



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ  
UNIVERSITY OF WEST ATTICA

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ  
ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ ΣΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ  
ΠΑΡΑΓΩΓΗ**

Μπάνι Μιχάλης

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Σκλαβούνου Ελένη

Αθήνα Μάρτιος 2023

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

**Επιβλέπουσα :** Σκλαβούνου Ελένη Ορσαλία, Λέκτορας Εφαρμογών

**Επιτροπή Αξιολόγησης:**

.....

Χατζόπουλος Αβραάμ

Λέκτορας Εφαρμογών

.....

Σκλαβούνου Ελένη Ορσαλία

Λέκτορας Εφαρμογών

.....

Δρόσος Χρήστος

ΕΔΙΠ

## ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ/ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Μπάνι Μιχάλης του Μπάνι Λεονάρντ, με αριθμό μητρώου 46950 φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του Τμήματος Μηχανικών Βιομηχανικής Σχεδίασης και Παραγωγής, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

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

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

Ο Δηλών Μπάνι Μιχάλης

A square box containing a handwritten signature in blue ink, which appears to be 'M. Michalis'.

# Περιεχόμενα

Περιεχόμενα.....	3
Περιεχόμενα εικόνων.....	4
Περίληψη .....	5
Συντομογραφίες .....	5
Εισαγωγή .....	6
Ενότητα 1 – Τέταρτη Βιομηχανική Επανάσταση .....	7
1.1 Ιστορική αναδρομή .....	7
1.2 Χαρακτηριστικά, εργαλεία και ενσωμάτωση .....	10
1.3 Οφέλη και απειλές της μετάβασης στην βιομηχανία 4.0.....	13
1.4 Υιοθέτηση του μοτίβου βιομηχανία 4.0 .....	16
Ενότητα 2 – Τεχνητή Νοημοσύνη .....	19
2.1 Ορισμός TN .....	19
2.2 Ιστορική αναδρομή .....	21
2.3 Συστατικά στοιχεία της TN .....	23
2.4 Πεδία μελέτης TN.....	24
2.5 Εφαρμογές TN σε διαφορετικά πεδία.....	27
2.6 Ηθική στην TN.....	35
Ενότητα 3 – Παραδείγματα και Εφαρμογές στην βιομηχανία .....	36
3.1 AI σε κλάδους της βιομηχανίας.....	36
3.2 TN στην βιομηχανία .....	38
3.3 Παραδείγματα εφαρμογών AI προγνωστικής συντήρησης στην βαριά βιομηχανία .....	40
3.4 Παραδείγματα εφαρμογών AI στην αλυσίδα ανεφοδιασμού .....	42
3.5 Machine Learning στην βιομηχανία .....	45
Ενότητα 4 – Εννοιολογικό πλαίσιο.....	47
4.1 Οι λόγοι που οδήγησαν στην λύση της TN .....	47
4.2 Βασικές αρχές BTN .....	49
4.3 Εννοιολογικό πλαίσιο .....	50
Ενότητα 5 – Μελέτη Περίπτωσης SIEMENS AG.....	59
5.1 Λίγα λόγια για την Siemens AG .....	59
5.2 Τεχνολογίες αιχμής.....	60
5.3 Το έξυπνο εργοστάσιο, κατά την Siemens .....	63
5.4 Διαθέσιμες τεχνολογίες TN .....	65
5.5 Η περίπτωση της Coca - Cola.....	70
Ενότητα 6 – Συμπεράσματα.....	71

## Περιεχόμενα εικόνων

Εικόνα 1 Η εξέλιξη της βιομηχανίας μέσα από σταθμούς – ορόσημα μέχρι και την βιομηχανία 4.0. Πηγή: (Chaudhari, 2021) .....	8
Εικόνα 2 Οι έξυπνες τεχνολογίες που κυριαρχούν στον βιομηχανικό κλάδο, σύμφωνα με τα πρότυπα της βιομηχανίας 4.0 .Πηγή: (Wopata, 2020).....	11
Εικόνα 3 Υιοθέτηση του μοτίβου της βιομηχανίας 4.0. Ηγετική ήπειρος θεωρείται η Αμερική ως και το έτος 2020. Πηγή: (Wopata, 2020).....	16
Εικόνα 4 Τεχνολογικές έξυπνες καινοτομίες ανά βιομηχανικό κλάδο. Πηγή: (Wopata, 2020) .....	17
Εικόνα 5 Τι είναι η Τεχνητή Νοημοσύνη; Πηγή: edureka .....	20
Εικόνα 6 Ιστορική εξέλιξη διαφόρων πεδίων της TN, των κύριων εμπνευστών και την συχνότητα χρήσης. Πηγή: (Ertel, 2017) .....	22
Εικόνα 7 Στοιχεία, τύποι και υποκατηγορίες TN. Πηγή: (Regona et al, 2022).....	27
Εικόνα 8 Διαφορετικά είδη ψηφιακών βοηθών. Πηγή: (Botelho, 2022).....	29
Εικόνα 9 Σύνοψη των κύριων βημάτων της μεθοδολογίας πρόβλεψης. Πηγή: (Cavalcante et al, 2016) .....	31
Εικόνα 10 Σύνοψη του οικονομικού πλαισίου συναλλαγών και προβλέψεων. Πηγή: (Cavalcante et al, 2016) .....	32
Εικόνα 11 Μορφές δεδομένων στην βιβλιογραφία TN και υγείας. Πηγή: (Jiang et al, 2017) 33	
Εικόνα 12 Η αγορά της TN σε παγκόσμια κλίμακα, το έτος 2021. Πηγή: (GVR, 2021) .....	37
Εικόνα 13 Οι οικονομικές προβλέψεις στην αγορά της TN σε παγκόσμια κλίμακα, σε δισεκατομμύρια δολάρια, μέχρι και το έτος 2030. Πηγή: (Percedence Research, 2022).....	38
Εικόνα 14 Τα βασικά πεδία εφαρμογών ΑΙ στην βιομηχανία. Πηγή: (Peres et al, 2020).....	39
Εικόνα 15 Κλάδοι της τεχνητής νοημοσύνης, Πηγή: (Zulaikha, 2022) .....	45
Εικόνα 16 Το εννοιολογικό πλαίσιο για συστήματα TN στον χώρο της βιομηχανίας. Πηγή: (Peres et al, 2020) .....	51
Εικόνα 17 Σύστημα αναδιαμόρφωσης. Πηγή: (Mo et al, 2022).....	56
Εικόνα 18 Τεχνολογίες για την υλοποίηση του CPS (Cyber-Physical System) στην βιομηχανία. Πηγή: (Lee et al, 2018).....	58
Εικόνα 19 Το βιομηχανικό σύστημα Edge της Schmalz Siemens. Πηγή: (Annanth et al, 2021).....	61
Εικόνα 20 Ο ρόλος του ML στην έξυπνη βιομηχανία. Πηγή: (Annanth et al, 2021).....	62
Εικόνα 21 Η σταδιακή μετάβαση στο έξυπνο εργοστάσιο. Πηγή: (Siemens - whitepaper, 2022) .....	64
Εικόνα 22 Οι πτυχές του έξυπνου εργοστασίου της Siemens. Πηγή: (Siemens - whitepaper, 2022) .....	64
Εικόνα 23 Το μηχάνημα της ExOne ενσωματωμένο στο Edge και το IIoT περιβάλλον της Siemens. Πηγή: (Fischer, 2021).....	66
Εικόνα 24 Οικοσύστημα του SIMATIC PLC. Πηγή: (Siemens, 2023) .....	67

## Περίληψη

Η τεχνητή νοημοσύνη είναι μια ιδιαίτερα δημοφιλής και σχεδόν απαραίτητη τεχνολογία μεταξύ των έξυπνων συστημάτων υπό το πλαίσιο βιομηχανία 4.0, η οποία έχει ως επίκεντρο την ψηφιοποίηση και την χρήση έξυπνων συστημάτων. Πρόκειται ουσιαστικά για την προσπάθεια μίμησης των διαδικασιών του ανθρώπινου εγκεφάλου προκειμένου να διατελεί συγκεκριμένες διεργασίες. Η τεχνολογία αυτή βρίσκει έδαφος ανάπτυξης και χρησιμότητας σε διάφορους τομείς ο ένας εκ των οποίων είναι η βιομηχανία που εστιάζεται σε αυτή την αναφορά. Υπάρχει πλειάδα διαθέσιμων εφαρμογών για όλους τους κύκλους μιας βιομηχανικής παραγωγής, κάτι που γίνεται εμφανές τόσο από την πλειάδα παραδειγμάτων που ήταν διαθέσιμα κατά την βιβλιογραφική ανασκόπηση, όσο και από τα παραδείγματα που επιλέχθηκαν να εξεταστούν πιο ενδελεχώς. Τα πλεονεκτήματα που προσφέρει η τεχνητή νοημοσύνη επίσης γίνονται εμφανή από την αποτίμηση αυτών των παραδειγμάτων υιοθέτησης του πλαισίου της βιομηχανίας 4.0 αλλά και από την επιλεγμένη λεπτομερή μελέτη της επιχείρησης παγκόσμιου βεληνεκούς, Siemens AG. Η συγκεκριμένη επιχείρηση διατηρεί τμήμα έρευνας και ανάπτυξης τέτοιων τεχνολογιών που χρησιμοποιεί και διαθέτει στην παγκόσμια αγορά, καθώς επίσης έχει οδηγούς σταδιακού ψηφιακού μετασχηματισμού.

## Συντομογραφίες

AI: Artificial Intelligence

TN: Τεχνητή Νοημοσύνη

BTN: Βιομηχανική Τεχνητή Νοημοσύνη

ML: Machine Learning

IoT: Internet of Things

SL: Supervised Learning

DL: Deep Learning

DT: Digital Twin

CC: Cloud Computing

Λέξεις – κλειδιά : Τεχνητή Νοημοσύνη, έξυπνο εργοστάσιο, έξυπνα συστήματα, βιομηχανία 4.0, εφαρμογή τεχνολογιών, Siemens AG

## Εισαγωγή

Η τεχνολογική ανάπτυξη είναι ένα καίριο μέσο προόδου και εξέλιξης της ανθρωπότητας. Συνυφασμένη πλέον με την ψηφιοποίηση, η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση που διανύουμε είναι γεγονός. Στην πρώτη ενότητα αναφέρεται μια σύντομη ιστορική αναδρομή των βιομηχανικών επαναστάσεων, προκειμένου να κατανοηθεί η ανάγκη μετάβασης σε όλο και ανώτερα τεχνολογικά στάδια, καθώς επίσης και ο τρόπος αυτών. Θα γίνει μια ολιστική ανασκόπηση στις θεμελιώδεις αρχές καθώς και τις διαθέσιμες τεχνολογίες. Μια από αυτές τις συνεχώς αυξανόμενες δημοφιλείς τεχνολογίες είναι η τεχνητή νοημοσύνη. Στην ενότητα δύο θα αναφερθεί εξ ολοκλήρου η τεχνητή νοημοσύνη, καθώς θα αποτυπωθούν ολιστικά οι διαθέσιμοι τρόποι που αυτή συναντάται γύρω μας μαζί με την λειτουργικότητα που προσφέρει σε διάφορους τομείς. Για την επίτευξη όλων αυτών έχουν συνεργαστεί διάφορα επιστημονικά πεδία και τα αποτελέσματα είναι ιδιαίτερα αξιόλογα. Στην συνέχεια, στην τρίτη ενότητα αναφέρονται τα αποτελέσματα που οδηγηθήκαμε από την βιβλιογραφική ανασκόπηση στην τεχνητή νοημοσύνη στην βιομηχανία συγκεκριμένα, ενώ στην τέταρτη ενότητα θα αναφερθεί ένα πολύ πιο αυστηρώς καθορισμένο εννοιολογικό πλαίσιο της σύγκλισης αυτής, καθώς επίσης θα γίνει σαφής η ανάγκη διαχωρισμού των συστημάτων αυτών. Στην ενότητα πέμπτη έχει επιλεγεί η Siemens AG ως μελέτη περίπτωσης χρήσης συστημάτων τεχνητής νοημοσύνης. Ο λόγος επιλογής της συγκεκριμένης επιχείρησης είναι διττός. Αφενός αποτελεί έναν βιομηχανικό κολοσσό με ολοκληρωμένη μετάβαση σε έξυπνα εργοστάσια, αφετέρου, αναπτύσσει τεχνολογίες τεχνητής νοημοσύνης τόσο προς όφελός της, όσο και προς την παγκόσμια αγορά. Τέλος, ακολουθούν τα συμπεράσματα αυτής της ενδελεχούς έρευνας καθώς και λεπτομερώς οι βιβλιογραφικές αναφορές που καλύφθηκαν.

# Ενότητα 1 – Τέταρτη Βιομηχανική Επανάσταση

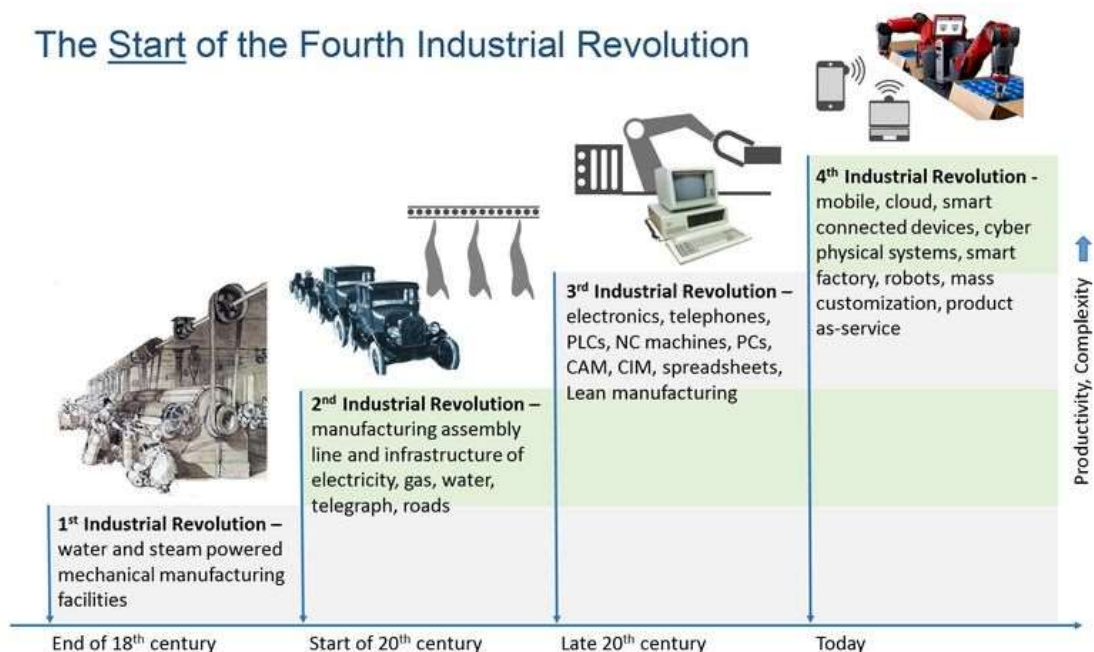
## 1.1 Ιστορική αναδρομή

Παρακολουθώντας στενά την ανθρώπινη εξέλιξη και τις καινοτομίες εργαλείων που αλλάζουν και εξελίσσουν σταδιακά την ανθρωπότητα, κανείς διαπιστώνει πως πάντοτε υπάρχει εξάρτηση από τις ιδέες και τις εφαρμογές αυτές. Η γοργή τεχνολογική εξέλιξη που βιώνουμε τα τελευταία χρόνια έχει αλλάξει εμφανώς την ποιότητα ζωής μας, καθώς έχει εντρυφήσει σε κάθε τομέα. Η βιομηχανική επανάσταση που διανύουμε είναι ένα σημαντικό ορόσημο της τεχνολογικής αυτής προόδου. Η πρωτοφανής αυτή μετάβαση σε γρήγορα, αποδοτικά και κυρίως «έξυπνα» συστήματα, είναι υπεύθυνη για την χάραξη μιας καινούριας εποχής στα πλαίσια της βιομηχανίας 4.0 (industry 4.0) όπως θα αναπτυχθεί σε αυτή την ενότητα.

Για να κατανοηθεί η σπουδαιότητα αυτής της μετάβασης σε μια ψηφιοποιημένη βιομηχανία, θα αναφερθούν και οι προηγούμενες επαναστατικές εξελίξεις στην πορεία της. Η πρώτη βιομηχανική επανάσταση έλαβε χώρα περίπου το 1765 στην Αγγλία, φέρνοντας μια οικονομική έκρηξη, πρωτοφανή για την εποχή, καθώς το κέντρο της οικονομικής άνθισης απομακρύνθηκε από την γεωργία. Σύντομα ακολούθησαν και μερικές από τις Ευρωπαϊκές χώρες, όπως η Γαλλία και η Γερμανία, χωρίς όμως να καταφέρουν να ξεπεράσουν την Αγγλία σε ισχύ. Τα χαρακτηριστικά της πρώτης αυτής επανάστασης ήταν η χρήση του σιδήρου, του άνθρακα και των υφασμάτων, καθώς και ανακαλύψεις μηχανημάτων που λειτουργούσαν με ατμό. Η αποδοτικότερη εκμετάλλευση της ενέργειας είναι ένας από τους βασικότερους άξονες, όπως θα διαπιστωθεί και στην συνέχεια. Ακολούθως, η δεύτερη βιομηχανική επανάσταση συνέβη τα τέλη του 19του αιώνα, με την αλλαγή της κύριας πηγής ενέργειας, όπου αποτελεί και τον πυρήνα της βιομηχανίας. Πιο συγκεκριμένα, τα χαρακτηριστικά ήταν η εκμετάλλευση καλύτερων εργαλείων και μηχανημάτων, η πιο αυτοματοποιημένη φύση των διαδικασιών σε γραμμές παραγωγής, με υλικά που διαμόρφωσαν τις βιομηχανικές ικανότητες. Τα καινούρια αυτά εφόδια ή υλικά ήταν η ηλεκτρική ενέργεια, και το πετρέλαιο, ενώ από πρώτες ύλες τα πιο ευέλικτα μεταλλεύματα από το σίδηρο, διάφορα κράματα και χημικές ενώσεις που μας έδωσαν υλικά όπως το πλαστικό (πολυμερή) και γενικά συνθετικά προϊόντα. Ένα επίσης εξέχον σημείο είναι η προσπάθεια πιο άμεσης ένωσης και συντονισμού στον τομέα της επικοινωνίας αλλά και της μεταφοράς με διάφορες μεθόδους. (Britannica, 2022) Έπειτα από μια σειρά καινοτομιών και



διευκολύνσεων των μέσων παραγωγής και διανομής, προφανώς το αντίκτυπο στην παγκόσμια οικονομία και στο επίπεδο ζωής ήταν πλέον εμφανές. Το 1969 σημειώνεται η τρίτη βιομηχανική επανάσταση, κατά την οποία εμφανίζεται και η εκμετάλλευση της πυρηνικής ενέργειας. Το κυριότερο σημείο καμπής εμφανίζεται στην έγερση των ηλεκτρονικών, των υπολογιστών και της τηλεπικοινωνίας. (iED Team, 2019) Πλέον τα εργοστάσια δεν περιορίζονται σε έναν χώρο διαδικασιών και συναρμολόγησης, αλλά επεκτείνονται κατά πολύ από τον χώρο που συμβαίνουν οι εργασίες. Συγκεκριμένα, η άνθηση της τεχνολογίας και των επιστημών ανοίγουν τον δρόμο για εφαρμογές, έρευνες, δοκιμές και έντονο στοιχείο του μάρκετινγκ. Ως εκ τούτου, η αυτοματοποίηση των διεργασιών έχει ξεπεράσει κάθε προσδοκία. Στην εξέλιξη αυτή, τόσο ποιοτικά όσο και ποσοτικά, οι καινούριες ακολουθίες των τεχνολογικών επιτευγμάτων μας φέρνουν στο στάδιο της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης, η οποία συμβαίνει αυτή την στιγμή. Οι λειτουργίες μεταφράζονται σε έναν όγκο δεδομένων και αυτό το χαρακτηριστικό, δηλαδή η πληροφορία, είναι το σημείο καμπής στην εξελικτική αυτή πορεία. Φυσικά τα επίπεδα αυτοματισμού έχουν μεταβεί καθώς ο συντονισμός αυτός μπορεί να πραγματοποιηθεί με ποικίλους τρόπους. Η Τεχνητή Νοημοσύνη και άλλες μέθοδοι, κάνουν εφικτές πολλές λειτουργίες διαφόρων επιπέδων αυτόματα, αυτόνομα πολλές φορές, με ταχύτητα και εξαιρετικά αποτελεσματικά, κάνοντας πραγματικότητα την ύπαρξη έξυπνων συστημάτων που αλλάζουν αδιαμφισβήτητα το τοπίο της σύγχρονης βιομηχανίας.



