quality measurements using artificial intelligence. *E3s Web of Conferences*, 436, 10005. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202343610005>
- Ezeigweneme, C. (2024). Smart grids in industrial paradigms: a review of progress, benefits, and maintenance implications: analyzing the role of smart grids in predictive maintenance and the integration of renewable energy sources, along with their overall impact on the industry. *Engineering Science & Technology Journal*, 5(1), 1-20. <https://doi.org/10.51594/estj.v5i1.719>

- Familoni, B. (2024). Advancements and challenges in ai integration for technical literacy: a systematic review. *Engineering Science & Technology Journal*, 5(4), 1415-1430. <https://doi.org/10.51594/estj.v5i4.1042>
- Fan, D. and Liu, K. (2021). The relationship between artificial intelligence and china's sustainable economic growth: focused on the mediating effects of industrial structural change. *Sustainability*, 13(20), 11542. <https://doi.org/10.3390/su132011542>
- Fan, X., Chao, D., Zhang, Z., Wang, D., Li, X., & Tian, F. (2021). Utilization of self-diagnosis health chatbots in real-world settings: case study. *Journal of Medical Internet Research*, 23(1), e19928. <https://doi.org/10.2196/19928>
- Fang, X. (2023). Energy management system technology in smart grid. *Highlights in Science Engineering and Technology*, 76, 328-336. <https://doi.org/10.54097/x5ch4d78>
- Felzmann, H., Fosch-Villaronga, E., Lutz, C., & Tamò-Larrieux, A. (2020). Towards transparency by design for artificial intelligence. *Science and Engineering Ethics*, 26(6), 3333-3361. <https://doi.org/10.1007/s11948-020-00276-4>
- Ferrara, E. (2023). Should chatgpt be biased? challenges and risks of bias in large language models. *First Monday*. <https://doi.org/10.5210/fm.v28i11.13346>
- Finazzi, F. and Fassò, A. (2016). A statistical approach to crowdsourced smartphone-based earthquake early warning systems. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 31(7), 1649-1658. <https://doi.org/10.1007/s00477-016-1240-8>
- Fisher, C., Tao, X., T, L., Giorgi, S., & Curtis, B. (2021). Covid-related victimization, racial bias and employment and housing disruption increase mental health risk among u.s. asian, black and latinx adults. *Frontiers in Public Health*, 9. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2021.772236>
- Fiske, A., Henningsen, P., & Buyx, A. (2019). Your robot therapist will see you now: ethical implications of embodied artificial intelligence in psychiatry, psychology, and psychotherapy. *Journal of Medical Internet Research*, 21(5), e13216. <https://doi.org/10.2196/13216>
- Frey, C. and Osborne, M. (2017). The future of employment: how susceptible are jobs to computerisation?. *Technological Forecasting and Social Change*, 114, 254-280. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.08.019>
- Fu, X. (2023). Quantifying the economic benefits of artificial intelligence technology.. <https://doi.org/10.4108/eai.9-12-2022.2327579>

- Gangoellis, M., Casals, M., Forcada, N., Macarulla, M., & Giretti, A. (2015). Environmental impacts related to the commissioning and usage phase of an intelligent energy management system. *Applied Energy*, 138, 216-223. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.10.070>
- Gangoellis, M., Casals, M., Forcada, N., Macarulla, M., & Giretti, A. (2016). Energy performance assessment of an intelligent energy management system. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 55, 662-667. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.11.006>
- Ghadi, Y. (2024). Security risk models against attacks in smart grid using big data and artificial intelligence. *Peerj Computer Science*, 10, e1840. <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.1840>
- Goldstein, B., Birkved, M., Fernández, J., & Hauschild, M. (2016). Surveying the environmental footprint of urban food consumption. *Journal of Industrial Ecology*, 21(1), 151-165. <https://doi.org/10.1111/jiec.12384>
- Gómez-Echeverri, L. (2018). Climate and development: enhancing impact through stronger linkages in the implementation of the paris agreement and the sustainable development goals (sdgs). *Philosophical Transactions of the Royal Society a Mathematical Physical and Engineering Sciences*, 376(2119), 20160444. <https://doi.org/10.1098/rsta.2016.0444>
- Gonzales, J. (2023). Implications of ai innovation on economic growth: a panel data study. *Journal of Economic Structures*, 12(1). <https://doi.org/10.1186/s40008-023-00307-w>
- Görtz, M., Baumgärtner, K., Schmid, T., Muschko, M., Woessner, P., Gerlach, A., ... & Hohenfellner, M. (2023). An artificial intelligence-based chatbot for prostate cancer education: design and patient evaluation study. *Digital Health*, 9. <https://doi.org/10.1177/20552076231173304>
- Gratz, K., Tull, M., Richmond, J., Edmonds, K., Scamaldo, K., & Rose, J. (2020). Thwarted belongingness and perceived burdensomeness explain the associations of covid-19 social and economic consequences to suicide risk. *Suicide and Life-Threatening Behavior*, 50(6), 1140-1148. <https://doi.org/10.1111/sltb.12654>
- Gültekin, M. (2024). The use of artificial intelligence in mental health services in turkey: what do mental health professionals think?. *Cyberpsychology Journal of Psychosocial Research on Cyberspace*, 18(1). <https://doi.org/10.5817/cp2024-1-6>
- Guo, J. and Li, B. (2018). The application of medical artificial intelligence technology in rural areas of developing countries. *Health Equity*, 2(1), 174-181. <https://doi.org/10.1089/heq.2018.0037>

