



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ UNIVERSITY OF WEST ATTICA

ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΜΑΘΗΣΗΣ
ΣΤΗΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΟΡΑΣΗ

ΣΥΓΓΡΑΦΕΑΣ

ΜΑΡΙΟΣ ΤΟΠΑΡΟΠΟΥΛΟΣ
ΑΜ: 71443950

ΕΙΣΗΓΗΤΡΙΑ

ΣΚΛΑΒΟΥΝΟΥ ΕΛΕΝΗ ΟΡΣΑΛΙΑ

ΑΘΗΝΑ 2023

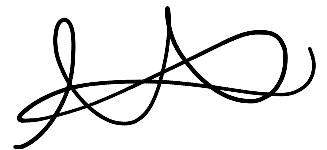
ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Μάριος Τοπαρόπουλος του Αναστασίου, με αριθμό μητρώου 71443950 φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Εφαρμογών του Τμήματος Μηχανικών Βιομηχανικής Σχεδίασης και Παραγωγής, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής/διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Ο Δηλών



Η παρούσα διπλωματική εργασία εγκρίθηκε ομόφωνα από την τριμελή εξεταστική επιτροπή, η οποία ορίστηκε από την Γ.Σ. του Τμήματος Μηχανικών Βιομηχανικής Σχεδίασης και Παραγωγής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, σύμφωνα με το νόμο και το εγκεκριμένο Οδηγώ Σπουδών του τμήματος.

Επιβλέπουσα: Σκλαβούνου Ελένη Ορσαλία, Λέκτορας Εφαρμογών

Επιτροπή Αξιολόγησης:

Χατζόπουλος Αβραάμ

Λέκτορας

Σκλαβούνου Ελένη
Ορσαλία

Λέκτορας Εφαρμογών

Δρόσος Χρήστος

ΕΔΙΠ

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμότερες ευχαριστίες μου στην καθηγήτρια μου Ελένη Ουρσαλία Σκλαβούνου, για την υποστήριξη και την καθοδήγηση που μου πρόσφερε καθ' όλη τη διάρκεια της συγγραφής αυτής της διπλωματικής.

Στον πρόσφατα αποβιώσαντα πατέρα μου, που πάντα με στηρίζει για να επιδιώκω τα όνειρά μου και να μην παρατάω ποτέ. Η ύπαρξη σου θα με συνοδεύουν για πάντα.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου, που ήταν πάντα εκεί για μένα, προσφέροντας αγάπη, υποστήριξη και κατανόηση σε κάθε βήμα της ζωής μου.

Τέλος, οι ευχαριστίες μου πηγαινούν και στους κοντινούς μου φίλους και συναδέλφους της σχολής: Σταμάτη Σπαγαδώρο, Κριστιάν Σεράνι, Άγγελο Συκιανάκη και Γιώργο Κορομηλά, για τις ατελείωτες καλές και δύσκολες στιγμές, προσφέροντας αλληλεγγύη, γέλιο και παρηγοριά.

Σας ευχαριστώ όλους από τα βάθη της καρδιάς μου.

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	7
Abstract.....	8
1. Εισαγωγή.....	9
1.1 Ιστορικό Πλαίσιο.....	9
1.2 Σκοπός της Έρευνας.....	10
1.3 Σημασία της Βιομηχανικής Όρασης.....	11
1.4 Σύντομη αναφορά στη Μηχανική Μάθηση.....	12
1.5 Δομή της Διατριβής.....	13
2. Θεωρητικό Υπόβαθρο.....	15
2.1 Βασικές έννοιες της Μηχανικής Μάθησης.....	16
2.2 Κατηγορίες Μηχανικής Μάθησης.....	17
2.3 Βασικές έννοιες της Βιομηχανικής Όρασης.....	18
2.4 Αλγόριθμοι Βελτιστοποίησης.....	19
2.5 Τεχνικές Προεπεξεργασίας Δεδομένων.....	21
2.6 Νευρωνικά Δίκτυα και Βαθιά Μάθηση.....	23
2.7 Τεχνικές Εκπαίδευσης και Επαλήθευσης.....	24
3. Εφαρμογές της Μηχανικής Μάθησης στη Βιομηχανική Όραση.....	28
3.1 Ανίχνευση και αναγνώριση αντικειμένων.....	28
3.2 Ποιοτικός έλεγχος προϊόντων.....	30
3.3 Ρομποτική και αυτοματοποίηση.....	31
3.4 Προβλεπτική Συντήρηση.....	32
3.5 Ανάλυση κίνησης και παρακολούθηση.....	34
3.6 Βελτιστοποίηση παραγωγικών διαδικασιών.....	36
4. Προκλήσεις και Περιορισμοί.....	38
4.1 Δυσκολίες στην εκπαίδευση των μοντέλων.....	40
4.2 Περιορισμοί στην υλοποίηση.....	41
4.3 Επιπτώσεις στη βιομηχανική ασφάλεια.....	44
4.4 Επιπτώσεις στην απόδοση των συστημάτων.....	46
4.5 Κοινωνικές και ηθικές προκλήσεις.....	48
5. Μελλοντικές Κατευθύνσεις.....	51
5.1 Εξελίξεις στην τεχνολογία της Βιομηχανικής Όρασης.....	55
5.2 Προοπτικές για την ένταξη της Μηχανικής Μάθησης σε νέες εφαρμογές.....	57

5.3 Συνεργασία με Άλλες Τεχνολογίες	59
5.4 Εκπαίδευση και Κατάρτιση	60
5.5 Ηθικές και Κοινωνικές Συνέπειες	61
5.6 Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις	62
6. Συμπεράσματα	64
6.1 Συνοπτική ανασκόπηση των κυριότερων σημείων της έρευνας	65
6.2 Προτάσεις για μελλοντική έρευνα.....	67
6.3 Επιπτώσεις στη βιομηχανία και την κοινωνία	68
7. Πηγές Εικόνων	70
8. Βιβλιογραφία	73

Περίληψη

Η βιομηχανική όραση αποτελεί έναν δυναμικά αναπτυσσόμενο τομέα που έχει δεχθεί σημαντικές επιρροές από τις τεχνολογικές εξελίξεις της μηχανικής μάθησης. Η παρούσα έρευνα αναλύει εκτενώς τις εφαρμογές της μηχανικής μάθησης στον τομέα της βιομηχανικής οράσεως, επικεντρώνοντας σε πολλαπλές πτυχές.

Αρχικά, εξετάζεται η ικανότητα της μηχανικής μάθησης να αναγνωρίζει και να κατηγοριοποιεί αντικείμενα με ακρίβεια, αναδεικνύοντας την ευελιξία της στην αντιμετώπιση διαφορετικών τύπων δεδομένων και περιβαλλόντων. Παραδείγματα από βιομηχανικές εφαρμογές δείχνουν πώς η τεχνολογία αυτή έχει βελτιώσει την απόδοση των συστημάτων ελέγχου ποιότητας και αυτοματοποίησης.

Στη συνέχεια, η έρευνα επικεντρώνεται στην προβλεπτική συντήρηση, όπου η μηχανική μάθηση επιτρέπει την πρόβλεψη και την πρόληψη βλαβών ή δυσλειτουργιών σε βιομηχανικό εξοπλισμό, μειώνοντας τους χρόνους διακοπής και τα κόστη συντήρησης.

Παράλληλα, τονίζεται η σημασία των προκλήσεων και των περιορισμών που συναντώνται στην εφαρμογή της μηχανικής μάθησης στη βιομηχανική όραση, όπως η ανάγκη για μεγάλα δεδομένα, η εκπαίδευση των μοντέλων και οι ηθικές προκλήσεις.

Τέλος, η έρευνα προτείνει δρόμους για μελλοντικές εξελίξεις στον τομέα, επισημαίνοντας την ανάγκη για συνεχή έρευνα και καινοτομία, καθώς και τη σημασία της συνεργασίας μεταξύ ερευνητών, βιομηχανιών και κυβερνήσεων για την προώθηση της τεχνολογίας αυτής στο μέλλον.

Λέξεις Κλειδιά:

Μηχανική Μάθηση, Βιομηχανική Όραση, Αναγνώριση Αντικειμένων, Προβλεπτική Συντήρηση, Αυτοματοποίηση, Ποιοτικός Έλεγχος, Εκπαίδευση Μοντέλων, Ηθικές Διλήμματα, Μελλοντικές Εξελίξεις, Συνεργασία

Abstract

Industrial vision, a rapidly evolving domain, has been significantly influenced by advancements in machine learning. This research delves into the multifaceted applications of machine learning within the realm of industrial vision, highlighting its transformative potential.

Initially, the capability of machine learning to accurately recognize and categorize objects is explored, underscoring its adaptability in handling diverse data types and environments. Examples from industrial applications demonstrate how this technology has enhanced the efficiency of quality control and automation systems.

Subsequently, the research focuses on predictive maintenance, where machine learning facilitates the forecasting and prevention of malfunctions or damages in industrial equipment, thereby reducing downtime and maintenance costs.

Concurrently, the challenges and constraints encountered in implementing machine learning in industrial vision are emphasized. These encompass the necessity for vast datasets, model training intricacies, and ethical dilemmas.

In conclusion, the study suggests avenues for future developments in the field, emphasizing the imperative for ongoing research and innovation. The significance of collaboration among researchers, industries, and governments to propel this technology forward is also accentuated.

Keywords

machine learning, industrial vision, applications, automation, image processing, object detection, predictive maintenance, neural networks, optimization, real-time analysis.

1. Εισαγωγή

Η τεχνολογία έχει εξελιχθεί με εκπληκτικό τρόπο τα τελευταία χρόνια, με τη Βιομηχανική Όραση και τη Μηχανική Μάθηση να αποτελούν δύο από τους πιο ενδιαφέροντες τομείς αυτής της εξέλιξης. Η σύγχρονη βιομηχανία επιδιώκει την αυτοματοποίηση, την ακρίβεια και την αποτελεσματικότητα, με τη βοήθεια των προηγμένων τεχνολογικών λύσεων. Στο πλαίσιο αυτό, η έρευνα που παρουσιάζεται εδώ επικεντρώνεται στις εφαρμογές της Μηχανικής Μάθησης στη Βιομηχανική Όραση.

Ο σκοπός αυτής της έρευνας είναι να διερευνήσει τον τρόπο με τον οποίο η Μηχανική Μάθηση μπορεί να ενσωματωθεί στη Βιομηχανική Όραση, προκειμένου να βελτιώσει τις διαδικασίες και να προσφέρει νέες ευκαιρίες στη βιομηχανία. Η Βιομηχανική Όραση, ως εργαλείο για την ανίχνευση, την αναγνώριση και την ανάλυση των αντικειμένων μέσω της χρήσης εικόνων, έχει τεράστια σημασία στη σύγχρονη βιομηχανία. Από την άλλη πλευρά, η Μηχανική Μάθηση προσφέρει τα εργαλεία για την αυτόματη ανάλυση και ερμηνεία των δεδομένων.

Στα επόμενα κεφάλαια, θα διερευνηθεί το ιστορικό πλαίσιο της Βιομηχανικής Όρασης και της Μηχανικής Μάθησης, οι βασικές έννοιες και οι εφαρμογές τους, καθώς και οι προκλήσεις και οι περιορισμοί που συναντώνται στην ενσωμάτωσή τους.

1.1 Ιστορικό Πλαίσιο

Η Βιομηχανική Όραση ξεκίνησε ως μια προσπάθεια να αντικατασταθούν οι ανθρώπινες διαδικασίες ελέγχου με αυτοματοποιημένες, προκειμένου να αυξηθεί η ακρίβεια και η ταχύτητα των βιομηχανικών διαδικασιών. Από τα απλά συστήματα ανίχνευσης σφαλμάτων στα πρώιμα στάδια της εξέλιξής της, η Βιομηχανική Όραση έχει εξελιχθεί σε ένα πολύπλοκο σύστημα που μπορεί να εκτελέσει πολλαπλές λειτουργίες.

Από την άλλη πλευρά, η Μηχανική Μάθηση ξεκίνησε ως ένας τομέας της **Τεχνητής Νοημοσύνης**, με στόχο την ανάπτυξη αλγορίθμων που μπορούν να μαθαίνουν από τα δεδομένα. Με την πάροδο του χρόνου, η Μηχανική Μάθηση έχει βρει εφαρμογές σε πολλούς τομείς, από την ιατρική εικονογράφηση μέχρι την αυτοματοποίηση των οχημάτων.



Εικόνα 1: Automatix, σύστημα μηχανικής μάθησης 1983

Η συνύπαρξη και η συνεργασία αυτών των δύο τεχνολογιών έχουν ανοίξει νέους ορίζοντες στη βιομηχανία, προσφέροντας λύσεις που ήταν αδιανόητες μόλις λίγα χρόνια πριν.

1.2 Σκοπός της Έρευνας

Η τεχνολογία, στην προσπάθειά της να ανταποκριθεί στις συνεχώς αυξανόμενες ανάγκες της σύγχρονης βιομηχανίας, έχει εξελιχθεί με ταχύτατους ρυθμούς. Στο πλαίσιο αυτό, η Βιομηχανική Όραση και η Μηχανική Μάθηση έχουν αναδειχθεί ως δύο από τους πιο κρίσιμους τομείς της τεχνολογικής εξέλιξης. Η παρούσα έρευνα επικεντρώνεται στην εξερεύνηση των δυνατοτήτων που προσφέρει η συνένωση αυτών των δύο τεχνολογιών, με ιδιαίτερη έμφαση στις εφαρμογές της Μηχανικής Μάθησης στη Βιομηχανική Όραση.

Διατύπωση του κεντρικού ερωτήματος

Πώς μπορεί η Μηχανική Μάθηση να ενσωματωθεί στη Βιομηχανική Όραση για να βελτιώσει, να αυτοματοποιήσει και να καινοτομήσει τις βιομηχανικές διαδικασίες;

Αυτό το κεντρικό ερώτημα οδηγεί σε μια σειρά υπο ερωτήσεων:

- Ποιες είναι οι τρέχουσες εφαρμογές της Βιομηχανικής Όρασης που μπορούν να επωφεληθούν από τη Μηχανική Μάθηση;
- Ποιες είναι οι τεχνολογικές προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπιστούν;
- Και πώς μπορεί η συνεργασία αυτών των τεχνολογιών να οδηγήσει σε νέες ευκαιρίες για τη βιομηχανία;

Περιγραφή των βασικών στόχων της έρευνας

Οι βασικοί στόχοι της παρούσας έρευνας είναι οι εξής:

1. **Κατανόηση των Βασικών Έννοιων:** Να παρουσιάσει μια σαφή και συνοπτική εικόνα των βασικών έννοιων της Βιομηχανικής Όρασης και της Μηχανικής Μάθησης, καθώς και των τεχνολογικών εξελίξεων που έχουν συμβεί σε αυτούς τους τομείς.
2. **Ανάλυση των Τρεχουσών Εφαρμογών:** Να εξετάσει τις τρέχουσες εφαρμογές της Βιομηχανικής Όρασης και να αναλύσει πώς η Μηχανική Μάθηση μπορεί να προσφέρει βελτιώσεις σε αυτές τις εφαρμογές.
3. **Εξερεύνηση Νέων Ευκαιριών:** Να εξερευνήσει τις νέες ευκαιρίες που προκύπτουν από τη συνεργασία της Βιομηχανικής Όρασης και της Μηχανικής Μάθησης, και να προτείνει πιθανές κατευθύνσεις για μελλοντική έρευνα και ανάπτυξη.

Μέσω αυτής της έρευνας, προσφέρεται μία σαφή και συνεκτική εικόνα των δυνατοτήτων που προσφέρει η συνεργασία της Βιομηχανικής Όρασης και της Μηχανικής Μάθησης, καθώς και των προκλήσεων που πρέπει να αντιμετωπιστούν.

1.3 Σημασία της Βιομηχανικής Όρασης

Η Βιομηχανική Όραση αποτελεί έναν από τους πιο κρίσιμους τομείς της σύγχρονης βιομηχανικής τεχνολογίας. Με την ικανότητα να "βλέπει" και να "αναγνωρίζει" αντικείμενα με ακρίβεια, η Βιομηχανική Όραση έχει επαναπροσδιορίσει τον τρόπο με τον οποίο οι βιομηχανίες λειτουργούν και ανταποκρίνονται στις ανάγκες τους.



Εικόνα 2: Έλεγχος Παραγωγής με χρήση Βιομηχανικής Όρασης και Βαθιά Εκμάθηση

Η συμβολή της Βιομηχανικής Όρασης στη σύγχρονη βιομηχανία

Η Βιομηχανική Όραση έχει προσφέρει στη βιομηχανία τη δυνατότητα να αυτοματοποιήσει πολλές από τις διαδικασίες που παλαιότερα απαιτούσαν ανθρώπινη παρέμβαση. Από τον έλεγχο ποιότητας στις γραμμές παραγωγής μέχρι την αναγνώριση και την ταξινόμηση των προϊόντων, η Βιομηχανική Όραση έχει αυξήσει την αποτελεσματικότητα, την ακρίβεια και την ταχύτητα των βιομηχανικών διαδικασιών.

Επιπλέον, η ικανότητα της Βιομηχανικής Οράσεως να αναλύει εικόνες σε πραγματικό χρόνο έχει επιτρέψει στις επιχειρήσεις να λάβουν αμεσότερες και πιο ενημερωμένες αποφάσεις. Αυτό έχει οδηγήσει σε μεγαλύτερη ευελιξία στην παραγωγή και στην προσαρμογή στις αλλαγές της αγοράς.

Προκλήσεις και ευκαιρίες που προσφέρει

Παρά τα πολλά πλεονεκτήματα που προσφέρει η Βιομηχανική Όραση, υπάρχουν και προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπιστούν. Η ανάγκη για υψηλής ποιότητας εικόνες, η επεξεργασία των δεδομένων σε πραγματικό χρόνο και η ανάγκη για συνεχή προσαρμογή στις αλλαγές των προτύπων είναι μερικές από τις προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι επιχειρήσεις.

Ωστόσο, με την εξέλιξη της τεχνολογίας, η Βιομηχανική Όραση προσφέρει και νέες ευκαιρίες. Η συνεργασία με τη Μηχανική Μάθηση, για παράδειγμα, μπορεί να οδηγήσει σε ακόμη πιο προηγμένες εφαρμογές, όπως η αυτόματη αναγνώριση προτύπων ή η πρόβλεψη δυνητικών προβλημάτων παραγωγής πριν αυτά συμβούν.

Συνολικά, η Βιομηχανική Όραση παραμένει ένας τομέας που προσφέρει τεράστιες ευκαιρίες για τη βελτίωση των βιομηχανικών διαδικασιών, αλλά και για την καινοτομία στον τομέα της τεχνολογίας.

1.4 Σύντομη αναφορά στη Μηχανική Μάθηση

Η Μηχανική Μάθηση, ως ένας υποτομέας της τεχνητής νοημοσύνης, έχει αναδειχθεί ως ένα από τα πιο ενδιαφέροντα και προοδευτικά πεδία της σύγχρονης τεχνολογίας. Με την ικανότητα να "μαθαίνει" από τα δεδομένα και να προβλέπει μελλοντικές τάσεις ή συμπεριφορές, η Μηχανική Μάθηση έχει επηρεάσει σημαντικά πολλούς τομείς, από την ιατρική έρευνα μέχρι την αυτοματοποίηση των οχημάτων.

Ορισμός και βασικές αρχές της Μηχανικής Μάθησης

Η Μηχανική Μάθηση μπορεί να οριστεί ως ένας τομέας της τεχνητής νοημοσύνης που επικεντρώνεται στην ανάπτυξη αλγορίθμων που δίνουν στους υπολογιστές τη δυνατότητα να "μαθαίνουν" από τα δεδομένα. Αντί να προγραμματίζονται ρητά για να εκτελούν μια συγκεκριμένη εργασία, αυτοί οι αλγόριθμοι εκπαιδεύονται χρησιμοποιώντας μεγάλα σύνολα δεδομένων, επιτρέποντας τους να προβλέπουν ή να αναγνωρίζουν μοτίβα με βάση τα εισερχόμενα δεδομένα.

Οι βασικές αρχές της Μηχανικής Μάθησης περιλαμβάνουν την επιλογή και την προεπεξεργασία των δεδομένων, την εκπαίδευση των μοντέλων, την αξιολόγηση της απόδοσης και την εφαρμογή των μοντέλων σε νέα δεδομένα.

Η σχέση της Μηχανικής Μάθησης με την Βιομηχανική Όραση

Η Βιομηχανική Όραση και η Μηχανική Μάθηση είναι δύο τομείς που συνδέονται στενά. Ενώ η Βιομηχανική Όραση επικεντρώνεται στην ανίχνευση και αναγνώριση των αντικειμένων μέσω της εικόνας, η Μηχανική Μάθηση προσφέρει τα εργαλεία για την ανάλυση και ερμηνεία των εικόνων.

Στην πράξη, αυτό σημαίνει ότι η Βιομηχανική Όραση μπορεί να ωφεληθεί από τη Μηχανική Μάθηση για την αυτοματοποίηση και βελτίωση των διαδικασιών της. Για παράδειγμα, ένα σύστημα Βιομηχανικής Όρασης μπορεί να χρησιμοποιήσει τη Μηχανική Μάθηση για την αναγνώριση ελαττωματικών προϊόντων σε μια γραμμή παραγωγής ή για την ταξινόμηση των προϊόντων με βάση τα χαρακτηριστικά τους.

1.5 Δομή της Διατριβής

Η παρούσα διατριβή είναι αφιερωμένη στην εξερεύνηση των εφαρμογών της Μηχανικής Μάθησης στον τομέα της Βιομηχανικής Όρασης. Η δομή της διατριβής έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να παρέχει μια συνεκτική και λεπτομερή επισκόπηση του θέματος, αρχίζοντας από τα βασικά θεωρητικά στοιχεία και φτάνοντας στις πρακτικές εφαρμογές και τις μελλοντικές προοπτικές.

- **Εισαγωγή:** Στο πρώτο κεφάλαιο, ο αναγνώστης εισάγεται στον σκοπό της έρευνας, τη σημασία της Βιομηχανικής Όρασης και μια σύντομη αναφορά στη Μηχανική Μάθηση.
- **Θεωρητικό Υπόβαθρο:** Στο δεύτερο κεφάλαιο, παρουσιάζονται οι βασικές έννοιες της Μηχανικής Μάθησης και της Βιομηχανικής Όρασης, καθώς και οι διάφορες κατηγορίες της Μηχανικής Μάθησης.
- **Εφαρμογές της Μηχανικής Μάθησης στη Βιομηχανική Όραση:** Το τρίτο κεφάλαιο εξετάζει τις πρακτικές εφαρμογές της Μηχανικής Μάθησης στον τομέα της Βιομηχανικής Όρασης, όπως η ανίχνευση και αναγνώριση αντικειμένων, ο ποιοτικός έλεγχος προϊόντων και η ρομποτική.
- **Προκλήσεις και Περιορισμοί:** Στο τέταρτο κεφάλαιο, αναδεικνύονται οι δυσκολίες και οι προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι ερευνητές κατά την εφαρμογή της Μηχανικής Μάθησης στη Βιομηχανική Όραση.
- **Μελλοντικές Κατευθύνσεις:** Το πέμπτο κεφάλαιο προσφέρει μια ματιά στο μέλλον, εξετάζοντας τις εξελίξεις στην τεχνολογία και τις προοπτικές για νέες εφαρμογές.
- **Συμπεράσματα:** Στο τελευταίο κεφάλαιο, παρέχεται μια συνοπτική ανασκόπηση των κυριότερων σημείων της έρευνας και προτάσεις για μελλοντική έρευνα.
- **Παραρτήματα:** Εδώ, ο αναγνώστης μπορεί να βρει πρόσθετο υλικό, όπως κώδικα, δεδομένα και άλλες πηγές που υποστηρίζουν την έρευνα.

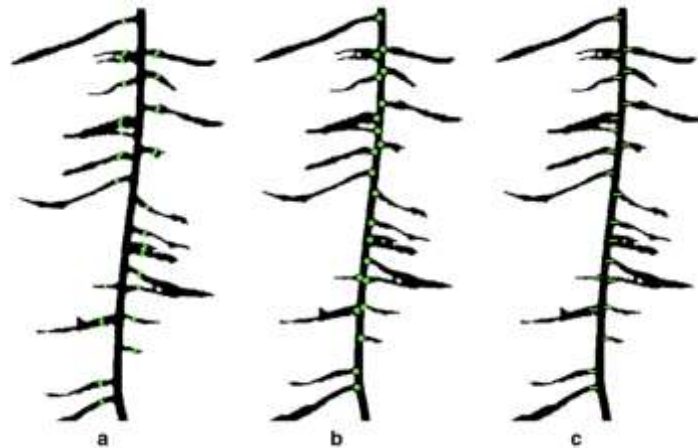
- **Βιβλιογραφία:** Στο τελευταίο τμήμα, παρατίθενται όλες οι πηγές και οι αναφορές που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια της έρευνας.

Με αυτήν τη δομή, η διατριβή προσφέρει μια ολοκληρωμένη και συστηματική προσέγγιση στο θέμα, επιτρέποντας στον αναγνώστη να ακολουθήσει την εξέλιξη της σκέψης και της έρευνας από την αρχή ως το τέλος.

2. Θεωρητικό Υπόβαθρο

Η Βιομηχανική Όραση και η Μηχανική Μάθηση αποτελούν δύο τομείς που έχουν γνωρίσει εκρηκτική ανάπτυξη τα τελευταία χρόνια. Η συνένωση αυτών των τεχνολογιών έχει οδηγήσει σε πρωτοποριακές εφαρμογές στον τομέα της βιομηχανίας.

Σύμφωνα με την έρευνα του Falk κ.ά.¹, η χρήση της Μηχανικής Μάθησης στην ανάλυση των ριζικών συστημάτων των φυτών έχει αναδειχθεί ως ένας αποτελεσματικός τρόπος για την καλύτερη κατανόηση των γενετικών χαρακτηριστικών των φυτών.



Εικόνα 3: Βιομηχανική Όραση στα Φυτά

Σε μια άλλη έρευνα από τον Dadashzadeh κ.ά.², παρουσιάζεται ένα σύστημα που χρησιμοποιεί την Μηχανική Μάθηση για την αυτόματη ανίχνευση και ταξινόμηση των ζιζανίων στα ρυζιά, δείχνοντας την αποτελεσματικότητα της τεχνολογίας στην αυτοματοποίηση της γεωργίας.

Επιπλέον, η Hemamalini κ.ά.³ εξετάζει τη χρήση της Μηχανικής Μάθησης στον έλεγχο ποιότητας των τροφίμων, υπογραμμίζοντας τη σημασία της τεχνολογίας στη βελτίωση της ασφάλειας των τροφίμων.



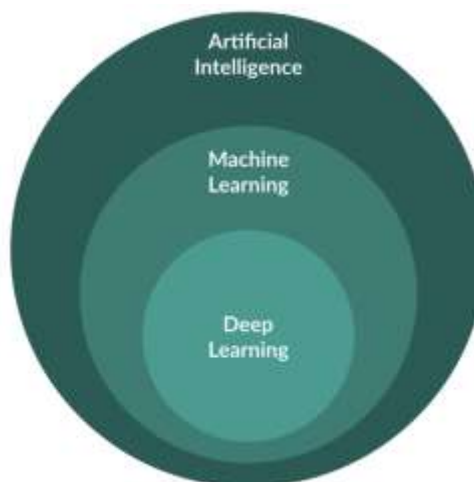
Εικόνα 4: Ανίχνευση Ζιζανίων

Στο πλαίσιο αυτού του κεφαλαίου, θα εξετάσουμε τις βασικές έννοιες της Μηχανικής Μάθησης και της Βιομηχανικής Όρασης, καθώς και τις διάφορες κατηγορίες της Μηχανικής Μάθησης, προκειμένου να παρέχουμε μια ολοκληρωμένη εικόνα του πώς αυτές οι τεχνολογίες μπορούν να εφαρμοστούν στη βιομηχανία.

Με την πρόοδο της τεχνολογίας, είναι αναμενόμενο ότι η Μηχανική Μάθηση και η Βιομηχανική Όραση θα συνεχίσουν να παίζουν έναν ολοένα και πιο σημαντικό ρόλο στη βιομηχανία, προσφέροντας λύσεις σε πολλά προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι επιχειρήσεις σήμερα.