Εικόνα 1 Η εξέλιξη της βιομηχανίας μέσα από σταθμούς – ορόσημα μέχρι και την βιομηχανία 4.0. Πηγή: (Chaudhari, 2021)

Η βιομηχανία 4.0 πρώτη φορά παρουσιάστηκε από την Γερμανική κυβέρνηση ως πλάνο εκσυγχρονισμού της βιομηχανίας της και στην πορεία έγινε κυρίαρχη τάση, καθώς οι έξυπνες τεχνολογίες εμπίπτουν στις επιδιώξεις του κλάδου. Οι εφαρμογές περιέχουν το Internet of Things (IoT), το έξυπνο εργοστάσιο και τα cyber-physical συστήματα. Οι τεχνολογίες αυτές δεν είναι μεμονωμένες πρακτικές, αντιθέτως η μία συνεπάγεται την άλλη, ως απαραίτητα συστατικά έξυπνων συστημάτων. Το IoT αποτελεί την τεχνολογία κατά την οποία όλες οι φυσικές συσκευές συνδέονται σε ένα δίκτυο μεταξύ τους και ταυτόχρονα με βάσεις δεδομένων. Οι τεχνολογίες της πληροφορίας και της επικοινωνίας είναι ένας καίριος παράγοντας για την βιομηχανία, καθώς τα δεδομένα των αντικειμένων ψηφιοποιούνται, δηλαδή μεταφέρονται στον ψηφιακό χώρο αποκτώντας και ψηφιακή παρουσία η οποία συγχωνεύεται με την φυσική. Αυτή η πρακτική συνεπάγεται την κατασκευή cyber-physical συστημάτων, κατά τα οποία παρέχεται η κατάλληλη χαρτογράφηση του βιομηχανικού τοπίου, κάτι που δίνει την δυνατότητα από τον ψηφιακό τόπο να υπάρχει κατάλληλη οργάνωση, έλεγχος και δόμηση του φυσικού αυτού τοπίου. Αυτή ακριβώς η σύζευξη είναι η επιτομή του έξυπνου εργοστασίου που αποτελεί το όραμα της σύγχρονης βιομηχανίας, 4.0. Τα χαρακτηριστικά του έξυπνου συστήματος είναι :

- Η ανίχνευση των δεδομένων από τα φυσικά συστήματα και η αξιολόγηση της απόδοσής τους.
- Οι ενσωματωμένες λειτουργίες προς αναγνώριση του συστήματος, εντοπισμό του και διάγνωση εσωτερικών παραμέτρων.
- Η δυνατότητα διαχείρισης δεδομένων με τρόπο που θα αποδώσουν χρήσιμες πληροφορίες.
- Η αλληλεπίδραση μεταξύ συστημάτων και αυτών με το κεντρικό σύστημα και αντίστροφα.
- Τυποποίηση ενιαίων πρωτοκόλλων και προτύπων.
- Προσβασιμότητα.
- Διαλειτουργικότητα.

(Mueller, 2017)

## 1.2 Χαρακτηριστικά, εργαλεία και ενσωμάτωση

Το αποτέλεσμα της ενδοεπικοινωνίας και των παραπάνω χαρακτηριστικών προσφέρει σαφή πλεονεκτήματα για τον χώρο της βιομηχανίας, όπως αποτελεσματικότητα, αποδοτικότητα και ευελιξία. Το σενάριο αυτό είναι ο στόχος προς επίτευξη, μα η υλοποίηση σε πρακτικό επίπεδο ενέχει και τις αντίστοιχες προκλήσεις. Στην συνέχεια, θα αναπτυχθούν περαιτέρω οι εφαρμοσμένες τεχνολογίες, τα χαρακτηριστικά και τα οφέλη που προσφέρουν, οι προκλήσεις και οι απειλές που ενδέχεται να προκύψουν και τέλος, πως συμβαίνει πρακτικά η εφαρμογή του πλάνου αυτού σε πραγματικές συνθήκες.

*Οι θεμελιώδεις αρχές σχεδιασμού είναι οι εξής ακόλουθες:*

- Η διασύνδεση , δηλαδή η δημιουργία ενός δικτύου και η ένταξη σε αυτό τα στοιχεία του εξοπλισμού (μηχανήματα, αισθητήρες κ.λπ.) και τον άνθρωπο, μέσω πλατφόρμας διαχείρισης. Συγκεκριμένα, η σύνδεση του φυσικού κόσμου και του ανθρώπου ψηφιακά, προκειμένου να εκμεταλλευτούν ασύρματα οι δυνατότητες του IoT.
- Η διαφάνεια των πληροφοριών, δηλαδή η πρόσβαση σε τεράστιο όγκο δεδομένων τα οποία θα επεξεργαστούν και θα αποτελέσουν πληροφορίες προκειμένου να γίνει η αντίστοιχη λήψη αποφάσεων. Ο όγκος των δεδομένων που αποκτάται προφανώς δεν ήταν διαθέσιμος στο παρελθόν. Η συλλογή δεδομένων πλέον είναι εφικτή λόγω της διασυνδεσιμότητα όλων των στοιχείων της παραγωγής.
- Αποκεντρωμένες αποφάσεις. Στα δύο πρώτα στάδια συναντάται η σύνδεση των συστημάτων και η συλλογή των δεδομένων αυτών. Τα δεδομένα, τόσο τα τοπικά όσο και τα παγκόσμια , συνδυάζονται και ουσιαστικά μετατρέπονται σε πληροφορίες. Οι πληροφορίες αυτές συμβάλλουν καίρια στην λήψη αποφάσεων από τους αρμόδιους ανά πάσα στιγμή και από οποιονδήποτε χώρο. Η δυνατότητα αυτή προσφέρει την ευελιξία του να μπορεί κάποιος να εστιάσει και σε άλλα ζητήματα καθώς επίσης να έχει διαθέσιμες τις κατάλληλες πληροφορίες, χωρίς να είναι δεσμευμένη η παρουσία του στον χώρο του εργοστασίου, επιβλέποντας.
- Τεχνική υποστήριξη. Είναι απαραίτητο να υπάρχει η κατάλληλη βοήθεια ώστε να διασφαλιστεί η λειτουργικότητα και η ποιότητα των συστημάτων που αναφέρθηκαν, προκειμένου να επιτελούνται σωστά οι εργασίες οι οποίες καλύπτουν. Πλέον, η βαρύτητα έχει μετατοπιστεί από τον χειρισμό μηχανών και συντήρησης στην

διατήρηση του συστήματος, την λήψη αποφάσεων και στην ικανότητα ενημερωμένων δράσεων για την επίλυση επειγόντων περιστατικών. (Bonner, 2017)

Οι εφαρμοσμένες τεχνολογίες που πληρούν και τις παραπάνω σχεδιαστικές αρχές της έξυπνης βιομηχανίας είναι πάρα πολλές, καθώς συνεχώς αναπτύσσονται έξυπνα συστήματα. Μια έρευνα που διεξήχθη από το IoT Analytics σε δείγμα 150 από τους κορυφαίους κατασκευαστές για την υιοθέτηση της έξυπνης βιομηχανίας, παρουσίασε τα αποτελέσματα, όπως φαίνονται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 2 Οι έξυπνες τεχνολογίες που κυριαρχούν στον βιομηχανικό κλάδο, σύμφωνα με τα πρότυπα της βιομηχανίας 4.0. Πηγή: (Wopata, 2020)

Οι εφαρμογές αυτές ενδεικτικά μπορεί να είναι (Rymarczyk, 2020)

- Το IoT, ένα βασικό συστατικό που συνδέσει τα μηχανήματα και τους ανθρώπους στον ψηφιακό χώρο.
- Η TN, η οποία αποτελεί την προσπάθεια μίμησης της ανθρώπινης σκέψης από αλγοριθμικά συστήματα και αναλύεται εκτενώς σε αυτή την αναφορά.
- Προηγμένα ρομποτικά συστήματα, τα οποία λειτουργούν βάση προγραμματισμού. Είναι μια μίξη TN με κάποιο φυσικό σύστημα ικανό να επικοινωνήσει με άλλες μηχανές και τον άνθρωπο, καθοδηγώντας τις ενέργειές τους από το cloud. Το

πλεονέκτημα που προσφέρουν είναι η λειτουργικότητά τους σε επικίνδυνες ή αβέβαιες περιστάσεις, καθώς διαχειρίζονται από ανθρώπους σε ασφαλές περιβάλλον.

- Αυτόνομα οχήματα, τα οποία μοιάζουν με τα προηγμένα ρομποτικά συστήματα, ενώ παρέχεται και η δυνατότητα μετακίνησης. Έχουν χρήση στις εσωτερικές μετακινήσεις εντός της εργοστασιακής μονάδας, ενώ δεν αποκλείεται μελλοντικά να αποτελέσουν τα μέσα μαζικής μεταφοράς για τους πολίτες, ενώ θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν και για τον σταθερό ανεφοδιασμό μιας μονάδας. Τα πλεονεκτήματα αποτελούν την συνέπεια και την ασφάλεια, καθώς επίσης εκτιμάται πως αυτά τα συστήματα μπορούν να μειώσουν ζητήματα προσβασιμότητας και εξοικονόμησης στην ενεργειακή κατανάλωση.
- Cloud. Το cloud είναι μια από τις πιο ευρέως χρησιμοποιούμενες τεχνολογίες, δίνοντας λύσεις σε θέματα που αφορούν την διαχείριση των δεδομένων. Ορισμένες από τις επιλογές που περιέχονται μπορεί να είναι servers, δίκτυα, βάσεις δεδομένων, αποθήκευση, μεταφορά και προσβασιμότητα, και ανάλυση. Το πλεονέκτημα που προσφέρεται από αυτή την τεχνολογία είναι η συγκρότηση και η συμπύκνωση ορισμένων υπηρεσιών που μια εταιρεία θα χρειαζόταν να διαθέτει από μεμονωμένες πηγές, η ευκολία στην χρήση, η εξοικονόμηση χρημάτων και άλλα, καθώς τα δεδομένα πλέον αποτελούν πυρηνική αξία για την σύγχρονη βιομηχανία.
- Big Data. Σε συνέχεια της παραπάνω εκτίμησης για τα δεδομένα, ο τεράστιος όγκος δεδομένων που παράγεται ή η πολυπλοκότητά τους, μπορεί να προκαλέσει δυσκολίες στην ανάλυσή με συμβατικές μεθόδους. Τα δεδομένα χαρακτηρίζονται από την ποσότητά τους, το είδος τους, την πυκνότητά τους, την πολυπλοκότητα και την αξιοπιστία τους. Τα θετικά αυτής της τεχνολογίας είναι η αξιοποίηση πληροφοριών για αποδοτικότητα, ταχύτητα των κύκλων παραγωγής, μείωση κόστους και σφαλμάτων, αύξηση στην καινοτομία προϊόντων και πολλά άλλα.
- Η Augmented reality (προσαυξημένη πραγματικότητα) μπορεί να συνδέσει στην εικονική πραγματικότητα ένα σύστημα και έναν άνθρωπο. Παράδειγμα, στον τομέα της διασκέδασης κάποιος μπορεί να παίξει ένα βιντεοπαιχνίδι με ειδικές συσκευές, κάνοντάς το να μοιάζει τόσο ρεαλιστικό, που εκτινάσσει την εμπειρία αυτή. Στην βιομηχανία, είναι ιδιαίτερα χρήσιμο εργαλείο στον σχεδιασμό προϊόντων, τον εντοπισμό μηχανημάτων και των αντίστοιχων πληροφοριών, κ.α. .
- Η εκτύπωση 3d είναι μεταξύ των πιο δημοφιλών τεχνολογιών, καθώς επιτρέπει την δημιουργία τρισδιάστατων αντικειμένων μέσω ψηφιακών αρχείων σταδιακά, μέχρι την επίτευξη του τελικού σχεδίου. Αυτό το γεγονός επιτρέπει την κατασκευή

προϊόντων με περίπλοκες δομές, το βέλτιστο αποτέλεσμα σχετικά με τον αρχικό σχεδιασμό ή το πρωτότυπο, την λεπτομερή συγκρότηση των επιμέρους στοιχείων, την ελαχιστοποίηση της γραμμής παραγωγής στα απαραίτητα στάδια και την διασφάλιση στην ποιότητα του προϊόντος, μεταξύ άλλων.

- Νανοϋλικά. Τα υλικά αυτά όπως προδίδει και το όνομά τους, αποτελούν ποσότητες ύλης σε νανόμετρα (το νανόμετρο είναι υποδιαίρεση του μέτρου ως μονάδα μήκους, όπου  $1\text{nm} = 0,000000001$ ). Οι ιδιότητές των μικρών διαστάσεων χρησιμοποιούνται για την δημιουργία και κατασκευή προϊόντων με διαφορετικές και ποικίλες ιδιότητες, καθώς αποτελούν σημείο έρευνας για πολλούς κλάδους. Παράδειγμα, το μέγεθος, η αγωγιμότητα και άλλα χαρακτηριστικά συναντώνται στο πεδίο των ηλεκτρονικών, ενώ στην φαρμακευτική μπορούν να φέρουν επανάσταση στην θεραπεία ασθενειών όπως κάποιος καρκίνος, διότι μπορούν στοχευμένα να κινηθούν μέσα στο σώμα και να επιτεθούν σε εκφυλισμένα κύτταρα.
- Blockchain. Προσδιορίζεται ως ανοιχτά διανεμημένο βιβλίο, όπου οι συναλλαγές δύο μερών καταγράφονται με ασφάλεια, λεπτομέρεια και αξιοπιστία. Ουσιαστικά πρόκειται για έναν τύπο βάσης δεδομένων τα οποία αποθηκεύονται κυβικά, τα οποία «επικοινωνούν» μεταξύ τους με κρυπτογράφηση από άκρο σε άκρο. Τα δεδομένα που εισέρχονται αποθηκεύονται με χρονολογική σειρά στο block και όταν αυτό γεμίσει, τότε κλείνει και ακολουθεί το επόμενο. Τα δεδομένα αυτά είναι προσβάσιμα, αφορούν κυρίως συναλλαγές και μπορούν να ανακτηθούν όταν αυτό χρειαστεί. Τέλος, τα στοιχεία που περιέχονται είναι μη αναστρέψιμα. (Hayes, 2022)
- Τα ψηφιακά δίδυμα είναι μια τεχνολογία η οποία δημιουργεί ένα ψηφιακό αντίγραφο ενός φυσικού συστήματος, επιτρέποντας στον χρήστη διάφορες λειτουργίες μέσω του IoT, της TN και ανάλυσης λογισμικού. Συγκεκριμένα, αυτό το μοντέλο που δημιουργείται αναπαριστώντας την πραγματική συσκευή, μπορεί να ανιχνευθεί για την λειτουργία του, να χειριστεί, να προβλέψει τυχόν μελλοντικά ζητήματα, να επαναπρογραμματιστεί κ.α.

### 1.3 Οφέλη και απειλές της μετάβασης στην βιομηχανία 4.0

Συνοψίζοντας τα κυριότερα οφέλη της μετάβασης αυτής, βλέπουμε πως το έξυπνο εργοστάσιο έχει ως πυρηνικά χαρακτηριστικά την σύνδεση και την επικοινωνία του φυσικού και του ψηφιακού κόσμου, την βελτιστοποίηση όλων των τομέων (από την ποιοτική εξέλιξη

των προϊόντων, την εξοικονόμηση χρήματων, πόρων και ενέργειας, ως και την πρόβλεψη στην ασφάλεια και την απόδοση των εργαζομένων), την ελαχιστοποίηση σφαλμάτων, την ευελιξία των συστημάτων ώστε να προσαρμόζονται στις περιστάσεις με καθόλου ή ελάχιστη ανθρώπινη παρέμβαση, την λήψη αποφάσεων και την διαφάνεια των δεδομένων καθώς η απόκτηση και ανάλυση δεδομένων είναι ιδιαίτερα σημαντική πτυχή. Ταυτόχρονα, οι έξυπνες αλυσίδες ανεφοδιασμού αποτελούν επίσης κομμάτι του έξυπνου εργοστασίου, το οποίο αποτελείται από την διαχείριση των αποθεμάτων, μέχρι την διανομή και την εξυπηρέτηση πελατών, με χαρακτηριστικά την αποκέντρωση των κέντρων λήψης αποφάσεων, τον αυτοματισμό των διαδικασιών και την εξατομίκευση. Ωστόσο, είναι σημαντικό να αναφερθεί πως στο ισοζύγιο θετικών – αρνητικών, υπάρχουν ορισμένα ζητήματα τα οποία λαμβάνουν μέρος κατά την βιομηχανική μετάβαση. Τα ζητήματα αυτά περιέχουν θεωρητικές προβλέψεις, αβεβαιότητα αλλά και πρακτικές απειλές τόσο για τα εργοστάσια που επιλέγουν ή αναγκάζονται να ακολουθήσουν σε κάποιο βαθμό αυτή τη μετάβαση, αλλά και σε κοινωνικό επίπεδο. Παρακάτω συνοψίζονται τα θετικά και τα αρνητικά επακόλουθα της βιομηχανίας 4.0.

#### Θετικές επιπτώσεις

- Οργάνωση .
- Εξοικονόμηση πόρων .
- Συλλογή και εκμετάλλευση πληροφοριών.
- Πρόσβαση στο σύστημα κάθε στιγμή .
- Πρόσβαση από οπουδήποτε, χωρίς να απαιτείται η φυσική παρουσία του ατόμου στον χώρο παραγωγής.
- Ελαστικότητα και προσαρμοστικότητα.
- Ελαχιστοποίηση λαθών.
- Πρόβλεψη αστοχίας των μηχανημάτων.
- Εργασιακή ασφάλεια.
- Προσαρμογή στις ανάγκες της αγοράς.
- Παρακολούθηση των τάσεων.
- Καλύτερη αξιολόγηση και σχεδιασμός προϊόντων.
- Έρευνα για αξιοποίηση διαφορετικών υλικών.
- Πρόβλεψη σε μεταβολές παγκοσμίως.
- Βελτιστοποίηση της γραμμής παραγωγής και της διανομής.
- Ταχύτερες διαδικασίες και κέρδος χρόνου.

- Εξοικονόμηση ενέργειας και μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος.
- Εξατομικευμένες λύσεις.
- Βελτιστοποίηση του βιοτικού επιπέδου.
- Ποιοτικές και ποσοτικές υπηρεσίες.

