



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**

**ΠΜΣ Αυτοματισμός Παραγωγής και Υπηρεσιών**

**Διπλωματική Εργασία**

Η Συμβολή της Επιστήμης της Πληροφορικής στην Βιομηχανία: Τεχνητή Νοημοσύνη και Τεχνολογικά Προηγμένες Εφαρμογές στην 4<sup>η</sup> Βιομηχανική Επανάσταση



**Ειρήνη Μάγγα  
ΑΜ: 80697817**

**Επιβλέπων Καθηγητής: Χρήστος Δρόσος**

**ΑΘΗΝΑ, ΜΑΪΟΣ 2023**



**UNIVERSITY OF WEST ATTICA**  
**SCHOOL OF ENGINEERING**  
**DEPARTMENT OF INDUSTRIAL DESIGN AND PRODUCTION ENGINEERING**  
**M.Sc. IN INDUSTRIAL AUTOMATION**

**Diploma Thesis**

The Contribution of Computer Science to Industry: Artificial Intelligence and Technologically Advanced Applications in the 4th Industrial Revolution



**Eirini Manga**  
**SN: 80697817**

**Supervising Professor: Christos Drosos**

**Athens, May 2023**



## ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΠΜΣ Αυτοματισμός Παραγωγής και Υπηρεσιών

Διπλωματική Εργασία

Η Συμβολή της Επιστήμης της Πληροφορικής στην Βιομηχανία: Τεχνητή Νοημοσύνη και Τεχνολογικά Προηγμένες Εφαρμογές στην 4<sup>η</sup> Βιομηχανική Επανάσταση

The Contribution of Computer Science to Industry: Artificial Intelligence and Technologically Advanced Applications in the 4th Industrial Revolution

**Τα μέλη της Εξεταστικής Επιτροπής συμπεριλαμβανομένου και του Εισηγητή:**

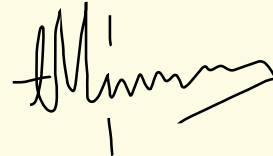
Η διπλωματική εργασία εξετάστηκε επιτυχώς από την κάτωθι Εξεταστική Επιτροπή:

Α/Α	Όνοματεπώνυμο	Βαθμίδα/Ιδιότητα	Υπογραφή
1	Χρήστος Δρόσος	ΕΔΙΠ Α	
2	Γκανέτσος Θεόδωρος	Καθηγητής	
3	Παπουτσιδάκης Μιχαήλ	Καθηγητής	

## ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη Ειρήνη Μάγγα, με αριθμό μητρώου 80697817 φοιτήτρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του Τμήματος Μηχανικών Βιομηχανικής Σχεδίασης και Παραγωγής, δηλώνω υπεύθυνα ότι: «Είμαι συγγραφέας αυτής της 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 εμένα 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.

**Η Δηλούσα**



## Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Χρήστο Δρόσο που μου έδωσε την ευκαιρία να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα, να συνεργαστώ μαζί του και να αποκομίσω πολύτιμες γνώσεις σε έναν εξαιρετικά σημαντικό τομέα. Η πολύτιμη βοήθεια του, η εύστοχη καθοδήγηση του, οι συμβουλές του αλλά και η εμπιστοσύνη που μου έδειξε με βοήθησαν να εκπονήσω την παρούσα διπλωματική εργασία και να διευρύνω νέους επιστημονικούς και επαγγελματικούς ορίζοντες. Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τη Διοίκηση και όλους τους καθηγητές του μεταπτυχιακού προγράμματος «Αυτοματισμός Παραγωγής και Υπηρεσιών» του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής για όλες τις γνώσεις και την υποστήριξη που μου προσέφεραν. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου, τους συναδέλφους μου και τους συμφοιτητές μου για την στήριξη τους σε όλη τη διάρκεια του μεταπτυχιακού προγράμματος.

## Περίληψη

Η τεχνητή νοημοσύνη, έχει γίνει μέρος πολλών τομέων της ζωής μας. Καθώς προχωράμε όλο και πιο βαθιά στην ψηφιακή εποχή, εξαρτόμαστε όλο και περισσότερο από την τεχνητή νοημοσύνη με τρόπους που μπορεί να μην έχουμε καν συνειδητοποιήσει. Παρόλα αυτά, μεγάλο μέρος της τεχνητής νοημοσύνης με την οποία αλληλοεπιδρούμε είναι κρυμμένο από τη συνειδητή μας επίγνωση. Στο παρασκήνιο, η τεχνητή νοημοσύνη φέρνει επανάσταση σε πολλούς κλάδους, όπως στην βιομηχανία, στην υγειονομική περίθαλψη και στις μεταφορές. Η ικανότητά της να επεξεργάζεται και να αναλύει τεράστιες ποσότητες δεδομένων γρήγορα και με ακρίβεια την καθιστά ανεκτίμητο εργαλείο για τη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων και την πρόβλεψη αποτελεσμάτων. Με την ταχεία ανάπτυξή της, η τεχνητή νοημοσύνη είναι βέβαιο ότι θα συνεχίσει να οδηγεί τις τεχνολογικές εξελίξεις και να μεταμορφώνει τον τρόπο με τον οποίο εργαζόμαστε και ζούμε.

Η εργασία έχει ως σκοπό την διερεύνηση του ρόλου της επιστήμης των υπολογιστών στη βιομηχανία, με ιδιαίτερη έμφαση στην ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης και άλλων προηγμένων τεχνολογιών στο πλαίσιο της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης. Η μελέτη εμβαθύνει στην πολυπλοκότητα της τεχνητής νοημοσύνης, διερευνά τα δυνητικά οφέλη στην προώθηση της καινοτομίας και της παραγωγικότητας στον τομέα της βιομηχανίας και αναλύει τις τρέχουσες προκλήσεις που σχετίζονται με την εφαρμογή της τεχνητής νοημοσύνης.

Στο ερευνητικό μέρος της εργασίας εξετάζονται περιπτώσεις επιχειρήσεων από τον πραγματικό κόσμο, όπου αξιοποιήθηκαν με επιτυχία οι δυνατότητες που προσφέρουν η επιστήμη των υπολογιστών και η τεχνητή νοημοσύνη.

**Λέξεις Κλειδιά:** 4η Βιομηχανική Επανάσταση, Τεχνητή Νοημοσύνη, Μηχανική Μάθηση, Καινοτομία

## **Abstract**

Artificial intelligence (AI) has become part of many areas of our lives. As we move deeper and deeper into the digital age, we are becoming more and more dependent on AI in ways we may not even realize. Although a large part of AI we interact with is hidden from our conscious awareness. Behind the scenes, AI is revolutionizing many industries, including industry, healthcare and transportation. Its ability to process and analyze vast amounts of data quickly and accurately makes it a valuable tool for making informed decisions and predicting outcomes. With its rapid development, AI is bound to continue to drive technological developments and transform the way we live and work.

The aim of this paper is to explore the role of computer science in industry, with a particular focus on the integration of AI and other advanced technologies in the context of the fourth industrial revolution. The study delves into the complexity of AI, explores the potential benefits in promoting innovation and productivity in the industrial sector, and analyses the current challenges associated with the application of AI.

In the research part of this paper, case studies of real-world companies are examined, where the capabilities offered by computer science and artificial intelligence were successfully utilized.

**Keywords:** Industry 4.0, Artificial Intelligence, Machine Learning, Innovation

## Περιεχόμενα

1.	Εισαγωγή .....	11
2.	Η 4 <sup>η</sup> Βιομηχανική Επανάσταση.....	14
2.1	Η Εξέλιξη της Βιομηχανικής Επανάστασης .....	14
2.2	Σχεδιαστικές Αρχές της 4 <sup>ης</sup> Βιομηχανικής Επανάστασης.....	20
3.	Η Τεχνητή Νοημοσύνη στην Βιομηχανία 4.0 .....	24
3.1	Εννοιολογική Προσέγγιση της Τεχνητής Νοημοσύνης .....	24
3.2	Η Εξέλιξη της Τεχνητής Νοημοσύνης.....	25
3.3	Κλάδοι της Τεχνητής Νοημοσύνης που συνέβαλαν στην Βιομηχανία 4.0 .....	27
3.3.1	Μηχανική Μάθηση (Machine Learning) .....	28
	Επιβλεπόμενη Μάθηση (Supervised Learning):.....	28
	Μη Επιβλεπόμενη Μάθηση (Unsupervised Learning) .....	29
	Ενισχυτική Μάθηση (Reinforcement Learning) .....	30
3.3.2	Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας (Natural Language Processing) .....	31
3.3.3	Υπολογιστική Όραση (Computer Vision).....	33
3.3.4	Βαθιά Μάθηση (Deep Learning) .....	34
4.	Τεχνολογίες που διαμορφώνουν την Βιομηχανία 4.0 .....	35
4.1	Οι Τεχνολογικοί Πυλώνες της Τέταρτης Βιομηχανικής Επανάστασης.....	35
4.2	Βιομηχανικό Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Industrial Internet of Things - IIoT).....	36
4.3	Προσθετική Κατασκευή (Additive Manufacturing).....	37
4.4	Επαυξημένη Πραγματικότητα (Augmented Reality - AR) και Εικονική Πραγματικότητα (Virtual Reality - VR) .....	38
4.5	Υπολογιστικό Νέφος (Cloud Computing) .....	41
4.6	Αυτόνομα Ρομπότ (Autonomous Robots).....	42
4.7	Οριζόντια και Κατακόρυφη Ενσωμάτωση Συστημάτων (Horizontal and Vertical System Integration).....	43
4.8	Κυβερνοασφάλεια (Cybersecurity) .....	45
4.9	Μεγάλα Δεδομένα και Ανάλυση (Big Data and Analytics).....	46
4.10	Προσομοίωση (Simulation) .....	49
5.	Η Επιστήμη της Πληροφορικής και η Βιομηχανία 4.0 .....	50
5.1.1	Ποιοτικός Έλεγχος και Ανίχνευση Ελαττωμάτων .....	50
5.1.2	Αλυσίδες Εφοδιασμού .....	51
5.1.3	Διαχείριση Κινδύνου και Ασφάλεια .....	52
5.1.4	Σχεδιασμός Προϊόντων.....	53
5.2	Προκλήσεις που Απορρέουν από την Χρήση της Τεχνητής Νοημοσύνης .....	54
5.2.1	Ασφάλεια των συστημάτων .....	54



5.2.2 Ζητήματα που αφορούν τα δεδομένα .....	55
5.2.3 Έλλειψη εξειδικευμένου εργατικού δυναμικού .....	57
5.2.4 Αντίσταση εργαζομένων στην αλλαγή .....	57
6. Μελέτες Περίπτωσης .....	58
6.1 Η Περίπτωση της Amazon .....	58
6.1.1 Amazon: Από τα Βιβλία στον Κυβερνοχώρο .....	58
6.1.2 Η Νέα Γενιά Καταστημάτων: Η Επανάσταση του Amazon Go .....	60
6.1.3 Κωδικοποιώντας το Μέλλον: Η Πρωτοπορία της Amazon με το CodeGuru .....	62
6.1.4 Έξυπνη Κατανόηση: Amazon Comprehend .....	63
6.1.5 Αναβαθμισμένη Λύση Amazon Lex για Τεχνητή Νοημοσύνη .....	64
6.1.6 Εξατομικευμένη Εμπειρία: Η Τεχνολογία Amazon Personalize .....	65
6.2 Η Περίπτωση της Siemens AG .....	67
6.2.1 Siemens AG: Μια Ιστορία Καινοτομίας και Τεχνολογίας .....	67
6.2.2 Η Εκμετάλλευση της Τεχνητής Νοημοσύνης και των Προηγμένων Τεχνολογιών από την Siemens .....	67
7. Συμπεράσματα .....	72
Βιβλιογραφία .....	74

## Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 1: Η πορεία προς την 4η Βιομηχανική Επανάσταση .....	17
Εικόνα 2: Η εξέλιξη προς την 5η Βιομηχανική Επανάσταση .....	20
Εικόνα 3: Οι Αρχές Σχεδιασμού στη Βιομηχανία 4.0 .....	24
Εικόνα 4: Η Μηχανική Μάθηση και οι κατηγορίες της .....	30
Πηγή: wordstream.com .....	30
Εικόνα 5: Η σχέση NLP με Τεχνητή Νοημοσύνη και Μηχανική Μάθηση .....	32
Εικόνα 6: Η όραση υπολογιστών σε σχέση με την ανθρώπινη όραση .....	33
Εικόνα 7: Τεχνητή Νοημοσύνη, Μηχανική Μάθηση και Βαθιά Μάθηση .....	35
Εικόνα 8: Οι πυλώνες που μετασχηματίζουν την 4 <sup>η</sup> Βιομηχανική Επανάσταση .....	36
Εικόνα 9: Το κατάστημα Amazon Go .....	62
Εικόνα 10: Amazon CodeGuru .....	63
Εικόνα 11: Amazon Comprehend .....	64
Εικόνα 12: Amazon Lex End-customer call flow .....	65
Εικόνα 13: Amazon Personalize .....	66
Εικόνα 14: Amazon Polly .....	66
Εικόνα 15: Siemens & Deloitte Smart Factory @ Wichita .....	71
Εικόνα 16: The Smart Factory at Wichita State University .....	71

## 1. Εισαγωγή

Με τον ταχύτατο ρυθμό της τεχνολογικής ανάπτυξης, η επιστήμη των υπολογιστών έχει γίνει αναπόσπαστο μέρος πολλών πτυχών της ζωής μας. Από τα μέσα κοινωνικής δικτύωσης μέχρι τις μεταφορές, εξαρτόμαστε όλο και περισσότερο από την τεχνολογία. Μια από τις σημαντικότερες εξελίξεις των τελευταίων ετών ήταν η ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης στη βιομηχανία. Η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση έχει επιφέρει μια νέα εποχή τεχνολογικής καινοτομίας, με την τεχνητή νοημοσύνη στην πρώτη γραμμή αυτού του μετασχηματισμού.

Στην παρούσα εργασία, διερευνάται ο ρόλος της επιστήμης της πληροφορικής στη βιομηχανία, εστιάζοντας στην εφαρμογή της τεχνητής νοημοσύνης και άλλων προηγμένων τεχνολογιών. Σκοπός της μελέτης είναι να αναλυθούν τα δυνητικά οφέλη της τεχνητής νοημοσύνης που συμβάλλουν στην προώθηση της παραγωγικότητας και της καινοτομίας, καθώς και να καταγραφούν οι προκλήσεις που σχετίζονται με την εφαρμογή της. Στο ερευνητικό μέρος της εργασίας αναλύονται μελέτες περίπτωσης εταιριών από τον πραγματικό κόσμο όπου επιτυχημένα αξιοποίησαν τις δυνατότητες που παρέχει η επιστήμη των υπολογιστών και της τεχνητής νοημοσύνης.

Η εργασία διακρίνεται σε δύο κύρια μέρη. Στο πρώτο μέρος αποτυπώνεται το επιστημονικό υπόβαθρο μετά από μελέτη και επισκόπηση της παγκόσμιας βιβλιογραφίας. Το δεύτερο μέρος αφορά την παρουσίαση του πειραματικού τμήματος της εργασίας, που περιλαμβάνει τη μελέτη περιπτώσεων. Μέσω της μελέτης περιπτώσεων, παρουσιάζονται παραδείγματα και περιγράφονται συγκεκριμένες περιπτώσεις που έχουν εξεταστεί, συνοδευόμενες από τις παρατηρήσεις που προέκυψαν.

Σχετικά με τη δομή της Διπλωματικής Εργασίας, αυτή αποτελείται από έξι κεφάλαια. Ειδικότερα, στο 2ο κεφάλαιο περιγράφεται η εξέλιξη της βιομηχανικής επανάστασης με ιδιαίτερη έμφαση στην τέταρτη βιομηχανική επανάσταση και καταγράφονται και αναλύονται οι σχεδιαστικές αρχές της 4ης βιομηχανικής επανάστασης. Το 3ο κεφάλαιο αναφέρεται στην τεχνητή νοημοσύνη, όπου αρχικά προσδιορίζεται εννοιολογικά και στη συνέχεια αποτυπώνεται η ιστορική της εξέλιξη και παρουσιάζονται οι κλάδοι της τεχνητής νοημοσύνης που συνέβαλαν στην βιομηχανία 4.0. Το 4ο κεφάλαιο παρουσιάζει μια επισκόπηση των τεχνολογιών που έχουν συντελέσει στη διαμόρφωση της Βιομηχανίας 4.0. Συγκεκριμένα παρουσιάζονται οι τεχνολογικοί πυλώνες της 4ης βιομηχανικής επανάστασης και αναλύονται διάφορες τεχνολογίες που αποτελούν αυτούς τους πυλώνες. Στο 5ο κεφάλαιο αποτυπώνεται η συμβολή της Επιστήμης της Πληροφορικής και της τεχνητής νοημοσύνης και αναλύονται τομείς της βιομηχανίας που έχουν ωφεληθεί από τις τεχνολογικές εξελίξεις. Στο 6ο κεφάλαιο παρουσιάζονται μελέτες περίπτωσης και συγκεκριμένα αναλύεται η συμβολή της Amazon και της Siemens στις τεχνολογικές εξελίξεις με ιδιαίτερη έμφαση στην τεχνητή νοημοσύνη και στη

συμβολή τους στην βιομηχανία 4.0. Τέλος, παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που εξήχθησαν από την εργασία και παρουσιάζεται η σχετική βιβλιογραφία.

#### **Σκοπός:**

Η παρούσα εργασία έχει ως σκοπό την διερεύνηση του ρόλου της επιστήμης των υπολογιστών στη βιομηχανία, με ιδιαίτερη έμφαση στην ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης και άλλων προηγμένων τεχνολογιών στο πλαίσιο της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης. Η μελέτη εμβαθύνει στην πολυπλοκότητα της τεχνητής νοημοσύνης, διερευνά τα δυνητικά οφέλη στην προώθηση της καινοτομίας και της παραγωγικότητας στον τομέα της βιομηχανίας και αναλύει τις τρέχουσες προκλήσεις που σχετίζονται με την εφαρμογή της τεχνητής νοημοσύνης. Στο ερευνητικό μέρος της εργασίας πραγματοποιείται ανάλυση μελετών περίπτωσης που καταδεικνύουν τη χρήση της επιστήμης των υπολογιστών και της τεχνητής νοημοσύνης στη βιομηχανία, συμπεριλαμβανομένων παραδειγμάτων επιτυχημένων εφαρμογών, προκλήσεων που αντιμετωπίστηκαν και συμπερασμάτων που εξήχθησαν.

Η ανάπτυξη της εργασίας ακολούθησε τους παρακάτω άξονες ανάπτυξης:

- **Έρευνα - Αναζήτηση:**

Πραγματοποιήθηκε αναζήτηση σε έργα συγγραφέων και μελετητών που σχετίζονται με την Επιστήμη της Πληροφορικής με ιδιαίτερη έμφαση στην τεχνητή νοημοσύνη στα πλαίσια της βιομηχανίας 4.0. Συγκεκριμένα μελετήθηκαν έργα που αφορούν την 4η Βιομηχανική Επανάσταση, την εξέλιξη της βιομηχανικής επανάστασης, τις σχεδιαστικές αρχές της 4ης βιομηχανικής επανάστασης, την τεχνητή νοημοσύνη στην βιομηχανία 4.0, την εννοιολογική προσέγγιση της τεχνητής νοημοσύνης, την εξέλιξη της τεχνητής νοημοσύνης, τους κλάδους της τεχνητής νοημοσύνης που συνέβαλαν στην Βιομηχανία 4.0, την μηχανική μάθηση, την επεξεργασία της φυσικής γλώσσας, την υπολογιστική όραση, την βαθιά μάθηση, τις τεχνολογίες που διαμορφώνουν την Βιομηχανία 4.0, τους τεχνολογικούς πυλώνες της 4ης Βιομηχανικής Επανάστασης, το βιομηχανικό Διαδίκτυο των Πραγμάτων, την Προσθετική Κατασκευή, την Επαυξημένη Πραγματικότητα και Εικονική Πραγματικότητα, το Υπολογιστικό Νέφος, τα Αυτόνομα Ρομπότ, την Οριζόντια και Κατακόρυφη Ενσωμάτωση Συστημάτων, την Κυβερνοασφάλεια, τα Μεγάλα Δεδομένα και την Ανάλυση, την Προσομοίωση, την Επιστήμη της Πληροφορικής στη Βιομηχανία 4.0, τον Ποιοτικό Έλεγχο και την Ανίχνευση Ελαττωμάτων, τις Αλυσίδες Εφοδιασμού, την Διαχείριση Κινδύνου και την Ασφάλεια, τον Σχεδιασμό Προϊόντων, τις προκλήσεις που απορρέουν από την χρήση της τεχνητής νοημοσύνης, την ασφάλεια των συστημάτων, τα ζητήματα που αφορούν τα δεδομένα, την έλλειψη εξειδικευμένου εργατικού δυναμικού, την αντίσταση των εργαζομένων στην αλλαγή και την συμβολή των εταιριών Amazon και Siemens στην βιομηχανία 4.0.

- **Μεθοδολογία έρευνας:**

Η μεθοδολογία της εργασίας περιλαμβάνει τα ακόλουθα βήματα:

- Διεξαγωγή ενδεδειγμένης βιβλιογραφικής ανασκόπησης σχετικών ερευνητικών άρθρων, εκθέσεων και βιβλίων με θέμα την επιστήμη των υπολογιστών, την τεχνητή νοημοσύνη και τις εφαρμογές τους στη βιομηχανία.
- Εντοπισμός βασικών θεμάτων, τάσεων και προκλήσεων στη βιβλιογραφία και ανάπτυξη ερευνητικών ερωτημάτων ή υποθέσεων για την καθοδήγηση της ανάλυσης.
- Επιλογή μελετών περίπτωσης που είναι σχετικές με τα ερευνητικά ερωτήματα και συλλογή δεδομένων από διάφορες πηγές, όπως έρευνες και εκθέσεις εταιρειών.

## 2. Η 4<sup>η</sup> Βιομηχανική Επανάσταση

### 2.1 Η Εξέλιξη της Βιομηχανικής Επανάστασης

#### Η 1η Βιομηχανική Επανάσταση

Η 1η βιομηχανική επανάσταση συντελέστηκε την περίοδο από το 1760 έως το 1860 στην Αγγλία και αποτελεί ένα σημαντικό ορόσημο αφού την εποχή εκείνη πραγματοποιήθηκαν πολλές οικονομικές, τεχνικές και κοινωνικές ανακατατάξεις και αντικαταστάθηκε η χειρωνακτική εργασία από τις μηχανές. Ταυτόχρονα μετακινήθηκε από μικρές αγροτικές περιοχές στα αστικά κέντρα το ανθρώπινο δυναμικό. Η μετάβαση από μια αγροτική κοινωνία σε μια βιομηχανική κοινωνία βασίστηκε σε τρεις πόρους: τον σίδηρο, τις πλωτές οδούς και τον άνθρακα. Οι εξελίξεις αυτές επηρέασαν αργότερα και άλλες Ευρωπαϊκές χώρες. Η εφεύρεση της μηχανής ατμού είχε ως αποτέλεσμα να εκτοξευθεί η παραγωγή. Στη διάρκεια αυτής της περιόδου η παραγωγή της ενέργειας γινόταν από πηγές νερού, η ατμοηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιήθηκε ως πηγή μηχανικής παραγωγής ενέργειας και εφευρέθηκε πλήθος μηχανών όπως η υδροκίνητη νηματουργική μηχανή το 1769 από τον Richard Arkwright, η ιπτάμενη σαΐτα το 1733 από τον John Kay και το 1776 ο James Watt βελτίωσε τον ατμοκινητήρα του Newcomen, που χρησιμοποιήθηκε εκτενώς σε ατμοκίνητα τρένα, ορυχεία, και πλοία, καθώς και σε κινητήρες στην κλωστοϋφαντουργία. Αλλά και άλλοι κλάδοι της βιομηχανίας επηρεάστηκαν θετικά από την ανάπτυξη των ατμοκινητήρων, όπως οι επικοινωνίες, οι τραπεζικοί κλάδοι και οι μεταφορές (Rifkin, 2016). Ταυτόχρονα, οι εξελίξεις στον κλάδο της χημείας οδήγησε στην παραγωγή μεγάλου αριθμού χημικών ουσιών. Οι βιομηχανίες της μεταλλουργίας και της κλωστοϋφαντουργίας αποτέλεσαν κεντρικούς πυλώνες και η εκμετάλλευση του άνθρακα σαν πηγή ενέργειας οδήγησε στην πρόοδο των τεχνολογικών εξελίξεων.

Το αποτέλεσμα της πρώτης βιομηχανικής επανάστασης ήταν η αύξηση του πλούτου στη δυτική κοινωνία, ενώ συγχρόνως είχαμε σημαντικές κοινωνικές μεταβολές. Επιπλέον, οι εργασιακές συνθήκες υπέστησαν σημαντικές τροποποιήσεις και οι χώρες της Δύσης εμφανίστηκαν με πιο αστικό χαρακτήρα. Παράλληλα, μέσα από κοινωνικές διαδικασίες, εμφανίστηκαν ριζοσπαστικές, οικονομικές και φιλοσοφικές ιδέες. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό να σημειωθεί ότι η πρώτη βιομηχανική επανάσταση προκάλεσε τη μεγαλύτερη αύξηση της οικονομικής παραγωγικότητας από την εποχή της ανακάλυψης της γεωργίας και τη Νεολιθική Εποχή (Guzman & Weisdorf, 2011).

## Η 2η Βιομηχανική Επανάσταση

Η 2η βιομηχανική επανάσταση ξεκίνησε στις αρχές του 20ου αιώνα μεταξύ των ετών 1860 και 1914 κυρίως στη Βόρεια Αμερική. Κύριο χαρακτηριστικό της εποχής αυτής ήταν η ανάπτυξη καινούριων τεχνολογιών και μηχανημάτων που οδήγησαν στην πλήρη εκβιομηχάνιση της Δύσης, παρέχοντας οικονομική ευημερία και τεχνολογικά πλεονεκτήματα. Τεχνολογίες όπως οι εσωτερικοί κινητήρες καύσης, τα πλαστικά, ο ηλεκτρισμός, τα προϊόντα πετρελαίου και οι τηλεπικοινωνίες έγιναν ευρέως αποδεκτές. Η εισαγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας ως κύρια πηγή ενέργειας αντικατέστησε τον άνθρακα και το πετρέλαιο που χρησιμοποιούνταν μέχρι εκείνη τη στιγμή (Rifkin, 2016) και οδήγησε στην ανάπτυξη και βελτίωση της μαζικής παραγωγής. Η χρήση των μαζικών γραμμών παραγωγής, η πλήρης εκβιομηχάνιση της οικονομίας και της παραγωγής, καθώς και η διάθεση αυτών των τεχνολογιών στο ευρύ κοινό προώθησαν την αύξηση του βιοτικού επιπέδου, την μείωση των αποστάσεων και την αλλαγή του παγκόσμιου τοπίου για πάντα. Οι διαδικασίες παραγωγής των ενδυμάτων έγιναν σχετικά εύκολες, προκαλώντας μια αύξηση στη μαζική παραγωγή και οδήγησε στη δημιουργία μιας μεσαίας κοινωνικής τάξης που είχε οικονομική ευημερία (Wolter et al., 2015).

## Η 3η Βιομηχανική Επανάσταση

Η τρίτη βιομηχανική επανάσταση, που είναι γνωστή και ως ψηφιακή επανάσταση, συνδέεται κυρίως χρονολογικά με την δεκαετία του 1970. Αν και οι πρώτοι υπολογιστές κατασκευάστηκαν την δεκαετία του 1930, πέρασε αρκετός χρόνος πριν γίνουν πιο αξιόπιστοι, ισχυροί, ευκολότεροι στην χρήση και μικρότεροι σε μέγεθος. Το σημείο καμπής ήρθε την δεκαετία του 1970, όταν η μηχανογράφηση εισήχθη στη σειριακή παραγωγή, με τη χρήση ψηφιακά υποστηριζόμενων σχεδίων και αριθμητικά ελεγχόμενων μηχανημάτων. Οι υπολογιστές έπαιξαν σημαντικό ρόλο στη μετάβαση από μια βιομηχανική κοινωνία σε μια κοινωνία της πληροφορίας, γι' αυτό αυτή η εποχή ονομάστηκε ψηφιακή επανάσταση. Το γεγονός αυτό ενίσχυσε τον αυτοματισμό της παραγωγής αφού βασίστηκε σε τεχνολογίες πληροφορικής (Preuveneers & Ilie-Zudor, 2017). Η βιομηχανική μηχανική, τα νέα υλικά και η μικροηλεκτρονική εισήγαγαν νέες εφαρμογές και μεθόδους παραγωγής και ανέπτυξαν νέες υπηρεσίες και προϊόντα (Wolter et al., 2015). Η ανάπτυξη των προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών (PLC), η ανάπτυξη αυτοματισμών, οι ρομποτικές κατασκευές, το λογισμικό και η αύξηση της επεξεργαστικής ισχύος οδήγησαν σε πολλές καινοτόμες λύσεις που άλλαξαν τον σύγχρονο τρόπο ζωής. Η βασική χαρακτηριστική διαφορά της 3ης βιομηχανικής επανάστασης σε σχέση με τις προηγούμενες επαναστάσεις είναι ότι τμήματα της ανθρώπινης πνευματικής δραστηριότητας και όχι μόνο της ανθρώπινης δύναμης αντικαθίστανται από μηχανές.

Η αυξημένη χρήση υπολογιστών σε διάφορους οικονομικούς τομείς συνδέεται με τη μείωση του κόστους παραγωγής. Ειδικά κατά τη δεκαετία του 1980, η ανάπτυξη των προσωπικών υπολογιστών ξεκίνησε να παίζει καθοριστικό ρόλο, καθώς αυτοί ήταν προσιτοί στην αγορά και επέτρεπαν στους ιδιώτες να αποκτήσουν πρόσβαση σε αυτήν την τεχνολογία. Αυτοί οι υπολογιστές συνεχίζουν να διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο ως σήμερα, ως εργαλεία εργασίας σε διάφορους τομείς. Κατά την 3η βιομηχανική επανάσταση παρατηρήθηκε μια έντονη εξέλιξη των επικοινωνιών, καθώς μειώθηκαν αρκετά τα κόστη μεταφοράς δεδομένων και διευρύνθηκαν οι δυνατότητες διάδοσης πληροφοριών. Με την μετάβαση από την ηλεκτρομηχανική στην ψηφιακή τεχνολογία, αυξήθηκε η ταχύτητα μετάδοσης των επικοινωνιακών δικτύων και έγινε η μετάβαση από τα χάλκινα καλώδια στις οπτικές ίνες, με αποτέλεσμα να ενισχυθεί σημαντικά η ανταγωνιστικότητα των επιχειρήσεων. Ταυτόχρονα, παρατηρήθηκε ανάπτυξη των δορυφορικών επικοινωνιών, διευρύνοντας περαιτέρω τις δυνατότητες επικοινωνίας.

Η 3η βιομηχανική επανάσταση οδήγησε στην ανάπτυξη και άλλων χωρών εκτός από τις δυτικές. Η Κίνα, η Ινδία, η Νότια Κορέα και άλλες χώρες κατάφεραν να αυξήσουν σημαντικά τον ρυθμό ανάπτυξης τους και ενίσχυσαν τη θέση τους στο παγκόσμιο στερέωμα. Οι χώρες αυτές επικεντρώθηκαν κυρίως στη μικροηλεκτρονική, χρησιμοποιώντας καινοτόμες τεχνολογίες και εργατικό δυναμικό με χαμηλό κόστος που συνέβαλαν στην αύξηση της παραγωγικότητας και την εξάπλωση των προϊόντων τους στη διεθνή αγορά. Εκτός από τους οικονομικούς τομείς η 3η βιομηχανική επανάσταση συντέλεσε μετασχηματισμούς και σε άλλους τομείς της κοινωνίας και των ανθρώπων. Ένα παράδειγμα είναι η χρήση των μέσων κοινωνικής δικτύωσης που διευκόλυνε την γρήγορη εξάπλωση ιδεών που ενδέχεται να διαφέρουν μεταξύ τους. Έτσι η τεχνολογία με τον τρόπο της συνέβαλλε και στην προώθηση της δημοκρατίας (Wellman et al., 2003).

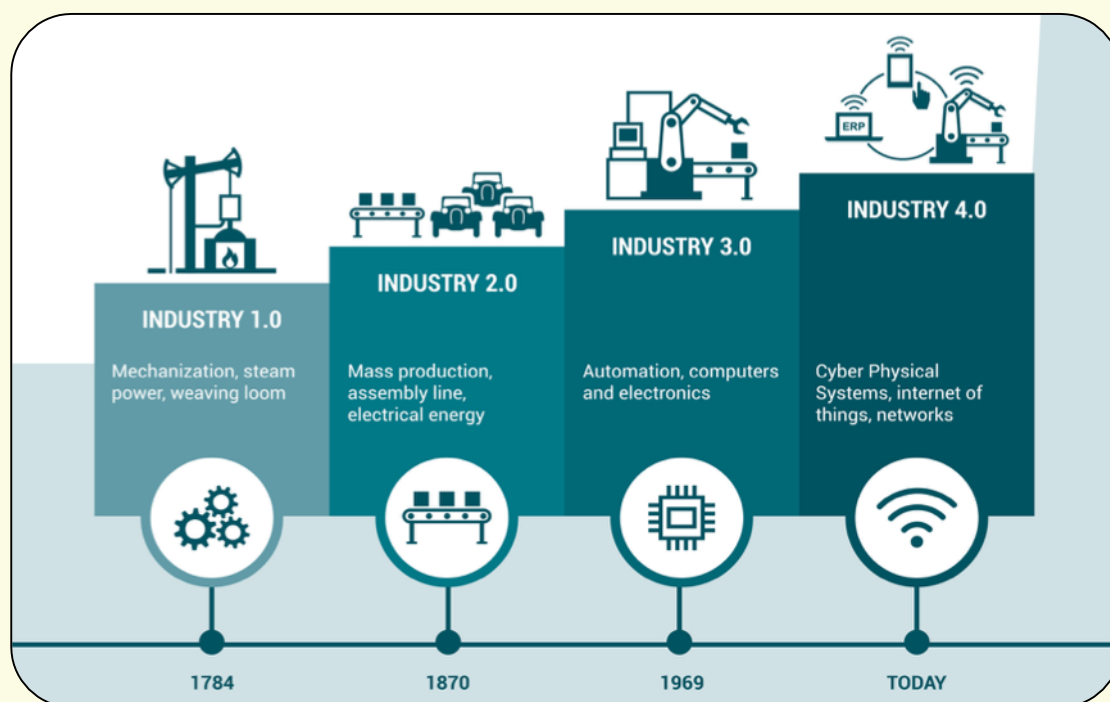
#### **Η 4η Βιομηχανική Επανάσταση**

Η 4η βιομηχανική επανάσταση (Industry 4.0) ξεκίνησε στις αρχές του 21ου αιώνα και βασίζεται στα κυβερνοφυσικά συστήματα. Πρόκειται για έναν συνδυασμό φυσικών και ψηφιακών συστημάτων που αποτελεί τη βάση για την οργάνωση των παραγωγικών διαδικασιών με τη χρήση της τεχνολογίας και της αυτόνομης επικοινωνίας ανάμεσα στις συσκευές σε όλο το μήκος της αλυσίδας αξίας (Smit et al., 2016). Η κύρια διαφορά ανάμεσα στην 3η και 4η βιομηχανική επανάσταση είναι ότι στην 3η χρειαζόταν ένας ανθρώπινος μεσολαβητής για να μεταφέρει τις πληροφορίες ανάμεσα στον αναλογικό και τον ψηφιακό κόσμο, να διαβάσει τις εκτυπώσεις του υπολογιστή και να καθοδηγεί την εκτέλεση δράσεων στον φυσικό κόσμο. Ο όρος Industry 4.0, πρώτη φορά εμφανίστηκε το 2011, σαν μια πρωτοβουλία στο πλαίσιο του σχεδίου δράσης «High-Tech Strategy 2020» της ομοσπονδιακής κυβέρνησης της Γερμανίας (Kagermann, et. al., 2013) ως απάντηση στον ανταγωνισμό που αντιμετώπιζε η Γερμανική βιομηχανία από την ραγδαία



εκβιομηχάνιση στην Ασία. Έπειτα, η Ευρωπαϊκή Ένωση την υιοθέτησε για να ενθαρρύνει τον εκσυγχρονισμό της βιομηχανίας στην Ευρώπη διατηρώντας τη διεθνή ανταγωνιστικότητα της. Από τότε, έχει γίνει ένα ιδιαίτερα σημαντικό και διαδεδομένο θέμα στον κόσμο των ερευνητικών κέντρων, των πανεπιστημίων, και των εταιριών (Hermann, et. al. 2016) και έχει γίνει αντικείμενο πολλών ευρωπαϊκών και εθνικών στρατηγικών (Santos et al., 2017).