2.1 Βασικές έννοιες της Μηχανικής Μάθησης

Η Μηχανική Μάθηση (ML) αποτελεί έναν υποτομέα της τεχνητής νοημοσύνης που ασχολείται με την ανάπτυξη αλγορίθμων που δίνουν στους υπολογιστές τη δυνατότητα να "μαθαίνουν" από τα δεδομένα.



Εικόνα 5: Machine Learning Concepts

Στην πράξη, αυτό σημαίνει ότι οι υπολογιστές μπορούν να βελτιώνουν την απόδοσή τους σε ένα συγκεκριμένο καθήκον με την εμπειρία, χωρίς να χρειάζεται να προγραμματιστούν ρητά για αυτό το καθήκον⁴.

Οι βασικές έννοιες που χρησιμοποιούνται στη Μηχανική Μάθηση περιλαμβάνουν:

- **Δεδομένα Εκπαίδευσης:** Τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται για την εκπαίδευση ενός μοντέλου ML.
- **Μοντέλο:** Ο αλγόριθμος που έχει εκπαιδευτεί σε ένα συγκεκριμένο σύνολο δεδομένων.
- **Πρόβλεψη:** Το αποτέλεσμα που παράγεται από ένα εκπαιδευμένο μοντέλο όταν εφαρμόζεται σε νέα δεδομένα.
- **Σφάλμα:** Η διαφορά μεταξύ της πρόβλεψης του μοντέλου και της πραγματικής τιμής⁵.

Ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα της Μηχανικής Μάθησης είναι η δυνατότητα να ανακαλύπτει πολύπλοκες σχέσεις στα δεδομένα που δεν θα ήταν εφικτό να ανακαλυφθούν με τις παραδοσιακές μεθόδους ανάλυσης⁶.

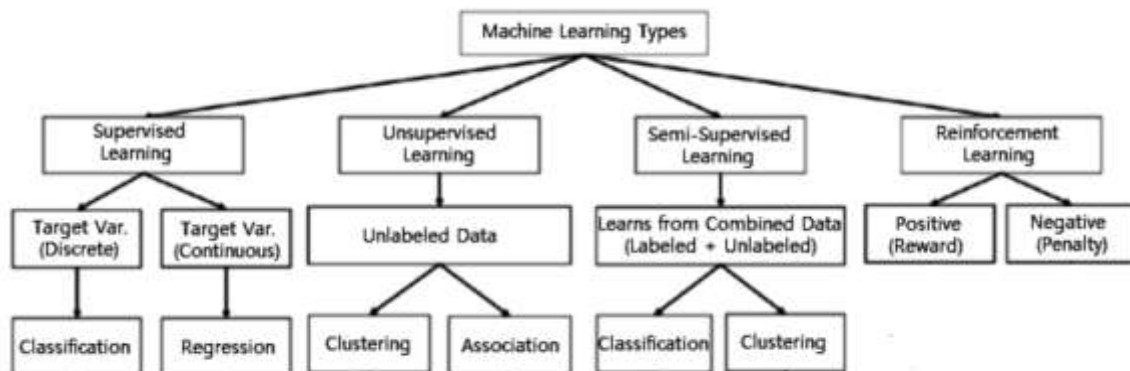
Για παράδειγμα, στην ιατρική, η Μηχανική Μάθηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανίχνευση ασθενειών από εικόνες, την πρόβλεψη της εξέλιξης μιας ασθένειας ή την προσαρμογή της θεραπείας σε κάθε ασθενή⁷.

Συνολικά, η Μηχανική Μάθηση προσφέρει ένα ισχυρό εργαλείο για την ανάλυση και την ερμηνεία των δεδομένων, με πολλές εφαρμογές σε διάφορους τομείς της επιστήμης και της τεχνολογίας.

2.2 Κατηγορίες Μηχανικής Μάθησης

Η Μηχανική Μάθηση είναι ένας ευρύς τομέας που περιλαμβάνει διάφορες τεχνικές και μεθόδους. Βασικά, οι τεχνικές αυτές μπορούν να καταταχθούν σε τρεις κύριες

κατηγορίες: Επιβλεπόμενη Μάθηση, Μη Επιβλεπόμενη Μάθηση και Ενισχυτική Μάθηση.



Εικόνα 6: Κατηγορίες Μηχανικής Μάθησης

Κατηγορίες:

1. **Επιβλεπόμενη Μάθηση (Supervised Learning):** Σε αυτήν την κατηγορία, το μοντέλο εκπαιδεύεται με βάση ένα σύνολο δεδομένων που περιλαμβάνει τόσο τα εισαγόμενα δεδομένα όσο και τις αντίστοιχες εξόδους. Ο στόχος είναι να μάθει το μοντέλο να προβλέπει την έξοδο για νέα δεδομένα ¹. Παράδειγμα: Πρόβλεψη της τιμής ενός σπιτιού βάσει των χαρακτηριστικών του.
2. **Μη Επιβλεπόμενη Μάθηση (Unsupervised Learning):** Σε αυτήν την περίπτωση, το μοντέλο εκπαιδεύεται χωρίς τις ετικέτες εξόδου. Ο στόχος είναι να ανακαλύψει δομές ή σχέσεις μέσα στα δεδομένα ². Παράδειγμα: Ομαδοποίηση πελατών βάσει των συνηθειών αγοράς τους.
3. **Ενισχυτική Μάθηση (Reinforcement Learning):** Σε αυτήν την κατηγορία, ένας πράκτορας προσπαθεί να μάθει πώς να ενεργεί σε ένα περιβάλλον ώστε να μεγιστοποιήσει κάποια μετρική ανταμοιβής ³. Παράδειγμα: Εκπαίδευση ενός ρομπότ για να περπατήσει.

Η επιλογή της κατάλληλης τεχνικής εξαρτάται από τη φύση του προβλήματος και των διαθέσιμων δεδομένων. Καθώς η τεχνολογία προχωρά, οι τεχνικές αυτές συνεχίζουν να εξελίσσονται και να βρίσκουν νέες εφαρμογές σε διάφορους τομείς.

2.3 Βασικές έννοιες της Βιομηχανικής Όρασης

Η βιομηχανική όραση αναφέρεται στη χρήση τεχνολογιών και τεχνικών για την αυτόματη επεξεργασία και ανάλυση εικόνων με σκοπό την επίτευξη αυτοματοποιημένου ελέγχου και λήψης αποφάσεων σε βιομηχανικές εφαρμογές.

1. **Συστήματα Βιομηχανικής Όρασης:** Αυτά τα συστήματα χρησιμοποιούνται για την αυτοματοποίηση των διαδικασιών ελέγχου ποιότητας, την ανίχνευση σφαλμάτων, την καθοδήγηση ρομπότ και άλλες βιομηχανικές εφαρμογές⁸.

2. **Συστήματα Μηχανικής:** Αυτά τα συστήματα επικεντρώνονται στην ανάλυση των εικόνων με σκοπό την αναγνώριση προτύπων, την κατηγοριοποίηση και την επεξεργασία των δεδομένων⁹].
3. **Ευφυής Όραση:** Η ευφυής όραση συνδυάζει τεχνικές από την τεχνητή νοημοσύνη και τη μηχανική μάθηση για την επεξεργασία εικόνων, χρησιμοποιώντας ευριστικές και αλγόριθμους για την ανάλυση των εικόνων¹⁰.

Η βιομηχανική όραση είναι ένας τομέας που συνεχίζει να εξελίσσεται με την πρόοδο της τεχνολογίας. Με την αύξηση της διαθεσιμότητας των υψηλής ανάλυσης καμερών και των προηγμένων τεχνικών επεξεργασίας εικόνων, η βιομηχανική όραση έχει το δυναμικό να προσφέρει λύσεις σε πολλά βιομηχανικά προβλήματα.

Εν κατακλείδι, η βιομηχανική όραση είναι ένας ζωτικός τομέας που συνδυάζει τεχνολογία και επιστήμη για την αυτοματοποίηση και βελτίωση των βιομηχανικών διαδικασιών.

2.4 Αλγόριθμοι Βελτιστοποίησης

Στην επιστήμη της Βιομηχανικής Όρασης, η βελτιστοποίηση είναι ένας από τους πιο κρίσιμους τομείς. Οι αλγόριθμοι βελτιστοποίησης αναζητούν την καλύτερη δυνατή λύση για ένα συγκεκριμένο πρόβλημα, είτε αυτό αφορά την ελαχιστοποίηση του σφάλματος ενός μοντέλου, είτε την αύξηση της απόδοσης ενός συστήματος.

Κύριοι Τύποι Αλγορίθμων Βελτιστοποίησης

1. **Αλγόριθμοι Gradient Descent:** Είναι οι πιο δημοφιλείς αλγόριθμοι για την εκπαίδευση νευρωνικών δικτύων. Χρησιμοποιούν την κλίση της συνάρτησης κόστους για να εντοπίσουν την κατεύθυνση προς την οποία πρέπει να προχωρήσουν τα βάρη του μοντέλου.
2. **Εξελικτικοί Αλγόριθμοι:** Βασίζονται στη θεωρία της εξέλιξης και χρησιμοποιούν μηχανισμούς όπως η επιλογή, η διασταύρωση και η μετάλλαξη για να παράγουν νέες λύσεις.
3. **Αλγόριθμοι Σωματιδίων:** Εμπνευσμένοι από τη συμπεριφορά των πτηνών σε ένα σμήνος, αυτοί οι αλγόριθμοι χρησιμοποιούν "σωματίδια" που κινούνται στο χώρο των λύσεων, αναζητώντας τη βέλτιστη.

Εφαρμογές στη Βιομηχανική Όραση

Οι αλγόριθμοι βελτιστοποίησης είναι ζωτικής σημασίας στη Βιομηχανική Όραση. Για παράδειγμα, στην εργασία *Modelling and Control for Intelligent Industrial Systems - Adaptive Algorithms in Robotics and Industrial Engineering* του G. Rigatos, εξετάζεται η ενσωμάτωση της νοημοσύνης στα βιομηχανικά συστήματα για την αύξηση της παραγωγικότητας και τη βελτίωση των συνθηκών εργασίας¹¹.

Σε μια άλλη εργασία, *Soft Computing Applications in Robotic Vision Systems* των V. Ayala-Ramírez κ.ά., περιγράφεται η χρήση των τεχνικών Soft Computing, όπως τα

νευρωνικά δίκτυα, η ασαφής λογική και οι γενετικοί αλγόριθμοι, στα βιομηχανικά συστήματα όρασης¹².

Επιπλέον, στην εργασία *Hierarchically Structured Classification of Carbon Nanostructures from TEM Images by Machine Learning and Computer Vision* των Chen Wang κ.ά., παρουσιάζεται η χρήση των αλγορίθμων μηχανικής μάθησης για την ταξινόμηση των νανοδομών του άνθρακα από εικόνες TEM¹³.

Τέλος, στην εργασία *Atomistic Mathematical Theory for Metaheuristic Structures of Global Optimization Algorithms in Evolutionary Machine Learning for Power Systems* του Jonah Lissner, εξετάζονται οι μεταευριστικές δομές των αλγορίθμων βελτιστοποίησης στη μηχανική μάθηση¹⁴.



Εικόνα 7: XidooBot

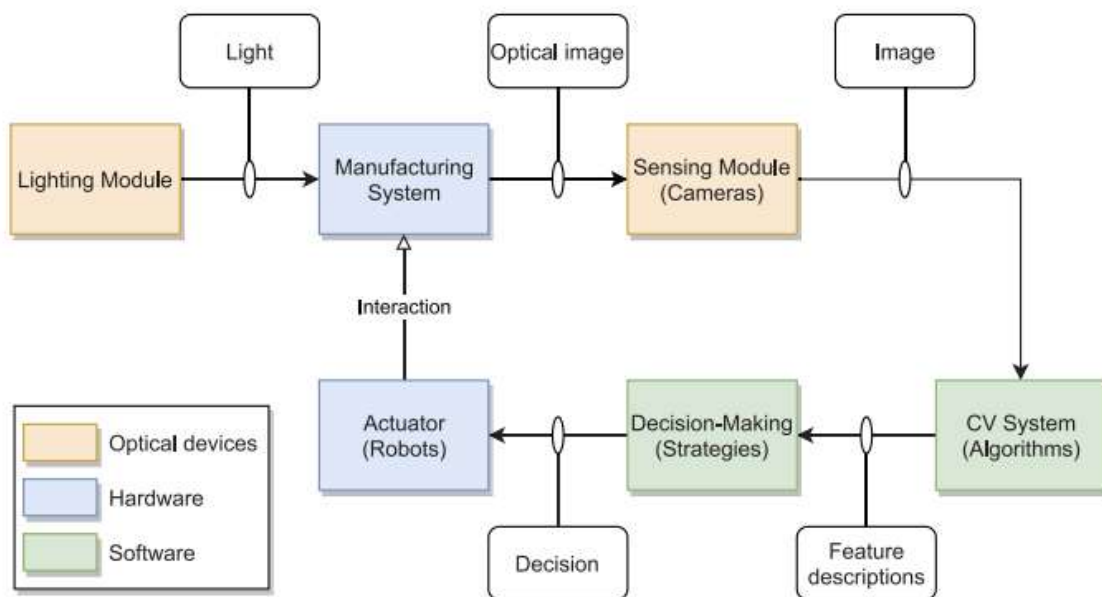
2.5 Τεχνικές Προεπεξεργασίας Δεδομένων

Η προεπεξεργασία δεδομένων αποτελεί έναν κρίσιμο βήμα στην επεξεργασία εικόνων, ιδιαίτερα στον τομέα της βιομηχανικής όρασης. Προτού εφαρμοστούν αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης, τα δεδομένα πρέπει να καθαριστούν, να τροποποιηθούν και να μετασχηματιστούν ώστε να είναι κατάλληλα για ανάλυση.

Τεχνικές Υπολογιστικής Όρασης στην Κατασκευή

Η τεχνική της υπολογιστικής όρασης έχει παίξει σημαντικό ρόλο στην προώθηση της πληροφορικής, της ψηφιοποίησης και της νοημοσύνης των βιομηχανικών συστημάτων κατασκευής. Το άρθρο παρουσιάζει μια συνοπτική επισκόπηση των τεχνικών υπολογιστικής όρασης και των εφαρμογών τους στις βιομηχανίες κατασκευής. Επισημαίνεται η σημασία της προεπεξεργασίας δεδομένων στην υλοποίηση αλγορίθμων υπολογιστικής όρασης¹⁵.

3



Εικόνα 8: Διάγραμμα Ροής Κατασκευής CV

Quality Control of PET Bottles Caps with Dedicated Image Calibration and Deep Neural Networks

Το άρθρο παρουσιάζει μια νέα μέθοδο προεπεξεργασίας δεδομένων για τον έλεγχο ποιότητας καπακιών μπουκαλιών PET με τη χρήση βαθιών νευρωνικών δικτύων. Η προεπεξεργασία συνδυάζεται με ένα ελαφρύ μοντέλο CNN, προσφέροντας γρήγορες και ακριβείς προβλέψεις¹⁶.



Εικόνα 9: Έλεγχος Ποιότητας Καπακιού

Μέθοδος προεπεξεργασίας δεδομένων μηχανικής μάθησης για την επίλυση προβλημάτων υπολογιστικής όρασης

Το άρθρο συζητά τις βασικές αρχές της προεπεξεργασίας δεδομένων και την κατανομή των διαδοχικών φάσεων ως μια συγκεκριμένη τεχνική για τον εντοπισμό χαρακτήρων ABC. Παρουσιάζεται η διαδικασία προεπεξεργασίας δεδομένων για την αναγνώριση κειμένου¹⁷.

Υπολογιστική Όραση σε Δεδομένα Ακτινογραφίας στην Βιομηχανική Παραγωγή

Το άρθρο παρουσιάζει μια επισκόπηση της πρόσφατης έρευνας στη χρήση της υπολογιστικής όρασης και της μηχανικής μάθησης για την ανάλυση δεδομένων X-Ray στη βιομηχανική παραγωγή και τις εφαρμογές ασφαλείας. Επισημαίνει τη σημασία της προεπεξεργασίας δεδομένων στην ανάλυση εικόνων X-Ray¹⁸.

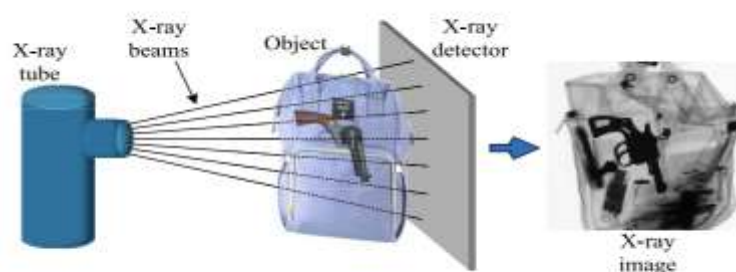


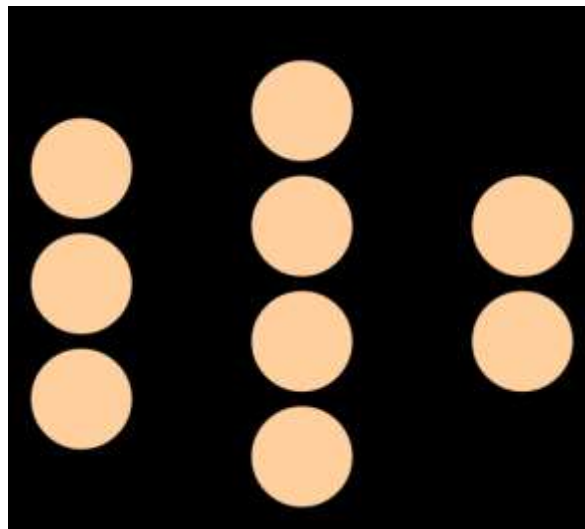
FIGURE 2. X-ray imaging technology.

Εικόνα 10: Τεχνολογία Ακτινογραφίας στην Βιομηχανική Όραση

Η προεπεξεργασία δεδομένων είναι ένα απαραίτητο βήμα για τη βελτίωση της απόδοσης των αλγορίθμων μηχανικής μάθησης. Οι τεχνικές που παρουσιάζονται εδώ είναι μόνο μερικές από τις πολλές διαθέσιμες, αλλά προσφέρουν μια καλή εισαγωγή στο πώς μπορεί να βελτιωθεί η ποιότητα των δεδομένων πριν από την εφαρμογή των αλγορίθμων.

2.6 Νευρωνικά Δίκτυα και Βαθιά Μάθηση

Τα νευρωνικά δίκτυα είναι μοντέλα εμπνευσμένα από τον τρόπο λειτουργίας του ανθρώπινου εγκεφάλου. Αποτελούνται από διακριτά επίπεδα, τα οποία περιέχουν μια σειρά από νευρώνες. Αυτοί οι νευρώνες επεξεργάζονται τα δεδομένα και διαδίδουν την πληροφορία στο επόμενο επίπεδο.



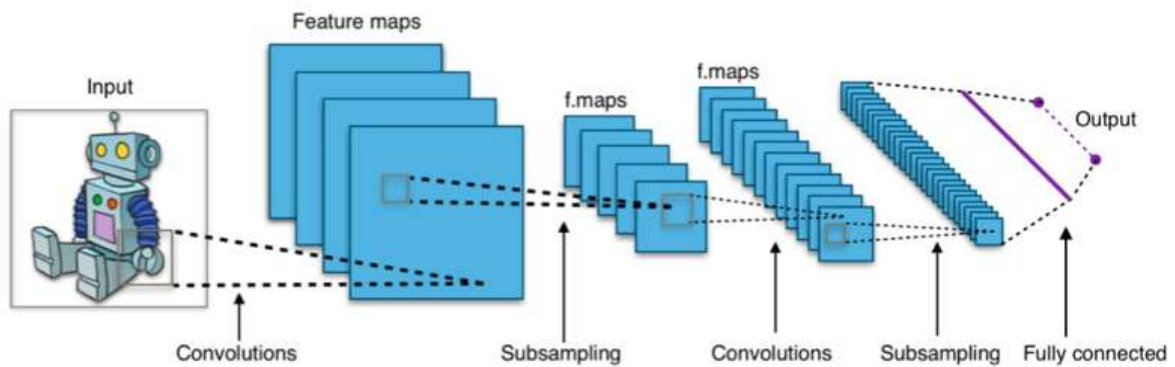
Εικόνα 11: Νευρωνικό Δίκτυο

Στην **Βιομηχανική Όραση**, τα νευρωνικά δίκτυα χρησιμοποιούνται για την αναγνώριση προτύπων, την κατηγοριοποίηση εικόνων και την ανάλυση των δεδομένων.

Ένα παράδειγμα είναι η έρευνα του **Ibon Merino** και συνεργατών, η οποία προτείνει τη χρήση 3D νευρωνικών δικτύων για την ταξινόμηση βιομηχανικών εξαρτημάτων. Η έρευνα αυτή επικεντρώνεται στη βελτίωση της ακρίβειας των 3D νευρωνικών δικτύων με τη χρήση προεκπαιδευμένων βαρών από 2D νευρωνικά δίκτυα¹⁹.

Βαθιά Μάθηση

Η Βαθιά Μάθηση είναι μια υποκατηγορία της Μηχανικής Μάθησης που χρησιμοποιεί πολύ βαθιά νευρωνικά δίκτυα. Αυτά τα δίκτυα μπορούν να περιλαμβάνουν εκατοντάδες ή ακόμη και χιλιάδες επίπεδα.



Εικόνα 12: Βαθιά Μάθηση

Στην **Βιομηχανική Όραση**, η βαθιά μάθηση έχει επιδείξει εξαιρετικά αποτελέσματα στην αναγνώριση εικόνων, την αναγνώριση προτύπων και την ανάλυση βίντεο.

Ένα παράδειγμα είναι η έρευνα του Mobeen Ahmad και συνεργατών, η οποία προτείνει μια αποδοτική μέθοδο για τη συστηματική ταξινόμηση των συμπτωμάτων των φυτικών ασθενειών χρησιμοποιώντας νευρωνικά δίκτυα. Η έρευνα αυτή επικεντρώνεται στην αντιμετώπιση του προβλήματος της ανισορροπίας των δεδομένων και προτείνει μια στατιστική μεθοδολογία για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος²⁰.

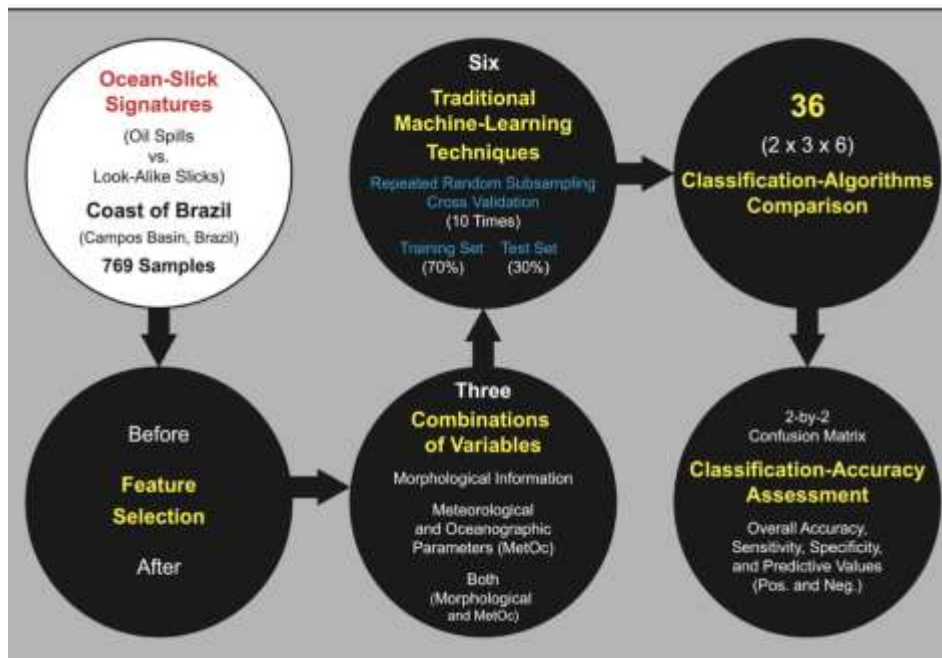
Συνολικά, τα νευρωνικά δίκτυα και η βαθιά μάθηση έχουν ανοίξει νέους ορίζοντες στη Βιομηχανική Όραση, προσφέροντας προηγμένες τεχνικές για την αναγνώριση και την ανάλυση των εικόνων.

2.7 Τεχνικές Εκπαίδευσης και Επαλήθευσης

Εξετάζουμε τις διάφορες τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την εκπαίδευση και την επαλήθευση των μοντέλων μηχανικής μάθησης, ιδιαίτερα στο πεδίο της βιομηχανικής όρασης.

Machine-Learning Classification of SAR Remotely-Sensed Sea-Surface Petroleum Signatures - Part 1: Training and Testing Cross Validation

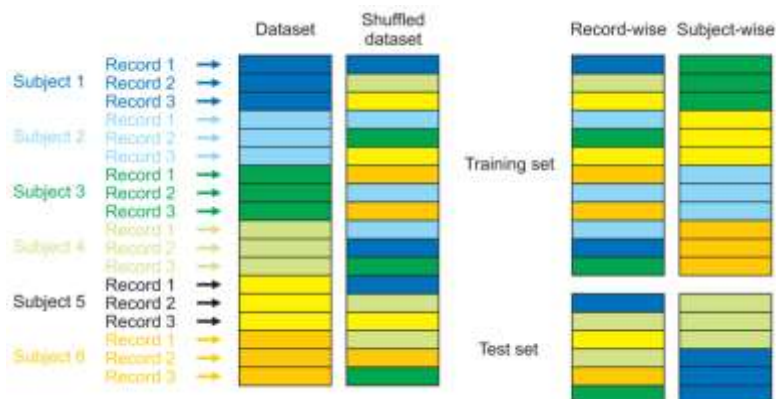
Η παρατήρηση της επιφανειακής ρύπανσης της θάλασσας από πετρέλαιο παρατηρείται ως **λάδινες λεκέδες** και μπορεί να συγχέεται με **λάδινες λεκέδες** σε μετρήσεις συνθετικού αποτυπωτή ραντάρ (SAR). Η μηχανική μάθηση έχει γίνει ευρέως αποδεκτή για την ταξινόμηση των υπογραφών πετρελαίου, αλλά λίγα άρθρα έχουν δημοσιευτεί που συγκρίνουν διάφορες μεθόδους ML για τον διαχωρισμό των διαρροών από τις ψευδείς λεκέδες^{22]}



Εικόνα 13: Διάγραμμα Ροής Λεκεδων Θάλασσας

Impact of the Choice of Cross-Validation Techniques on the Results of Machine Learning-Based Diagnostic Applications

Με την πρόοδο της διαθεσιμότητας δεδομένων και των δυνατοτήτων υπολογισμού, οι τεχνολογίες τεχνητής νοημοσύνης και μηχανικής μάθησης έχουν εξελιχθεί γρήγορα τα τελευταία χρόνια. Οι ερευνητές έχουν εκμεταλλευτεί αυτές τις εξελίξεις στην υγειονομική πληροφορική και έχουν δημιουργήσει αξιόπιστα εργαλεία για την πρόβλεψη ή την ταξινόμηση των ασθενειών χρησιμοποιώντας αλγόριθμους βασισμένους στη μηχανική μάθηση.²³



Εικόνα 14: Σειτ Δεδομένων

Development and Validation of a Risk Prediction Model for Venous Thromboembolism in Lung Cancer Patients Using Machine Learning

Υπάρχει επί του παρόντος έλλειψη μοντέλου για την πρόβλεψη της εμφάνισης θρομβοεμβολισμού των φλεβών (VTE) σε ασθενείς με καρκίνο του πνεύμονα. Οι τεχνικές μηχανικής μάθησης έχουν εξελιχθεί και χρησιμοποιούνται ολοένα και περισσότερο στον ιατρικό τομέα λόγω των δυνατοτήτων τους για ευφυή ανάλυση και κλιμάκωση.²⁴

Characteristic	Modifier	All n(%)	No VTE n(%)	VTE n(%)	P-value
Age (n = 3398)	years	64.03 ± 10.31	64.08 ± 10.30	62.64 ± 10.48	0.134
KPS (n = 3379)		76.80 ± 10.97	76.76 ± 11.05	77.98 ± 8.76	0.166
Weight (n = 2664)	kg	59.61 ± 10.64	59.61 ± 10.65	59.23 ± 10.66	0.830
Height (n = 2738)	cm	161.13 ± 8.07	161.16 ± 8.06	160.32 ± 8.44	0.335
PLT count (n = 3349)	*10 ⁹ /L	222.19 ± 99.73	222.52 ± 100.03	213.83 ± 91.88	0.303
Albumin (n = 3333)	g/L	38.84 ± 6.24	38.88 ± 6.20	37.77 ± 7.09	0.087
D-dimer (n = 3282)	mg/L	2.09 ± 3.65	2.05 ± 3.62	2.96 ± 4.18	0.019
Hemoglobin (n = 3347)	g/L	121.75 ± 20.53	121.86 ± 20.46	118.94 ± 21.67	0.141
Leukocyte count (n = 3350)	*10 ¹² /L	5.55 ± 5.35	5.51 ± 5.32	6.54 ± 6.04	0.063
Creatinine (n = 3338)	umol/L	66.75 ± 37.90	66.86 ± 38.34	64.04 ± 23.88	0.211
Sex (n = 3357)					
Female		1015	958	57	<0.001
Male		2342	2274	68	
Pathological type (n = 2043)					
NSCLC		1815	1724	91	0.007
SCLC		228	225	3	
Stage of cancer (n = 1489)					
I		91	90	1	<0.001
II		80	79	1	
III		329	318	11	
IV		989	887	102	
Comorbidities					
VTE history		172	74(2.26)	98(78.4)	<0.001
Varicosity		21	16(0.49)	5(4)	<0.001
COPD		666	633(19.34)	33(26.4)	0.065
History of malignant tumor		49	47(1.44)	2(1.6)	0.701
CVC		110	96(2.93)	14(11.2)	<0.001
Drug utilization					
Mitomycin		8	7(0.21)	1(0.8)	0.259
Recombinant human endostatin		108	102(3.11)	6(4.8)	0.291
EGFR-TKI		403	349(10.63)	55(44)	<0.001
Platinum-based chemotherapy		647	602(18.39)	45(36)	<0.001
Bevacizumab		78	60(1.83)	18(14.4)	<0.001

KPS, Karnofsky performance status; PLT, platelet; NSCLC, non-small cell lung cancer; SCLC, small cell lung cancer; COPD, chronic obstructive pulmonary disease; CVC, central venous catheter cannulation; EGFR-TKI, Epithelial growth factor receptor tyrosine kinase inhibitors. The P-values for all the numerical variables were calculated using Welch's t-test. The Mann-Whitney U test was used to determine the P-value for "Stage of cancer," and Fisher's exact test was used to obtain the P-values for all other categorical features.