- Gupta, P., Shree, V., Hiremath, L., & Rajendran, S. (2019). The use of modern technology in smart waste management and recycling: artificial intelligence and machine learning., 173-188. https://doi.org/10.1007/978-3-030-12500-4_11
- H., S. (2023). Revolutionizing agriculture: a case study of ibm's ai innovations. *International Journal of Applied Engineering and Management Letters*, 95-114. <https://doi.org/10.47992/ijaeml.2581.7000.0195>
- Habicht, J. (2024). Closing the accessibility gap to mental health treatment with a personalized self-referral chatbot. *Nature Medicine*, 30(2), 595-602. <https://doi.org/10.1038/s41591-023-02766-x>
- Hachimi, C., Belaqziz, S., Khabba, S., Sebbar, B., Dhiba, D., & Chehbouni, A. (2022). Smart weather data management based on artificial intelligence and big data analytics for precision agriculture. *Agriculture*, 13(1), 95. <https://doi.org/10.3390/agriculture13010095>
- Hadi, M., Suhaimi, N., & Basit, A. (2022). Efficient supervised machine learning network for non-intrusive load monitoring. *Technologies*, 10(4), 85. <https://doi.org/10.3390/technologies10040085>
- Hamdan, A. (2024). Ai and machine learning in climate change research: a review of predictive models and environmental impact. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 21(1), 1999-2008. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2024.21.1.0257>
- Hamdan, A. (2024). Ai in renewable energy: a review of predictive maintenance and energy optimization. *International Journal of Science and Research Archive*, 11(1), 718-729. <https://doi.org/10.30574/ijrsra.2024.11.1.0112>
- Hanafı, A. (2024). Advancing sustainable energy management: a comprehensive review of artificial intelligence techniques in building. *Engineering Research Journal (Shoubra)*, 53(2), 26-46. <https://doi.org/10.21608/erjsh.2023.226854.1196>
- Hassan, Q., Sameen, A., Salman, H., Al-Jiboory, A., & Jaszczur, M. (2023). The role of renewable energy and artificial intelligence towards environmental sustainability and net zero.. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2970234/v1>
- Heckscher, C. (2018). A nearctic-neotropical migratory songbird's nesting phenology and clutch size are predictors of accumulated cyclone energy. *Scientific Reports*, 8(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-018-28302-3>

- Henao-Rodríguez, C., Lis-Gutiérrez, J., & Lis-Gutiérrez, M. (2023). Inequality in access to healthcare: a latin american perspective. *Salud Ciencia Y Tecnología*, 3, 355. <https://doi.org/10.56294/saludcyt2023355>
- Holmes, W., Porayska-Pomsta, K., Holstein, K., Sutherland, E., Baker, T., Shum, S., ... & Koedinger, K. (2021). Ethics of ai in education: towards a community-wide framework. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 32(3), 504-526. <https://doi.org/10.1007/s40593-021-00239-1>
- Hoorn, A. (2018). The political economy of automation: occupational automatability and preferences for redistribution. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3172002>
- Hryciw, B. (2023). Guiding principles and proposed classification system for the responsible adoption of artificial intelligence in scientific writing in medicine. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 6. <https://doi.org/10.3389/frai.2023.1283353>
- Huang, C., Zhang, Z., Mao, B., & Yao, X. (2023). An overview of artificial intelligence ethics. *Ieee Transactions on Artificial Intelligence*, 4(4), 799-819. <https://doi.org/10.1109/tai.2022.3194503>
- Huang, X., Li, Z., Jiang, Y., Li, X., & Porter, D. (2020). Twitter reveals human mobility dynamics during the covid-19 pandemic. *Plos One*, 15(11), e0241957. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0241957>
- Hussein, Y. (2023). Using artificial intelligence to predict the development of kyphosis disease: a systematic review. *Cureus*. <https://doi.org/10.7759/cureus.48341>
- hyperspectral imaging. *Journal of Spectral Imaging*. <https://doi.org/10.1255/jsi.2018.a13>
- Iacobuță, A. και Ifrim, M. (2020). Η νοοτροπία της πρόνοιας ως πρόκληση για την ευρωπαϊκή βιώσιμη ανάπτυξη. ποιος ο ρόλος της ένταξης των νέων και των θεσμών;. *Sustainability*, 12(9), 3549. <https://doi.org/10.3390/su12093549>
- Iriakuma, E. (2024). Forecasting energy consumption with ai: a review for sustainable energy management. *International Journal of Latest Technology in Engineering Management & Applied Science*, XIII(III), 14-21. <https://doi.org/10.51583/ijltemas.2024.130303>
- Islam, M. (2020). A survey on the use of ai and ml for fighting the covid-19 pandemic.. <https://doi.org/10.48550/arxiv.2008.07449>

Janga, B. (2023). A review of practical ai for remote sensing in earth sciences. *Remote Sensing*, 15(16), 4112. <https://doi.org/10.3390/rs15164112>

Jhajharia, K. and Mathur, P. (2022). A comprehensive review on machine learning in agriculture domain. *Iaes International Journal of Artificial Intelligence (Ij-Ai)*, 11(2), 753. <https://doi.org/10.11591/ijai.v11.i2.pp753-763>

Judijanto, L. (2023). Analysis of weather prediction, resource management, and land optimization on the application of big data analytics in agricultural land utilization in agrarian areas of west java. *WSNT*, 1(02), 81-90. <https://doi.org/10.58812/wsnt.v1i02.489>

K., B. (2023). Intelligent energy management system for smart grids using machine learning algorithms. *E3s Web of Conferences*, 387, 05004. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338705004>

Kaissis, G., Makowski, M., Rueckert, D., & Braren, R. (2020). Secure, privacy-preserving and federated machine learning in medical imaging. *Nature Machine Intelligence*, 2(6), 305-311. <https://doi.org/10.1038/s42256-020-0186-1>

Kamilaris, A. and Prenafeta-Boldú, F. (2018). Deep learning in agriculture: a survey. *Computers and Electronics in Agriculture*, 147, 70-90. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.02.016>

Karafillakis, E., Martin, S., Simas, C., Olsson, K., Takács, J., Dada, S., ... & Larson, H. (2021). Methods for social media monitoring related to vaccination: systematic scoping review. *Jmir Public Health and Surveillance*, 7(2), e17149. <https://doi.org/10.2196/17149>

Katic, N. (2018). Performance analysis of smart grid solutions in distribution power systems. *Acta Polytechnica Hungarica*, 15(6), 79-97. <https://doi.org/10.12700/aph.15.6.2018.6.5>

Kazi, A., Qazi, S., Ahsan, N., Khawaja, S., Sameen, F., Saqib, M., ... & Stergioulas, L. (2020). Current challenges of digital health interventions in pakistan: mixed methods analysis. *Journal of Medical Internet Research*, 22(9), e21691. <https://doi.org/10.2196/21691>

Kerry, R., Montalbo, F., Das, R., Patra, S., Mahapatra, G., Maurya, G., ... & Rout, J. (2022). An overview of remote monitoring methods in biodiversity conservation. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(53), 80179-80221. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-23242-y>