Μερικοί ακόμη όροι που έχουν χρησιμοποιηθεί για να περιγράψουν το Industry 4.0 είναι οι Έξυπνες Εργοστασιακές Μονάδες (Smart Factories), το Βιομηχανικό Διαδίκτυο και το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IIoT).



**Εικόνα 1:** Η πορεία προς την 4η Βιομηχανική Επανάσταση

**Πηγή:** finite.com

Η βιομηχανία 4.0 αντιπροσωπεύει την εξέλιξη των παραδοσιακών βιομηχανιών προς την κατεύθυνση του Διαδικτύου των Πραγμάτων, των υπηρεσιών και των δεδομένων. Επιπλέον, η βιομηχανία 4.0 προσφέρει υψηλές προοπτικές για οικονομική ανάπτυξη, καθώς και αρκετές υποσχόμενες ευκαιρίες σε θέματα κοινωνικής και περιβαλλοντικής βιωσιμότητας (Kiel et al., 2017). Η ανάπτυξη των βιομηχανικών επαναστάσεων συνήθως αργεί να αυξήσει την παραγωγικότητα κατά τη διάρκεια της τεχνολογικής ανάπτυξής τους (von Tunzelmann, 2003). Αυτό σημαίνει ότι η υπάρχουσα τεχνολογία έχει φθάσει σε ένα σημείο κορεσμού και η νέα τεχνολογία είναι ακόμα σε αναπτυξιακό στάδιο. Ωστόσο, με την 4η βιομηχανική επανάσταση αναμένεται καλύτερη χρήση των πόρων, υψηλότερη ποιότητα προϊόντων και αύξηση της παραγωγικότητας (Santos et al., 2017). Μια μη

αναμενόμενη συνέπεια είναι η μεγαλύτερη ευελιξία στην παραγωγή και η μείωση των σειρών παραγωγής που περιοριζόταν μόνο σε ένα προϊόν.

Η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση στόχο έχει να εξελίξει τις συμβατικές μηχανές σε αυτοματοποιημένες και αυτόνομες μηχανές για να βελτιωθεί η διαχείριση της συντήρησής τους και η συνολική τους απόδοση. Η 4η βιομηχανική επανάσταση αποσκοπεί στη δημιουργία μιας έξυπνης, ανοιχτής πλατφόρμας παραγωγής για την διαχείριση δικτύων βιομηχανικών πληροφοριών, την παρακολούθηση της κατάστασης και της τοποθεσίας των προϊόντων καθώς και την παρακολούθηση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Σκοπός είναι μέσω του Industry 4.0 να επιτευχθεί ο πλήρης αυτοματισμός των διαδικασιών, η μείωση της ανθρώπινης εργασίας και της συμμετοχής στη διαδικασία παραγωγής και ο χειρισμός των διαδικασιών να εκτελείται εξολοκλήρου από μηχανές (Gadre & Deoskar, 2020). Οι όροι που έχουν δημιουργηθεί προκειμένου να περιγράψουν το Industry 4.0 αναφέρονται στη διασύνδεση διαδικασιών, υποδομών και προϊόντων σε πραγματικό χρόνο μέσω του διαδικτύου έτσι ώστε να επιτευχθεί μεγαλύτερη ευελιξία και απόδοση. Η ψηφιακή διασύνδεση πραγματοποιείται μέσω της εφαρμογής των αρχών των κυβερνοφυσικών συστημάτων, του Διαδικτύου των Πραγμάτων και άλλων προηγμένων τεχνολογιών και έξυπνων συστημάτων που δίνουν τη δυνατότητα αλληλεπίδρασης ανθρώπου και μηχανής (Kamble et al., 2018). Με την χρήση της τεχνολογίας πληροφοριών, διάφορα συστήματα συνδέονται εύκολα μεταξύ τους. Συστήματα παραγωγής που είναι αυτοπροσαρμόσιμα και αυτοελεγχόμενα διευκολύνουν την παραγωγή μικρότερων παρτίδων ακόμη και εξατομικευμένων προϊόντων (Enke et. al., 2018). Η επιρροή του Industry 4.0 στο περιβάλλον παραγωγής είναι σημαντική και έχει προκαλέσει ριζικούς μετασχηματισμούς στην εκτέλεση των λειτουργιών. Σε αντίθεση με τον παραδοσιακό προγραμματισμό που βασίζεται σε προβλέψεις, η βιομηχανία 4.0 επιτρέπει σε πραγματικό χρόνο τον προγραμματισμό του πλάνου παραγωγής και ταυτόχρονα προσφέρει τη δυνατότητα δυναμικής αυτοβελτίωσης (Enke et al., 2018).

Η πραγματική καινοτομία της 4η βιομηχανικής επανάστασης δεν οφείλεται μόνο στην εμφάνιση νέας τεχνολογίας, αλλά και στον συνδυασμό τεχνολογιών διαθέσιμων με νέους και διαφορετικούς τρόπους, προσφέροντας έτσι αμέτρητες καινούργιες δυνατότητες. Στο πλαίσιο του Industry 4.0, οι φυσικές οντότητες, όπως μηχανές, ανταλλακτικά, εξαρτήματα, προϊόντα, και άλλα, αποκτούν μια μοναδική ταυτότητα στο δίκτυο. Οι οντότητες αυτές μπορούν να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους ή να συνδέονται και υπάρχει η δυνατότητα προσομοίωσης της αλληλεπίδρασή τους και διαφορετικά συστήματα δύναται να ενσωματωθούν εικονικά, να βελτιστοποιηθούν και να δοκιμαστούν (Drath et. al., 2014). Οι απλές μηχανές μετατράπηκαν σε μηχανές που διαθέτουν γνώση και είναι ικανές να αυτοεκπαιδευτούν με σκοπό τη βελτίωση της διαχείριση της συντήρησής τους και της συνολικής τους απόδοσης (Schuh et al., 2018). Το Industry 4.0 και οι συναφείς έννοιες, όπως τα κυβερνοφυσικά συστήματα (Cyber Physical Systems -CPS), το Έξυπνο Εργοστάσιο (Smart Factory), το Διαδίκτυο των Υπηρεσιών (Internet of Services - IoS) και το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of Things -IoT) (Lasi et al.,

2014), έχουν προκαλέσει αλλαγή στο μοντέλο οργάνωσης της εργασίας, στην τεχνολογία παραγωγής (Valdez et al., 2015) και στα επιχειρηματικά μοντέλα.

## **Η 5η Βιομηχανική Επανάσταση**

Η 5η βιομηχανική επανάσταση αφορά στην προώθηση κοινωνικών στόχων στην βιομηχανία πέρα από απλά τη δημιουργία θέσεων εργασίας και την ανάπτυξη, βάζει την ευημερία του εργαζομένου στο επίκεντρο της διαδικασίας παραγωγής και προωθεί μια παραγωγή που σέβεται τα όρια του πλανήτη.

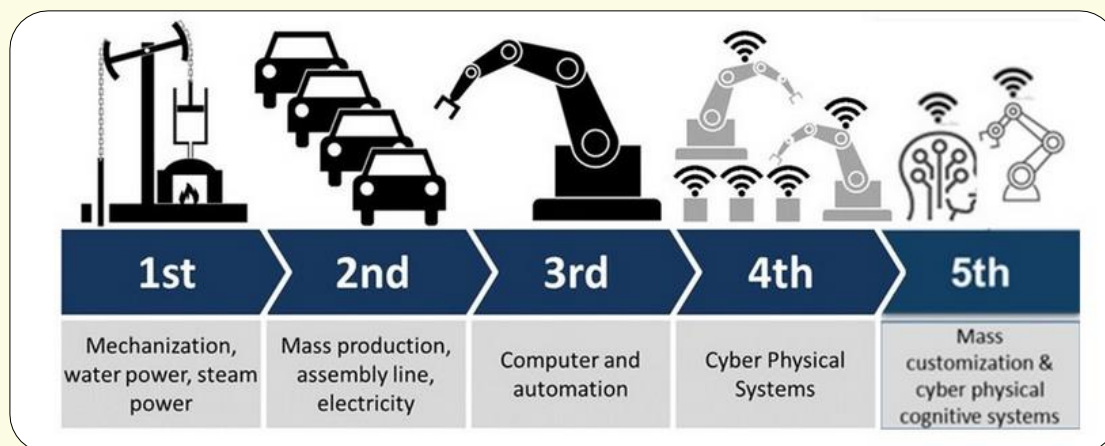
Η 5η Βιομηχανική Επανάσταση εισήχθη βάσει της υπόθεσης ότι η 4η Βιομηχανική Επανάσταση επικεντρώνεται λιγότερο στην κοινωνική δικαιοσύνη και στις αρχές της βιωσιμότητας και περισσότερο στην ψηφιοποίηση και στις τεχνολογίες της τεχνητής νοημοσύνης που αφορούν την βελτίωση της ευελιξίας και της αποτελεσματικότητας της παραγωγής.

Η έννοια της 5ης Βιομηχανικής Επανάστασης διαφέρει σε σχέση με τις προηγούμενες βιομηχανικές επαναστάσεις και αναδεικνύει την σπουδαιότητα της καινοτομίας και της έρευνας για την προώθηση μιας βιομηχανίας που ευημερεί με βάση τα οικολογικά όρια του πλανήτη και εξυπηρετεί την ανθρωπότητα (Breque et al., 2021).

Πριν την σύλληψη της ιδέας της 5ης Βιομηχανικής Επανάστασης, υπήρχαν συζητήσεις για την «Εποχή της Επαύξεσης», που άνθρωποι και μηχανές συνυπάρχουν και συνεργάζονται με αρμονία (Longo et al., 2020). Καθώς η τεχνολογική πρόοδος επηρεάζει το πως δημιουργείται και μεταδίδεται η αξία, είναι αναγκαίο αυτές οι τεχνολογίες να σχεδιαστούν λαμβάνοντας υπόψη τις μελλοντικές κοινωνικές αξίες. Η εμφάνιση αυτών των μεταβολών και η ανακύπτουσα ανάγκη για ερωτήματα σχετικά με την καινοτομία που φέρνει η τεχνολογία, απαιτεί από τον βιομηχανικό τομέα να επανεξετάσει τον ρόλο και τη θέση του στην κοινωνία (Zhong et al., 2017), λαμβάνοντας υπόψη την κοινωνική δικαιοσύνη και άλλες κοινωνικές αξίες.

Οι πολιτικές προτεραιότητες που έχουν δοθεί στην Ευρώπη έχουν επηρεάσει την εξέλιξη της βιομηχανίας. Η μετάβαση σε μια οικονομία που βασίζεται στην ανακύκλωση, στην πράσινη ενέργεια και στη χρήση βιώσιμων πόρων είναι επιτακτική λόγω της Πράσινης Συμφωνίας. Οι τρεις βασικές αξίες της 5ης βιομηχανικής επανάστασης είναι η ανθεκτικότητα, η βιωσιμότητα και η ανθρωποκεντρικότητα (Breque et al., 2021). Η παραγωγική διαδικασία αντιμετωπίζεται με ανθρωποκεντρικό τρόπο, τονίζοντας τα ενδιαφέροντα και τις βασικές ανάγκες των ανθρώπων μεταφέροντας την έμφαση από την τεχνολογική πρόοδο σε μια πλήρως κοινωνικά προσανατολισμένη και ανθρωποκεντρική προσέγγιση. Αυτό σημαίνει ότι οι εργαζόμενοι αντιμετωπίζονται πλέον ως επένδυση για τις επιχειρήσεις και όχι σαν έξοδα.

Οι τεχνολογίες που θα χρησιμοποιηθούν θα πρέπει να εξυπηρετούν την κοινωνία και τους ανθρώπους που την απαρτίζουν δημιουργώντας ένα ασφαλές περιβάλλον εργασίας που λαμβάνει υπόψη την ποικιλομορφία και τις ανάγκες των εργαζομένων και που θα δίνει προτεραιότητα στην ψυχική και σωματική υγεία καθώς και στη διαφύλαξη των θεμελιωδών δικαιωμάτων των εργαζομένων.



**Εικόνα 2:** Η εξέλιξη προς την 5η Βιομηχανική Επανάσταση

Πηγή: kiet group of institutions

## 2.2 Σχεδιαστικές Αρχές της 4<sup>ης</sup> Βιομηχανικής Επανάστασης

Η 4η βιομηχανική επανάσταση, βασίζεται σε έξι αρχές σχεδιασμού. Αυτές οι αρχές λαμβάνονται υπόψη από παραγωγικές επιχειρήσεις και βιομηχανίες κατά την ψηφιοποίηση ή αυτοματοποίηση των διαδικασιών παραγωγής τους.

### **Διαλειτουργικότητα (Interoperability):**

Ένα σημαντικό εργαλείο για την υλοποίηση της τεχνολογίας Industry 4.0. αποτελεί η διαλειτουργικότητα. Η διαδικασία παραγωγής δεν είναι απλά ένα στατικό σύνολο βημάτων και μεθόδων που ακολουθούνται, αλλά απαιτεί τη συνεργασία και αλληλεπίδραση των διαφόρων στοιχείων που συμμετέχουν σε ένα περιβάλλον παραγωγής. Η διαλειτουργικότητα είναι αναγκαία για την απρόσκοπτη συνεργασία των διαφόρων οντοτήτων που συμμετέχουν στην παραγωγική διαδικασία, όπως οι μηχανές, οι άνθρωποι και οι διαδικασίες. Με τη χρήση του Internet of Things (IoT), των Cyber-Physical Systems (CPS) και του Internet of Services (IoS), άνθρωποι και εταιρίες συνδέονται μεταξύ τους (Hermann et al., 2016). Η δυνατότητα να αλληλοεναλλάσσονται μηχανήματα από διαφορετικούς κατασκευαστές και σε διαφορετικά περιβάλλοντα μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένη διάρκεια ζωής των μηχανημάτων και στη μείωση του όγκου των αχρησιμοποίητων μηχανημάτων μέσω

εσωτερικών ή βιομηχανικών συναλλαγών. Ταυτόχρονα, επιτρέπει στις εταιρίες που χρησιμοποιούν τελευταίας τεχνολογίας μηχανήματα να εκμεταλλευτούν την απόδοση τους χωρίς την ανάγκη να αλλάξουν τις διαδικασίες παραγωγής τους (Carvalho et al, 2018). Ένα παράδειγμα είναι η συναρμολόγηση προϊόντων, όπου οι σταθμοί συναρμολόγησης δεν θα πρέπει να θεωρούνται απλά ως αυτόνομα μέρη της διαδικασίας παραγωγής, αλλά ως μέρη ενός συνολικού συστήματος παραγωγής που συνεργάζονται ευέλικτα και αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Η διαλειτουργικότητα επιτυγχάνεται μέσω του Διαδικτύου των Αντικειμένων (IoT), που επιτρέπει στα διάφορα στοιχεία του περιβάλλοντος παραγωγής να συνδέονται και να επικοινωνούν μεταξύ τους.

### **Εικονικοποίηση (Virtualisation):**

Η εικονικοποίηση επιτρέπει στα Cyber-Physical Systems (CPS), να παρακολουθούν φυσικές διεργασίες και να συνδέονται με εικονικά μοντέλα των εργοστασίων και με μοντέλα προσομοίωσης, δημιουργώντας έτσι έναν εικονικό κόσμο που αντιγράφει την πραγματικότητα (Hermann et al., 2016). Στα πλαίσια της τεχνολογίας Industry 4.0, οι σχεδιαστές και οι μηχανικοί μπορούν να προσαρμόσουν και να αλλάξουν παραγωγικές διαδικασίες σε ένα εικονικό περιβάλλον, χρησιμοποιώντας δεδομένα που λαμβάνονται από αισθητήρες πραγματικών διεργασιών και φυσικών μηχανών. Αυτό επιτρέπει στις παραγωγικές επιχειρήσεις να δοκιμάσουν αλλαγές και αναβαθμίσεις στα εικονικά μοντέλα τους, χωρίς να επηρεάσουν τις φυσικές διαδικασίες. Με τη χρήση ενός εικονικού διδύμου οι επιχειρήσεις μπορούν να βελτιώσουν σημαντικά τις διαδικασίες παραγωγής, να δημιουργήσουν νέες διαδικασίες και προϊόντα και να μειώσουν τον χρόνο κερδοφορίας τους. Η εικονικοποίηση δημιουργεί έναν πιο εύκολο τρόπο για την παρακολούθηση των πρακτικών παραγωγής, οδηγώντας στη μείωση των βιομηχανικών αποβλήτων και στην εφαρμογή βέλτιστων πρακτικών. Αυτή η ευκολία στην εφαρμογή των καλύτερων πρακτικών μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για περιβαλλοντικές πρακτικές και για την αύξηση των ευκαιριών ανακύκλωσης, καθώς το εικονικό προϊόν μπορεί να επικοινωνεί την κατάστασή του, επιτρέποντας στην εταιρία να προσφέρει την αντικατάσταση του (Carvalho et al, 2018).

### **Αποκέντρωση (Decentralisation):**

Η αυτονομία στη λήψη αποφάσεων είναι μια από τις βασικές αρχές του Industry 4.0, καθώς επιτρέπει στα διάφορα συστήματα του έξυπνου εργοστασίου να δρουν ανεξάρτητα αλλά συνεργατικά χωρίς όμως να αποκλίνουν από τον κοινό τους στόχο. Με αυτό τον τρόπο, το Industry 4.0 επιτρέπει στις επιχειρήσεις να λαμβάνουν πιο αυστηρές και ακριβείς αποφάσεις, μειώνοντας το κόστος παραγωγής και βελτιώνοντας την απόδοση. Επίσης με τη δυνατότητα αποκεντρωμένης λήψης αποφάσεων, γίνεται καλύτερη χρήση των διαθέσιμων πόρων (Carvalho et al, 2018). Στόχος είναι η αυτόνομη λήψη αποφάσεων των CPS, με τους εργαζόμενους να μπορούν να λαμβάνουν αποφάσεις για τετριμμένα

θέματα και να προσαρμόζουν τις στρατηγικές τους με βάση τις αλλαγές και τις καταστάσεις στο εργασιακό περιβάλλον χωρίς να παραβιάζουν τις οργανωτικές αρχές (Shamim et al., 2017). Ενσωματωμένοι υπολογιστές δίνουν την δυνατότητα στα CPS να λειτουργούν αυτόνομα, να αλληλεπιδρούν με το περιβάλλον μέσω ενεργοποιητών και αισθητήρων και να προσαρμόζουν τις διαδικασίες σε κάθε μεμονωμένη παραγγελία. Αυτό επιτρέπει την παραγωγή προϊόντων χαμηλού κόστους προσαρμοσμένων ανά παραγγελία (Tantik, 2015). Η αυξανόμενη ζήτηση για εξατομικευμένα προϊόντα δυσκολεύει τον κεντρικό έλεγχο των συστημάτων, αλλά η χρήση ενσωματωμένων υπολογιστών επιτρέπει στα Cyber-Physical Systems (CPS) να λαμβάνουν αυτόνομες αποφάσεις. Για τη διασφάλιση της ποιότητας και της ανιχνευσιμότητας όμως απαιτείται η συνεχής παρακολούθηση του συνόλου του συστήματος (Hermann et al., 2016).

#### **Δυνατότητα λειτουργίας σε πραγματικό χρόνο (Real-time capability):**

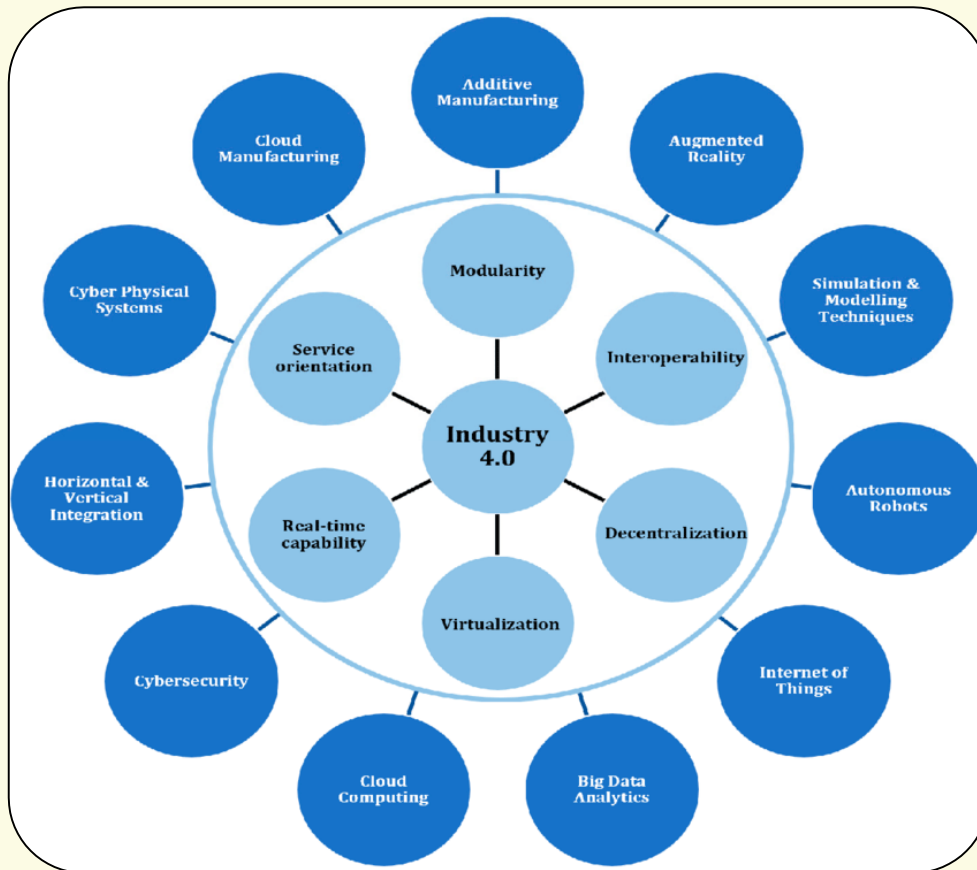
Οι προσπάθειες της 4ης βιομηχανικής επανάστασης επικεντρώνονται στην υλοποίηση της παραγωγής και της διαχείρισης σε πραγματικό χρόνο, την παρακολούθηση των διαδικασιών και την ανατροφοδότηση. Σε πραγματικό χρόνο, τα συστήματα συλλέγουν, επεξεργάζονται και αναλύουν δεδομένα και έτσι η λήψη αποφάσεων και οι διαγνώσεις είναι άμεσες. Οποιαδήποτε αλλαγή στην αλυσίδα παραγωγής υλοποιείται άμεσα, είτε μέσω των υπαρχόντων πόρων και του εξοπλισμού, είτε μέσω συνεργασίας με άλλα έξυπνα εργοστάσια. Το σύστημα θα αναλύσει τις απαιτήσεις και θα διασφαλίσει τη διάθεση των απαραίτητων πόρων και του εξοπλισμού, εξετάζοντας ταυτόχρονα διαδικασίες που δεν είναι διαθέσιμες στο εργοστάσιο (Penas et al., 2017). Για την υλοποίηση όλων αυτών, το σύστημα θα πρέπει να είναι υψηλά δομημένο. Επιπλέον, οποιοσδήποτε διαταραχές θα ανιχνεύονται άμεσα και ολόκληρο το σύστημα θα είναι σε θέση να ανακάμψει γρήγορα. Για να εκτελούνται οι οργανωτικές εργασίες αποτελεσματικά, είναι αναγκαίο να συλλέγονται και να αναλύονται δεδομένα σε πραγματικό χρόνο. Στο έξυπνο εργοστάσιο, η κατάσταση του εργοστασίου παρακολουθείται συνεχώς και αναλύεται, επιτρέποντας την άμεση αντίδραση του εργοστασίου σε πιθανές βλάβες μηχανών και την ανακατεύθυνση των προϊόντων σε άλλες μηχανές (Hermann et al., 2016). Η δυνατότητα λειτουργίας σε πραγματικό χρόνο έχει πολλά οφέλη, όπως η βελτίωση της προσαρμοστικότητας στις καμπύλες ζήτησης, η καλύτερη εκμετάλλευση των πόρων και η πιο γρήγορη ανταπόκριση σε αλλαγές στην ενεργειακή προσφορά. Με την αλλαγή της συμπεριφοράς των πελατών, είναι δυνατόν να αποφευχθεί η υπερπαραγωγή και να διατηρηθεί η ισορροπία της παραγωγής (Carvalho et al, 2018).

### **Υπηρεσιο-Κεντρικός Σχεδιασμός Αρχιτεκτονική (Service Orientation):**

Η Κεντρική Εξυπηρέτηση (Service Orientation), αναφέρεται στη μετάβαση βιομηχανιών κατασκευής από το να παράγουν μόνο προϊόντα στο να παράγουν και υπηρεσίες, με έμφαση στο να αποκτήσουν κέρδος πουλώντας υπηρεσίες (Fischer et al., 2012). Στα πλαίσια αυτά, υπηρεσίες ενός CPS μιας εταιρίας ή το προσωπικό, εργάζονται σαν ένα σύνολο, ενσωματώνονται στα τελικά προϊόντα τα οποία έχουν την δυνατότητα να ανταποκριθούν στις ανάγκες των πελατών ή των παραγγελιών μέσω του διαδικτύου και παρέχουν άμεσες αυτοματοποιημένες ανταποκρίσεις επικεντρωμένες στις απαιτήσεις. Μια τέτοια στρατηγική βελτιώνει τις βασικές διαδικασίες και ενθαρρύνει την καινοτομία. Η τεχνολογία του Internet of Things (IoT) δημιουργεί δυνατότητες για την παροχή νέων υπηρεσιών, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν από προγράμματα ή υπηρεσίες τρίτων. Ωστόσο, τα έξυπνα εργοστάσια θα συνεχίσουν να απαιτούν τη χρήση τόσο εσωτερικών όσο και εξωτερικών υπηρεσιών, γεγονός που καθιστά την τεχνολογία του IoT ένα ζωτικό συστατικό για το Industry 4.0.

### **Δομοστοιχειοθέτηση (Modularity):**

Μια βασική αρχή στον σχεδιασμό της βιομηχανίας 4.0 είναι η Δομοστοιχειοθέτηση, η οποία παρέχει ευελιξία και επιτρέπει στα έξυπνα εργοστάσια να προσαρμόζονται εύκολα στις αλλαγές, στις συνθήκες και στις απαιτήσεις. Στον σχεδιασμό και την παραγωγή προϊόντων, γραμμών παραγωγής και παραγωγικών συστημάτων, τα έξυπνα εργοστάσια διαθέτουν την ευελιξία και την ευκολία της προσαρμογής, επιτρέποντας στις παραγωγικές μονάδες να αντικαθιστούν μεμονωμένες γραμμές παραγωγής χωρίς να επηρεάζουν την κυρίαρχη δομή της παραγωγής. Η Δομοστοιχειοθέτηση είναι καίρια για την εξασφάλιση της συνέχειας της παραγωγής και της ικανότητας προσαρμογής σε νέες απαιτήσεις. Τα δομοστοιχειωτά συστήματα είναι ευέλικτα και μπορούν να προσαρμοστούν σε αλλαγές απαιτήσεων, αντικαθιστώντας ή προσθέτοντας μεμονωμένες μονάδες. Έτσι, είναι εύκολο να προσαρμοστούν σε εποχιακές διακυμάνσεις ή αλλαγές χαρακτηριστικών προϊόντων. Στο έξυπνο εργοστάσιο μπορούν να προστεθούν νέα στοιχεία χρησιμοποιώντας την αρχή Plug & Play. Τα νέα στοιχεία αναγνωρίζονται αυτόματα και μπορούν να χρησιμοποιηθούν αμέσως μέσω του Internet of Things (IoT), βασιζόμενα σε κανονικοποιημένες διεπαφές λογισμικού και υλικού (Hermann et al., 2016).



**Εικόνα 3:** Οι Αρχές Σχεδιασμού στη Βιομηχανία 4.0

**Πηγή:** (Butt, 2020)

### 3. Η Τεχνητή Νοημοσύνη στην Βιομηχανία 4.0

#### 3.1 Εννοιολογική Προσέγγιση της Τεχνητής Νοημοσύνης

Η τεχνητή νοημοσύνη (Artificial Inteligence - AI) αποτελεί έναν κλάδο της επιστήμης της πληροφορικής που επιδιώκει να δημιουργήσει ευφυή υπολογιστικά συστήματα. Αυτά τα συστήματα προσπαθούν να προσομοιώσουν την ανθρώπινη συμπεριφορά και νοημοσύνη. Οι μηχανές με τη χρήση της τεχνητής νοημοσύνης, μπορούν να προσαρμόζονται σε νέα δεδομένα που εισέρχονται στο σύστημα και να μαθαίνουν από εμπειρίες. Οι ορισμοί της τεχνητής νοημοσύνης με την πάροδο του χρόνου αλλάζουν καθώς αυτή εξελίσσεται. Για παράδειγμα, στην έρευνα του Turing το 1950, η τεχνητή νοημοσύνη ορίζεται ως η δυνατότητα των μηχανών να απαντούν σε ερωτήματα με τρόπο που δημιουργείται η εντύπωση ότι συνομιλεί κάποιος όχι με μηχανή αλλά με έναν άνθρωπο (Davenport & Ronanki, 2018). Ένας άλλος ορισμός της τεχνητής νοημοσύνης αναφέρεται σε μια έξυπνη μηχανή που είναι ικανή να αντιλαμβάνεται το περιβάλλον της και να αναλαμβάνει δράσεις που βοηθούν στην επίτευξη στόχων (Russell & Norvig, 2002). Μια ακόμη ερμηνεία της



τεχνητής νοημοσύνης δόθηκε από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, η οποία αναφέρει ότι αυτά τα συστήματα εμφανίζουν έξυπνη συμπεριφορά και αναλύουν το περιβάλλον τους, παίρνοντας αποφάσεις με έναν βαθμό αυτονομίας για την επίτευξη συγκεκριμένων στόχων (European Commission, 2018).

Η τεχνητή νοημοσύνη είναι μια από τις πλέον μετασχηματιστικές τεχνολογίες της εποχής μας, αφού η συνεχής πρόοδος της τεχνολογίας και η αυξανόμενη διαθεσιμότητα δεδομένων επιτρέπουν την επεξεργασία και ανάλυση τεράστιων ποσοτήτων πληροφοριών από τις μηχανές. Οι εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης έχουν οδηγήσει σε μετασχηματιστικές αλλαγές στον τρόπο που αντιλαμβανόμαστε και χρησιμοποιούμε την τεχνολογία. Η υιοθέτηση της τεχνητής νοημοσύνης έχει φέρει σημαντικά οφέλη σε πολλούς κλάδους, όπως στη βιομηχανία, στα χρηματοοικονομικά, στην υγειονομική περίθαλψη, στην εκπαίδευση και στις μεταφορές, διότι βελτιώνει την αποτελεσματικότητα και μειώνει το κόστος, καθιστώντας την τεχνολογία αυτή ένα σημαντικό εργαλείο για την επίτευξη επιτυχημένων αποτελεσμάτων.

### 3.2 Η Εξέλιξη της Τεχνητής Νοημοσύνης

Η τεχνητή νοημοσύνη χρονολογείται από το 1943, όταν παρουσιάστηκε στο Πανεπιστήμιο του Σικάγο ένα μοντέλο τεχνητών νευρώνων από τους McCulloch και Pitts το οποίο ήταν ικανό να μάθει και να υπολογίζει. Ο Alan Turing υπήρξε μία από τις σημαντικότερες προσωπικότητες στον τομέα της τεχνητής νοημοσύνης. Κατά τον Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο, εργαζόταν στο Bletchley Park και συνέβαλε στην αποκρυπτογράφηση των κωδικών των Ναζί. Μετά την ολοκλήρωση του πολέμου, ανέπτυξε την ιδέα της δημιουργίας ενός υπολογιστικού συστήματος που θα μπορούσε να σκεφτεί και να ενεργεί με παρόμοιο τρόπο με τον ανθρώπινο εγκέφαλο. Το 1950, δημοσίευσε την έρευνά του με τίτλο «Computing Machinery and Intelligence», η οποία ήταν από τις πρώτες εργασίες που εξέτασαν την δυνατότητα που έχουν οι μηχανές να σκέφτονται όπως οι άνθρωποι. Ο Alan Turing αναφέρει την δοκιμή Turing, η οποία έχει σκοπό να διαπιστώσει εάν μια μηχανή μπορεί να συμμετάσχει σε μια συνομιλία με ανθρώπους και να πείσει τους ανθρώπους ότι είναι αυτή που συνομιλεί μαζί τους, με τρόπο παρόμοιο με αυτόν που ένας άνθρωπος θα μπορούσε να το κάνει.

Το 1956 σε διάσκεψη που διεξήχθη στο Dartmouth College στο Ανόβερο του Νιού Χάμσαϊρ, ο John McCarthy χρησιμοποίησε για πρώτη φορά το όρο Τεχνητή Νοημοσύνη. Το 1957, αναπτύχθηκε ο αλγόριθμος General Problem Solver (GPS) από τους Newell και Simon, που αποσκοπούσε στη λύση σχεδόν οποιουδήποτε λογικού προβλήματος. Η μέθοδος που χρησιμοποίησαν βασιζόταν στην ιδέα ότι πρέπει πρώτα να καθοριστεί αυτό που πρέπει να γίνει και έπειτα να επιλεγεί ο κατάλληλος τρόπος για να επιτευχθεί. Αν και αυτή η μέθοδος λειτουργούσε για απλά προβλήματα, έπειτα κατάλαβαν ότι δεν θα μπορούσαν να την εφαρμόσουν με έναν τόσο γενικό τρόπο. Παρόλα αυτά, κατά τη δεκαετία αυτή όλοι ήταν αισιόδοξοι για την πορεία της τεχνητής νοημοσύνης. Την δεκαετία αυτή, εμφανίστηκαν εφαρμογές τεχνητής νοημοσύνης και αναπτύχθηκε το 1958 από τον John McCarthy η γλώσσα προγραμματισμού Lisp που αποτέλεσε σημαντικό επίτευγμα καθώς ήταν η πρώτη

γλώσσα συναρτησιακού προγραμματισμού και αποτέλεσε βασικό εργαλείο της τεχνητής νοημοσύνης για περισσότερα από 30 χρόνια (Russell & Norvig, 2003) αφού συνέβαλε στη δημιουργία εφαρμογών τεχνητής νοημοσύνης. Την ίδια περίοδο έμφαση δόθηκε στην μηχανική όραση και στην κατανόηση προφορικού λόγου (Natural Language Processing). Ο Arthur Samuel το 1959 εισήγαγε τον όρο Μηχανική Μάθηση επιταχύνοντας έτσι την ανάπτυξη της αδύναμης τεχνητής νοημοσύνης (Bowling et al., 2006).