Εικόνα 15: Δημογραφικά στοιχεία Ασθενών

Development and internal validation of a machine-learning-developed model for predicting 1-year mortality after fragility hip fracture

Ο καταγματικός κάταγμα της ισχίου αυξάνει τη θνησιμότητα στους ηλικιωμένους ασθενείς, ιδιαίτερα κατά το πρώτο έτος. Η αναγνώριση των ασθενών υψηλού κινδύνου θανάτου διευκολύνει την τροποποίηση των σχετικών προεγχειρητικών παραγόντων που μπορούν να μειώσουν τη θνησιμότητα²⁵.

Οι παραπάνω πηγές παρέχουν σημαντικές πληροφορίες για τις τεχνικές εκπαίδευσης και επαλήθευσης στη μηχανική μάθηση. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η επιλογή της σωστής τεχνικής επαλήθευσης μπορεί να έχει μεγάλη επίδραση στα αποτελέσματα των διαγνωστικών εφαρμογών που βασίζονται στη μηχανική μάθηση. Επιπλέον, η εκπαίδευση και η επαλήθευση είναι ζωτικής σημασίας για την αξιολόγηση της απόδοσης των μοντέλων και τη βελτίωση της ακρίβειας των προβλέψεων.

3. Εφαρμογές της Μηχανικής Μάθησης στη Βιομηχανική Όραση

Η βιομηχανική όραση, σε συνδυασμό με τη μηχανική μάθηση, έχει αναδειχθεί ως ένα ισχυρό εργαλείο για την αυτοματοποίηση και βελτίωση των βιομηχανικών διαδικασιών. Οι εφαρμογές αυτές εκτείνονται από τον έλεγχο ποιότητας μέχρι την ανίχνευση και την παρακολούθηση των βιομηχανικών διαδικασιών.

1. **Έλεγχος Ποιότητας (QC) και Εγγύηση Ποιότητας (QA):** Η βιομηχανική όραση χρησιμοποιείται ευρέως για την αυτοματοποίηση των διαδικασιών ελέγχου ποιότητας. Στις βιομηχανίες τροφίμων και φαρμάκων, η αναγνώριση ελαττωματικών προϊόντων είναι ζωτικής σημασίας για την παραγωγή υψηλής ποιότητας προϊόντων²⁷.
2. **Ανίχνευση και Παρακολούθηση:** Με τη χρήση τεχνικών μηχανικής μάθησης, τα συστήματα βιομηχανικής όρασης μπορούν να ανιχνεύσουν και να παρακολουθήσουν αυτόματα τα προϊόντα κατά τη διάρκεια της παραγωγής, εντοπίζοντας ανωμαλίες και ελαττώματα²⁷.
3. **Αυτοματοποιημένη Συσκευασία Φαρμάκων:** Σε μια πρόσφατη έρευνα, η μηχανική μάθηση χρησιμοποιήθηκε για την ανίχνευση και τον έλεγχο της σωστής συσκευασίας των φαρμάκων στις φαρμακευτικές γραμμές παραγωγής. Ο στόχος ήταν η αυτόματη μέτρηση του αριθμού των φακελλαρίων μέσα σε μια συσκευασία φαρμάκων³⁰.

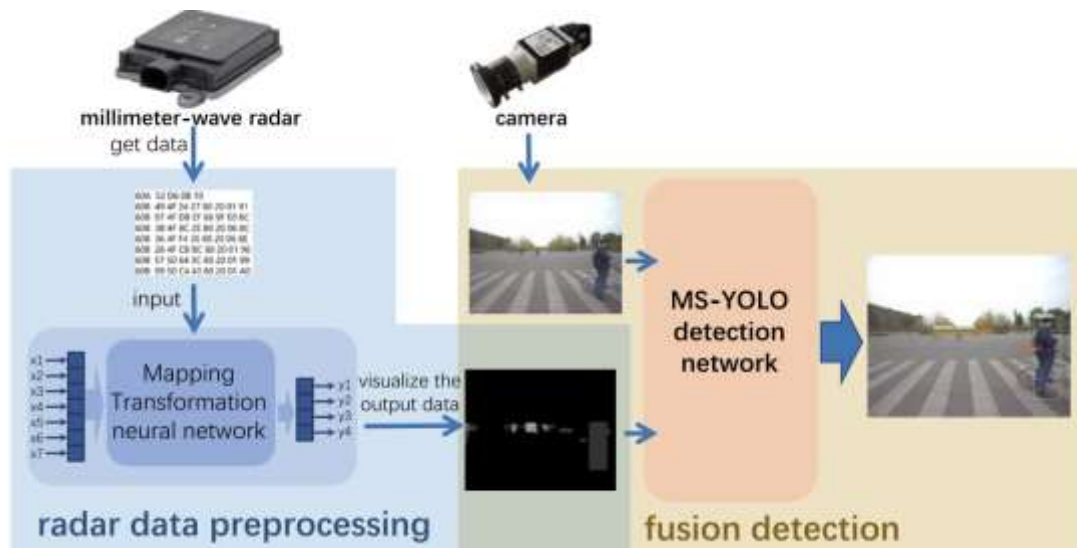
Η συνεχής εξέλιξη των τεχνολογιών μηχανικής μάθησης και βιομηχανικής όρασης προσφέρει νέες ευκαιρίες για την αυτοματοποίηση και βελτίωση των βιομηχανικών διαδικασιών. Με την κατάλληλη εφαρμογή, αυτές οι τεχνολογίες μπορούν να προσφέρουν σημαντικά οφέλη στη βιομηχανία, βελτιώνοντας την ποιότητα των προϊόντων και μειώνοντας το κόστος παραγωγής²⁶

3.1 Ανίχνευση και αναγνώριση αντικειμένων

Η ανίχνευση και αναγνώριση αντικειμένων είναι ένα από τα πιο σημαντικά και δύσκολα προβλήματα στον τομέα της βιομηχανικής όρασης. Με την εξέλιξη της τεχνολογίας, οι σύγχρονες μέθοδοι βασίζονται σε συνδυασμούς αισθητήρων και τεχνικές μηχανικής μάθησης για να επιτύχουν υψηλή ακρίβεια και απόδοση.

Ένα ενδιαφέρον παράδειγμα είναι η σύνθεση του ραντάρ μιλλιμετρικών κυμάτων με τη μηχανική όραση για την ανίχνευση αντικειμένων σε οχήματα²⁷. Τα δύο αυτά συστήματα συμπληρώνουν ιδανικά το ένα το άλλο: ενώ το ραντάρ είναι ανθεκτικό στις καιρικές συνθήκες και μπορεί να παρέχει πληροφορίες για τη θέση και την ταχύτητα ενός αντικειμένου, η κάμερα μπορεί να προσφέρει λεπτομερή εικόνα του αντικειμένου. Ωστόσο, η μηχανική όραση απαιτεί ιδανικές φωτιστικές συνθήκες για να λειτουργήσει σωστά. Η σύνθεση των δύο αυτών των τεχνολογιών μπορεί να βελτιώσει σημαντικά την ακρίβεια της ανίχνευσης αντικειμένων σε διάφορες συνθήκες.

Σε μια πρόσφατη έρευνα, προτάθηκε ένα νέο δίκτυο ανίχνευσης αντικειμένων βασισμένο στη σύνθεση ραντάρ μιλιμετρικών κυμάτων και οπτικής, το MS-YOLO¹. Το δίκτυο αυτό χρησιμοποιεί τις πληροφορίες από τα δύο συστήματα για να βελτιώσει την ακρίβεια της ανίχνευσης, ενώ διατηρεί υψηλή ταχύτητα επεξεργασίας. Συγκεκριμένα, το δίκτυο MS-YOLO κατάφερε να επιτύχει ακρίβεια mAP 0.888 σε σύγκριση με το πρωτότυπο δίκτυο YOLOv5³¹.



Εικόνα 16: MS-YOLO Process

Η συνεχής εξέλιξη των τεχνολογιών και η ενσωμάτωση πολλαπλών αισθητήρων στα συστήματα ανίχνευσης αντικειμένων προσφέρουν νέες ευκαιρίες για τη βελτίωση της ακρίβειας και της απόδοσης στον τομέα της βιομηχανικής όρασης.

3.2 Ποιοτικός έλεγχος προϊόντων

Στη βιομηχανία, η διασφάλιση της ποιότητας των προϊόντων είναι ζωτικής σημασίας. Η ταχεία και ακριβής βιομηχανική επιθεώρηση για τη διασφάλιση των υψηλότερων προδιαγραφών ποιότητας σε ανταγωνιστικές τιμές αποτελεί μία από τις μεγαλύτερες προκλήσεις στη βιομηχανία κατασκευής²⁷.

Με την εξέλιξη της τεχνολογίας, έχουν αναπτυχθεί μέθοδοι που συνδυάζουν τη βαθιά μάθηση (Deep Learning) με υψηλής ανάλυσης βιομηχανικές κάμερες για τον έλεγχο ποιότητας. Συγκεκριμένα, στη βιομηχανία εκτύπωσης, κατά τη διαδικασία παραγωγής των κυλίνδρων χαρακτηριστικής, είναι αναπόφευκτο να υπάρχουν λάθη, όπως τρύπες στον κύλινδρο εκτύπωσης²⁷. Για τη βελτίωση της απόδοσης ανίχνευσης ελαττωμάτων και τη μείωση του κόστους ελέγχου ποιότητας μέσω της αυτοματοποίησης, έχει προταθεί ένας αισθητήρας βαθιάς νευρωνικής δικτύωσης (DNN) που συγκρίνει τη σαρωμένη επιφάνεια με το χρησιμοποιούμενο αρχείο χαρακτηριστικής και εκτελεί μια αυτόματη διαδικασία ελέγχου ποιότητας μαθαίνοντας χαρακτηριστικά μέσω της έκθεσης σε δεδομένα εκπαίδευσης²⁷.

Τα αποτελέσματα από την εφαρμογή τέτοιων τεχνολογιών είναι εντυπωσιακά. Ο αναπτυγμένος αισθητήρας DNN κατάφερε να επιτύχει μια πλήρως αυτοματοποιημένη ακρίβεια ταξινόμησης 98,4%²⁷. Η περαιτέρω έρευνα στοχεύει στη χρήση αυτών των αποτελεσμάτων για τρεις σκοπούς: πρώτον, για την πρόβλεψη του αριθμού των σφαλμάτων που έχει ένας κύλινδρος, δεύτερον, για την περαιτέρω υποστήριξη της ανθρώπινης λειτουργίας εμφανίζοντας την πιθανότητα σφάλματος στον χειριστή, και τέλος, για να αποφασίσει αυτόνομα για την ποιότητα του προϊόντος χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση¹.

Συνολικά, η ενσωμάτωση των τεχνολογιών βαθιάς μάθησης στον τομέα του ελέγχου ποιότητας προσφέρει σημαντικά οφέλη, όπως η αυτοματοποίηση, η ακρίβεια και η μείωση του κόστους, καθιστώντας την παραγωγική διαδικασία πιο αποδοτική και αξιόπιστη^{32 33}.



(a) Manual Inspection of Printed Product



(b) Manual Inspection of Monochrome Printed Product



(c) Expert Evaluation and software cLynx



(d) Machine scans and software cLynx

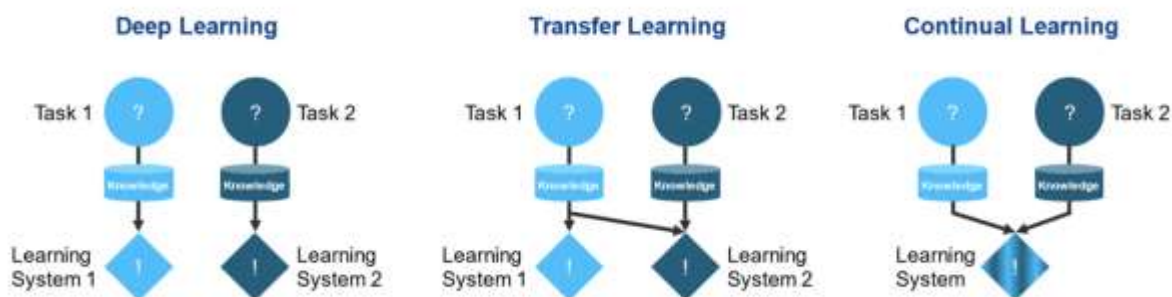
Εικόνα 17: Ποιοτικός Έλεγχος

3.3 Ρομποτική και αυτοματοποίηση

Η ρομποτική και η αυτοματοποίηση έχουν επαναπροσδιορίσει τον τρόπο με τον οποίο λειτουργούν οι βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Η ενσωμάτωση της μηχανικής μάθησης σε αυτούς τους τομείς έχει αυξήσει σημαντικά τις δυνατότητες των "έξυπνων" τεχνικών συστημάτων. Αυτό περιλαμβάνει τον βιομηχανικό αυτοματισμό, όπου νέες προσεγγίσεις βασισμένες στα δεδομένα, όπως η προληπτική συντήρηση, η υπολογιστική όραση ή η ανίχνευση ανωμαλιών, έχουν οδηγήσει σε συστήματα που αυτοματοποιούνται ευκολότερα και πιο αξιόπιστα από ποτέ.

Ωστόσο, η πρακτική εφαρμογή αυτών των προόδων εμποδίζεται από δύο χαρακτηριστικά της βαθιάς μάθησης. Πρώτον, τα σύνολα δεδομένων εκπαίδευσης και το πραγματικό πρόβλημα πρέπει να είναι πολύ παρόμοια όσον αφορά τον χώρο των χαρακτηριστικών τους και την κατανομή των δεδομένων σε αυτόν. Δεύτερον, η εκπαίδευση ενός αλγορίθμου βαθιάς μάθησης, μόλις εκπαιδευτεί, δεν διαφέρει πολύ από την εκπαίδευση ενός εντελώς ανεκπαιδευτού αλγορίθμου βαθιάς μάθησης.

Τα παραπάνω προβλήματα μπορούν να αντιμετωπιστούν με την "μεταφορά μάθησης", δηλαδή μια σειρά προσεγγίσεων που στοχεύουν στη μείωση της ποσότητας και της ποιότητας των δεδομένων που χρειάζονται, καθώς και στην παροχή ενός τρόπου για την κατασκευή πάνω σε προηγούμενα αποκτηθέντα γνώση.

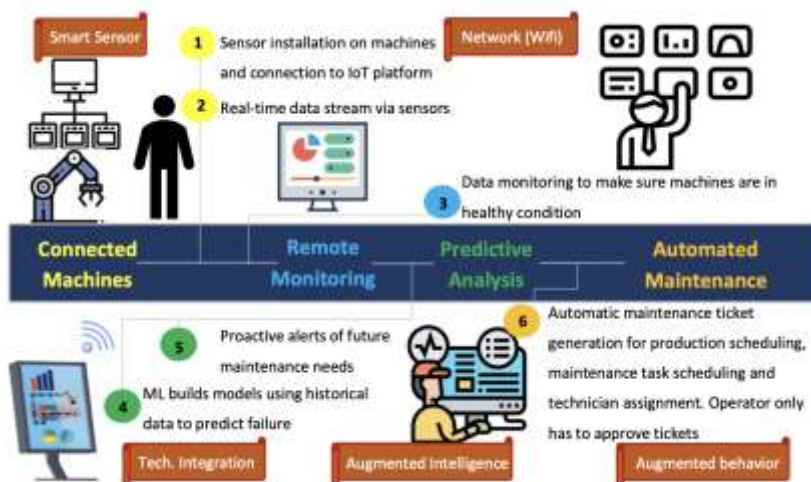


Εικόνα: 18: Διαφορές ανάμεσα στις μεταφορές μάθησης

Συνεπώς, αυτό το άρθρο παρουσιάζει τις διάφορες έννοιες που σχετίζονται με τη μεταφορά μάθησης γενικά. Από εκεί, εξετάζει τις δυνατότητες καθώς και τις τρέχουσες χρήσεις της βαθιάς μάθησης βασισμένης στη μεταφορά μάθησης από μια προοπτική χρήσης για τον τομέα του βιομηχανικού αυτοματισμού³³.

3.4 Προβλεπτική Συντήρηση

Η προβλεπτική συντήρηση αναφέρεται στη χρήση τεχνολογιών και τεχνικών για την πρόβλεψη του πότε ένας εξοπλισμός ή σύστημα θα αποτύχει, ώστε η συντήρηση να μπορεί να πραγματοποιηθεί ακριβώς πριν αυτό συμβεί. Στη βιομηχανική όραση, η προβλεπτική συντήρηση έχει αποκτήσει ιδιαίτερη σημασία, καθώς η ικανότητα να προβλέπουμε πότε ένας εξοπλισμός θα αποτύχει μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικές οικονομίες και βελτιώσεις στην απόδοση.



Εικόνα 19: Στάδια Προβλεπτικής Συντήρησης

Βαθιά Μεταφορά Μάθησης για Βιομηχανική Αυτοματοποίηση

Η βαθιά μεταφορά μάθησης έχει αυξήσει σημαντικά τις δυνατότητες των "έξυπνων" τεχνικών συστημάτων τα τελευταία χρόνια. Αυτό περιλαμβάνει τον τομέα της βιομηχανικής αυτοματοποίησης, όπου νέες προσεγγίσεις βασισμένες στα δεδομένα για, για παράδειγμα, την προβλεπτική συντήρηση, την υπολογιστική όραση ή την ανίχνευση ανωμαλιών, έχουν οδηγήσει σε συστήματα που αυτοματοποιούνται πιο εύκολα και αξιόπιστα από ποτέ³⁵.

Στρατηγική Συγκέντρωσης στον Ομοσπονδιακό Αλγόριθμο Μηχανικής Μάθησης για Συνεργατική Προβλεπτική Συντήρηση

Η βιομηχανία 4.0 επιτρέπει στη βιομηχανία να κατασκευάζει συμπαγή, ακριβή και συνδεδεμένα περιουσιακά στοιχεία και έχει καταστήσει τα σύγχρονα βιομηχανικά περιουσιακά στοιχεία μια τεράστια πηγή δεδομένων που μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη βελτιστοποίηση της διαδικασίας, καθορίζοντας την ποιότητα του προϊόντος και την προβλεπτική συντήρηση³⁶.

Προβλεπτικός Σχεδιασμός Συντήρησης για τη Βιομηχανία 4.0

Χρησιμοποιώντας Μηχανική Μάθηση για Βιώσιμη Κατασκευή Με την έλευση της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης, η εφαρμογή της τεχνητής νοημοσύνης στον τομέα της κατασκευής γίνεται περισσότερο διαδεδομένη.³⁷

Από το μοντέλο βασισμένο στη γνώση στο μοντέλο αναλυτικής μεγάλων δεδομένων

Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT), τα Μεγάλα Δεδομένα και η Μηχανική Μάθηση μπορούν να αποτελέσουν τα θεμέλια για την υλοποίηση της έξυπνης παραγωγής, των έξυπνων προϊόντων, των υπηρεσιών και της προβλεπτικής συντήρησης.³⁸

Στο πλαίσιο της βιομηχανικής όρασης, η προβλεπτική συντήρηση μπορεί να εφαρμοστεί με διάφορους τρόπους:

Ανίχνευση Αλλαγών στην Εικόνα

Με τη χρήση καμερών και αλγορίθμων ανάλυσης εικόνας, είναι δυνατόν να ανιχνευθούν μικρές αλλαγές στην εμφάνιση ενός εξοπλισμού που μπορεί να υποδεικνύουν φθορά ή προσεχή αποτυχία.

Ανάλυση Δεδομένων

Με τη συλλογή και ανάλυση δεδομένων από διάφορους αισθητήρες, όπως θερμοκρασία, πίεση, ή ταχύτητα, μπορεί να προβλεφθεί η αποτυχία ενός εξοπλισμού.

Ανάλυση Ήχου

Οι αλλαγές στον ήχο που παράγει ένας εξοπλισμός μπορεί να είναι ένδειξη φθοράς ή άλλων προβλημάτων. Με τη χρήση μικροφώνων και αλγορίθμων ανάλυσης ήχου, οι επιχειρήσεις μπορούν να προβλέψουν και να προλάβουν τυχόν προβλήματα.

Εκπαίδευση Μοντέλων Μηχανικής Μάθησης

Με τη χρήση δεδομένων που έχουν συλλεχθεί από τον εξοπλισμό, είναι δυνατόν να εκπαιδευτούν μοντέλα μηχανικής μάθησης που μπορούν να προβλέψουν την αποτυχία με βάση τα πρότυπα που έχουν παρατηρηθεί στο παρελθόν.

Η προβλεπτική συντήρηση στη βιομηχανική όραση προσφέρει τη δυνατότητα στις επιχειρήσεις να μειώσουν το κόστος συντήρησης, να αυξήσουν τη διάρκεια ζωής του εξοπλισμού και να βελτιώσουν την απόδοση των παραγωγικών τους διαδικασιών.

Επίσης είναι ένας τομέας που προσφέρει τεράστιες δυνατότητες για τη βελτίωση της απόδοσης και τη μείωση των κόστων συντήρησης. Με τη χρήση των τελευταίων τεχνολογιών και τεχνικών, οι επιχειρήσεις μπορούν να προβλέπουν πότε ένας εξοπλισμός θα αποτύχει και να προγραμματίζουν τη συντήρηση ακριβώς πριν αυτό συμβεί, εξασφαλίζοντας έτσι τη συνεχή λειτουργία του εξοπλισμού και τη μείωση των διακοπών λειτουργίας.

3.5 Ανάλυση κίνησης και παρακολούθηση

Η ανάλυση κίνησης και η παρακολούθηση στη βιομηχανική όραση είναι ζωτικής σημασίας για την ανίχνευση, την παρακολούθηση και την ανάλυση των κινούμενων αντικειμένων σε πραγματικό χρόνο. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό σε βιομηχανικές εφαρμογές, όπου η ακρίβεια και η ταχύτητα είναι ουσιώδεις.

Πηγαίνοντας πιο βαθιά από την παρακολούθηση: Έρευνα για την αναγνώριση του πόνου και των συναισθημάτων των ζώων με βάση την υπολογιστική όραση

Η πρόοδος στην παρακολούθηση της κίνησης των ζώων και την αναγνώριση της στάσης τους έχει αλλάξει τον τρόπο με τον οποίο μελετάται η συμπεριφορά των ζώων. Πρόσφατα, ένας αυξανόμενος αριθμός εργασιών πηγαίνει "πιο βαθιά" από την παρακολούθηση, και ασχολείται με την αυτοματοποιημένη αναγνώριση των εσωτερικών καταστάσεων των ζώων, όπως τα συναισθήματα και ο πόνος, με στόχο τη βελτίωση της ευζωίας των ζώων⁹⁰.

Χωρική παρακολούθηση και ανάλυση συμπεριφοράς εντόμων με χρήση υπολογιστικής όρασης για ακριβής επικοινωνία

Τα έντομα είναι οι πιο σημαντικοί παγκόσμιοι επικοινωνιστές των καλλιεργειών και παίζουν κεντρικό ρόλο στη διατήρηση της βιωσιμότητας των φυσικών οικοσυστημάτων.

Η παρακολούθηση και η διαχείριση της επικοινωνίας από έντομα είναι ουσιώδεις για τη βελτίωση της παραγωγής καλλιεργειών και την ασφάλεια των τροφίμων⁹¹.

Πέρα από την 3D Siamese παρακολούθηση: Ένα παράδειγμα κίνησης για την παρακολούθηση ενός αντικειμένου 3D σε σύννεφα σημείων

Η παρακολούθηση ενός αντικειμένου 3D (3D SOT) σε σύννεφα σημείων LiDAR παίζει κρίσιμο ρόλο στην αυτόνομη οδήγηση. Οι τρέχουσες προσεγγίσεις ακολουθούν όλες το παράδειγμα Siamese με βάση την αντιστοίχιση εμφάνισης. Ωστόσο, τα σύννεφα σημείων LiDAR είναι συνήθως χωρίς υφή και ατελή, το οποίο εμποδίζει την αποτελεσματική αντιστοίχιση εμφάνισης⁹².

Η αξιοπιστία του Microsoft Kinect και των συσκευών παρακολούθησης κίνησης βασισμένων σε αισθητήρες για τη μέτρηση της εμβέλειας κίνησης του ώμου: Συστηματική επισκόπηση και μετα-ανάλυση

Οι πρόοδοι στην τεχνολογία αισθητήρων κίνησης μπορούν να επιτρέψουν στους κλινικούς να πραγματοποιούν πιο ακριβείς μετρήσεις της εμβέλειας κίνησης (ROM) και να λαμβάνουν πληροφορημένες αποφάσεις σχετικά με τη διαχείριση των ασθενών.

Οι παραπάνω πηγές παρέχουν μια επισκόπηση των τρεχόντων ερευνών σχετικά με την ανάλυση κίνησης και την παρακολούθηση στη βιομηχανική όραση. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι οι τεχνολογίες παρακολούθησης κίνησης εξελίσσονται συνεχώς, και η εφαρμογή τους στη βιομηχανική όραση προσφέρει νέες δυνατότητες για τη βελτίωση της ακρίβειας και της απόδοσης των συστημάτων⁹³].