Khallaf, A. (2024). Using ai to help reduce the effect of global warming. *pst*, 48(1), 1927-1947. <https://doi.org/10.52783/pst.464>

- Khosrojerdi, F., Gagnon, S., & Valverde, R. (2021). Applications of artificial intelligence in smart grids: present and future research domains., 7-12. <https://doi.org/10.1109/sege52446.2021.9534914>
- Kim, D., Lee, S., Kwon, S., Nam, W., Cha, I., & Kim, H. (2019). Deep learning-based survival prediction of oral cancer patients. *Scientific Reports*, 9(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-019-43372-7>
- Kim, N., Na, S., Park, C., Huh, M., Oh, J., Ha, K., ... & Lee, Y. (2020). An artificial intelligence approach to prediction of corn yields under extreme weather conditions using satellite and meteorological data. *Applied Sciences*, 10(11), 3785. <https://doi.org/10.3390/app10113785>
- Kim, S. (2023). Change in attitude toward artificial intelligence through experiential learning in artificial intelligence education. *International Journal on Advanced Science Engineering and Information Technology*, 13(5), 1953-1959. <https://doi.org/10.18517/ijaseit.13.5.19039>
- Klinova, K. and Korinek, A. (2021). Ai and shared prosperity.. <https://doi.org/10.1145/3461702.3462619>
- Kong, Q., Allen, R., Schreier, L., & Kwon, Y. (2016). Myshake: a smartphone seismic network for earthquake early warning and beyond. *Science Advances*, 2(2). <https://doi.org/10.1126/sciadv.1501055>
- Kováč, P., Alexandra, B., Varga, I., Lukáš, M., Michal, A., Martin, S., ... & Thurzo, A. (2023). Phenotyping genetic diseases through artificial intelligence use of large datasets of government-stored facial photographs: concept, legal issues, and challenges in the european union.. <https://doi.org/10.20944/preprints202304.0344.v1>
- Kulykovets, O. (2023). Automation of production processes in agriculture using selected artificial intelligence tools. *Annals of the Polish Association of Agricultural and Agribusiness Economists*, XXV(4), 255-267. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0053.9616>
- Kuo, A. (2023). Automation versus openness: support for policies to address job threats. *Journal of Public Policy*, 44(1), 1-23. <https://doi.org/10.1017/s0143814x23000260>
- Kushawaha, V. (2024). Enhancing energy efficiency: advances in smart grid optimization. *International Journal of Innovative Research in Engineering & Management*, 11(2), 100-105. <https://doi.org/10.55524/ijirem.2024.11.2.20>

- Kuzlu, M., Cali, Ü., Sharma, V., & Güler, Ö. (2020). Gaining insight into solar photovoltaic power generation forecasting utilizing explainable artificial intelligence tools. *Ieee Access*, 8, 187814-187823. <https://doi.org/10.1109/access.2020.3031477>
- Labazanova, S. (2024). How artificial intelligence can fight environmental issues. *E3s Web of Conferences*, 515, 02021. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202451502021>
- Lakshmi, V. and Corbett, J. (2020). How artificial intelligence improves agricultural productivity and sustainability: a global thematic analysis.. <https://doi.org/10.24251/hicss.2020.639>
- Laux, J. (2023). Institutionalised distrust and human oversight of artificial intelligence: towards a democratic design of ai governance under the european union ai act. *Ai & Society*, 39(6), 2853-2866. <https://doi.org/10.1007/s00146-023-01777-z>
- Lee, D. and Yoon, S. (2021). Application of artificial intelligence-based technologies in the healthcare industry: opportunities and challenges. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(1), 271. <https://doi.org/10.3390/ijerph18010271>
- Lee, Y. and Cho, J. (2021). Development of an artificial intelligence education model of classification techniques for non-computer majors. *Joiv International Journal on Informatics Visualization*, 5(2), 113-119. <https://doi.org/10.30630/joiv.5.2.552>
- Leising, E., Quist, J., & Bocken, N. (2018). Circular economy in the building sector: three cases and a collaboration tool. *Journal of Cleaner Production*, 176, 976-989. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.010>
- Li, C. (2023). Does artificial intelligence have the potential to improve total factor energy efficiency? — empirical evidence from 30 chinese provinces., 4-12. https://doi.org/10.2991/978-94-6463-272-9_2
- Li, J., Gu, C., Xiang, Y., & Li, F. (2022). Edge-cloud computing systems for smart grid: state-of-the-art, architecture, and applications. *Journal of Modern Power Systems and Clean Energy*, 10(4), 805-817. <https://doi.org/10.35833/mpce.2021.000161>
- Li, X., Pu, Z., Zhang, J., & Emmitt, G. (2022). Combined assimilation of doppler wind lidar and tail doppler radar data over a hurricane inner core for improved hurricane prediction with the ncep regional hwrf system. *Remote Sensing*, 14(10), 2367. <https://doi.org/10.3390/rs14102367>

- Li, Y., Wen, Y., Tao, D., & Guan, K. (2020). Transforming cooling optimization for green data center via deep reinforcement learning. *Ieee Transactions on Cybernetics*, 50(5), 2002-2013. <https://doi.org/10.1109/tcyb.2019.2927410>
- Liu, L. (2023). The impact of ai on economic growth between china and the united states during the period 20112021. *Advances in Economics Management and Political Sciences*, 21(1), 290-298. <https://doi.org/10.54254/2754-1169/21/20230265>
- Liu, Z. and Jiang, G. (2021). Optimization of intelligent heating ventilation air conditioning system in urban building based on bim and artificial intelligence technology. *Computer Science and Information Systems*, 18(4), 1379-1394. <https://doi.org/10.2298/csis200901027l>
- Lund, J. (2024). Privacy audit of commercial large language models with sophisticated prompt engineering.. <https://doi.org/10.31219/osf.io/cr2tx>
- Maffezzoli, F., Ardolino, M., Bacchetti, A., Perona, M., & Renga, F. (2022). Agriculture 4.0: a systematic literature review on the paradigm, technologies and benefits. *Futures*, 142, 102998. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2022.102998>
- Makridis, C. and Mishra, S. (2022). Artificial intelligence as a service, economic growth, and well-being. *Journal of Service Research*, 25(4), 505-520. <https://doi.org/10.1177/10946705221120218>
- Malik, H., Manzoor, A., Ylianttila, M., & Liyanage, M. (2019). Performance analysis of blockchain based smart grids with ethereum and hyperledger implementations., 1-5. <https://doi.org/10.1109/ants47819.2019.9118072>
- Mao, Y., Jiekang, W., & Zhang, W. (2020). An effective operation strategy for cchp system integrated with photovoltaic/thermal panels and thermal energy storage. *Energies*, 13(23), 6418. <https://doi.org/10.3390/en13236418>
- Mariano-Hernández, D., Hernández-Callejo, L., Solís, M., Zorita-Lamadrid, Á., Duque-Pérez, Ó., González, L., ... & García, F. (2021). A data-driven forecasting strategy to predict continuous hourly energy demand in smart buildings. *Applied Sciences*, 11(17), 7886. <https://doi.org/10.3390/app11177886>
- Marques, J. (2023). Setting research priorities for effective climate change management and policymaking: a delphi study in bolivia and paraguay. *Sustainability*, 15(20), 14993. <https://doi.org/10.3390/su152014993>