Ενδιαφέρον παρουσιάζει το ότι την δεκαετία του '60, η κυβέρνηση και οι επιχειρήσεις απογοητεύτηκαν από την ανάπτυξη της τεχνητής νοημοσύνης, πράγμα το οποίο οδήγησε σε μείωση της χρηματοδότησης για τις μελέτες σε αυτόν τον τομέα. Το 1965 διενεργήθηκε μια έρευνα με σκοπό να αναδειχθούν τα βασικά προβλήματα που αντιμετώπιζε η ισχυρή τεχνητή νοημοσύνη. Στο βιβλίο του, ο Hubert Dreyfus επισήμανε πως υπάρχει μια περιοχή στον ανθρώπινο εγκέφαλο η οποία λειτουργεί με τρόπο που οι υπολογιστές δεν έχουν την δυνατότητα να μιμηθούν (Dreyfus, 1965). Το 1965 ο Έντουαρτ Φάιγκενμπαουμ μετά από 10 χρόνια προσπάθειας δημιούργησε το Dendral, που ήταν ικανό χρησιμοποιώντας ενδείξεις από επιστημονικά εργαλεία να αναγνωρίσει τη μοριακή δομή οργανικών ενώσεων. Αυτό αποτέλεσε το πρώτο επαγγελματικό σύστημα. Το 1966 δημιουργήθηκε από τον Ντόναλντ Μίτσι και άλλους ερευνητές στο Εδιμβούργο το Εργαστήριο Μηχανικής Νοημοσύνης, που ήταν το πρώτο από μια σειρά σημαντικών εργαστηρίων που ιδρύθηκαν. Ο Frank Rosenblatt το 1967 κατασκεύασε το Mark 1 Perceptron, που ήταν ο πρώτος υπολογιστής βασισμένος σε ένα νευρωνικό δίκτυο που "μαθαίνει" μέσω δοκιμής και σφάλματος. Οι Marvin Minsky και Seymour Papert, μόλις έναν χρόνο αργότερα, δημοσίευσαν το βιβλίο τους με τίτλο «Perceptrons», που γίνεται το σημείο αναφοράς για τα νευρωνικά δίκτυα.

Στα μέσα του '70, ανανεώθηκε το ενδιαφέρον για την τεχνητή νοημοσύνη λόγω των εμπορικών εφαρμογών των έμπειρων συστημάτων, για παράδειγμα μηχανές τεχνητής νοημοσύνης που διέθεταν αποθηκευμένη γνώση σε εξειδικευμένους τομείς μπορούσαν να εξαγάγουν γρήγορα λογικά συμπεράσματα και μπορούσαν να αντιμετωπίσουν προβλήματα σαν να ήταν ειδικοί στους αντίστοιχους τομείς. Ταυτόχρονα, η γλώσσα προγραμματισμού Prolog καθιέρωσε τη συμβολική τεχνητή νοημοσύνη, ενώ στις αρχές του '80, οι πιο ισχυροί και πολύπλευροι αλγόριθμοι νευρωνικών δικτύων, όπως τα δίκτυα Hopfield και τα πολυεπίπεδα perceptron, αναπτύχθηκαν. Επιπλέον, γενετικοί αλγόριθμοι και σχετικές με αυτά μέθοδοι αναπτύχθηκαν υπό την ομπρέλα του εξελικτικού υπολογισμού και χρησιμοποιήθηκαν για να επιλύσουν προβλήματα σε πολλούς τομείς.

Κατά τη δεκαετία του 1980, φαίνεται ότι υπήρξε μια αλλαγή στην τάση σχετικά με την τεχνητή νοημοσύνη, καθώς παρατηρήθηκε αύξηση στη χρηματοδότηση που οδήγησε σε ανάπτυξη υλικού και λογισμικού στον τομέα αυτόν. Σε αυτή τη δεκαετία οι νευρωνικοί αλγόριθμοι που χρησιμοποιούν backpropagation για την εκπαίδευσή τους έγιναν ευρέως διαδεδομένοι στις εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης.

Κατά τη δεκαετία του '90, με την εμφάνιση του διαδικτύου, οι έξυπνοι πράκτορες, που αποτελούνταν από αυτόνομο λογισμικό τοποθετημένο σε συγκεκριμένα περιβάλλοντα με τα οποία αλληλεπιδρούσαν, απέκτησαν μεγάλη

δημοτικότητα λόγω της ευκολίας που παρείχαν στους χρήστες για την παροχή βοήθειας, τη συλλογή και ανάλυση δεδομένων καθώς και την αυτοματοποίηση εργασιών. Η τεχνητή νοημοσύνη και ιδιαίτερα η ανακάλυψη γνώσης και η μηχανική μάθηση επηρεάστηκαν από τη στατιστική και τη θεωρία πιθανοτήτων. Αρχικά η νέα κίνηση αυτή στην τεχνητή νοημοσύνη έγινε με τα δίκτυα πεποιθήσεων, τα οποία στη συνέχεια συνδέθηκαν με στατιστικά εργαλεία και εργαλεία μηχανικής, όπως τα κρυμμένα μαρκοβιανά μοντέλα και τα φίλτρα Κάλμαν. Αυτή η πιθανοκρατική προσέγγιση διαθέτει ένα υποσυμβολικό χαρακτήρα καλύπτοντας τις 3 κύριες μεθόδους της υπολογιστικής νοημοσύνης, τον εξελικτικό υπολογισμό, την ασαφή λογική και τα νευρωνικά δίκτυα. Μετά το 1993, οι πρωτοβουλίες που αφορούσαν την τεχνητή νοημοσύνη εξελίχθηκαν σε ένα επίπεδο περιεχομένου και μεθοδολογίας, επικεντρώνονταν σε ξεχωριστά προβλήματα που επιδίωκαν να επιλύθουν με υψηλά επιστημονικά πρότυπα. Στο πλαίσιο αυτό, η τεχνητή νοημοσύνη συνεργαζόταν με άλλους τομείς, όπως η πληροφορική, η μηχανική, η οικονομία, οι μαθηματικές επιστήμες και άλλους κλάδους.

Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 2000 υπήρξε πρόοδος στην εξέλιξη των αλγορίθμων και η χωρητικότητα των ηλεκτρονικών υπολογιστών αυξήθηκε σημαντικά. Παράλληλα, κατά την ίδια χρονική περίοδο, δημιουργήθηκαν εμπορικές εφαρμογές τεχνητής νοημοσύνης. Το 2005 υλοποιήθηκε πρόγραμμα που ήταν ικανό να προσομοιώσει σε μοριακό επίπεδο τον εγκέφαλο. Αργότερα, εμφανίστηκαν αρκετές καινοτόμες εφαρμογές τεχνητής νοημοσύνης. Η Google, για παράδειγμα, δημιούργησε το 2009 αυτόνομα οχήματα, ενώ το Google Now και το Siri αποτέλεσαν μερικές από τις ενδιαφέρουσες εφαρμογές που αναπτύχθηκαν από το 2011 έως το 2014. Αυτές οι εφαρμογές έκαναν την τεχνητή νοημοσύνη πιο οικεία και προσιτή στο ευρύ κοινό. Το 2018, η Ευρωπαϊκή Ένωση προχώρησε στην ανάπτυξη ενός συντονισμένου σχεδίου δράσης για την τεχνητή νοημοσύνη και ανακοίνωσε για την περίοδο 2018-2020 επενδύσεις ύψους 1,5 δισ. ευρώ (European Commission, 2018).

### 3.3 Κλάδοι της Τεχνητής Νοημοσύνης που συνέβαλαν στην Βιομηχανία 4.0

Η τεχνητή νοημοσύνη τα τελευταία χρόνια έχει γίνει ένα πεδίο με έντονο ενδιαφέρον για έρευνα, καθώς οι εφαρμογές της έχουν τεράστια σημασία σε αρκετούς τομείς της ζωής, όπως στην ιατρική, στην βιομηχανία και στην επιστήμη. Η AI περιλαμβάνει την ανάπτυξη συστημάτων που έχουν την δυνατότητα να εκτελούν διεργασίες που κανονικά απαιτούν ανθρώπινη νοημοσύνη όπως λήψη αποφάσεων, αυτόματη αναγνώριση φωνής και κειμένου και αναγνώριση προτύπων. Οι κλάδοι της τεχνητής νοημοσύνης είναι πολλοί και διαφορετικοί, καλύπτοντας μια ευρεία ποικιλία θεμάτων και προβλημάτων. Παρακάτω θα αναφερθούν οι κυριότεροι κλάδοι της τεχνητής νοημοσύνης που σχετίζονται με την βιομηχανία.

### 3.3.1 Μηχανική Μάθηση (Machine Learning)

Η Μηχανική Μάθηση είναι ένα υποπεδίο της τεχνητής νοημοσύνης που επικεντρώνεται στη σχεδίαση και ανάπτυξη υπολογιστικών συστημάτων που προσομοιάζουν το πώς σκέφτεται και μαθαίνει ο άνθρωπος. Η τεχνητή νοημοσύνη επιδιώκει γενικότερα τη μοντελοποίηση της ανθρώπινης νοημοσύνης και συμπεριφοράς, ενώ η Μηχανική Μάθηση εστιάζει στην ανάπτυξη αυτοματοποιημένων συστημάτων που μπορούν να μάθουν και να βελτιώσουν την απόδοσή τους μέσω της εκπαίδευσης. Ειδικότερα, η Μηχανική Μάθηση αποτελεί ένα επιστημονικό πεδίο που εξετάζει τη σχεδίαση και ανάπτυξη αλγορίθμων που μπορούν να εκπαιδευτούν με προηγούμενες εμπειρίες και γνώσεις, λαμβάνοντας ως είσοδο ένα σύνολο δεδομένων. Σκοπός αυτών των αλγορίθμων είναι να παραγάγουν καλύτερες αποφάσεις, να κάνουν προβλέψεις, να ανακαλύψουν συσχετίσεις ανάμεσα στα δεδομένα, να αναγνωρίσουν πρότυπα και να βελτιώσουν την απόδοσή τους. Η Μηχανική Μάθηση με την χρήση προγραμμάτων που χρησιμοποιούν αλγορίθμους που εκπαιδεύουν το σύστημα να ανταποκρίνεται σε νέα δεδομένα χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση μπορεί να επιλύσει πρακτικά προβλήματα (Samuel, 1959).

Για να εκπαιδευτεί ένα σύστημα και να αποκτήσει τις απαραίτητες γνώσεις και εμπειρίες, ακολουθούνται δύο βασικές φάσεις. Η πρώτη φάση είναι η εκπαίδευση, κατά την οποία λαμβάνεται ένα δείγμα δεδομένων από το σύνολο των διαθέσιμων δεδομένων και δημιουργείται ένα μοντέλο. Η δεύτερη φάση είναι ο έλεγχος, όπου το μοντέλο εφαρμόζεται στα υπόλοιπα δεδομένα για να ελεγχθεί η απόδοσή του.

Η Μηχανική Μάθηση διακρίνεται σε τρεις κατηγορίες που αντιστοιχούν στον τρόπο με τον οποίο μαθαίνει ο άνθρωπος: στην μη επιβλεπόμενη μάθηση (unsupervised learning), στην επιβλεπόμενη μάθηση (supervised learning) και στην ενισχυτική μάθηση (reinforcement learning).

#### **Επιβλεπόμενη Μάθηση (Supervised Learning):**

Η επιβλεπόμενη μάθηση είναι μια μέθοδος μηχανικής μάθησης όπου το σύστημα εκπαιδεύεται να αναγνωρίζει τη σχέση μεταξύ εισόδων και εξόδων, χρησιμοποιώντας ένα σύνολο δεδομένων εκπαίδευσης που περιλαμβάνει εισόδους και τις αντίστοιχες επιθυμητές εξόδους τους. Στην επιβλεπόμενη μάθηση, ο αλγόριθμος μάθησης εκπαιδεύεται στο να προβλέπει την επιθυμητή έξοδο για νέες εισόδους, δηλαδή εισόδους που δεν εμφανίζονται στο σύνολο εκπαίδευσης. Συνεπώς, η επιβλεπόμενη μάθηση απαιτεί την ύπαρξη επισημασμένων εξόδων για κάθε είσοδο στο σύνολο εκπαίδευσης και ο αλγόριθμος μάθησης επιδιώκει να εκπαιδευτεί ώστε να προβλέπει ακριβείς εξόδους για νέες εισόδους που δεν έχει

δει προηγουμένως. Η επιβλεπόμενη μάθηση χρησιμοποιείται σε προβλήματα παλινδρόμησης και ταξινόμησης (Agrawal et. al, (1993).

**Η παλινδρόμηση** αποτελεί μια τεχνική για την μοντελοποίηση σχέσεων ανάμεσα σε ανεξάρτητες μεταβλητές - προβλέψεις και σε εξαρτημένες μεταβλητές - στόχους. Αυτή η τεχνική χρησιμοποιείται σε προβλήματα όπου οι τιμές των μεταβλητών είναι πραγματικές και συνεχείς και ο στόχος είναι η πρόβλεψη αριθμητικών τιμών βασισμένες σε δεδομένα εισόδου που είναι γνωστά.

Η **ταξινόμηση** αναφέρεται στην τεχνική που κατηγοριοποιεί τα δεδομένα σε διακριτές κλάσεις ή ομάδες. Κατά την ταξινόμηση, σύμφωνα με ένα εκπαιδευμένο μοντέλο, τα νέα αντικείμενα κατατάσσονται σε κλάσεις. Στα αντικείμενα ανατίθενται ετικέτες ώστε αυτά να ταξινομηθούν σε διακριτές κλάσεις και σε κάθε κλάση τα αντικείμενα να ταιριάζουν μεταξύ τους (Bhatia, 2019). Η ταξινόμηση χρησιμοποιείται προκειμένου να γίνει ταξινόμηση νέων δεδομένων σε κατηγορίες και για την ανακάλυψη σχέσεων μεταξύ δεδομένων, οι οποίες θα ήταν δύσκολο να ανακαλυφθούν με μη αυτόματους τρόπους από τους ανθρώπους (Deo, 2015).

### **Μη Επιβλεπόμενη Μάθηση (Unsupervised Learning)**

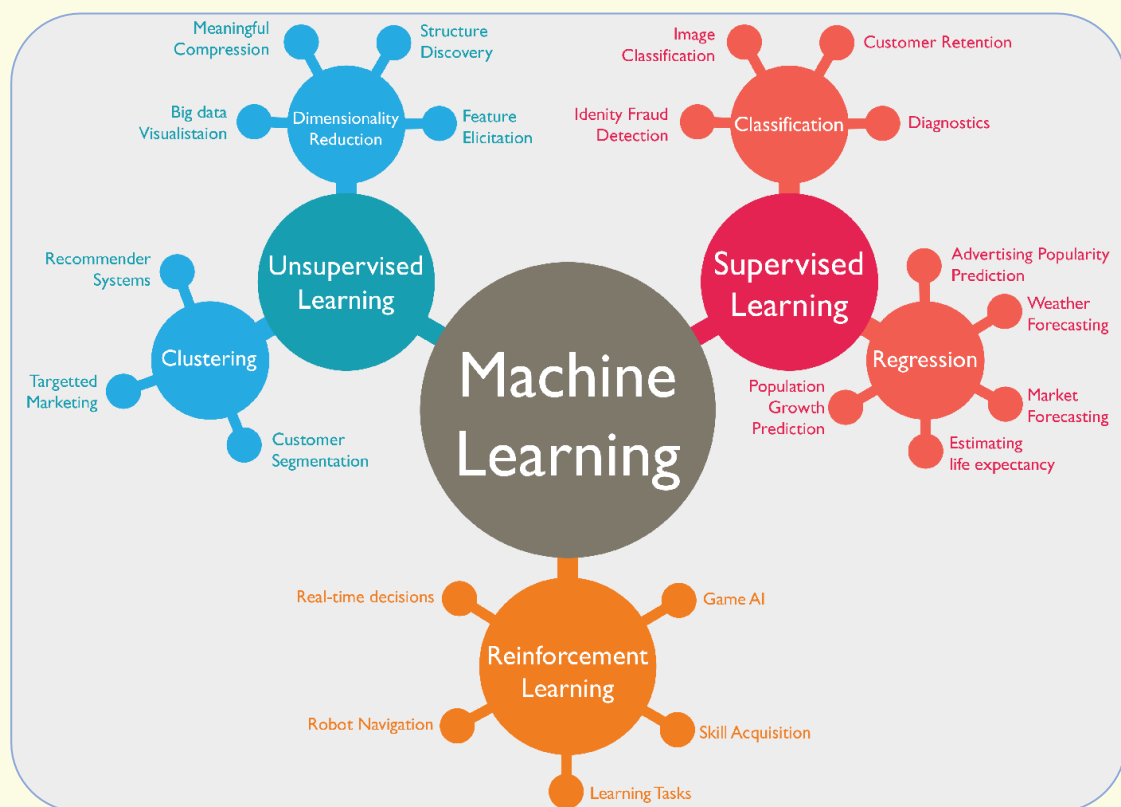
Στη μη επιβλεπόμενη μάθηση, κατασκευάζεται από τον αλγόριθμο ένα μοντέλο για ένα σύνολο εισόδων χωρίς να είναι γνωστές οι επιθυμητές έξοδοι, δηλαδή καταλήγει σε συμπεράσματα για τα δεδομένα χωρίς να γνωρίζει τις απαντήσεις. Τα δεδομένα στη μη επιβλεπόμενη μάθηση δεν είναι επισημασμένα ούτε ταξινομημένα και ο αλγόριθμος λειτουργεί χωρίς καθοδήγηση. Αντίθετα με την επιβλεπόμενη μάθηση, στη μη επιβλεπόμενη μάθηση η μηχανή δεν λαμβάνει καμία καθοδήγηση ούτε εκπαιδεύεται εκ των προτέρων, αλλά πρέπει να ανακαλύψει μόνη της τη δομή των μη επισημασμένων δεδομένων. Ο στόχος της μη επιβλεπόμενης μάθησης είναι να ομαδοποιηθούν τα ασαφή δεδομένα βάσει των διαφορών και των ομοιοτήτων τους χωρίς να απαιτείται προηγούμενη εκπαίδευση των δεδομένων (Mohammed et. al, 2016). Η μη επιβλεπόμενη μάθηση χρησιμοποιείται σε προβλήματα μείωσης διαστάσεων και ομαδοποίησης των δεδομένων.

Λόγω του θορύβου που υπάρχει στα δεδομένα εισόδου, οι αλγόριθμοι χρησιμοποιούν τη **μείωση διάστασης** για να μειώσουν το θόρυβο που προκαλείται κατά τον διαχωρισμό των πληροφοριών (Shukla, 2018).

Η **ομαδοποίηση** είναι μια από τις κυριότερες τεχνικές μη επιβλεπόμενης μάθησης. Στόχος αυτής της τεχνικής είναι η ομαδοποίηση των δεδομένων σε ομάδες, προκειμένου τα δεδομένα της κάθε ομάδας να ομοιάζουν περισσότερο μεταξύ τους σε σχέση με δεδομένα που υπάρχουν σε άλλες ομάδες. Η ομαδοποίηση μπορεί να βοηθήσει στην ομαδοποίηση δεδομένων και στην ανακάλυψη κρυφών μοτίβων.

## Ενισχυτική Μάθηση (Reinforcement Learning)

Η ενισχυτική μάθηση έχει απασχολήσει αρκετούς ερευνητές που ψάχνουν να βρουν τρόπο ώστε να ληφθούν βέλτιστες αυτοματοποιημένες αποφάσεις με το πέρασμα του χρόνου. Στην ενισχυτική μάθηση, ο αλγόριθμος, εκτελώντας δοκιμές και αλληλεπιδρώντας με ένα δυναμικό περιβάλλον, μαθαίνει μια στρατηγική ενεργειών χωρίς να ξέρει προκαταβολικά πως θα επιτύχει τον στόχο του. Στη διαδικασία αυτή, ο αλγόριθμος εκπαιδεύεται διαρκώς από τις εμπειρίες του, δηλαδή από τις δοκιμές και τα σφάλματα που παρατηρεί, στην προσπάθειά του να λάβει τις καλύτερες αποφάσεις. Αξιολογείται μέσω τιμών ανταμοιβής ή τιμωρίας, ανάλογα με το αν έχει επιτύχει τον στόχο του, δηλαδή αν έχει λάβει σε κάθε κατάσταση τη μέγιστη επιβράβευση (Kulkarni, 2012). Συνήθως η ενισχυτική μάθηση χρησιμοποιείται σε προβλήματα σχεδιασμού.



**Εικόνα 4:** Η Μηχανική Μάθηση και οι κατηγορίες της

Πηγή: [wordstream.com](http://wordstream.com)

### 3.3.2 Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας (Natural Language Processing)

Η επεξεργασία της φυσικής γλώσσας είναι ένα υποπεδίο της τεχνητής νοημοσύνης που ασχολείται με τη μελέτη της αλληλεπίδρασης ανθρώπου και υπολογιστή μέσω της φυσικής γλώσσας. Η NLP έχει ως στόχο την αυτόματη κατανόηση, παραγωγή και αξιοποίηση γλωσσικού περιεχομένου από υπολογιστές και άλλα συστήματα πληροφορικής. Αυτό σημαίνει ότι η NLP επιδιώκει να επιτρέψει στους υπολογιστές να κατανοήσουν τη φυσική γλώσσα των ανθρώπων, να παράγουν κείμενο και ομιλία με φυσικό τρόπο και να εκμεταλλευτούν τη γλώσσα ως μέσο για την ανάκτηση, ανάλυση και απόδοση πληροφορίας. Με τη χρήση της NLP, οι υπολογιστές αλληλεπιδρούν με τους ανθρώπους με όμοιο τρόπο με αυτόν που οι άνθρωποι αλληλεπιδρούν μεταξύ τους μέσω της φυσικής γλώσσας (Trivedi, 2023a).

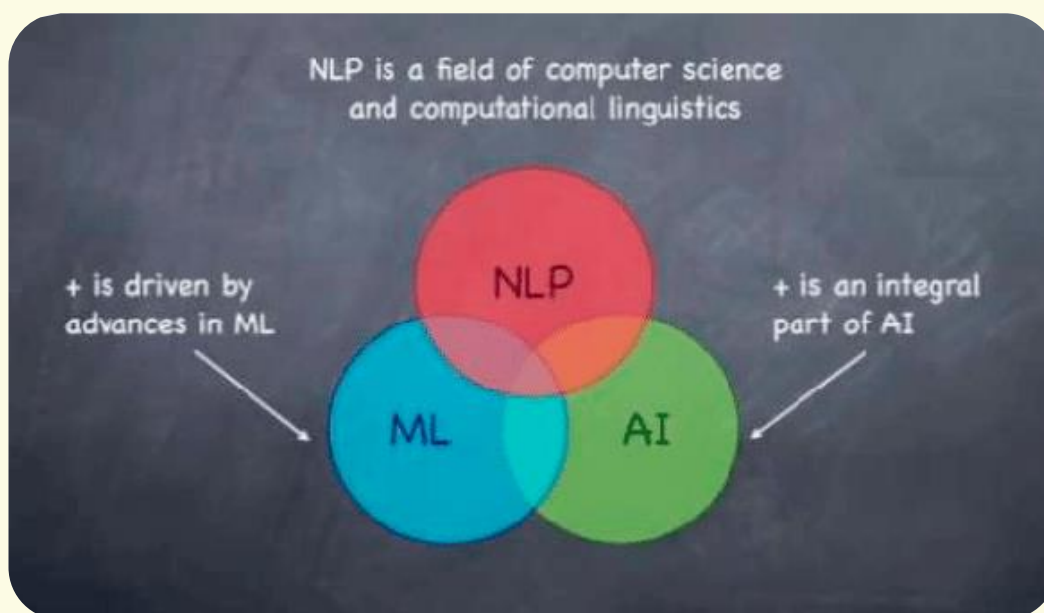
Η γλώσσα είναι το σημαντικότερο μέσο επικοινωνίας ανάμεσα στους ανθρώπους συνεπώς μια διασύνδεση μεταξύ της ανθρώπινης γλώσσας και των υπολογιστών κρίνεται απαραίτητη μέσα από κάποιες φάσεις επεξεργασίας. Αν και οι φυσικές γλώσσες είναι περίπλοκες στην κατανόηση και στην παραγωγή τους, υπάρχουν τρία βασικά προβλήματα που αποτελούν το αντικείμενο της επεξεργασίας της φυσικής γλώσσας: η παραγωγή φυσικής γλώσσας (natural language generation), η κατανόηση φυσικής γλώσσας (natural language understanding) και η αναγνώριση ομιλίας (speech recognition).

Η **παραγωγή φυσικής γλώσσας** είναι ένας τομέας που προέκυψε από την υπολογιστική γλωσσολογία, μια επιστήμη που ασχολείται με την κατανόηση του γραπτού και του προφορικού λόγου και τη δημιουργία εργαλείων που συνήθως επεξεργάζονται και παράγουν γλώσσα (Bisen & Agrawal, 2022). Αναφέρεται στη δημιουργία γραπτού ή προφορικού λόγου από υπολογιστικά συστήματα. Αυτές οι τεχνολογίες είναι ευρέως χρησιμοποιούμενες σε διάφορες εφαρμογές, όπως σε chatbots (ρομπότ συνομιλίας), που μπορούν να παράγουν αυτόματα απαντήσεις σε ερωτήσεις των χρηστών, καθώς και σε προγράμματα που μπορούν να δημιουργήσουν αυτόματα περιγραφές εικόνων. Στην βιομηχανία η παραγωγή της φυσικής γλώσσας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αυτόματη δημιουργία περιγραφών προϊόντων σε ηλεκτρονικά καταστήματα. Χρησιμοποιώντας αυτή την τεχνολογία, οι ηλεκτρονικές πλατφόρμες μπορούν να δημιουργήσουν αυτόματα περιγραφές προϊόντων, βασιζόμενες στα δεδομένα που έχουν σχετικά με κάθε προϊόν. Αυτό βελτιώνει την αποτελεσματικότητα και την ταχύτητα της διαδικασίας δημιουργίας και ενημέρωσης των περιγραφών των προϊόντων, ενώ ταυτόχρονα βελτιώνει την εμπειρία των πελατών στο ηλεκτρονικό κατάστημα.

Η **κατανόηση της φυσικής γλώσσας** αναφέρεται σε διάφορα προβλήματα που σχετίζονται με την αντιμετώπιση της γλώσσας από υπολογιστικά συστήματα. Περιλαμβάνει τη μηχανική μετάφραση (machine translation), που αναφέρεται στη μεταφραστική διαδικασία από μία γλώσσα σε μία άλλη, την αυτόματη συλλογιστική (automated reasoning), δηλαδή την ικανότητα του υπολογιστή να εξαγει συμπεράσματα από πληροφορίες που δέχεται σε φυσική γλώσσα, την απάντηση σε ερωτήσεις (question-answering), που αποτελεί την ικανότητα του υπολογιστή να απαντάει σε ερωτήσεις που του γίνονται σε φυσική γλώσσα και την εξαγωγή θεμάτων από κείμενα (topic modeling), που αναφέρεται στην ικανότητα του

υπολογιστή να εξαγει θέματα ή κατηγορίες από ένα κείμενο. Η κατανόηση της φυσικής γλώσσας στη βιομηχανία είναι η αυτόματη απάντηση σε ερωτήματα πελατών σχετικά με προϊόντα και υπηρεσίες. Με τη χρήση αυτής της τεχνολογίας μπορούν να αναπτυχθούν συστήματα που αντιλαμβάνονται τα ερωτήματα των πελατών και παρέχουν απαντήσεις σε πραγματικό χρόνο. Αυτό βελτιώνει σημαντικά την εξυπηρέτηση πελατών και αυξάνει την παραγωγικότητα του προσωπικού της εταιρίας, αφού θα εξοικονομείται χρόνος από την απάντηση σε ερωτήματα που θα μπορούσαν να απαντηθούν αυτοματοποιημένα.

Η **αναγνώριση ομιλίας** αποτελεί τη διαδικασία της αναγνώρισης και κατανόησης του προφορικού λόγου από ένα υπολογιστικό σύστημα και τη μετατροπή του σε κείμενο. Αυτού του είδους η τεχνολογία είναι ευρέως χρησιμοποιούμενη σε προφορικές εντολές σε συσκευές όπως τα κινητά τηλέφωνα και τα αυτοκίνητα, καθώς και σε διαδραστικές φωνητικές αποκρίσεις (interactive voice response) που παρέχονται από πολλές υπηρεσίες. Η αναγνώριση ομιλίας μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πολλούς τομείς της βιομηχανίας. Ένα παράδειγμα είναι η χρήση της τεχνολογίας αυτής σε συστήματα ελέγχου και διαχείρισης στη βιομηχανία παραγωγής. Για παράδειγμα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συστήματα επιτήρησης παραγωγικών γραμμών, ώστε να ανιχνεύεται ο προφορικός λόγος των εργαζομένων και να δίνονται εντολές στα μηχανήματα με αυτόν τον τρόπο. Επίσης, χρησιμοποιείται για τη διαχείριση παραγγελιών και αιτημάτων των πελατών σε βιομηχανίες παραγωγής, μέσω της φωνητικής ενεργοποίησης και απάντησης σε αιτήματα ή των φωνητικών εντολών για εκτέλεση συγκεκριμένων εργασιών.



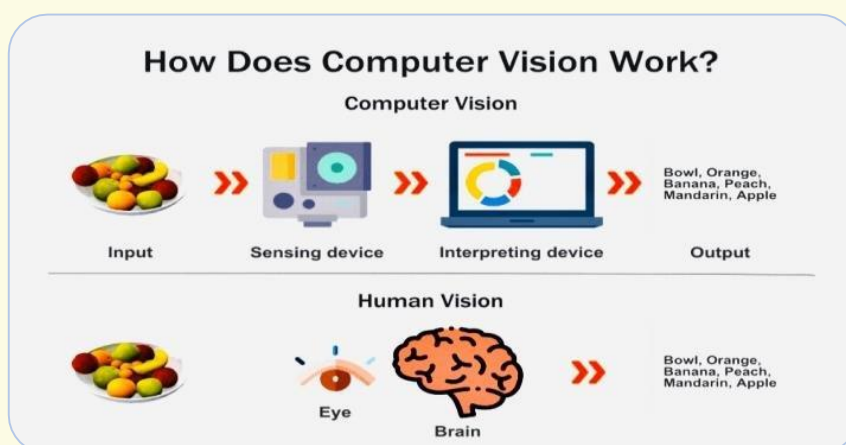
**Εικόνα 5:** Η σχέση NLP με Τεχνητή Νοημοσύνη και Μηχανική Μάθηση

**Πηγή:** (Bhardwaj et al., 2020)



### 3.3.3 Υπολογιστική Όραση (Computer Vision)

Η υπολογιστική όραση είναι ένας κλάδος της τεχνητής νοημοσύνης που αναλαμβάνει την δημιουργία αλγορίθμων και συστημάτων ικανά να αντιλαμβάνονται και να ερμηνεύουν τον οπτικό κόσμο με σκοπό να μπορούν να αναγνωρίζουν, να επεξεργάζονται και να αναλύουν εικόνες και βίντεο. Η υπολογιστική όραση είναι ένας σημαντικός κλάδος της τεχνητής νοημοσύνης όπου στο λογισμικό δίνεται η ικανότητα να αντιλαμβάνεται δεδομένα από βίντεο, εικόνες και κάμερες. Παρόλο που οι υπολογιστές δεν έχουν τη δική τους βιολογική όραση, είναι πολύ ικανοί στο να επεξεργάζονται εικόνες. Με τη βοήθεια της υπολογιστικής όρασης, χρησιμοποιούνται αριθμητικές τιμές ως χαρακτηριστικά για την εκπαίδευση μοντέλων μηχανικής μάθησης, τα οποία μπορούν να προβλέψουν το περιεχόμενο μιας εικόνας με ακρίβεια (Trivedi, 2023b). Μέσω αυτής της τεχνολογίας, είναι δυνατόν να εντοπίζονται και να ταξινομούνται αντικείμενα με μεγάλη ακρίβεια, καθώς επίσης και να ερμηνεύεται το περιβάλλον με ακρίβεια και αξιοπιστία. Η υπολογιστική όραση ασχολείται με την ανάπτυξη θεωριών και μοντέλων, που έχουν ως στόχο την κατασκευή ηλεκτρονικών συστημάτων όρασης. Ειδική έμφαση δίνεται στην εφαρμογή της υπολογιστικής όρασης στην μεταποίηση, καθώς επιτρέπει τον εντοπισμό ελαττωμάτων των προϊόντων σε πραγματικό χρόνο. Στη βιομηχανία, εφαρμόζεται σε πολλούς τομείς, όπως στην ανίχνευση ανωμαλιών στις γραμμές παραγωγής, στον έλεγχο ποιότητας στην παραγωγή βιομηχανικών προϊόντων, στην παρακολούθηση του εξοπλισμού για την πρόληψη ατυχημάτων, στον έλεγχο και στην αναγνώριση προϊόντων στη λιανική πώληση, στη διαχείριση αποθεμάτων και στην αναγνώριση προσώπων. Επίσης υπάρχουν διάφοροι τομείς στους οποίους η υπολογιστική όραση έχει εφαρμογή όπως στον τραπεζικό τομέα όπου απαιτείται ακρίβεια στην αναγνώριση πελατών, στην ιατρική προκειμένου να ανιχνευθούν ανωμαλίες σε ιατρικές απεικονίσεις και στην ανάπτυξη τεχνολογιών που αφορούν την αυτόνομη οδήγηση.