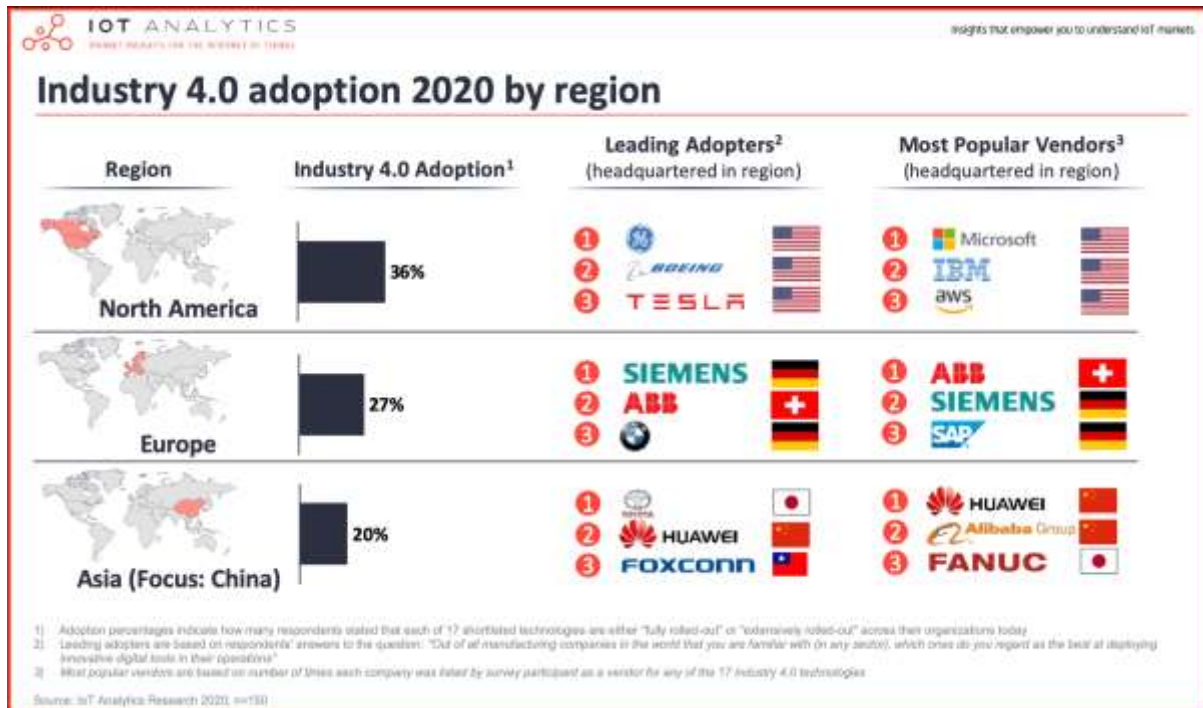
#### Αρνητικές επιπτώσεις

- Πρώιμο στάδιο των τεχνολογιών και αργή ένταξη σε πραγματικές συνθήκες.
- Μεγάλα κεφάλαια και χρηματοδοτήσεις για ανάπτυξη λογισμικού και συστημάτων.
- Έλλειψη πρωτοκόλλων και πιστοποιήσεων.
- Έλλειψη κατάλληλης εκπαίδευσης και εξειδίκευσης των εργαζομένων.
- Επιφύλαξη απέναντι σε νέες τεχνολογίες ορισμένων στελεχών.
- Έλλειψη καταρτισμένων εμπειρογνομώνων.
- Αμφίβολη νομική κάλυψη σε θέματα πληροφοριών.
- Έλλειψη κατάλληλης προστασίας δεδομένων και κυβερνοασφάλειας.
- Ευαλωτότητα σε κυβερνοεπιθέσεις.
- Αβεβαιότητα του οικονομικού αποτελέσματος.
- Μικρότερος κύκλος ζωής των προϊόντων, καθώς σε πολλές περιπτώσεις γίνεται έκπτωση στην ποιότητα ώστε να επιτευχθεί ποσότητα.
- Ψηφιακές απάτες.
- Ζητήματα κοινωνικής φύσεως και ηθικής.
- Αντικατάσταση των εργατικών χεριών με μηχανήματα και ταυτόχρονα αύξηση των ειδικών τεχνολογίας.
- Πιθανή αύξηση του χάσματος μεταξύ εργαζομένων χαμηλής αμοιβής ή τεχνολογικά αναλφάβητων με υψηλά αμειβόμενους συνεργάτες IT.
- Καταπάτηση προσωπικών δεδομένων και ιδιωτικότητας.
- Παράνομες ανταλλαγές ευαίσθητων πληροφοριών.
- Χάσμα στην οικονομία διαφόρων χωρών που αδυνατούν να ακολουθήσουν την μετάβαση αυτή.



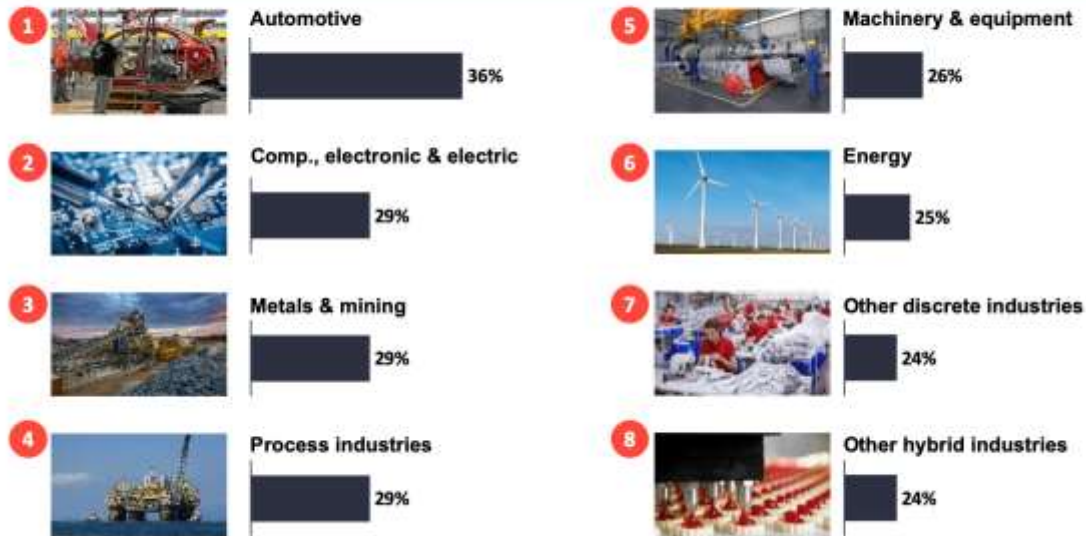
## 1.4 Υιοθέτηση του μοτίβου βιομηχανία 4.0

Η εξάπλωση των έξυπνων τεχνολογιών έχει ξεκινήσει και επεκτείνεται σε παγκόσμια κλίμακα. Ένα δείγμα στην ηγετική θέση των χωρών ακολουθεί στην συνέχεια, καθώς και στους κλάδους που έχουν ενταχθεί περισσότερο οι τεχνολογίες αυτές.



Εικόνα 3 Υιοθέτηση του μοτίβου της βιομηχανίας 4.0. Ηγετική ήπειρος θεωρείται η Αμερική ως και το έτος 2020. Πηγή: (Worata, 2020)

## Industry 4.0 adoption by industry: automotive ahead



Note: Percentages indicate how many respondents stated that each of 17 identified technologies are either "fully rolled-out" or "extensively rolled-out" across their organizations today.  
Source: IOT Analytics Research 2021. n=150

Εικόνα 4 Τεχνολογικές εξυπνες καινοτομίες ανά βιομηχανικό κλάδο. Πηγή: (Wopata, 2020)

Το αντίκτυπο της βιομηχανικής επανάστασης εξαπλώνεται παγκόσμια μέσω στρατηγικών ή μεμονωμένων πρωτοβουλιών, καθώς η μετάβαση αυτή ενισχύει την ανταγωνιστικότητα. Ωστόσο, σε αρκετές περιπτώσεις είναι δύσκολη η ενσωμάτωση αυτών των τεχνολογιών από τις εταιρείες, ειδικότερα αν πρόκειται για μικρότερες επιχειρήσεις. Στην συγκέντρωση όλων των βημάτων και των μεθόδων μετάβασης, αρκετά πλαίσια έχουν δημιουργηθεί από την διαθέσιμη βιβλιογραφία. Μια ολιστική προσέγγιση είναι το πλαίσιο DMEODVI (Define, Measure, Evaluate, Optimize, Develop, Validate, Implement) το οποίο είναι ουσιαστικά συνδυασμός άλλων θεωρητικών προτύπων. Επεξηγώντας την διαδικασία αυτή, είναι προφανές πως για τα μέγιστα οφέλη όλες οι μονάδες μιας επιχείρησης πρέπει να ακολουθήσουν το πρότυπο αυτό, καθώς επίσης και ο καθορισμός των εσωτερικών δυναμικών ώστε να είναι πραγματοποιήσιμη μια τέτοια αλλαγή. Επιπλέον, είναι σημαντικό να εκτιμηθούν οι διαθέσιμες τεχνολογίες και να επιλεγθούν τα στοιχεία που αρμόζουν στις πολιτικές της εκάστοτε εταιρείας για ένα βελτιστοποιημένο αποτέλεσμα. Η ανάπτυξη των ιδεών γίνεται με τρόπο οικονομικά αποδεκτό ενώ στην πορεία ακολουθεί η εκτίμηση. Τέλος, έπειτα από θετικά ή επαρκή αποτελέσματα, η ιδέα αυτή εφαρμόζεται. Οι φάσεις για την στρατηγική μετάβαση λαμβάνουν υπόψιν διάφορους άξονες και αναλύονται περισσότερο στην συνέχεια.

Φάση πρώτη – καθορισμός : Το πρώτο βήμα στην ψηφιακή μετάβαση είναι ο καθορισμός στόχων της επιχείρησης για την επερχόμενη αναβάθμιση. Αυτό συνεπάγεται την διευκρίνιση

των περιορισμών, των διαθέσιμων κεφαλαίων και πόρων καθώς και την σωστή αξιοποίηση των εργαζομένων. Το πλάνο αυτό εμπεριέχει κρίσιμα σημεία για την εξέλιξη των κατασκευαστών. Ως εκ τούτου η εφαρμογή γίνεται με αναβάθμιση του εξοπλισμού, με διασύνδεση μέσω δικτύου IoT, με καινούριες στρατηγικές μάρκετινγκ και φυσικά με την εκπαίδευση του ανθρώπινου δυναμικού για την απόκτηση δεξιοτήτων που ανταποκρίνονται στην ψηφιοποίηση αυτή. Η εκάστοτε εταιρεία δημιουργεί το πλάνο που αρμόζει στις ανάγκες της το οποίο εκτελείται με στρατηγικές εκτίμησης ρίσκου προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν τα λάθη και οι απώλειες. (Butt, 2020)

Φάση δεύτερη – καταμέτρηση : Σε αυτό το σημείο επιστρατεύονται ορισμένα στατιστικά εργαλεία, μετρικές και μετρήσεις, προκειμένου να γίνει μια ανάλυση των συστημάτων. Επιπλέον, ο κύριος στόχος είναι η ολιστική κατανόηση της αγοράς και των καταναλωτών προκειμένου να δημιουργηθούν οι συνθήκες για την κάλυψη αυτών των απαιτήσεων.

Φάση τρίτη – εκτίμηση : Η φάση της εκτίμησης είναι μια φάση αξιολόγησης του επιπέδου εφαρμογής των αρχών της βιομηχανίας 4.0. Σε αυτό το στάδιο εκτιμώνται τα οφέλη της μετάβασης, διορθώνονται οι αστοχίες ή οι παρεκκλίσεις από τα αρχικά πλάνα, ενώ επίσης τίθενται στόχοι για μελλοντικές εξελίξεις.

Φάση τέταρτη – βελτιστοποίηση: Σε συνέχεια της τρίτης φάσης, η βελτιστοποίηση αφορά ορισμένες σχεδιαστικές αρχές προκειμένου να επιτευχθεί αύξηση της απόδοσης. Το βήμα αυτό είναι εξίσου σημαντικό, καθώς οι εταιρείες στην διάθεσή τους έχουν να επιλέξουν μεταξύ διάφορων εργαλείων ανάλυσης και μεθοδολογίες , έπειτα από δοκιμές.

Φάση πέμπτη – ανάπτυξη : Κύριος στόχος είναι η διαδικασία μιας κατασκευαστικής ροής, η οποία θα προκύπτει από υπολογιστικά δεδομένα, η οποία θα είναι σε αρμονία με τις καθημερινές δραστηριότητες της επιχείρησης.

Φάση έκτη – αξιολόγηση : Το ανεπτυγμένο σε προηγούμενες φάσεις πρωτότυπο εκτιμάται έπειτα από την εφαρμογή του σε περιοχές και περιπτώσεις χαμηλού ρίσκου. Σε αυτή την διαδικασία δοκιμάζονται διάφορες προοπτικές και περιπτώσεις ως σενάρια ώστε να εκτιμηθεί συνολικά για την απόδοσή του.

Φάση εύδρομη – εφαρμογή : Η επιτυχής αξιολόγηση του πρωτοτύπου πλάνου της κατασκευαστικής διαδικασίας οδηγεί στην σταδιακή εφαρμογή του. Ως εκ τούτου, αντιμετωπίζονται τα ζητήματα που εμποδίζουν την διαδικασία εφαρμογής, επιλύονται τυχόν προβλήματα που έχουν προκύψει, ώσπου στο τέλος υπάρχει η ενσωμάτωση. Από την στιγμή

που το σύστημα λειτουργεί, ο επόμενος στόχος τίθεται στην βελτιστοποίηση ή εφαρμογή ορισμένων αλλαγών, μέσω την συνεχή παρακολούθησή του.

Δεδομένων των πλεονεκτημάτων της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης, η εν λόγω εξέλιξη επιδιώκεται τόσο ακαδημαϊκά όσο και πρακτικά. Τα πλαίσια εφαρμογής αυτών των τεχνολογιών σε πραγματικές συνθήκες βασίζονται στις κυρίαρχες σχεδιαστικές αρχές της βιομηχανίας 4.0, περιλαμβάνοντας πλειάδα τεχνολογιών που ορισμένες από αυτές παρουσιάστηκαν στο εν λόγω κεφάλαιο. Τα πλαίσια λειτουργίας και διάφορα πρωτότυπα εφαρμογής που έχουν αναπτυχθεί βοηθούν την ενσωμάτωσή τους σταδιακά από εταιρείες σε παγκόσμια κλίμακα. Μια καθοριστική τεχνολογία, είναι η τεχνητή νοημοσύνη, η οποία αναλύεται διεξοδικά στην παρούσα αναφορά, καθώς ενέχει πυρηνικό ρόλο στην βιομηχανική επανάσταση που διανύουμε την παρούσα χρονική περίοδο.

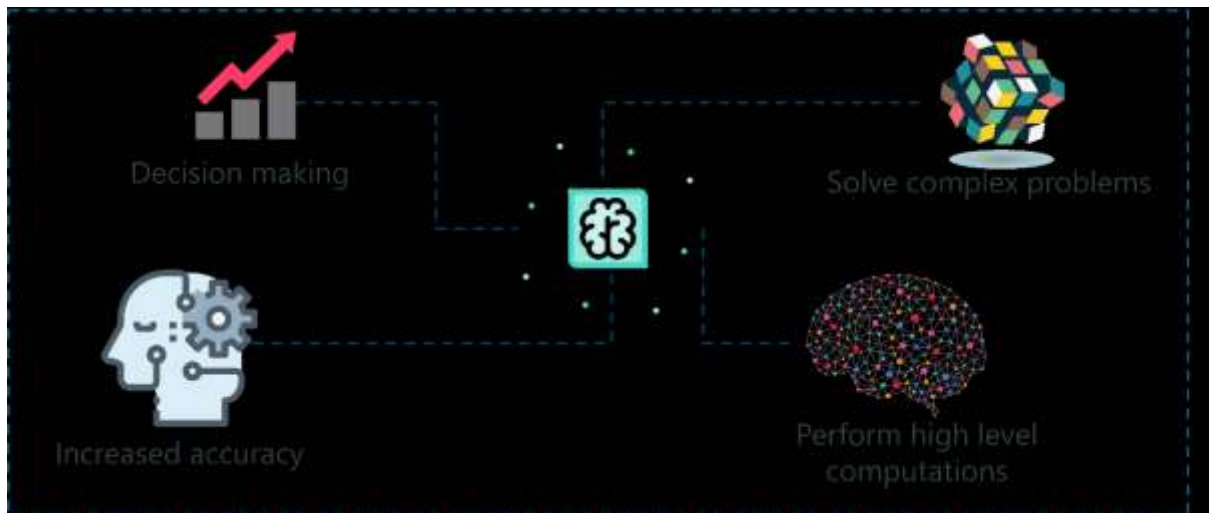
## Ενότητα 2 – Τεχνητή Νοημοσύνη

### 2.1 Ορισμός TN

Ο ορισμός της τεχνητής νοημοσύνης, σύμφωνα με το (oxford learners dictionaries, n.d.), είναι

“ Η μελέτη και η ανάπτυξη υπολογιστικών συστημάτων τα οποία είναι ικανά να επιδείξουν έξυπνη ανθρώπινη συμπεριφορά ” .

Αυτός ο ορισμός προκύπτει και από τις λέξεις που απαρτίζουν αυτή την έννοια, άλλωστε. Παρομοίως και στα αγγλικά χρησιμοποιείται ο όρος Artificial Intelligence. Από τις απαρχές της τεχνολογίας αυτής, η προσέγγιση ήταν στην διαμόρφωση «σκέψης και πράξης» ενός υπολογιστικού συστήματος, ενώ η ιδανική κατάσταση πλέον αποτελεί ο στόχος δόμησης συστημάτων τα οποία μπορούν να «σκεφτούν και να πράξουν» με λογική. (IBM, n.d.)



Εικόνα 5 Τι είναι η Τεχνητή Νοημοσύνη; Πηγή: edureka

Η ΤΝ συναντάται με διάφορες μορφές γύρω μας όντας χρήσιμο εργαλείο σε διάφορους κλάδους. Από τα οικονομικά, την βιομηχανία και την εξυπηρέτηση πελατών, ως την έρευνα και την ανάπτυξη φαρμακευτικών ειδών. Ενδεικτικά αναφέρονται ορισμένα πεδία και τρόποι που η ΤΝ μας διευκολύνει. Παράδειγμα, στην καθημερινή ζωή βρίσκει εφαρμογές στις επικοινωνίες, στην υγεία, στις αγορές, στον προγραμματισμό, στην διευθέτηση στόχων, στα βίντεο παιχνίδια, στην διασκέδαση και γενικότερα στην διευκόλυνση ορισμένων καθημερινών λειτουργιών. Σημαντική είναι η συμβολή στις πτυχές του καταναλωτισμού τόσο από το σημείο ζήτησης όσο και αυτό της προσφοράς, με την βέλτιστη καταναλωτική εμπειρία με αλγορίθμους που μπορούν να εξατομικεύσουν την αγοραστική εμπειρία, ως και την δυνατότητα να αφουγκραστούν τις επερχόμενες ανάγκες. Στην επιστήμη συναντάται σε διάφορα πεδία, παράδειγμα βιολογία, χημεία, φαρμακευτική, με εργασίες όπως τον σχεδιασμό πειραμάτων, την συλλογή και επεξεργασία των πληροφοριών, την διευθέτηση των πόρων, στην έρευνα και την προσομοίωση, κ.α. . Στις υποδομές και την κατασκευαστική βιομηχανία σε θέματα διαχείρισης και κατανομής πόρων, την μετακίνηση, την ενεργειακή κατανάλωση, την μηχανική και την αρχιτεκτονική συστημάτων, στην συντήρηση και πολλά άλλα που θα αναλυθούν σε επόμενα κεφάλαια λεπτομερώς. Στον τομέα της υγείας από το επίπεδο παρακολούθησης και σχεδιασμού ερευνών, ως το σημείο διάγνωσης και συνδυασμού αποτελεσμάτων που θα οδηγήσουν σε ταχύτερες διαδικασίες ίασης. (Shubhendu & Vijay, 2013) Τέλος, στα οικονομικά με πολλαπλούς τρόπους όπως την διαχείριση του ρίσκου, αυτοματοποιημένες συναλλαγές και επερχόμενες προβλέψεις. (Baheti, 2022) Οι διάφορες εφαρμογές θα αναλυθούν και στην συνέχεια.