- Marques, P. (2024). Artificial intelligence technologies applied to smart grids and management.. <https://doi.org/10.20944/preprints202406.1248.v1>
- Massaoudi, A., Berguiga, A., & Harchay, A. (2022). Secure irrigation system for olive orchards using internet of things. *Computers Materials & Continua*, 72(3), 4663-4673. <https://doi.org/10.32604/cmc.2022.026972>
- Maurya, P. (2024). Artificial intelligence to enhance energy management and distribution in smart grid communication networks.. *tjjpt*, 45(02), 4366-4378. <https://doi.org/10.52783/tjjpt.v45.i02.6648>
- Meduri, K. (2024). Evaluating the effectiveness of ai-driven frameworks in predicting and preventing cyber attacks. *International Journal of Research Publication and Reviews*, 5(3), 6591-6595. <https://doi.org/10.55248/gengpi.5.0324.0875>
- Meena, B. (2023). Plant health prediction and monitoring based on convolution neural network in north-east india. *International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication*, 11(2s), 12-19. <https://doi.org/10.17762/ijritcc.v11i2s.6024>
- Mészáros, J., Minari, J., & Huys, I. (2022). The future regulation of artificial intelligence systems in healthcare services and medical research in the european union. *Frontiers in Genetics*, 13. <https://doi.org/10.3389/fgene.2022.927721>
- Mills, R., Hoffman, F., Kumar, J., Jacob, R., Langford, Z., Sreepathi, S., ... & Collier, N. (2021). Computationally tractable high-fidelity representation of global hydrology in esms via machine learning approaches to scale-bridging.. <https://doi.org/10.2172/1769690>
- Mitchell, E., Morris, D., McClellan, R., Brantley, S., Argue, S., & Boles, J. (2020). Public health leadership in a disadvantaged landscape. *Moj Public Health*, 9(2), 44-51. <https://doi.org/10.15406/mojph.2020.09.00323>
- Mocanu, E., Mocanu, D., Nguyen, P., Liotta, A., Webber, M., Gibescu, M., ... & Slootweg, J. (2019). On-line building energy optimization using deep reinforcement learning. *Ieee Transactions on Smart Grid*, 10(4), 3698-3708. <https://doi.org/10.1109/tsg.2018.2834219>
- Mohamed, N. (2023). Smart energy meets smart security: a comprehensive review of ai applications in cybersecurity for renewable energy systems. *International Journal of Electrical and Electronics Research*, 11(3), 728-732. <https://doi.org/10.37391/ijeer.110313>

- Monsaif, T., Alif, O., Amarth, S., Sadman, T., & Noor, J. (2022). A novel approach to reduce air pollution through machine learning based pm2.5 prediction., 1-8. <https://doi.org/10.1109/sti56238.2022.10103353>
- Morandini, S. (2023). Assessing the transparency and explainability of ai algorithms in planning and scheduling tools: a review of the literature.. <https://doi.org/10.54941/ahfe1004068>
- Morgenstern, J., Rosella, L., Daley, M., Goel, V., & Piggott, T. (2021). “ai’s gonna have an impact on everything in society, so it has to have an impact on public health”: a fundamental qualitative descriptive study of the implications of artificial intelligence for public health. *BMC Public Health*, 21(1). <https://doi.org/10.1186/s12889-020-10030-x>
- Morley, J., Elhalal, A., Garcia, F., Kinsey, L., Mökander, J., & Floridi, L. (2021). Ethics as a service: a pragmatic operationalisation of ai ethics. *Minds and Machines*, 31(2), 239-256. <https://doi.org/10.1007/s11023-021-09563-w>
- Morley, J., Machado, C., Burr, C., Cowls, J., Joshi, I., Taddeo, M., ... & Floridi, L. (2020). The ethics of ai in health care: a mapping review. *Social Science & Medicine*, 260, 113172. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2020.113172>
- Mortimer, A., Ahmed, I., Johnson, T., Tang, L., & Alston, M. (2023). Localizing sustainable development goal 13 on climate action to build local resilience to floods in the hunter valley: a literature review. *Sustainability*, 15(6), 5565. <https://doi.org/10.3390/su15065565>
- Mousavi, S., Ellsworth, W., Zhu, W., Chuang, L., & Beroza, G. (2020). Earthquake transformer—an attentive deep-learning model for simultaneous earthquake detection and phase picking. *Nature Communications*, 11(1). <https://doi.org/10.1038/s41467-020-17591-w>
- Munaka, T., Samie, F., Bauer, L., & Henkel, J. (2020). Improved feature extraction method for sound recognition applied to automatic sorting of recycling wastes. *Journal of Information Processing*, 28(0), 658-665. <https://doi.org/10.2197/ipsjjip.28.658>
- Mushtaq, J., Dar, A., & Ahsan, N. (2020). Spatial–temporal variations and forecasting analysis of municipal solid waste in the mountainous city of north-western himalayas. *Sn Applied Sciences*, 2(7). <https://doi.org/10.1007/s42452-020-2975-x>
- Mutuvi, S., Boroş, E., Doucet, A., Jatowt, A., Lejeune, G., & Odeo, M. (2020). Multilingual epidemiological text classification: a comparative study. <https://doi.org/10.18653/v1/2020.coling-main.543>