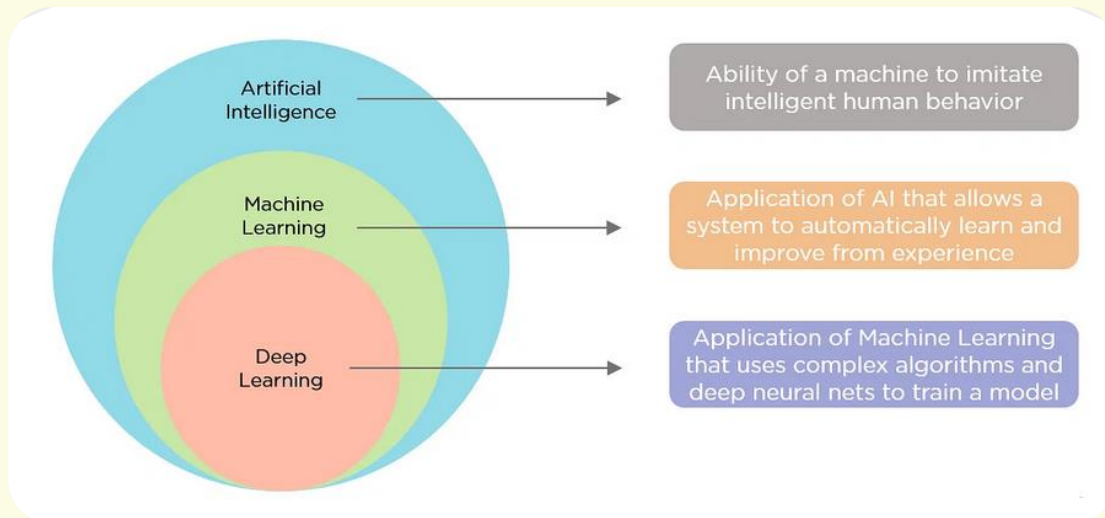
**Εικόνα 6:** Η όραση υπολογιστών σε σχέση με την ανθρώπινη όραση

**Πηγή:** (Mohite et al., 2021)

### 3.3.4 Βαθιά Μάθηση (Deep Learning)

Η βαθιά μάθηση είναι μια προηγμένη μέθοδος τεχνητής νοημοσύνης και υποπεδίο της μηχανικής μάθησης και χρησιμοποιείται για να επιτευχθούν αυτόνομες αποφάσεις και προβλέψεις. Επικεντρώνεται στην ανάπτυξη αλγορίθμων ικανών να μαθαίνουν από τα δεδομένα με μεγάλη ακρίβεια. Η βαθιά μάθηση αναφέρεται σε αλγορίθμους μηχανικής μάθησης που χρησιμοποιούν πολλαπλά επίπεδα για την επεξεργασία δεδομένων, προκειμένου να εξαχθούν σημαντικές πληροφορίες από αυτά. Σε κάθε επίπεδο, τα δεδομένα επεξεργάζονται και μετασχηματίζονται, με στόχο τη δημιουργία μιας όλο και πιο αφηρημένης αναπαράστασής τους. Στη συνέχεια, η τελική αναπαράσταση χρησιμοποιείται για την επίλυση ενός συγκεκριμένου προβλήματος. Η τεχνολογία αυτή ουσιαστικά, βασίζεται στα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα και κατά κάποιο τρόπο μιμείται τη δομή που έχουν οι νευρώνες του ανθρώπινου εγκεφάλου (Möller, 2023). Οι αλγόριθμοι βαθιάς μάθησης χρησιμοποιούν πολλά επίπεδα νευρωνικών δικτύων για να επεξεργαστούν τα δεδομένα και να εξαγάγουν χαρακτηριστικά από αυτά. Μέσω της βαθιάς μάθησης γίνεται προσπάθεια της μοντελοποίησης του τρόπου με τον οποίο ο ανθρώπινος εγκέφαλος επεξεργάζεται τον ήχο και το φως και τα μετατρέπει σε ακοή και όραση.

Η βαθιά μάθηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην αναγνώριση φωνής, στην αναγνώριση εικόνων, στην αυτόματη μετάφραση και στην αναγνώριση κειμένου. Η βαθιά μάθηση μπορεί να βοηθήσει στην αύξηση της παραγωγικότητας, της ασφάλειας και στη βελτίωση της απόδοσης σε διάφορες διαδικασίες και εφαρμογές της βιομηχανίας. Στην ποιότητα ελέγχου μπορεί να συμβάλει στην αναγνώριση ατελειών και σε άλλα προβλήματα που αφορούν την ποιότητα. Η βαθιά μάθηση μπορεί να βοηθήσει στην πρόβλεψη της ζήτησης και παραγωγής στη βιομηχανία, καθώς επίσης μπορεί να βελτιώσει την απόδοση και τον έλεγχο των διαδικασιών παραγωγής. Στην παραγωγή, η βαθιά μάθηση μπορεί να βοηθήσει στην πρόβλεψη της ζήτησης και της παραγωγής, καθώς και στη βελτίωση της απόδοσης και του ελέγχου των παραγωγικών διεργασιών. Στην συντήρηση και στην αποκατάσταση, η βαθιά μάθηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον προγραμματισμό της συντήρησης των μηχανημάτων και την πρόβλεψη των βλαβών. Στην φαρμακευτική βιομηχανία η βαθιά μάθηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην βελτίωση της σχεδίασης φαρμάκων, στην πρόβλεψη αντιδράσεων από φάρμακα, στην ανάπτυξη νέων φαρμάκων, στην βελτίωση υπαρχόντων φαρμάκων καθώς και στην διαδικασία αναζήτησης φαρμάκων. Στην αυτοκινητοβιομηχανία η βαθιά μάθηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην ανάπτυξη αυτόνομων οχημάτων και στην βελτίωση της ασφάλειας τους. Οι αισθητήρες που χρησιμοποιούνται στα αυτόνομα οχήματα συλλέγουν τεράστιες ποσότητες δεδομένων και η βαθιά μάθηση χρησιμοποιείται για να αναλύσει τα δεδομένα και να βελτιώσει την απόδοση των αυτόνομων οχημάτων.



**Εικόνα 7:** Τεχνητή Νοημοσύνη, Μηχανική Μάθηση και Βαθιά Μάθηση

**Πηγή:** simplilearn.com

## 4. Τεχνολογίες που διαμορφώνουν την Βιομηχανία 4.0

### 4.1 Οι Τεχνολογικοί Πυλώνες της Τέταρτης Βιομηχανικής Επανάστασης

Στην εποχή της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης η τεχνολογία έχει έναν καθοριστικό ρόλο στη βιομηχανία. Σύμφωνα με την The Boston Consulting Group (BCG), υπάρχουν εννέα τεχνολογικοί πυλώνες που αποτελούν τη βάση της Industry 4.0. Αυτοί οι πυλώνες είναι η Προσθετική Κατασκευή (Additive Manufacturing), το Βιομηχανικό Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Industrial Internet of Things - IIoT), η Οριζόντια και Κατακόρυφη Ενσωμάτωση Συστημάτων (Horizontal and Vertical System Integration), η Επαυξημένη Πραγματικότητα (Augmented Reality -AR) και η Εικονική Πραγματικότητα (Virtual Reality - VR), το Υπολογιστικό Νέφος (Cloud Computing), τα Αυτόνομα Ρομπότ (Autonomous Robots), τα Μεγάλα Δεδομένα και η Ανάλυση (Big Data and Analytics), η Κυβερνοασφάλεια (Cybersecurity), και η Προσομοίωση (Simulation) (Rüßmann et. al, 2016).

## EXHIBIT 1 | Nine Technologies Are Transforming Industrial Production



Source: BCG.

**Εικόνα 8:** Οι πυλώνες που μετασχηματίζουν την 4<sup>η</sup> Βιομηχανική Επανάσταση

Πηγή:bcg.com

### 4.2 Βιομηχανικό Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Industrial Internet of Things - IIoT)

Το Βιομηχανικό Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IIoT) γεννήθηκε από το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) και ουσιαστικά αποτελεί την εφαρμογή του IoT στη βιομηχανική παραγωγή. Ο όρος Βιομηχανικό Διαδίκτυο των Πραγμάτων δόθηκε για πρώτη φορά από την General Electric (Leber, 2012). Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of Things - IoT) αναφέρεται στη σύνδεση συσκευών και αισθητήρων μεταξύ τους μέσω του διαδικτύου, προκειμένου να μπορούν να ανταλλάξουν δεδομένα και να λειτουργούν αυτόνομα χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση με στόχο τη βελτίωση της αυτοματισμένης λειτουργίας και της ζωής των ανθρώπων. Για παράδειγμα, μπορούν να επικοινωνήσουν μεταξύ τους ψυγεία, αισθητήρες θερμοκρασίας και κάμερες ασφαλείας σε ένα σπίτι και να συνεργαστούν για να

βελτιώσουν την καθημερινή ζωή των κατοίκων. Αντίθετα το IIoT είναι ένα υποσύνολο του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) που εφαρμόζεται στο βιομηχανικό περιβάλλον. Το IIoT επικεντρώνεται στην σύνδεση βιομηχανικών συσκευών και αισθητήρων, όπως ρομπότ και αισθητήρες παραγωγής, μεταξύ τους και με ένα δίκτυο υπολογιστών, με σκοπό να βελτιωθεί η απόδοση και η αξιοπιστία της διαδικασίας της παραγωγής. Χρησιμοποιείται, για παράδειγμα για την ανταλλαγή δεδομένων ανάμεσα στα εργοστάσια, την βελτίωση παρακολούθησης των υλικών και της ενέργειας.

Το IIoT λειτουργεί ως βασικό εργαλείο για τη δημιουργία δικτύων που αποτελούνται από βιομηχανικές διαδικασίες και συνεπώς μετατρέπει τα εργοστάσια σε έξυπνα περιβάλλοντα κατασκευής. Με άλλα λόγια, το IIoT περιλαμβάνει την ενσωμάτωση τόσο των κυβερνοφυσικών συστημάτων (CPS), που συνδέουν τον φυσικό και τον εικονικό κόσμο, όσο και του IoT στις βιομηχανικές διαδικασίες. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα πολλές νέες επιπτώσεις στα μοντέλα επιχειρηματικότητας, στον σχεδιασμό της εργασίας, στη δημιουργία αξίας και στον προσανατολισμό των υπηρεσιών (Kagermann et al., 2013). Με τη χρήση του IIoT, οι βιομηχανικές επιχειρήσεις μπορούν να επιτύχουν μεγαλύτερη αποδοτικότητα, μειωμένο κόστος και βελτιωμένη ασφάλεια στο χώρο. Η συλλογή και η ανάλυση δεδομένων από τον εξοπλισμό και τα συστήματα μπορεί να συμβάλλει στη βελτίωση της παραγωγικότητας και της απόδοσης. Η συλλογή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο από τον εξοπλισμό και τα συστήματα μπορεί να βοηθήσει στη μείωση του χρόνου αδράνειας και τη βελτίωση της απόκρισης. Η χρήση του IIoT μπορεί να βοηθήσει στην αυτοματοποίηση και βελτιωμένη διαχείριση των διαδικασιών και των εγκαταστάσεων στη βιομηχανία. Με την χρήση του IIoT, οι βιομηχανικές επιχειρήσεις μπορούν να μειώσουν το κόστος συντήρησης των μηχανών και των εγκαταστάσεων τους καθώς η τεχνολογία αυτή επιτρέπει την παρακολούθηση της κατάστασης τους σε πραγματικό χρόνο. Έτσι, οι εργαζόμενοι έχουν την δυνατότητα να αντιλαμβάνονται πρόωρα τις πιθανές βλάβες και να επισκευάζουν τα μηχανήματα πριν συμβεί κάτι σημαντικό. Αυτό επιτρέπει επίσης την πρόληψη ατυχημάτων και τη βελτίωση της ασφάλειας στον χώρο εργασίας.

### 4.3 Προσθετική Κατασκευή (Additive Manufacturing)

Η Προσθετική Κατασκευή (Additive Manufacturing) αναφέρεται σε μια διαδικασία κατασκευής που επιτρέπει την παραγωγή τρισδιάστατων αντικειμένων από ψηφιακά αρχεία σχεδίου, με τη χρήση στρώσεων υλικού που προστίθενται μια πάνω στην άλλη. Αυτή η τεχνολογία κατασκευής συνήθως χρησιμοποιεί ειδικούς εκτυπωτές 3D και έχει ευρύ φάσμα εφαρμογών σε πολλούς τομείς της βιομηχανίας και της παραγωγής. Η διαδικασία παραγωγής ενός αντικειμένου με αυτήν την τεχνολογία είναι συνήθως πιο γρήγορη, απλή και ακριβής σε σύγκριση με τις παραδοσιακές μεθόδους κατασκευής. Η προσθετική κατασκευή, όπως η τεχνολογία εκτύπωσης 3D, δίνει την δυνατότητα στους κατασκευαστές να δημιουργούν μοντέλα νέων ιδεών και πρωτότυπα, μειώνοντας τους χρόνους και τις προσπάθειες σχεδιασμού. Επιπλέον, επιτρέπει την παραγωγή μικρών παρτίδων αγαθών που

προσαρμόζονται στις ανάγκες και τις προτιμήσεις των πελατών ή των τελικών χρηστών, μειώνοντας το κόστος και την αναποτελεσματικότητα του κατασκευαστή και προσφέροντας ταυτόχρονα περισσότερη αξία.

Η προσθετική κατασκευή παρέχει πολλά πλεονεκτήματα στη βιομηχανία. Κατά κύριο λόγο, δίνει τη δυνατότητα στους κατασκευαστές να δημιουργήσουν περίπλοκα αντικείμενα με υψηλή ακρίβεια και λεπτομέρεια, ενώ επιτρέπει επίσης να παραχθούν μικρές παρτίδες προϊόντων που προσαρμόζονται σε ομάδες προτιμήσεων και παρέχουν μεγαλύτερη αξία στους τελικούς χρήστες ή τους πελάτες. Επιπλέον, η τεχνολογία αυτή μειώνει το χρόνο και την προσπάθεια που απαιτούνται για το σχεδιασμό, καθώς και το κόστος και την αναποτελεσματικότητα του κατασκευαστή. Επιπλέον, η προσθετική κατασκευή μπορεί να θεωρηθεί φιλικότερη προς το περιβάλλον σε σχέση με άλλες μεθόδους κατασκευής. Αρχικά, η προσθετική κατασκευή χρησιμοποιεί λιγότερα υλικά, διότι τα αντικείμενα κατασκευάζονται στρώμα πάνω σε στρώμα. Με αυτόν τον τρόπο μειώνεται η σπατάλη υλικών και μειώνεται η ποσότητα αποβλήτων και τοξικών υλικών που απελευθερώνονται στο περιβάλλον. Η προσθετική κατασκευή δίνει τη δυνατότητα χρήσης πιο βιώσιμων υλικών, όπως ανακυκλωμένα πλαστικά ή βιοδιασπώμενα υλικά, για τη δημιουργία αντικειμένων. Επίσης, η παραγωγή προσαρμοσμένων προϊόντων μπορεί να μειώσει την ανάγκη για μαζική παραγωγή και μακρινές μεταφορές (Rüßmann et al., 2015), καθώς οι παραγγελίες μπορούν να ικανοποιηθούν τοπικά και σε απόλυτη συμφωνία με τις προτιμήσεις του πελάτη. Με τη χρήση προσθετικής κατασκευής, είναι δυνατό να μειωθεί ο χρόνος και το κόστος παραγωγής, καθώς και ο αριθμός των απαιτούμενων εργαζομένων. Επιπλέον, επιτρέπει τη δημιουργία περίπλοκων αντικειμένων με πολλαπλά υλικά και μεγάλη λεπτομέρεια κάτι που με άλλες τεχνολογίες κατασκευής είναι δύσκολο ή αδύνατο. Επιπλέον, η προσθετική κατασκευή επιτρέπει τη δημιουργία εξατομικευμένων προϊόντων και μικρών παρτίδων, καλύπτοντας έτσι ανάγκες που δεν καλύπτονται από τις μεγάλες παραγωγικές δομές και δημιουργώντας νέες δυνατότητες στην αγορά.

#### 4.4 Επαυξημένη Πραγματικότητα (Augmented Reality - AR) και Εικονική Πραγματικότητα (Virtual Reality - VR)

Η τεχνολογία της Επαυξημένης Πραγματικότητας (Augmented Reality - AR) λειτουργεί με τρόπο που διευρύνει την πραγματική εμπειρία του χρήστη μέσω της χρήσης υπολογιστικών συστημάτων, επιτρέποντας την προσθήκη εικόνων, βίντεο και άλλου περιεχομένου. Συνήθως, η AR απαιτεί τη χρήση μιας συσκευής όπως ένα smartphone ή μια ειδική συσκευή AR, προκειμένου να παρέχει τη δυνατότητα επέκτασης της πραγματικότητας. Αντίθετα, η Τεχνολογία της Εικονικής Πραγματικότητας (Virtual Reality - VR) περιγράφει μια τεχνολογία που επιτρέπει στον χρήστη να αισθανθεί ότι βρίσκεται σε μια εντελώς διαφορετική πραγματικότητα. Συνήθως, η VR απαιτεί τη χρήση ειδικών γυαλιών ή κράνους, προκειμένου να παρέχει στο χρήστη μια πλήρη εικονική εμπειρία.

Οι επιχειρήσεις αποβλέπουν στη μείωση του κόστους σχετικά με τη συντήρηση, την εκπαίδευση και την υποστήριξη μετά την πώληση στο πλαίσιο της παραγωγής, του μάρκετινγκ και της υποστήριξης. Για τον σκοπό αυτό, οι κατασκευαστές χρησιμοποιούν όλο και περισσότερο συστήματα βασισμένα στην επαυξημένη πραγματικότητα, που βελτιώνουν τις διαδικασίες συντήρησης και μειώνουν τα έξοδα παρουσίας ειδικών συμβούλων στον τομέα τους. Η χρήση συστημάτων που βασίζονται στην επαυξημένη πραγματικότητα έχει διάφορες εφαρμογές στη βιομηχανία, τέτοια παραδείγματα είναι η μεταβίβαση οδηγιών επισκευής μέσω φορητών συσκευών και η επιλογή εξαρτημάτων στην αποθήκη.

Με την επαυξημένη πραγματικότητα, οι εργαζόμενοι μπορούν να λαμβάνουν σε πραγματικό χρόνο πληροφορίες προκειμένου να βελτιωθεί η λήψη αποφάσεων και οι διαδικασίες εργασίας τους π.χ. μπορούν να τους διαβιβάσουν οδηγίες για την επισκευή ενώ εξετάζουν το πραγματικό σύστημα που χρειάζεται επισκευή και να μάθουν πώς να αντικαταστήσουν ένα συγκεκριμένο εξάρτημα (Rüßmann et al., 2015).

Η χρήση των τεχνολογιών Εικονικής Πραγματικότητας (AR) βοηθά στην υποστήριξη των εργαζομένων στις βιομηχανικές επιχειρήσεις κατά την εκτέλεση περίπλοκων λειτουργιών όπως η συναρμολόγηση και αποσυναρμολόγηση μηχανημάτων, κρίσιμων συστημάτων και περίπλοκων βιομηχανικών προϊόντων. Οι τεχνολογίες AR επιτρέπουν την παρακολούθηση των μηχανημάτων και των εργαζομένων κατά τη διάρκεια των λειτουργιών και άμεσα δημιουργούν ειδοποιήσεις για τη μείωση των σφαλμάτων. Οι τεχνολογίες Εικονικής Πραγματικότητας (VR) βοηθούν στην οπτικοποίηση των βιομηχανικών λειτουργιών και μονάδων πριν από την πραγματική τους εφαρμογή στα συστήματα IIoT. Η χρήση της VR μπορεί να μειώσει το χρόνο αναδιαμόρφωσης και να μειώσει τον χρόνο απενεργοποίησης βιομηχανικών εργοστασίων και μηχανημάτων. Οι προσομοιώσεις VR σχεδιάζονται με τη χρήση ανοιχτών προτύπων, λαμβάνοντας υπόψη την ανομοιογένεια στα IIoT συστήματα και στα CPS (Palka & Ciukaj, 2019).

Η Επαυξημένη Πραγματικότητα στη βιομηχανία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εκπαιδεύσει εργαζομένους σχετικά με τις επισκευές του εξοπλισμού και τις διαδικασίες εργασίας. Η προσθήκη εικόνων και βίντεο σε μια εικόνα του πραγματικού κόσμου, μπορεί να βοηθήσει τους εργαζομένους να κατανοήσουν πλήρως τις διαδικασίες εργασίας. Επιπλέον, η AR μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να βοηθήσει στη συντήρηση του εξοπλισμού και στη συναρμολόγηση. Οι εργαζόμενοι μπορούν να λάβουν περισσότερες πληροφορίες για τον εξοπλισμό που χρησιμοποιούν, συμπεριλαμβανομένων οδηγιών συναρμολόγησης και τοποθέτησης των μερών χρησιμοποιώντας την τεχνολογία AR. Η AR μπορεί επίσης να βοηθήσει στην επισκευή και τη συντήρηση μηχανημάτων και εξοπλισμού στη βιομηχανία. Με τη χρήση μιας συσκευής AR, ένας τεχνικός μπορεί να δει εικόνες και οδηγίες σχετικά με τη συντήρηση ή επισκευή ενός μηχανήματος ενώ βρίσκεται στον τόπο εργασίας. Αυτό του επιτρέπει να διαγνώσει προβλήματα και να τα επιλύσει με μεγαλύτερη ακρίβεια και αποτελεσματικότητα, βοηθώντας στην εξοικονόμηση χρόνου και χρημάτων.

Η VR μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη βιομηχανία για να εκπαιδευθούν εργαζόμενοι και να προετοιμαστούν για επικίνδυνες ή απαιτητικές εργασιακές καταστάσεις. Για παράδειγμα, οι εργαζόμενοι σε μια πετρελαϊκή εγκατάσταση μπορούν να εκπαιδευτούν σε ένα εικονικό περιβάλλον, έτσι ώστε να εξοικειωθούν με τις διαδικασίες ασφαλείας και να αποκτήσουν εμπειρία σε επείγουσες καταστάσεις. Η AR μπορεί επίσης να συνεισφέρει στην ασφάλεια της παραγωγικής διαδικασίας με τη μείωση του κινδύνου ατυχημάτων και τραυματισμών. Για παράδειγμα, οι εργαζόμενοι μπορούν να χρησιμοποιούν συστήματα AR για να επιθεωρήσουν εξοπλισμό ή μηχανήματα και να ανιχνεύσουν προβλήματα ή ελαττώματα που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε ατυχήματα.

Η χρήση της τεχνολογίας AR στην βιομηχανία συμβάλλει στη μείωση του κινδύνου ατυχημάτων και τραυματισμών, καθώς υπάρχει η δυνατότητα χρησιμοποίησης για την εκπαίδευση των εργαζομένων σε συγκεκριμένες διαδικασίες και πρακτικές ασφαλείας. Αυτό μπορεί να μειώσει τον κίνδυνο ατυχημάτων και τραυματισμών στον χώρο εργασίας. Επιπλέον, η χρήση της AR μπορεί να βοηθήσει στην εξοικονόμηση χρόνου και στην αποφυγή λαθών. Για παράδειγμα, οι εργαζόμενοι μπορούν να εκπαιδευτούν σε επικίνδυνες ή δύσκολες καταστάσεις χωρίς να βρίσκονται σε πραγματικό κίνδυνο, χρησιμοποιώντας την τεχνολογία VR. Επιπλέον, η AR μπορεί να βοηθήσει στον εντοπισμό και την απομάκρυνση βλαβών σε μηχανήματα ή εξοπλισμό, μειώνοντας έτσι τον χρόνο αναζήτησης και επισκευής. Επιπλέον, η χρήση των τεχνολογιών AR και VR μπορούν να βελτιώσουν την επικοινωνία και τη συνεργασία μεταξύ των εργαζομένων και των ομάδων στη βιομηχανία.

Με τη χρήση της AR, οι εργαζόμενοι μπορούν να ανταλλάσσουν πληροφορίες και οδηγίες σε πραγματικό χρόνο, ενώ η χρήση της VR μπορεί να επιτρέψει σε ομάδες να συνεργαστούν σε ένα εικονικό περιβάλλον, απομακρυσμένα από τον φυσικό χώρο, αλλά με εξαιρετική εμπειρία και αίσθηση παρουσίας. Όλα αυτά μπορούν να βοηθήσουν στη βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων ή των υπηρεσιών, στην αύξηση της απόδοσης και στην επίλυση προβλημάτων.

Επιπλέον, η χρήση της AR και της VR μπορεί να βελτιώσει τη διαχείριση αποθεμάτων και να αυξήσει την αποτελεσματικότητα της παραγωγής στην αλυσίδα εφοδιαστικής. Η AR παρέχει άμεση πρόσβαση σε δεδομένα σε πραγματικό χρόνο σε φορητές συσκευές για την κατάσταση και τη λειτουργία συγκεκριμένων τμημάτων, δημιουργώντας εικονικά αντικείμενα όπως γραφήματα κ.α. που επικαλύπτουν τον φυσικό κόσμο μέσω των οθονών ή ακόμη και ολογραμμάτων. Αυτό προσφέρει σε χειριστές και μηχανικούς νέους τρόπους βελτιστοποίησης της παραγωγής και της συντήρησης.

Τέλος, η χρήση της AR και της VR βελτιώνει την εμπειρία των πελατών και αυξάνει την αποτελεσματικότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας. Με την χρήση της AR, οι πελάτες μπορούν να δουν τα προϊόντα σε εικονική μορφή πριν την αγορά τους, ενώ με την χρήση της VR μπορούν να ζήσουν μια πλήρη εμπειρία αγορών που αναπαριστά το κατάστημα, χωρίς την ανάγκη να το επισκεφτούν φυσικά.



## 4.5 Υπολογιστικό Νέφος (Cloud Computing)

Το cloud computing κάνει χρήση απομακρυσμένων διακομιστών προκειμένου να αναλύσει, διαχειριστεί και αποθηκεύσει δεδομένα. Αυτή η τεχνολογία χρησιμοποιείται γιατί είναι ευέλικτη, ασφαλής και μειώνει το κόστος. Επιπλέον, η προσπέλαση στους υπολογιστικούς πόρους και τις εφαρμογές γίνεται εύκολα μέσω του διαδικτύου. Οι μέθοδοι μεταφοράς δεδομένων στο cloud πρέπει να είναι αξιόπιστες ανεξάρτητα από τη σταθερότητα των καναλιών επικοινωνίας. Οι κινητές συσκευές σε συνδυασμό με το cloud προσφέρει διαφάνεια και πρόσβαση στις πληροφορίες ανεξαρτήτως τοποθεσίας και χρόνου, ακόμη και μεταξύ συνεργατών σε διαφορετικές τοποθεσίες στο δίκτυο.

Για την αποθήκευση και επεξεργασία όγκων δεδομένων με μεγάλο μέγεθος και του ιστορικού τους, η συλλογή πληροφοριών απαιτεί τη μεταφορά τους σε συστήματα επεξεργασίας, είτε μέσω εσωτερικής υποδομής πυρήνα είτε μέσω cloud computing. Το cloud computing αποτελεί ιδανική λύση για το Internet of Things (IoT), καθώς προσφέρει άμεση ανταπόκριση στην είσοδο των δεδομένων. Οι IoT λύσεις βασισμένες στο cloud computing μπορούν να ενσωματώσουν και αισθητήρες εκτός από διαδικασίες και εφαρμογές. Επίσης, αυτές οι λύσεις δίνουν την δυνατότητα στις επιχειρήσεις να προσαρμόζονται ευέλικτα στις ανάγκες του περιβάλλοντος παραγωγής που διαρκώς μεταβάλλεται και να μειώσουν την απαιτούμενη βασική υποδομή των υπολογιστών τους.

Η ΤΠΕ (Τεχνολογία Πληροφοριών και Επικοινωνίας) προσφέρει υπηρεσίες επεξεργασίας, αποθήκευσης και επικοινωνίας μέσω εικονικοποίησης του υλικού και των δικτύων. Αυτό επιτρέπει την αποτελεσματική πρόσβαση σε κατάλληλες δυνατότητες για τη διασφάλιση ανθεκτικότητας, ιδιωτικότητας και ασφάλειας (Landherr, 2016). Οι σύγχρονες πλατφόρμες που βασίζονται στο cloud, λειτουργούν ως εργαλεία για τη βελτιστοποίηση της συνεργασίας μεταξύ των εταιριών στη βιομηχανία 4.0, προσφέροντας μια σειρά από υπηρεσίες για τη βελτίωση των logistics, των διαδικασιών παραγωγής και της κοινής χρήσης δεδομένων σε όλες τις εταιρίες και τοποθεσίες με στόχο να επιτευχθούν εξαιρετικά γρήγοροι χρόνοι αντίδρασης (Rüßmann et al., 2015).

Λόγω της σημαντικής αύξησης του όγκου δεδομένων στον βιομηχανικό κλάδο, απαιτούνται πολύπλοκα συστήματα υπολογιστικής ισχύος, τα οποία πρέπει να είναι κατανομημένα και υψηλής απόδοσης, ώστε να μπορούν να επεξεργάζονται, να διαχειρίζονται, να αποθηκεύουν και να αναλύουν τα δεδομένα. Το υπολογιστικό νέφος παρέχει τεχνολογίες δικτύου και αποθήκευσης σε όλα τα σημεία του συστήματος IIoT. Όλες οι συνδεδεμένες συσκευές και εφαρμογές αλληλεπιδρούν απευθείας με τα backend clouds (Khan et al., 2020).

Οι υπηρεσίες νέφους μπορεί να είναι ιδιωτικές, δημόσιες ή υβριδικές, ανάλογα με την κατοχή και τη διαχείριση τους από το προσωπικό του IIoT ή από

τρίτους προμηθευτές νέφους. Η δημιουργία ιδιωτικών κέντρων δεδομένων και η πρόσληψη τεχνικού προσωπικού μπορεί να απαιτεί υψηλές δαπάνες, οπότε η επιλογή ιδιωτικών μοντέλων υπηρεσιών νέφους ενδέχεται να μην είναι εφικτή για μικρομεσαίες και νεοσυσταθείσες επιχειρήσεις. Ωστόσο, μεγάλες και καθιερωμένες διεθνείς επιχειρήσεις επιλέγουν συχνά ιδιωτικά νέφη για να διασφαλίσουν την ασφάλεια και την ιδιωτικότητα και να προστατευτούν από τη βιομηχανική κατασκοπεία (Khan et al., 2020).

Λόγω του μεγάλου όγκου δεδομένων που απαιτείται για το Industry 4.0, η ανταλλαγή δεδομένων είναι πλέον απαραίτητη για να εκμεταλλευτούμε πλήρως τις δυνατότητες του μέσα στην αξιοποίηση της αλυσίδας αξίας. Ωστόσο, λίγες μονάδες παραγωγής μπορούν να αποθηκεύσουν και να αναλύσουν τόσο μεγάλο όγκο δεδομένων που συλλέγεται. Παρ' όλα αυτά, οι πάροχοι υπηρεσιών υπολογιστικού νέφους έχουν τη δυνατότητα να αναπτύξουν ιδιωτικά δίκτυα υπηρεσιών cloud κατάλληλα για την επεξεργασία και αποθήκευση παραγωγικών δεδομένων.

Ήδη οι εταιρίες χρησιμοποιούν λογισμικό βασισμένο στο νέφος για εφαρμογές διαχείρισης και ανάλυσης, αλλά με την εισαγωγή της Βιομηχανίας 4.0, θα χρειαστούν ακόμα περισσότερες εργασίες που απαιτούν αυξημένη κοινοποίηση δεδομένων μεταξύ των ορίων και των τοποθεσιών της εταιρίας. Επιπλέον, οι αποδόσεις των τεχνολογιών νέφους θα βελτιωθούν, επιτρέποντας ακόμα πιο γρήγορους χρόνους ανταπόκρισης. Έτσι, τα δεδομένα και η λειτουργικότητα των μηχανών θα στέλνονται στο νέφος συνεχώς, επιτρέποντας τη δημιουργία περισσότερων υπηρεσιών παραγωγής βασισμένων σε δεδομένα. Ακόμα και τα συστήματα παρακολούθησης και ελέγχου διαδικασιών μπορούν να γίνουν βασισμένα στο νέφος. Οι προμηθευτές συστημάτων εκτέλεσης κατασκευαστικών διαδικασιών προσφέρουν λύσεις βασισμένες στο νέφος (Rüßmann et al., 2015).

#### 4.6 Αυτόνομα Ρομπότ (Autonomous Robots)

Ένα αυτόνομο ρομπότ στη βιομηχανία 4.0 είναι ένα ρομπότ που είναι σε θέση να λειτουργεί αυτόνομα χωρίς ανθρώπινη επίβλεψη. Τέτοια ρομπότ χρησιμοποιούνται σε βιομηχανικές διαδικασίες για την εκτέλεση εργασιών όπως η μεταφορά φορτίων, η συναρμολόγηση, ο έλεγχος ποιότητας και άλλες παρόμοιες λειτουργίες. Τα αυτόνομα ρομπότ συνήθως διαθέτουν αισθητήρες και λογισμικό που τους επιτρέπουν να αντιλαμβάνονται το περιβάλλον τους και να προσαρμόζονται σύμφωνα με τις ανάγκες της παραγωγικής διαδικασίας. Με τη χρήση αυτών των ρομπότ, οι επιχειρήσεις μπορούν να βελτιώσουν την παραγωγικότητά και την απόδοση και να μειώσουν τους κινδύνους ατυχημάτων στον χώρο εργασίας. Τα αυτόνομα ρομπότ χρησιμοποιούνται για να εκτελέσουν αυτόνομες μεθόδους παραγωγής με καλύτερη ακρίβεια και για να εργάζονται σε μέρη που οι εργαζόμενοι δεν μπορούν να φτάσουν. Αυτά τα ρομπότ έχουν την δυνατότητα να εκτελέσουν συγκεκριμένες εργασίες με έξυπνο τρόπο και ακρίβεια

εντός ενός καθορισμένου χρονικού πλαισίου και επικεντρώνονται στην ευελιξία, στη συνεργασία και στην ασφάλεια, και (Bahrin κ.ά., 2016).

Σε πολλούς τομείς της βιομηχανίας, χρησιμοποιούνται ρομπότ προκειμένου να αντιμετωπίζουν δύσκολες εργασίες. Τα ρομπότ με την πάροδο του χρόνου εξελίσσονται προκειμένου να είναι ακόμα πιο χρήσιμα. Πλέον γίνονται πιο ευέλικτα, συνεργάσιμα και αυτόνομα. Στο μέλλον, θα εργάζονται δίπλα στους ανθρώπους με ασφάλεια και θα αλληλεπιδρούν μεταξύ τους, μαθαίνοντας από τους ανθρώπους. Τα ρομπότ αυτά θα είναι φθηνότερα και θα έχουν καλύτερες δυνατότητες σε σχέση με εκείνα που χρησιμοποιεί σήμερα η βιομηχανία κατασκευής (Rüßmann κ.ά., 2015). Για παράδειγμα, η Kuka, μια εταιρία κατασκευής ρομποτικού εξοπλισμού στην Ευρώπη, παρέχει αυτόνομα ρομπότ τα οποία έχουν την δυνατότητα να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Τα ρομπότ αυτά συνδέονται μεταξύ τους, για να συνεργαστούν και να προσαρμόσουν τις ενέργειές τους αυτόματα. Υψηλής απόδοσης αισθητήρες και μονάδες ελέγχου επιτρέπουν την στενή συνεργασία των ρομπότ με τους ανθρώπους. Αντίστοιχα, η ABB που είναι προμηθευτής βιομηχανικών ρομπότ παρουσίασε ρομπότ με την ονομασία YuMi, που σχεδιάστηκε ειδικά για να συναρμολογεί προϊόντα (όπως ηλεκτρονικές συσκευές) και να εργάζεται δίπλα στους ανθρώπους (Rüßmann κ.ά., 2015).