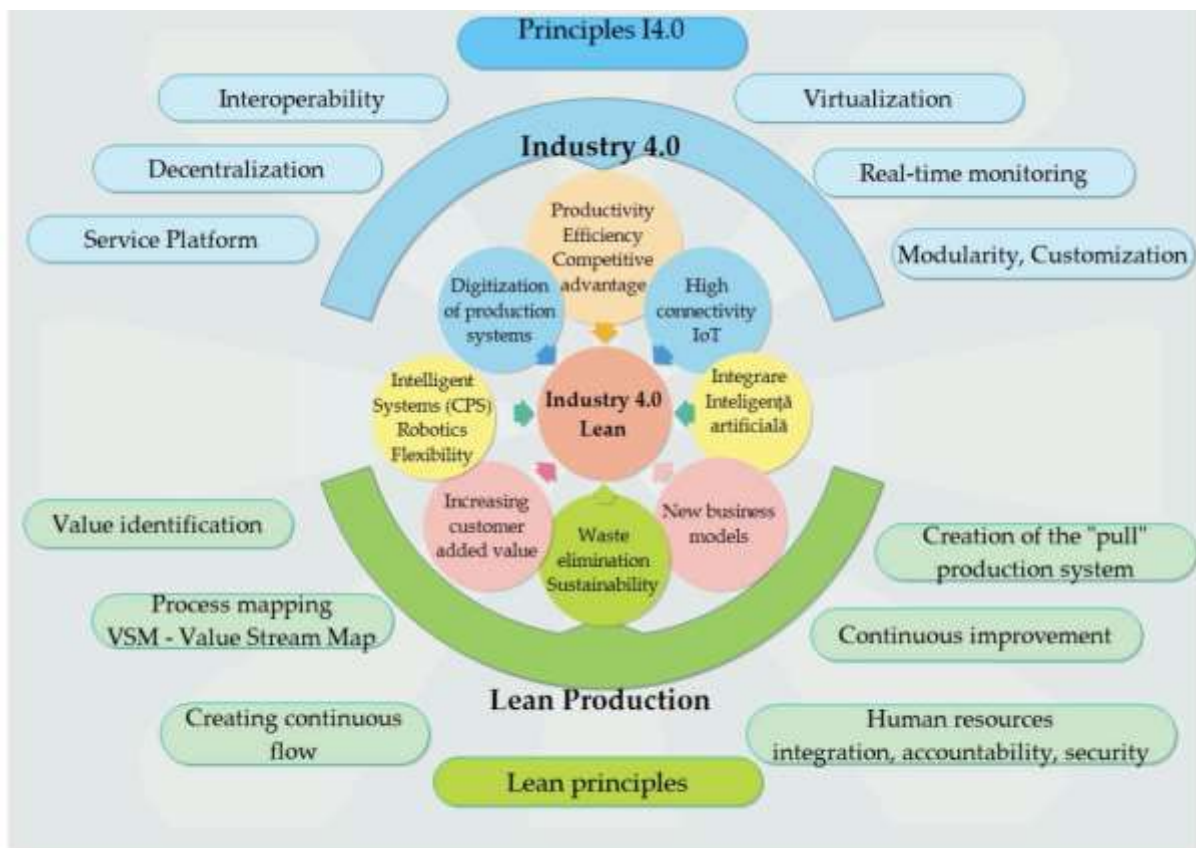
Εικόνα 20: Microsoft Kinect

3.6 Βελτιστοποίηση παραγωγικών διαδικασιών

Η Μηχανική Μάθηση και η Βιομηχανική Όραση μπορούν να συνεισφέρουν στη βελτιστοποίηση των διαδικασιών παραγωγής σε διάφορους βιομηχανικούς τομείς.

Ενσωμάτωση της Διαχείρισης Lean και της Βιομηχανίας 4.0

Η ένταξη αποτελεσματικών συστημάτων παραγωγής και διαχείρισης με το νέο έννοια της Βιομηχανίας 4.0 αντιπροσωπεύει μια πρόκληση για κάθε εταιρεία που επιθυμεί να προσαρμόσει τις διαδικασίες της για να αυξήσει την απόδοση, τόσο στα λειτουργικά όσο και στα οργανωτικά επίπεδα, μέσω της ψηφιοποίησης και της συνδεσιμότητας. Αυτή η έρευνα προτείνει μια ανάλυση των εργαλείων Lean και των τεχνολογιών της Βιομηχανίας 4.0 για συμβατότητα, προκειμένου να παράσχει ένα μοντέλο πλαίσιο για την ανάπτυξη και την ένταξη σε βιομηχανικές εφαρμογές ⁹⁴.



Εικόνα 21: Παραγωγή LEAN

Τεχνοοικονομική Βελτιστοποίηση Διαδικασιών Μεμβρανών

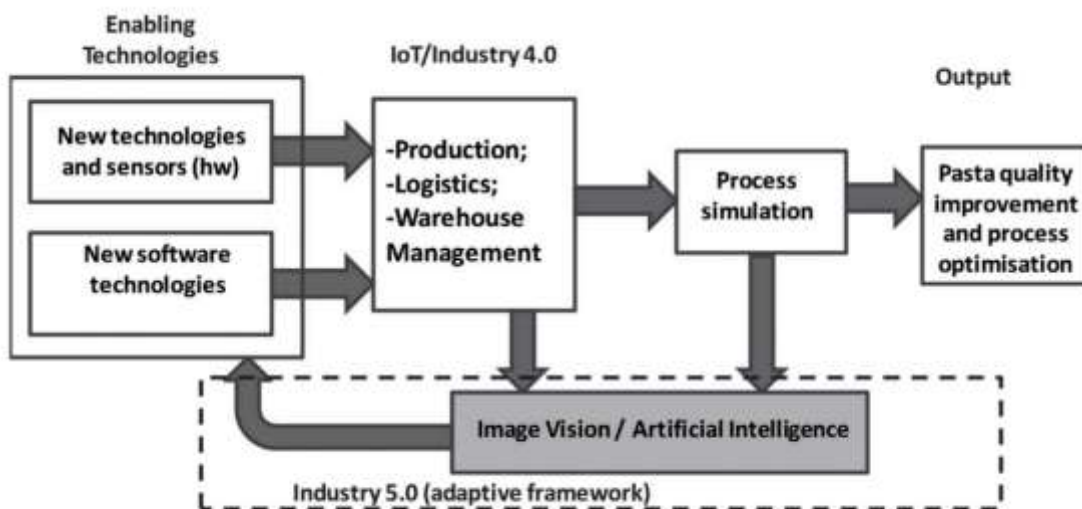
Στο πλαίσιο της τρέχουσας κλιματικής έκτακτης ανάγκης και προκειμένου να αποφευχθούν οι πιο σοβαρές συνέπειες της παγκόσμιας υπερθέρμανσης, οι διαδικασίες διαχωρισμού μεμβρανών έχουν γίνει κρίσιμες για την υλοποίηση των τεχνολογιών συλλογής, αποθήκευσης και χρήσης του άνθρακα ⁹⁵.

Βελτιστοποίηση Δικτύων Ανάκτησης Θερμότητας για Εξοικονόμηση Ενέργειας σε Βιομηχανικές Διαδικασίες

Ανάμεσα στους πυλώνες της αποθήκευσης του παγκόσμιου ενεργειακού συστήματος, η ενεργειακή απόδοση διαδραματίζει καίριο ρόλο στη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης σε τομείς τελικής χρήσης (βιομηχανία, μεταφορές και κτίρια) ⁹⁶.

Αναδιαμόρφωση Διαδικασίας σε Ένα Εργοστάσιο Τροφίμων

Σε αυτή την έρευνα εξετάζονται οι προσεγγίσεις αναδιαμόρφωσης για τη βελτιστοποίηση των διαδικασιών παραγωγής ζυμαρικών. Έχει πραγματοποιηθεί μια προκαταρκτική μελέτη των τεχνολογιών και των αρχιτεκτονικών πληροφοριακών συστημάτων που πρέπει να εφαρμοστούν σε ολόκληρη την αλυσίδα εφοδιασμού των ζυμαρικών ⁹⁷.



Εικόνα 22: Αρχιτεκτονική Pasta IoT 4.0.

Συνοψίζοντας, η βελτιστοποίηση των παραγωγικών διαδικασιών είναι ζωτικής σημασίας για τη βιομηχανία, και η Μηχανική Μάθηση μπορεί να προσφέρει σημαντικές λύσεις σε αυτόν τον τομέα. Με την ενσωμάτωση των τεχνολογιών της Βιομηχανίας 4.0 και την εφαρμογή των σύγχρονων τεχνικών βελτιστοποίησης, οι εταιρείες μπορούν να βελτιώσουν την απόδοση, να μειώσουν το κόστος και να αυξήσουν την παραγωγικότητα.

4. Προκλήσεις και Περιορισμοί

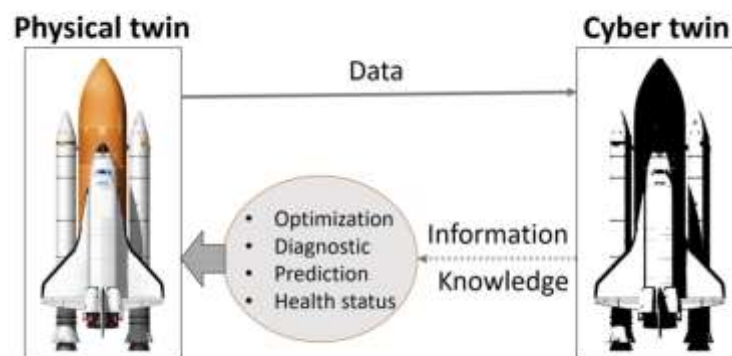
Η εφαρμογή της Μηχανικής Μάθησης στη Βιομηχανική Όραση φέρει μαζί της μια σειρά από προκλήσεις και περιορισμούς που πρέπει να αντιμετωπιστούν για να επιτευχθεί η πλήρης εκμετάλλευση των δυνατοτήτων της.

Ψηφιακό Δίδυμο (Digital Twinning)

Το ψηφιακό δίδυμο είναι ένα από τα δέκα κορυφαία τεχνολογικά trends των τελευταίων ετών, λόγω της υψηλής εφαρμογής του στον βιομηχανικό τομέα. Η ενσωμάτωση της ανάλυσης μεγάλων δεδομένων και των τεχνικών τεχνητής νοημοσύνης/μηχανικής μάθησης (AI-ML) με το ψηφιακό δίδυμο εμπλουτίζει περαιτέρω τη σημασία του και το ερευνητικό του δυναμικό με νέες ευκαιρίες και μοναδικές προκλήσεις. Παρόλα αυτά, υπάρχουν ακόμη σημαντικές προκλήσεις, ιδιαίτερα σε ό,τι αφορά την επιλογή και την επεξεργασία των δεδομένων, καθώς και την ακρίβεια των προβλέψεων ³⁹.

Η έννοια του ψηφιακού δίδυμου παρουσιάστηκε θεωρητικά για πρώτη φορά το 2002. Στην πραγματικότητα, το ψηφιακό δίδυμο είναι ένα αλγόριθμος που αναπαριστά τη συμπεριφορά (είτε πλήρως είτε μερικώς) του αντίστοιχου φυσικού αντικειμένου ⁴⁰. Αρχικά, χρησιμοποιήθηκε ως εργαλείο συντήρησης για τη συνεχή παρακολούθηση της δομής ενός αεροσκάφους ⁴¹. Στη συνέχεια, η τεχνολογία αυτή άρχισε να αποκτά δημοτικότητα σε διάφορους βιομηχανικούς τομείς ⁴¹.

Η προσέγγιση του ψηφιακού δίδυμου είναι εξαιρετικά υποσχόμενη, αλλά φέρει μαζί της και προκλήσεις. Η επεξεργασία και ανάλυση των δεδομένων, η εξασφάλιση της ακρίβειας των προβλέψεων, καθώς και η διασφάλιση της ασφάλειας και της ιδιωτικότητας είναι μερικές από τις προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπιστούν.



Αυτοματοποίηση και Λειτουργία Μηχανικής Μάθησης

Το τελικό στόχο όλων των βιομηχανικών έργων Μηχανικής Μάθησης (ML) είναι η ανάπτυξη προϊόντων ML και η ταχεία εισαγωγή τους στην παραγωγή. Ωστόσο, είναι ιδιαίτερα δύσκολο να αυτοματοποιηθούν και να λειτουργήσουν τα προϊόντα ML, με αποτέλεσμα πολλές προσπάθειες ML να μην πληρούν τις προσδοκίες τους³⁹. Το παράδειγμα των Λειτουργιών Μηχανικής Μάθησης (MLOps) αντιμετωπίζει αυτό το ζήτημα. Τα MLOps περιλαμβάνουν διάφορες πτυχές, όπως βέλτιστες πρακτικές, σύνολα εννοιών και πολιτισμό ανάπτυξης. Ωστόσο, τα MLOps εξακολουθούν να είναι ένας ασαφής όρος και οι συνέπειές του για τους ερευνητές και τους επαγγελματίες είναι ασαφείς³⁹.

Από μια έρευνα που πραγματοποιήθηκε, παρατηρήθηκε ότι πολλά έργα ML αποτυγχάνουν, με πολλές αποδείξεις της έννοιας ML να μην προχωρούν ποτέ στην παραγωγή³⁹. Αυτό είναι επειδή η κοινότητα ML έχει επικεντρωθεί εκτενώς στην κατασκευή μοντέλων ML, αλλά όχι στην αυτοματοποίηση και τη λειτουργία των προϊόντων ML σε πραγματικές συνθήκες³⁹.

Προκλήσεις στην Αρχιτεκτονική και τη Λειτουργία

Η ανάπτυξη και η λειτουργία ενός συστήματος ML απαιτεί μια σειρά από διαφορετικές διαδικασίες, από τη συλλογή και την προεπεξεργασία των δεδομένων μέχρι την εκπαίδευση, την αξιολόγηση και την εφαρμογή των μοντέλων. Κάθε ένα από αυτά τα βήματα μπορεί να παρουσιάσει προκλήσεις, είτε λόγω της πολυπλοκότητας των δεδομένων, είτε λόγω των περιορισμών των υπολογιστικών πόρων ή των απαιτήσεων της εφαρμογής.

Επιπλέον, η επιλογή του κατάλληλου αλγορίθμου ή της τεχνικής εκπαίδευσης μπορεί να είναι δύσκολη, καθώς υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη, όπως η φύση των δεδομένων, οι περιορισμοί του συστήματος και οι στόχοι της εφαρμογής³⁹.

Συμπεράσματα

Η Μηχανική Μάθηση στη Βιομηχανική Όραση προσφέρει σημαντικές δυνατότητες για τη βελτίωση της ποιότητας και της αποδοτικότητας των βιομηχανικών διαδικασιών. Ωστόσο, υπάρχουν πολλές προκλήσεις και περιορισμοί που πρέπει να ληφθούν υπόψη για να επιτευχθεί η πλήρης εκμετάλλευση των δυνατοτήτων της. Η κατανόηση και η αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων είναι ζωτικής σημασίας για την επιτυχία των εφαρμογών ML στον βιομηχανικό τομέα.

4.1 Δυσκολίες στην εκπαίδευση των μοντέλων

Στη σύγχρονη εποχή, τα ευφυή συστήματα που προσφέρουν δυνατότητες τεχνητής νοημοσύνης βασίζονται συχνά στη μηχανική μάθηση. Η μηχανική μάθηση περιγράφει την ικανότητα των συστημάτων να μαθαίνουν από συγκεκριμένα δεδομένα εκπαίδευσης για να αυτοματοποιήσουν τη διαδικασία δημιουργίας αναλυτικών μοντέλων και να επιλύσουν σχετικά ζητήματα⁴².

Η εκπαίδευση των μοντέλων μηχανικής μάθησης, ειδικά των βαθιών νευρωνικών δικτύων (Deep Learning), μπορεί να είναι μια πρόκληση. Αν και τα μοντέλα βαθιάς μάθησης υπερτερούν σε πολλές εφαρμογές σε σχέση με τα πιο επιφανειακά μοντέλα μηχανικής μάθησης, υπάρχουν διάφορες δυσκολίες που πρέπει να αντιμετωπιστούν:

1. **Επιλογή Αρχιτεκτονικής:** Η επιλογή της κατάλληλης αρχιτεκτονικής για ένα συγκεκριμένο πρόβλημα μπορεί να είναι δύσκολη. Υπάρχουν πολλές παραλλαγές νευρωνικών δικτύων, και η επιλογή της κατάλληλης μπορεί να επηρεάσει σημαντικά την απόδοση του μοντέλου⁴².
2. **Δεδομένα Εκπαίδευσης:** Η ποιότητα και η ποσότητα των δεδομένων εκπαίδευσης είναι κρίσιμη. Αν τα δεδομένα δεν είναι αντιπροσωπευτικά ή περιέχουν πολλούς θορύβους, το μοντέλο μπορεί να μην εκπαιδεύεται σωστά.
3. **Υπερεκπαίδευση (Overfitting):** Ένα συχνό πρόβλημα στη μηχανική μάθηση είναι ότι το μοντέλο μπορεί να "μάθει" τα δεδομένα εκπαίδευσης πολύ καλά, αλλά να μην γενικεύει καλά σε νέα, αδιάθετα δεδομένα.
4. **Υπολογιστικοί Πόροι:** Η εκπαίδευση βαθιών νευρωνικών δικτύων απαιτεί σημαντικούς υπολογιστικούς πόρους, ειδικά για μεγάλα σύνολα δεδομένων.
5. **Φυσικές Πληροφορίες:** Τα μοντέλα μηχανικής μάθησης που δεν λαμβάνουν υπόψη τους τις φυσικές νόμους μπορεί να μην γενικεύουν καλά σε νέες καταστάσεις ή να παράγουν αντίφαση με τις φυσικές αρχές.
6. **Διαφορετικές Κλίμακες:** Στη βιομηχανική όραση, τα δεδομένα μπορεί να προέρχονται από διαφορετικές κλίμακες (μικροσκοπικές, μακροσκοπικές), και η εκπαίδευση ενός μοντέλου που να λαμβάνει υπόψη τους όλες αυτές τις κλίμακες μπορεί να είναι πρόκληση.
7. **Περιορισμένα Δεδομένα:** Σε ορισμένες περιπτώσεις, ειδικά σε βιομηχανικές εφαρμογές, τα διαθέσιμα δεδομένα μπορεί να είναι περιορισμένα, καθιστώντας την εκπαίδευση πιο δύσκολη.

Είναι σημαντικό να κατανοήσουμε αυτές τις δυσκολίες και να αναπτύξουμε στρατηγικές για την αντιμετώπισή τους, ώστε να μπορούμε να εκμεταλλευτούμε πλήρως τις δυνατότητες της μηχανικής μάθησης στη βιομηχανική όραση.

Βιομηχανία 4.0

Στον κόσμο της βιομηχανίας 4.0, η πρόκληση της περιορισμένης υπολογιστικής ισχύος και της διαθέσιμης μνήμης μειώνεται σταδιακά. Ωστόσο, η συλλογή μεγάλων δεδομένων αποτελεί μια σημαντική πρόκληση για τη βιομηχανία και τα εργαστήρια λόγω των περιορισμένων πόρων. Τα μαθηματικά μοντέλα των ηλεκτρικών μηχανών μπορούν να

χρησιμοποιηθούν για την εκπαίδευση των αλγορίθμων τεχνητής νοημοσύνης, αλλά η ανίχνευση και η διάγνωση βλαβών σε αυτές τις μηχανές παραμένει προκλητική.

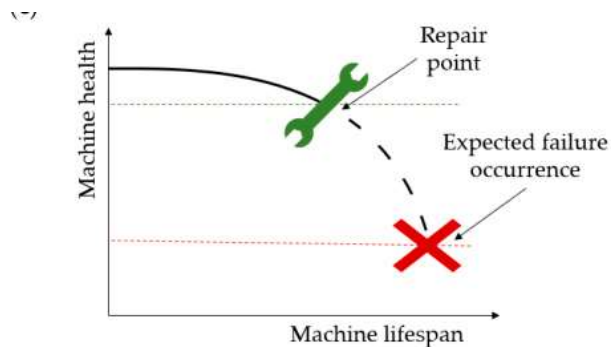


Figure 1. Maintenance types: (a) corrective maintenance, (b) preventive maintenance, (c) predictive maintenance.

Για παράδειγμα, οι βλάβες στις στροφές των στροφαλιών είναι δύσκολο να ανιχνευθούν στα πρώτα στάδια της εξέλιξής τους, καθιστώντας αυτό το θέμα ιδιαίτερα προκλητικό στη βιομηχανία των ηλεκτρικών μηχανών. Η κατάσταση της μόνωσης των μηχανών μπορεί να καθοριστεί μέσω χημικής, μηχανικής ή ηλεκτρικής ανάλυσης των μονωτικών υλικών.

Επιπλέον, υπάρχουν διάφορες τεχνικές συντήρησης που μπορούν να εφαρμοστούν στην πράξη, όπως η διορθωτική, η προληπτική και η προβλεπτική συντήρηση. Η προληπτική συντήρηση απαιτεί τακτικούς ελέγχους του εξοπλισμού, αλλά αυτή η προσέγγιση παρέχει πολύ λίγες πληροφορίες για τον υπολειπόμενο χρόνο ζωής των συσκευών και δεν επιτρέπει την προγνωστική τους και πλήρη αξιοποίηση ^{41, 42, 43, 44, 45}

4.2 Περιορισμοί στην υλοποίηση

Η εφαρμογή της μηχανικής μάθησης στη βιομηχανική όραση φέρει μαζί της πολλές προκλήσεις και περιορισμούς, ιδιαίτερα όταν πρόκειται για την υλοποίηση σε πραγματικές βιομηχανικές εφαρμογές. Αν και η τεχνολογία είναι υποσχόμενη, υπάρχουν ορισμένοι περιορισμοί που πρέπει να ληφθούν υπόψη.

1. **Σύνθετη Συμπεριφορά Μαλακών Ρομπότ:** Τα μαλακά ρομπότ έχουν ερευνηθεί εκτενώς λόγω των ευέλικτων, μετασχηματιζόμενων και προσαρμοστικών τους χαρακτηριστικών. Ωστόσο, σε σύγκριση με τα σκληρά ρομπότ, τα μαλακά ρομπότ αντιμετωπίζουν προβλήματα στον τομέα της μοντελοποίησης, της βαθμονόμησης και του ελέγχου. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι εγγενείς χαρακτηριστικές των μαλακών υλικών μπορούν να προκαλέσουν σύνθετες συμπεριφορές λόγω της μη γραμμικότητας και της υστέρησης ⁴⁶.
2. **Μη Γραμμικότητα και Υστέρηση:** Η μη γραμμικότητα υποδηλώνει ότι η σχέση μεταξύ της εισόδου και της εξόδου του συστήματος δεν μπορεί να αναπαρασταθεί με μια απλή γραμμική σχέση. Η υστέρηση μπορεί να οριστεί ως μια συμπεριφορά που εξαρτάται από το χρόνο και συνήθως εμφανίζεται ως μια διαφορά στην έξοδο κατά τους κύκλους φόρτωσης και αποφόρτωσης ⁴⁷.

3. **Εφαρμογή Τεχνικών Μηχανικής Μάθησης:** Η εφαρμογή τεχνικών μηχανικής μάθησης έχει αποδειχθεί αποτελεσματική στην επίλυση μη γραμμικών προβλημάτων σε διάφορους τομείς. Πρόσφατα, αυτές οι τεχνικές έχουν χρησιμοποιηθεί για την επίλυση προβλημάτων που σχετίζονται με μαλακά ρομπότ, όπως η βαθμονόμηση μαλακών αισθητήρων, ο έλεγχος θέσης μαλακών ενεργοποιητών και πιο σύνθετες εργασίες, όπως η λήψη ή ο σχεδιασμός κινήσεων ρομπότ ⁴⁷.

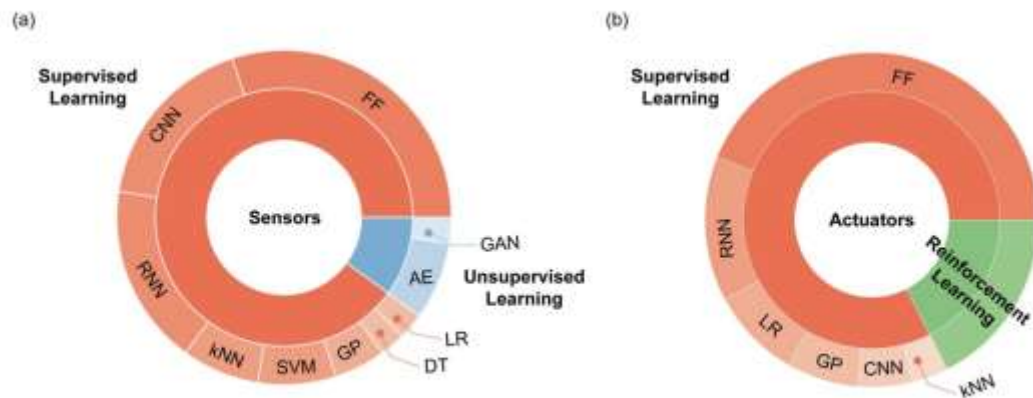


Fig 1. Chart for learning techniques. (A) Sensors, (B) Actuators.

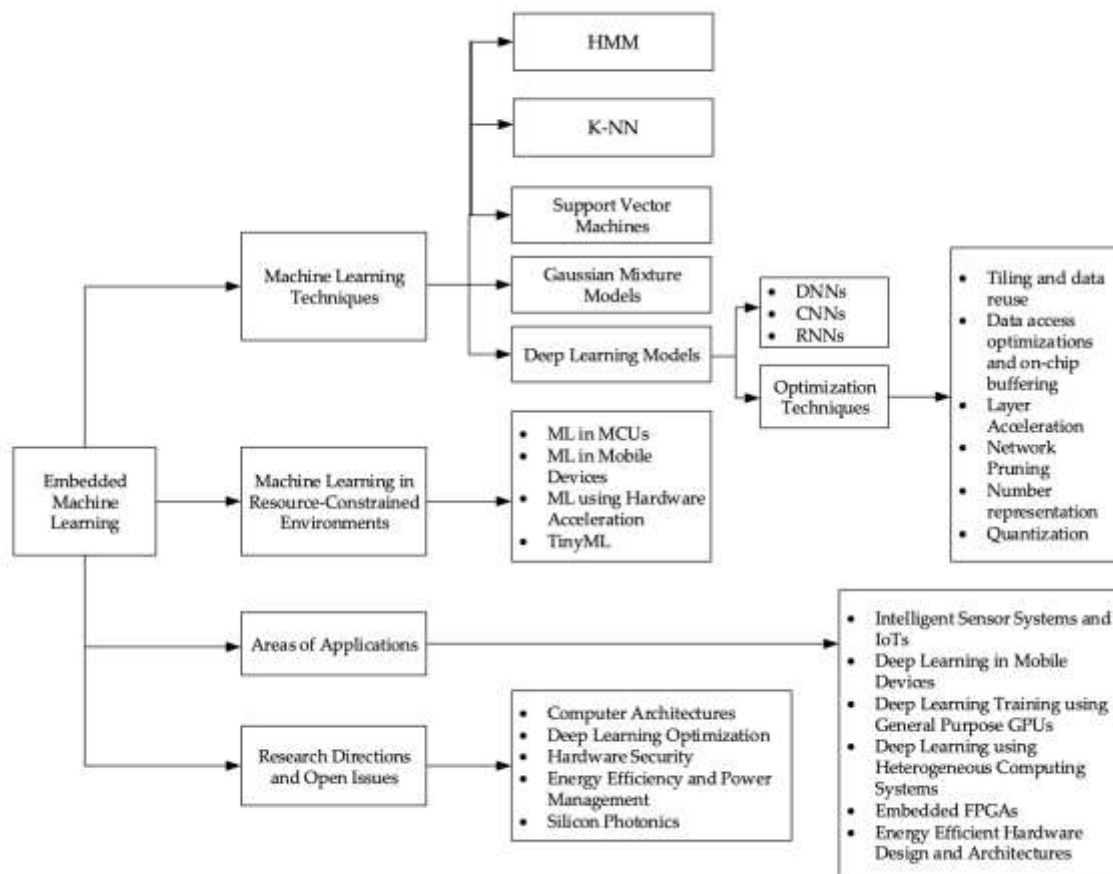
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0246102.g001>

Εικόνα 24: Διάγραμμα Τεχνικών Μάθησης

Συνοψίζοντας, η υλοποίηση της μηχανικής μάθησης στη βιομηχανική όραση είναι μια προοπτική περιοχή με πολλές εφαρμογές. Ωστόσο, υπάρχουν πολλοί περιορισμοί που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την υλοποίηση, ιδιαίτερα όταν πρόκειται για πραγματικές βιομηχανικές εφαρμογές.