- Nakamura, H. (2022). Difficulties in finding middle-skilled jobs under increased automation. *Macroeconomic Dynamics*, 27(5), 1179-1201. <https://doi.org/10.1017/s1365100522000177>
- Nanivadekar, A., Zirpe, K., Dwivedi, A., Patel, R., Pant, R., Gupte, T., ... & Kharat, A. (2021). An artificial intelligence system for predicting mortality in covid-19 patients using chest x-rays: a retrospective study.. <https://doi.org/10.1101/2021.09.22.21263956>
- Narine, D. (2023). Associations between education, information-processing skills, and job automation risk in the united states. *Journal of Adult and Continuing Education*, 30(1), 152-169. <https://doi.org/10.1177/14779714231213004>
- Natalia, V. (2024). AI and autonomous systems: an experiment in industry 5.0 transformation. *Bio Web of Conferences*, 86, 01094. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20248601094>
- Natarajan, Y. (2024). Enhancing building energy efficiency with iot-driven hybrid deep learning models for accurate energy consumption prediction. *Sustainability*, 16(5), 1925. <https://doi.org/10.3390/su16051925>
- Necula, S. (2023). Assessing the potential of artificial intelligence in advancing clean energy technologies in europe: a systematic review. *Energies*, 16(22), 7633. <https://doi.org/10.3390/en16227633>
- Neves, F. (2024). The impacts of open data and explainable ai on real estate price predictions in smart cities. *Applied Sciences*, 14(5), 2209. <https://doi.org/10.3390/app14052209>
- Nguyen, T., Dakka, M., Diakiw, S., VerMilyea, M., Perugini, M., Hall, J., ... & Perugini, D. (2022). A novel decentralized federated learning approach to train on globally distributed, poor quality, and protected private medical data.. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1371143/v1>
- Nilsson, M., Chisholm, E., Griggs, D., Howden-Chapman, P., McCollum, D., Messerli, P., ... & Smith, M. (2018). Mapping interactions between the sustainable development goals: lessons learned and ways forward. *Sustainability Science*, 13(6), 1489-1503. <https://doi.org/10.1007/s11625-018-0604-z>
- Nippani, A. (2020). Automation and labour in india: policy implications of job polarisation pre and post covid-19 crisis.. <https://doi.org/10.31235/osf.io/h9gaw>
- Olabanji, S. (2024). Effect of adopting ai to explore big data on personally identifiable information (pii) for financial and economic data transformation. *Asian Journal of Economics Business and Accounting*, 24(4), 106-125. <https://doi.org/10.9734/ajeba/2024/v24i41268>

Olatunde, T. (2024). Reviewing the role of artificial intelligence in energy efficiency optimization. *Engineering Science & Technology Journal*, 5(4), 1243-1256. <https://doi.org/10.51594/estj.v5i4.1015>

Oliveira, R. and Silva, R. (2023). Artificial intelligence in agriculture: benefits, challenges, and trends. *Applied Sciences*, 13(13), 7405. <https://doi.org/10.3390/app13137405>

Omitaomu, O. and Niu, H. (2021). Artificial intelligence techniques in smart grid: a survey. *Smart Cities*, 4(2), 548-568. <https://doi.org/10.3390/smartcities4020029>

Onwusinkwue, S. (2024). Artificial intelligence (ai) in renewable energy: a review of predictive maintenance and energy optimization. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 21(1), 2487-2799. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2024.21.1.0347>

Osasona, F. (2024). Reviewing the ethical implications of ai in decision making processes. *International Journal of Management & Entrepreneurship Research*, 6(2), 322-335. <https://doi.org/10.51594/ijmer.v6i2.773>

Pandit, H. (2022). A semantic specification for data protection impact assessments (dpia).. <https://doi.org/10.3233/ssw220007>

Pandit, H. (2023). Towards a semantic specification for gdpr data breach reporting.. <https://doi.org/10.3233/faia230956>

Parija, S. and Padmavathi, S. (2022). Artificial intelligence in health care. *Annals of SBV*, 10(2), 23-23. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10085-9112>

Park, W. and Kwon, H. (2023). Implementing artificial intelligence education for middle school technology education in republic of korea. *International Journal of Technology and Design Education*, 34(1), 109-135. <https://doi.org/10.1007/s10798-023-09812-2>

Parry, G., Provost, L., Provost, S., Little, K., & Perla, R. (2021). A hybrid shewhart chart for visualizing and learning from epidemic data. *International Journal for Quality in Health Care*, 33(4). <https://doi.org/10.1093/intqhc/mzab151>

Pérez-Peña, M., García, M., Chico, J., & Sánchez, A. (2021). Analysis of research on the sdgs: the relationship between climate change, poverty and inequality... <https://doi.org/10.20944/preprints202108.0233.v1>

- Perla, R., Provost, S., Parry, G., Little, K., & Provost, L. (2020). Understanding variation in reported covid-19 deaths with a novel shewhart chart application. *International Journal for Quality in Health Care*, 33(1). <https://doi.org/10.1093/intqhc/mzaa069>
- Petersson, L., Larsson, I., Nygren, J., Nilsen, P., Neher, M., Reed, J., ... & Svedberg, P. (2022). Challenges to implementing artificial intelligence in healthcare: a qualitative interview study with healthcare leaders in sweden. *BMC Health Services Research*, 22(1). <https://doi.org/10.1186/s12913-022-08215-8>
- Phan, A., Vu, T., Nguyen, D., Sanseverino, E., Le, H., & BUI, V. (2022). Data compensation with gaussian processes regression: application in smart building's sensor network. *Energies*, 15(23), 9190. <https://doi.org/10.3390/en15239190>
- Popescu, S. (2024). Artificial intelligence and iot driven technologies for environmental pollution monitoring and management. *Frontiers in Environmental Science*, 12. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2024.1336088>
- Pręgowska, A., Osial, M., & Urbańska, W. (2022). The application of artificial intelligence in the effective battery life cycle in the closed circular economy model—a perspective. *Recycling*, 7(6), 81. <https://doi.org/10.3390/recycling7060081>
- Price, W. and Cohen, I. (2019). Privacy in the age of medical big data. *Nature Medicine*, 25(1), 37-43. <https://doi.org/10.1038/s41591-018-0272-7>
- Puri, V., Jha, S., Kumar, R., Priyadarshini, I., Son, L., Abdel-Basset, M., ... & Long, H. (2019). A hybrid artificial intelligence and internet of things model for generation of renewable resource of energy. *Ieee Access*, 7, 111181-111191. <https://doi.org/10.1109/access.2019.2934228>
- R., U. (2023). Smart energy consumption control in commercial buildings using machine learning and iot. *E3s Web of Conferences*, 387, 02003. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338702003>
- Radu, P. and Szeląg, A. (2018). Modelling of operation of a stationary energy storage device in metro rail transport for selection of its parameters. *Matec Web of Conferences*, 180, 02011. <https://doi.org/10.1051/matecconf/201818002011>
- Raihan, A. (2023). A comprehensive review of artificial intelligence and machine learning applications in energy consumption and production. *Journal of Technology Innovations and Energy*, 2(4), 1-26. <https://doi.org/10.56556/jtie.v2i4.608>