#### 4.7 Οριζόντια και Κατακόρυφη Ενσωμάτωση Συστημάτων (Horizontal and Vertical System Integration)

Η οριζόντια ενσωμάτωση συστημάτων αναφέρεται στη σύνδεση και συνεργασία διαφορετικών συστημάτων που συνυπάρχουν στο ίδιο επίπεδο της αλυσίδας διανομής ή παραγωγής. Δηλαδή, συστήματα που αναλαμβάνουν διαφορετικά βήματα στην ίδια διαδικασία παραγωγής ή παρέχουν διαφορετικές υπηρεσίες σε έναν κοινό πελάτη. Η οριζόντια ενσωμάτωση βελτιώνει τη συνεργασία, τη συνοχή και την επίτευξη μεγαλύτερης αποδοτικότητας στην ίδια διαδικασία. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε καλύτερη διαχείριση των διαφόρων σταδίων της παραγωγής ή της διανομής και σε μεγαλύτερη ευελιξία στην ανταπόκριση σε μεταβαλλόμενες απαιτήσεις της αγοράς.

Η κατακόρυφη ενσωμάτωση αφορά τη σύνδεση και τη συνεργασία μεταξύ διαφορετικών συστημάτων σε διαφορετικά επίπεδα στην αλυσίδα παραγωγής ή διανομής. Η κατακόρυφη ενσωμάτωση βελτιώνει τη συνεργασία και τη συνοχή μεταξύ των διαφορετικών επιπέδων, διευκολύνει τη διαχείριση και την επικοινωνία μεταξύ των διαφορετικών μονάδων ενός οργανισμού και βοηθάει στην παρακολούθηση της αποτελεσματικότητας και της απόδοσης του συστήματος συνολικά.

Η ψηφιοποίηση της οριζόντιας αλυσίδας αξίας έχει ως στόχο τη βελτίωση της ροής αγαθών και πληροφοριών από τον πελάτη στον προμηθευτή και πίσω. Αυτό συμπεριλαμβάνει τον προληπτικό έλεγχο και την ενσωμάτωση όλων των εσωτερικών τμημάτων της εταιρίας. Επίσης περιλαμβάνει τους συνεργάτες της εξωτερικής αλυσίδας αξίας που συνεργάζονται για να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις

των πελατών και να εκπληρωθούν οι υπηρεσίες που παρέχονται (Foidl et al., 2016). Η οριζόντια ολοκλήρωση έχει ως στόχο τη δημιουργία ενδο-εταιρικών συνεργασιών για την αποτελεσματική ροή υλικών, πληροφοριών και ενέργειας ανάμεσα σε διαφορετικές συνεργαζόμενες εταιρίες (Wang et. al. 2015; Kagerman, et. al. 2013). Η διαθεσιμότητα των δεδομένων που περιγράφουν την κατάσταση της αλυσίδας αξίας είναι ζωτικής σημασίας για να ελεγχθεί η ροή αξίας με τον καλύτερο τρόπο.

Η κάθετη ολοκλήρωση αναφέρεται στην κατασκευή επαναπροσδιορισίμων και ευέλικτων συστημάτων παραγωγής. Αναφέρεται στην ολοκλήρωση διαφορετικών συστημάτων πληροφορικής κατά τη διαδικασία παραγωγής σε διαφορετικά επίπεδα ιεραρχίας. Συνολικά, σημαίνει την εφαρμογή των έξυπνων εργοστασίων (Wang et. al., 2015; Kagerman et. al., 2013). Η ψηφιοποίηση της κάθετης αλυσίδας αξίας αφορά στη δημιουργία μιας συνεκτικής ροής πληροφοριών και δεδομένων από τις πωλήσεις έως την παραγωγή και την εφοδιαστική. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την βελτίωση ευελιξίας και ποιότητας, καθώς και μειώνει τα κόστη μέσω της καλής σύνδεσης των συστημάτων παραγωγής, της πρόληψης βλαβών στο σύστημα και των καλύτερων αναλυτικών δυνατοτήτων.

Σήμερα, τα περισσότερα συστήματα πληροφορικής δεν είναι απόλυτα ενοποιημένα. Πελάτες, εταιρίες και προμηθευτές σε σπάνιες περιπτώσεις συνδέονται στενά, ενώ τμήματα σαν την παραγωγή, την εξυπηρέτηση και την μηχανική δεν είναι στενά συνδεδεμένα. Οι λειτουργίες από την επιχείρηση έως το επίπεδο του εργοστασίου δεν έχουν ενσωματωθεί πλήρως και η μηχανική, από τα προϊόντα έως τα εργοστάσια και την αυτοματοποίηση, δεν έχουν πλήρη ένταξη. Όμως, με την εισαγωγή της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης, οι λειτουργίες, οι ικανότητες, οι εταιρίες και τα τμήματα γίνονται περισσότερο συνεκτικές αφού τα διασυννοριακά δίκτυα ενσωμάτωσης δεδομένων θα εξελιχθούν επιτρέποντας την αυτοματοποίηση των αλυσίδων αξίας (Rüßmann et al, 2015). Για την υλοποίηση αυτού του στόχου είναι αναγκαία η συνολική ψηφιοποίηση της κατακόρυφης και οριζόντιας αλυσίδας αξίας. Ένα παράδειγμα είναι η συνεργασία της BoostAeroSpace και της Dassault Systèmes για την αμυντική και αεροδιαστημική βιομηχανία της Ευρώπης. Η AirDesign είναι μια πλατφόρμα συνεργασίας και λειτουργεί σαν ένας κοινόχρηστος χώρος εργασίας για την κατασκευή και τον σχεδιασμό και παρέχεται σε ιδιωτικό νέφος. Η πλατφόρμα ανταλλάσσει δεδομένα παραγωγής και προϊόντων ανάμεσα στους συνεργάτες (Rüßmann et al., 2015).

Μια νέα τάση που παρατηρείται στο Industry 4.0 είναι η ανάγκη για αμοιβαία ανταλλαγή δεδομένων ανάμεσα σε επιχειρήσεις διαφόρων μεγεθών. Αυτό σημαίνει ότι τα συστήματα της βιομηχανίας 4.0 πρέπει να είναι συνδεδεμένα μεταξύ τους και οι εφαρμογές που χρησιμοποιούνται από τις επιχειρήσεις πρέπει να επιδιώκουν τη συνεργασία. Η ζήτηση για ενοποίηση συστημάτων έχει αυξηθεί λόγω της βιομηχανίας 4.0 και αυτό είναι δυνατό λόγω της εξέλιξης των ΤΠΕ (Xu et. al., 2018).

## 4.8 Κυβερνοασφάλεια (Cybersecurity)

Η προστασία των βιομηχανικών συστημάτων και γραμμών παραγωγής από κινδύνους κυβερνοεπιθέσεων και κακόβουλων ενεργειών στο διαδίκτυο αποτελεί τον πυρήνα της κυβερνοασφάλειας στο Industry 4.0. Καθώς η συνδεσιμότητα και η χρήση τυποποιημένων πρωτοκόλλων επικοινωνίας αυξάνονται στη βιομηχανία 4.0, η ανάγκη να προστατευθούν τα βιομηχανικά συστήματα από κινδύνους κυβερνοαπειλών γίνεται ακόμη πιο επιτακτική. Οι κίνδυνοι αυτοί μπορεί να περιλαμβάνουν αποκλεισμό του δικτύου, επιθέσεις λογισμικού, αλλοίωση και παρείσφρηση δεδομένων. Για να προστατεύουν τα συστήματά τους, οι επιχειρήσεις πρέπει να λαμβάνουν μέτρα ασφαλείας όπως η εφαρμογή σύνθετων μεθόδων αναγνώρισης ταυτότητας και πρόσβασης, η χρήση αξιόπιστων επικοινωνιακών πρωτοκόλλων, η εκπαίδευση των εργαζομένων στην ασφάλεια των πληροφοριακών συστημάτων και η συνεργασία με ειδικούς σε θέματα κυβερνοασφάλειας.

Χρησιμοποιώντας τυπικά πρωτόκολλα επικοινωνίας της βιομηχανίας 4.0 και αυξάνοντας την συνδεσιμότητα, αυξάνεται δραματικά η αναγκαιότητα για προστασία γραμμών παραγωγής και βιομηχανικών συστημάτων που θεωρούνται κρίσιμα από απειλές ασφαλείας. Επομένως, είναι απαραίτητο να υπάρχουν αξιόπιστοι και ασφαλείς τρόποι επικοινωνίας, για την πρόσβαση και την προηγμένη διαχείριση ταυτότητας και για τα μηχανήματα και τους χρήστες (Rüßmann et al., 2015). Ο αυξανόμενος βαθμός εξάρτησης και σύνδεσης των μηχανημάτων και των αντίστοιχων χώρων τους με το διαδίκτυο αναγκάζει την αύξηση των προσπαθειών για την προστασία τους από κυβερνοαπειλές, όπως πιθανές ζημιές στον υλικοτεχνικό εξοπλισμό, το λογισμικό και τα δεδομένα, καθώς και τις ενδεχόμενες διακοπές στις υπηρεσίες που παρέχονται μέσω του διαδικτύου. Για την αποφυγή αυτών των απειλών, είναι απαραίτητο να πιστοποιείται η πρόσβαση, να αποκλείεται ο κακόβουλος κώδικας και να χρησιμοποιούνται τεχνικές εξαπάτησης. Οι προσπάθειες αυτές ενισχύουν την ασφάλεια των μηχανημάτων και των χώρων τους και παρέχουν απαραίτητη προστασία στα δεδομένα και τις διαδικτυακές υπηρεσίες. Οι βιομηχανικοί τομείς εκτίθενται όλο και περισσότερο σε κινδύνους κυβερνοασφάλειας, όπως φαίνεται από τις επιθέσεις που έχουν διαπραχθεί τα τελευταία χρόνια σε βιομηχανικούς στόχους. Προκειμένου να υπάρξει αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος, απαιτούνται στον κυβερνοχώρο μέτρα ασφαλείας που λαμβάνουν υπόψη νέα ευαίσθητα σημεία και εμπόδια που αντιμετωπίζουν οι βιομηχανικοί έλεγχοι, όπως οι διαδικασίες και τα συστήματα καθώς και η σύνδεσή τους με το διαδίκτυο.

Οι βιομηχανίες φοβούνται περισσότερο από όλα τον κίνδυνο της παραβίασης της ασφαλείας τους και της απώλειας κρίσιμων δεδομένων και επιχειρησιακών πλάνων. Παλαιότερα, οι βιομηχανίες χρησιμοποιούσαν τύπους δικτύων που διέφεραν από τα συμβατικά δίκτυα υπολογιστών και πρωτόκολλα, γεγονός που τις προστάτευε από κυβερνοεπιθέσεις και ιούς. Επιπλέον, σε πολλές περιπτώσεις, τα διαφορετικά τμήματα της εταιρίας, όπως π.χ. οι πωλήσεις ή η εξυπηρέτηση πελατών, δεν συνδέονταν με το τμήμα πληροφορικής. Παρόλα αυτά, ρήγματα ασφαλείας στις βιομηχανίες έχουν εμφανιστεί στο παρελθόν, αλλά δεν τα έχουν παραδεχθεί οι εταιρίες για να μην θιγεί η υπόληψή τους. Το Industrial Internet καθιστά αναγκαία τη λήψη μέτρων προστασίας.

Πολλές εταιρίες βασίζονται ακόμα σε συστήματα παραγωγής και διαχείρισης που δεν συνδέονται ή είναι απομονωμένα. Χρησιμοποιώντας τυπικά πρωτόκολλα επικοινωνίας της βιομηχανίας 4.0 και αυξάνοντας την συνδεσιμότητα, αυξάνεται δραματικά η αναγκαιότητα για προστασία γραμμών παραγωγής και βιομηχανικών συστημάτων που θεωρούνται κρίσιμα από απειλές ασφαλείας. Επομένως, είναι απαραίτητο να υπάρχουν αξιόπιστοι και ασφαλείς τρόποι επικοινωνίας, για την πρόσβαση και την προηγμένη διαχείριση ταυτότητας και για τα μηχανήματα και τους χρήστες. Τα τελευταία χρόνια, αρκετοί προμηθευτές βιομηχανικού εξοπλισμού έχουν συνεργαστεί με εταιρίες κυβερνοασφάλειας μέσω συνεργασιών ή εξαγορών για να αντιμετωπίσουν αυτήν την ανάγκη (Rüßmann et al., 2015).

#### 4.9 Μεγάλα Δεδομένα και Ανάλυση (Big Data and Analytics)

Η έννοια των Μεγάλων Δεδομένων θεωρείται αφηρημένη έννοια και συνδέεται με την εξέλιξη τεχνολογιών που παράσχουν τις απαραίτητες πληροφορίες, στην κατάλληλη στιγμή, από μια ραγδαία αυξανόμενη μάζα δεδομένων. Παρότι η έννοια των Μεγάλων Δεδομένων εμφανίστηκε σχετικά πρόσφατα, τα θεμέλια για την ανάπτυξή τους τέθηκαν πριν από πολλά χρόνια. Την δεκαετία του 2010, παρατηρήθηκε μεγάλη αύξηση του όγκου των δεδομένων καθώς οι ποσότητες αυξανόταν εκθετικά. Παράλληλα, οι εξελίξεις των τεχνολογιών που αφορούν την επεξεργασία δεδομένων ήταν σημαντικές. Τα δεδομένα αυτά ουσιαστικά προέρχονται από βάσεις δεδομένων εταιριών, καθώς και πηγές που δεν είναι δομημένες όπως μηνύματα, κοινωνικά δίκτυα, ιστολόγια κ.α. (Ohlhorst, 2013).

Η τεχνολογική πρόοδος του βιομηχανικού αυτοματισμού έχει οδηγήσει σε μια αυξανόμενη πολυπλοκότητα των διαδικασιών και στην παραγωγή μεγάλου όγκου δεδομένων, γνωστών ως Big Data. Οι πηγές αυτών των δεδομένων στην βιομηχανία 4.0 περιλαμβάνουν αισθητήρες, ρομπότ, PLC, ενεργοποιητές, CPS, διακόπτες, βιομηχανικά δίκτυα και βιομηχανικούς υπολογιστές. Ο όρος Big Data αναφέρεται σε δεδομένα που είναι δύσκολο να αποθηκευτούν, να συλλεχθούν, να διαχειριστούν και να επεξεργαστούν με συμβατικά εργαλεία και τεχνολογίες. Τα τελευταία πολλά χρόνια, τα Big Data έχουν αυξηθεί σημαντικά σε διάφορους τομείς της βιομηχανίας και συνεχίζουν να αυξάνονται εκθετικά. Η βιομηχανία 4.0 αποτελεί μια συλλογή σύγχρονων τεχνολογιών και συστημάτων που παράγουν μεγάλες ποσότητες δεδομένων για τις οποίες απαιτούνται ειδικά εργαλεία και τεχνικές ανάλυσης των Big Data για την αξιοποίηση τους και την ανάκτηση ενδείξεων που οδηγούν σε αποτελεσματικές λύσεις και βελτιώσεις των βιομηχανικών διαδικασιών.

Τα Μεγάλα Δεδομένα είναι ένα βασικό εργαλείο για το IIoT, καθώς επιτυγχάνουν την πρόβλεψη και τη διαμόρφωση μιας πιο σαφούς εικόνας σχετικά με την εσωτερική λειτουργία μηχανών και διαδικασιών. Με τη συνδυασμένη αυτό-πρόβλεψη και αυτό-αντίληψη των αναλυτικών δεδομένων, είναι δυνατή η ακριβής δημιουργία χρονοδιαγραμμάτων συντήρησης που γίνεται προληπτικά σε εργαλεία

και μηχανήματα με σκοπό να διατηρηθεί η αποτελεσματική τους λειτουργία και να μειωθεί το κόστος που σχετίζεται με την περιττή συντήρηση.

Η σύγχρονη βιομηχανία αντιμετωπίζει την αυξανόμενη ποσότητα δεδομένων που προέρχονται από διάφορες πηγές και χρειάζεται να συλλέξει, να ταξινομήσει και να οργανώσει τα δεδομένα αυτά με συνεκτικό τρόπο, προκειμένου να χρησιμοποιήσει αναλυτικά εργαλεία που υποστηρίζουν την λήψη αποφάσεων από την διοίκηση. Οι εταιρίες πλέον δεν μπορούν να αγνοούν αυτά τα δεδομένα, αφού αυτά μπορεί να είναι ιδιαίτερα χρήσιμα σε θέματα βελτιστοποίησης της ποιότητας, της εξυπηρέτησης, της αποτελεσματικότητας της παραγωγικής διαδικασίας και της μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας.

Στα συστήματα IIoT, οι συσκευές και οι εφαρμογές παράγουν μεγάλο όγκο δεδομένων, απαιτώντας πολύπλοκα και αποδοτικά συστήματα υψηλής απόδοσης προκειμένου να επεξεργαστούν και να αναλύσουν δεδομένα μεγάλου όγκου. Ωστόσο, είναι δύσκολο να καθορίσουμε πότε, πώς και πού θα επεξεργαστούμε και θα αναλύσουμε αυτά τα δεδομένα, λαμβάνοντας υπόψη την καθυστέρηση και τον πραγματικό χρόνο των συστημάτων IIoT. Για να διαχειριστούμε πλήρως τις υπηρεσίες ανάλυσης μεγάλων δεδομένων, τα συστήματα IIoT χρησιμοποιούν διαφορετικές τεχνολογίες για την αποθήκευση, συλλογή, επεξεργασία, διαχείριση και ανάλυση σε αυτά τα δεδομένα (Khan et al., 2020).

Οι τεχνολογίες συλλογής δεδομένων παρέχουν συνδέσεις με πολλές πηγές δεδομένων, όπως έξυπνες συσκευές, αισθητήρες, συλλέκτες δεδομένων που ενσωματώνονται στις συσκευές και τις διαδικτυακές πηγές δεδομένων. Επίσης, οι τεχνολογίες αποθήκευσης μεγάλων δεδομένων διευκολύνουν την αποθήκευση δεδομένων σε τοπικά συστήματα, εντός δικτύου ή στο cloud. Οι τεχνολογίες διαχείρισης και επεξεργασίας δεδομένων διευκολύνουν την επεξεργασία μεγάλων συνόλων δεδομένων κοντά στους αισθητήρες, σε edge servers και σε κέντρα δεδομένων του cloud (Khan et al., 2020). Η παραγωγή μεγάλου όγκου δεδομένων από πολλές πηγές σε πραγματικό χρόνο, τα οποία είναι δομημένα ή μη δομημένα και αποθηκεύονται σε διάφορες μορφές, υπερβαίνει τις δυνάμεις των παραδοσιακών βάσεων δεδομένων και αδυνατούν να τα διαχειριστούν (Trappey et al., 2017). Οι ανάγκες που προέκυψαν για ανάλυση και επεξεργασία μεγάλων δεδομένων οδήγησε στην επιστήμη των πληροφοριών και στην δημιουργία έξυπνων συστημάτων και τεχνικών που μπορούν να εξάγουν σημαντικά μοτίβα και χρήσιμες πληροφορίες, κανόνες και προβλέψεις. Η διαδικασία της εξόρυξης δεδομένων δίνει την λύση στην παραπάνω πρόκληση.

Οι τεχνολογίες ανάλυσης δεδομένων παρέχουν διαφορετικά εργαλεία για την εξόρυξη δεδομένων, τη στατιστική ανάλυση δεδομένων, τη βαθιά μάθηση και τη μηχανική μάθηση, σε διαφορετικά επίπεδα στα συστήματα IIoT. Οι τεχνολογίες actucation επιτρέπουν αλληλεπιδράσεις μεταξύ των συσκευών IIoT και του περιβάλλοντός τους. Παρά την πολυπλοκότητα, οι τεχνολογίες επεξεργασίας και ανάλυσης μεγάλων δεδομένων διαδραματίζουν κυρίαρχο ρόλο στα συστήματα IIoT της επόμενης γενιάς (Khan et al., 2020).

Η ανάλυση μεγάλων συνόλων δεδομένων στον τομέα της κατασκευής, βελτιώνει τη συντήρηση του εξοπλισμού, μειώνει την κατανάλωση ενέργειας και βελτιώνει την ποιότητα της παραγωγής. Στα πλαίσια του Industry 4.0, η ανάλυση και συλλογή δεδομένων από πολλαπλές πηγές, όπως συστήματα διαχείρισης επιχειρήσεων, πελατειακά συστήματα, εξοπλισμό και συστήματα παραγωγής συμβάλλει στην υποστήριξη αποφάσεων πραγματικού χρόνου (Rüßmann et al., 2015). Η ανάλυση δεδομένων που έχουν προηγουμένως καταγραφεί χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό των απειλών που βρέθηκαν στο παρελθόν σε διαδικασίες παραγωγής και στην πρόβλεψη νέων εμποδίων που ενδέχεται να προκύψουν. Επιπλέον, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εύρεση λύσεων που θα εμποδίσουν τα προβλήματα από το να επαναλαμβάνονται συνεχώς στη βιομηχανία. Η Infineon Technologies που κατασκευάζει ημιαγωγούς μείωσε τα αποτυχημένα προϊόντα συνδέοντας δεδομένα μιας μεμονωμένης επικοινωνίας που καταγράφεται στη φάση του ελέγχου στο τέλος της παραγωγικής διαδικασίας με δεδομένα διαδικασιών που είχαν συλλεχθεί στην αρχική φάση του σταδίου κατασκευής. Έτσι, η εταιρία είναι ικανή να αναγνωρίσει μοτίβα που θα βοηθήσουν στον αποκλεισμό προϊόντων με ελαττώματα στα πρώιμα στάδια της διαδικασίας παραγωγής και να βελτιώσει την ποιότητα της παραγωγής (Rüßmann et al., 2015).

Η ανάλυση τεράστιων όγκων δεδομένων μπορεί να συμβάλει στον εντοπισμό παραλλαγών στις διαδικασίες και στον εντοπισμό των αιτιών των προβλημάτων που σχετίζονται με την ποιότητα, προωθώντας την βελτίωση της συνολικής ποιότητας των διαδικασιών και των προϊόντων. Η ανάλυση μεγάλων δεδομένων αναγνωρίζεται ως ένα από τα κορυφαία τεχνολογικά πλεονεκτήματα της Industry 4.0, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τις μεταποιητικές βιομηχανίες που εφαρμόζουν την έννοια της Ποιότητας 4.0 (Sader et al, 2019; Maganga et al., 2020).

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η αντιμετώπιση των Μεγάλων Δεδομένων δεν είναι χωρίς προκλήσεις σε θέματα επεξεργασίας και αποθήκευσης. Ενδιαφέρον έχει το γεγονός ότι υπάρχουν διάφορα συστήματα που αποθηκεύουν δεδομένα σε διαφορετικές μορφές, ακόμα και μέσα στην ίδια εταιρία ή μέσα στον ίδιο οργανισμό (Dunham, 2015). Επιπλέον, μια ακόμη πρόκληση που πρέπει να αντιμετωπιστεί είναι αυτή της αύξησης του όγκου των δεδομένων, καθώς και οι δυσκολίες που παρουσιάζονται στη διαχείριση των δεδομένων με ετερογενή μορφή καθώς και των πολύπλοκων, διασυνδεδεμένων δεδομένων (Riahi & Riahi, 2018). Τα δεδομένα συχνά από μόνα τους δεν έχουν μεγάλη αξία, αλλά θα πρέπει να εκτελεστεί η κατάλληλη επεξεργασία προκειμένου να παραχθεί χρήσιμη πληροφορία, η οποία οδηγεί σε αξιοποιήσιμη και πολύτιμη γνώση. Λόγω της μεγάλης ποσότητας των δεδομένων, είτε αυτά είναι αδόμητα, δομημένα ή ημιδομημένα, μπορούν να συλλεχθούν με την διαδικασία της εξόρυξης δεδομένων, προκειμένου να εξαχθούν πολύτιμες πληροφορίες (Dunham, 2015). Επίσης υπάρχει και η πρόκληση της ιδιαίτερης μορφής των δεδομένων, που οδηγεί στην ανάγκη για εξειδικευμένους αλγόριθμους που μπορούν να διαχειρίζονται δεδομένα που προέρχονται από διάφορες πηγές ή μορφές. Όσον αφορά τα δομημένα δεδομένα,



αναφέρονται κυρίως σε δεδομένα που έχουν οργανωθεί και θεωρούνται ότι έχουν μια καθορισμένη δομή. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν δεδομένα που προέρχονται από διάφορους τύπους αισθητήρων, GPS, υπολογιστές, άλλα μηχανικά μέσα και εξυπηρετητές (Hurwitz et al., 2013). Επιπλέον, η ποιότητα των Μεγάλων Δεδομένων δεν μπορεί να θεωρηθεί σταθερή καθώς είναι επηρεασμένη από την ανάλυση. Συχνή είναι επίσης η εμφάνιση μη έγκυρων και ελλιπών τιμών (Reznor, 2017).

Καθώς η 4η Βιομηχανική Επανάσταση εξελίσσεται, έχουν αναπτυχθεί πολλά εργαλεία που συνδράμουν στην ανάλυση των Μεγάλων Δεδομένων. Αξίζει να σημειωθεί πως τα δεδομένα διπλασιάζονται σε όγκο περίπου κάθε 2 έτη σε διεθνές επίπεδο, με αποτέλεσμα να υπάρχουν πολύ μεγάλες ποσότητες δεδομένων σε διαφορετικούς τομείς της οικονομίας και της κοινωνίας. Επίσης σημαντικό είναι να επισημανθεί ότι τα μεγάλα δεδομένα δύναται να αξιοποιηθούν στην βιομηχανία, ειδικότερα στο πλαίσιο του IoT, που παρέχουν την υποδομή για τη συλλογή και τη μετάδοση δεδομένων από και προς τους αισθητήρες (Guban & Kasa, 2016).

#### 4.10 Προσομοίωση (Simulation)

Η προσομοίωση αποτελεί μια τεχνική όπου υπολογιστικά μοντέλα και εργαλεία χρησιμοποιούνται για να αναπαραστήσουν και να προσομοιώσουν πραγματικά συστήματα ή διεργασίες. Στο πλαίσιο της βιομηχανίας 4.0, η προσομοίωση εφαρμόζεται για να μοντελοποιήσει και να αναλύσει διάφορες πτυχές των βιομηχανικών διαδικασιών και συστημάτων.

Στο πλαίσιο της βιομηχανίας 4.0 η προσομοίωση παρέχει πολλές εφαρμογές και οφέλη. Αρχικά, χρησιμοποιείται προκειμένου να βελτιστοποιηθούν οι διαδικασίες παραγωγής και λειτουργίας, επιτρέποντας την ανάλυση και τη βελτιστοποίηση των επιδόσεων των συστημάτων. Μπορεί να προβλέψει την απόδοση, να εντοπίσει πιθανά σημεία αδυναμίας και να βρει τις βέλτιστες παραμέτρους που θα οδηγήσουν σε βέλτιστη απόδοση. Επίσης, η προσομοίωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκπαίδευση του προσωπικού και την εκμάθηση νέων διαδικασιών. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκπαίδευση νέων υπαλλήλων, αλλά και για την εκπαίδευση του προσωπικού σε περιπτώσεις ανάπτυξης και εφαρμογής νέων τεχνολογιών, όπως έξυπνα συστήματα, ρομποτική και αυτοματισμούς. Επιπλέον, η προσομοίωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην ανάπτυξη και στον σχεδιασμό καινούργιων προϊόντων. Μπορεί να βοηθήσει στην αξιολόγηση της απόδοσης των προϊόντων και στην επιλογή των βέλτιστων χαρακτηριστικών πριν από την πραγματική τους παραγωγή. Με τη χρήση της προσομοίωσης, είναι δυνατόν να ανιχνευθούν πιθανά προβλήματα και να γίνει πρόβλεψη της συμπεριφοράς του προϊόντος σε διάφορες συνθήκες λειτουργίας. Η προσομοίωση αποτελεί ένα εξαιρετικά χρήσιμο εργαλείο για την ανάλυση και βελτιστοποίηση των αποθεμάτων και της διαχείρισης της αλυσίδας εφοδιασμού. Μέσω αυτής της διαδικασίας, είναι δυνατό να προσδιοριστούν τα βέλτιστα επίπεδα αποθέματος, να αντιμετωπιστούν προβλήματα που αφορούν την προσφορά και τη

ζήτηση, καθώς επίσης και να αναγνωριστούν περιθώρια βελτίωσης και αποτελεσματικότητας στην αλυσίδα εφοδιασμού. Επιπλέον, η προσομοίωση αποτελεί ένα αποτελεσματικό εργαλείο για την ανίχνευση πιθανών ατελειών και προβλημάτων στα συστήματα παραγωγής και λειτουργίας. Μέσω της προσομοίωσης, μπορούν να προσομοιωθούν διάφορα σενάρια και να γίνει πρόβλεψη πιθανών ατελειών και αποτυχιών, προκειμένου οι εμπλεκόμενοι να λάβουν προληπτικά μέτρα έτσι ώστε από την μια να αποφευχθούν προβλήματα και από την άλλη να βελτιωθεί η αξιοπιστία των συστημάτων.

Στη φάση της μηχανικής ανάπτυξης, ήδη χρησιμοποιούνται τρισδιάστατες προσομοιώσεις για διαδικασίες παραγωγής, προϊόντα και υλικά. Στο μέλλον ωστόσο οι προσομοιώσεις θα εφαρμόζονται ευρύτερα και σε εργοστασιακές εργασίες. Οι προσομοιώσεις αυτές θα εκμεταλλεύονται πραγματικά δεδομένα σε πραγματικό χρόνο, δημιουργώντας ένα εικονικό μοντέλο που αντικατοπτρίζει τον φυσικό κόσμο, με την παρουσία ανθρώπων, μηχανημάτων και προϊόντων. Έτσι στους χρήστες δίνεται η δυνατότητα να δοκιμάζουν και να βελτιστοποιούν τις ρυθμίσεις των μηχανημάτων τους για τα επόμενα προϊόντα που πρόκειται να παραχθούν στη γραμμή παραγωγής, ακόμη πριν από την πραγματική αλλαγή, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η ποιότητα και να μειώνεται ο χρόνος ρύθμισης των μηχανημάτων. Ένα παράδειγμα είναι η Siemens και ένας γερμανικός προμηθευτής μηχανολογικών εργαλείων που ανέπτυξαν ένα εικονικό μηχάνημα που μπορεί να προσομοιώσει τη διαδικασία επεξεργασίας των εξαρτημάτων χρησιμοποιώντας δεδομένα από το φυσικό μηχάνημα. Αυτή η τεχνολογία μειώνει έως και 80% τον χρόνο ρύθμισης της πραγματικής διαδικασίας επεξεργασίας (Rüßmann et al., 2015).

## 5. Η Επιστήμη της Πληροφορικής και η Βιομηχανία 4.0

### 5.1 Επιστήμη της Πληροφορικής και Τεχνητή Νοημοσύνη : Αναδιαμορφώνοντας τη Βιομηχανία 4.0

Η Επιστήμη της Πληροφορικής και η τεχνητή νοημοσύνη έχουν εξελιχθεί σε ουσιαστικούς κινητήριους παράγοντες της καινοτομίας στην Βιομηχανία 4.0. Έχουν προκαλέσει επαναστατικές αλλαγές σε πολλούς τομείς της βιομηχανίας με εντυπωσιακά προηγμένες εξελίξεις σε κρίσιμους τομείς. Αυτή η ενότητα παρέχει μια συνοπτική επισκόπηση της ενσωμάτωσης της τεχνητής νοημοσύνης στην Βιομηχανία 4.0, εστιάζοντας στη σημασία της και εξερευνώντας τις επιπτώσεις της σε τομείς της βιομηχανίας.

#### 5.1.1 Ποιοτικός Έλεγχος και Ανίχνευση Ελαττωμάτων

Τα συστήματα ελέγχου ποιότητας που βασίζονται στην τεχνητή νοημοσύνη έχουν εκσυγχρονίσει την ανίχνευση και την αντιμετώπιση ελαττωμάτων στην Βιομηχανία 4.0. Αυτά τα συστήματα χρησιμοποιούν αλγόριθμους μηχανικής μάθησης, αναγνώριση προτύπων και υπολογιστική όραση για να εξασφαλίσουν την

ποιότητα των προϊόντων. Η χρήση αυτών των τεχνολογιών μπορεί να βελτιώσει σημαντικά τον έλεγχο ποιότητας στον κλάδο της κατασκευής, με την μηχανική όραση να αποδεικνύεται ιδιαίτερα χρήσιμη για αξιόπιστους και αποτελεσματικούς ελέγχους.

Τα δεδομένα που αποκτώνται μέσω της μηχανικής όρασης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανίχνευση και αναφορά ελαττωμάτων, τη γρήγορη αντιμετώπιση οποιασδήποτε δυσλειτουργίας και τον προσδιορισμό των αιτιών των προβλημάτων στα έξυπνα εργοστάσια. Με την εφαρμογή αυτών των τεχνολογιών, οι κατασκευαστές έχουν την δυνατότητα να αυξήσουν την αποδοτικότητά και να βελτιώσουν τις διαδικασίες κατασκευής (Benbarrad κ.ά., 2021). Η μηχανική μάθηση έχει τη δυνατότητα να ξεπεράσει την απλή ανίχνευση ελαττωμάτων και να αναγνωρίσει με ακρίβεια τις αιτίες των αποτυχιών, αναλύοντας δεδομένα πραγματικού χρόνου που παράγονται κατά τη διάρκεια της αλυσίδας παραγωγής (Chopra & Priyadarshi, 2019).

Η εφαρμογή της τεχνητής νοημοσύνης στις διαδικασίες ανίχνευσης ελαττωμάτων και ελέγχου ποιότητας στην Βιομηχανία 4.0 παρέχει πολλαπλά οφέλη. Τα συστήματα που χρησιμοποιούν τεχνητή νοημοσύνη βελτιώνουν την ταχύτητα, την αποτελεσματικότητα και την ακρίβεια στον εντοπισμό ελαττωμάτων, μειώνοντας το κόστος, τους χρόνους κύκλου παραγωγής, την κατανάλωση ενέργειας, το ποσοστό απόβλητων, τα σφάλματα και το ποσοστό απόρριψης (Trinks, 2021). Η τεχνητή νοημοσύνη εξασφαλίζει συνέπεια και τυποποίηση κατά την αξιολόγηση της ποιότητας των προϊόντων. Επίσης αυξάνει την ικανοποίηση των πελατών και την πιστότητά τους, το κύρος της εταιρίας και διασφαλίζει συνεπή ποιότητα των προϊόντων. Τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης παρέχουν πληροφορίες που βασίζονται σε δεδομένα, επιτρέποντας την βελτιστοποίηση των διαδικασιών και τη λήψη ενημερωμένων αποφάσεων. Εν κατακλείδι, η ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης στις διαδικασίες ανίχνευσης ελαττωμάτων και ελέγχου ποιότητας οδηγεί σε βελτιωμένη ποιότητα προϊόντων και αυξημένη ανταγωνιστικότητα για τις εταιρίες.