Embedded Systems:

Η τεχνολογία των ενσωματωμένων συστημάτων βρίσκεται σε φάση μετασχηματισμού λόγω των νέων εξελίξεων στην αρχιτεκτονική των υπολογιστών και των καινοτομιών στις εφαρμογές μηχανικής μάθησης ³. Ωστόσο, υπάρχει ένα κρίσιμο εμπόδιο στην αποτελεσματική υλοποίηση των αλγορίθμων ML που στοχεύουν σε ενσωματωμένες εφαρμογές. Οι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης είναι γενικά υπολογιστικά και μνημονικά απαιτητικοί, καθιστώντας τους ακατάλληλους για περιορισμένους πόρους, όπως ενσωματωμένες και κινητές συσκευές ⁴⁸.



Εικόνα 25: Η διάταξη των Ενσωματωμένων Αρχιτεκτονικών Υπολογιστικής Μηχανικής Μάθησης και Τεχνικές Βελτιστοποίησης Μηχανικής Μάθησης

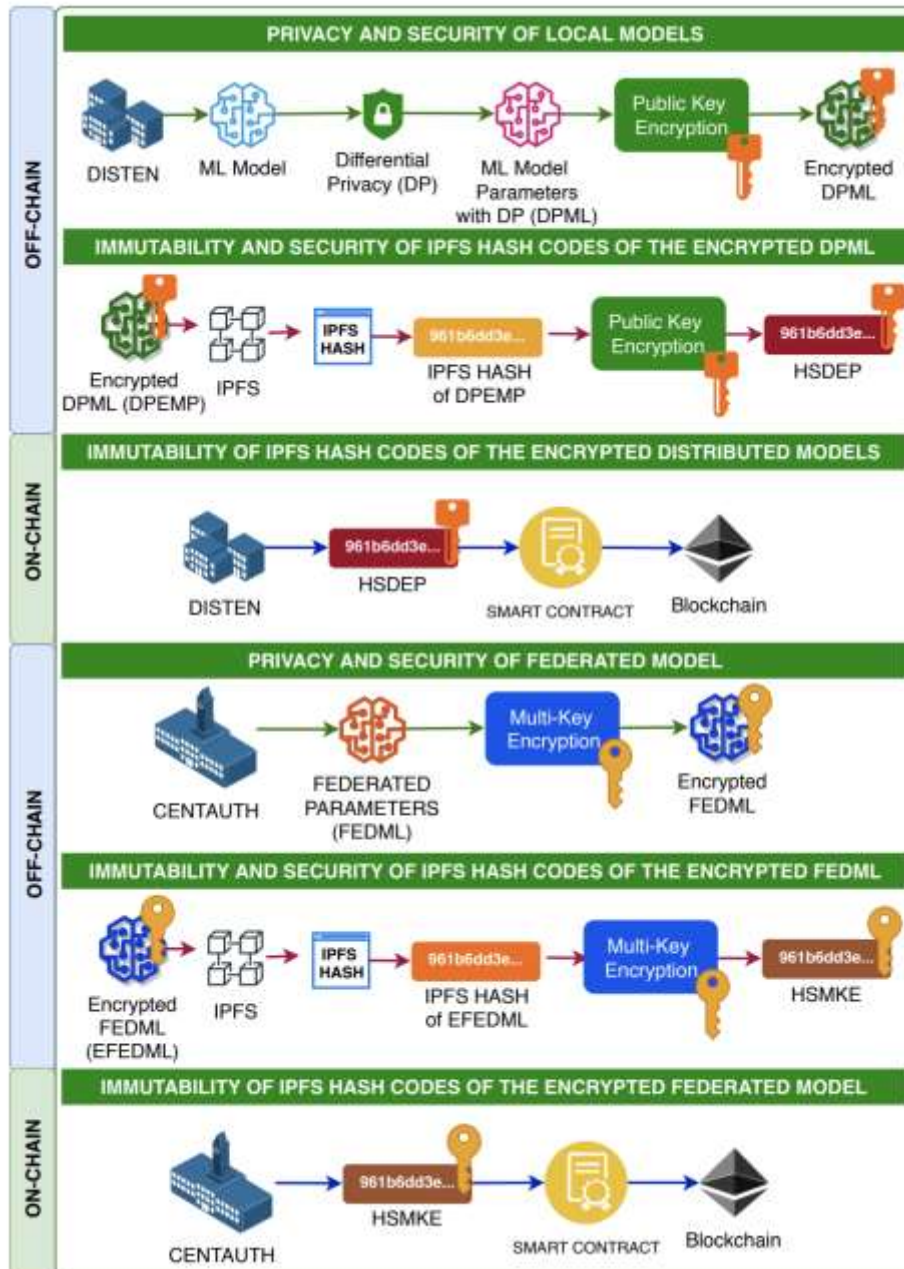
Για να υλοποιηθούν αποτελεσματικά αυτοί οι αλγόριθμοι στον τομέα των ενσωματωμένων και κινητών υπολογιστών, απαιτούνται καινοτόμες τεχνικές βελτιστοποίησης στα επίπεδα του αλγορίθμου και του υλικού⁴⁸. Οι μέθοδοι μηχανικής μάθησης, όπως τα SVM για την ταξινόμηση χαρακτηριστικών, τα CNN για την ανίχνευση εισβολών και άλλες τεχνικές βαθιάς μάθησης, απαιτούν υψηλούς υπολογιστικούς και μνημονικούς πόρους για αποτελεσματική εκπαίδευση και συμπερασματολογία⁴⁹. Οι γενικού σκοπού CPUs, ακόμη και με τις αρχιτεκτονικές τους τροποποιήσεις, δεν μπορούν να ικανοποιήσουν την υψηλή υπολογιστική ζήτηση των μοντέλων βαθιάς μάθησης⁴⁹.

Εκτεταμένες έρευνες διεξάγονται ενεργά για την ανάπτυξη κατάλληλων μονάδων επιτάχυνσης υλικού χρησιμοποιώντας FPGAs, GPUs, ASICs και TPUs για να δημιουργήσουν ετερογενή και μερικές φορές διανεμημένα συστήματα για να ανταποκριθούν στην υψηλή υπολογιστική ζήτηση των μοντέλων βαθιάς μάθησης⁴⁹.

4.3 Επιπτώσεις στη βιομηχανική ασφάλεια

Η βιομηχανική ασφάλεια είναι ένας τομέας που έχει δεχτεί σημαντικές επιπτώσεις από την εισαγωγή της μηχανικής μάθησης και των τεχνολογιών Industrial Internet of Things. Η εφαρμογή της μηχανικής μάθησης στα βιομηχανικά συστήματα έχει το δυναμικό να προσφέρει βελτιωμένη παραγωγικότητα και αποδοτικότητα σε βασικούς βιομηχανικούς τομείς, όπως η ενέργεια, η γεωργία, η εξόρυξη, οι μεταφορές και η υγεία ¹. Ωστόσο, η εκπαίδευση των μοντέλων μηχανικής μάθησης σε ευαίσθητα δεδομένα μπορεί να οδηγήσει σε διαρροές προσωπικών πληροφοριών, προκαλώντας ανησυχίες για την ιδιωτικότητα και την ασφάλεια ⁵⁰.

Τα βιομηχανικά συστήματα Internet of Things (IIoT) χρησιμοποιούν αισθητήρες και ενεργοποιητές με υπολογιστικές και επικοινωνιακές δυνατότητες για να αλλάξουν τον τρόπο συλλογής, ανταλλαγής, ανάλυσης και μετατροπής των δεδομένων σε αποφάσεις. Η αυξανόμενη δυνατότητα διείσδυσης των IIoT οδηγεί σε καινοτόμες εφαρμογές της Βιομηχανίας 4.0 για βελτιωμένη παραγωγικότητα και αποδοτικότητα σε βασικούς βιομηχανικούς τομείς. Ωστόσο, τα μοντέλα μηχανικής μάθησης που εκπαιδεύονται σε ευαίσθητα δεδομένα μπορούν να αποκαλύψουν ιδιωτικές ή εμπιστευτικές πληροφορίες σε προηγμένους αντιπάλους. Επιθέσεις όπως η "man in the middle" μπορούν να προκαλέσουν αλλαγές στην αρχική γνώση ML που μεταφέρεται από την πηγή ⁵¹. Το PriModChain, ένα πλαίσιο που παρουσιάζεται αντιμετωπίζει τα ζητήματα ιδιωτικότητας και εμπιστοσύνης της μηχανικής μάθησης στα συστήματα IIoT, συνδυάζοντας διαφορεική ιδιωτικότητα, ομοσπονδιακή μάθηση, έξυπνα συμβόλαια και το Ethereum blockchain. Η εφαρμογή τέτοιων πλαισίων μπορεί να βοηθήσει στην προστασία των βιομηχανικών συστημάτων από επιθέσεις και να εγγυηθεί την ασφάλεια των δεδομένων και των πληροφοριών που διαχειρίζονται.



Εικόνα 26: Αρχιτεκτονική PriModChain

Συνολικά, η εισαγωγή της μηχανικής μάθησης στη βιομηχανική όραση έχει το δυναμικό να προσφέρει σημαντικά οφέλη στη βιομηχανική ασφάλεια, αλλά φέρει επίσης κινδύνους που πρέπει να αντιμετωπιστούν με προσοχή.

Διάφοροι άλλοι κίνδυνοι

1. **Ασφάλεια στο Internet των Πραγμάτων (IoT):** Σε μια πρόσφατη έρευνα, προτάθηκε μια στρωματωμένη αρχιτεκτονική που ενσωματώνει την τεχνολογία Blockchain και τη Μηχανική Μάθηση στο πλαίσιο του Βιομηχανικού Internet των Πραγμάτων (IIoT) για εφαρμογές έξυπνης κατασκευής⁵³. Η αρχιτεκτονική αυτή στοχεύει στην αντιμετώπιση των ασφαειακών και ιδιωτικότητας ανησυχιών,

ιδιαίτερα στο πλαίσιο πιθανών επιθέσεων όπως DoS, DDoS, και man in the middle (MitM) επιθέσεις.

2. **Ποιοτικός Έλεγχος με Βάθος Νευρωνικά Δίκτυα:** Μια άλλη έρευνα παρουσίασε μια νέα μέθοδο προεπεξεργασίας δεδομένων που χρησιμοποιεί προηγούμενες γνώσεις σχετικά με το οπτικό σύστημα. Επιτρέπει τη χρήση ενός ελαφρύτερου μοντέλου Convolutional Neural Network (CNN) για τον ποιοτικό έλεγχο των καπακιών των μπουκαλιών PET ⁵⁴. Η συνδυασμένη χρήση της προεπεξεργασίας με το ελαφρύ μοντέλο CNN οδήγησε σε σημαντικές μειώσεις στον χρόνο πρόβλεψης και εκπαίδευσης.
3. **Ανίχνευση Εισβολών με Μηχανική Μάθηση:** Μια κριτική έρευνα εξέτασε την πραγματική απόδοση των συστημάτων ανίχνευσης εισβολών βασισμένων στη μηχανική μάθηση σε βιομηχανικά πλαίσια ⁵⁵. Η έρευνα υπογράμμισε τις πιθανές αδυναμίες στην ανίχνευση άγνωστων επιθέσεων και παρείχε συστάσεις για περαιτέρω έρευνα για να διασφαλιστεί η σαφήνεια στην ικανότητά τους να ανιχνεύουν τέτοιες απειλές.
4. **Ενισχυτική Μάθηση για Ρομποτικές Εφαρμογές:** Σε μια άλλη έρευνα, εξετάστηκε η χρήση της Ενισχυτικής Μάθησης για τον έλεγχο ενός συνεργατικού ρομπότ για εργασίες επιλογής και τοποθέτησης ⁵⁵. Το προτεινόμενο σύστημα χρησιμοποιεί βαθύ Q-learning για την επεξεργασία εικόνων χρώματος και βάθους και δημιουργεί μια πολιτική επιλογής ενεργειών για τον καθορισμό των ενεργειών του ρομπότ.

Η εφαρμογή της μηχανικής μάθησης στη βιομηχανική όραση έχει το δυναμικό να προσφέρει σημαντικά οφέλη στη βιομηχανική ασφάλεια, αλλά φέρει επίσης κινδύνους που πρέπει να αντιμετωπιστούν με προσοχή.

4.4 Επιπτώσεις στην απόδοση των συστημάτων

Η Μηχανική Μάθηση και η Βιομηχανική Όραση έχουν τη δυνατότητα να επηρεάσουν σημαντικά την απόδοση των βιομηχανικών συστημάτων. Η ανάλυση και η επεξεργασία των δεδομένων σε πραγματικό χρόνο μπορεί να βελτιώσει την αποτελεσματικότητα, την ακρίβεια και την ασφάλεια των βιομηχανικών διαδικασιών.

Εφαρμογή για την Βελτιστοποίηση της Εκπαίδευσης και της Απόδοσης στην Κολύμβηση

Πολλοί κολυμβητές ενσωματώνουν συνεχώς νέα και διαφορετικά προγράμματα εκπαίδευσης που θα τους επιτρέψουν να βελτιωθούν γρήγορα. Ωστόσο, είναι δύσκολο για έναν κολυμβητή να δει την πρόοδό του αμέσως. Αυτή η έρευνα αναπτύσσει ένα εργαλείο για τους κολυμβητές, ειδικά τους κολυμβητές, για να προβλέψουν τα μελλοντικά τους αποτελέσματα. Εφαρμόστηκε η Μηχανική Μάθηση και διεξήχθη μια ποιοτική αξιολόγηση της προσέγγισης. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι είναι δυνατόν να καθορίσουν τη μελλοντική τους απόδοση με αξιόπιστη ακρίβεια ⁸⁶.

Έξυπνο Σύστημα Παρακολούθησης Αποθεμάτων Τροφίμων

Λόγω των τεχνολογικών εξελίξεων, οι άνθρωποι μπορούν να παράγουν περισσότερα τρόφιμα από ποτέ. Στην πραγματικότητα, το επίπεδο παραγωγής τροφίμων είναι τόσο υψηλό που όλος ο πληθυσμός θα μπορούσε να υποστηριχθεί εάν ο πόρος τροφίμων διανεμόταν σωστά. Ωστόσο, είναι πολύ συνηθισμένο να βλέπουμε προϊόντα που λήγουν στα ράφια των σούπερ μάρκετ, σπαταλώντας τον πόρο τροφίμων που θα μπορούσε να είναι χρήσιμος. Αυτή η έρευνα προτείνει μια εφαρμογή για τον προσδιορισμό της κατάστασης αποθέματος των προϊόντων σούπερ μάρκετ, ιδιαίτερα των τροφίμων, ώστε οι διαχειριστές των σούπερ μάρκετ να μπορούν να αντιδρούν στην κατάσταση πώλησης και να αποτρέπουν την υπερπροσφορά ⁴⁷.



Εικόνα 27: Παράδειγμα Μέτρησης Τροφιμών

Πόσο σημαντικοί είναι οι κοινωνικοοικονομικοί παράγοντες για την απόδοση των συστημάτων κατά τη διάρκεια των τυφώνων

Αυτή η έρευνα εξετάζει εάν οι κοινωνικοοικονομικοί παράγοντες είναι σημαντικοί για την απόδοση του ηλεκτρικού συστήματος της Φλόριντα κατά τη διάρκεια των τυφώνων. Η έρευνα διεξήχθη με τη χρήση του ταξινομητή Random Forest με τη Μέση Μείωση της Ακρίβειας (MDA) για τη μέτρηση της σημασίας ενός σετ παραγόντων που περιλαμβάνουν την ένταση του κινδύνου, τον χρόνο ανάκτησης από τη μέγιστη επίπτωση και τα κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά του πληθυσμού που επηρεάζεται **41**.

Ένα Νέο Βιομηχανικό Σύστημα Βασισμένο στην Προσέγγιση CNN: Πραγματικός Χρόνος Επιθεώρησης Υφάσματος και Ταξινόμηση Ελαττωμάτων σε Κυκλική Μηχανή Πλεξίματος

Το σύστημα Αυτόματης Οπτικής Επιθεώρησης Υφάσματος (FAVI) παρέχει αξιόπιστη απόδοση στην επιθεώρηση ελαττωμάτων υφάσματος. Αυτή η μελέτη παρουσιάζει ένα

σύστημα μηχανικής όρασης που αναπτύχθηκε για να προσαρμοστεί σε κυκλικές μηχανές πλεξίματος, όπου τα ελαττώματα των υφασμάτων μπορούν να ελέγχονται αυτόματα και τα εντοπισμένα ελαττώματα μπορούν να ταξινομηθούν²².

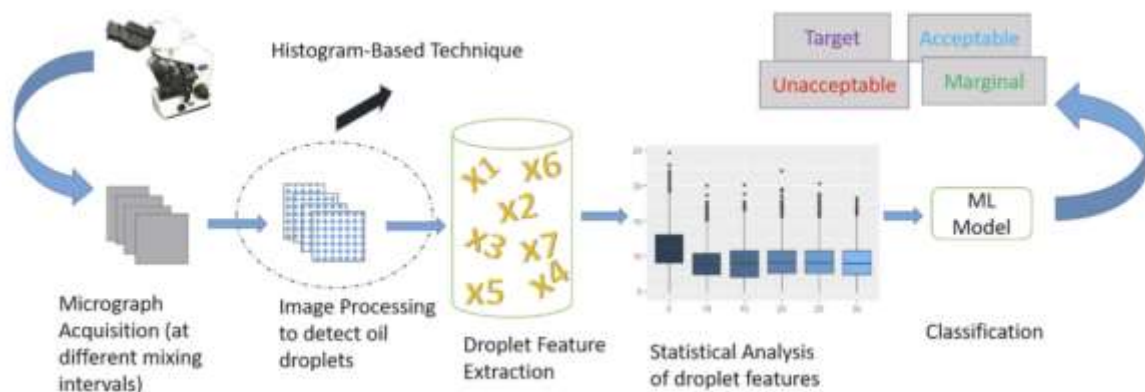
Η επίδραση της Μηχανικής Μάθησης στην απόδοση των συστημάτων είναι προφανής. Οι παραπάνω μελέτες δείχνουν πώς η χρήση της Μηχανικής Μάθησης μπορεί να βελτιώσει την αποτελεσματικότητα, την ακρίβεια και την ασφάλεια των βιομηχανικών διαδικασιών σε διάφορους τομείς.

4.5 Κοινωνικές και ηθικές προκλήσεις

Η εφαρμογή της Μηχανικής Μάθησης στη Βιομηχανική Όραση αναδεικνύει μια σειρά από κοινωνικές και ηθικές προκλήσεις. Καθώς οι τεχνολογίες αυτές εξελίσσονται και ενσωματώνονται σε διάφορες βιομηχανικές εφαρμογές, είναι απαραίτητο να λαμβάνονται υπόψη οι πιθανές επιπτώσεις τους στην κοινωνία και την ηθική.

Ένα από τα κύρια ζητήματα που εξετάζεται είναι η αναγνώριση των σταγονιδίων στις εμουλγίες, ένα θέμα που έχει εξεταστεί από τις αρχές του 21ου αιώνα μέσω της φωτομικροσκοπίας σε συνδυασμό με την επεξεργασία εικόνας και στατιστική ανάλυση[. Εμπορικά διαθέσιμα συστήματα ανάλυσης εικόνας για τη μέτρηση των σταγονιδίων του λαδιού από αραιωμένα δείγματα παρέχονται από την Jorin's ViPA και την J.M. Canty. Λίγες μελέτες έχουν αναφέρει την ενδογραμμική παρακολούθηση του μεγέθους των σταγονιδίων στις εμουλγίες χρησιμοποιώντας αυτοματοποιημένη ανάλυση εικόνας

Το ImageJ έχει εφαρμοστεί ευρέως για την επεξεργασία των μικρογραφιών εμουλγίας. Οι δυνατότητες του ImageJ έχουν επεκταθεί στο Fiji, το οποίο είναι μια "μπαταρία - περιλαμβανόμενη" διανομή του ImageJ. Οι τεχνικές επεξεργασίας εικόνων που ενσωματώνονται με ταξινομητές μηχανικής μάθησης έχουν μακρά ιστορία επιτυχίας στην αξιολόγηση της ποιότητας των προϊόντων σε βιομηχανίες όπως ο αυτοκινητοβιομηχανία, η ηλεκτρονική, η ιατρική, η φαρμακευτική και η τροφική. Ωστόσο, αυτές οι τεχνικές είναι προς το παρόν υποεκμεταλλευμένες στον τομέα της βιομηχανικής εμουλγίας



Εικόνα 28: Σχηματική αναπαράσταση της ταξινόμησης TAMU των μικρογραφιών κατά τη διαδικασία.

Η ανάλυση των κύριων συστατικών (PCA) και η γραμμική διακριτική ανάλυση (LDA) περιγράφηκαν ως οι πιο ευρέως χρησιμοποιούμενες μη εποπτευόμενες και εποπτευόμενες μέθοδοι για την εξερευνητική ανάλυση δεδομένων και ταξινόμηση αντίστοιχα. Η PCA προβάλλει την παραλλαγή στο αρχικό πολυμεταβλητό σύνολο δεδομένων σε έναν ορθογώνιο υπόχωρο^[26]. Έχει χρησιμοποιηθεί εκτενώς ως μια αποτελεσματική μέθοδος για τη μείωση της διαστατικότητας και την αναγνώριση των μοτίβων στον τομέα της υπολογιστικής όρασης και της ταξινόμησης εικόνων.

Η LDA είναι μια εποπτευόμενη μέθοδος μηχανικής μάθησης που χρησιμοποιείται για την πολυεπίπεδη ταξινόμηση μιας κατηγορικής αντίδρασης. Η LDA εκπαιδεύεται χρησιμοποιώντας ένα σύνολο παρατηρήσεων, παραλαμβανόμενων από ένα πολυμεταβλητό σύνολο δεδομένων, προκειμένου να δημιουργήσει ένα μοντέλο ταξινόμησης. Το μοντέλο χρησιμοποιείται στη συνέχεια για την πρόβλεψη της κατηγορίας των άγνωστων (νέων) δεδομένων βάσει της προηγούμενης γνώσης.

Σε μια μελέτη του Bertani κ.ά., επιτεύχθηκε μια μερικώς αυτόματη πολυμεταβλητή ταξινόμηση των υπερφασματικών μικρογραφιών ζωντανών κυττάρων χρησιμοποιώντας PCA ακολουθούμενη από LDA. Η εφαρμογή της υπολογιστικής όρασης ενσωματωμένη με ένα μοντέλο ταξινόμησης LDA εξετάστηκε για την αυτοματοποιημένη αξιολόγηση της ποιότητας του σκληρού σιταριού και η μελέτη τους πέτυχε 96% ακρίβεια στην ταξινόμηση των πυρήνων του σιταριού σε τέσσερις κατηγορίες¹⁰⁵.

Περίληψη Άρθρων:

Κοινωνικές Προκλήσεις

Σύμφωνα με το άρθρο *Digital Technologies and Data Science as Health Enablers: An Outline of Appealing Promises and Compelling Ethical, Legal, and Social Challenges*¹⁰², οι ψηφιακές τεχνολογίες και η επιστήμη των δεδομένων έχουν την υπόσχεση να επαναστατήσουν την υγεία, μετασχηματίζοντας τον τρόπο με τον οποίο αναλύονται και

διαχειρίζονται η υγεία και η ασθένεια. Ωστόσο, υπάρχει μια υποκείμενη ένταση μεταξύ των υποσχέσεων της ψηφιακής υγείας και των πολλαπλών προκλήσεων που αντιμετωπίζει.

Ηθικές Προκλήσεις

Το άρθρο *Comment on Starke et al.: 'Computing schizophrenia: ethical challenges for machine learning in psychiatry* **17** επισημαίνει τις προκλήσεις που σχετίζονται με την εφαρμογή της Μηχανικής Μάθησης στην ψυχιατρεία. Ειδικότερα, τονίζεται η ανάγκη για περαιτέρω έρευνα στον τομέα της παιδαγωγικής και της εκπαίδευσης, ώστε να διασφαλιστεί ότι οι μεθοδολογίες Μηχανικής Μάθησης χρησιμοποιούνται με τρόπο που σέβεται τα δικαιώματα και την αξιοπρέπεια των ασθενών.

Εφαρμογές στη Βιομηχανική Όραση

Στο άρθρο *An Integrated Histogram-Based Vision and Machine-Learning Classification Model for Industrial Emulsion Processing* ¹⁰⁴, περιγράφεται μια τεχνική βασισμένη σε ιστόγραμμα για την ανίχνευση σταγονιδίων από μικρογραφίες εμουλγιών. Η τεχνική αυτή έχει τη δυνατότητα να ανιχνεύει μικρότερα σταγονίδια από ό,τι έχει αναφερθεί στη βιβλιογραφία και προσφέρει μια πλήρως αυτοματοποιημένη λύση για την πρόβλεψη της ποιότητας των εμουλγιών.

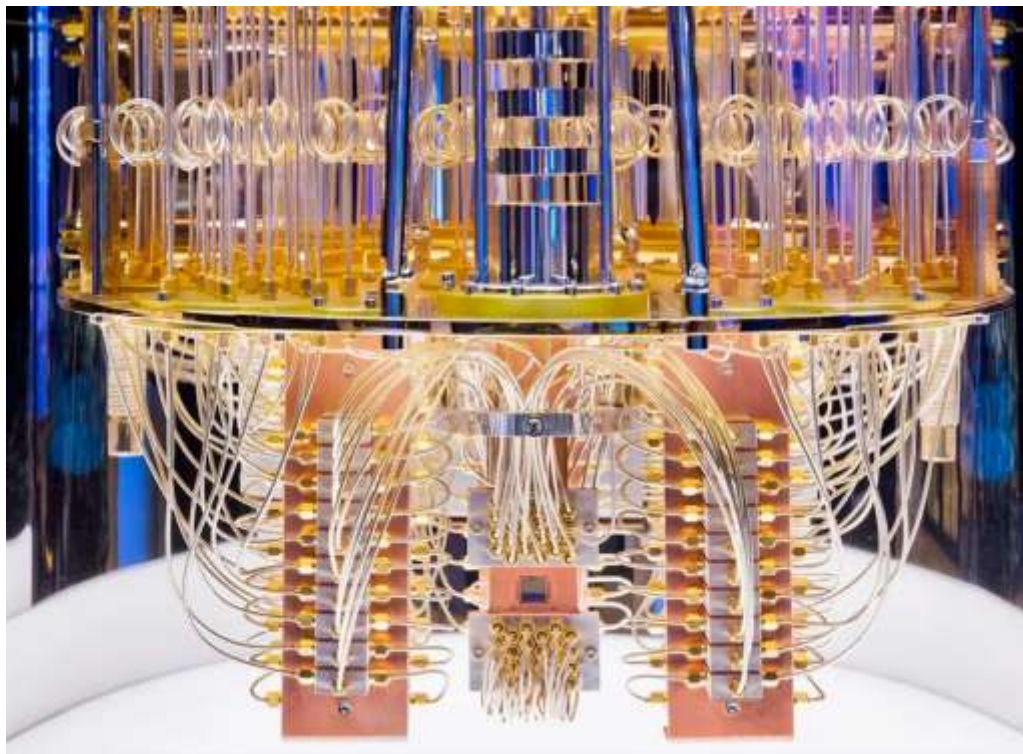
Συνολικά, είναι σαφές ότι η εφαρμογή της Μηχανικής Μάθησης στη Βιομηχανική Όραση παρουσιάζει σημαντικές κοινωνικές και ηθικές προκλήσεις οι οποίες πρέπει να αντιμετωπιστούν με ευαισθησία και υπευθυνότητα.. Η συνεχής έρευνα και η συνεργασία μεταξύ επιστημόνων, ερευνητών και επαγγελματιών είναι απαραίτητη για την αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων και τη διασφάλιση της αξιοπρέπειας, της ασφάλειας και των δικαιωμάτων όλων των εμπλεκόμενων.