## 2.2 Ιστορική αναδρομή

Θα μπορούσαμε να πιάσουμε αυτό το νήμα εξέλιξης από την νοημοσύνη, όπου η νόηση έχει απασχολήσει πολλούς φιλοσόφους από τα αρχαία χρόνια και κατά την εξέλιξη της ανθρωπότητας. Για παράδειγμα, ερωτήματα όπως «ποιες είναι οι βασικές γνωσιακές λειτουργίες ;» , έχουν τεθεί τόσο από τον Αριστοτέλη, όσο και από τον Thomas Hobbes, και στην πορεία εξελίχθηκαν ως «μπορεί να μιμηθεί η νοημοσύνη από ένα υπολογιστικό σύστημα;» ή «μπορεί να αυτοματοποιηθεί η λογική;» και πολλές άλλες. (Flasinski, 2016)

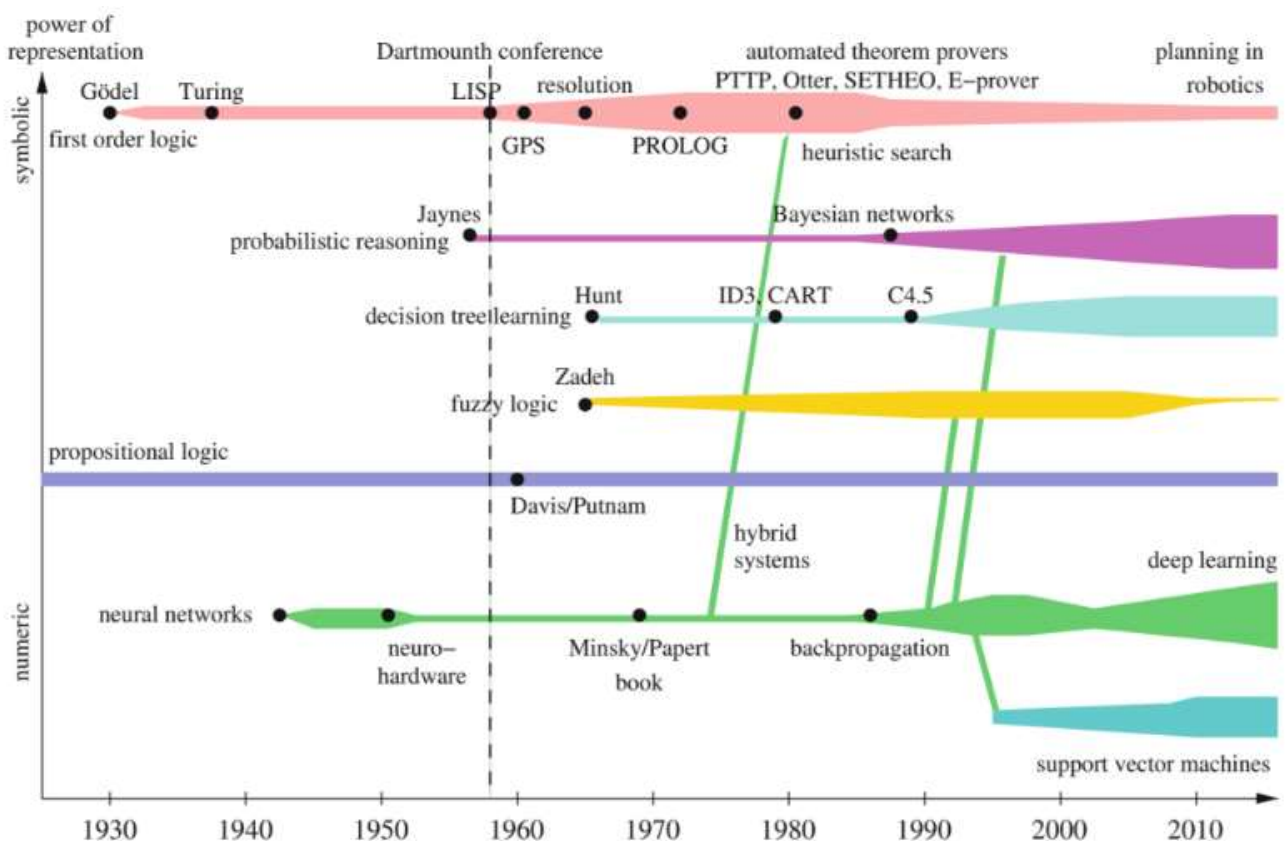
Οι θεωρίες και οι σκέψεις αυτές πήραν σάρκα και οστά σε μια πρώιμη προσπάθεια του πατέρα της ΤΝ, του μαθηματικού Alan Turing, ο οποίος ανέπτυξε μια τεχνολογία ικανή για να σπάσει κωδικοποιήσεις, το Bombe. Αυτή η τεχνολογία διαχειρίστηκε από την Αγγλική κυβέρνηση κατά την διάρκεια του πρώτου Παγκοσμίου Πολέμου, και αποτέλεσε ιδιαίτερα χρήσιμο εργαλείο δίνοντας λύση στον περιβόητο κώδικα Enigma, γεγονός που δεν είχαν καταφέρει ούτε οι καλύτεροι μαθηματικοί που ασχολούνταν εντατικά με αυτό το έργο. Αργότερα, το 1950, ο ίδιος έκδωσε ένα άρθρο με τίτλο “Computing Machinery and Intelligence” στο οποίο παρέθετε το πώς μπορεί να κατασκευαστεί ένα έξυπνο υπολογιστικό σύστημα, αλλά και πως αυτό μπορεί να δοκιμαστεί για την αποδοτικότητά του και το επίπεδο «εξυπνάδας» του. Ουσιαστικά, εάν ένας άνθρωπος αλληλοεπιδρά με έναν άνθρωπο και ένα μηχάνημα και δεν αντιλαμβάνεται διαφορά, τότε αυτό το σύστημα έχει υπολογιστική ευφυΐα.

Ο όρος ΑΙ ουσιαστικά κατοχυρώθηκε ως αυτός που είναι σήμερα λίγα χρόνια αργότερα, το έτος 1956, όταν οι επιστήμονες Marvin Minsky και John McCarthy ήταν οικοδεσπότες σε ένα πρόγραμμα παρουσιάζοντας τα διάφορα ευρήματά τους, στο πανεπιστήμιο Dartmouth, πλαισιώνοντας τα πρώτα βήματα μιας περαιτέρω απερχόμενης ανάπτυξης. Το αντικείμενο αυτής της σύναξης ήταν η συγκέντρωση επιστημόνων διαφόρων κλάδων, προκειμένου να δημιουργηθεί αυτό το ολοκαίνουργιο πεδίο επιστημονικής έρευνας, γεγονός που απέδωσε μελλοντικά, καθότι ακολούθησαν μικρές εξελίξεις. Όλο και περισσότερα εγχειρήματα άρχισαν να εμφανίζονται, εμπνεόμενα από το προαναφερθέν πρόγραμμα παρουσίασης και τις επιτυχημένες ιστορίες που το ακολούθησαν. Η ανοδική αυτή πορεία διακόπτεται το έτος 1973, όπου στην Αμερική εγέρθηκε το ζήτημα της υψηλής επένδυσης πόρων στην έρευνα ΤΝ. Η αρνητική αυτή κριτική προς την κατεύθυνση αυτή ακολούθηθηκε και αντίστοιχα με την Βρετανική Κυβέρνηση να αμφισβητεί το πεδίο της ΤΝ.



Η τροπή αυτή είχε ως αποτέλεσμα την παύση παροχής πόρων και υποστήριξης σε αυτή την ερευνητική οδό, πλην τριών πανεπιστημίων. Παρόμοια κατεύθυνση ακολούθησε και Αμερική στην πανεπιστημιακή έρευνα. Μόνο η Ιαπωνία συνέχισε τις έρευνες στην ΤΝ, μα δεν υπήρχε καμία επιπλέον σημαντική εξέλιξη για αρκετά χρόνια.

Ορισμένα από τα σημαντικότερα ευρήματα είναι η ανάπτυξη νευρωνικών δικτύων, τα οποία αποτελούσαν μια απόπειρα για περαιτέρω κατανόηση των λειτουργιών του εγκεφάλου σε γνωσιακές διαδικασίες το 1969. Τότε βέβαια, ήταν φανερό η έλλειψη των υπολογιστών στην ικανότητα ισχύος να διεκπεραιώσουν λειτουργίες όπως αυτές ενός εγκεφάλου. Τα νευρωνικά δίκτυα επέστρεψαν ισχυρά το έτος 2015 μέσω του Deep Learning όπου η Google κατάφερε μέσω ενός προγράμματος που ανέπτυξε (AlphaGo) να νικήσει το παιχνίδι Go, το οποίο είναι πιο περίπλοκο ακόμη και από το σκάκι, ανατρέποντας την πεποίθηση πως καμία μηχανή δεν θα μπορούσε να νικήσει άνθρωπο σε αυτή την δοκιμασία. Αυτές οι μέθοδοι που αναφέρθηκαν, σήμερα βρίσκονται κάτω από την ομπρέλα της ΤΝ, όπως θα συζητηθεί και παρακάτω σε αυτή την ενότητα. (Haenlein & Kaplan, 2019)



Εικόνα 6 Ιστορική εξέλιξη διαφόρων πεδίων της ΤΝ, των κύριων εμπνευστών και την συχνότητα χρήσης. Πηγή: (Ertel, 2017)

### 2.3 Συστατικά στοιχεία της TN

Τα βασικά στοιχεία που απαρτίζουν και χαρακτηρίζουν την TN είναι τα εξής ακόλουθα (Kumar, 2017):

- Μάθηση. Η διαδικασία της μάθησης και την εμφύτευσης νέων δεδομένων είναι πυρηνική λειτουργία της TN, όπως και της ανθρώπινης νοημοσύνης σε αντιστοιχία. Η διαδικασία αυτή μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους ανά κατηγορία. Δηλαδή, στις πιο αδύναμες μορφές TN η μάθηση μπορεί να γίνει και με εντολές if-else, μεταξύ κανόνων και διάφορων μεταβλητών. Στην περίπτωση του ML ως τεχνική, οι δυνατότητες είναι λιγότερο περιορισμένες. Τουναντίον, έχουν αναπτυχθεί και διαφορετικές μορφές εξειδικευμένης μάθησης, όπως η εποπτευόμενη, η μη εποπτευόμενη και η ενισχυμένη μάθηση (supervised, unsupervised και reinforcement αντίστοιχα). Στην πρώτη περίπτωση SL συναντώνται οι έννοιες της παλινδρόμησης (στατιστική μέθοδος) και της ταξινόμησης. Τα δεδομένα δίνονται εξ αρχής και οι αλγόριθμοι επιστρέφουν αποτελέσματα. Στην δεύτερη περίπτωση της UL, δεν υπάρχουν αρχικά δεδομένα που θα αποτελούν ως βάση ώστε όταν δοθούν μετρήσεις να εξαχθεί αποτέλεσμα. Η κύρια μέθοδος είναι η ομαδοποίηση – clustering- κατά την οποία τίθενται κάποιες αρχικές παράμετροι και στην συνέχεια οι αλγόριθμοι καλούνται να κάνουν ομαδοποίηση δεδομένων με βάση συσχετίσεις που μπορεί να έχουν. Τέλος, κατά την RL τα αποτελέσματα εξόδου μπορούν να αλλάξουν και να διαμορφωθούν αναλόγως με τα διαφορετικά δεδομένα εισόδου. Πιο συγκεκριμένα, μέσω από μια διαδικασία επικύρωσης ή ακύρωσης, οι αλγόριθμοι σταδιακά θα φτάσουν στο σημείο να προσαρμόζονται και να εξάγουν τα βέλτιστα αποτελέσματα. Η διαδικασία αυτή μοιάζει αρκετά με την γνωσιακή λειτουργία ενός παιδιού που μαθαίνει να περπατάει, όπου κάθε απόπειρα στέλνει τα αντίστοιχα σήματα μέχρι η λειτουργία της βάδισης να τελειοποιηθεί.
- Αίσθηση. Σε αυτή την περίπτωση οι πληροφορίες συλλέγονται από αισθητήρες, και μπορεί να είναι δεδομένα οπτικά, ομιλία, αναγνώριση προσώπων, θερμοκρασία κ.α.. Σε αντίθεση με τις παλιότερες μεθόδους εισαγωγής δεδομένων που αυτά περιορίζονταν σε εισαγωγή μέσω του πληκτρολογίου, αυτή η μέθοδος δίνει μια διαφορετική ευελιξία που είναι απαραίτητη στην σύγχρονη εποχή για διάφορους κλάδους. Παράδειγμα, μια εταιρεία μπορεί να προσαρμόσει τις πολιτικές συντήρησης



μέσω TN, η οποία συλλέγει τα απαραίτητα δεδομένα και προχωρά σε διαδικασίες ή ειδοποιεί εγκαίρως για τυχόν ζητήματα.

- **Ενέργεια.** Σε ορισμένες περιπτώσεις τα αποτελέσματα επεξεργασίας δεδομένων μπορεί να είναι ρυθμισμένα έτσι ώστε να ακολουθήσει μια σειρά ενεργειών, είτε ψηφιακά είτε με φυσική πράξη, όπως στην περίπτωση ρομποτικών κατασκευών.
- **Λογική και επίλυση προβλημάτων.** Ένα ακόμη πυρηνικό στοιχείο που αναμένεται από συστήματα TN είναι η ικανότητα να δημιουργήσουν ακολουθίες και βήματα επίλυσης ενός προβλήματος ή μιας συνθήκης που έχει δοθεί. Προφανώς δεν αποτελεί μεμονωμένη πρακτική, καθώς χρειάζεται έναν συνδυασμό πολλές φορές για να είναι αποδοτική αυτή η διαδικασία. Προφανώς η TN είναι κατά πολύ περιορισμένη σε σχέση με την ανθρώπινη νόηση σε αυτό το κομμάτι, καθότι η δεύτερη διαθέτει διάφορους μηχανισμούς επίλυσης προβλημάτων, όπως προηγούμενες εμπειρίες, διαίσθηση κ.α. Έτσι, και στην TN επιστρατεύονται μέσα όπως στατιστικές προσεγγίσεις, μάθηση κ.α.
- **Ερμηνευτική.** Ακόμη ένα πυρηνικό στοιχείο της TN είναι η κατανόηση και η ερμηνευτική ικανότητα της ανθρώπινης γλώσσας. Αυτό γίνεται μέσω σημασιολογικών ευρετηρίων. Βέβαια, κάθε περίπτωση είναι διαφορετική στο βαθμό κατανόησης του γραπτού και του προφορικού λόγου, πράγμα που εξαρτάται από τον βαθμό εκπαίδευσης, την ταχύτητα επεξεργασίας, την χωρητικότητα κ.α.. Μια βασική τεχνική που έχει αναπτυχθεί είναι η NLP που αναφέρεται και στην συνέχεια.
- **Προγραμματισμός.** Ο προγραμματισμός και ο σχεδιασμός των επόμενων βημάτων είναι ένα επιπλέον καίριο χαρακτηριστικό. Συνεπώς, χρειάζεται η σωστή διαχείριση προκειμένου να μεγιστοποιηθούν τα οφέλη του αυτοματισμού και της καλύτερης χρήσης των διαθέσιμων πόρων. Κατ' αυτό τον τρόπο, κερδίζεται πολύτιμος χρόνος καθώς ένα σύστημα TN πραγματοποιεί τις διαδικασίες που του έχουν ανατεθεί και ειδοποιεί τον χρήστη όταν αυτό είναι απαραίτητο.

## 2.4 Πεδία μελέτης TN

Διάφορα επιστημονικά πεδία εκδηλώνουν ενδιαφέρον για αυτή την τεχνολογία, ενώ ταυτόχρονα πολλά επιστημονικά πεδία συμμετέχουν στην περεταίρω ανάπτυξή της. Ο (Kumar, 2017), διαχωρίζοντάς τα σε δύο βασικές υποκατηγορίες, αναφέρεται σε αυτές ως βιολογικού και μη βιολογικού ενδιαφέροντος. Συγκεκριμένα, στην πρώτη περίπτωση είναι η

επιστήμη των υπολογιστών, τα μαθηματικά, οι κοινωνικές επιστήμες, ενώ στην δεύτερη βρίσκεται η γλωσσολογία, η φιλοσοφία, η νευροεπιστήμη και η γνωσιακή επιστήμη. Η δεύτερη κατηγορία προσφέρει δυνατά AI, σχετικά με την πρώτη.

### *Διαφορετική κατηγοριοποίηση TN*

Με βάση τις διαθέσιμες λειτουργίες υπάρχουν και οι αντίστοιχοι διαχωρισμοί. (Marr, 2021)

- **Reactive AI.** Αποτελεί την απλούστερη μορφή TN, κατά την οποία τα αποτελέσματα είναι προβλέψιμα και παραμένουν τα ίδια όσες φορές και αν εκτελεστεί η διαδικασία. Παραδείγματα εφαρμογών είναι το Deep Blue, ο αλγόριθμος που νίκησε στο σκάκι τον παγκόσμιο πρωταθλητή και ο αλγόριθμος για προτεινόμενες επιλογές σε συνδρομητικές πλατφόρμες όπως το Netflix.
- **Limited Memory AI.** Αποτελεί την πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη μορφή, καθώς πρόκειται για συστήματα που μπορούν να συνθέσουν πληροφορίες έπειτα από παρατήρηση και συλλογή, εκτελώντας πολύπλοκες λειτουργίες, ενώ μαθαίνουν από αυτές. Παράδειγμα, τα οχήματα με αυτόνομη οδήγηση, τα οποία ανιχνεύουν την διαδρομή και προσαρμόζονται προς μια αποτελεσματική οδήγηση.
- **Theory of Mind AI.** Σε αυτή την κατηγορία το ζητούμενο είναι η ύπαρξη TN η οποία διαθέτει πραγματικές ικανότητες λήψης αποφάσεων, ενώ παράλληλα διαθέτει την γνώση των συναισθημάτων. Προφανώς με αυτό εννοείται πως κατανοεί τα συναισθήματα όταν τα συναντά, τα θυμάται και πραγματοποιεί προσαρμογές βάση αυτών, καθώς υπάρχει αλληλεπίδραση με άνθρωπο.
- **Self-aware AI.** Τέλος, σε αυτή την κατηγορία κατατάσσονται τα συστήματα που έχουν κυριότητα του εαυτού τους, παρόμοια με τους ανθρώπους. Αυτό παραπέμπει στην ύπαρξη συναισθημάτων και όχι μόνο στην ανίχνευση αυτών. Τέτοιος τύπος δεν έχει ακόμη αναπτυχθεί λόγω εξαιρετικής δυσκολίας στον σχεδιασμό του λογισμικού, αλλά και την αδυναμία των μηχανημάτων να το υποστηρίξουν.