### 5.1.2 Αλυσίδες Εφοδιασμού

Η τεχνητή νοημοσύνη διαδραματίζει ζωτικό ρόλο στη βελτίωση των λειτουργιών της αλυσίδας εφοδιασμού στην Βιομηχανία 4.0. Μέσω της προγνωστικής μοντελοποίησης, της παρακολούθησης σε πραγματικό χρόνο και της ανάλυσης δεδομένων, τα συστήματα της τεχνητής νοημοσύνης προβλέπουν τη ζήτηση και βελτιώνουν τη διαχείριση των αποθεμάτων. Για να ανταποκριθούν στις ανάγκες τους, οι σύγχρονες αλυσίδες εφοδιασμού απαιτούν λύσεις που συμβάλλουν σε βιώσιμες πρακτικές παραγωγής και κατανάλωσης, αύξησης της παραγωγικότητας, προσαρμογής στην προσφορά, αποτελεσματικής χρήση των πόρων και μείωσης των αποβλήτων. Για να ανταποκριθούν σε αυτές τις απαιτήσεις, χρησιμοποιούνται προηγμένες τεχνολογίες όπως τεχνικές πρόβλεψης, ανάλυσης δεδομένων και συσκευές IoT (Mastos et al., 2021).

Οι προαναφερόμενες τεχνολογίες επιτρέπουν την υλοποίηση ασφαλών και διάφανων συναλλαγών, την ακριβή πρόβλεψη, την ανάλυση μεγάλων όγκων δεδομένων και τη βελτιωμένη ορατότητα των εφοδιαστικών αλυσίδων. Αξιοποιώντας αυτά τα εργαλεία, οι εφοδιαστικές αλυσίδες μπορούν να επιτύχουν μεγαλύτερη αποδοτικότητα, βελτιστοποιώντας τη χρήση των πόρων, μειώνοντας την παραγωγή αποβλήτων και προωθώντας πιο βιώσιμες πρακτικές. Επιπλέον, η εφαρμογή των αλγορίθμων τεχνητής νοημοσύνης στις επιχειρήσεις επιτρέπει την πρόβλεψη των αλλαγών στην αγορά, προσφέροντας στη διοίκηση ένα μεγάλο πλεονέκτημα έναντι των ανταγωνιστών. Αυτοί οι αλγόριθμοι εκτιμούν τις απαιτήσεις της αγοράς αναλύοντας τους μακροοικονομικούς και κοινωνικοοικονομικούς παράγοντες, τις τάσεις, την πολιτική κατάσταση, τα περιβαλλοντικά πρότυπα, τη συμπεριφορά των πελατών και άλλες σχετικές μεταβλητές (Javaid et al., 2021).

### 5.1.3 Διαχείριση Κινδύνου και Ασφάλεια

Η Βιομηχανία 4.0 αντιπροσωπεύει ένα νέο παράδειγμα παραγωγής που έχει επιφέρει σημαντική πρόοδο στον τρόπο αλληλεπίδρασης μεταξύ ανθρώπων και μηχανών. Αυτή η πρόοδος έχει οδηγήσει σε ποικίλες βελτιώσεις στη διαδικασία παραγωγής αλλά έχει επίσης παρουσιάσει νέες προκλήσεις στην ασφάλεια και την υγεία των εργαζομένων. Εκτός από τις συνηθισμένες επαγγελματικές ασθένειες, η εργασία στη Βιομηχανία 4.0 μπορεί να συμβάλλει στην αύξηση της εμφάνισης άλλων παθήσεων, όπως ψυχικές διαταραχές και προβλήματα που σχετίζονται με την ακινησία (Lemos et al., 2022).

Σε περιβάλλοντα του τομέα κατασκευής που έχουν υψηλή πολυπλοκότητα, η διαχείριση κινδύνων σε πραγματικό χρόνο γίνεται ζωτικής σημασίας. Η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να έχει σημαντικό ρόλο στην αντιμετώπιση κινδύνων στον χώρο εργασίας που προκύπτουν από την πολυπλοκότητα του σύγχρονου κόσμου και στην βελτίωση της λήψης αποφάσεων (Adem et al., 2020). Στη Βιομηχανία 4.0, ένας αριθμός εργαζομένων συνήθως επικεντρώνεται σε δημιουργικές εργασίες που προσθέτουν αξία, ενώ οι επαναλαμβανόμενες δραστηριότητες και οι επικίνδυνες λειτουργίες συνήθως ανατίθενται σε ρομπότ. Αυτή η πρακτική, σε συνδυασμό με την προληπτική και διαρκή αξιολόγηση και διαχείριση κινδύνων με τη χρήση διάφορων τεχνολογιών, έχει τη δυνατότητα να ενισχύσει την ασφάλεια στον χώρο εργασίας (Lemos et al., 2022).

Στην Βιομηχανία 4.0, έχουν μειωθεί σημαντικά οι επαγγελματικές ασθένειες που προκύπτουν από την φυσική εργασία και τις επαναλαμβανόμενες ενέργειες. Σε ένα προηγμένο περιβάλλον εργασίας, ένα εξειδικευμένο δίκτυο αισθητήρων καταγράφει αυτόματα τις πιο πρόσφατες πληροφορίες σχετικά με το περιβάλλον, ενώ η χρήση συστημάτων αναγνώρισης προσώπου επιτρέπει την αναγνώριση των ατομικών χαρακτηριστικών. Φορητές συσκευές παρακολουθούν προσεκτικά την ευεξία των εργαζομένων, συλλέγοντας σημαντικές πληροφορίες για βασικούς παράγοντες, όπως την υγρασία, το επίπεδο θορύβου και την φωτεινότητα. Αυτή η

πληθώρα δεδομένων διευκολύνει την προσαρμογή των εργασιακών περιβαλλόντων, δημιουργώντας ένα περιβάλλον που δίνει προτεραιότητα στην ασφάλεια. Χρησιμοποιώντας έξυπνες τερματικές συσκευές, οι εργοδότες αποκτούν πολύτιμες πληροφορίες για τις καθημερινές πρακτικές και δραστηριότητες των εργαζομένων τους. Σημαντικό είναι ότι εάν ανιχνευθεί οποιαδήποτε ασυνήθιστο γεγονός οι χειριστές μπορούν γρήγορα να λάβουν ειδοποιήσεις μέσω φωνητικών εντολών ή εναλλακτικών καναλιών δεδομένων, επιτρέποντάς τους να δώσουν ακριβείς οδηγίες για την κατεύθυνση της κατάλληλης συμπεριφοράς (Adem et al., 2020).

#### 5.1.4 Σχεδιασμός Προϊόντων

Η εμφάνιση της Βιομηχανίας 4.0 έχει επιφέρει σημαντικούς μετασχηματισμούς στον τομέα της ανάπτυξης προϊόντων, χαρακτηριζόμενες από την αυξανόμενη ανάγκη για προσαρμόσιμα και έξυπνα προϊόντα (Nunes et al., 2017). Το Industry 4.0 έχει φέρει σημαντική μεταβολή στον τοπίο του σχεδιασμού προϊόντων, απαιτώντας ένα ευρύτερο φάσμα δεξιοτήτων που περιλαμβάνουν τεχνολογικές, κοινωνικές και προσωπικές ικανότητες. Αυτές οι πολυδιάστατες ικανότητες είναι απαραίτητες για την επίτευξη αποτελεσματικών σχεδιαστικών στόχων σε αυτήν τη νέα εποχή (Sallati et al., 2019).

Στη Βιομηχανία 4.0, αναμένεται από τους σχεδιαστές να κατέχουν όχι μόνο την ειδικευση σε εργαλεία, διαδικασίες και μεθόδους για την ανάπτυξη προϊόντων, αλλά επίσης αναλυτικές και υπολογιστικές ικανότητες για την αντιμετώπιση νέων προκλήσεων που θέτουν οι πελάτες (Cao et al., 2021).

Η ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης στον σχεδιασμό προϊόντων στη Βιομηχανία 4.0 φέρνει πολλαπλά οφέλη στη διαδικασία κατασκευής. Χρησιμοποιώντας δεδομένα και αλγόριθμους, η τεχνητή νοημοσύνη ενισχύει την καινοτομία, με αποτέλεσμα την ανάπτυξη δημιουργικών και πρωτοποριακών προϊόντων. Βελτιστοποιεί την απόδοση των προϊόντων μέσω της ανάλυσης πολύπλοκων δεδομένων και της προσομοίωσης διάφορων σεναρίων, οδηγώντας σε βελτιωμένη λειτουργικότητα και ανθεκτικότητα. Επιπλέον, η τεχνητή νοημοσύνη επιταχύνει τη διαδικασία σχεδίασης, μειώνοντας τον χρόνο που απαιτείται για την εισαγωγή προϊόντων στην αγορά. Συμβάλλει επίσης στη μείωση του κόστους βελτιστοποιώντας τους πόρους και προτείνοντας εναλλακτικά υλικά. Η τεχνητή νοημοσύνη επιτρέπει την εξατομίκευση βάσει των ατομικών προτιμήσεων των πελατών, ενισχύοντας την ικανοποίησή τους. Επιπλέον, η τεχνητή νοημοσύνη διευκολύνει τη βελτιστοποίηση των σχεδίων και την προσομοίωση της απόδοσης του προϊόντος για να εξασφαλιστεί η βέλτιστη λειτουργικότητα.

Με την αυτοματοποίηση επαναλαμβανόμενων εργασιών, η τεχνητή νοημοσύνη απελευθερώνει τους σχεδιαστές από τον χρόνο που αφιερώνουν σε αυτές, επιτρέποντάς τους να επικεντρωθούν σε πιο πολύπλοκες πτυχές της διαδικασίας σχεδίασης. Η ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης σε λύσεις της κυκλικής οικονομίας ενισχύει την παραγωγικότητα επιτρέποντας τη μεγαλύτερη βελτιστοποίηση και ανάλυση των δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Η ικανότητα της μηχανικής μάθησης να αναλύει μεγάλους όγκους δεδομένων καθιστά την τεχνητή νοημοσύνη έναν κρίσιμο παράγοντα σε όλα τα στάδια της κυκλικής οικονομίας. Η

δυνατότητα δημιουργίας αξιόπιστων και ακριβών σχεδίων που δίνουν προτεραιότητα στην κυκλικότητα συμβάλλει σημαντικά στην περιβαλλοντική φιλικότητα σε διάφορα στάδια της κυκλικής οικονομίας, όπως η συντήρηση, η επισκευή, η ανακύκλωση και άλλα (Ghoreishi & Harponen, 2020).

## 5.2 Προκλήσεις που Απορρέουν από την Χρήση της Τεχνητής Νοημοσύνης

Η τεχνητή νοημοσύνη έχει σημειώσει σημαντική πρόοδο, προκαλώντας μετασχηματιστικές αλλαγές στον τρόπο ζωής, εργασίας και αλληλεπίδρασης με την τεχνολογία. Μέσω της ικανότητάς της να αποκτά γνώση από την εμπειρία, να αναλύει μεγάλους όγκους δεδομένων και να λαμβάνει αποφάσεις, η τεχνητή νοημοσύνη έχει επανασχεδιάσει διάφορους κλάδους. Ωστόσο, η γρήγορη εξέλιξη της τεχνολογίας της τεχνητής νοημοσύνης έχει δημιουργήσει ανησυχίες σχετικά με πιθανούς κινδύνους και προκλήσεις. Σε αυτή την ενότητα θα αναφερθούν μερικές από τις κύριες προκλήσεις από την χρήση της τεχνητής νοημοσύνης.

### 5.2.1 Ασφάλεια των συστημάτων

Στην εποχή της ταχύτατης εξέλιξης της τεχνητής νοημοσύνης, είναι πρωταρχικής σημασίας να δοθεί προτεραιότητα στην ασφάλεια των συστημάτων τεχνητής νοημοσύνης. Οι επιθέσεις που στοχεύουν την τεχνητή νοημοσύνη έχουν σοβαρές συνέπειες, όπως διαστρέβλωση δεδομένων, μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση και διακοπή της λειτουργίας. Οι επιθέσεις και η παραποίηση των δεδομένων δημιουργούν ευπάθειες, επισημαίνοντας την ανάγκη για αποτελεσματικά μέτρα ασφαλείας. Η κρυπτογράφηση, ο τακτικός έλεγχος των ευπαθειών, η εφαρμογή αυστηρού ελέγχου ταυτότητας και η ευαισθητοποίηση του προσωπικού σε θέματα κυβερνοασφάλειας αποτελούν ζωτικά βήματα για τους οργανισμούς. Η ενσωμάτωση ηθικών αξιών και η συνεργασία μεταξύ όλων των ενδιαφερόμενων φορέων αποτελούν κρίσιμα στοιχεία για την καθιέρωση βιομηχανικών προτύπων και κανονισμών, τη διατήρηση της εμπιστοσύνης στις τεχνολογίες τεχνητής νοημοσύνης και την εξασφάλιση της ασφάλειας των συστημάτων τεχνητής νοημοσύνης. Καθώς η συνδεσιμότητα και η χρήση τυποποιημένων πρωτοκόλλων επικοινωνίας συνεχίζουν να αυξάνονται στο πλαίσιο της Βιομηχανίας 4.0, παρατηρείται σημαντική αύξηση της ανάγκης για εξασφάλιση κρίσιμων γραμμών παραγωγής και βιομηχανικών συστημάτων από κινδύνους κυβερνοασφάλειας. Συνεπώς, είναι επείγουσα η ανάγκη για τη δημιουργία ασφαλών και αξιόπιστων καναλιών επικοινωνίας, παράλληλα με την εφαρμογή προηγμένων λύσεων διαχείρισης ταυτότητας και πρόσβασης στις μηχανές και στους χρήστες (Rüßmann et al., 2015).

## 5.2.2 Ζητήματα που αφορούν τα δεδομένα

Στο πλαίσιο της τεχνητής νοημοσύνης στη Βιομηχανία 4.0, αντιμετωπίζουμε πολλαπλές προκλήσεις που συνδέονται με τα δεδομένα και πρέπει να αντιμετωπιστούν. Αυτές οι προκλήσεις περιλαμβάνουν τη διαθεσιμότητα, την ενοποίηση, την ασφάλεια, την ποιότητα, τη συμμόρφωση καθώς και την αντικειμενικότητα των δεδομένων.

Η διαθεσιμότητα επαρκών και συναφών δεδομένων αποτελεί αναγκαία προϋπόθεση για την αποτελεσματική εκπαίδευση των μοντέλων τεχνητής νοημοσύνης. Ωστόσο, ορισμένες βιομηχανίες αντιμετωπίζουν δυσκολίες στην απόκτηση εκτεταμένων και ποικίλων συνόλων δεδομένων λόγω ανησυχιών για την προστασία της ιδιωτικής ζωής ή περιορισμένης πρόσβασης σε πηγές δεδομένων. Σε πραγματικά περιβάλλοντα παραγωγής, συχνά λείπουν ποικίλα δεδομένα που αντιπροσωπεύουν διάφορες καταστάσεις του συστήματος. Αυτή η σπανιότητα δεδομένων δυσχεραίνει την απόκτηση μεγάλου όγκου επισημασμένων δεδομένων που απαιτούνται για την εκπαίδευση αλγορίθμων μηχανικής μάθησης και βαθιάς μάθησης. Η περιορισμένη διαθεσιμότητα τέτοιου είδους δεδομένων αποτελεί εμπόδιο στην υιοθέτηση αυτών των πρακτικών και επηρεάζει τη συνολική διαθεσιμότητα δεδομένων στις εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης στη μεταποιητική βιομηχανία (Peres et al., 2020).

Η ενοποίηση δεδομένων αναφέρεται στη διαδικασία ενσωμάτωσης δεδομένων από διάφορα ανεξάρτητα συστήματα σε ένα ενιαίο σύνολο δεδομένων. Στον τομέα της τεχνολογίας πληροφοριών και της βιομηχανίας, η ενοποίηση αναφέρεται στο αποτέλεσμα μιας διαδικασίας που συνδέει διακριτά υποσυστήματα με διαφορετικά χαρακτηριστικά, με σκοπό την ενσωμάτωση των δεδομένων σε ένα μεγαλύτερο και πιο πολύπλοκο σύστημα (Horak et al., 2022). Η ενοποίηση δεδομένων από διάφορες πηγές και μορφές μπορεί να αποτελεί μια περίπλοκη διαδικασία. Ειδικά στο πεδίο της Βιομηχανίας 4.0, όπου υπάρχουν πολλά διασυνδεδεμένα συστήματα που παράγουν δεδομένα, η εναρμόνιση και η ενσωμάτωση των ροών δεδομένων από διάφορους αισθητήρες, πλατφόρμες και μηχανές αποτελούν σημαντικές προκλήσεις.

Η ασφάλεια των δεδομένων είναι ζωτικής σημασίας, καθώς τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης βασίζονται σε πολύτιμα και ευαίσθητα δεδομένα. Είναι απαραίτητο να διασφαλίζονται αυτά τα δεδομένα από κυβερνοεπιθέσεις, παραβιάσεις και μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση προκειμένου να προστατευθεί η πνευματική ιδιοκτησία και να διατηρηθεί η εμπιστοσύνη. Η αύξηση των κυβερνοεπιθέσεων σε κατασκευαστικά και βιομηχανικά συστήματα αποδεικνύει την ευάλωτη φύση των υπαρχόντων συστημάτων. Ωστόσο, η έλλειψη κατανόησης αυτών των ευπαθών σημείων οδηγεί σε ανεπαρκή προετοιμασία σε θέματα ασφαλείας. Οι προηγμένες τεχνικές δυνατότητες και η αυτοματοποίηση στον τομέα της έξυπνης μεταποίησης δημιουργούν νέα σημεία ευπάθειας, αυξάνοντας τις ανησυχίες σχετικά με την έλλειψη σαφήνειας στον τομέα της ασφαλείας. Ως

αποτέλεσμα, η μεταποιητική βιομηχανία έχει γίνει πρωταρχικός στόχος για κυβερνοεπιθέσεις και αναγνωρίζεται ως ένας από τους πλέον ευάλωτους τομείς (Turtuk & Hailes, 2018).

Η διασφάλιση της αξιοπιστίας και της ποιότητας δεδομένων αποτελεί ζωτικής σημασίας παράγοντα για τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης, καθώς επηρεάζει την ακρίβεια και την ουσιαστικότητα των πληροφοριών που αποκτούν. Προβλήματα μπορεί να προκύψουν λόγω ελλείψεων, ασυνέπειας ή εσφαλμένων δεδομένων, τα οποία μπορούν να δυσχεράνουν την απόδοση και την αξιοπιστία των αλγορίθμων τεχνητής νοημοσύνης. Η επιτυχία των βιομηχανικών μοντέλων τεχνητής νοημοσύνης και μηχανικής μάθησης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από ακριβή, άρτια καταγεγραμμένα και σωστά επισημασμένα δεδομένα εκπαίδευσης. Συνεπώς, η ποιότητα των δεδομένων διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο στην αποτελεσματικότητα και τη βιωσιμότητα αυτών των λύσεων σε βιομηχανικό πλαίσιο (Peres et al., 2020).

Η εφαρμογή της τεχνητής νοημοσύνης συνεπάγεται πολυπλοκότητα λόγω της συμμόρφωσης προς τους κανονισμούς περί ιδιωτικής ζωής και προστασίας δεδομένων. Η δημιουργία ισχυρών πλαισίων για τη διακυβέρνηση των δεδομένων και η διασφάλιση της συμμόρφωσης προς ηθικά και νομικά πρότυπα αποτελούν προκλήσεις για τους οργανισμούς (Winfield & Jirotko, 2018). Αυτές οι προκλήσεις υπογραμμίζουν τη σημασία της αντιμετώπισης των ζητημάτων που σχετίζονται με τα δεδομένα στις εφαρμογές τεχνητής νοημοσύνης, με σκοπό να βελτιωθεί η αξιοπιστία, η ακρίβεια και η ηθική χρήσης των τεχνολογιών της τεχνητής νοημοσύνης στο πλαίσιο της Βιομηχανίας 4.0.

Τα δεδομένα θα πρέπει να διακατέχονται από αντικειμενικότητα καθώς οι αλγόριθμοι τεχνητής νοημοσύνης είναι ευάλωτοι σε μεροληπτικά δεδομένα που υπάρχουν στα δεδομένα εκπαίδευσης που χρησιμοποιούν. Η παρουσία μεροληπτικών δεδομένων μπορεί να οδηγήσει σε ανισότητες και μη δίκαιες αποφάσεις, ενισχύοντας τις διακρίσεις ή την αδικία. Η αντιμετώπιση της δικαιοσύνης των δεδομένων και η αντιμετώπιση των προκαταλήψεων στα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης αποτελούν ζωτικές προκλήσεις. Η προκατάληψη αναδεικνύεται ως σημαντικό ηθικό ζήτημα στον τομέα της τεχνητής νοημοσύνης. Επειδή τα συστήματα βασίζονται σε δεδομένα που αντικατοπτρίζουν την ουδετερότητά τους, η παρουσία μεροληπτικών δεδομένων θα οδηγήσει σε μεροληπτικά συστήματα τεχνητής νοημοσύνης. Για τη μείωση της προκατάληψης και την προώθηση της δικαιοσύνης στα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης, απαιτείται μια ολοκληρωμένη στρατηγική που περιλαμβάνει προώθηση της ποικιλομορφίας και της συμπερίληψης στην εργασιακή διαδικασία τεχνητής νοημοσύνης, προσεκτική συλλογή και επιμέλεια δεδομένων, τακτική παρακολούθηση και αξιολόγηση, αλγοριθμική διαφάνεια, συνεργασία και δέσμευση με διάφορους ενδιαφερόμενους φορείς και αρχές ηθικού σχεδιασμού (Srivastava & Sinha 2023).



### 5.2.3 Έλλειψη εξειδικευμένου εργατικού δυναμικού

Η έλλειψη ειδικευμένου εργατικού δυναμικού αποτελεί ένα σημαντικό εμπόδιο για την εφαρμογή της τεχνητής νοημοσύνης στις βιομηχανίες. Οι εταιρίες αντιμετωπίζουν προκλήσεις στην υιοθέτηση της τεχνητής νοημοσύνης λόγω της έλλειψης εξειδικευμένων επαγγελματιών (Porokova & Sergi, 2020) που διαθέτουν την απαιτούμενη τεχνογνωσία για την αποτελεσματική ανάπτυξη, λειτουργία και συντήρηση των τεχνολογιών τεχνητής νοημοσύνης. Η ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης στις επιχειρηματικές δραστηριότητες αποτελεί πρόβλημα, καθώς οι οργανισμοί αντιμετωπίζουν δυσκολίες στην εύρεση ατόμων που διαθέτουν τις κατάλληλες γνώσεις για τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη συστημάτων τεχνητής νοημοσύνης που να προσαρμόζονται στις ανάγκες τους. Επιπλέον, η συνεχώς εξελισσόμενη φύση της τεχνολογίας της τεχνητής νοημοσύνης απαιτεί συνεχείς προσπάθειες εκπαίδευσης για να παραμείνουν οι εργαζόμενοι ενημερωμένοι και εναρμονισμένοι με τις τελευταίες εξελίξεις. Υπάρχει παγκόσμια έλλειψη μηχανικών τεχνητής νοημοσύνης με τις απαραίτητες δεξιότητες για να ηγηθούν σημαντικών προόδων σε διάφορους τομείς (Abioye et al., 2021). Για να αντιμετωπιστεί αυτό το εμπόδιο και να αξιοποιηθεί πλήρως το δυναμικό, είναι ζωτικής σημασίας η υιοθέτηση προληπτικών προσεγγίσεων, όπως εξειδικευμένα εκπαιδευτικά προγράμματα, προσπάθειες συνεργασίας και η προώθηση μιας κουλτούρας συνεχούς μάθησης. Αυτά τα προληπτικά μέτρα παίζουν καθοριστικό ρόλο στην αντιμετώπιση της πρόκλησης και στην εκμετάλλευση των πλεονεκτημάτων που παρέχει η τεχνητή νοημοσύνη.

### 5.2.4 Αντίσταση εργαζομένων στην αλλαγή

Οι εργαζόμενοι αντιμετωπίζουν αίσθημα άγχους και δυσκολιών στη διαχείριση της αλλαγής κατά την εισαγωγή της τεχνητής νοημοσύνης. Αυτές οι συναισθηματικές αντιδράσεις μπορεί να επηρεάσουν αρνητικά την απόδοση των εργαζομένων καθώς η αποδοχή και η συμπεριφορά τους απέναντι στην τεχνητή νοημοσύνη παίζουν καθοριστικό ρόλο στην προώθηση της βελτίωσης της παραγωγικότητας κατά τη διαδικασία του ψηφιακού μετασχηματισμού (Malik et al., 2021). Η αντίσταση προς την αλλαγή αποτελεί μια πρόκληση κατά την ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης στις επιχειρηματικές διαδικασίες. Αυτή η αντίσταση μπορεί να εκφραστεί με διάφορους τρόπους, όπως ανησυχία για την απώλεια θέσεων εργασίας, ανησυχίες που αφορούν την προστασία της ασφάλειας των δεδομένων και της ιδιωτικής ζωής, έλλειψη εξοικείωσης με τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης και αντιλήψεις για απειλές στους εργασιακούς ρόλους και τις αρμοδιότητες. Για να αντιμετωπιστεί η αντίσταση, είναι ζωτικής σημασίας η υιοθέτηση αποτελεσματικών στρατηγικών διαχείρισης της αλλαγής, μαζί με διαφανή επικοινωνία και ολοκληρωμένη εκπαίδευση και υποστήριξη των εργαζομένων. Μέσω της αντιμετώπισης των ανησυχιών τους και της παροχής των απαραίτητων πόρων, οι οργανισμοί μπορούν

να καλλιεργήσουν μια θετική στάση έναντι της υιοθέτησης της τεχνητής νοημοσύνης, ξεκλειδώνοντας τις δυνατότητές της και προωθώντας την αποδοτικότητα και την καινοτομία. Με το να λάβουν υπόψη τις ανησυχίες των εργαζομένων, οι οργανισμοί μπορούν να δημιουργήσουν μια θετική νοοτροπία προς την υιοθέτηση της τεχνητής νοημοσύνης και να αξιοποιήσουν τα οφέλη της στις δραστηριότητές τους. Μέσω της ανταπόκρισης στις ανησυχίες αυτές και της παροχής υποστήριξης, οι οργανισμοί μπορούν να ενθαρρύνουν την ανοικτή συνεργασία και την αποδοχή της τεχνητής νοημοσύνης ως εργαλείο που θα τους ενισχύσει στις προκλήσεις και τις ευκαιρίες της εποχής μας.

## 6. Μελέτες Περίπτωσης

### 6.1 Η Περίπτωση της Amazon

#### 6.1.1 Amazon: Από τα Βιβλία στον Κυβερνοχώρο

Η Amazon είναι μια αμερικανική εταιρία και ένα από πιο παλιά ηλεκτρονικά καταστήματα. Είναι το κορυφαίο ηλεκτρονικό κατάστημα σε όρους εμπορίου. Η Amazon ήταν από τις πρώτες εταιρίες που ξεκίνησαν να πωλούν απτά προϊόντα μέσω του internet. Η εταιρία αρχικά ασχολήθηκε με την πώληση βιβλίων. Η δυνατότητα ενός δικτυακού τόπου να φιλοξενεί μια αμέτρητη ποικιλία προϊόντων και να τα προσφέρει σε αμέτρητους αριθμούς αγοραστών όχι μόνο επέτρεψε στο επιχειρηματικό μοντέλο της Amazon να λειτουργήσει αλλά αποτέλεσε επίσης παράδειγμα προς μίμηση (Türegün, 2019).

Ο Jeffrey Bezos, ήταν πτυχιούχος της σχολής επιστήμης των υπολογιστών και ηλεκτρολόγων μηχανικών του Πανεπιστημίου Princeton. Το 1994 ο Bezos ήταν ο ανώτερος αντιπρόεδρος σε τόσο νεαρή ηλικία στην ιστορία της D.E. Shaw & Co, μιας πολυεθνικής επενδυτικής εταιρίας της Wall Street. Το καλοκαίρι εκείνης της χρονιάς, τα στατιστικά αποτελέσματα μιας διαδικτυακής έρευνας τράβηξαν την προσοχή του. Τα αποτελέσματα έδειχναν ότι η χρήση του Διαδικτύου αυξανόταν με ετήσιο ρυθμό 2300%. Τότε ο Bezos παραιτήθηκε από τη δουλειά του, έφτιαξε έναν κατάλογο που περιείχε είκοσι προϊόντα που ήταν πιθανό να πωληθούν μέσω του διαδικτύου και γρήγορα τον περιορίσε στα βιβλία και την μουσική. Τα δύο αυτά προϊόντα είχαν την δυνατότητα να πουληθούν διαδικτυακά αλλά ο Bezos τελικά επέλεξε τα βιβλία. Ο Μπέζος άφησε τη Νέα Υόρκη και μετακόμισε στο Σιάτλ για να ξεκινήσει τη νέα του επιχείρηση πώλησης βιβλίων στο διαδίκτυο. Αποφάσισε πως εκεί ήταν το ιδανικό μέρος για την έναρξη της νέας του επιχείρησης.

Στην αρχή, οι πωλήσεις διπλασιάζονταν κάθε 2,4 μήνες. Τον πρώτο χρόνο είχε πωλήσεις ύψους πέντε εκατομμυρίων δολαρίων και μέχρι τον Αύγουστο του 1996, οι πωλήσεις αυξανόταν κάθε μήνα κατά 34%. Εκείνη την περίοδο, η Amazon κατάφερε να συγκεντρώσει από μια εταιρία επιχειρηματικών κεφαλαίων με έδρα τη

Silicon Valley, την Kleiner Perkins Caufield & Byers, 8 εκ. δολάρια. Στις 31 Δεκεμβρίου του 1996, η εταιρία διέθετε σχεδόν 180.000 λογαριασμούς πελατών σε πάνω από εκατό χώρες και κύκλο εργασιών 16 εκατομμυρίων δολαρίων. Η εταιρία κατέθεσε δήλωση εγγραφής στην Επιτροπή Κεφαλαιαγοράς στις 24 Μαρτίου 1997 και λίγες εβδομάδες αργότερα εισήλθε στο χρηματιστήριο. Οι πωλήσεις ήταν 43 εκατομμύρια δολάρια για το εξάμηνο μέχρι τον Ιούνιο του 1997. Στις αρχές του 1997, η Amazon, διέθετε περισσότερους από 250 υπαλλήλους. Οι 14 υπάλληλοι ασχολούνταν με την διαχείριση πελατών και 7 επέβλεπαν το μάρκετινγκ. Επίσης, ορισμένοι υπάλληλοι διαχειρίζονταν το περιεχόμενο του δικτυακού τόπου της εταιρίας συμπεριλαμβανομένης και της ενημέρωσης του δικτυακού τόπου και της μορφοποίησης των κριτικών. Η πλειονότητα των υπολοίπων υπαλλήλων ασχολούνταν με την ανάπτυξη εργαλείων λογισμικού για τις λειτουργίες του διαδικτύου.

Η Amazon, από τις πρώτες μέρες της λειτουργίας της, χρησιμοποιούσε τεχνητή νοημοσύνη για να παρέχει προτάσεις προϊόντων με βάση τις προτιμήσεις των χρηστών. Μια άλλη από τις πρωτοβουλίες μηχανικής μάθησης της εταιρίας ήταν η δημιουργία της Alexa, μιας φωνητικής βοηθού που δίνει στους χρήστες πρόσβαση σε εργαλεία βασισμένα στο cloud που επιτρέπουν στους αγοραστές να αποκτούν και να παραλαμβάνουν αντικείμενα από τα καταστήματα της Amazon Go. Η Amazon κατέχει την κυριαρχία στην αγορά των φωνητικών βοηθών, με το ποσοστό αγοράς της Alexa να ανέρχεται στο 31,7% παγκοσμίως σύμφωνα με τα στοιχεία του 2020. Η πλατφόρμα φωνητικών βοηθών που παρέχει η Amazon είναι προηγμένη και ώριμη, προσφέροντας μια ποικιλία ρουτινών και δεξιοτήτων που επιτρέπουν στους χρήστες να εκτελούν πολλαπλές εργασίες (Zwakman et al., 2021).

Η Amazon, το 2012, επένδυσε 775 εκατομμύρια δολάρια σε μια νέα εταιρία ρομποτικής με την ονομασία Kiva Systems, εισάγοντας κινητά ρομπότ ικανά να μεταφέρουν εμπορεύματα διαβάζοντας αντί για οδηγίες γραμμωτούς κώδικες που υπήρχαν στο πάτωμα. Έτσι, η εταιρία επένδυσε δισεκατομμύρια δολάρια για την κατασκευή νέων αποθηκών προσαρμοσμένων σε αυτά τα τεχνολογικά πρότυπα, αξιοποιώντας τα ρομπότ για τη μεταφορά, την προετοιμασία και διακίνηση των παραγγελιών.

Πάνω από 200.000 ρομπότ σήμερα εργάζονται μαζί με εκατοντάδες χιλιάδες ανθρώπους στο δίκτυο αποθηκών της Amazon, αποτελώντας παράδειγμα βέλτιστης συνεργασίας ανθρώπου και τεχνητής νοημοσύνης. Οι στρατιές των ρομπότ βοηθούν την Amazon να εκπληρώσει την ολοένα και μεγαλύτερη υπόσχεση της για γρήγορη παράδοση στα μέλη του Amazon Prime. Επίσης η εταιρία δημιούργησε τον μεγαλύτερο πάροχο υπηρεσιών cloud και προσωπικών εικονικών βοηθών μέσω των Amazon Web Services. Η Amazon Web Services προσφέρει ένα μεγάλο και ολοκληρωμένο σύνολο υπηρεσιών μηχανικής μάθησης που υποστηρίζει υποδομές cloud, δίνοντας τη μηχανική μάθηση στα χέρια όλων των προγραμματιστών και των επιστημόνων. Η πλατφόρμα υπηρεσιών cloud Amazon Web Services, παρέχει ασφάλεια, διανομή και αποθήκευση δεδομένων, υπολογιστική ισχύ και άλλα χαρακτηριστικά που συμβάλλουν στην ανάπτυξη των επιχειρήσεων.

### 6.1.2 Η Νέα Γενιά Καταστημάτων: Η Επανάσταση του Amazon Go

Η Amazon στις 22 Ιανουαρίου του 2018, ξεκίνησε τη λειτουργία του Amazon Go Store, ένα κατάστημα που μοιάζει με σούπερ μάρκετ και προσφέρει μια παρόμοια γκάμα προϊόντων, χωρίς όμως τη χρήση ταμειακών μηχανών και υπαλλήλων στα ταμεία (Gershgorn, 2018). Η ανάπτυξη αυτού του καταστήματος διήρκεσε πέντε χρόνια και χρησιμοποιήθηκε μια ποικιλία προηγμένων τεχνολογιών για την αποτροπή κλοπών και για τις πληρωμές.

Η ιδέα του Amazon Go είναι να δίνεται η δυνατότητα σε όλους να πηγαίνουν στο κατάστημα για τις απαραίτητες αγορές χωρίς να πρέπει να ξοδέψουν αρκετό από τον χρόνο τους. Στο Amazon Go οι πελάτες δεν χρειάζεται να περιμένουν σε ταμεία για να πληρώσουν ούτε χρειάζονται κάποιον να τους συμβουλέψει για τις αγορές τους. Το κατάστημα αυτό έφερε μια πραγματική επανάσταση στον τομέα των υπηρεσιών (Coronado-Hernandez, 2021). Εξωτερικά, ο εμπορικός χώρος φαίνεται οικείος, τα ράφια είναι γεμάτα προϊόντα και οι πελάτες μπορούν να επιλέξουν μόνοι τους τι θα αγοράσουν χωρίς βοήθεια. Οι πελάτες, αφού τοποθετήσουν τα αγαθά σε ένα καλάθι, απλώς αποχωρούν από το κατάστημα. Το Amazon Go βρίσκεται στον πρώτο όροφο της κεντρικής έδρας της Amazon στην Έβδομη Λεωφόρο στο Σιάτλ. Στο κατάστημα υπάρχουν αρκετοί υπάλληλοι όπου ένας βρίσκεται στην είσοδο του καταστήματος και καλωσορίζει τους πελάτες, ένας άλλος ελέγχει την αντιστοιχία των τιμών με τα εμπορεύματα και εξασφαλίζει ότι όλα είναι στη σωστή θέση ενώ άλλοι έξι ετοιμάζουν φρέσκα προϊόντα στην κουζίνα.