5. Μελλοντικές Κατευθύνσεις

Η βιομηχανική όραση σε συνδυασμό με τη μηχανική μάθηση αναμένεται να διαμορφώσει το μέλλον της βιομηχανίας και της τεχνολογίας. Καθώς οι τεχνολογίες αυτές εξελίσσονται, πολλές νέες ευκαιρίες και προκλήσεις προκύπτουν. Ας εξετάσουμε τις πιθανές μελλοντικές κατευθύνσεις σε αυτόν τον τομέα.

Ενσωμάτωση Κβαντικών Υπολογιστών

Οι κβαντικοί υπολογιστές, που είναι σε θέση να εκτελούν υπολογισμούς σε επίπεδα πολύ πέρα από τις δυνατότητες των σημερινών κλασικών υπολογιστών, προβλέπεται να επαναπροσδιορίσουν τη μηχανική μάθηση. Η εκπαίδευση των μοντέλων θα γίνεται πιο γρήγορα, ενώ η ανάλυση των δεδομένων θα είναι πιο λεπτομερής και ακριβής.



Εικόνα 29: Κβαντικός Υπολογιστής IBM

Η εταιρεία IBM έχει ήδη αναπτύξει κβαντικούς υπολογιστές που είναι διαθέσιμοι για ερευνητικούς σκοπούς. Αυτοί οι υπολογιστές μπορούν να επεξεργαστούν πληροφορίες με τρόπο που οι κλασικοί υπολογιστές δεν μπορούν, ανοίγοντας τον δρόμο για πιο προηγμένες εφαρμογές στη βιομηχανική όραση.

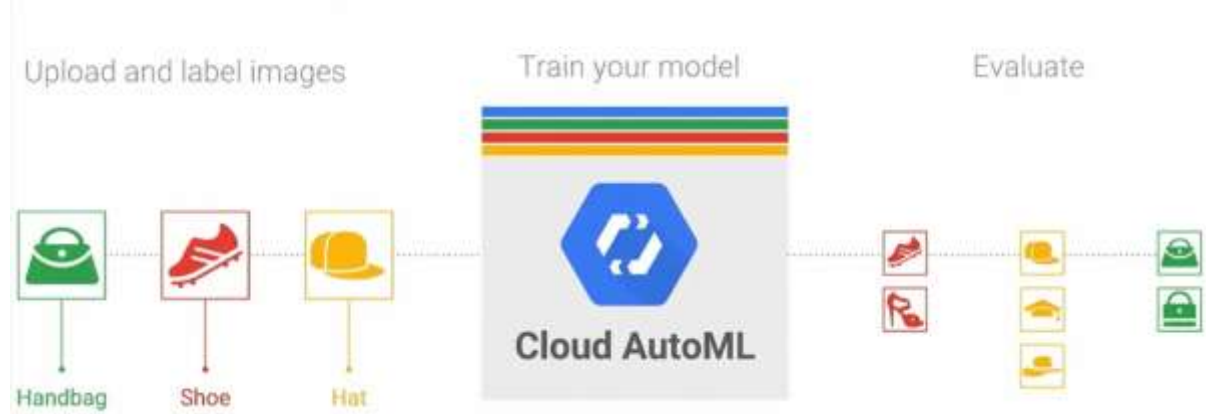
Αυτοματοποιημένη Εκπαίδευση Μοντέλων

Η δυνατότητα των συστημάτων να εκπαιδεύουν αυτόματα τα δικά τους μοντέλα, χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση, θα αλλάξει τον τρόπο με τον οποίο οι επιχειρήσεις

προσεγγίζουν την ανάλυση δεδομένων. Αυτό θα επιτρέψει στις επιχειρήσεις να προσαρμόζονται γρήγορα σε νέες τάσεις και να λαμβάνουν αποφάσεις βασισμένες σε πραγματικό χρόνο.

Η εταιρεία Google έχει αναπτύξει το AutoML, ένα εργαλείο που επιτρέπει στους χρήστες να εκπαιδεύουν μοντέλα χωρίς να έχουν βαθιές γνώσεις στη μηχανική μάθηση. Αυτό το εργαλείο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάλυση εικόνων, την αναγνώριση ομιλίας και άλλες εφαρμογές.

Cloud AutoML Vision



Εικόνα 30: Google Cloud AutoML Μοντέλο Εκπαίδευσης

Ενσωμάτωση Επαυξημένης Πραγματικότητας

Η επαυξημένη πραγματικότητα (AR) προσφέρει τη δυνατότητα να προσθέτει ψηφιακό περιεχόμενο στον πραγματικό κόσμο. Σε συνδυασμό με τη βιομηχανική όραση, η AR μπορεί να προσφέρει προηγμένες λύσεις για την παραγωγή, τη συντήρηση και την επιθεώρηση σε βιομηχανικές εφαρμογές.



Εικόνα 31: Microsoft HoloLens, Headset Επαυξημένης Πραγματικότητας

Η εταιρεία Microsoft έχει αναπτύξει τα HoloLens, ένα σύστημα επαυξημένης πραγματικότητας που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για βιομηχανικές εφαρμογές. Οι τεχνικοί μπορούν να βλέπουν ψηφιακές προβολές πάνω στα φυσικά αντικείμενα, βοηθώντας τους να εκτελούν τις εργασίες τους πιο αποτελεσματικά.

Ενσωμάτωση Τεχνολογιών 5G και 6G

Οι τεχνολογίες 5G και 6G προσφέρουν υψηλότερες ταχύτητες και μεγαλύτερη αξιοπιστία στην επικοινωνία. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τη βιομηχανική όραση, όπου οι εφαρμογές απαιτούν τη μετάδοση μεγάλων ποσοτήτων δεδομένων σε πραγματικό χρόνο.



Εικόνα 32: Logo 5G

Η εταιρεία Qualcomm είναι στην πρώτη γραμμή της ανάπτυξης τεχνολογιών 5G. Οι νέες τεχνολογίες που αναπτύσσονται θα επιτρέψουν στις βιομηχανικές εφαρμογές να λειτουργούν με μεγαλύτερη απόδοση και αξιοπιστία.

Ενσωμάτωση Τεχνητής Νοημοσύνης στη Βιομηχανική Όραση

Η τεχνητή νοημοσύνη (AI) προσφέρει τη δυνατότητα για πιο προηγμένες εφαρμογές στη βιομηχανική όραση. Αυτό περιλαμβάνει την αυτόματη αναγνώριση αντικειμένων, την πρόβλεψη συμπεριφορών και την ανάλυση πολύπλοκων σεναρίων.



Εικόνα 33: Πλακέτα NVIDIA Jetson

Η εταιρεία NVIDIA έχει αναπτύξει το Jetson, ένα σύστημα για την επεξεργασία εικόνων με τη χρήση τεχνητής νοημοσύνης. Αυτό το σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αναγνώριση αντικειμένων, την παρακολούθηση κινήσεων και άλλες εφαρμογές στη βιομηχανική όραση.

Ενσωμάτωση Τεχνολογιών IoT

Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) προσφέρει τη δυνατότητα για τη σύνδεση διαφόρων συσκευών και συστημάτων σε ένα ενιαίο δίκτυο. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τη βιομηχανική όραση, όπου οι εφαρμογές μπορούν να λαμβάνουν δεδομένα από πολλές πηγές και να λειτουργούν με μεγαλύτερη απόδοση.

Η εταιρεία Cisco έχει αναπτύξει τεχνολογίες για τη σύνδεση διαφόρων συσκευών σε ένα ενιαίο δίκτυο IoT. Αυτό επιτρέπει στις εφαρμογές βιομηχανικής όρασης να λαμβάνουν δεδομένα από πολλές πηγές και να λειτουργούν με μεγαλύτερη απόδοση.

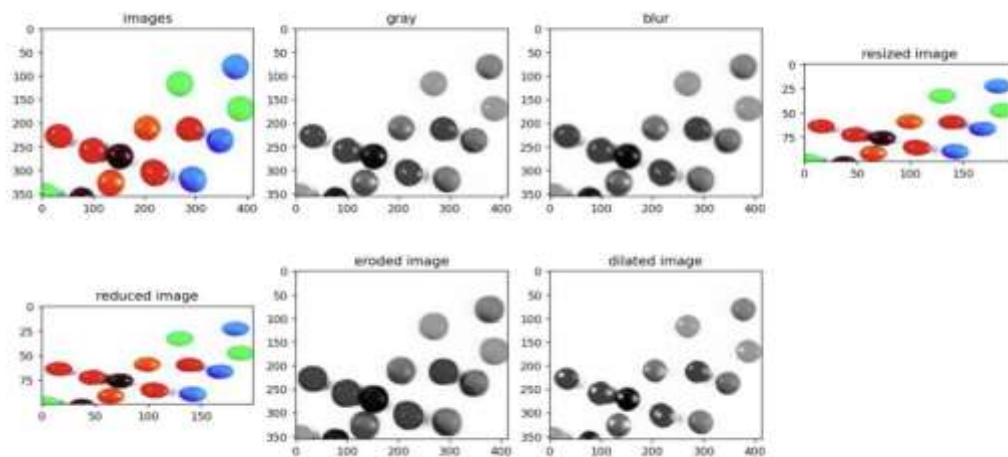
Συνοψίζοντας, οι μελλοντικές κατευθύνσεις της βιομηχανικής όρασης και της μηχανικής μάθησης προβλέπονται να επηρεάσουν σημαντικά τον τρόπο με τον οποίο οι επιχειρήσεις λειτουργούν, τα προϊόντα που παράγουν και τις υπηρεσίες που παρέχουν. Η συνεχής εξέλιξη των τεχνολογιών αυτών θα οδηγήσει σε νέες ευκαιρίες και προκλήσεις, καθορίζοντας το μέλλον της βιομηχανίας και της τεχνολογίας.

5.1 Εξελίξεις στην τεχνολογία της Βιομηχανικής Όρασης

Η βιομηχανική όραση αποτελεί έναν από τους πιο δυναμικούς τομείς της τεχνολογίας, με συνεχείς εξελίξεις που επηρεάζουν τη βιομηχανία και την καθημερινότητά μας. Στο πλαίσιο αυτό, θα εξετάσουμε τις τελευταίες εξελίξεις στον τομέα της βιομηχανικής όρασης, βασιζόμενοι σε πρόσφατες ερευνητικές εργασίες.

Εφαρμογές στον τομέα των ηλεκτρονικών παιχνιδιών

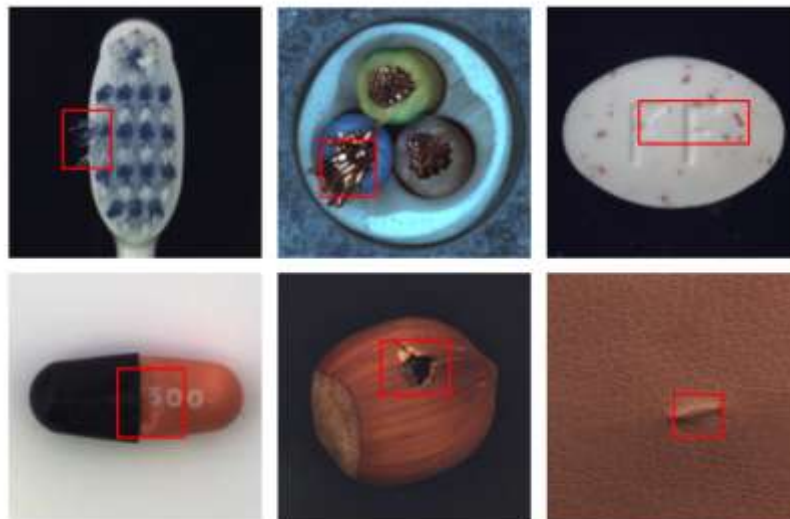
Σύμφωνα με την έρευνα του Pratik Baban Pawar ⁵⁶, η τεχνολογία της υπολογιστικής όρασης μπορεί να ενσωματωθεί στα ηλεκτρονικά παιχνίδια για τη βελτίωση της οπτικής ποιότητας και της απόδοσης. Μέσω της βελτιστοποίησης των δεδομένων και της εφαρμογής τεχνικών όπως η εξαγωγή χαρακτηριστικών και η αναγνώριση αντικειμένων, οι προγραμματιστές μπορούν να προσφέρουν μια πιο ρεαλιστική εμπειρία στους παίκτες.



Εικόνα 34: Προεπεξεργασία Αλγορίθμων

Ανίχνευση ελαττωμάτων στη βιομηχανική παραγωγή:

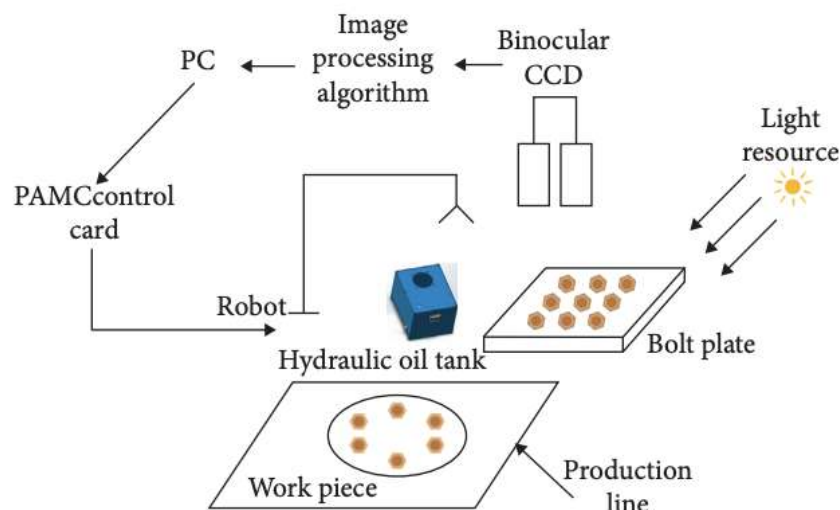
Η έρευνα των Limin Jia και Yang Wang⁵⁷ επικεντρώνεται στην ανίχνευση ελαττωμάτων στα βιομηχανικά προϊόντα με τη χρήση της τεχνολογίας υπολογιστικής όρασης. Μέσω της εφαρμογής τεχνικών προεπεξεργασίας εικόνας και της χρήσης νευρωνικών δικτύων όπως το U-Net, η έρευνα προτείνει μεθόδους για την αυτόματη ανίχνευση ελαττωμάτων σε προϊόντα.



Εικόνα 35: Ανίχνευση Ελαττωμάτων

Ενσωμάτωση της βιομηχανικής όρασης στη ρομποτική

Στην έρευνα των Jun Kong και συνεργατών, παρουσιάζεται ένα σύστημα για την ακριβή τοποθέτηση βιδών με τη χρήση ρομποτικής και πολλαπλών καμερών. Η εφαρμογή της τεχνολογίας αυτής μπορεί να βελτιώσει την ακρίβεια και την απόδοση των βιομηχανικών ρομπότ.



Εικόνα 36: Διάγραμμα Ροής Robot

Οι παραπάνω εξελίξεις αποτελούν μόνο την κορυφή του παγόβουνου στον τομέα της βιομηχανικής όρασης. Με τη συνεχή πρόοδο της τεχνολογίας, αναμένονται να εμφανιστούν νέες εφαρμογές και λύσεις που θα επηρεάσουν τη βιομηχανία και την κοινωνία μας στο μέλλον.

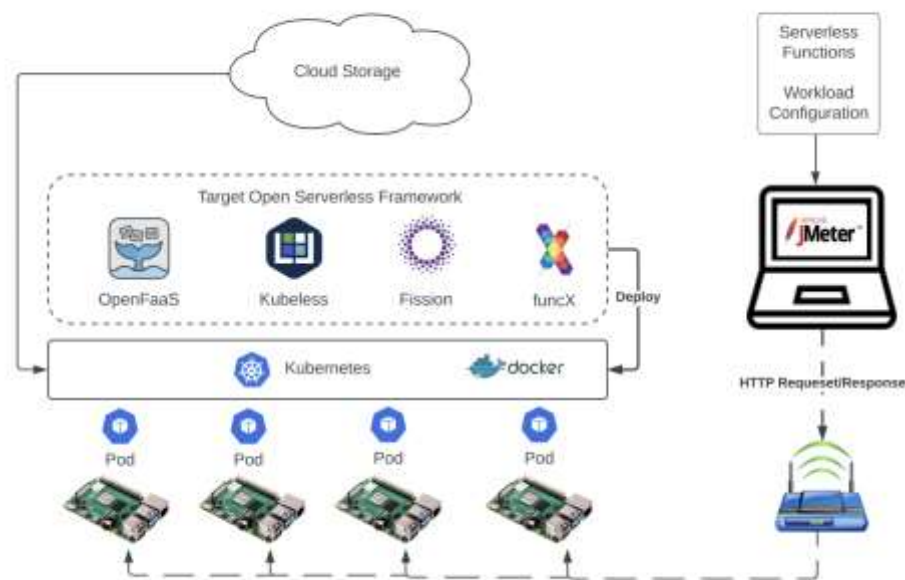
5.2 Προοπτικές για την ένταξη της Μηχανικής Μάθησης σε νέες εφαρμογές

Η Μηχανική Μάθηση (ML) αποτελεί έναν από τους πιο δυναμικούς τομείς της τεχνολογίας, με την ικανότητα να επηρεάζει και να μετασχηματίζει διάφορες βιομηχανίες. Στο πλαίσιο αυτό, θα εξετάσουμε τις προοπτικές για την ένταξη της Μηχανικής Μάθησης σε νέες εφαρμογές, βασιζόμενοι σε πρόσφατες ερευνητικές εργασίες.

Υγεία και Χειρουργικές Επεμβάσεις: Η Μηχανική Μάθηση έχει βρει εφαρμογές στον τομέα της υγείας, ειδικότερα στη χειρουργική. Σύμφωνα με την έρευνα του A. Taha και συνεργατών, η ένταξη της Μηχανικής Μάθησης στη χειρουργική του παγκρέατος έχει αυξηθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια. Η έρευνα αναδεικνύει την ύπαρξη ενός εκτεταμένου κενού στη βιβλιογραφία παρά τις προσπάθειες διαφόρων ερευνητών⁵⁹.

Βιολογικές Εφαρμογές και Βιοπληροφορική: Η έρευνα των Emma Qumsiyeh, L. Showe, και M. Yousef παρουσιάζει το GediNET, μια νέα προσέγγιση που ενσωματώνει προηγούμενες βιολογικές γνώσεις για την ανακάλυψη γονιδίων που σχετίζονται με συγκεκριμένες ασθένειες. Το GediNET επιτρέπει επίσης την ανακάλυψη σημαντικών συσχετίσεων μεταξύ της συγκεκριμένης ασθένειας και άλλων ασθενειών ⁶⁰.

Διακριτική Υπολογιστική και Εφαρμογές στο Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT): Η έρευνα των Q. Trieu, B. Javadi, J. Basilakis, και A. Toosi εξετάζει την απόδοση της διακριτικής υπολογιστικής για εφαρμογές Μηχανικής Μάθησης. Η έρευνα αποκαλύπτει τις τρέχουσες προκλήσεις στη διακριτική υπολογιστική και ανοίγει ερευνητικές ευκαιρίες σε αυτήν την εμφανιζόμενη τεχνολογία για εφαρμογές Μηχανικής Μάθησης ⁶¹.



Εικόνα 37: Cloud IoT

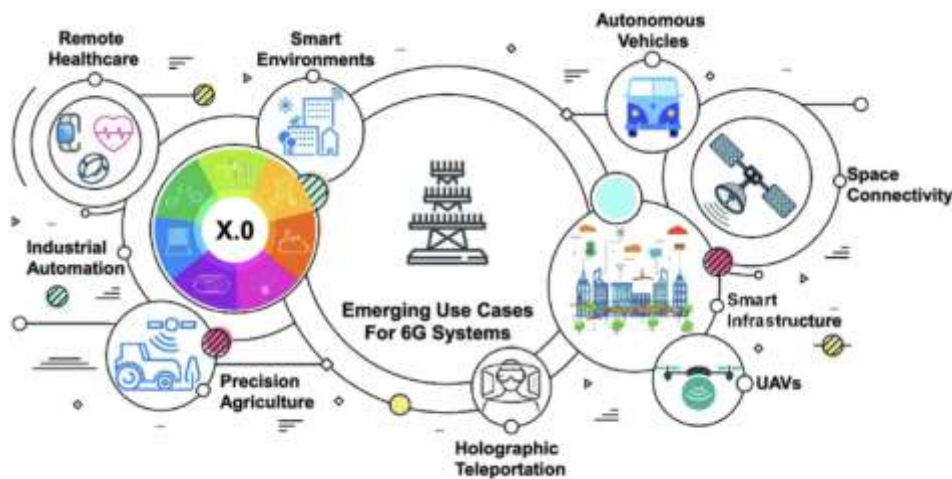
Ασφάλεια και Ιδιωτικότητα στο Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT): Η έρευνα των [Subrato Bharati και Prajoy Podder](#) εξετάζει τη χρήση της Μηχανικής και της Βαθιάς Μάθησης για την ασφάλεια και την ιδιωτικότητα των συσκευών IoT. Η έρευνα αναδεικνύει τις προκλήσεις και τις ευκαιρίες που προκύπτουν από την ενσωμάτωση των τεχνολογιών αυτών στον τομέα της ασφάλειας ⁶².

Συνοψίζοντας, η Μηχανική Μάθηση προσφέρει μια πληθώρα ευκαιριών για την ένταξη σε νέες εφαρμογές, είτε πρόκειται για τον τομέα της υγείας, τη βιοπληροφορική, τη διακριτική υπολογιστική ή την ασφάλεια των συσκευών IoT. Η συνεχής έρευνα και η εξέλιξη των τεχνολογιών αυτών θα καθορίσουν το μέλλον της ένταξης της Μηχανικής Μάθησης σε νέες εφαρμογές.

5.3 Συνεργασία με Άλλες Τεχνολογίες

Η Μηχανική Μάθηση δεν λειτουργεί σε ένα κενό. Η ικανότητά της να συνεργάζεται με άλλες τεχνολογίες, όπως η Τεχνητή Νοημοσύνη, το Blockchain και η Κβαντική Υπολογιστική, μπορεί να ανοίξει νέους ορίζοντες για εφαρμογές και λύσεις. Στο πλαίσιο της Βιομηχανικής Όρασης, αυτές οι συνεργασίες μπορούν να προσφέρουν βελτιωμένες λειτουργίες, αυξημένη ακρίβεια και νέες δυνατότητες.

Μηχανική Μάθηση και 6G Τεχνολογία: Η εξέλιξη των ασύρματων τεχνολογιών επικοινωνίας προς το 6G ανοίγει νέες προοπτικές για τη Μηχανική Μάθηση. Στο άρθρο *Machine Learning Based Industrial Engineering With 6G Technology*, εξετάζεται πώς η Μηχανική Μάθηση μπορεί να ενσωματωθεί στις εφαρμογές του 6G, προσφέροντας βελτιωμένες λειτουργίες και αυξημένη απόδοση στη Βιομηχανική Όραση ⁶⁷.



Εικόνα 38: Τεχνολογία 6G

Βιομηχανικό Διαδίκτυο των Πραγμάτων και Τεχνητή Νοημοσύνη: Το Βιομηχανικό Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IIoT) είναι ένας τομέας που επωφελείται σημαντικά από την ενσωμάτωση της Μηχανικής Μάθησης. Στο άρθρο *Edge Intelligence for the Industrial Internet of Things*, παρουσιάζεται πώς η Τεχνητή Νοημοσύνη και η Μηχανική Μάθηση μπορούν να βελτιώσουν τις λειτουργίες του IIoT, προσφέροντας αυτοματοποίηση και βελτιωμένη ανάλυση δεδομένων ⁶⁸.

Υγεία και Βιομηχανική Όραση: Η υγεία είναι ένας τομέας που επωφελείται σημαντικά από την ενσωμάτωση της Μηχανικής Μάθησης και της Βιομηχανικής Όρασης. Στο άρθρο *Next generation technologies for smart healthcare: challenges, vision, model, trends and future directions*, παρουσιάζονται οι προκλήσεις και οι προοπτικές για την ενσωμάτωση των τεχνολογιών αυτών στον τομέα της υγείας ⁶⁹.

Συνοψίζοντας, η Μηχανική Μάθηση σε συνδυασμό με άλλες τεχνολογίες μπορεί να προσφέρει σημαντικές βελτιώσεις στη Βιομηχανική Όραση. Η συνεργασία αυτή ανοίγει νέους ορίζοντες για την ανάπτυξη καινοτόμων εφαρμογών και λύσεων που μπορούν να ανταποκριθούν στις αυξανόμενες ανάγκες της βιομηχανίας.

5.4 Εκπαίδευση και Κατάρτιση

Καθώς η Μηχανική Μάθηση συνεχίζει να εξελίσσεται, η ανάγκη για εκπαιδευμένους επαγγελματίες στον τομέα αυξάνεται. Πώς θα εξασφαλίσουμε ότι οι νέοι ερευνητές και οι επαγγελματίες έχουν τις απαραίτητες δεξιότητες για να ανταποκριθούν στις προκλήσεις του μέλλοντος;

Η Μηχανική Μάθηση, όπως και άλλες τεχνολογίες, απαιτεί συνεχή εκπαίδευση και κατάρτιση. Η ταχεία εξέλιξη των τεχνολογιών και η εφαρμογή τους σε διάφορους τομείς, όπως η Βιομηχανική Όραση, καθιστούν απαραίτητη την ανανέωση των γνώσεων και των δεξιοτήτων των επαγγελματιών.

Τρέχουσες Προκλήσεις στην Εκπαίδευση

Σύμφωνα με μια πρόσφατη έρευνα, υπάρχει ένα σημαντικό κενό στην παγκόσμια αγορά εργασίας, όπου η ζήτηση για ειδικευμένους εργαζόμενους στον τομέα της Μηχανικής Μάθησης δεν μπορεί να ικανοποιηθεί. Αυτό το ανησυχητικό φαινόμενο καλεί για άμεση δράση στην εκπαίδευση ⁷⁰.

Προτεινόμενες Κατευθύνσεις

Η εκπαίδευση στη Μηχανική Μάθηση πρέπει να είναι διαρκής και να προσαρμόζεται στις τρέχουσες τεχνολογικές εξελίξεις. Είναι σημαντικό να ενσωματώνονται νέες μέθοδοι και τεχνικές στα προγράμματα σπουδών, καθώς και να προωθείται η πρακτική εμπειρία των φοιτητών.

Επιπλέον, η εκπαίδευση στη Μηχανική Μάθηση πρέπει να είναι προσβάσιμη σε όλους. Αυτό σημαίνει ότι πρέπει να υπάρχουν προγράμματα κατάρτισης και εκπαίδευσης που να είναι διαθέσιμα σε διάφορα επίπεδα, από βασικά εισαγωγικά μαθήματα μέχρι προχωρημένα εργαστήρια και σεμινάρια.

Παραδείγματα Εκπαίδευσης στη Βιομηχανική Όραση

Σε μια άλλη έρευνα, προτείνεται ένας νέος τρόπος διδασκαλίας του μαθήματος της Μηχανικής Όρασης στα πανεπιστήμια, συνδυάζοντας τη θεωρία και την πρακτική. Αυτό μπορεί να βοηθήσει τους φοιτητές να κατανοήσουν καλύτερα τις εφαρμογές και τις προκλήσεις της Βιομηχανικής Όρασης στην πραγματική ζωή ⁷¹.

Συμπεράσματα

Η εκπαίδευση και η κατάρτιση στη Μηχανική Μάθηση είναι ζωτικής σημασίας για την ανάπτυξη του τομέα της Βιομηχανικής Όρασης. Είναι απαραίτητο να διασφαλίσουμε ότι

οι επαγγελματίες έχουν τις απαραίτητες δεξιότητες και γνώσεις για να ανταποκριθούν στις προκλήσεις του μέλλοντος.

5.5 Ηθικές και Κοινωνικές Συνέπειες

Η εφαρμογή της Μηχανικής Μάθησης στη Βιομηχανική Όραση, όπως και σε πολλούς άλλους τομείς, φέρει μαζί της ένα σύνολο ηθικών και κοινωνικών προκλήσεων. Η τεχνολογία, όταν χρησιμοποιείται χωρίς κατάλληλη καθοδήγηση και ρύθμιση, μπορεί να έχει αρνητικές συνέπειες για την κοινωνία.