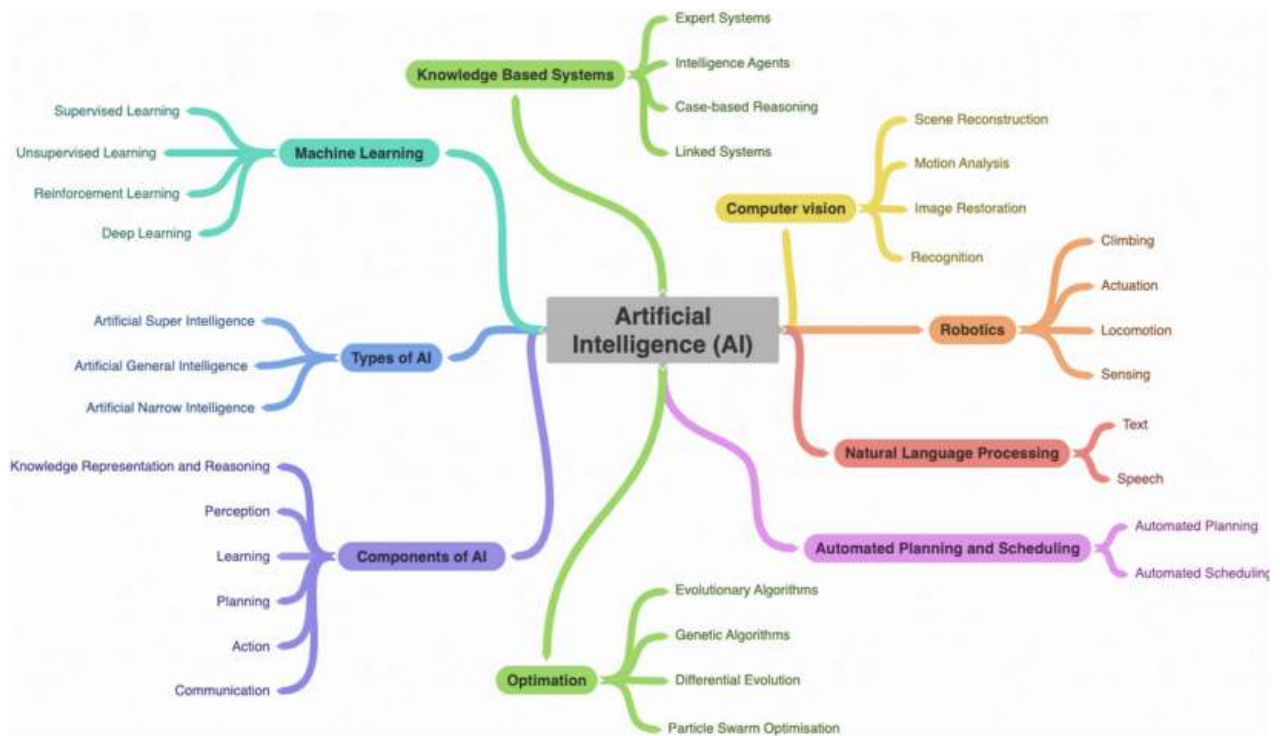
Ο κύριος τρόπος διαχωρισμού της πλειάδας τεχνολογιών και αλγορίθμων TN που έχουν αναπτυχθεί είναι οι δυνατότητες που παρέχονται, ο τρόπος λειτουργίας και η εφαρμογή. Ωστόσο, ακόμη ένας τρόπος κατηγοριοποίησης είναι η δυναμική ενός συστήματος. Πιο συγκεκριμένα, είναι η απλή, γνωστή ως Weak AI με επίσημη ορολογία την Artificial Narrow Intelligence, που εκτελεί συγκεκριμένα έργα με προηγούμενο σαφή προγραμματισμό, πιο

μηχανικό. Επόμενη εξέλιξη είναι η δυνατή TN, γνωστή ως strong AI με ορολογία Artificial General Intelligence, ικανή να πραγματοποιήσει κατά πολύ πιο περίπλοκα έργα από την προηγούμενη, κατέχοντας ένα επίπεδο νοημοσύνης παρόμοιο του ανθρώπου. Τέλος, η υπερεξελιγμένη TN, γνωστή ως Artificial Super Intelligence η οποία αποτελεί ακόμη στοιχείο επιστημονικής φαντασίας και παραπέμπει σε μηχανές και αλγορίθμους που διαθέτουν νοημοσύνη ανώτερη από αυτή του ανθρώπου. (Bostrom, 2006)

### *Υποκατηγορίες TN*

Ορισμένα από τα βασικά υποπεδία που έχουν αναπτυχθεί είναι :

- Machine learning (μηχανική μάθηση) , κατά την οποία ένα σύστημα είναι ικανό να «μάθει» πληροφορίες χωρίς να έχει προγραμματιστεί με αυτές, με την δυνατότητα να εκτελέσει και να επεξεργαστεί δεδομένα προκειμένου να εξάγει αποτελέσματα. Τα δεδομένα αυτά προσφέρονται ή συλλέγονται.
- Neural networks (νευρωνικά δίκτυα), τα οποία έχουν εμπνευστεί και δομηθεί με βάση την νευρολογική αποτύπωση του εγκεφάλου, με το να μιμούνται ορισμένες λειτουργίες του. Ουσιαστικά αποτελούν ένα σύνολο αλγορίθμων οι οποίοι μπορούν να ανιχνεύσουν συσχετίσεις μεταξύ πλειάδας δεδομένων.
- Robotics (ρομποτική), είναι το πεδίο σύγκλισης της μηχανικής και της υπολογιστικής, καθότι ξεπερνούν την άυλη μορφή που μπορεί να έχει ένα σύστημα TN, όντας όχι μόνο λογισμικό ή σύνολο αλγορίθμων.
- Expert systems, τα οποία είναι ικανά να μιμηθούν την διαδικασία λήψης αποφάσεων ενός εμπειρογνώμονα ανθρώπου. Αυτό το γεγονός συμβαίνει έπειτα από άντληση μιας γνωσιακής βάσης και εφαρμογής κανόνων συλλογιστικής .
- Fuzzy Logic ( ασαφής λογική), κατά την οποία προσμετράται ο βαθμός εγκυρότητας μιας υπόθεσης ή η εξέταση δεδομένα αβέβαιων εννοιών.
- Natural language processing (επεξεργασία φυσικής γλώσσας), η οποία βοηθά την επικοινωνία ανθρώπου και υπολογιστή. Η NLP μπορεί να κατανοήσει την ανθρώπινη γλώσσα, τόσο σε γραπτή όσο και προφορική μορφή και να εξάγει αποτελέσματα από τις πληροφορίες που συλλέγει. Πολλές βιβλιοθήκες για την μέθοδο αυτή έχουν δημιουργηθεί ώστε να λειτουργήσουν βοηθητικά προς τους προγραμματιστές. (Tyagi, 2020)



Εικόνα 7 Στοιχεία, τύποι και υποκατηγορίες ΤΝ. Πηγή: (Regona et al, 2022)

## 2.5 Εφαρμογές ΤΝ σε διαφορετικά πεδία

Όπως έγινε κατανοητό, η ΤΝ συναντάται σε πολλά διαφορετικά πεδία με πλειάδα εφαρμογών και εργαλείων, διαφορετική δυναμική και ισχύ, με σκοπό την διευκόλυνση λειτουργιών που θα πραγματοποιούνταν λιγότερο αποδοτικά και γρήγορα. Για την κατανόηση της πολυπλοκότητας και της χρηστικότητας της ΤΝ, ακολουθούν πιο λεπτομερώς τα πεδία εφαρμογής.

Ίντερνετ, ηλεκτρονικό εμπόριο και ηλεκτρονικές υπηρεσίες. Η μηχανή αναζήτησης, όπως παράδειγμα το Google που αποτελεί την πιο δημοφιλή και ανεπτυγμένη, είναι ουσιαστικά ένα σύστημα λογισμικού το οποίο μας εμφανίζει αποτελέσματα ανάλογα με κάποιες λέξεις – κλειδιά που καταχωρούμε, στον πελώριο κόσμο του ίντερνετ. Όταν κάποιος χρήστης εισάγει ένα αίτημα σε μία μηχανή αναζήτησης που ανταποκρίνεται στον παγκόσμιο ιστό, αλγόριθμοι ΤΝ κατηγοριοποιούν τις ταιριαστές επιλογές αυτού με βάση την σχετικότητα. Τα αποτελέσματα αυτά εμφανίζονται στον χρήστη με βάση αυτή την επεξεργασία πληροφοριών. (Brin & Page, 1998)

Τα συστήματα συστάσεων είναι ένα ακόμη σημείο εφαρμογής, το οποίο κατηγοριοποιεί τις προτιμήσεις των χρηστών σε μια πλατφόρμα σχετικά με προηγούμενες προτιμήσεις ή συστήματα βαθμολογίας, προκειμένου να προταθούν αυτόματα σχετικά και εξατομικευμένα με προηγούμενες αναζητήσεις, αποτελέσματα. Παράδειγμα, αυτό συναντάται από τις διαδικτυακές πλατφόρμες τηλεοπτικού περιεχομένου, όπως το Netflix και το Amazon ως ηλεκτρονικό εμπόριο αγαθών, το οποίο σύμφωνα με προηγούμενες αγορές ή αγορές και προτιμήσεις άλλων χρηστών, προτείνει αντίστοιχο περιεχόμενο, τις προτάσεις για εστιατόρια μέσω εφαρμογών βάση κριτικών και προηγούμενων επισκέψεων, και πολλά άλλα. (Ricci et al, 2022)

Στα μέσα κοινωνικής δικτύωσης που υπάρχει καθημερινά τροφοδότηση από πολλαπλές πηγές η TN προχωρά σε αναλύσεις με βάση την αλληλεπίδραση του χρήστη προκειμένου να του παρέχει σχετικό περιεχόμενο που θα απολαμβάνει και σχετικές διαφημίσεις, ενώ φιλτράρει περιεχόμενο το οποίο δεν είναι αρεστό. Εάν δεν υπήρχαν αυτές οι κατηγοριοποιήσεις, η τροφοδότηση στην αρχική σελίδα του χρήστη θα ήταν ανεξέλεγκτη τόσο σε επίπεδο γλώσσας, όσο και πηγής και αρεσκείας, οπότε αυτό πολύ πιθανόν να τον απέτρεπε από περαιτέρω χρήση. Τέλος, οι αλγόριθμοι αυτοί συνεισφέρουν και στην καταπολέμηση ψευδών ειδήσεων και προσβλητικού από την κοινότητα περιεχομένου. (Kelly, 2022) Επεκτείνοντας το ζήτημα των διαφημίσεων, αυτές υπάρχουν γύρω μας με διάφορες μορφές, από στάσεις του μετρό, στην τηλεόραση μεταξύ της ροής των προγραμμάτων και φυσικά διαδικτυακά, όχι αποκλειστικά στα μέσα κοινωνικής δικτύωσης. Η στοχευμένη διαφήμιση, δηλαδή η επιλογή του κοινού που είναι πιο πιθανό να αγοράσει ένα προϊόν ή μια υπηρεσία με βάση προτιμήσεις και δημογραφικά στοιχεία, είναι μια διαδικασία που απασχολεί τους ειδικούς μάρκετινγκ και πραγματοποιείται επίσης αποδοτικά μέσω εργαλείων της TN. Ένας τέτοιος σχεδιασμένος αλγόριθμος μπορεί να αξιοποιήσει τις πληροφορίες που έχουν συλλεχθεί έπειτα από συναίνεση του χρήστη και από άλλες πλατφόρμες, ώστε να συνδέσει τον χρήστη με βάση τα γούστα του και την οικονομική του ευχέρεια πολλές φορές, με την παγκόσμια αγορά. Με την μέθοδο του ML επίσης, αυτός ο αλγόριθμος προτιμήσεων γίνεται όλο και πιο αποδοτικός καθώς ο χρήστης πραγματοποιεί αναζητήσεις ή αγορές μέσω διαδικτύου. (Haleem et al, 2022)

Ο ψηφιακός βοηθός είναι ουσιαστικά ένας αυτόματος γραμματέας με περιορισμένες αλλά αρκετές ικανότητες που μπορεί να χρησιμοποιηθεί με αρκετούς τρόπους, οι οποίοι συνοψίζονται στην παρακάτω εικόνα. Οι δυνατότητες ποικίλουν και μπορεί να είναι μια απλή αναζήτηση στο ίντερνετ, η κράτηση σε ένα εστιατόριο, η έναρξη μιας ηλεκτρικής

συσκευής σε ένα έξυπνο σίτι, μέχρι και η ειδοποίηση σημαντικών συμβάντων. (Botelho, 2022)

CHATBOT	CONVERSATIONAL AGENT	PERSONAL OR VIRTUAL ASSISTANT
Operates on a single-turn exchange basis <b>EXAMPLE</b> A user asks, "Ok, Google, what's the tallest mountain in the world?"	Engages user in conversation to understand the nature of the problem  A conversational agent is trained to ask a set of questions that can pinpoint the problem and potentially solve it <b>EXAMPLE</b> A customer states, "I'm having a problem with my car's GPS."	Exhibits its own personality and is uniquely associated with an individual user, similar to a human personal assistant  Retains information associated with the user to provide contextualized answers  Answers improve over time as virtual assistant learns more about the user. <b>EXAMPLES</b> Can remind a user of meetings, check flight information and manage to-do lists

Εικόνα 8 Διαφορετικά είδη ψηφιακών βοηθών. Πηγή: (Botelho, 2022)

Άλλη μια χρησιμότητα αλγορίθμων ΤΝ συναντάται στην αναγνώριση και ταυτοποίηση προσώπων. Πρόκειται για μια βιομετρική τεχνολογία που χρησιμοποιεί δεδομένα και πρότυπα σύγκλισης που αντλεί από βάσεις δεδομένων, προκειμένου να ταυτοποιήσει κάποιον με βάση τα χαρακτηριστικά του προσώπου του. Η χρησιμότητα της αναγνώρισης προσώπου συναντάται σε διάφορους τομείς. Παράδειγμα, ορισμένες κινητές συσκευές αναγνωρίζουν τον χρήστη που έχει καταχωρήσει τα δεδομένα αυτά προκειμένου να ξεκλειδώσουν, για την ευκολία πληρωμών όπου ένα πρόσωπο έχει συνδεθεί με τα τραπεζικά του στοιχεία, σε πρόσβαση σε περιορισμένης πρόσβασης χώρου, ή σε γενικότερα συστήματα ασφαλείας. Η ΤΝ έχει πολύ μεγάλο ποσοστό επιτυχίας σε αυτό το πεδίο, καθώς ένα ανθρώπινο πρόσωπο έχει πάρα πολλά χαρακτηριστικά και λεπτομέρειες, τα οποία διασταυρώνονται επιτυχώς με τα δεδομένα. (Liu et al, 2021)

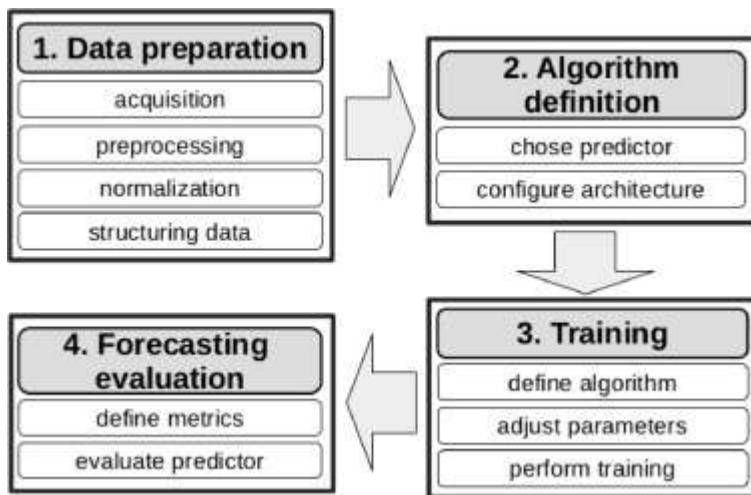
Η περίπτωση της διασκέδασης και ειδικότερα μέσω παιχνιδιών και βιντεοπαιχνιδιών, αποτελεί από τις πιο μακροχρόνιες μελέτες στην ιστορία της έρευνας για την ΤΝ. Εκτός από το στοιχείο της διασκέδασης, διάφοροι αλγόριθμοι δοκιμάζονται για την απόδοσή τους μέσω παιχνιδιών και παρόμοιων δοκιμασιών. Παράδειγμα, αναπτύσσοντας έναν αλγόριθμο ΤΝ για αυτό οδηγούμενα οχήματα, είναι ευκολότερο και πιο αποδοτικό οι δοκιμές να γίνουν μέσω

ελεγχόμενου περιβάλλοντος εντός βιντεοπαιχνιδιού, παρά να ενσωματωθούν σε πραγματικές συνθήκες εντός οχήματος και να δοκιμαστεί απευθείας οδικά. Έτσι, το testing μπορεί να γίνει ασφαλέστερα, με περισσότερες επαναλήψεις, χωρίς υλικές και άλλου είδους απώλειες προκειμένου οι ερευνητές να ανιχνεύσουν τυχόν αδυναμίες, βελτιώνοντας την ποιότητα ωσότου να είναι ικανοποιημένοι από το αποτέλεσμα. Η βέλτιστη υπολογιστική ικανότητα και η μάθηση μέσω παιχνιδιών έχει ως αποτέλεσμα ισχυρότερα AI. Το έτος 1997 το AI “Deep Blue” νίκησε τον παγκόσμιο πρωταθλητή σκακιού, ενώ λίγα χρόνια αργότερα το “AlphaGo” νίκησε ορισμένους παίκτες με τις υψηλότερες βαθμολογίες σε ένα πιο περίπλοκο κινέζικο παιχνίδι, το Go. Αυτά τα ορόσημα κάνουν εμφανή την ισχύ που έχουν οι μέθοδοι ML της εποπτευόμενης μάθησης, της ενισχυμένης, του deep learning και των νευρωνικών δικτύων. AI σχεδιάστηκαν αργότερα τα οποία μπορούσαν να νικήσουν κλασικά παιχνίδια του Atari 2600, καταγράφοντας ταχύτητες μεγαλύτερες από κάθε άλλον άνθρωπο στο παρελθόν. Βασική προϋπόθεση βέβαια αποτελεί η ύπαρξη ισχυρού επεξεργαστή, πολλές φορές και χρήση πολλαπλών τέτοιων μηχανημάτων. Ωστόσο, κάποια χρόνια αργότερα, φτάνοντας στο κοντινό παρόν, το “OpenAI” που έχει αναπτυχθεί από την ομάδα της Dota 2, ένα πασίγνωστο βιντεοπαιχνίδι πολλαπλών παικτών, αποτελείται από κάποια bots τα οποία μέσω ενισχυμένης μάθησης μπορούν να παίζουν μεταξύ τους για να εκπαιδευτούν. Τα bots αυτά ήταν ικανά να νικήσουν σε αναμέτρηση ενός εναντίον (1v1) ενός επαγγελματίες στον χώρο αυτό. Το επόμενο βήμα ήταν η επικράτηση εναντίον ομάδων 5v5. Αυτές οι επιτεύξεις από τότε που ξεκίνησε η έρευνα για βέλτιστη TN είναι ιδιαίτερα σημαντικές και δίνουν ελπίδες για την επίτευξη όλο και περισσότερων στόχων στην ποιότητα των αλγορίθμων και φυσικά στα οφέλη που έχουμε από αυτές τις επιτεύξεις.