- Rajendiran, G. (2022). Non-intrusive load monitoring.. <https://doi.org/10.1145/3538637.3539635>
- Raji, I., Smart, A., White, R., Mitchell, M., Gebru, T., Hutchinson, B., ... & Barnes, P. (2020). Closing the ai accountability gap., 33-44. <https://doi.org/10.1145/3351095.3372873>
- Ramya, M., Balaji, C., Girish, L., & Gubbi, C. (2019). Environment change prediction to adapt climate- smart agriculture using big data analytics.. <https://doi.org/10.35543/osf.io/qfct8>
- Ratti, C., Venverloo, T., Benson, T., & Tsui, T. (2023). Spatial optimization of circular timber hubs.. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3013682/v1>
- Raudonis, V., Paulauskaitė-Tarasevičienė, A., & Eidimtas, L. (2022). Ann hybrid model for forecasting landfill waste potential in lithuania. *Sustainability*, 14(7), 4122. <https://doi.org/10.3390/su14074122>
- Reddy, S., Allan, S., Coghlan, S., & Cooper, P. (2019). A governance model for the application of ai in health care. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 27(3), 491-497. <https://doi.org/10.1093/jamia/ocz192>
- Rio-Chanona, R., Mealy, P., Beguerisse-Díaz, M., Lafond, F., & Farmer, J. (2019). Automation and occupational mobility: a data-driven network model.. <https://doi.org/10.48550/arxiv.1906.04086>
- Rios-Campos, C., Cánova, E., Zaquinaula, I., Zaquinaula, H., Vargas, D., Peña, W., ... & Arteaga, R. (2023). Artificial intelligence and education. *South Florida Journal of Development*, 4(2), 641-655. <https://doi.org/10.46932/sfjdv4n2-001>
- Rizvi, M. (2023). Powering efficiency: exploring artificial intelligence for real-time energy management in buildings. *Journal of Engineering Research and Reports*, 25(3), 7-12. <https://doi.org/10.9734/jerr/2023/v25i3887>
- Roba, A., Mehmood, R., & Katib, I. (2023). Ai explainability and governance in smart energy systems: a review. *Frontiers in Energy Research*, 11. <https://doi.org/10.3389/fenrg.2023.1071291>
- Rozhkova, A., Stupina, A., Korpacheva, L., Rozhkov, S., & Dzhioeva, N. (2022). Prospects for the use of artificial intelligence in the agricultural sector. *Iop Conference Series Earth and Environmental Science*, 1076(1), 012051. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1076/1/012051>

- Rughoobur-Seetah, S. (2021). The unprecedented lockdown: the consequences of job loss. *Zagreb International Review of Economics and Business*, 24(2), 1-23. <https://doi.org/10.2478/zireb-2021-0008>
- Saba, C. (2024). Leveraging the potential of artificial intelligence (ai) in exploring the interplay among tax revenue, institutional quality, and economic growth in the g-7 countries. *Ai & Society*. <https://doi.org/10.1007/s00146-024-01885-4>
- Sáiz-Rubio, V. and Rovira-Más, F. (2020). From smart farming towards agriculture 5.0: a review on crop data management. *Agronomy*, 10(2), 207. <https://doi.org/10.3390/agronomy10020207>
- Sakapaji, S. (2023). Harnessing ai for climate-resilient agriculture: opportunities and challenges. *European Journal of Theoretical and Applied Sciences*, 1(6), 1144-1158. [https://doi.org/10.59324/ejtas.2023.1\(6\).111](https://doi.org/10.59324/ejtas.2023.1(6).111)
- Scholz, K., Eriksson, M., & Strid, I. (2015). Carbon footprint of supermarket food waste. *Resources Conservation and Recycling*, 94, 56-65. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2014.11.016>
- Schwabe, H. and Castellacci, F. (2020). Automation, workers' skills and job satisfaction. *Plos One*, 15(11), e0242929. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0242929>
- Schweitze, B. (2024). Artificial intelligence (ai) ethics in accounting. *JAEPP*, 25(1). <https://doi.org/10.60154/jaepp.2024.v25n1p67>
- Scott, I., Carter, S., & Coiera, E. (2021). Exploring stakeholder attitudes towards ai in clinical practice. *BMJ Health & Care Informatics*, 28(1), e100450. <https://doi.org/10.1136/bmjhci-2021-100450>
- Secinaro, S., Calandra, D., Secinaro, A., Muthurangu, V., & Biancone, P. (2021). The role of artificial intelligence in healthcare: a structured literature review. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 21(1). <https://doi.org/10.1186/s12911-021-01488-9>
- Selwyn, N. (2022). The future of ai and education: some cautionary notes. *European Journal of Education*, 57(4), 620-631. <https://doi.org/10.1111/ejed.12532>
- Şeneren, M. and Yiğit, M. (2023). The carbon footprint reduction related to domestic heating using thermal power plant waste heat. *International Journal of Environment and Climate Change*, 13(7), 716-723. <https://doi.org/10.9734/ijecc/2023/v13i71924>