Βιασμός και Διαφάνεια

Ένα από τα βασικά ζητήματα που ανακύπτουν στην εφαρμογή της Μηχανικής Μάθησης είναι η προκατάληψη και η διαφάνεια. Τα μοντέλα Μηχανικής Μάθησης εκπαιδεύονται με βάση τα δεδομένα που τους παρέχονται. Αν αυτά τα δεδομένα περιέχουν προκαταλήψεις, τότε τα μοντέλα θα αντικατοπτρίζουν αυτές τις προκαταλήψεις ¹. Στον τομέα της Βιομηχανικής Όρασης, αυτό μπορεί να οδηγήσει σε λανθασμένες αποφάσεις, όπως η λανθασμένη αναγνώριση αντικειμένων ή η λανθασμένη αξιολόγηση ποιότητας προϊόντων.

Επιπτώσεις στην Απασχόληση

Η αυτοματοποίηση μέσω της Μηχανικής Μάθησης μπορεί να έχει επιπτώσεις στην απασχόληση. Καθώς οι μηχανές αναλαμβάνουν όλο και περισσότερες εργασίες, υπάρχει ο κίνδυνος απώλειας θέσεων εργασίας για τους ανθρώπους ¹. Στον τομέα της Βιομηχανικής Όρασης, αυτό μπορεί να σημαίνει λιγότερες θέσεις για τους ειδικούς ελέγχου ποιότητας ή για τους τεχνικούς παραγωγής.

Κοινωνική Συνοχή

Η ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας μπορεί να οδηγήσει σε αυξανόμενη οικονομική ανισότητα, καθώς οι επιχειρήσεις που είναι σε θέση να επωφεληθούν από αυτές τις τεχνολογίες θα έχουν σημαντικό ανταγωνιστικό πλεονέκτημα ¹. Αυτό μπορεί να έχει επιπτώσεις στην κοινωνική συνοχή, καθώς οι ανισότητες μεγαλώνουν.

Ρύθμιση και Διακυβέρνηση

Για να διασφαλίσουμε ότι οι τεχνολογίες Μηχανικής Μάθησης χρησιμοποιούνται με τρόπο που σέβεται τα δικαιώματα και την αξιοπρέπεια των ανθρώπων, είναι απαραίτητη η ρύθμιση και η διακυβέρνηση ¹. Οι κυβερνήσεις και οι διεθνείς οργανισμοί πρέπει να δημιουργήσουν πλαίσια που θα διασφαλίζουν την υπεύθυνη ανάπτυξη και χρήση αυτών των τεχνολογιών.

Παραδείγματα και Πηγές

1. Σε μια πρόσφατη έρευνα, εξετάστηκαν οι ηθικές και κοινωνικές επιπτώσεις της αυξανόμενης χρήσης της τεχνητής νοημοσύνης (AI) και της μηχανικής

μάθησης⁷². Η έρευνα επικεντρώθηκε σε διάφορα ηθικά ζητήματα, όπως η προκατάληψη, η διαφάνεια, η λογοδοσία και η ιδιωτικότητα.

2. Σε άλλη έρευνα, συζητήθηκαν τα ηθικά, πολιτικά και επιστημονικά ζητήματα που προκύπτουν από την ταξινόμηση πληροφοριών με τη χρήση της Μηχανικής Μάθησης⁷³. Η έρευνα επικεντρώθηκε στην ανάγκη για υπεύθυνη καινοτομία και τη συνεργασία μεταξύ των κοινωνικών και των επιστημονικών δεδομένων.
3. Η εξέλιξη της τεχνολογίας 6G και η συνεργασία της με τη Μηχανική Μάθηση μπορεί να οδηγήσει σε νέες ευκαιρίες αλλά και προκλήσεις⁷². Η έρευνα επικεντρώνεται στις προοπτικές της 6G στη Βιομηχανική Όραση και τη σημασία της υπεύθυνης καινοτομίας.

Συνοψίζοντας, είναι απαραίτητο να ληφθούν υπόψη οι ηθικές και κοινωνικές συνέπειες της Μηχανικής Μάθησης στη Βιομηχανική Όραση. Με τη σωστή ρύθμιση, εκπαίδευση και συνεργασία, μπορούμε να διασφαλίσουμε ότι οι τεχνολογίες αυτές θα χρησιμοποιούνται με τρόπο που θα είναι επωφελής για την κοινωνία και θα σέβεται τα δικαιώματα των ανθρώπων.

5.6 Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις

Η Μηχανική Μάθηση και η Βιομηχανική Όραση έχουν τη δυνατότητα να συμβάλλουν σημαντικά στην αντιμετώπιση περιβαλλοντικών προκλήσεων, όπως η κλιματική αλλαγή και η ρύπανση. Ας εξετάσουμε μερικές από τις πρόσφατες έρευνες που επικεντρώνονται στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της Μηχανικής Μάθησης σε σχέση με τη Βιομηχανική Όραση και τις σχετικές τεχνολογίες.

Μια Προσέγγιση Μηχανικής Μάθησης για τη Δημιουργία και Αξιολόγηση Προβλέψεων σχετικά με τον Περιβαλλοντικό Αντίκτυπο του Τομέα των Κτιρίων από τους S. Giannelos κ.ά.

Ο τομέας των κτιρίων παραδοσιακά αντιπροσωπεύει περίπου το 40% των σχετικών με την ενέργεια εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα παγκοσμίως. Λόγω αυτού του γεγονότος, ως μέρος της παγκόσμιας προσπάθειας για αποθείωση, σημαντικοί πόροι έχουν τεθεί στην ανάπτυξη τεχνολογιών, όπως τα ενεργά κτίρια, προκειμένου να επιτευχθούν μειώσεις στις αντίστοιχες εκπομπές CO₂. Η έρευνα παρουσιάζει μια προσέγγιση βασισμένη στη μηχανική μάθηση για τη δημιουργία προβλέψεων μέχρι το έτος 2050⁷⁵.

Επίδραση του Καιρού στην Απόδοση Φωτοβολταϊκού Σταθμού: Συγκριτική Ανάλυση των Τεχνικών Μηχανικής Μάθησης από τους Ajith Gopi κ.ά.

Η πρόβλεψη της απόδοσης και της ενεργειακής απόδοσης των φωτοβολταϊκών (PV) αγροκτημάτων είναι κρίσιμη για τον καθορισμό της οικονομικής βιωσιμότητας ενός νεοεγκατεστημένου συστήματος. Η παρούσα μελέτη στοχεύει στην ανάπτυξη ενός μοντέλου πρόβλεψης για την ετήσια παραγωγή ενέργειας ενός εγκατεστημένου συστήματος PV και την απόδοσή του, χρησιμοποιώντας τρεις παραμέτρους: ηλιακή ακτινοβολία, ταχύτητα ανέμου και θερμοκρασία περιβάλλοντος αέρα⁷⁶.

Στατιστικά και Μηχανική Μάθηση στην Ανάλυση του Περιβαλλοντικού Αντικτύπου της Αεροπορίας: Έρευνα της Πρόσφατης Προόδου από τους Zhenyu Gao και D. Mavris.

Η ταχεία ανάπτυξη των παγκόσμιων αεροπορικών λειτουργιών έχει καταστήσει τον αρνητικό περιβαλλοντικό της αντίκτυπο μια διεθνή ανησυχία. Η ακριβής μοντελοποίηση της κατανάλωσης καυσίμου, των εκπομπών και του θορύβου των αεροσκαφών είναι προϋπόθεση για την ενημέρωση νέων λειτουργικών διαδικασιών, τεχνολογιών και πολιτικών προς ένα πιο βιώσιμο μέλλον της αεροπορίας ⁷⁷.

Μηχανική Μάθηση Βασισμένη στη Βιομηχανική Μηχανική με Τεχνολογία 6G από τους Sudhakar K, Senthil Kumar S, Noor Sumaiya, Nivedit.

Το έργο αυτό επικεντρώνεται στην ενσωμάτωση της Μηχανικής Μάθησης και της Τεχνητής Νοημοσύνης στο πλαίσιο της 6G τεχνολογίας. Η πρόοδος στις τεχνολογίες Πληροφορικής και Επικοινωνιών συμβαίνει τη στιγμή που οι άνθρωποι είναι πιο δραστήριοι από ποτέ στη χρήση της ψηφιακής ένταξης για τη μείωση της κοινωνικής και οικονομικής ανισότητας, ενώ ταυτόχρονα δίνουν προτεραιότητα στους Στόχους Βιώσιμης Ανάπτυξης του ΟΗΕ.

Αυτές οι περιλήψεις παρέχουν μια γενική εικόνα των τρεχόντων ερευνητικών προσπαθειών και των εφαρμογών της Μηχανικής Μάθησης σε περιβαλλοντικά θέματα, ειδικά σε σχέση με τον βιομηχανικό τομέα ⁷⁸.

Η Μηχανική Μάθηση, σε συνδυασμό με τη Βιομηχανική Όραση, μπορεί να προσφέρει πολύτιμες πληροφορίες για την αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών προκλήσεων. Η ικανότητα ανάλυσης και πρόβλεψης περιβαλλοντικών δεδομένων μπορεί να συμβάλει στη δημιουργία πιο αποτελεσματικών πολιτικών και στρατηγικών για την προστασία του περιβάλλοντος.

6. Συμπεράσματα

Η Μηχανική Μάθηση στη Βιομηχανική Όραση έχει αποδειχθεί ως ένα από τα πιο επαναστατικά εργαλεία στον τομέα της βιομηχανίας. Μέσα από την παρούσα διατριβή, εξετάσαμε τις διάφορες εφαρμογές, τις προκλήσεις, τους περιορισμούς, καθώς και τις μελλοντικές κατευθύνσεις της Μηχανικής Μάθησης στον τομέα της Βιομηχανικής Όρασης.

Εφαρμογές: Η Μηχανική Μάθηση έχει βρει εφαρμογές σε διάφορους τομείς της Βιομηχανικής Όρασης, όπως η ανίχνευση και αναγνώριση αντικειμένων, ο ποιοτικός έλεγχος προϊόντων, η ρομποτική και αυτοματοποίηση, και η προβλεπτική συντήρηση. Αυτές οι εφαρμογές έχουν βελτιώσει την αποδοτικότητα, την ακρίβεια και την ασφάλεια στη βιομηχανία.

Προκλήσεις και Περιορισμοί: Παρόλο που η Μηχανική Μάθηση προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα, υπάρχουν και πολλές προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπιστούν, όπως οι δυσκολίες στην εκπαίδευση των μοντέλων, οι περιορισμοί στην υλοποίηση, και οι επιπτώσεις στη βιομηχανική ασφάλεια.

Μελλοντικές Κατευθύνσεις: Η τεχνολογία της Βιομηχανικής Όρασης συνεχίζει να εξελίσσεται, και η Μηχανική Μάθηση θα παίξει κεντρικό ρόλο σε αυτήν την εξέλιξη. Η συνεργασία με άλλες τεχνολογίες, η εκπαίδευση και κατάρτιση, οι ηθικές και κοινωνικές συνέπειες, και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις είναι μερικά από τα θέματα που πρέπει να εξεταστούν περαιτέρω.

Συνεργασίες με Άλλες Τεχνολογίες: Η Μηχανική Μάθηση δεν λειτουργεί σε ένα κενό. Η ικανότητά της να συνεργάζεται με άλλες τεχνολογίες, όπως η Τεχνητή Νοημοσύνη, το Blockchain και η Κβαντική Υπολογιστική, μπορεί να ανοίξει νέους ορίζοντες για εφαρμογές και λύσεις.

Συνολικά, η Μηχανική Μάθηση στη Βιομηχανική Όραση έχει το δυναμικό να μετασχηματίσει τον τρόπο με τον οποίο λειτουργούν οι βιομηχανίες, προσφέροντας βελτιωμένες λύσεις και αντιμετωπίζοντας τις προκλήσεις του μέλλοντος. Είναι σημαντικό να συνεχίσουμε την έρευνα και την ανάπτυξη σε αυτόν τον τομέα, προκειμένου να εκμεταλλευτούμε πλήρως τις δυνατότητες που προσφέρει.

6.1 Συνοπτική ανασκόπηση των κυριότερων σημείων της έρευνας

Μία συνοπτική ανασκόπηση των κυριότερων σημείων της έρευνας που αφορά την εφαρμογή της Μηχανικής Μάθησης στη Βιομηχανική Όραση.

Επισκόπηση των μεθόδων μηχανικής μάθησης στην μαλακή ρομποτική

Τα μαλακά ρομπότ έχουν διερευνηθεί εκτενώς λόγω των ευέλικτων, μεταβλητών και προσαρμοστικών τους χαρακτηριστικών. Ωστόσο, σε σύγκριση με τα σκληρά ρομπότ, τα μαλακά ρομπότ έχουν ζητήματα στον τομέα της μοντελοποίησης, της βαθμονόμησης και του ελέγχου. Για να ξεπεραστούν αυτοί οι περιορισμοί, πρόσφατες έρευνες έχουν εφαρμόσει διάφορες προσεγγίσεις βασισμένες στη μηχανική μάθηση ⁸².

Υπολογιστική Όραση, IoT και Σύνθεση Δεδομένων για την Ανίχνευση Ασθενειών Καλλιεργείων Με Χρήση Μηχανικής Μάθησης: Μια Επισκόπηση και Συνεχιζόμενη Έρευνα

Οι ασθένειες των καλλιεργείων αποτελούν σοβαρό ζήτημα στη γεωργία, επηρεάζοντας τόσο την ποιότητα όσο και την ποσότητα της γεωργικής παραγωγής. Η τεχνολογική πρόοδος στους αισθητήρες, την αποθήκευση δεδομένων, τους υπολογιστικούς πόρους και την τεχνητή νοημοσύνη έχει δείξει τεράστιο δυναμικό για αποτελεσματικό έλεγχο των ασθενειών ⁸³.

Λειτουργίες Μηχανικής Μάθησης (MLOps): Επισκόπηση, Ορισμός και Αρχιτεκτονική

Το τελικό στόχο όλων των βιομηχανικών έργων μηχανικής μάθησης είναι η ανάπτυξη προϊόντων ML και η ταχεία εισαγωγή τους στην παραγωγή. Ωστόσο, είναι ιδιαίτερα δύσκολο να αυτοματοποιηθεί και να λειτουργηθεί αυτοματοποιημένα τα προϊόντα ML και έτσι πολλές προσπάθειες ML αποτυγχάνουν να παράσχουν τις προσδοκίες τους. ⁸⁴

Βαθιά Μεταφορά Μάθησης για Βιομηχανική Αυτοματοποίηση: Μια Επισκόπηση και Συζήτηση Νέων Τεχνικών για Δεδομένα Μηχανικής Μάθησης

Η βαθιά μάθηση έχει αυξήσει σημαντικά τις δυνατότητες των "έξυπνων" τεχνικών συστημάτων τα τελευταία χρόνια. Αυτό περιλαμβάνει τον τομέα της βιομηχανικής αυτοματοποίησης, όπου νέες προσεγγίσεις βασισμένες στα δεδομένα για, για παράδειγμα, προβλεπτική συντήρηση ή υπολογιστική όραση, έχουν οδηγήσει σε συστήματα που αυτοματοποιούνται πιο εύκολα και αξιόπιστα από ποτέ. ⁸⁵

Κατηγοριοποίηση των Προβλημάτων

Η κατηγοριοποίηση των προβλημάτων στοχεύει στον καθορισμό διαφορετικών κατηγοριών μεταφοράς μάθησης βάσει των τύπων των προβλημάτων που επιλύουν.

Ειδικότερα, εξετάζει τη διαθεσιμότητα ετικετοποιημένων δεδομένων από τους πηγαίους ή στόχους τομείς ή την ομοιότητα των πηγαίων και στόχων χώρων χαρακτηριστικών.

Σχετικά με τη διαθεσιμότητα των ετικετοποιημένων δεδομένων, διακρίνονται τρεις διαφορετικές κατηγορίες:

Επαγωγική Μεταφορά Μάθησης: Περιγράφει τις ρυθμίσεις στις οποίες είναι διαθέσιμες οι ετικέτες του τομέα στόχου.

Μεταδοτική Μεταφορά Μάθησης: Περιγράφει τις ρυθμίσεις στις οποίες είναι διαθέσιμες μόνο οι ετικέτες του πηγαίου τομέα.

Μη Επιβλεπόμενη Μεταφορά Μάθησης Περιγράφει τις ρυθμίσεις στις οποίες δεν είναι διαθέσιμες ούτε οι ετικέτες του πηγαίου τομέα ούτε του τομέα στόχου.

Σχετικά με την ομοιότητα των χώρων χαρακτηριστικών, διακρίνονται δύο κατηγορίες:

Ομογενής Μεταφορά Μάθησης: Περιγράφει τις ρυθμίσεις στις οποίες οι χώροι χαρακτηριστικών πηγής και στόχου είναι ταυτόσημοι.

Ετερογενής Μεταφορά Μάθησης: Περιγράφει τις ρυθμίσεις στις οποίες οι χώροι χαρακτηριστικών πηγής και στόχου διαφέρουν.

Κατηγοριοποίηση Λύσεων

Η κατηγοριοποίηση λύσεων στοχεύει στον καθορισμό διαφορετικών κατηγοριών μεταφοράς μάθησης βάσει των τύπων των προσεγγίσεων που χρησιμοποιούν. Γενικά, γίνεται μια πρώτη διάκριση μεταξύ στατιστικής μεταφοράς μάθησης και βαθιάς μεταφοράς μάθησης, η τελευταία περιλαμβάνει προσεγγίσεις που χρησιμοποιούν βαθιά νευρωνικά δίκτυα για την υλοποίηση της μηχανικής μάθησης. Ωστόσο, και οι δύο μπορούν να χωριστούν σε τέσσερις κύριες κατηγορίες προσεγγίσεων:

1. **Μεταφορά Περιστατικού:** Περιγράφει προσεγγίσεις που προσθέτουν (βαρυτικά) περιστατικά από τον πηγαίο τομέα στον τομέα στόχου για να βελτιώσουν την εκπαίδευση στο στόχο.
2. **Μεταφορά Αναπαράστασης Χαρακτηριστικών:** Περιγράφει προσεγγίσεις που χαρτογραφούν περιστατικά από τους πηγαίους και στόχους τομείς σε έναν κοινό χώρο χαρακτηριστικών για να βελτιώσουν την εκπαίδευση στο στόχο.
3. **Μεταφορά Παραμέτρων:** Περιγράφει προσεγγίσεις που μοιράζονται παραμέτρους ή προτεραιότητες μεταξύ των μοντέλων πηγαίου και στόχου τομέα βελτιώνοντας το αρχικό μοντέλο πριν αρχίσει η εκπαίδευση στον στόχο.
4. **Μεταφορά Σχεσιακής Γνώσης:** Περιγράφει προσεγγίσεις που χαρτογραφούν απευθείας τη σχεσιακή γνώση μεταξύ πηγαίων και στόχων τομέων.

Οι παραπάνω προσεγγίσεις είναι κρίσιμες για την κατανόηση του πώς η μεταφορά μάθησης μπορεί να εφαρμοστεί σε διάφορες πρακτικές καταστάσεις, ειδικά στο πλαίσιο της βιομηχανικής οράσεως.⁸⁶

Οι πηγές παρέχουν μια επισκόπηση των τρεχόντων τάσεων και των ερευνητικών εξελίξεων στον τομέα της Μηχανικής Μάθησης και της Βιομηχανικής Όρασης. Η ανασκόπηση αυτών των πηγών μπορεί να βοηθήσει τους ερευνητές να κατανοήσουν καλύτερα τις τρέχουσες προκλήσεις και τις ευκαιρίες που παρουσιάζονται στον τομέα αυτό.

6.2 Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Αυτοματοποιημένη Οπτική Ανίχνευση Ελαττωμάτων για Επιφάνειες Χάλυβα

Η έρευνα σχετίζεται με τεχνολογίες ανίχνευσης ελαττωμάτων στην επιφάνεια του χάλυβα. Κατηγοριοποιεί τις μεθόδους σε τέσσερις ομάδες: στατιστικές, φασματικές, βασισμένες σε μοντέλο και μηχανικής μάθησης. Επίσης, παρέχει συστάσεις για την υλοποίηση και τις μελλοντικές τάσεις της έρευνας στον τομέα αυτό.⁸⁷

Εξηγήσιμη Τεχνητή Νοημοσύνη στα Κλινικά Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων

Η έρευνα επικεντρώνεται στην ανάγκη για εξηγήσιμη Τεχνητή Νοημοσύνη στα κλινικά συστήματα υποστήριξης αποφάσεων. Υπογραμμίζει τη σημασία της παροχής εξηγήσεων για τις αποφάσεις που λαμβάνονται από τα συστήματα αυτά, ώστε να ενισχυθεί η εμπιστοσύνη των κλινικών και να ενσωματωθούν πιο αποτελεσματικά στην κλινική ροή εργασίας.⁸⁸

Πώς Απέτυχε η Μηχανική Μάθηση στην Ιατρική Απεικόνιση

Η έρευνα αναφέρεται στις προκλήσεις που αντιμετωπίζει η Μηχανική Μάθηση στην ιατρική απεικόνιση. Επισημαίνει τα προβλήματα που προκύπτουν από τα δεδομένα, όπως οι προκαταλήψεις, και τα κίνητρα της έρευνας, όπως η βελτιστοποίηση για δημοσίευση. Παρέχει επίσης συστάσεις για το πώς να αντιμετωπίσουμε αυτά τα προβλήματα στο μέλλον.⁸⁹

Βάσει των παραπάνω ερευνών, μπορούμε να συνοψίσουμε τα εξής κυριότερα σημεία:

- Η αυτοματοποιημένη οπτική ανίχνευση ελαττωμάτων στην επιφάνεια του χάλυβα είναι ένας τομέας που έχει λάβει σημαντική προσοχή και υπάρχει ανάγκη για περαιτέρω έρευνα για τη βελτίωση των μεθόδων ανίχνευσης.
- Η εξηγήσιμη Τεχνητή Νοημοσύνη στα κλινικά συστήματα υποστήριξης αποφάσεων είναι ζωτικής σημασίας για την εμπιστοσύνη των κλινικών και την αποτελεσματική ενσωμάτωση των συστημάτων στην κλινική πρακτική.
- Υπάρχουν πολλές προκλήσεις που αντιμετωπίζει η Μηχανική Μάθηση στην ιατρική απεικόνιση, και υπάρχει ανάγκη για περαιτέρω έρευνα για την

αντιμετώπιση των προβλημάτων που προκύπτουν από τα δεδομένα και τα κίνητρα της έρευνας.

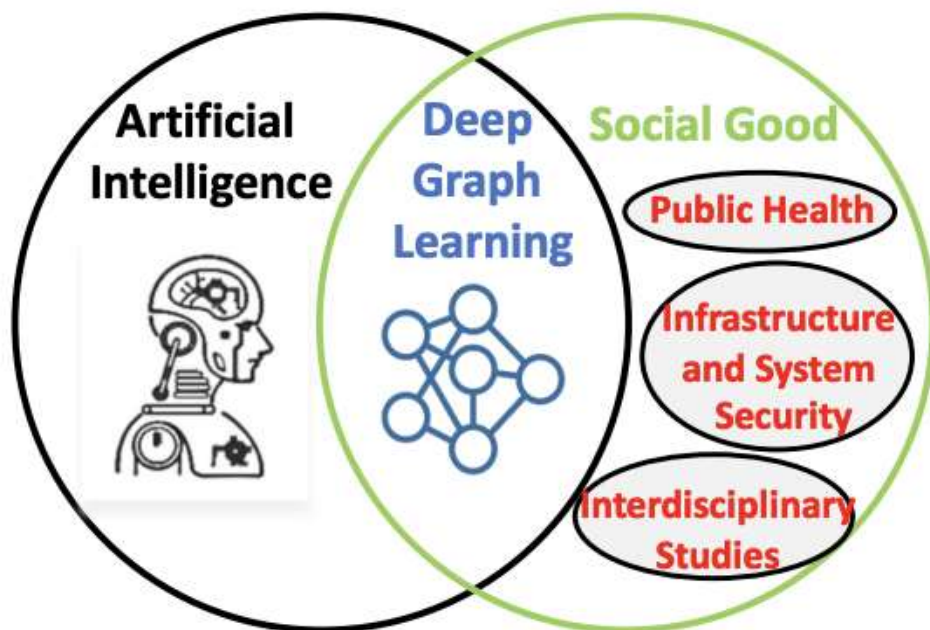
Συνολικά, οι προτάσεις για μελλοντική έρευνα περιλαμβάνουν την ανάγκη για βελτιωμένες μεθόδους ανίχνευσης ελαττωμάτων, την ανάπτυξη εξηγήσιμων τεχνητών νοημοσυνών για κλινικά συστήματα υποστήριξης αποφάσεων, και την αντιμετώπιση των προκλήσεων που αντιμετωπίζει η Μηχανική Μάθηση στην ιατρική απεικόνιση.

6.3 Επιπτώσεις στη βιομηχανία και την κοινωνία

Η εφαρμογή της Μηχανικής Μάθησης στη Βιομηχανική Όραση έχει πολλαπλές επιπτώσεις στη βιομηχανία και την κοινωνία. Αυτές οι επιπτώσεις εκτείνονται από τη βελτίωση των διαδικασιών παραγωγής μέχρι την αντιμετώπιση κοινωνικών προκλήσεων.

Προς την Κοινωνική Επίδραση της Τεχνητής Νοημοσύνης

Η Τεχνητή Νοημοσύνη και η Μηχανική Μάθηση έχουν δείξει μεγάλη επιτυχία σε πολλούς τομείς, όπως η υπολογιστική όραση, η επεξεργασία φυσικής γλώσσας και η ανακάλυψη γνώσης. Ωστόσο, η έρευνα για την παροχή κοινωνικών οφελών και επιπτώσεων είναι λιγότερο εξερευνημένη⁹⁸.



Εικόνα 39: Γραφήμα Τεχνητής Νοημοσύνης και της βαθιάς μάθησης για το κοινωνικό καλό.

Επίδραση των Μέτρων Ασφαλείας της Βιομηχανίας Πυροτεχνημάτων και του Συστήματος Διαχείρισης Πρόληψης στη Μετρίαση του Ανθρώπινου Σφάλματος με τη χρήση Μηχανικής Μάθησης

Στη βιομηχανία πυροτεχνημάτων, πολλά ατυχήματα και έκρηξης συμβαίνουν συχνά λόγω ανθρώπινου σφάλματος. Τα ανθρώπινα παράγοντα παίζουν πάντα ένα δυναμικό ρόλο στην εμφάνιση ατυχημάτων στους χώρους εργασίας ⁹⁹.

Υιοθέτηση Περίπτωσης IIoT και Μηχανικής Μάθησης για τη Βελτίωση της Κατανάλωσης Ενέργειας σε ένα Επεξεργαστικό Εργοστάσιο, κάτω από το Μοντέλο Βιομηχανίας 5.0

Λαμβάνοντας υπόψη το νέο μοντέλο της Βιομηχανίας 5.0, όπου η βιωσιμότητα στοχεύεται μαζί με την ένταξη στην αλυσίδα αξίας και την κεντρικότητα των ανθρώπων στο περιβάλλον παραγωγής, αυτό το άρθρο επικεντρώνεται σε μια περίπτωση όπου επιτυγχάνεται η ενεργειακή απόδοση ¹⁰⁰.

Χαρτογράφηση του Ρόλου και της Επίδρασης των Εφαρμογών Τεχνητής Νοημοσύνης και Μηχανικής Μάθησης στη Ψηφιακή Μεταμόρφωση της Αλυσίδας Εφοδιασμού: Μια Βιβλιομετρική Ανάλυση

Σήμερα, οι βιομηχανικές επιχειρήσεις υιοθετούν τις εμφανιζόμενες τεχνολογίες της Βιομηχανίας 4.0 για να δημιουργήσουν εργοστάσια που βασίζονται στη βιομηχανική νοημοσύνη. Αυτή η τάση, με τη σειρά της, διεγείρει την εμφάνιση εξυπνότερων αλυσίδων εφοδιασμού που μπορούν να συγχρονιστούν και να υποστηρίξουν την ταχεία εξέλιξη των προηγμένων βιομηχανικών πρακτικών μέσω της ψηφιακής μεταμόρφωσης της αλυσίδας εφοδιασμού ¹⁰¹

Οι παραπάνω πηγές επισημαίνουν τη σημασία της Μηχανικής Μάθησης στη βιομηχανία και την κοινωνία, καθώς και τις δυνατότητες που προσφέρει για τη βελτίωση των διαδικασιών και την αντιμετώπιση των προκλήσεων.