Οι αγορές στο κατάστημα Amazon Go πραγματοποιούνται ως εξής: Ο πελάτης έχει εγκατεστημένη την εφαρμογή του καταστήματος στο κινητό του τηλέφωνο, πραγματοποιεί εγγραφή όταν εισέρχεται στο κατάστημα, διαλέγει τα προϊόντα που θέλει και τα τοποθετεί στο καλάθι. Έπειτα φεύγει από το κατάστημα χωρίς να περάσει από το ταμείο για να πληρώσει (Reuters, 2018). Η πληρωμή πραγματοποιείται αυτόματα μέσω της εφαρμογής που έχει ο πελάτης στο κινητό του (Polacco & Backes, 2018). Μπορεί η διαδικασία να φαίνεται απλή αλλά η Amazon σπατάλησε αρκετό χρόνο για να το καταφέρει. Επίσης το κατάστημα διαθέτει αισθητήρες και κάμερες που είναι συνδεδεμένες με το σύστημα όρασης του υπολογιστή.

Προηγμένοι αλγόριθμοι αναγνωρίζουν αυτόματα τον επισκέπτη στην είσοδο και παρακολουθούν τις κινήσεις του καθώς αφαιρεί ή επιστρέφει αντικείμενα στα ράφια (Synek, 2018). Όλα τα προϊόντα είναι υπό διαρκή επίβλεψη και δεν μπορούν να εξαφανιστούν από το οπτικό πεδίο των καμερών. Σε κάποιες σπάνιες περιπτώσεις ίσως να απαιτηθεί η παρέμβαση ενός υπαλλήλου για να διερευνήσει την τοποθεσία ενός αντικειμένου που δεν βρίσκεται ούτε στο καλάθι του πελάτη ούτε στο ράφι.

Το σύστημα μπορεί να αξιολογήσει την ποσότητα των αποθεμάτων που υπάρχουν στα ράφια του καταστήματος και να προγραμματίσει νέες παραγγελίες.

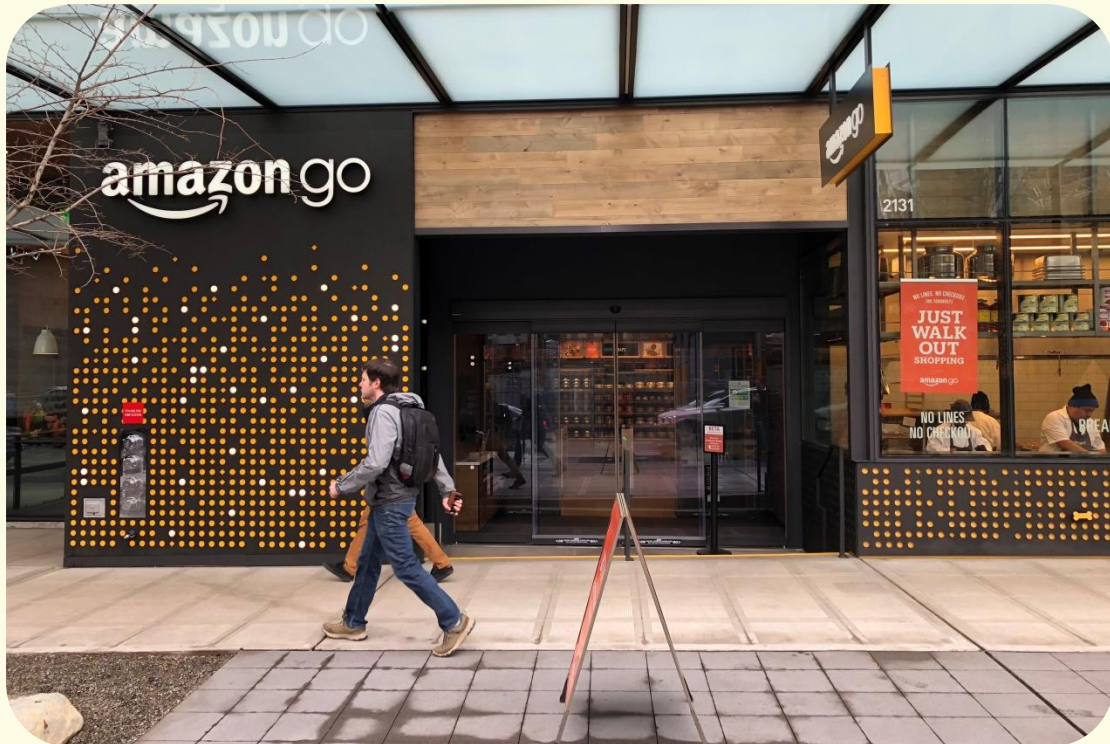
Επίσης μπορεί να καταγράψει τα δημοφιλέστερα προϊόντα τα οποία θα τοποθετηθούν σε περίοπτη θέση προκειμένου να προσελκύσουν τους περισσότερους πελάτες, βελτιστοποιώντας έτσι το σύνολο του καταστήματος και αποφορτίζοντας τις πολυσύχναστες περιοχές του (SCGL, 2018).

Η Amazon προς το παρόν δεν σκοπεύει να ιδρύσει νέα καταστήματα Amazon Go ούτε να δώσει τις τεχνολογίες αυτές σε άλλες εταιρίες. Ωστόσο, η Amazon συνεχίζει να εξερευνά και να βελτιώνει τις δυνατότητες της λιανικής πώλησης με αυτή τη μορφή (Kastrenakes, 2016).

Οι οικονομικές συναλλαγές και ο οικονομικός απολογισμός του Amazon Go δημιουργούνται με τη χρήση προηγμένων τεχνολογιών που βασίζονται στην τεχνητή νοημοσύνη. Η τεχνολογία της μηχανικής μάθησης, οι υπηρεσίες υπολογιστικού νέφους και τα blockchain αξιοποιούνται για την ανάλυση και τον υπολογισμό των οικονομικών δεδομένων. Επιπλέον, το Amazon Go χρησιμοποιεί ένα ειδικό σύστημα τιμολόγησης και χρέωσης των πελατών. Αυτό το σύνολο προγραμμάτων είναι σύνθετο και επιτρέπει την ακριβή καταγραφή του αριθμού των παρεχόμενων υπηρεσιών, την αξιολόγησή τους και τη χρέωση των πελατών. Το σύστημα λειτουργεί σε πραγματικό χρόνο, επιτρέποντας την άμεση χρέωση των πελατών (Weise, 2018).

Η λειτουργία αυτή επιτυγχάνεται λόγω της σταθερής λειτουργίας των βάσεων δεδομένων και της αξιοπιστίας του λογισμικού. Σχεδόν άμεσα φτάνουν στην κεντρική διοίκηση όλες οι αναφορές που αφορούν στα αποθέματα και στις αγορές. Αυτό οφείλεται στην άψογη λειτουργία των παραπάνω συστημάτων τεχνητής νοημοσύνης. Στο κατάστημα δεν γίνονται αποδεκτές οι πιστωτικές κάρτες και τα μετρητά καθώς δεν υπάρχουν ταμειακές μηχανές ούτε μηχανήματα POS. Ένα τέτοιο σύστημα μπορεί να σημάνει το τέλος των μηχανημάτων POS (SCGL, 2018).

Η περίπτωση του καταστήματος Amazon Go αποτελεί ένα καλό παράδειγμα εφαρμογής μιας εταιρίας που βασίζεται σχεδόν εξ' ολοκλήρου στην πληροφορική. Το κατάστημα αυτό απειλεί τρεις βιομηχανίες, τα καταστήματα λιανικής πώλησης, τα supermarket και τα καταστήματα εστίασης. Στο μέλλον, αυτή η τεχνολογία, είτε μέσω αδειοδότησης είτε με τη διεύρυνση από την Amazon, μπορεί να προκαλέσει αναταραχή στην ευρύτερη βιομηχανία λιανικής πώλησης και να επηρεάσει εκατομμύρια θέσεις εργαζομένων (Ives et al., 2019).



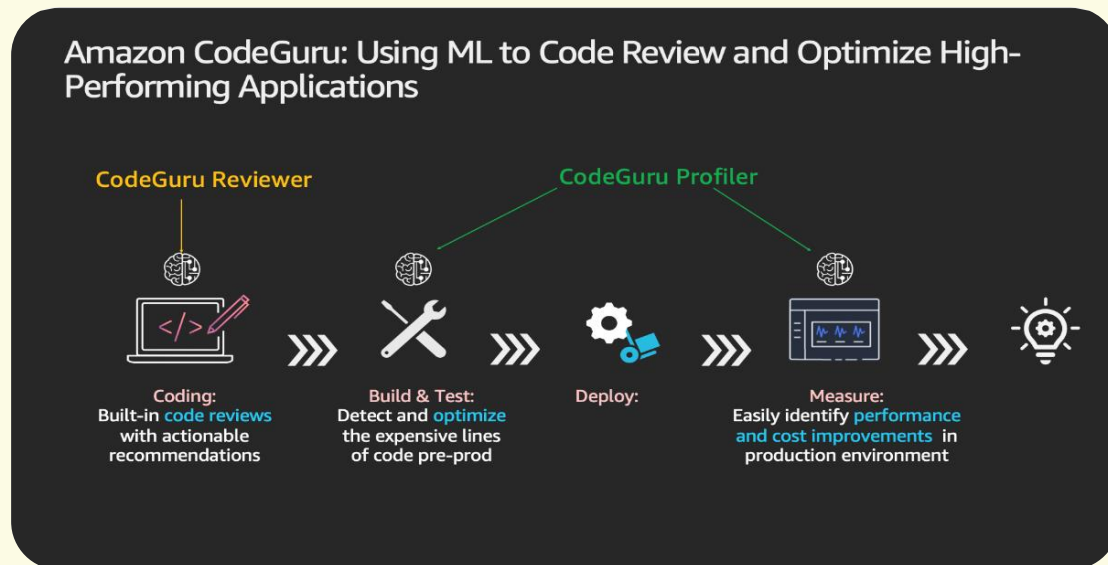
**Εικόνα 9: Το κατάστημα Amazon Go**

**Πηγή: MIT Technology Review**

### 6.1.3 Κωδικοποιώντας το Μέλλον: Η Πρωτοπορία της Amazon με το CodeGuru

Το Amazon CodeGuru είναι μια υπηρεσία που παρέχεται από την Amazon Web Services (AWS) χρησιμοποιεί τεχνολογίες τεχνητής νοημοσύνης για τη βελτιστοποίηση του κώδικα προγραμμάτων. Ο σκοπός του CodeGuru είναι να βοηθήσει τους προγραμματιστές να βελτιστοποιήσουν την απόδοση του κώδικα και να εντοπίσουν πιθανά προβλήματα, προσφέροντας συστάσεις και βελτιώσεις για την καλύτερη ποιότητα του κώδικα. Ο CodeGuru περιλαμβάνει δύο βασικές υπηρεσίες την Amazon CodeGuru Reviewer και την Amazon CodeGuru Profiler. Η Amazon CodeGuru Reviewer είναι μια υπηρεσία που αξιολογεί τον κώδικα προγραμμάτων και προτείνει βελτιώσεις βασιζόμενη σε καλές και βέλτιστες πρακτικές. Χρησιμοποιεί μοντέλα μηχανικής μάθησης που έχουν εκπαιδευτεί με βάση τον κώδικα από δημόσιες αποθήκες όπως το GitHub. Ανιχνεύει πιθανά προβλήματα, όπως ασφαλείς πρακτικές, αντιμετώπιση λάθους, αποτελεσματική χρήση API και άλλα. Η υπηρεσία Amazon CodeGuru Profiler παρέχει ανάλυση της απόδοσης του κώδικα κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης. Χρησιμοποιώντας αναλυτές βαθιάς μάθησης, ανιχνεύει πιθανά σημεία εντοπισμού προβλημάτων και προτείνει βελτιώσεις για την απόδοση του κώδικα. Ο CodeGuru Profiler αναλύει τον κώδικα προγράμματος και παρέχει πληροφορίες σχετικά με τον χρόνο εκτέλεσης και τη χρήση πόρων κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης. Με αυτόν τον τρόπο, μπορεί να ανιχνεύσει πιθανές αδυναμίες και σημεία που προκαλούν καθυστερήσεις ή υψηλή κατανάλωση πόρων. Ο CodeGuru μπορεί να προτείνει βελτιώσεις και βέλτιστες πρακτικές για τον κώδικα προγράμματος με βάση την ανάλυση που πραγματοποιεί. Αυτές οι προτάσεις μπορεί να περιλαμβάνουν βελτιστοποίηση αλγορίθμων,

βελτίωση απόδοσης μνήμης, αναδιοργάνωση κώδικα και άλλες βελτιώσεις που μπορούν να οδηγήσουν σε πιο αποδοτικό και αξιόπιστο κώδικα. Οι υπηρεσίες του Amazon CodeGuru έχουν ως στόχο να βοηθήσουν τους προγραμματιστές να βελτιώσουν την απόδοση και την αποτελεσματικότητα του κώδικά τους. Αυτό συμβάλλει στη μείωση της κατανάλωσης πόρων, του χρόνου ανάπτυξης και της πιθανότητας εμφάνισης σφαλμάτων. Με την εκμάθηση από την ανάλυση και τις προτάσεις που παρέχει ο CodeGuru, οι προγραμματιστές μπορούν να γράψουν πιο αποδοτικό και αξιόπιστο κώδικα, επιτυγχάνοντας καλύτερη απόδοση και εξοικονόμηση πόρων.

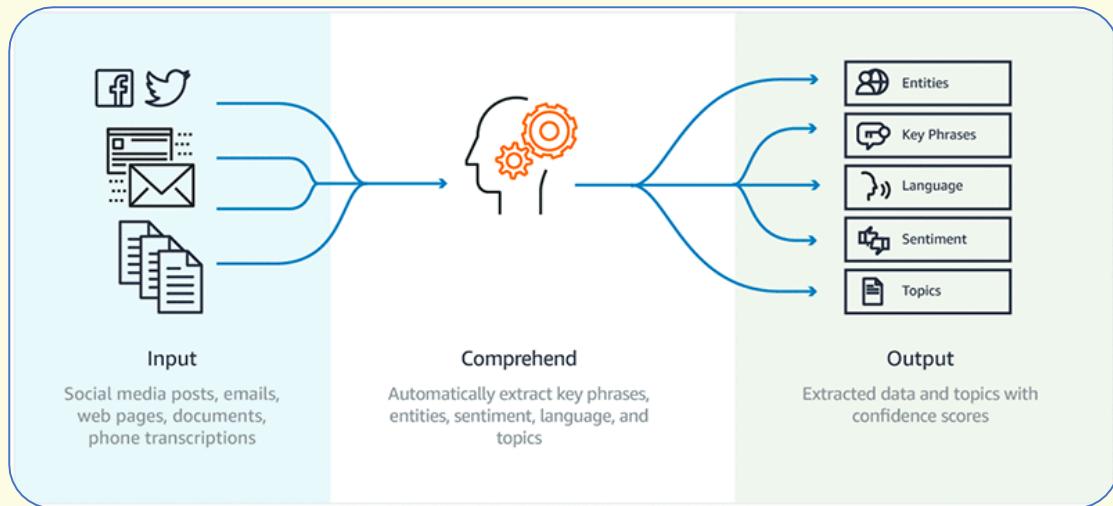


Εικόνα 10: Amazon CodeGuru

Πηγή: amazon.com

#### 6.1.4 Έξυπνη Κατανόηση: Amazon Comprehend

Μια υπηρεσία επεξεργασίας της φυσικής γλώσσας είναι το Amazon Comprehend που κάνει χρήση μηχανικής μάθησης για την εύρεση πληροφοριών και σχέσεων μέσα σε κείμενα και οι χρήστες δεν χρειάζεται να έχουν γνώσεις μηχανικής μάθησης. Υπάρχει μια πληθώρα πιθανών συσχετίσεων σε μη δομημένα δεδομένα. Δεδομένα από μηνύματα ηλεκτρονικού ταχυδρομείου πελατών, μέσα κοινωνικής δικτύωσης, παράπονα, κριτικές προϊόντων κ.λπ. όταν επεξεργάζονται με τεχνητή νοημοσύνη μπορούν να αποκαλύψουν πληροφορίες σχετικά με τη συναισθηματική και ψυχολογική κατάσταση των πελατών που μπορεί φανούν πολύ χρήσιμες για τις επιχειρήσεις. Το Amazon Comprehend μπορεί να αναγνωρίσει τη γλώσσα του κειμένου, να εξάγει φράσεις, λέξεις-κλειδιά, εμπορικά σήματα, ανθρώπους και γεγονότα και χρησιμοποιεί τεχνητή νοημοσύνη και αλγορίθμους για να κατανοήσει αν είναι αρνητικό ή θετικό το κείμενο. Με την ανάλυση αποσπασμάτων ομιλίας, οργανώνει αυτόματα τη συλλογή δεδομένων και τα κατηγοριοποιεί ανά θέμα. Με αυτόν τον τρόπο, οι εταιρίες που επιλέγουν να χρησιμοποιήσουν αυτή την υπηρεσία έχουν την δυνατότητα να αποκτήσουν χρήσιμες πληροφορίες για θέματα ενδιαφέροντος, ανάλογα με τον τομέα στον οποίο δραστηριοποιούνται.



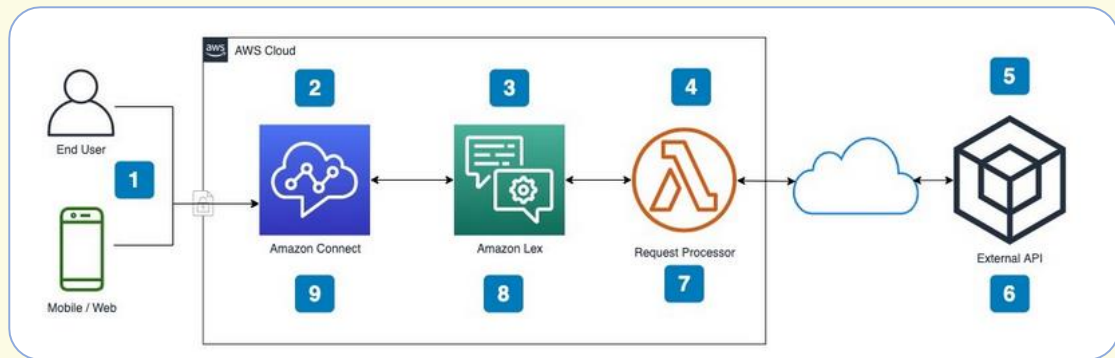
**Εικόνα 11:** Amazon Comprehend

Πηγή: amazon.com

### 6.1.5 Αναβαθμισμένη Λύση Amazon Lex για Τεχνητή Νοημοσύνη

Το Amazon Lex είναι μια υπηρεσία που προσφέρεται από την Amazon Web Services (AWS) και επιτρέπει τη δημιουργία ενός διαδραστικού περιβάλλοντος υπολογιστή μέσω φωνής και κειμένου. Αποτελεί μια υπηρεσία ρομπότ συνομιλίας (chatbot) που επιτρέπει τη δημιουργία, διαχείριση και κλιμάκωση εφαρμογών με δυνατότητα συνομιλίας σε φυσική γλώσσα. Η υπηρεσία χρησιμοποιεί προηγμένες τεχνικές βαθιάς μηχανικής μάθησης, όπως η αυτόματη αναγνώριση ομιλίας (Automatic Speech Recognition - ASR) προκειμένου να μετατρέψει ομιλία σε κείμενο και την κατανόηση φυσικής γλώσσας (Natural Language Understanding - NLU), για να αναγνωρίσει τον σκοπό και την διάθεση του κειμένου. Με το Amazon Lex, μπορούν να δημιουργηθούν εφαρμογές με εντυπωσιακές δυνατότητες αλληλεπίδρασης για τον χρήστη, που φαίνονται σαν να συνομιλεί με έναν ανθρώπινο συνομιλητή αντί για μια μηχανή. Με τη βοήθεια του Amazon Lex, προγραμματιστές μπορούν να δημιουργήσουν προηγμένου επιπέδου chatbots που αξιοποιούν την ίδια τεχνολογία που χρησιμοποιείται και στον ψηφιακό βοηθό Amazon Alexa. Η χρήση του Amazon Lex από μια επιχείρηση και η δημιουργία ρομπότ συνομιλίας μπορούν να έχουν αρκετά οφέλη. Πρώτον, μπορεί να αυξήσει την παραγωγικότητα της επιχείρησης, καθώς τα chatbots μπορούν να αναλάβουν απλές ρουτίνες και διαδικασίες, ελευθερώνοντας τους ανθρώπινους πόρους για πιο στρατηγικές και πολύτιμες εργασίες. Δεύτερον, η επιχείρηση μπορεί να αυτοματοποιήσει απλές διαδικασίες μέσω των chatbots, προσφέροντας αποτελεσματικότερη και γρηγορότερη εκτέλεση εργασιών. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε μείωση των πόρων και των χρόνων που απαιτούνται για την ολοκλήρωση αυτών των διαδικασιών. Τέλος, τα chatbots που βασίζονται στο Amazon Lex μπορούν να παρέχουν στοχευμένες και αποτελεσματικότερες υπηρεσίες στις επιχειρήσεις. Επικοινωνώντας με τους πελάτες με φυσική γλώσσα και κατανοώντας τις ανάγκες τους, τα chatbots μπορούν να παρέχουν εξατομικευμένες λύσεις και να παρέχουν γρήγορη και ακριβή υποστήριξη.





**Εικόνα 12:** Amazon Lex End-customer call flow

**Πηγή:** amazon.com

### 6.1.6 Εξατομικευμένη Εμπειρία: Η Τεχνολογία Amazon Personalize

Το Amazon Personalize είναι μια υπηρεσία που δίνει την δυνατότητα σε προγραμματιστές να δημιουργούν εξατομικευμένες προτάσεις σε πραγματικό χρόνο χρησιμοποιώντας την ίδια τεχνολογία μηχανικής μάθησης που χρησιμοποιείται από την Amazon. Το Amazon Personalize παρέχει μια πλατφόρμα για τη δημιουργία εφαρμογών με εξατομικευμένες λειτουργίες όπως συγκεκριμένες προτάσεις προϊόντων, εξατομικευμένη επαναξιολόγηση προϊόντων και στοχευμένο άμεσο μάρκετινγκ. Χρησιμοποιεί προηγμένες τεχνικές μηχανικής μάθησης για να προβλέπει και να παρέχει εξατομικευμένες λύσεις και προτάσεις με υψηλή ποιότητα. Ένα από τα κύρια οφέλη του Amazon Personalize είναι η υψηλή εξατομίκευση καθώς παρέχει λύσεις που προσαρμόζονται σε συγκεκριμένες ανάγκες, προτιμήσεις και συμπεριφορές για κάθε πρόβλημα ξεχωριστά. Αντί να βασίζεται σε στατικούς κανόνες, η υπηρεσία χρησιμοποιεί προηγμένες τεχνικές μηχανικής μάθησης για να αναγνωρίζει μοτίβα και τάσεις και να παρέχει εξατομικευμένες λύσεις για τις ανάγκες των χρηστών. Έτσι, το Amazon Personalize προσφέρει προηγμένες εξατομικευμένες λύσεις που μπορούν να προσαρμοστούν σε κάθε επιχείρηση, λαμβάνοντας υπόψη τις συγκεκριμένες ανάγκες, προτιμήσεις και συμπεριφορές των χρηστών.



**Εικόνα 13:** Amazon Personalize

Πηγή: amazon.com

Το Amazon Polly είναι μια υπηρεσία η οποία μετατρέπει κείμενα σε ρεαλιστική ομιλία, δίνοντας την δυνατότητα στον χρήστη να δημιουργήσει εφαρμογές και προϊόντα υπηρεσιών που λειτουργούν καθοδηγούμενα από τη φωνή. Η Text-to-Speech υπηρεσία του Polly κάνει χρήση προηγμένων τεχνολογιών βαθιάς μηχανικής μάθησης για να δημιουργήσει φυσική ανθρώπινη ομιλία. Με τις διάφορες φωνές που υποστηρίζονται σε πολλές γλώσσες, το Amazon Polly επιτρέπει τη δημιουργία εφαρμογών με δυνατότητα ομιλίας. Η Text-to-Speech εκτός από τις κανονικές φωνές, παρέχει επίσης φωνές Neural Text-to-Speech που προσφέρουν βελτιωμένη ποιότητα ήχου μέσω μιας νέας προσέγγισης της μηχανικής μάθησης. Η τεχνολογία Neural TTS του Polly προσφέρει ακόμη δύο διαφορετικά στυλ ομιλίας με σκοπό να ταιριάζουν καλύτερα σε κάθε είδος εφαρμογής. Ένα στυλ ανάγνωσης, παρόμοιο με αυτό ενός παρουσιαστή δελτίου ειδήσεων, το οποίο είναι προσαρμοσμένο για εφαρμογές με ανάλογο στυλ, και ένα απλούστερο στυλ κατάλληλο για αμφίδρομη επικοινωνία, όπως είναι οι εφαρμογές τηλεφωνίας. Αυτές οι παραλλαγές στο στυλ της ομιλίας εξασφαλίζουν μια καλύτερη αρμονία μεταξύ της ομιλίας και του είδους της εφαρμογής, επιτρέποντας μια πιο ομαλή και φυσική επικοινωνία με τον χρήστη.



**Εικόνα 14:** Amazon Polly

Πηγή: amazon.com

## 6.2 Η Περίπτωση της Siemens AG

### 6.2.1 Siemens AG: Μια Ιστορία Καινοτομίας και Τεχνολογίας

Η Siemens AG είναι μία γερμανική πολυεθνική εταιρία που δραστηριοποιείται σε πολλούς τομείς, όπως στην βιομηχανία, στην τεχνολογία, στην υγεία και στην ενέργεια. Το 1847, ο Werner von Siemens και ο Johann Georg Halske ιδρύουν μια εταιρία στο Βερολίνο με την ονομασία Telegraphen-Bauanstalt von Siemens & Halske, ξεκινώντας έτσι την ιστορία της Siemens. Η εταιρία αρχικά εξειδικεύονταν στην κατασκευή τηλεγραφικών συστημάτων. Στη συνέχεια, επεκτάθηκε στον τομέα των τηλεπικοινωνιών, δημιουργώντας τηλεφωνικά κέντρα και εξοπλισμό για τηλεπικοινωνιακά δίκτυα (Siemens, 2023).

Κατά τη διάρκεια του 20ου αιώνα, η εταιρία επεκτάθηκε σε πολλούς άλλους τομείς. Ανέπτυξε μηχανήματα αυτοματισμού, ηλεκτρικές συσκευές, εξοπλισμό σιδηροδρόμων, ιατρικές συσκευές, τεχνολογίες κτιρίων και πολλά άλλα προϊόντα και υπηρεσίες. Επιπλέον, η εταιρία συμμετείχε ενεργά σε μεγάλα έργα υποδομής, όπως η κατασκευή ηλεκτρικών σταθμών, σιδηροδρομικών γραμμών, φωτοβολταϊκών πάρκων και ανεμογεννητριών. Επίσης, η εταιρία επεκτάθηκε στον τομέα της ενεργειακής μεταφοράς και διανομής. Κατασκεύασε υψηλής τάσης καλώδια και εξοπλισμό μετασχηματιστών για να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις των αυξανόμενων αναγκών μεταφοράς και διανομής ενέργειας.

Το 1966, σημειώθηκε μια σημαντική καμπή στην ιστορία της Siemens, όταν η Siemens & Halske ενσωματώθηκε ως η μητρική εταιρία μαζί με άλλες θυγατρικές εταιρίες του ομίλου. Από εκείνη τη στιγμή, η Siemens άρχισε να επεκτείνει ακόμη περισσότερο το εύρος των δραστηριοτήτων της και να αναπτύσσεται παγκοσμίως. Η Siemens AG από το 1966 που ιδρύθηκε σε ένα μικρό γκαράζ στο Βερολίνο, έχει εξελιχθεί σε μια παγκόσμια εταιρία. Είναι παγκοσμίως αναγνωρισμένη ως ηγέτης στον τομέα της τεχνολογίας για περισσότερο από 170 χρόνια ξεχωρίζοντας για την μηχανική, την αξιοπιστία, την καινοτομία και την ποιότητα που παρέχει (Kishorre et al., 2021).

### 6.2.2 Η Εκμετάλλευση της Τεχνητής Νοημοσύνης και των Προηγμένων Τεχνολογιών από την Siemens

Η τεχνητή νοημοσύνη περιλαμβάνει την ικανότητα των μηχανών να εκτελούν καθήκοντα που συνήθως απαιτούν ανθρώπινη νοημοσύνη, όπως η ανάλυση, η μάθηση και η επίλυση προβλημάτων. Αρκετοί κατασκευαστές έχουν αποκτήσει σημαντική παρουσία στο Industry 4.0 κάνοντας χρήση την τεχνητής νοημοσύνης και άλλων προηγμένων τεχνολογιών. Αρχικά η τεχνητή νοημοσύνη στην βιομηχανία βρήκε εφαρμογή σε θέματα λογιστικής και αναγνώρισης φωνής. Η τεχνητή νοημοσύνη και η Βιομηχανία 4.0 συνεργάστηκαν για να συμβάλουν στην αύξηση της αποδοτικότητας, της παραγωγικότητας και της ελαχιστοποίησης της ενεργειακής κατανάλωσης (Kishorre et al., 2021).

Σήμερα, η Siemens AG αποτελεί μία από τις κορυφαίες πολυεθνικές εταιρίες παγκοσμίως. Η εταιρία έχει χρησιμοποιήσει τις δυνατότητες που παρέχει η τεχνητή νοημοσύνη και η επιστήμη της πληροφορικής ως μέσο για την ανάπτυξη καινοτόμων λύσεων και προϊόντων σε πολλούς τομείς της δραστηριότητάς της. Αξιοποιώντας τις δυνατότητες της τεχνητής νοημοσύνης, η Siemens AG δημιουργεί προηγμένα συστήματα και λύσεις που επιτρέπουν την αυτοματοποίηση, την ανάλυση δεδομένων, την πρόβλεψη και τη βελτιστοποίηση διαδικασιών. Αυτές οι τεχνολογίες εφαρμόζονται σε ποικίλους τομείς όπως η βιομηχανία, η ενέργεια, η υγεία, η μεταφορά και η υποδομή, παρέχοντας προηγμένες και αποτελεσματικές λύσεις για τις προκλήσεις του σύγχρονου κόσμου.

Η Siemens AG δίνει μεγάλη έμφαση στην έρευνα και ανάπτυξη στον τομέα της τεχνητής νοημοσύνης και της επιστήμης της πληροφορικής. Έχει δημιουργήσει ερευνητικά εργαστήρια και συνεργασίες με πανεπιστήμια, επιστημονικά ινστιτούτα και εταιρίες καινοτομίας προκειμένου να προωθήσει την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών. Μέσω αυτών των πρωτοβουλιών, η Siemens AG επιδιώκει να προηγηθεί στον τομέα της τεχνητής νοημοσύνης, να δημιουργήσει καινοτόμες λύσεις και να ανταποκριθεί στις ανάγκες της αγοράς και των πελατών της. Μέσω αυτής της δέσμευσης στην έρευνα και ανάπτυξη, η Siemens AG συνεχίζει να είναι μια κορυφαία εταιρία στον τομέα της καινοτομίας και της τεχνολογίας. Η Siemens συνεργάζεται με τον ακαδημαϊκό κόσμο και την επιχειρηματική κοινότητα για την ανάπτυξη προηγμένων αλγορίθμων μηχανικής μάθησης, την ανάλυση μεγάλων όγκων δεδομένων και την αναπαράσταση γνώσης. Αυτό τους επιτρέπει να δημιουργήσουν προηγμένες λύσεις που εφαρμόζονται σε πολλούς τομείς όπως η ενεργειακή απόδοση, οι μεταφορές, η ασφάλεια και οι τηλεπικοινωνίες.

Στον τομέα της βιομηχανίας, η Siemens AG εφαρμόζει τεχνικές τεχνητής νοημοσύνης, ενσωματώνοντας έξυπνες λύσεις και αυτοματισμούς στις διεργασίες παραγωγής. Αυτό περιλαμβάνει τη χρήση αλγορίθμων μηχανικής μάθησης και βαθιάς μάθησης για τη βελτιστοποίηση των διαδικασιών παραγωγής, την πρόβλεψη βλαβών εξοπλισμού και την αναβάθμιση της απόδοσης και της ασφάλειας των εγκαταστάσεων. Επιπλέον, παρέχει λύσεις στον τομέα των αυτοκινητοβιομηχανιών, καλύπτοντας την ηλεκτροκίνηση, την αυτόνομη οδήγηση, καθώς και την κατασκευή εξοπλισμού και συστημάτων. Η Siemens επίσης επικεντρώθηκε σε προϊόντα που σχετίζονται με την αυτοματοποίηση και τα βιομηχανικά εργοστάσια, όπως συμπιεστές και αντλίες, γρανάζια για ανεμογεννήτριες, κινητήρες για ταινίες μεταφοράς, επαγγελματικούς κινητήρες και λύσεις αυτοματισμού για διάφορους τομείς (Kishorre et al., 2021).

Το 2016, η Siemens κυκλοφόρησε το Mindsphere, ένα έξυπνο cloud για τη βιομηχανία. Μέσω του Mindsphere, οι κατασκευαστές μπορούν να παρακολουθούν παγκοσμίως θέματα συντήρησης στα συστήματα μηχανών. Επιπλέον, η Siemens ενσωμάτωσε το IBM Watson Analytics στα εργαλεία της υπηρεσίας της. Ο στόχος της Siemens είναι να εξετάζει και να αναλύει κάθε πτυχή της διαδικασίας κατασκευής, από τον σχεδιασμό έως την παράδοση, χρησιμοποιώντας την τεχνολογία της τεχνητής νοημοσύνης για την ανίχνευση και επίλυση προβλημάτων (Walker, 2019).

Σε θέματα κυβερνοασφάλειας η Siemens έχει συνεργαστεί με διάφορες βιομηχανίες και μεγάλες εταιρίες όπως την Amazon κάνοντας χρήση των AWS Machine Learning που έχουν την δυνατότητα να αντιμετωπίζουν περισσότερες από 60.000 απειλές το δευτερόλεπτο. Το Cyber Defense Center της Siemens μπορεί να θωρακίσει τις επιχειρήσεις από ιούς, κυβερνοεπιθέσεις και άλλες απειλές (AWS, 2023).