Στον τομέα της ασφάλειας, cyber security, η TN έχει επίσης πολλές εφαρμογές. Τα εργαλεία που συναντώνται είναι κυρίως αλγόριθμοι ML και deep learning για την εφαρμογή κατηγοριοποίησης καθώς και την έξυπνη ανίχνευση εισερχόμενων απειλών. Επιπλέον, τα συστήματα αυτά σχεδιάζονται για άμυνα και προστασία έναντι αντίπαλων συστημάτων TN. Τα συστήματα DL που ανταγωνίζονται με άλλα συστήματα στον κυβερνοχώρο μπορούν απευθείας να ανιχνεύσουν κακόβουλο λογισμικό από την ροή εκατοντάδων δεδομένων σε ένα σύστημα android με διαφορετικές μεθόδους που έχουν αναπτυχθεί. (Li, 2018)

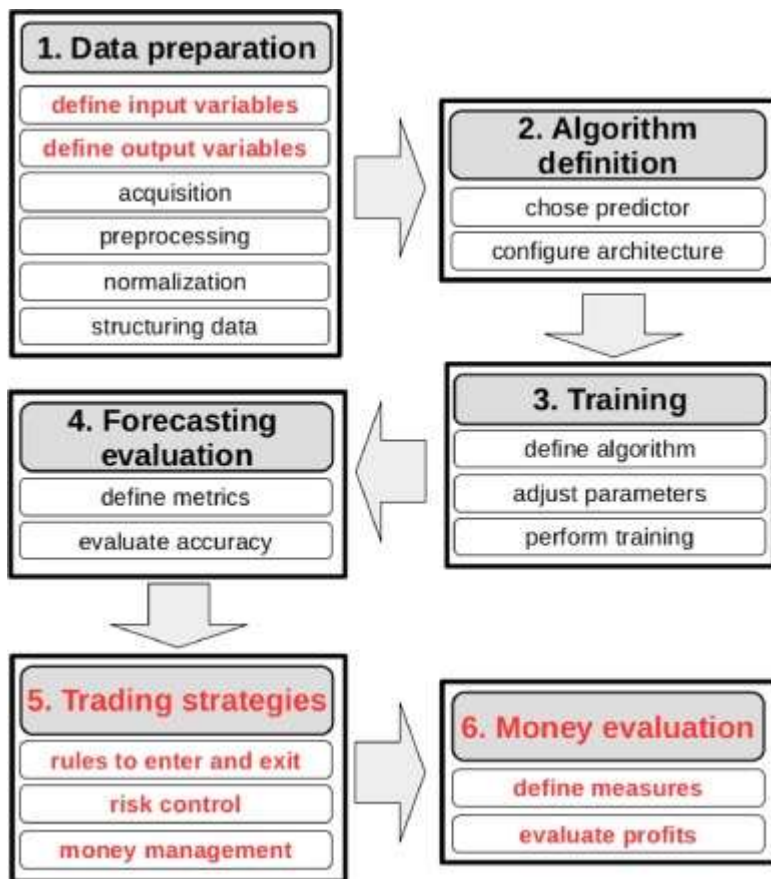
Το πεδίο των οικονομικών είναι επιπλέον ένα πεδίο που επιτυχώς χρησιμοποιεί τεχνολογίες TN. Μια από τις σπουδαιότερες εφαρμογές είναι η πρόβλεψη. Η παραδοσιακή στατιστική ανάλυση προσφέρει γραμμικές συσχετίσεις των διαθέσιμων δεδομένων, ενώ συστήματα TN είναι ικανά να ανιχνεύσουν μη γραμμικές συσχετίσεις μεταξύ σχετικών

παραγόντων χωρίς γνώση των προηγούμενων δεδομένων ή προηγούμενες υποθέσεις. Αυτό θεωρείται ένα επιθυμητό πλεονέκτημα στον κόσμο των οικονομικών. Άλλη μια επίτευξη ήταν η εξόρυξη δεδομένων, data mining, από πολλαπλές πηγές (χρηματοοικονομικά νέα, διαδικτυακοί ιστότοποι σχετικού περιεχομένου, επίσημες αναφορές και καταγραφές, κ.α.) προκειμένου να συναχθεί μια εικόνα προκειμένου να δημιουργηθούν προβλέψεις για την μελλοντική συμπεριφορά της αγοράς. Τέλος, οι έξυπνες συναλλαγές είναι ακόμη μια πτυχή που συναντώνται συστήματα ΤΝ, παρότι δεν έχει δοθεί επιστημονική βαρύτητα μέσω έρευνας, λόγω κολλημάτων των πνευματικών δικαιωμάτων και δυσκολίας διαμοιρασμού ιδεών. Τα λειτουργικά βήματα φαίνονται στην παρακάτω εικόνα και είναι η προετοιμασία των δεδομένων, ο προσδιορισμός, η εκπαίδευση και η εκτίμηση των προβλέψεων. Στην μεθοδολογία της οικονομικής πρόβλεψης προστίθενται δύο ακόμη πτυχές που φαίνονται και στην εικόνα, καθώς αποτελούν σημαντικές παραμέτρους διαπραγματεύσεων στην παγκόσμια αγορά σε πραγματικό χρόνο και την πραγματική δημιουργία κέρδους σε πραγματικές συνθήκες, αντίστοιχα. (Cavalcante et al, 2016)



Εικόνα 9 Σύνοψη των κύριων βημάτων της μεθοδολογίας πρόβλεψης. Πηγή: (Cavalcante et al, 2016)



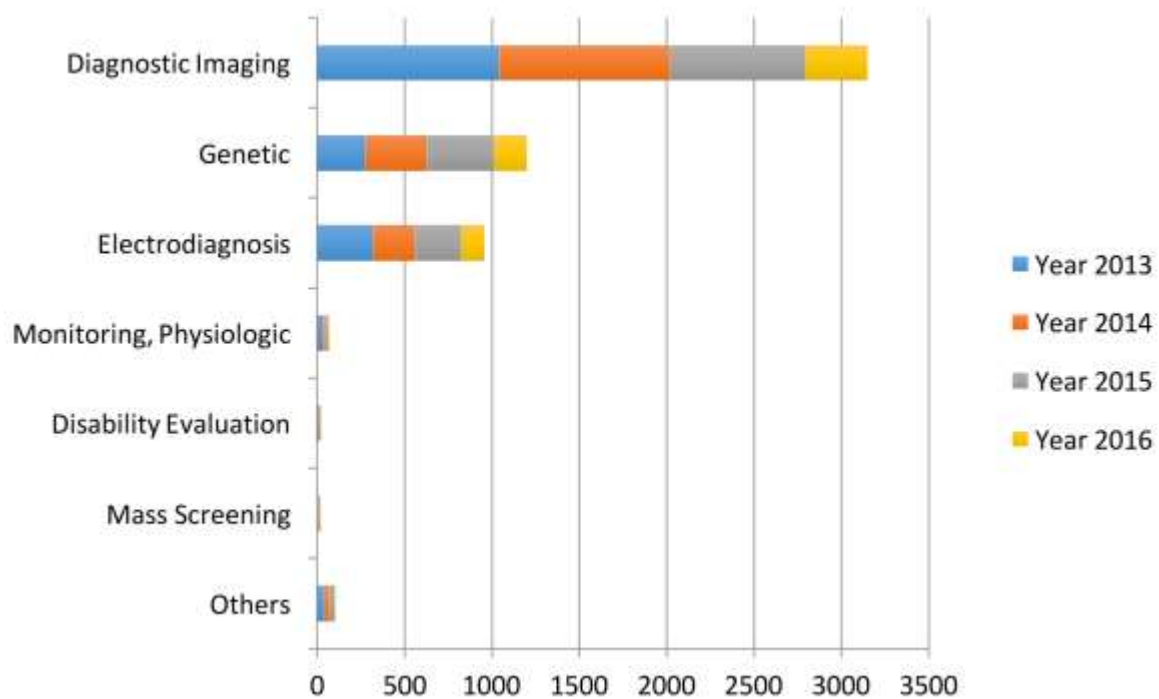


Εικόνα 10 Σύνοψη του οικονομικού πλαισίου συναλλαγών και προβλέψεων. Πηγή: (Cavalcante et al, 2016)

Οι τράπεζες και τα χρηματοοικονομικά ιδρύματα επίσης χρησιμοποιούν συστήματα TN με διάφορους τρόπους, ενώ επίσης καταγράφουν μακροπρόθεσμη χρήση τέτοιων συστημάτων προς ανίχνευση ασυνήθιστων συναλλαγών ή μη εξουσιοδοτημένες χρήσεις πιστωτικών καρτών. (CHRISTY, 1990) Ο έλεγχος στο ξέπλυμα μαύρου χρήματος και αντίστοιχων παράνομων συναλλαγών έχει εξίσου σπουδαιότητα, καθώς αυτές οι δραστηριότητες αποτελούν παγκόσμια δοκιμασία. Η TN στις επενδυτικές τράπεζες συναντάται ως εξής: στην εκτίμηση του ρίσκου (μέσω όγκου περίπλοκων δεδομένων), διαμόρφωση του υποβάθρου ( με προσαρμοστικότητα ανάλογα το μεταβαλλόμενο οικονομικό περιβάλλον), επιπρόσθετη αξία, καθώς η μετάβαση σε αυτοματοποιημένες διαδικασίες κάνει τις επαναλαμβανόμενες λειτουργίες ταχύτερες και πιο ακριβείς, συνοχή στις διαδικασίες και λήψη αποφάσεων για την ελαχιστοποίηση των σφαλμάτων και καλύτερη απόδοση. (Vedapradha& Hariharan, 2018)

Ένα εξίσου μεγάλο κεφάλαιο στην εξέλιξη και την χρήση συστημάτων TN είναι η υγεία. Πολλοί ιατρικοί κλάδοι, μεταξύ των οποίων η νευρολογία, η ογκολογία, η καρδιολογία και πολλοί άλλοι, έχουν εντάξει εργαλεία διαχείρισης δεδομένων όπως ML, DL, neural networks και NLP. Ο άξονας των δεδομένων, σε θέμα διάγνωσης και ιστορικού,

βρισκόταν σε μορφή αρχείων ή ηλεκτρονικών καταχωρήσεων ως κλινικά δεδομένα. Πλέον, στο ζήτημα της διάγνωσης η βιβλιογραφία είναι πλούσια με μεθόδους TN που μπορούν να ανιχνεύσουν ανωμαλίες και να βρουν τεκμήρια ασθένειας. Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται η κατανομή των δεδομένων ανάλογα με τον σκοπό που συναντώνται στην βιβλιογραφία TN. (Jiang et al, 2017)



Εικόνα 11 Μορφές δεδομένων στην βιβλιογραφία TN και υγείας. Πηγή: (Jiang et al, 2017)

Οι εφαρμογές μεθόδων TN που συναντώνται τόσο στην ιατρική έρευνα όσο και στην κλινική πρακτική, είναι οι ακόλουθοι:

- Στην βιοιατρική έρευνα με αυτοματοποιημένα πειράματα, συλλογή δεδομένων, γενετικές λειτουργίες, προσομοιώσεις, εξόρυξη πληροφοριών και της βιβλιογραφίας μέσω της τεχνικής mining, κ.α. .
- Στην έρευνα μετάβασης από το εργαστήριο σε πραγματικές συνθήκες σε ευρήματα βιοδεικτών και φαρμάκων, την εξέλιξη φαρμακευτικών ουσιών, την τοξικότητα σκευασμάτων, ανίχνευση γενετικών παραλλαγών, κ.α. .
- Στην κλινική φάση στην διάγνωση, στην ερμηνεία των γονιδιωμάτων, την επιλογή καταλληλότερης θεραπείας, την παρακολούθηση του ασθενή, τις ρομποτικές επεμβάσεις κ.α. .

Συγκεκριμένα, η διάγνωση με βάση την απεικόνιση αποτελεί ίσως την πιο επιτυχημένη εφαρμογή που συναντάται σε πολλές ειδικότητες. Παράδειγμα, στην ραδιολογία οι

απεικονίσεις μέσω ακτινογραφιών και ακτινών X, μαγνητικών τομογραφιών κ.α. ένα σύστημα μπορεί να ανιχνεύσει την ασθένεια αλλά και να αποτυπώσει την τροχιά αυτής. Παρομοίως και στην οφθαλμολογία μέσω μη επεμβατικές λήψεις φωτογραφιών του θόλου των ματιών, μπορούν να αποτραπούν πολλές σοβαρές ασθένειες. Η ανίχνευση μιας κατάστασης σε πρώιμα στάδια είναι πολύ σημαντική για τον ασθενή, καθώς μπορεί να λάβει μέτρα ή κατάλληλη θεραπεία αποτρέποντας πολλές φορές μια μη αναστρέψιμη επιδείνωση. Ως εκ τούτου, έχουν αναπτυχθεί φορητά συστήματα τα οποία μέσω αισθητήρων συλλέγουν πληροφορίες τις οποίες τις αξιοποιούν για να παρακολουθήσουν τυχόν αλλαγές και ανωμαλίες, ή ακόμη και να προειδοποιήσουν για την επιδείνωση σε πιο σοβαρές ασθένειες, όπως το Parkinson. Τέλος, η ρομποτική αποτελεί μια υποβοηθούμενη ή αυτόματη διαδικασία εγχείρησης κάποιου ασθενή. Με την συνεχώς αναπτυσσόμενη τεχνολογία ρομποτικής, με κατάλληλο προγραμματισμό και εικονική καθοδήγηση όλο και περισσότερες τέτοιες μέθοδοι ενσωματώνονται στην σύγχρονη χειρουργική. (Yu, 2018)

Η εφαρμοσμένη TN εμφανίζεται και σε στρατιωτικές χρήσεις, κυριότερα σε θέματα επικοινωνίας, ελέγχου, συντονισμού των δυνάμεων, συλλογή και ανταλλαγή δεδομένων, διαχείριση πόρων και αποθεμάτων, ανίχνευση κινδύνου, αλλά και επιθετικά με οπικά συστήματα ικανά να ανιχνεύσουν στόχους. Οι κυριότερες μέθοδοι που συναντώνται σε στρατιωτικές εφαρμογές είναι ML, machine reasoning και ρομποτική. (Slyusar, 2019)

Στον τομέα της βιομηχανίας πολλαπλές μέθοδοι TN παρουσιάζουν μια πλούσια γκάμα εφαρμογών, αναλόγως με τον τομέα χρησιμότητας. Από την διαχείριση των αποθεμάτων και την μείωση λειτουργικών κοστών, την βέλτιστη συντήρηση των μηχανημάτων και του χώρου εργασιών, μέχρι και τον ποιοτικό έλεγχο των προϊόντων. Εκτενέστερα θα συζητηθεί σε επόμενη ενότητα.

Η μετακίνηση και η TN με την πάροδο του χρόνου έχουν όλο και περισσότερα σημεία σύγκλισης, καθότι η αυτόματη οδήγηση ενός οχήματος είναι ένα στοιχείο που πολλές εταιρείες επιθυμούν να αναπτύξουν. Αλγόριθμοι TN φέρνουν επανάσταση στην σύγχρονη αυτοκινητοβιομηχανία με οχήματα αυτόνομης οδήγησης με την βοήθεια ML, DL, neural networks και fuzzy logic. Εφόσον υποβληθούν σε αυστηρά επαναλαμβανόμενα τεστ για την λειτουργική ασφάλεια και την αποδοτικότητά τους, μπορούν να ενσωματωθούν σε σύγχρονα συστήματα. (Frtunikj, 2018) Ωστόσο, άλλες εφαρμογές υποβοήθησης στην οδήγηση προσθέτουν στην σύνθεση μιας ασφαλούς οδήγησης. Τέλος, στον τομέα της μετακίνησης η TN βρίσκει εφαρμογές και εκτός του οχήματος, στην διαχείριση των φωτεινών σηματοδοτών

για την πρόβλεψη σε ώρες αιχμής και την εναλλαγή μεταξύ χρωμάτων σήμανσης, διάφορες λειτουργίες στα μέσα μαζικής μεταφοράς, στην ασφάλεια των οδικών δικτύων, την διαχείριση της κίνησης και πολλές άλλες εφαρμογές. (Rosenbloom et al, 2012)

Οι τομείς που εξετάστηκαν είναι μερικοί από τους σπουδαιότερους στην χρήση και την περεταίρω ανάπτυξη συστημάτων TN που αποσκοπούν στην βελτιστοποίηση διαφόρων λειτουργιών. Η διαφορετική οπτική απέναντί σε αυτές τις διευκολύνσεις διαφέρει από άτομο σε άτομο, ανάμεσα στα προφανή οφέλη, τα ρίσκα που ορισμένες φορές παραμονεύουν αλλά και την ηθική μίμησης του ανθρώπινου νου.

## 2.6 Ηθική στην TN

Το θέμα της ηθικής στο πεδίο της TN έχει απασχολήσει τόσο κοινωνικά όσο και εργασιακά, για αυτό τον λόγο έχουν δημιουργηθεί διάφοροι οργανισμοί που πραγματεύονται με αυτά τα θέματα και γενικά υπάρχει ως αντικείμενο συζήτησης και έρευνας. Τα βασικά σημεία είναι τα εξής.

- Προκατάληψη και δικαιοσύνη. Σε μια προσπάθεια απαλλαγής από στερεότυπα και προκαταλήψεις σε κοινωνικό επίπεδο, το ερώτημα που δημιουργείται σχετικά με την TN είναι πως πρόκειται να διασφαλιστούν οι διαδικασίες εκπαίδευσης. Πρέπει να αποφευχθεί ο κίνδυνος ενσωμάτωσης μεροληπτικών δεδομένων εξ αρχής προκειμένου να μην διαιωνιστεί, ώστε να υπάρχει δικαιοσύνη και πραγματικότητα στα αποτελέσματα που προκύπτουν.
- Προστασία προσωπικών δεδομένων. Καθώς τα συστήματα μερικές φορές, έπειτα από επιβεβαίωση του χρήστη, αποκτούν πρόσβαση σε ευαίσθητα προσωπικά δεδομένα, εγείρονται δύο τινά. Αφενός ο μόνος τρόπος πρόσβασης πρέπει να είναι συναινετικός, αφετέρου, να μην υπάρχουν ζητήματα διαρροής αυτών είτε από έλλειψη ισχυρής ασφάλειας, είτε από συνειδητή πώληση αυτών.
- Ασφάλεια προς τους ανθρώπους. Είναι προφανές πως τα συστήματα TN πρέπει εξ αρχής να αναπτυχθούν με τέτοιο τρόπο που θα είναι φιλικός και μη επιθετικός με οποιονδήποτε τρόπο για τους ανθρώπους.
- Διαφάνεια. Είναι σημαντικό το ζήτημα υπευθυνότητας και διαφάνειας. Με αυτό εννοείται πως τα αποτελέσματά τους πρέπει να καταγράφονται προκειμένου να

διευκρινιστεί ο τρόπος λειτουργίας τους σε περίπτωση που συμβεί κάποιο λάθος, προκειμένου να υπάρξει ανάληψη ευθύνης.

- Έλεγχος από ανθρώπους. Πρέπει επίσης να διασφαλίζεται η ανθρώπινη αυτονομία με τρόπο που δεν θα υποβαθμίζεται η ποιότητα ενός ανθρώπου.

Σε κοινωνικά ζητήματα, ο φόβος κατακλυσμού των θέσεων εργασίας του ανθρώπινου δυναμικού στα πλαίσια αντικατάστασής του, είναι ένα επιπλέον σημείο διερεύνησης. Το αντίκτυπο της ΤΝ στην εργασία προτείνεται να αντιμετωπιστεί όπως παράδειγμα την μεταστροφή σε διαφορετικές πηγές ενέργειας. Συγκεκριμένα, τα επαγγέλματα ήδη άλλαξαν και στο παρελθόν, απλά οι άνθρωποι αποκτούσαν την αντίστοιχη τεχνογνωσία. Έτσι και τώρα, θα υπάρξει μετατόπιση σε άλλα πεδία ενδιαφέροντος, κάτι που υποτίθεται δεν θα αλλάξει δραματικά την αγορά εργασίας με την εκτόξευση των δεικτών ανεργίας κ.λπ. . (IBM)

## Ενότητα 3 – Παραδείγματα και Εφαρμογές στην βιομηχανία

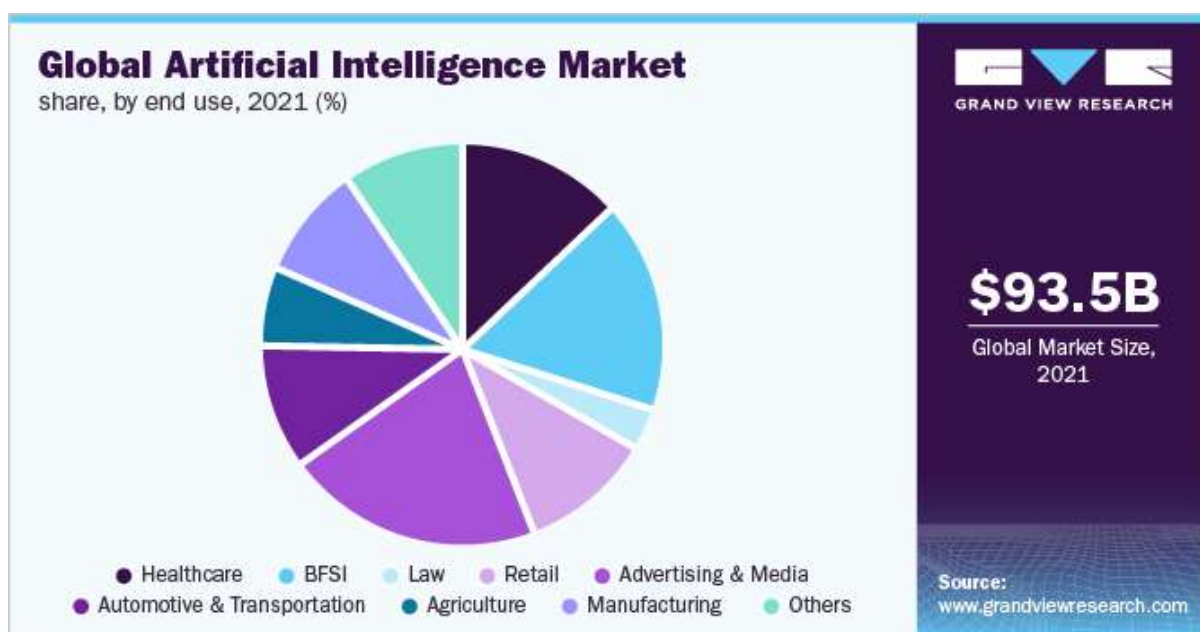
### 3.1 ΑΙ σε κλάδους της βιομηχανίας

Σε γενικότερο πλαίσιο, οι ευρύτεροι κλάδοι της σύγχρονης βιομηχανίας μπορούν να συνοψιστούν ως εξής (Emerj, 2022):

- Βαριά βιομηχανία (κατασκευή, δοκιμές, πρακτικότητα διαδικασιών, γραμμή παραγωγής, mining κ.α.)
- Υγεία (ανάπτυξη και δοκιμή φαρμάκων, φαρμακευτικά, διάγνωση, καταγραφή και αρχειοθέτηση, ιατρικές χρεώσεις κ.α.)
- Καταναλωτικά αγαθά (ηλεκτρονικά αγαθά και συσκευές, μόδα, λιανεμπόριο κ.α.)
- Διασκέδαση (βιντεοπαιχνίδια, τέχνες, τουρισμός κ.α.)
- Οικονομικά (τραπεζικά, ασφαλιστικά, επενδύσεις κ.α.)
- Κυβερνητικά (εθνική ασφάλεια, αμυντικά προγράμματα, αυτόματες διαδικασίες κ.α.)