7. Πηγές Εικόνων

Εικόνα 1: Automatix, σύστημα μηχανικής μάθησης 1983

https://en.wikipedia.org/wiki/Machine_vision

Εικόνα 2: Έλεγχος Παραγωγής με χρήση Βιομηχανικής Όρασης και Βαθιά Εκμάθηση

<https://www.assemblymag.com/articles/94978-deep-learning-machine-vision>

Εικόνα 3: Βιομηχανική Όραση στα Φυτά

<https://plantmethods.biomedcentral.com/counter/pdf/10.1186/s13007-019-0550-5.pdf>

Εικόνα 4: Ανίχνευση Ζιζανίων

https://mdpi-res.com/d_attachment/plants/plants-09-00559/article_deploy/plants-09-00559-v2.pdf?version=1588818502

Εικόνα 5: Machine Learning Concepts

<https://jcmr-online.biomedcentral.com/track/pdf/10.1186/s12968-019-0575-y>

Εικόνα 6: Κατηγορίες Μηχανικής Μάθησης

<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s42979-021-00592-x.pdf>

Εικόνα 7: XidooBot

https://openresearchlibrary.org/ext/api/media/92fc919a-3322-40fa-9bc9-1f7ff62a9551/assets/external_content.pdf

Εικόνα 8: Διάγραμμα Ροής Κατασκευής CV

https://www.techrxiv.org/articles/preprint/Computer_Vision_Techniques_in_Manufacturing/17125652/2/files/35020939.pdf

Εικόνα 9: Έλεγχος Ποιότητας Καπακιού

<https://www.mdpi.com/1424-8220/21/2/501/pdf>

Εικόνα 10: Τεχνολογία Ακτινογραφίας στην Βιομηχανική Όραση

<https://ieeexplore.ieee.org/jielx7/6287639/10005208/10005308.pdf>

Εικόνα 11: Νευρωνικό Δίκτυο

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/e4/Artificial_neural_network.svg/500px-Artificial_neural_network.svg.png

Εικόνα 12: Βαθιά Μάθηση

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/6/63/Typical_cnn.png/800px-Typical_cnn.png

Εικόνα 13: Διάγραμμα Ροής Λεκεδων Θάλασσας

<https://www.mdpi.com/2072-4292/14/13/3027/pdf?version=1656064761>

Εικόνα 14: ΣΕΤ Δεδομένων

<https://e-hir.org/journal/view.php?doi=10.4258/hir.2021.27.3.189>

Εικόνα 15: Δημογραφικά στοιχεία Ασθενών

<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fcvm.2022.845210/pdf>

Εικόνα 16: MS-YOLO

<https://ieeexplore.ieee.org/ielx7/7361/9845438/09761843.pdf>

Εικόνα 17: Ποιοτικός Έλεγχος

<https://www.mdpi.com/1424-8220/19/18/3987/pdf?version=1568857888>

Εικόνα: 18: Διαφορές ανάμεσα στις μεταφορές μάθησης

<https://arxiv.org/pdf/2012.03301.pdf>

Εικόνα 19: Στάδια Προβλεπτικής Συντήρησης

<https://www.mdpi.com/2071-1050/12/19/8211/pdf?version=1602479139>

Εικόνα 20: Ψηφιακό Δίδυμο

<https://ieeexplore.ieee.org/ielx7/6287639/9312710/09359733.pdf>

Εικόνα 21: Διάγραμμα Τεχνικών Μάθησης

<https://journals.plos.org/plosone/article/figure?id=10.1371/journal.pone.0246102.g001>

Εικόνα 22: Η διάταξη των Ενσωματωμένων Αρχιτεκτονικών Υπολογιστικής Μηχανικής Μάθησης και Τεχνικές Βελτιστοποίησης Μηχανικής Μάθησης

https://mdpi-res.com/d_attachment/sensors/sensors-21-04412/article_deploy/sensors-21-04412.pdf?version=1624853461

Εικόνα 23: Αρχιτεκτονική PriModChain

<https://ap->

st01.ext.exlibrisgroup.com/61RMIT_INST/upload/1694180644125/2006099888.pdf

Εικόνα 24: Κβαντικός Υπολογιστής IBM

<https://www.research.ibm.com/ibm-q/static/images/qc-landing/quantum-computer.png>

Εικόνα 25: Google Cloud AutoML Μοντέλο Εκπαίδευσης

<https://www.youtube.com/watch?v=yPVc797kMyM>

Εικόνα 26: Microsoft Hololens, Headset Επαυξημένης Πραγματικότητας

<https://www.microsoft.com/en-us/hololens>

Εικόνα 27: Logo 5G

<https://en.wikipedia.org/wiki/5G>

Εικόνα 28: Πλακέτα NVIDIA Jetson

<https://www.nvidia.com/en-us/autonomous-machines/embedded-systems/>

Εικόνα 29: Προεπεξεργασία Αλγορίθμων

<https://ijsrem.com/download/exploring-traditional-and-modern-techniques-for-computer-vision-in-gaming-algorithms-and-advancements/?wpdmdl=20258&refresh=648c13343a8ec1686901556>

Εικόνα 30: Ανίχνευση Ελαττωμάτων

<https://www.iieta.org/download/file/fid/87501>

Εικόνα 31: Διάγραμμα Ροής Robot

<https://downloads.hindawi.com/journals/sv/2022/7563199.pdf>

Εικόνα 32: Cloud IoT

<https://arxiv.org/pdf/2210.10331/2210.10331v1.pdf>

Εικόνα 33: Τεχνολογία 6G

<https://www.pnrjournal.com/index.php/home/article/download/3123/3029>

Εικόνα 34: Microsoft Kinect

<https://en.wikipedia.org/wiki/Kinect>

Εικόνα 35: Παραγωγή LEAN

<https://www.mdpi.com/2076-3417/12/10/4885/pdf?version=1652341292>

Εικόνα 36: Αρχιτεκτονική Pasta IoT 4.0.

<https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/21693277.2020.1749180?needAccess=true>

Εικόνα 37: Παράδειγμα Μέτρησης Τροφίμων

<https://aircconline.com/csit/papers/vol12/csit121512.pdf>

Εικόνα 38: Σχηματική αναπαράσταση της ταξινόμησης TAMU των μικρογραφιών κατά τη διαδικασία.

<https://ieeexplore.ieee.org/ielx7/9424/9106618/08968624.pdf>

Εικόνα 39: Γραφήμα Τεχνητής Νοημοσύνης και της βαθιάς μάθησης για το κοινωνικό καλό.

<https://ojs.aaai.org/index.php/AAAI/article/download/26830/26602>

8. Βιβλιογραφία

1. Kevin G. F. (2020). Computer vision and machine learning enabled soybean root phenotyping pipeline, <https://doi.org/10.1186/s13007-019-0550-5>
2. Mojtaba Dadashzadeh, Yousef Abbaspour-Gilandeh, Tarahom Mesri-Gundoshmian, Sajad Sabzi, José Luis Hernández-Hernández, Mario Hernández-Hernández and Juan Ignacio Arribas 4, (2020). Weed Classification for Site-Specific Weed Management Using an Automated Stereo Computer-Vision Machine-Learning System in Rice Fields <https://www.mdpi.com/2223-7747/9/5/559/pdf?version=1588818502>
3. V. Hemamalini , S. Rajarajeswari , S. Nachiyappan , M. Sambath , T. Devi , Bhupesh Kumar Singh and Abhishek Raghuvanshi. (2022). Food Quality Inspection and Grading Using Efficient Image Segmentation and Machine Learning-Based System <https://downloads.hindawi.com/journals/jfq/2022/5262294.pdf>
4. Tim Leiner, Daniel Rueckert , Avan Suinesiaputra, Bettina Baeßler, Reza Nezafat, Ivana Išgum and Alistair A. Young. (2019) Machine learning in cardiovascular magnetic resonance: basic concepts and applications <https://jcmr-online.biomedcentral.com/track/pdf/10.1186/s12968-019-0575-y>
5. Livia Faes, Xiaoxuan Liu, Siegfried K. Wagner, Dun Jack Fu, Konstantinos Balaskas, Dawn A. Sim, Lucas M. Bachmann, Pearse A. Keane and Alastair K. Denniston, (2019). A Clinician's Guide to Artificial Intelligence: How to Critically Appraise Machine Learning Studies https://tvst.arvojournals.org/arvo/content_public/journal/tvst/938366/i2164-2591-9-2-7_1597165820.03912.pdf
6. Roni Shouval,1,2 Joshua A. Fein,3 Bipin Savani,4 Mohamad Mohty5,6 and Arnon Nagler2, (2020). Machine Learning and artificial intelligence in haematology <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdfdirect/10.1111/bjh.16915>
7. Jesús López Belmonte, Adrián Segura-Robles, Antonio-José Moreno-Guerrero and María Elena Parra-González, (2020). Machine Learning and Big Data in the Impact Literature. A Bibliometric Review with Scientific Mapping in Web of Science <https://www.mdpi.com/2073-8994/12/4/495/pdf?version=1585295231>
8. Bruce G. Batchelor, Paul F. Whelan, (2002). Intelligent Vision Systems for Industry <http://doras.dcu.ie/18215/1/IVSI.pdf>
9. Weihao Yu & Mi Luo1, (2022). MetaFormer is Actually What You Need for Vision <http://arxiv.org/pdf/2111.11418>
10. Gernot Steindl, Martin Stagl, Lukas Kasper, Wolfgang Kastner and Rene Hofmann. (2020). Generic Digital Twin Architecture for Industrial Energy Systems <https://www.mdpi.com/2076-3417/10/24/8903/pdf?version=1607926084>

11. Gerasimos G. Rigatos, (2011). Modeling and Control for Intelligent Industrial Systems - Adaptive Algorithms in Robotics and Industrial Engineering <https://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-17875-7>
12. Victor Ayala-Ramirez. (2007). Soft Computing Applications in Robotic Vision Systems, <https://dx.doi.org/10.5772/4928>
13. Chen Wang. (2021). Hierarchically Structured Classification of Carbon Nanostructures from TEM Images by Machine Learning and Computer Vision, <https://dx.doi.org/10.1017/S1431927621002105>
14. Jonah Lissner. (2019). Atomistic Mathematical Theory for Metaheuristic Structures of Global Optimization Algorithms in Evolutionary Machine Learning for Power Systems, <https://dx.doi.org/10.5772/INTECHOPEN.96516>
15. Zhou Longfei. (2021). Computer Vision Techniques in Manufacturing, https://www.techrxiv.org/articles/preprint/Computer_Vision_Techniques_in_Manufacturing/17125652/2/files/35020939.pdf
16. Marcin Malesa. (2021). Quality Control of PET Bottles Caps with Dedicated Image Calibration, <https://www.mdpi.com/1424-8220/21/2/501/pdf>
17. Christophe Gauld, (2020). Computing schizophrenia: ethical challenges for machine learning in psychiatry': from machine learning to student learning: pedagogical challenges for psychiatry <https://dx.doi.org/10.1017/S0033291720003906>
18. MEHDI RAFIEI. (2023). Computer Vision on X-Ray Data in Industrial Production and Security Applications:, <https://ieeexplore.ieee.org/ielx7/6287639/10005208/10005308.pdf>
19. Ibon Merino. (2021). 3D Convolutional Neural Networks Initialized from Pretrained 2D Convolutional Neural Networks for Classification of Industrial Parts, <https://dx.doi.org/10.3390/s21041078>
20. Mobeen Ahmad. (2021). Plant Disease Detection in Imbalanced Datasets Using Efficient Convolutional Neural Networks With Stepwise Transfer Learning, <https://dx.doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3119655>
21. Gustavo de Araújo Carvalho. (2022). Machine-Learning Classification of SAR Remotely-Sensed Sea-Surface Petroleum Signatures—Part 1: Training and Testing Cross Validation, <https://dx.doi.org/10.3390/rs14133027>
22. Halil İbrahim ÇELİK. (2022). A Novel Industrial Application of CNN Approach: Real Time Fabric Inspection and Defect Classification on Circular Knitting Machine, <https://doi.org/10.32710/tekstilvekonfeksiyon.1017016>

23. Gustavo de Araújo Carvalho. (2022). Impact of the Choice of Cross-Validation Techniques on the Results of Machine Learning-Based Diagnostic Applications, <https://dx.doi.org/10.4258/hir.2021.27.3.189>
24. Haike Lei1. (2022). Development and Validation of a Risk Prediction Model for Venous Thromboembolism in Lung Cancer Patients Using Machine Learning, <https://dx.doi.org/10.3389/fcvm.2022.845210>
25. Nitchanant Kitcharanant. (2022). Development and internal validation of a machine-learning-developed model for predicting 1-year mortality after fragility hip fracture, <https://bmcgeriatr.biomedcentral.com/counter/pdf/10.1186/s12877-022-03152-x.pdf>
26. Manuel Eugenio Morocho-Cayamcela. (2020). Machine Learning for 5G/B5G Mobile and Wireless Communications: Potential, Limitations, and Future Directions, <https://ieeexplore.ieee.org/document/8844682>
27. Zeki Murat Çınar, (2020). Machine Learning in Predictive Maintenance towards Sustainable Smart Manufacturing in Industry 4.0, <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/19/8211/pdf?version=1602479139>
28. Benjamin Maschler. (2020). Deep Transfer Learning for Industrial Automation: A Review and Discussion of New Techniques for Data-Driven Machine Learning, <https://arxiv.org/pdf/2012.03301>
29. Yyi Kai Teoh. (2021). IoT and Fog-Computing-Based Predictive Maintenance Model for Effective Asset Management in Industry 4.0 Using Machine Learning, <https://qmro.qmul.ac.uk/xmlui/bitstream/123456789/70264/2/Gill%20IoT%20and%20Fog%202021%20Accepted.pdf>
30. Yassine Bouabdallaoui. (2021). Predictive Maintenance in Building Facilities: A Machine Learning-Based Approach, <https://www.mdpi.com/1424-8220/21/4/1044/pdf?version=1612431119>
31. Yunyun Song. (2022). MS-YOLO: Object Detection Based on YOLOv5 Optimized Fusion Millimeter-Wave Radar and Machine Vision, <https://ieeexplore.ieee.org/ielx7/7361/9845438/09761843.pdf>
32. Javier Villalba-Diez, (2019). Deep Learning for Industrial Computer Vision Quality Control, <https://www.mdpi.com/1424-8220/19/18/3987/pdf?version=1568857888>
33. Benjamin Maschler and Michael Weyrich. (2020). Deep Transfer Learning for Industrial Automation: A Review and Discussion of New Techniques for Data-Driven Machine Learning, <https://arxiv.org/pdf/2012.03301.pdf>
34. Zeki Murat Çınar, (2020). Machine Learning in Predictive Maintenance towards Sustainable Smart Manufacturing in Industry 4.0, <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/19/8211/pdf?version=1602479139>

35. Benjamin Maschler. (2021). Deep Transfer Learning for Industrial Automation: A Review and Discussion of New Techniques for Data-Driven Machine Learning, <https://dx.doi.org/10.1109/MIE.2020.3034884>
36. Ali Bemani . (2022). Aggregation Strategy on Federated Machine Learning Algorithm for Collaborative Predictive Maintenance, <https://dx.doi.org/10.3390/s22166252>
37. Mustufa Haider Abidi. (2022). Predictive Maintenance Planning for Industry 4.0 Using Machine Learning for Sustainable Manufacturing, <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/6/3387>
38. Riccardo Rosati. (2022). From knowledge-based to big data analytic model: a novel IoT and machine learning based decision support system for predictive maintenance in Industry 4.0, <https://link.springer.com/article/10.1007/s10845-022-01960-x>
39. M. MAZHAR RATHORE. (2021). The Role of AI, Machine Learning, and Big Data in Digital Twinning: A Systematic Literature Review, Challenges, and Opportunities, <https://ieeexplore.ieee.org/ielx7/6287639/9312710/09359733.pdf>
40. Dominik Kreuzberger. (2017). Machine Learning Operations (MLOps): Overview, Definition, and Architecture, <https://ieeexplore.ieee.org/ielx7/6287639/6514899/10081336.pdf>
41. Alexys H. A. Rodríguez. (2016). How important are socioeconomic factors for hurricane performance of power systems? An analysis of disparities through machine learning, <https://ieeexplore.ieee.org/document/9930015>
42. Christian Janiesch. (2021). Machine learning and deep learning, <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s12525-021-00475-2.pdf>
43. K. Kashinath. (2021). Physics-informed machine learning: case studies for weather and climate modelling <https://dx.doi.org/10.1098/rsta.2020.0093>
44. Krishna Srinivasan. (2021). WIT: Wikipedia-based Image Text Dataset for Multimodal Multilingual Machine Learning, <https://dx.doi.org/10.1145/3404835.3463257>
45. K. Kudelina. (2021). Trends and Challenges in Intelligent Condition Monitoring of Electrical Machines Using Machine Learning, <https://dx.doi.org/10.3390/APP11062761>
46. Daekyum Kim. (2021). Review of machine learning methods in soft robotics, <https://journals.plos.org/plosone/article/file?id=10.1371/journal.pone.0246102&type=printable>
47. Tianyu Li. (2022). An Intelligent Food Inventory Monitoring System Using Machine Learning And Computer Vision, <https://doi.org/10.5121/csit.2022.121512>

48. Taiwo Samuel Ajani. (2021). An Overview of Machine Learning within Embedded and Mobile Devices—Optimizations and Applications, <https://www.mdpi.com/1424-8220/21/13/4412/pdf?version=1624853461>
49. Marjolein Dijkstra . (2021). From predictive modelling to machine learning and reverse engineering of colloidal self-assembly, https://dspace.library.uu.nl/bitstream/handle/1874/412684/s41563_021_01014_2.pdf?sequence=1&isAllowed=y
50. Mahawaga Arachchige. (2020). A Trustworthy Privacy Preserving Framework for Machine Learning in Industrial IoT Systems, https://researchrepository.rmit.edu.au/view/delivery/61RMIT_INST/12256326850001341/13256080320001341
51. Sohrab Mokhtari. (2021). A Machine Learning Approach for Anomaly Detection in Industrial Control Systems Based on Measurement Data, <https://www.mdpi.com/2079-9292/10/4/407/pdf?version=1613089907>
- 52 A Secured Industrial Internet-of-Things Architecture Based on Blockchain Technology and Machine Learning for Sensor Access Control Systems in Smart Manufacturing. Hichem Mrabet. (2022). , <https://www.mdpi.com/2076-3417/12/9/4641/pdf?version=1651930145>
53. Marcin Malesa. (2021). Quality Control of PET Bottles Caps with Dedicated Image Calibration and Deep Neural Networks, <https://www.mdpi.com/1424-8220/21/2/501/pdf>
54. Dominik Kus. (2022). A False Sense of Security?: Revisiting the State of Machine Learning-Based Industrial Intrusion Detection, <https://arxiv.org/pdf/2205.09199>
55. Natanael Magno Gomes. (2022). Reinforcement Learning for Collaborative Robots Pick-and-Place Applications: A Case Study, <https://www.mdpi.com/2673-4052/3/1/11/pdf?version=1647855534>
56. Naufil Kazi. (2023). Exploring Traditional and Modern Techniques for Computer Vision in Gaming: Algorithms and Advancements, <https://dx.doi.org/10.55041/ijsrem22601>
57. Limin Jia. (2022). Research on Industrial Production Defect Detection Method Based on Machine Vision Technology in Industrial Internet of Things, <https://dx.doi.org/10.18280/ts.390618>
- 58 Research on the Bolt Positioning System Based on Multieye Vision Industrial Robots. Jun Kong. (2022). , <https://dx.doi.org/10.1155/2022/7563199>
59. Anas Taha. (2022). Machine learning in pancreas surgery, what is new? literature review, <https://dx.doi.org/10.3389/fsurg.2023.1142585>

60. Emma Qumsiyeh. (2022). GediNET for discovering gene associations across diseases using knowledge based machine learning approach, <https://dx.doi.org/10.1038/s41598-022-24421-0>
61. Quoc Lap Trieu. (2022). Performance Evaluation of Serverless Edge Computing for Machine Learning Applications, <https://dx.doi.org/10.1109/UCC56403.2022.00025>
62. Subrato Bharati. (2022). Machine and Deep Learning for IoT Security and Privacy: Applications, Challenges, and Future Directions, <https://dx.doi.org/10.1155/2022/8951961>
63. Anas Taha. (2023). Machine learning in pancreas surgery, what is new? literature review, <https://dx.doi.org/10.3389/fsurg.2023.1142585>
64. Emma Qumsiyeh. (2022). GediNET for discovering gene associations across diseases using knowledge based machine learning approach, <https://dx.doi.org/10.1038/s41598-022-24421-0>
65. Quoc Lap Trieu. (2022). Performance Evaluation of Serverless Edge Computing for Machine Learning Applications, <https://dx.doi.org/10.1109/UCC56403.2022.00025>
66. Subrato Bharati. (2022). Machine and Deep Learning for IoT Security and Privacy: Applications, Challenges, and Future Directions, <https://dx.doi.org/10.1155/2022/8951961>
67. SUDHAKAR K. (2022). Machine Learning Based Industrial Engineering With 6G Technology, <https://www.pnrjournal.com/index.php/home/article/download/3123/3029>
68. Song Guo. (2019). Edge Intelligence for the Industrial Internet of Things, <https://ieeexplore.ieee.org/ielx7/65/8863709/08863719.pdf>
69. Shreshth Tuli. (2019). Next generation technologies for smart healthcare: challenges, vision, model, trends and future directions, <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdfdirect/10.1002/itl2.145>
70. Gorjan NADZINSKI. (2022). Data Science and Machine Learning Teaching Practices with Focus on Vocational Education and Training, <https://infedu.vu.lt/journal/INFEDU/article/761/file/pdf>
71. Huijuan Zhang. (2022). Teaching Reform of Machine Vision in Higher Education Under the Background of Internet Plus and New Engineering, <https://madison-proceedings.com/index.php/aehtsr/article/download/532/534>
72. Rudra Tiwari. (2023). Ethical And Societal Implications of AI and Machine Learning, <https://ijsrem.com/download/ethical-and-societal-implications-of-ai-and-machine-learning-2/?wpdmdl=13757&refresh=63ed973ded26c1676515133>

73. Andrés Domínguez Hernández. (2023). Ethical, political and epistemic implications of machine learning (mis)information classification, <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/23299460.2023.2222514?needAccess=true&role=button>
74. SUDHAKAR K. (2022). Machine Learning Based Industrial Engineering With 6G Technology, <https://www.pnrjournal.com/index.php/home/article/download/3123/3029>
75. Spyros Giannelos. (2023). A Machine Learning Approach for Generating and Evaluating Forecasts on the Environmental Impact of the Buildings Sector, <https://dx.doi.org/10.3390/en16062915>
76. Ajith Gopi. (2023). Weather Impact on Solar Farm Performance: A Comparative Analysis of Machine Learning Techniques, <https://dx.doi.org/10.3390/su15010439>
77. Zhenyu Gao. (2022). Statistics and Machine Learning in Aviation Environmental Impact Analysis: A Survey of Recent Progress, <https://dx.doi.org/10.3390/aerospace9120750>
78. Sudhakar K. (2022). Machine Learning Based Industrial Engineering With 6G Technology, <https://dx.doi.org/10.47750/pnr.2022.13.s09.46>
79. Péter Dobra. (2022). Predicting the Impact of Product Type Changes on Overall Equipment Effectiveness Through Machine Learning, <https://pp.bme.hu/me/article/download/21320/9625>
80. Matheus Antonio Nogueira de Andrade . (2021). A Model Proposal For Digital Twin Development: Essential Oil Extraction Perspective, <https://www.researchsquare.com/article/rs-300217/latest.pdf>
81. Can Yang. (2021). Research on Grasping Method of Industrial Robot Based on Deep Learning and Machine Vision, <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1992/3/032039/pdf>
82. Daekyum Kim. (2021). Review of machine learning methods in soft Robotics, <https://journals.plos.org/plosone/article/file?id=10.1371/journal.pone.0246102&type=printable>
83. Maryam Ouhami. (2021). Computer Vision, IoT and Data Fusion for Crop Disease Detection Using Machine Learning: A Survey and Ongoing Research, <https://www.mdpi.com/2072-4292/13/13/2486/pdf?version=1624616000>
84. Dominik Kreuzberger. (2017). Machine Learning Operations (MLOps): Overview, Definition, and Architecture, <https://ieeexplore.ieee.org/ielx7/6287639/6514899/10081336.pdf>
85. Benjamin Maschler. (2020). Deep Transfer Learning for Industrial Automation, <https://arxiv.org/pdf/2012.03301>

86. Tony Zheng. (2022). A Data-Driven Analytical System To Optimize Swimming Training And Competition Performance Using Machine Learning And Big Data Analysis, <https://doi.org/10.5121/csit.2022.121508>
87. Qiwu Luo. (2019). Automated Visual Defect Detection for Flat Steel Surface: A Survey, <http://uhra.herts.ac.uk/bitstream/2299/22040/1/08948233.pdf>
88. Anna Markella Antoniad. (2021). Current Challenges and Future Opportunities for XAI in Machine Learning-Based Clinical Decision Support Systems: A Systematic Review, <https://www.mdpi.com/2076-3417/11/11/5088/pdf?version=1622439587>
89. Gaël Varoquaux. (2022). How I failed machine learning in medical imaging - shortcomings and recommendations, <https://www.nature.com/articles/s41746-022-00592-y.pdf>
90. Sofia Broomé. (2022). Going Deeper than Tracking: A Survey of Computer-Vision Based Recognition of Animal Pain and Emotions, <https://dx.doi.org/10.1007/s11263-022-01716-3>
91. Malika Nisal Ratnayake. (2023). Spatial Monitoring and Insect Behavioural Analysis Using Computer Vision for Precision Pollination, <https://dx.doi.org/10.1007/s11263-022-01715-4>
92. Chaoda Zheng. (2022). Beyond 3D Siamese Tracking: A Motion-Centric Paradigm for 3D Single Object Tracking in Point Clouds, <https://dx.doi.org/10.1109/CVPR52688.2022.00794>
93. Peter Beshara . (2021). The Reliability of the Microsoft Kinect and Ambulatory Sensor-Based Motion Tracking Devices to Measure Shoulder Range-of-Motion: A Systematic Review and Meta-Analysis, <https://dx.doi.org/10.3390/s21248186>
94. Adriana Florescu. (2022). Development Trends of Production Systems through the Integration of Lean Management and Industry 4.0, <https://www.mdpi.com/2076-3417/12/10/4885/pdf?version=1652341292>
95. Ricardo Abejón. (2022). Techno-Economic Optimization of Multistage Membrane Processes with Innovative Hollow Fiber Modules for the Production of HighPurity CO₂ and CH₄ from Different Sources, <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/10902/26475/3/TechnoEconomicOptimizati on.pdf>
96. Jui-Yuan Lee. (2023). Optimization of Heat Recovery Networks for Energy Savings in Industrial Processes, <https://www.mdpi.com/2227-9717/11/2/321/pdf?version=1675243759>
97. Alessandro Massaro. (2020). Re-engineering process in a food factory: an overview of technologies and approaches for the design of pasta production processes,

<https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/21693277.2020.1749180?needAccess=true>

98 Chuxu Zhang, (2023). Towards Societal Impact of AI

<https://ojs.aaai.org/index.php/AAAI/article/view/26830>

99. Indumathi Nallathambi, (2023). Impact of Fireworks Industry Safety Measures and Prevention Management System on Human Error Mitigation Using a Machine Learning Approach <https://dx.doi.org/10.3390/s23094365>

100. Andrés Redchuk, (2023). Adoption Case of IIoT and Machine Learning to Improve Energy Consumption at a Process Manufacturing Firm, under Industry 5.0 Model

<https://www.mdpi.com/2504-2289/7/1/42>

101. Jeetu Rana, (2022). Mapping the Role and Impact of Artificial Intelligence and Machine Learning Applications in Supply Chain Digital Transformation: A Bibliometric Analysis <https://dx.doi.org/10.1007/s12063-022-00335-y>