Η Siemens με τη χρήση της τεχνητής νοημοσύνης συνέβαλε στην βελτίωση των εκπομπών αερίων από αεροτουρμπίνες. Οι πιο πρόσφατες αεροτουρμπίνες της Siemens ενσωματώνουν πάνω από 500 αισθητήρες που συνεχώς παρακολουθούν την πίεση, την θερμοκρασία και άλλες μεταβλητές. Τα δεδομένα αυτά εισέρχονται στο σύστημα τεχνητής νοημοσύνης της Siemens, το οποίο μαθαίνει να προσαρμόζει σε πραγματικό χρόνο τις βαλβίδες καυσίμου έτσι ώστε να επιτευχθεί η βέλτιστη καύση ανάλογα με την κατάσταση του εξοπλισμού και βάσει των καιρικών συνθηκών που επικρατούν (Walker, 2019).

Η Siemens για την προληπτική συντήρηση και τον έλεγχο διαθέτει αρκετές και καλές λύσεις στο χαρτοφυλάκιό της. Η Siemens εφάρμοσε τεχνητή νοημοσύνη για τη βελτίωση της αξιοπιστίας στο ηλεκτρικό δίκτυο, χρησιμοποιώντας έξυπνες τεχνολογίες και ελέγχοντας τις λειτουργικές διαδικασίες. Αυτό επιτρέπει στις συσκευές να αντιμετωπίζουν τις διαταραχές στο δίκτυο. Επιπλέον, η Siemens συνεργάστηκε με τη Deutsche Bahn για τη συντήρηση και την τροποποίηση και επισκευή τρένων υψηλών ταχυτήτων. Χρησιμοποιώντας λογισμικό και αναλυτές δεδομένων ανακτώνται διάφορα δεδομένα από τα τρένα (ARC, 2016). Σε αυτή την περίπτωση η τεχνητή νοημοσύνη συνέβαλε στην βελτίωση των κέντρων ελέγχου και στην αξιοπιστία που αυτά δίνουν (Kishorre et al., 2021).

Η Siemens ξεχωρίζει για την εφαρμογή της τεχνητής νοημοσύνης και των νευρωνικών δικτύων σε διάφορους βιομηχανικούς τομείς. Εδώ και πολλά χρόνια χρησιμοποιεί νευρωνικά δίκτυα για την παρακολούθηση εργοστασίων χάλυβα για τη βελτίωση της αποδοτικότητας τους. Η Siemens υποστηρίζει ότι η πρακτική εμπειρία που αποκτήθηκε σε αυτόν τον τομέα της έχει δώσει πλεονέκτημα στην ανάπτυξη της τεχνητής νοημοσύνης στον βιομηχανικό τομέα (Walker, 2019).

Στον τομέα της υγείας, η Siemens παρέχει τεχνολογίες και λύσεις που περιλαμβάνουν μηχανήματα απεικόνισης, συστήματα εικονικής ανάλυσης και διάγνωσης, αυτόματης ανίχνευσης και αναγνώρισης παθήσεων, εξειδικευμένα λογισμικά για τη βελτίωση της περίθαλψης των ασθενών, διαγνωστικά εργαλεία και ιατρικά συστήματα πληροφορικής. Αυτές οι καινοτόμες τεχνολογίες συμβάλλουν στην προώθηση της περίθαλψης υψηλής ποιότητας στον τομέα της υγείας. Η Siemens συνεργάζεται με τους επαγγελματίες της υγείας για να παρέχει τεχνολογικά προηγμένες λύσεις που βοηθούν στη θεραπεία, την παρακολούθηση των ασθενών και τη διάγνωση προωθώντας έτσι την καινοτομία και την αναβάθμιση του τομέα της υγείας.

Στον τομέα της ενέργειας, η Siemens παράγει και παρέχει τεχνολογίες που καλύπτουν τη μεταφορά, τη διανομή ηλεκτρικής ενέργειας και την παραγωγή. Η

εταιρία επίσης ειδικεύεται σε συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως η ηλιακή και η αιολική ενέργεια. Ως ένας από τους κορυφαίους παγκοσμίως παρόχους στον τομέα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, η Siemens έχει συμβάλει σημαντικά στη μείωση των εκπομπών αερίων και στην προώθηση βιώσιμων μορφών ενέργειας. Η εταιρία διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στην προώθηση της αειφόρου ενέργειας και στην ανάπτυξη καθαρών και αποτελεσματικών λύσεων για τις ενεργειακές ανάγκες του πλανήτη.

Στον τομέα των κατασκευών η Siemens παρέχει λύσεις για τη συντήρηση, τη διαχείριση και την κατασκευή κτιρίων, αερολιμένων, λιμένων και σιδηροδρομικών συστημάτων. Μέσω των τεχνολογιών της, συμβάλλει στη δημιουργία έξυπνων πόλεων, προωθώντας την αειφορία, την βελτίωση της ζωής των πολιτών και την αποδοτικότητα. Η Siemens προσφέρει καινοτόμες λύσεις στους τομείς της ενέργειας, των μεταφορών, των κτιρίων και των δικτύων, ενσωματώνοντας την ψηφιακή τεχνολογία για να δημιουργήσει πιο αποδοτικά και ασφαλή περιβάλλοντα.

Η Siemens Digital Industries Software δημιούργησε το eXplore Live στο The Smart Factory @ Wichita. Αυτό το κέντρο εμπειριών, που διοργανώνεται από τη Deloitte, συνδυάζει μια ομάδα παγκοσμίου επιπέδου οργανισμών με επιχειρηματική στρατηγική και προηγμένη τεχνολογία για να αποδείξει τα πλεονεκτήματα της Βιομηχανίας 4.0. Το The Smart Factory βρίσκεται στο Innovation Campus του Πανεπιστημίου Wichita State και περιλαμβάνει μια πλήρως λειτουργική γραμμή παραγωγής και εργαστήρια εμπειρίας που χρησιμοποιούνται για την εξερεύνηση και την ανάπτυξη καινοτόμων δυνατοτήτων στον τομέα της έξυπνης κατασκευής. Η Siemens Digital Industries (DI) είναι ένας πρωτοπόρος στον τομέα της ψηφιοποίησης και της αυτοματοποίησης. Σε στενή συνεργασία με τους πελάτες και τους εταίρους της, η DI αποτελεί τον κινητήριο παράγοντα για την ψηφιακή μετασχηματιστική διαδικασία στις βιομηχανίες της παραγωγής και της κατασκευής. Μέσω του ψηφιακού της χαρτοφυλακίου Digital Enterprise, η Siemens προσφέρει ολοκληρωμένες λύσεις και υπηρεσίες για την ολοκλήρωση και την ψηφιοποίηση ολόκληρης της αλυσίδας αξίας. Αυτό το χαρτοφυλάκιο, έχει βελτιστοποιηθεί για τις ιδιαίτερες απαιτήσεις κάθε βιομηχανίας και δίνει την δυνατότητα στους πελάτες να βελτιώσουν την παραγωγικότητα και την ευελιξία τους. Η DI συνεχίζει να επεκτείνει το χαρτοφυλάκιο της με νέες καινοτομίες και τεχνολογίες (Automation, 2023).

Με γνώμονα την εξέλιξη της τεχνολογίας, η Siemens επικεντρώνεται στην προετοιμασία για την Βιομηχανία 5.0. με στόχους την ανθεκτικότητα και την βιωσιμότητα (Zhang, 2023).



**Εικόνα 15:** Siemens & Deloitte Smart Factory @ Wichita

**Πηγή:** Smart Building Emea



**Εικόνα 16:** The Smart Factory at Wichita State University

**Πηγή:** Manufacturing Dive

## 7. Συμπεράσματα

Η εμφάνιση της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης σηματοδοτεί μια βαθιά κοινωνική μεταβολή που διευκολύνεται από τις προηγμένες ψηφιακές τεχνολογίες σε διάφορους τομείς. Σε αυτήν τη μετασχηματιστική εποχή, η επιστήμη της πληροφορικής αναλαμβάνει έναν κεντρικό ρόλο διαμορφώνοντας και επηρεάζοντας αυτήν την επανάσταση παρέχοντας τις απαραίτητες μεθοδολογίες και εργαλεία για τη δημιουργία και εφαρμογή αυτών των τεχνολογιών.

Η ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης στη βιομηχανία 4.0 έχει μετασχηματιστική επίδραση σε πολλούς τομείς των βιομηχανιών. Αυτή η ενσωμάτωση επιτρέπει στους οργανισμούς να ανακαλύψουν νέες δυνατότητες και να επιτύχουν καινοτομία, αποδοτικότητα και αυξημένη παραγωγικότητα. Η εκμετάλλευση των ικανοτήτων της τεχνητής νοημοσύνης ανοίγει νέους ορίζοντες για τη βιομηχανία, ενθαρρύνοντας την ανάπτυξη και την καινοτομία.

Στον τομέα του ελέγχου ποιότητας και της ανίχνευσης ελαττωμάτων, οι αλγόριθμοι τεχνητής νοημοσύνης επιδεικνύουν την ικανότητα να αναλύουν μεγάλα σύνολα δεδομένων με σκοπό τον εντοπισμό ατελειών και ανωμαλιών, έτσι προκύπτει βελτιωμένη ποιότητα προϊόντων και ελαχιστοποίηση απωλειών. Η χρήση της τεχνητής νοημοσύνης στη βελτιστοποίηση της αλυσίδας εφοδιασμού διευκολύνει την άμεση ανάλυση δεδομένων, βελτιώνοντας τη διαχείριση αποθεμάτων, την πρόβλεψη της ζήτησης και τον συντονισμό των λογιστικών διαδικασιών των μεταφορών. Τα συστήματα ασφάλειας και διαχείρισης κινδύνων που κάνουν χρήση της τεχνητής νοημοσύνης παρέχουν σημαντικές πληροφορίες, αντιμετωπίζουν αποτελεσματικά τυχόν κινδύνους και αυξάνουν τα πρότυπα ασφάλειας στον χώρο εργασίας. Επιπλέον, η ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης στον σχεδιασμό προϊόντων προσφέρει πλεονεκτήματα, συμπεριλαμβανομένων της ενισχυμένης λειτουργικότητας των προϊόντων, της εξατομίκευσης, της αυξημένης καινοτομίας, της μείωσης των δαπανών, της αυτοματοποίησης επαναλαμβανόμενων εργασιών, της ταχύτερης εισόδου στην αγορά και της βελτίωσης της βιωσιμότητας στο πλαίσιο της κυκλικής οικονομίας.

Αν και η χρήση της τεχνητής νοημοσύνης στη βιομηχανία 4.0 προσδίδει πολλά οφέλη παρ' όλα αυτά πρέπει να αντιμετωπιστούν και αρκετές προκλήσεις. Η προστασία των συστημάτων τεχνητής νοημοσύνης γίνεται καθοριστική προκειμένου να αντιμετωπιστούν παραβιάσεις δεδομένων και κακόβουλες επιθέσεις που μπορεί να έχουν δυσμενείς επιπτώσεις στις λειτουργίες των συστημάτων. Για να διασφαλιστεί η ηθική και αξιόπιστη χρήση της τεχνητής νοημοσύνης, απαιτείται προσεκτική προσέγγιση στη διαχείριση των ανησυχιών σε θέματα δεδομένων όπως η ποιότητα και η διασφάλιση του απορρήτου τους. Η έλλειψη εξειδικευμένων επαγγελματιών στον τομέα της τεχνητής νοημοσύνης απαιτεί σημαντικές επενδύσεις στην εκπαίδευση, στην κατάρτιση και στην αναζήτηση επαγγελματιών. Επιπλέον, για να αντιμετωπιστεί η αντίσταση των εργαζομένων στις αλλαγές που φέρνουν οι νέες τεχνολογίες και η αλλαγή στον τρόπο εργασίας απαιτούνται



στρατηγικές διαχείρισης της αλλαγής που θα καλλιεργήσουν μια κουλτούρα συνεργασίας και εκπαίδευσης, ανακουφίζοντας τις ανησυχίες και προάγοντας την αποδοχή.

Για να επιτευχθεί η αποτελεσματική ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης στη βιομηχανία 4.0, είναι αναγκαία η συνεργασία μεταξύ των εμπλεκόμενων φορέων, συμπεριλαμβανομένων των παρόχων τεχνολογίας, των επιχειρηματιών του κλάδου, των ερευνητών και των φορέων που νομοθετούν. Προκειμένου οι προκλήσεις που σχετίζονται με την υιοθέτηση της τεχνητής νοημοσύνης να αντιμετωπιστούν αποτελεσματικά, απαιτείται μια ολοκληρωμένη στρατηγική που θα περιλαμβάνει την θέσπιση σταθερών νομοθετικών πλαισίων, την έμφαση στην ανθρωποκεντρική προσέγγιση και την προώθηση των τεχνολογιών. Για τους οργανισμούς, είναι ζωτικής σημασίας να αναπτύξουν ένα πνεύμα προσαρμοστικότητας και συνεχούς μάθησης, προκειμένου να εκμεταλλευτούν πλήρως τις καινοτόμες λύσεις που προκύπτουν από την υιοθέτηση της τεχνητής νοημοσύνης. Αξιοποιώντας την ισχύ της τεχνητής νοημοσύνης, η βιομηχανία 4.0 μπορεί να προωθήσει σημαντικές και μακροπρόθεσμες αλλαγές, ενισχύοντας την αποδοτικότητα των διαδικασιών και θέτοντας τις βάσεις για ένα πιο βιώσιμο και τεχνολογικά προηγμένο μέλλον.

## Βιβλιογραφία

Abioye, S. O., Oyedele, L. O., Akanbi, L., Ajayi, A., Davila Delgado, J. M., Bilal, M., Akinade, O. O., & Ahmed, A. (2021). Artificial intelligence in the construction industry: A review of present status, opportunities and future challenges. *Journal of Building Engineering*, 44, 103299. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.103299>.

Agrawal, R., Imielinski, T., & Swami, A. (1993). Database mining: a performance perspective. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 5(6), 914–925. doi:10.1109/69.250074.

Adem, A., Çakit, E. & Dağdeviren, M. (2020). Occupational health and safety risk assessment in the domain of Industry 4.0. *SN Appl. Sci.* 2, 977. <https://doi.org/10.1007/s42452-020-2817-x>.

ARC Advisory Group. (2016). Siemens Totally Integrated Automation (TIA) can reduce engineering time for car manufacturers. <https://www.arcweb.com/blog/siemens-totally-integrated-automation-tia-can-reduce-engineering-time-car-manufacturers>.

Automation.com. (2023). Siemens and Deloitte Demonstrate Industry 4.0 Innovation at The Smart Factory @ Wichita. <https://www.automation.com/en-us/articles/january-2023/siemens-deloitte-demonstrate-industry-innovation>.

AWS. (2023) Siemens handles 60,000 cyber threats per second using AWS machine learning. <https://aws.amazon.com/solutions/case-studies/siemens-cybersecurity>.

Bahrin, MAK., Othman, MF., Nor, NH., Azli, MFT. (2016). Industry 4.0: A Review on Industrial Automation and Robotic, *Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering)*. 137–143.

Benbarrad, T., Salhaoui, M., Kenitar, S. B., & Arioua, M. (2021). Intelligent Machine Vision Model for Defective Product Inspection Based on Machine Learning. *Journal of Sensor and Actuator Networks*, 10(1), 7. <https://doi.org/10.3390/jsan10010007>.

Bhardwaj, A., Khanna, P., Kumar, S., & Pragya. (2020). Generative Model for NLP Applications based on Component Extraction. *Procedia Computer Science*, 167, 918–931. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.03.391>.

Bhatia, P. (2019). Classification. *Data Mining and Data Warehousing: Principles and Practical Techniques*. Cambridge: Cambridge University Press. 65-127. doi:10.1017/9781108635592.006.

Bisen, W. H., & Agrawal, A. J. (2022). A review on natural language generation. *International Journal of Health Sciences*, 6(S1), 10365–10376. <https://doi.org/10.53730/ijhs.v6nS1.7489>.

Bowling, M., Fürnkranz, J., Graepel, T. & Musick, R. (2006). Machine learning and games. *Machine Learning*, 63, 211-215. [10.1007/s10994-006-8919-x](https://doi.org/10.1007/s10994-006-8919-x).

Breque, M., De Nul, L., Petridis, A. (2021). *Industry 5.0: towards a sustainable, human-centric and resilient European industry*. LU: European Commission, Directorate General for Research and Innovation.

Butt, J. (2020). A Conceptual Framework to Support Digital Transformation in Manufacturing Using an Integrated Business Process Management Approach. *Designs*, 4(3), 17. <https://doi.org/10.3390/designs4030017>.

Cao, G., Sun, Y., Tan, R., Zhang, J., & Liu, W. (2021). A function-oriented biologically analogical approach for constructing the design concept of smart product in Industry 4.0. *Advanced Engineering Informatics*, 49, 101352. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2021.101352>.

Carvalho, N., Chaim, O., Cazarini, E., & Gerolamo, M. (2018). Manufacturing in the fourth industrial revolution: A positive prospect in Sustainable Manufacturing. *Procedia Manufacturing*, 21, 671-678. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.02.170>.

Chopra, V., & Priyadarshi, D. (2019). Role of Machine Learning in Manufacturing Sector. *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*, 8(4), 2320–2328. <https://doi.org/10.35940/ijrte.d8191.118419>.

Coronado-Hernandez, J.R., Calderón-Ochoa, A.F., Portnoy, I., Morales-Mercado, J. (2021). Comparison Between Amazon Go Stores and Traditional Retails Based on Queueing Theory. In: Figueroa-García, J.C., Díaz-Gutierrez, Y., Gaona-García, E.E., Orjuela-Cañón, A.D. (eds) *Applied Computer Sciences in Engineering. WEA 2021. Communications in Computer and Information Science*, vol 1431. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-86702-7\\_30](https://doi.org/10.1007/978-3-030-86702-7_30).

Davenport, T. & Ronanki, R. (2018). *Artificial Intelligence for the real world*. Harvard Business Review.

Deo, R. C. (2015). Machine Learning in Medicine. *Circulation*, 132(20), 1920–1930. [doi:10.1161/circulationaha.115.001593](https://doi.org/10.1161/circulationaha.115.001593).

Drath, R., & Horch, A. (2014). Industrie 4.0: Hit or Hype?. *Industrial Electronics Magazine, IEEE*, 8, 56-58. [10.1109/MIE.2014.2312079](https://doi.org/10.1109/MIE.2014.2312079).

Dreyfus H. (1965) *Alchemy and Artificial Intelligence*. Santa Monica: Rand Corporation.

Dunham, I.M. (2015). Big Data: A Revolution That Will Transform How We Live, Work and Think, *The AAG Review of Books*, 3(1), 19-21.

Enke, J., Glass, R., Kreß, A., Hambach, J., Tish, M., Metternich, J., (2018). Industrie 4.0 : Competencies for a modern production system. (Publisher's Version) In: *Procedia Manufacturing*, 23, pp. 267-272. Elsevier. 2351-9789. 10.25534/tuprints-00014286.

European Commission. (2018). Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions Artificial Intelligence for Europe. COM(2018) 237 final. EUR-Lex. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM:2018:237:FIN>.

Fischer, T.; Gebauer, H.; Fleisch, E. *Service Business Development*; Cambridge University Press: Cambridge, UK, 2012.

Foidl, H. Felderer, M. (2016), Research Challenges of Industry 4.0 for Quality Management, Innovations in Enterprise Information Systems Management and Engineering, Springer, 121–137.

Gadre M., Deoskar A. (2020). Industry 4.0 – Digital Transformation, Challenges and Benefits. *International Journal of Future Generation Communication and Networking* 13 (2), 139 – 149.

Gershgorn, D. (2018). Amazon's AI-powered grocery store is opening to the public tomorrow. Retrieved from <https://qz.com/1184978/amazon-gos-ai-powered-grocery-store-is-opening-to-the-public-in-seattle-tomorrow/>.

Ghoreishi, M., & Happonen, A. (2020). Key enablers for deploying artificial intelligence for circular economy embracing sustainable product design: Three case studies. In *AIP conference proceedings* (Vol. 2233, No. 1, p. 050008). AIP Publishing LLC.

Guban, A. & Kasa, R. (2016). Conceptualization of fluid flows of logistificated processes *Advanced logistics systems*, 7, 27-74.

Guzmán, R. A. and Weisdorf J. (2011). The Neolithic Revolution from a price-theoretic perspective. *Journal of Development Economics*, 2011, vol. 96, issue 2, 209-219.

Hermann, M., Pentek, T., and Otto, B. (2016). Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios. 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS). Koloa, HI, USA. 3928-3937. doi: 10.1109/HICSS.2016.488.

Horak, T., Strelec, P., Kebisek, M., Tanuska, P., & Vaclavova, A. (2022). Data Integration from Heterogeneous Control Levels for the Purposes of Analysis within Industry 4.0 Concept. *Sensors*, 22(24), 9860. <https://doi.org/10.3390/s22249860>.

Hurwitz, J.S., Nugent, A., Halper, F., Kaufman, M. (2013). *Big Data For Dummies*. John Wiley & Sons.

Ives, B., Cossick, K., & Adams, D. (2019). Amazon Go: disrupting retail?. *Journal of Information Technology Teaching Cases*, 9(1), 2-12.

Javaid, M., Haleem, A., Singh, R. P., & Suman, R. (2021). Artificial Intelligence Applications for Industry 4.0: A Literature-Based Study. *Journal of Industrial Integration and Management*, 07(01), 83–111. <https://doi.org/10.1142/s2424862221300040>

Kagermann, H., W. Wahlster, and J. Helbig (2013), *Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0: Final Report of the Industrie 4.0 Working Group*. Acatech-National Academy of Science and Engineering, Germany. 1-85.

Kamble, S., Gunasekaran, A., Gawankar, S. (2018). Sustainable Industry 4.0 framework: A systematic literature review identifying the current trends and future perspectives. *Process Safety and Environmental Protection*, 117. 408-425. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2018.05.009>.

Khan, W.Z., Rehman, M.H., Zangoti, H.M., Afzal, M.K., Armi, N., Salah, K. (2020). Industrial internet of things: Recent advances, enabling technologies and open challenges. *Computers & Electrical Engineering*, Volume 81. <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2019.106522>.

Kiel, D., Christian & M. J., & Voigt, K.-I. (2017). Sustainable Industrial Value Creation: Benefits and Challenges of Industry 4.0. *International Journal of Innovation Management*. 21. 1740015. [10.1142/S1363919617400151](https://doi.org/10.1142/S1363919617400151).

Kishorre Annanth V., Abinash M, & Lokavarapu Bhaskara Rao. (2021). Intelligent manufacturing in the context of industry 4.0: A case study of siemens industry. *Journal of Physics, Conference Series*, Volume 1969, International Virtual Conference on Intelligent Robotics, Mechatronics and Automation Systems 2021 (IRMAS 2021). DOI [10.1088/1742-6596/1969/1/012019](https://doi.org/10.1088/1742-6596/1969/1/012019).

Kulkarni, P. (2012). Reinforcement Learning. In *Reinforcement and Systemic Machine Learning for Decision Making*, P. Kulkarni (Ed.). 57-60. doi:10.1002/9781118266502.

Landherr, M., Schneider, U., Bauernhansl, T. (2016) The Application Centre Industrie 4.0 - Industry-driven manufacturing. Research and development. 49th CIRP Conference on Manufacturing Systems (CIRP-CMS 2016), *Procedia CIRP* 57. 26 – 31. [10.1016/j.procir.2016.11.006](https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.11.006).

Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H.G., Feld, T. and Hoffmann, M. (2014) Industry 4.0. *Business & Information Systems Engineering*, 6, 239-242. <https://doi.org/10.1007/s12599-014-0334-4>.

Leber, J. (2012). General Electric's San Ramon Software Center Takes Shape MIT Technology Review.

<https://www.technologyreview.com/2012/11/28/114725/general-electric-pitches-an-industrial-internet/>

Lemos J, Gaspar PD, Lima TM. (2022). Environmental Risk Assessment and Management in Industry 4.0: A Review of Technologies and Trends. *Machines*. 10(8):702. <https://doi.org/10.3390/machines10080702>.

Longo, F., Padovano, A., Umbrello, S. (2020). Value-oriented and ethical technology engineering in Industry 5.0: a human-centric perspective for the design of the factory of the future. *Appl Sci* 2020 Volume 10, 4182.

Maganga, D.P. and Taifa, I.W.R. (2022). Quality 4.0 conceptualisation: an emerging quality management concept for manufacturing industries. *The TQM Journal*, 35(2), pp.389–413. doi:10.1108/tqm-11-2021-0328.

Malik, N., Tripathi, S. N., Kar, A. K., & Gupta, S. (2021). Impact of artificial intelligence on employees working in industry 4.0 led organizations. *International Journal of Manpower*, 43(2), 334–354. <https://doi.org/10.1108/ijm-03-2021-0173>.

Manufacturing Dive. (2023). How Siemens, Deloitte and Wichita State University are building the next generation of smart factories. <https://www.manufacturingdive.com/news/smart-factory-siemens-deloitte-wichita-state-university-digital-twins/650573/>.

Mastos, T. D., Nizamis, A., Terzi, S., Gkortzis, D., Papadopoulos, A., Tsagkalidis, N., Ioannidis, D., Votis, K., & Tzovaras, D. (2021). Introducing an application of an industry 4.0 solution for circular supply chain management. *Journal of Cleaner Production*, 300, 126886. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126886>.

Mohammed, M., Khan, M.B., & Bashier, E.B.M. (2016). *Machine Learning: Algorithms and Applications* (1st ed.). CRC Press. 7-12. doi: 10.1201/9781315371658.

Mohite, A., Kulkarni, A., Chitnis, R., Mane, S., & Asabe, S. (2021). AI Inspection: Computer Vision For Visual Inspection. *International Journal of Advance Research in Computer Science and Management*. 7. 29.

Möller, D. (2023). *Machine Learning and Deep Learning*. 10.1007/978-3-031-26845-8\_8.

Nunes, M. L., Pereira, A. C., & Alves, A. C. (2017). Smart products development approaches for Industry 4.0. *Procedia manufacturing*, 13, 1215-1222.

Ohlhorst, F. (2013). *Big Data Analytics*. John Wiley & Sons Inc.

Palka, D. & Ciukaj, J. (2019). Prospects for development movement in the industry concept 4.0. *Multidisciplinary Aspects of Production Engineering*,2(1) 315-326. <https://doi.org/10.2478/mape-2019-0031>.

Penas, O., Plateaux, R., Patalano, S. & Hammadi, M. (2017). Multi-scale approach from mechatronic to Cyber-Physical Systems for the design of manufacturing systems. *Comput. Ind.* 2017, 86, 52–69.

Peres, R. S., Jia, X., Lee, J., Sun, K., Colombo A. W., and Barata, J. (2020). Industrial Artificial Intelligence in Industry 4.0 - Systematic Review, Challenges and Outlook. *IEEE Access*, vol. 8, 220121-220139. doi: 10.1109/ACCESS.2020.3042874.

Polacco, A., & Backes, K. (2018). The amazon go concept: Implications, applications, and sustainability. *Journal of Business and Management*, 24(1), 79-92.

Popkova, E.G. and Sergi, B.S. (2020), "Human capital and AI in industry 4.0. Convergence and divergence in social entrepreneurship in Russia", *Journal of Intellectual Capital*, Vol. 21 No. 4, pp. 565-581. <https://doi.org/10.1108/JIC-09-2019-0224>.

Preuveneers, D., & Ilie-Zudor, E. (2017). The intelligent industry of the future: A survey on emerging trends, research challenges and opportunities in Industry 4.0. *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments*, 9(3), 287–298. <https://doi.org/10.3233/AIS-170432>.

Reuters, T. (2018). Amazon's 1st high-tech grocery store opens to the public. Retrieved from <https://www.cbc.ca/news/technology/amazon-go-grocery-store-1.4497862>.

Reznor, E.P. (2017). *A Beginner's Guide To Using Data Science For Business (Transforming Information, Deep Learning, Boost Profits, Business Intelligence)*. Create Independent Publishing Platform.

Riahi, Y. & Riahi, S. (2018). Big Data and Big Data Analytics: Concepts, Types and Technologies. *International Journal of Research and Engineering*, 5(9), 524-28.

Rifkin, J. (2016). *How the Third Industrial Revolution Will Create a Green Economy*. *New Perspectives Quarterly*, 33(1), 6-10.

Russell, S. & Norvig, P. (2002). *Artificial Intelligence: A Modern Approach* (2nd Edition). Prentice Hall.

Rüßmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P.D., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., & Harnisch, M.J. (2015). Industry 4 .0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries April 09.

Sader, S., Husti, I. and Daroczi, M. (2021). A review of quality 4.0: definitions, features, technologies, applications, and challenges. *Total Quality Management & Business Excellence*, 33(9-10), pp.1164–1182. doi:10.1080/14783363.2021.1944082.

Sallati, C., de Andrade Bertazzi, J., & Schützer, K. (2019). Professional skills in the Product Development Process: The contribution of learning environments to professional skills in the Industry 4.0 scenario. *Procedia Cirp*, 84, 203-208.

Samuel, A.L., (1959). *Computation & intelligence*. American Association for Artificial Intelligence. Menlo Park. 414.

Santos, C., Mehraei, A., Barros, A. C., Araújo, M., & Ares, E. (2017). Towards Industry 4.0: an overview of European strategic roadmaps. *Procedia Manufacturing*. 13. 972–979. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.093>.

Schuh, G., Kelzenberg, C., Wiese, J., Stracke, F. (2018), Industry 4.0 implementation framework for the producing industry, *Journal of Advances in Technology and Engineering Research*, 4(2): 79-90.

SCGL (2018). AmazonGo: The future of shopping store. Retrieved from <https://www.scglogistics.co.th/blog/detail/176?lang=en> Subramanian, K., & John, F. L. (2017). Enhanced security for datasharing in multi cloud storage. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 8, 176–185. <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2017.080326>.

Shamim S, Cang S, Yu H, Li Y. (2017). Examining the Feasibilities of Industry 4.0 for the Hospitality Sector with the Lens of Management Practice. *Energies*. 10(4):499. <https://doi.org/10.3390/en10040499>.

Shukla, N., (2018). *Machine Learning with TensorFlow*. Manning Publications Co. 16-17.

Siemens (2023). History – Company Development. <https://www.siemens.com/global/en/company/about/history/company.html>

Smart Building Emea. (2023). Siemens & Deloitte demonstrate Industry 4.0 innovation at The Smart Factory @ Wichita. <https://smartbuildingmag.com/news/63781-siemens-deloitte-demonstrate-industry-4-0-innovation-at-the-smart-factory-wichita>.

Smit, J., Kreuzer, S., Moeller, C., & Carlberg, M. (2016). Industry 4.0. [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/570007/IPOL\\_STU\(2016\)570007\\_EN](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/570007/IPOL_STU(2016)570007_EN).



Srivastava, S., & Sinha, K. (2023). From Bias to Fairness: A Review of Ethical Considerations and Mitigation Strategies in Artificial Intelligence. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 11(3), 2247–2251. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2023.49990>.

Tantik, E., & Anderl, R. (2017). Integrated Data Model and Structure for the Asset Administration Shell in Industrie 4.0. *Procedia CIRP*. 60. 86-91. [10.1016/j.procir.2017.01.048](https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.01.048).

Trappey, A.J.C., Trappey, C.V., Fan, C.Y., Hsu, A.P.T., Li, X.K. & Lee, I.J.Y. (2017). IoT patent roadmap for smart logistic service provision in the context of Industry 4.0. *J. Chin. Inst. Eng.* 2017, 40, 593–602. <https://doi.org/10.1080/02533839.2017.1362325>

Trinks, S. (2021). Real Time Quality Assurance and Defect Detection in Industry 4.0. *Lernen. Wissen. Daten. Analysen. - Learning. Knowledge. Data. Analytics. LWDA 2021*, Munich.

Trivedi, K.S. (2023a). Fundamentals of Natural Language Processing. In: *Microsoft Azure AI Fundamentals Certification Companion. Certification Study Companion Series*. Apress, Berkeley, CA. [https://doi.org/10.1007/978-1-4842-9221-1\\_5](https://doi.org/10.1007/978-1-4842-9221-1_5).

Trivedi, K.S. (2023b). Computer Vision. In: *Microsoft Azure AI Fundamentals Certification Companion. Certification Study Companion Series*. Apress, Berkeley, CA. [https://doi.org/10.1007/978-1-4842-9221-1\\_4](https://doi.org/10.1007/978-1-4842-9221-1_4).

Türegün, N. (2019). Impact of technology in financial reporting: The case of Amazon Go. *J Corp Acct Fin.* 30: 90– 95. <https://doi.org/10.1002/jcaf.22394>

Tuptuk, N., & Hailes, S. (2018). Security of smart manufacturing systems. *Journal of Manufacturing Systems*, 47, 93–106. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2018.04.007>.

Valdez, A.C., Brauner, P., Schaar, A.K., Holzinger, A., Ziefle, M. (2015) Reducing Complexity with Simplicity - Usability Methods for Industry 4.0. 19th Triennial Congress of the International Ergonomics Association. 1-8.

von Tunzelmann, (2003). Historical coevolution of governance and technology in the industrial revolutions. *Structural Change and Economic Dynamics*. 14(4). 365–384. [https://doi.org/10.1016/S0954-349X\(03\)00029-8](https://doi.org/10.1016/S0954-349X(03)00029-8).

Walker, J. (2019). Machine learning in manufacturing –Present and future use-cases. *emerj*. <https://emerj.com/ai-sector-overviews/machine-learning-in-manufacturing/>.

Wang, S., Wan, J., Li, D., & Zhang, C. (2015), Implementing smart factory of industrie 4.0: an outlook. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 12(1).

Wellman, B., Quan-Haase, A., Boase, J., Chen, W., Hampton, K., Diaz, I., Miyata, K. (2003). The Social Affordances of the Internet for Networked Individualism. *Journal of Computer-Mediated Communication*, 8, 834. <https://doi.org/10.1111/j.1083-6101.2003.tb00216.x>.

Winfield, A. F. T., & Jirotko, M. (2018). Ethical governance is essential to building trust in robotics and artificial intelligence systems. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 376(2133), 20180085. <https://doi.org/10.1098/rsta.2018.0085>.

Wolter, M. I., Mönnig, A., Hummel, M., Schneemann, C., Weber, E., Zika, G., Helmrich, R., Maier, T., and Neuber-Poh. (2015). Industry 4.0 and the consequences for labour market and economy. Scenario calculations in line with the BIBB-IAB qualifications and occupational field projections. IAB Forschungsbericht. Results from the project work of IAB8/2015.

Xu, L., Xu, E., Li, L. (2018). Industry 4.0: state of the art and future trends, *International Journal of Production Research*, 56:8, 2941-2962.

Zhang, Y. (2023). Model Analysis and Trend Research on Strategy and Development for Siemens in Digital Transformation. *Proceedings of the 4th International Conference on Economic Management and Model Engineering, ICEMME 2022, Nanjing, China*. <https://doi.org/10.4108/eai.18-11-2022.2326785>.

Zhong, R.Y., Xu, X., Klotz, E., Newman, S.T. (2017). Intelligent manufacturing in the context of Industry 4.0: A review. *Engineering*. 3(5). 616-630. <https://doi.org/10.1016/J.ENG.2017.05.015>.

Zwakman, D.S., Pal, D. & Arpnikanondt, C. (2021). Usability Evaluation of Artificial Intelligence-Based Voice Assistants: The Case of Amazon Alexa. *SN COMPUT. SCI.* 2, 28. <https://doi.org/10.1007/s42979-020-00424-4>