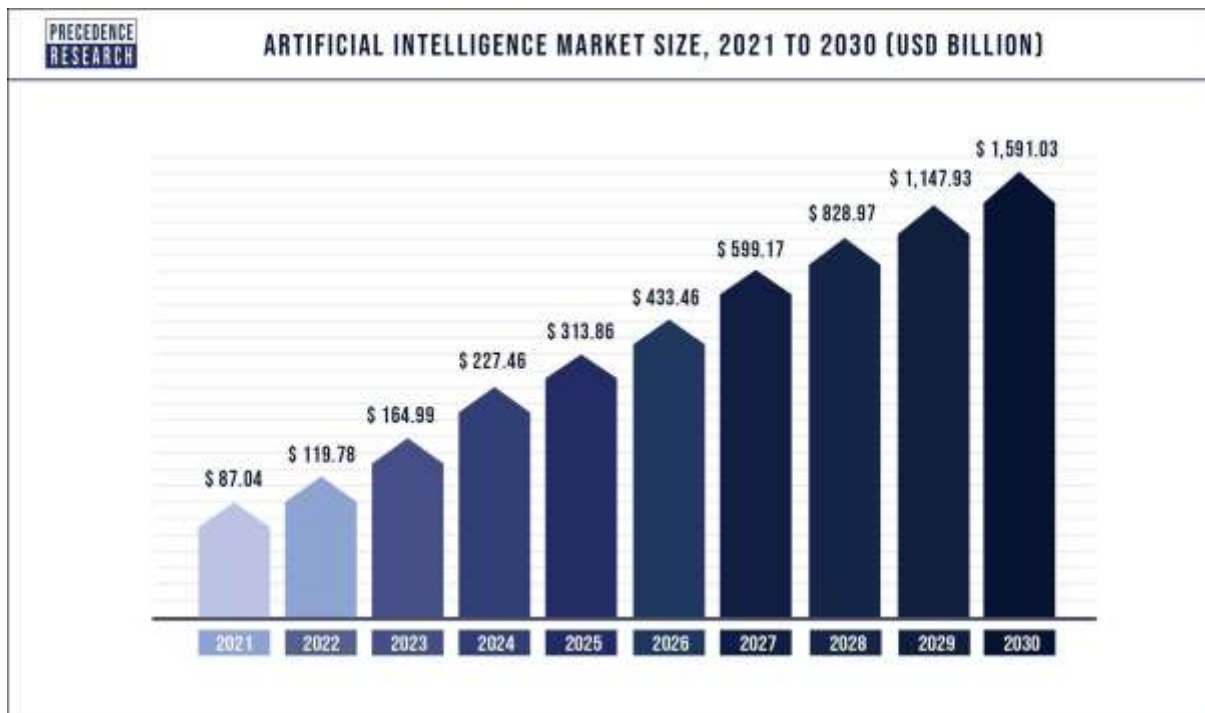
- Μέσα (διαφημίσεις, τηλεπικοινωνίες, κάλυψη, νέα, μέσα μαζικής ενημέρωσης και κοινωνικής δικτύωσης κ.α.)
- Φυσικοί πόροι (εξόρυξη αγαθών, υλικά, γεωργία, πετρέλαιο, ενέργεια κ.α.)
- Προσφορά διάφορων υπηρεσιών (λογιστικά, τεχνολογικές παροχές, νομικά κ.α.)
- Μετακινήσεις ( αυτοκίνητα, αεροπλάνα, μέσα μεταφοράς, μέθοδοι εφοδιασμού κ.α.)

Μεταξύ αυτών των κλάδων, το μεγαλύτερο μερίδιο κατέχει η κατηγορία των μέσων, το έτος 2021. Αυτό διότι ο τομέας του μάρκετινγκ παραμένει ακόμη ραγδαία αναπτυσσόμενος, και καθοδηγείται σε πολύ μεγάλο βαθμό από τις διαδικασίες της διαφήμισης. Στο παρακάτω γράφημα παρουσιάζεται κάθε κλάδος της σύγχρονης βιομηχανίας και το μερίδιο αναλογικά με την χρήση ΤΝ. Η αμέσως επόμενη κατηγορία είναι τα οικονομικά, καθώς περιέχουν οικονομικές αναλύσεις, διάφορες εκτιμήσεις και ενδείξεις προς πρόβλεψη μελλοντικών στοιχείων, εκτίμηση ρίσκου και αρνητικών σεναρίων και φυσικά επενδυτικές αναλύσεις. Στην τρίτη θέση βρίσκεται ο τομέας της υγείας, ο οποίος εκτιμάται πως μέχρι το έτος 2030 θα ηγείται της κατάταξης αυτής. (GVR, 2021)



Εικόνα 12 Η αγορά της ΤΝ σε παγκόσμια κλίμακα, το έτος 2021. Πηγή: (GVR, 2021)

Από οικονομικής άποψης, τα οικονομικά στατιστικά της ΤΝ εκτιμώνται πως θα εκτιναχθούν ως το έτος 2030. Συγκεκριμένα, οι εκτιμήσεις ανά χρόνο παρουσιάζονται στο παρακάτω γράφημα.



Εικόνα 13 Οι οικονομικές προβλέψεις στην αγορά της ΤΝ σε παγκόσμια κλίμακα, σε δισεκατομμύρια δολάρια, μέχρι και το έτος 2030. Πηγή: (Percedence Research, 2022)

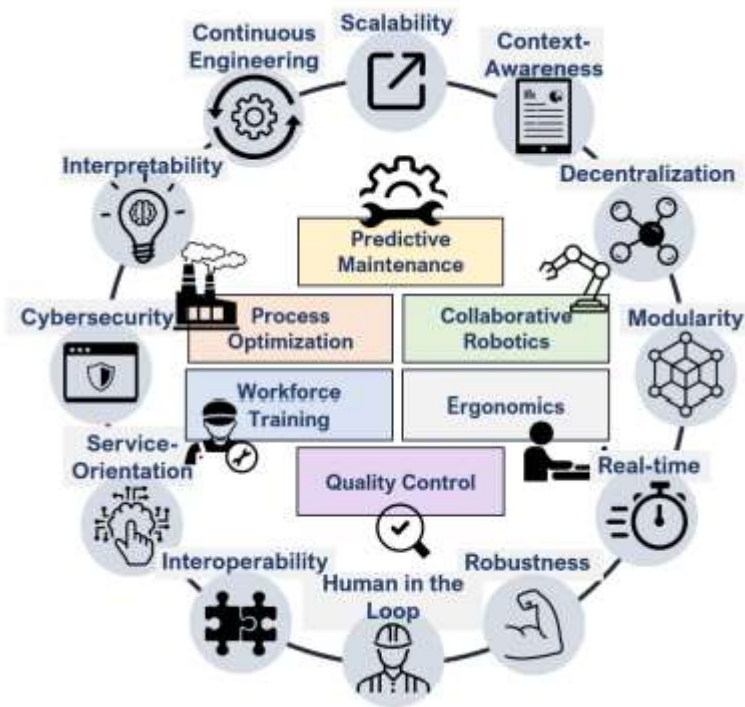
Είναι εμφανές από τα παραπάνω γραφήματα πως η χρήση των ΑΙ είναι και πρόκειται να είναι μια συνεχώς αναπτυσσόμενη αγορά, καθώς συνεισφέρει στους διάφορους κλάδους της σύγχρονης βιομηχανίας, μέσω λογισμικού, «υλισμικού» και διάφορων άλλων υπηρεσιών. Σε αυτό το κεφάλαιο θα παρουσιαστούν παραδείγματα εφαρμογών συστημάτων ΑΙ στον κλάδο της βιομηχανίας που σχετίζεται με την βιομηχανική παραγωγή, προκειμένου να αποκτηθεί μια πιο σαφής εικόνα της σπουδαιότητας και της συνεισφοράς τους, ειδικότερα στην παγκόσμια παραγωγή και στα δίκτυα ανεφοδιασμού.

### 3.2 ΤΝ στην βιομηχανία

Τα κυριότερα πεδία εφαρμογής της ΤΝ αφορούν την παραγωγή, τις υπηρεσίες, τους χειρισμούς, τον έλεγχο δεδομένων, τις γραμμές ανεφοδιασμού, της κάλυψης ζήτησης και



προσφοράς, κ.α. Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται αυτό το μοτίβο υλοποίησης . (Peres et al, 2020)



Εικόνα 14 Τα βασικά πεδία εφαρμογών AI στην βιομηχανία. Πηγή: (Peres et al, 2020)

- Βελτιστοποίηση διαδικασιών. Σε αυτό το πεδίο το ενδιαφέρον στρέφεται προς την βέλτιστη αποδοτικότητα κατά την παραγωγική διαδικασία, την ενεργειακή κατανάλωση (σε θέματα πρόβλεψης και βελτιστοποίησης), καθώς και εκτιμήσεις για ανερχόμενη ζήτηση. Η εφαρμογή AI σε αυτό το πεδίο εκτιμάται πως έχει επίδραση στα κέρδη των επιχειρήσεων, ενώ προσφέρει καλύτερη βιωσιμότητα και αποτελεσματικότητα διαδικασιών.
- Ποιοτικός έλεγχος. Αυτό το πεδίο είναι μέρος της λίστας καθότι ενέχει αστοχίες μέσω των πολλών σταδίων και διαδικασιών, μηχανημάτων και συναρμολόγησης. Όλη αυτή η περίπλοκη διαδικασία μπορεί να ελεγχθεί και να παρακολουθηθεί μέσω AI. Η χρήση της τεχνητής νοημοσύνης μπορεί να παρέχει λύσεις με το να ανιχνεύει σε πρώιμο στάδιο τα διάφορα σφάλματα μέσω αυτοματοποιημένων διαδικασιών, ενώ χρησιμοποιεί δεδομένα πραγματικού χρόνου. Ορισμένες ανεπτυγμένες εφαρμογές είναι η οπτική σάρωση μέσω deep learning εφαρμογών, η online ποιοτική πρόβλεψη και η ανίχνευση ελαττωμάτων προκειμένου να αποφευχθεί η διάδοση σφαλμάτων σε μεγαλύτερες κλίμακες (συνδυαστικά με μοντέλα μηδενικών ελαττωμάτων).



- Προγνωστική συντήρηση. Η συντήρηση είναι ένα σημείο που επιλέγονται μέσα TN να την διεκπεραιώσουν, καθώς αυξάνουν την λειτουργικότητα των διαθέσιμων μηχανημάτων, ενώ, κυριότερα, μπορούν να ανιχνεύσουν τυχόν ζητήματα που μπορεί να προκύψουν, κάτι που είναι ιδιαίτερα σημαντικό, καθώς προλαβαίνουν συμβάντα κατάρρευσης που ενδέχεται να ζημιώσουν την παραγωγή. Επιπλέον, με την χρήση αυτοματοποιημένων διαδικασιών δεν είναι απαραίτητες πολιτικές συντήρησης, οι οποίες μπορεί να είναι χρονοβόρες. Αυτός ο στόχος βρίσκει εφαρμογή μέσω «μελέτης» της υποβάθμισης των μηχανημάτων και άλλων δεδομένων. Τα μοντέλα που δημιουργούνται με την επιθυμητή συντήρηση μπορούν να δημιουργηθούν με τέτοιο τρόπο που να λαμβάνουν υπόψιν τους διάφορες παραμέτρους και δεδομένα, ανάλογα με το μηχάνημα.
- Ανθρώπινο δυναμικό και ρομπότ. Σε αυτό το πεδίο συναντάται μια ποικιλία από εφαρμογές οι οποίες μπορούν να συζεύξουν τους εργαζόμενους με τα ρομπότ, είτε με το να διευκολύνουν τις εργασίες τους, είτε με το να διασφαλίζουν την ασφάλειά τους. Επιπλέον, μέθοδοι TN μπορούν να συμμετέχουν στην εκπαίδευσή τους.
- Εργονομία. Η εργονομία αφορά την σωματική καταπόνηση κάθε είδους των εργαζόμενων. Υπάρχουν μέθοδοι TN που ανιχνεύουν τέτοιου είδους «λάθη», προκειμένου να λάβουν δεδομένα που θα οδηγήσουν, παράδειγμα, σε αξιοποίηση του προστατευτικού εξοπλισμού, ή βελτίωση αυτού. (MassirisFernández et al, 2020)
- Άλλες εφαρμογές, όπως διαχείριση αποβλήτων με την βοήθεια του IoT, από την αναγνώριση της χημικής τους σύστασης, ως την εφαρμογή μεθόδων βιώσιμης διαχείρισης. (Zhang et al, 2021)

### 3.3 Παραδείγματα εφαρμογών AI προγνωστικής συντήρησης στην βαριά βιομηχανία

#### *Maximo Asset Health®*

Η IMB® είναι μια εταιρεία τεχνολογίας, ιδιαίτερα γνωστή για την ανάπτυξη σε υλισμικό και λογισμικό, υπολογιστικές λύσεις, σύγχρονες τεχνολογικές εφαρμογές (όπως AI και machine learning), αναλύσεις δεδομένων και συμβουλευτική προς εταιρείες διαφόρων κλάδων. Μια σύντομη περιήγηση στο μενού της επίσημης ιστοσελίδας ήταν αρκετή για να διαπιστωθούν τα πεδία ενασχόλησης της. (IMB, χ.χ.) Η λίστα των πελατών της περιέχει

σημαντικούς πελάτες, όπως η AGR, μια εταιρεία που ασχολείται με το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο. Σύμφωνα με έκθεση εκτίμησης χρήσης μεθόδων TN για την συντήρηση των εγκαταστάσεων της AGR, διαπιστώθηκε πως η επιλογή υιοθέτησης αυτής της μεθόδου ήταν η πιο σοφή, καθώς η αστοχία μηχανημάτων και η πιθανότητα να μην διαπιστωθεί εγκαίρως η κακή λειτουργία κάποιου εξαρτήματος ή κάποιου μηχανήματος μπορεί να αποβεί από κοστοβόρα ως καταστροφική. Επιπλέον, ένας εξίσου σημαντικός λόγος ήταν η ελαχιστοποίηση της συντήρησης ρουτίνας, καθώς έτσι αποφεύγονται περιττές παύσεις των διαδικασιών. Το Maximo ενοποίησε όλα τα συστήματα διαφορετικών τοποθεσιών σε ένα, συλλέγοντας δεδομένα, εντοπίζοντας και έπειτα αναφέροντας τα ζητήματα που ανιχνεύθηκαν ταξινομημένα κατά προτεραιότητα. (IBM Australia, 2015)

### *Progress DataRPM*

Η Progress, η οποία προσφέρει λύσεις σε διάφορες βιομηχανίες,, αγόρασε το 2017 το λογισμικό προγνωστικής συντήρησης DataRPM, έναντι πολλών εκατομμυρίων. Το εργαλείο αυτό λειτουργεί ως εξής: ειδικοί αισθητήρες έχουν τοποθετηθεί στα μηχανήματα προς παρακολούθηση, προκειμένου να συλλέγουν τα απαραίτητα δεδομένα, όπως το αν επιβραδύνει κ.λπ. Τα δεδομένα αυτά μπορούν να μορφοποιηθούν σε ένα φιλικό προς τον χρήστη περιβάλλον και με ένα απλό πάτημα, να εμφανιστούν οι καταγραφές για το αντίστοιχο μηχάνημα που έχει επιλεγεί. Κάθε μια ανάλυση παρουσιάζει μια αναφορά σχετικά με τα ζητήματα που αναμένεται να προκύψουν βάσει την ηλικία, το ιστορικό συντήρησης και άλλων παραγόντων. Με αυτή την απλή μέθοδο, το αρμόδιο προσωπικό αναλαμβάνει την επισκευή όταν απαιτείται. Η μέθοδος του λογισμικού αυτού είναι εποπτευόμενη και ημι-εποπτευόμενη, ενώ επίσης χρησιμοποιεί μια τεχνική που ονομάζεται Meta Learning, προκειμένου να διεξάγει αυτοματοποιημένα αναλύσεις της επιστήμης των δεδομένων( data science). (Progress Press Release, 2017)

### *eMaint*

Η eMaint προσφέρει ένα λογισμικό συνεχούς ή περιοδικής συντήρησης μέσω αισθητήρων, έτσι ώστε το προσωπικό να μπορεί να συνδεθεί και να αποκτήσει πρόσβαση σε λεπτομερείς πληροφορίες και ζητήματα που έχουν ανιχνευθεί, προκειμένου να προχωρήσει σε επιδιόρθωση. Πέραν από αυτό, δίνεται η δυνατότητα εστίασης σε ένα εξάρτημα από ολόκληρο το μηχάνημα που παρακολουθείται για έξτρα πληροφορίες φθοράς, διάβρωσης κ.λπ. Όλες αυτές οι διαδικασίες μπορούν να συμβαίνουν ακόμη και ενώ τα μηχανήματα λειτουργούν, προκειμένου να μην διακοπούν οι εργασίες. (emaint, 2022)

### 3.4 Παραδείγματα εφαρμογών AI στην αλυσίδα ανεφοδιασμού

Πώς επηρέασε ολιστικά ο μετασχηματισμός της βιομηχανίας στο κομμάτι του ανεφοδιασμού; Μέσω επίτευξης όλο και μεγαλύτερων βαθμίδων ψηφιοποίησης και τεχνολογίες όπως τα Cyber-digital συστήματα, το IoT και το cloud δίνεται η δυνατότητα πλαισίωσης ενός δικτύου που μπορεί να διακινεί πληροφορίες, να είναι ευέλικτο, να χρησιμοποιεί μάρκετινγκ και λογιστικά, προκειμένου να υπάρχει συνεργατική παραγωγή. Η βασική καινοτομία που προσφέρεται, έναντι των συμβατικών δικτύων (τα οποία χαρακτηρίζονταν από αποκομμένες διαδικασίες μεταξύ παραγωγής, διαμοιρασμού και άλλα στάδια) είναι πως δημιουργούν ένα οικοσύστημα προσβάσιμο προς διάφορους χρήστες που εμπλέκονται στην διαδικασία, με σκοπό την αποτελεσματικότητα, τον έλεγχο και την βελτιστοποίηση της λήψης αποφάσεων. Τα έξυπνα λογιστικά είναι σημαντική πτυχή μεταξύ της σύζευξης της παραγωγής και του ανεφοδιασμού, καθώς έτσι βελτιστοποιείται ο τρόπος αποθήκευσης και της μεταφοράς των προϊόντων, κάτι που τα σύγχρονα συστήματα μπορούν να «μάθουν» να κάνουν από μόνα τους. Ένα απλό παράδειγμα είναι η αυτοματοποιημένη πλοήγηση προς την εύρεση της καλύτερης διαδρομής, κάτι που μεταφράζεται σε οικονομία χρόνου και επιπλέον μεταφορικών δαπανών. (Yongping et al, 2020) Κάνοντας μια σύντομη ανασκόπηση, βλέπουμε πως υπάρχει η δυνατότητα να επιτευχθούν βιώσιμοι στόχοι, να καταγραφούν ταχύτερες παραδόσεις, να υπάρχει καλύτερο εργασιακό περιβάλλον, διαχείριση αποθηκών, προσαρμοστικότητα και μείωση απωλειών και λαθών. Ως εκ τούτου, όχι μόνο διασφαλίζεται καλύτερη οικονομική ανταπόκριση, ανταποκρισιμότητα, ποιότητα και ευελιξία, μεταξύ άλλων, αλλά επίσης επιτυγχάνονται περιβαλλοντικές και κοινωνικές πτυχές που αφορούν το κομμάτι της γραμμής ανεφοδιασμού. (Sharma et al, 2021)