- Şerban, A. and Lytras, M. (2020). Artificial intelligence for smart renewable energy sector in europe—smart energy infrastructures for next generation smart cities. *Ieee Access*, 8, 77364-77377. <https://doi.org/10.1109/access.2020.2990123>
- Shankar, S., Raju, N., Ganesan, A., Nithyaprakash, R., Chenniappan, M., Prakash, C., ... & Dixit, S. (2022). Artificial intelligence technologies for forecasting air pollution and human health: a narrative review. *Sustainability*, 14(16), 9951. <https://doi.org/10.3390/su14169951>
- Shepherd, S., Willis-Esqueda, C., Paradies, Y., Sivasubramaniam, D., Sherwood, J., & Brockie, T. (2018). Racial and cultural minority experiences and perceptions of health care provision in a mid-western region. *International Journal for Equity in Health*, 17(1). <https://doi.org/10.1186/s12939-018-0744-x>
- Shivaprakash, K., Swami, N., Mysorekar, S., Arora, R., Gangadharan, A., Vohra, K., ... & Kiesecker, J. (2022). Potential for artificial intelligence (ai) and machine learning (ml) applications in biodiversity conservation, managing forests, and related services in india. *Sustainability*, 14(12), 7154. <https://doi.org/10.3390/su14127154>
- Shuford, J. (2024). Interdisciplinary perspectives: fusing artificial intelligence with environmental science for sustainable solutions. *JAIGS*, 1(1), 106-123. <https://doi.org/10.60087/jaigs.v1i1.87>
- Singh, R. (2024). The effect of artificial intelligence on economic growth. *International Journal of Research in Management*, 6(1), 414-420. <https://doi.org/10.33545/26648792.2024.v6.i1e.171>
- Singh, R. and Gill, S. (2023). Edge ai: a survey. *Internet of Things and Cyber-Physical Systems*, 3, 71-92. <https://doi.org/10.1016/j.iotcps.2023.02.004>
- Sivakumar, R., Prabadevi, B., Velvizhi, G., Muthuraja, S., Srinivasan, K., Biswajita, M., ... & Madhumathi, A. (2022). Internet of things and machine learning applications for smart precision agriculture.. <https://doi.org/10.5772/intechopen.97679>
- Stecyk, A. (2023). Harnessing the power of artificial intelligence for collaborative energy optimization platforms. *Energies*, 16(13), 5210. <https://doi.org/10.3390/en16135210>
- Storto, C. (2021). Eco-productivity analysis of the municipal solid waste service in the apulia region from 2010 to 2017. *Sustainability*, 13(21), 12008. <https://doi.org/10.3390/su132112008>

- Su, C., Tong, J., & Wang, F. (2020). Mining genetic and transcriptomic data using machine learning approaches in parkinson's disease. *NPJ Parkinson S Disease*, 6(1). <https://doi.org/10.1038/s41531-020-00127-w>
- Sun, J., Di, L., Sun, Z., Shen, Y., & Lai, Z. (2019). County-level soybean yield prediction using deep cnn-lstm model. *Sensors*, 19(20), 4363. <https://doi.org/10.3390/s19204363>
- Talyshinskii, A. (2023). Potential of ai-driven chatbots in urology: revolutionizing patient care through artificial intelligence. *Current Urology Reports*, 25(1), 9-18. <https://doi.org/10.1007/s11934-023-01184-3>
- Teferi, B. (2023). Accelerating the appropriate adoption of artificial intelligence in health care: prioritizing idea to champion a collaborative educational approach in a stressed system. *Education Sciences*, 14(1), 39. <https://doi.org/10.3390/educsci14010039>
- Tran, V., Riveros, C., & Ravaud, P. (2019). Patients' views of wearable devices and ai in healthcare: findings from the compare e-cohort. *NPJ Digital Medicine*, 2(1). <https://doi.org/10.1038/s41746-019-0132-y>
- Tu, C., Li, J., Wang, X., Shen, C., & Li, J. (2021). Bionic technology and deep learning in agricultural engineering: current status and future prospects. *American Journal of Biochemistry and Biotechnology*, 17(2), 217-231. <https://doi.org/10.3844/ajbbsp.2021.217.231>
- Vaidehi, R., Reddy, A., & Banerjee, S. (2021). Explaining caste-based digital divide in india.. <https://doi.org/10.48550/arxiv.2106.15917>
- Vaidya, R. (2024). Advancing healthcare through artificial intelligence: opportunities, challenges and future directions. *Int Res J Adv Engg Mgt*, 2(05), 1302-1308. <https://doi.org/10.47392/irjaem.2024.0177>
- Vaz, B., Oliveira, P., Estrela, L., Santos, A., & Barreira, T. (2022). Automation and job loss: the brazilian case. *Nova Economia*, 32(1), 157-180. <https://doi.org/10.1590/0103-6351/6367>
- Victoire, D. (2023). Leveraging artificial intelligence for enhancing agricultural productivity and sustainability. *Quing International Journal of Innovative Research in Science and Engineering*, 2(2), 141-156. <https://doi.org/10.54368/qijirse.2.2.0016>
- Wahl, B., Cossy-Gantner, A., Germann, S., & Schwalbe, N. (2018). Artificial intelligence (ai) and global health: how can ai contribute to health in resource-poor settings?. *BMJ Global Health*, 3(4), e000798. <https://doi.org/10.1136/bmjgh-2018-000798>

- Wang, C., Zhang, J., Lassi, N., & Zhang, X. (2022). Privacy protection in using artificial intelligence for healthcare: chinese regulation in comparative perspective. *Healthcare*, 10(10), 1878. <https://doi.org/10.3390/healthcare10101878>
- Wang, D. (2023). Effects of ai on smart agriculture: a case study of digital agriculture base.. <https://doi.org/10.3233/faia230785>
- Wang, J. (2023). The power of ai-assisted diagnosis. *Icst Transactions on E-Education and E-Learning*, 8(4), e3. <https://doi.org/10.4108/eetel.3772>
- Wang, S. and Gang, W. (2017). Design and control optimization of energy systems of smart buildings today and in the near future. *Frontiers of Engineering Management*, 4(1), 58. <https://doi.org/10.15302/j-fem-2017005>
- Wang, X., He, X., Wei, J., Liu, J., Li, Y., & Liu, X. (2023). Application of artificial intelligence to the public health education. *Frontiers in Public Health*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.1087174>
- White, E., Baker-Médard, M., Vakhitova, V., Farquhar, S., & Ramaharitra, T. (2022). Distant water industrial fishing in developing countries: a case study of madagascar. *Ocean & Coastal Management*, 216, 105925. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2021.105925>
- White, T., Ong, T., Ferretti, F., Block, B., McCauley, D., Micheli, F., ... & Leo, G. (2020). Tracking the response of industrial fishing fleets to large marine protected areas in the pacific ocean. *Conservation Biology*, 34(6), 1571-1578. <https://doi.org/10.1111/cobi.13584>
- Wildan, J. (2023). A review: artificial intelligence related to agricultural equipment integrated with the internet of things. *Journal of Advanced Technology and Multidiscipline*, 2(2), 47-60. <https://doi.org/10.20473/jatm.v2i2.51440>
- Williamson, S. (2024). Balancing privacy and progress: a review of privacy challenges, systemic oversight, and patient perceptions in ai-driven healthcare. *Applied Sciences*, 14(2), 675. <https://doi.org/10.3390/app14020675>
- Wilson, L. and Marasoiu, M. (2022). The development and use of chatbots in public health: scoping review. *Jmir Human Factors*, 9(4), e35882. <https://doi.org/10.2196/35882>
- Wu, H., Wang, M., & Sylolypavan, A. (2022). Quantifying health inequalities induced by data and ai models.. <https://doi.org/10.48550/arxiv.2205.01066>

- Xu, Y., Ahokangas, P., Louis, J., & Pongrácz, É. (2019). Electricity market empowered by artificial intelligence: a platform approach. *Energies*, 12(21), 4128. <https://doi.org/10.3390/en12214128>
- Xu, Z. (2022). The influence of robot-assisted industry using deep learning on the economic growth rate of manufacturing industry in the era of artificial intelligence. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2022, 1-12. <https://doi.org/10.1155/2022/4594858>
- Yang, Y., Mei, G., & Izzo, S. (2022). Revealing influence of meteorological conditions on air quality prediction using explainable deep learning. *Ieee Access*, 10, 50755-50773. <https://doi.org/10.1109/access.2022.3173734>
- Yang, Y., Yuan, Y., Zhang, G., Wang, H., Chen, Y., Liu, Y., Tarolli, C. G., Crepeau, D., Bukartyk, J., Junna, M. R., Videnovic, A., Ellis, T. D., Lipford, M. C., Dorsey, R., & Katabi, D. (2022). Artificial intelligence-enabled detection and assessment of Parkinson's disease using nocturnal breathing signals. *Nature Medicine*, 28(10), 2207–2215. <https://doi.org/10.1038/s41591-022-01932-x>
- Yiğitcanlar, T. (2021). Greening the artificial intelligence for a sustainable planet: an editorial commentary. *Sustainability*, 13(24), 13508. <https://doi.org/10.3390/su132413508>
- Yu, Y., Zou, S., & Yin, K. (2020). A novel detection fusion network for solid waste sorting. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, 17(5). <https://doi.org/10.1177/1729881420941779>
- Yuan, Y. (2024). Quantifying the cross-sectoral intersecting discrepancies within multiple groups using latent class analysis towards fairness.. <https://doi.org/10.20944/preprints202406.0700.v1>
- Yusof, N. (2023). Carbon footprint calculator for food waste to support behaviour change. *AMCI*, 12(3), 83-90. <https://doi.org/10.58915/amci.v12i3.320>
- Yuzgenc, I. (2023). Sustainable erp systems: a green perspective. *International Conference on Pioneer and Innovative Studies*, 1, 533-538. <https://doi.org/10.59287/icpis.886>
- Zha, J. (2020). Artificial intelligence in agriculture. *Journal of Physics Conference Series*, 1693(1), 012058. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1693/1/012058>
- Zhang, J. (2023). A deep learning method for convective weather forecasting: cnn-bilstm-am (version 1.0).. <https://doi.org/10.5194/gmd-2023-187>

- Zhang, S. (2024). Study on integrated watershed management decision-making based on artificial intelligence. *Advances in Computer and Communication*, 4(6), 383-388. <https://doi.org/10.26855/acc.2023.12.007>
- Zhang, W., Li, H., Li, L., Huang, W., & Wu, Q. (2022). Fiber optic sensors for seismic wave detection., 150. <https://doi.org/10.1117/12.2654743>
- Zhang, Y., Ma, R., Liu, J., Liu, X., Petrosian, O., & Krinkin, K. (2021). Comparison and explanation of forecasting algorithms for energy time series. *Mathematics*, 9(21), 2794. <https://doi.org/10.3390/math9212794>
- Zhang, Z., Li, J., He, T., & Ding, J. (2020). Bioinformatics identified 17 immune genes as prognostic biomarkers for breast cancer: application study based on artificial intelligence algorithms. *Frontiers in Oncology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fonc.2020.00330>
- Zhang, Z., Zeng, Y., Liu, H., Zhao, C., Wang, F., & Chen, Y. (2022). Smart dc: an ai and digital twin-based energy-saving solution for data centers.. <https://doi.org/10.1109/noms54207.2022.9789853>
- Zheng, N., Du, S., Wang, J., He, Z., Cui, W., Kang, Z., ... & Xin, J. (2020). Predicting covid-19 in china using hybrid ai model. *Ieee Transactions on Cybernetics*, 50(7), 2891-2904. <https://doi.org/10.1109/tcyb.2020.2990162>
- Zhou, T., Shen, J., Ji, S., Ren, Y., & Yan, L. (2020). Secure and intelligent energy data management scheme for smart iot devices. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2020, 1-11. <https://doi.org/10.1155/2020/8842885>
- Zhu, S., Ota, K., & Dong, M. (2022). Green ai for iiot: energy efficient intelligent edge computing for industrial internet of things. *Ieee Transactions on Green Communications and Networking*, 6(1), 79-88. <https://doi.org/10.1109/tgcn.2021.3100622>
- Zsembinszki, G., Fernández, C., Veréz, D., & Cabeza, L. (2021). Deep learning optimal control for a complex hybrid energy storage system. *Buildings*, 11(5), 194. <https://doi.org/10.3390/buildings11050194>
- Λιάκος, K., Busato, P., Moshou, D., Pearson, S., & Bochtis, D. (2018). Machine learning in agriculture: a review. *Sensors*, 18(8), 2674. <https://doi.org/10.3390/s18082674>