#### *Έλεγχος της αποθήκης*

Η αποθήκη είναι ο χώρος συντήρησης των αποθεμάτων, προκειμένου να βρίσκονται έτοιμα να ικανοποιήσουν την ζήτηση των πελατών από επερχόμενες παραγγελίες. Η συνθήκη αυτή, αν και απαραίτητη, υπολογίζεται πως αναλογεί ένα ποσοστό του 15 ως και 35% της αξίας του προϊόντος. Οι πληροφορίες αυτές μπορεί να είναι δύσκολο να αποκτηθούν. Ως εκ τούτου, εργαλεία αυτόματης διαχείρισης φαίνεται να είναι ο πλέον κατάλληλος τρόπος ελέγχου. Ένα τέτοιο παράδειγμα αποτελεί το λογισμικό της εταιρείας Allen, που αρχικά δημιουργήθηκε εν λόγω της Αμερικάνικης αεροπορίας, προκειμένου να

υπάρχει επαρκής ανεφοδιασμός τμημάτων των αεροσκαφών και της σταδιακής μείωσης κόστους. Υπολογίζεται πως το συγκεκριμένο λογισμικό, το IMA( Inventory Management Assistant) μέσω μείωσης σφαλμάτων, απέδωσε κατά 18% μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα. Ένας άλλος «βοηθός» μπορεί να σχεδιάζει τις ελλείψεις στα απαραίτητα για την κατασκευή υλικά, μέσω του ιστορικού παραγγελιών, τους λογαριασμούς προηγούμενων αγορών, και τα προγράμματα κατασκευής και μέσω συστημάτων IoT , να σχεδιάζει την βέλτιστη μελλοντική παραγγελία για επαρκή ανεφοδιασμό. (Hokey, 2010)

#### *Δίκτυο μεταφοράς*

Ένα παράδειγμα εφαρμογής είναι η τεχνική που μιμείται το δίκτυο από κοινότητες μυρμηγκιών. Πρόκειται για έναν αλγόριθμο που επιλύει προβλήματα όπως την καλύτερη διακλάδωση, την δρομολόγηση των προϊόντων κ.α., προκειμένου να βρεθεί η βέλτιστη δυνατή διαδρομή. Έτσι, αποκτάται μια ευελιξία που οι παραδοσιακοί τρόποι δεν διαθέτουν. (Hokey, 2010)

#### *Αγορά και διαχείριση παραγωγής*

Μια τεχνική που ακολουθούν αρκετές εταιρείες είναι η αγορά και όχι η δημιουργία προϊόντων από το μηδέν. Σε ορισμένες περιπτώσεις η αγορά έτοιμων προϊόντων και η μεταπώληση ή τουλάχιστον η τμηματική αγορά κομματιών είναι μια αρκετά αποδοτική από οικονομικής άποψης διαδικασία. Σε αυτό το σημείο, συστήματα TN μπορούν να πάρουν τις κατάλληλες αποφάσεις και εξίσου να σκανάρουν αποδοτικότερα την παγκόσμια αγορά. Ένα τέτοιο σύστημα, αφορά έναν ηλεκτρονικό βοηθό που αυτοματοποιεί την διαδικασία παραγγελιών. Άλλα συστήματα, υβριδικά, έχουν αυτό το χαρακτηριστικό αλλά προσφέρουν και το επιπλέον κομμάτι της έρευνας. Μπορούν δηλαδή να εκτιμήσουν την διαθεσιμότητα και τις πηγές κάθε απαραίτητου προϊόντος και να αγοράσουν την καλύτερη προσφορά. Τέλος, ένα έξυπνο σύστημα μπορεί να περιέχει όλα τα παραπάνω καθώς και να διεξάγει επιπλέον έρευνα για τους υποψήφιους προμηθευτές του προϊόντος αυτού με βάση διαφορετικά κριτήρια, προτού ολοκληρώσει μια παραγγελία. (Hokey, 2010)

#### *Ζήτηση και πρόβλεψη τάσεων*

Το στοιχείο της σωστής πρόβλεψης στην ζήτηση είναι ιδιαίτερα σημαντικό, καθώς επηρεάζει τον έλεγχο της αποθήκης, το προσωπικό, τις διαφημιστικές καμπάνιες και πολλά άλλα. Εκτός αυτών των πρακτικών θεμάτων, μια σωστή πρόβλεψη μπορεί να φανεί ιδιαίτερα κερδοφόρα για μια εταιρεία. Φυσικά, η αβέβαιη φύση του μέλλοντος κάνει την εύστοχη

πρόβλεψη ένα ιδιαίτερα δύσκολο έργο. Και σε αυτό το κομμάτι, η TN μπορεί να δώσει ορισμένες λύσεις. Παράδειγμα, ανάπτυξη υβριδικών μοντέλων που αξιοποιούν την εξόρυξη δεδομένων (data mining) και την εμπειρία του ατόμου που διαχειρίζεται το λογισμικό, μπορούν να προβλέψουν την μελλοντική ζήτηση. Εκτός από την χρήση της γνώσης προηγούμενων τάσεων, ένα δυναμικό λογισμικό που θα εξετάζει και την υπάρχουσα προτίμηση των καταναλωτών, θα μπορεί να σχηματίσει μια καλύτερη υπόθεση για τις μελλοντικές τάσεις. Έτσι, θα δίνεται η ευκαιρία για την δημιουργία καινοτόμων αγαθών και κάλυψης των επερχόμενων αναγκών. (Hokey, 2010) Το “DeerMind” , δημιουργημένο από την Google, μπορεί να προβλέψει θέματα ζήτησης και αγοράς μέσω μεθόδων TN machine learning. Αυτό το εργαλείο όχι μόνο ενσωματώνει τα δεδομένα ζήτησης προηγούμενων χρονικών περιόδων, τις τιμές γενικά του προϊόντος και διαθέσιμες εκπτώσεις, αλλά προβλέπει και εξωτερικής φύσεως μεταβλητές, όπως τον καιρό. Μια γερμανική εταιρεία, η Otto, κατάφερε να μειώσει τα αποθέματά της σε ποσοστά της τάξεως του 90% με την χρήση αυτής της εφαρμογής. Επιπλέον, η συγκεκριμένη εταιρεία βασίζεται εξ ολοκλήρου στο εργαλείο αυτό για την διαχείριση εσωτερικών θεμάτων όπως το απόθεμα, καθώς οι υποθέσεις μέσω TN έχουν φανεί ιδιαίτερα αξιόπιστες. (Dash et al)

#### *Βέλτιστη εξυπηρέτηση πελατών*

Η πολιτική κάθε εταιρείας στην διαχείριση επικοινωνίας με τους πελάτες της διαφέρει, ενώ είναι μια αρκετά σημαντική πτυχή. Ορισμένες επιχειρήσεις θέλουν α γεφυρώσουν την επικοινωνία αυτή, προκειμένου να αποκτήσουν σταθερούς πελάτες, άρα «δεδομένο» αγοραστικό κοινό. Αυτές οι σχέσεις είναι καταλληλότερο να δημιουργούνται με πραγματικά πρόσωπα της εταιρείας, αλλά είναι αποδοτικό αυτές οι δεξιότητες να καλλιεργούνται με την χρήση ΑΙ. Συγκεκριμένα, η δημιουργία λογισμικού προσομοίωσης για την εκπαίδευση επικοινωνιακών υπαλλήλων και επίλυσης προβλημάτων πριν αυτά προκύψουν σε πραγματικές συνθήκες, απευθύνεται σε αυτές τις εταιρείες που επιθυμούν άρτια εκπαιδευμένους υπαλλήλους. (Hokey, 2010)

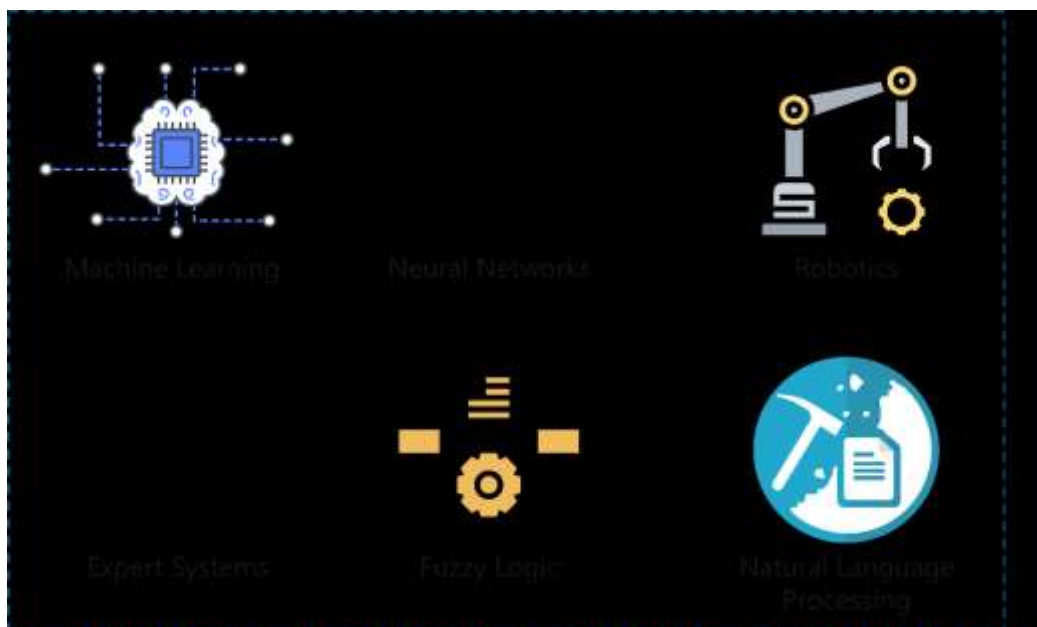
#### *Δυναμική κοστολόγηση*

Η χρήση TN μπορεί να προσφέρει πολύ χρήσιμες πληροφορίες συλλέγοντας τα χαρακτηριστικά των καταναλωτών. Κάθε άτομο που είναι ενεργό στο διαδίκτυο παρέχει μέσω συγκατάθεσης τις προτιμήσεις του και τις αγορές που έχει ήδη πραγματοποιήσει, κάτι που δίνει πληροφορίες όπως πόσο διατίθεται ο συγκεκριμένος καταναλωτής να πληρώσει ένα προϊόν, αν προτιμά αυτό με την καλύτερη τιμή, την καλύτερη εξυπηρέτηση και αγοραστική

εμπειρία, κ.λπ. Αυτά τα δεδομένα επεξεργάζονται μέσω λογισμικού το οποίο καθορίζει την ελαστικότητα της τιμής ενός προϊόντος και την θέτει με βάση την δοσμένη από τον διαχειριστή τιμολογιακή πολιτική. Αυτή η μέθοδος, αντίθετα με την στατική τιμή, μπορεί να επιφέρει περισσότερους αγοραστές, καθώς συγκρίνει παράλληλα και τις κοστολογήσεις από ανταγωνιστικές εταιρείες. Τέλος, δίνει μια αξιόπιστη εικόνα για το πως πρόκειται να ανταποκριθούν οι καταναλωτές σε μελλοντικές εκπτώσεις, κάτι που μπορεί να εξελίξει και να καθορίσει επερχόμενες στρατηγικές. (Dash et al)

### 3.5 Machine Learning στην βιομηχανία

Η ΤΝ έχει ως στόχο, όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενη ενότητα, πρακτικά, να μετατρέψει την σκέψη ενός μηχανήματος ώστε να μιμείται την ανθρώπινη. Ο τρόπος για να επιτευχθεί αυτό είναι μέσω μιας από τις παρακάτω τεχνικές της εικόνας, που θεωρούνται οι κυριότεροι κλάδοι. Διαδικασίες όπως η μάθηση και η επίλυση προβλημάτων, είναι εξέχουσες πτυχές αυτών των συστημάτων. Ορισμένες από τις πιο δημοφιλείς μεθόδους είναι το machine learning και κατ' επέκταση, το deep learning που θεωρείται υποκατηγορία του πρώτου. (Shinde& Shah, 2018)



Εικόνα 15 Κλάδοι της τεχνητής νοημοσύνης, Πηγή: (Zulaikha, 2022)

Εφαρμογές στην βιομηχανία

- Παρακολούθηση μηχανημάτων και πρόβλεψη, προκειμένου να υπάρχει σαφής εικόνα για την «υγεία» του εξοπλισμού και πρόβλεψη τυχόν αστοχιών πριν εκδηλωθούν, καθώς και παρακολούθηση των διαφόρων εξαρτημάτων.
- Προσφορά και ζήτηση, μέσω καταγραφής και πρόβλεψης των τάσεων για την δημιουργία της κατάλληλης διαφημιστικής εκστρατείας.
- Διασφάλιση της ποιότητας, μέσω δοκιμών και προσομοιώσεων με συλλογή δεδομένων και παρακολούθηση.
- Βελτιστοποίηση των ενεργειακών απαιτήσεων, μέσω καταμέτρησης της απαραίτητης ενέργειας που χρειάζονται τα μηχανήματα για να λειτουργήσουν, παρατήρηση της κατανάλωσης στους διάφορους χώρους κ.α.
- Δημιουργία μοντέλων και σεναρίων προκειμένου να προσφερθεί μια εις βάθος κατανόηση τυχόν προβλημάτων.
- Παρακολούθηση της παραγωγής σε πραγματικό χρόνο.
- Βελτιστοποίηση της χρήσης των μηχανημάτων και των επιμέρους διαδικασιών.

Αυτό είναι ένα δείγμα από την διευκόλυνση που έχουν προσφέρει τα συγκεκριμένα εργαλεία στην σύγχρονη βιομηχανία. (Kashyap, 2017)

Υπάρχουν πάρα πολλά παραδείγματα λογισμικών και εταιρειών που χρησιμοποιούν τεχνικές machine learning. Από μεγάλους κατασκευαστικού κολοσσούς, μέχρι μικρότερου βεληνεκούς επιχειρήσεις παραγωγής αγαθών που διαθέτουν τέτοια λογισμικά ή λαμβάνουν υπηρεσίες από συμβουλευτικές εταιρείες που κατέχουν τέτοιες μεθόδους. Ένα παράδειγμα είναι η Amazon Web Services (AWS) η οποία συνεργάζεται με επιχειρήσεις όπως η AstraZeneca, την Lenovo, την Aurora, την BMW Group και πολλές άλλες. Η Aurora είναι μια εταιρεία που δημιουργεί τεχνολογίες για αυτό-οδηγούμενα οχήματα και χρησιμοποιεί machine learning λογισμικό της AWS για υπηρεσίες cloud, εκπαιδευτικούς σκοπούς, προγραμματισμό κινήσεων, αισθητηριακές αποκρίσεις, προσομοιώσεις, δημιουργία αναλυτικών μοντέλων τεράστιου όγκου δεδομένων, και πολλά άλλα. (AWS, 2021) Παρομοίως, η Hyundai, εταιρεία κατασκευής αυτοκινήτων, χρησιμοποιεί το λογισμικό SageMaker για αυτόνομα οδηγούμενα οχήματα, καταφέροντας έτσι να μειώσει κατά δέκα φορές τον χρόνο εκπαίδευσης, κάτι που δίνει την δυνατότητα να αφιερώσουν περισσότερο χρόνο στα δεδομένα κατά την προετοιμασία των κύκλων ανάπτυξης. (Kim et al, 2021)

Τέλος, αναφορικά με τεχνικές deep learning, παρουσιάζεται ένα σύντομο παράδειγμα στην παραγωγή τσίπ μνήμης. Όντας μια αρκετά περίπλοκη διαδικασία που εξαρτάται από

πολλά βήματα (περίπου 1500), κατά την διαδικασία παραγωγής θα προκύψουν σφάλματα τα οποία μπορεί να μην είναι ορατά στο ανθρώπινο μάτι. Η Micron Technology είναι μια εταιρεία κατασκευής εξαρτημάτων ηλεκτρονικών υπολογιστών που σχετίζονται με την μνήμη και την αποθήκευση. Μηχανικά θέματα και αστοχίες κατά την παραγωγή, κοστίζουν αρκετά χιλιάδες δολάρια την ώρα. Η επίλυση του ζητήματος αυτού έρχεται με τις μεθόδους machine learning και deep learning. Παρομοίως, και η Intel, ηγετική εταιρεία στον χώρο της παραγωγής hardware, η οποία θεωρεί πως αφενός ένα σημείο είναι η χρήση κατάλληλου λογισμικού, αφετέρου, ένα ιδιαίτερα σημαντικό θέμα είναι το κατάλληλο προσωπικό που θα εκτιμήσει τα αποτελέσματα και οι αναλύσεις που παρέχει η TN. Ωστόσο, η μέθοδος deep learning χρησιμοποιείται για το αυτόματο σύστημα ταξινόμησης ελαττωμάτων (Auto-Defect-Classification system) προκειμένου να ανιχνεύσει και να κατηγοριοποιήσει χιλιάδες από τα σφάλματα που αναφέρονται κατά την κατασκευή των εξαρτημάτων. Άλλες μέθοδοι ανίχνευσης πέραν του Machine Vision που μόλις αναφέρθηκε, είναι η θερμική απεικόνιση, τα ηχητικά δεδομένα κ.α.. (Tracescoud1, 2021), (Tuv et al, 2018)

## Ενότητα 4 – Εννοιολογικό πλαίσιο

Σε αυτή την ενότητα θα διερευνηθεί το εννοιολογικό πλαίσιο της TN στην βιομηχανία. Πρώτα όμως θα προσεγγιστεί ολιστικά η εφαρμογή TN στον συγκεκριμένο κλάδο. Συγκεκριμένα, θα συζητηθούν οι ανάγκες της βιομηχανίας που οδήγησαν στην εφαρμογή TN τεχνικών, ενώ τέλος θα διευκρινιστούν τα σημεία απόκλισης από την χρήση της σε άλλους τομείς .

### 4.1 Οι λόγοι που οδήγησαν στην λύση της TN

Μελετώντας το ηλεκτρονικό βιβλίο του (Lee, 2020), ο οποίος φαίνεται να είναι αφοσιωμένος επιστήμονας στον κλάδο των βιομηχανικών ΑΙ μέσω της ίδρυσης και της



ιδιότητας του ως καθηγητής του Industry/University Cooperative Research Center (I/UCRC), ιδρυτικό μέλος του Industrial AI Center (ως καθηγητής και μέντορας σε startup εταιρείες πάνω στο αντικείμενο, και πολλών άλλων προσόντων, ανακαλύπτεται μια ευρύτερη γνώση.

Αν και πριν το έτος 2017 αρκετές μεγάλες εταιρείες χρησιμοποιούσαν πρωτοπόρες μεθόδους TN, θεωρείται η πρώτη χρονιά που καταγράφεται μια τόσο μαζική χρήση. Έκτοτε, η πρόοδος ακολούθησε ταχύτατους ρυθμούς. Η στροφή σε τέτοιες μεθόδους προκύπτει με βάση τις ανάγκες της εποχής, η οποία επιτάσσει όλο και πιο γρήγορους ρυθμούς, καθιστώντας τις προηγούμενες τεχνολογίες ανεπαρκείς. Ο λόγος που η TN είναι πλέον απαραίτητη στην βιομηχανία, είναι λόγω πολυσύνθετων ζητημάτων που καλούνται να αντιμετωπιστούν. Η πρώτη φορά που αναφέρθηκε η BTN ως έννοια, ως διαχωρισμένος κλάδος υπό την γενική έννοια της TN ήταν από τον Jay Lee. Ήδη, ως τότε, ορισμένες μορφές TN συναντάταν στην βιομηχανία. Ωστόσο, δεν ήταν διαδεδομένη μέθοδος ούτε υπάκουε σε formalismούς. Στην πορεία, όλο και περισσότερες αναφορές και χρήσεις για έξυπνη βιομηχανία υπήρχαν, κάτι που οδήγησε στην ταχύτερη ανάπτυξη αυτού του είδους TN.

Τα προβλήματα που υφίστανται, αφορούν γενικά την αποδοτικότητα του εξοπλισμού, την ποιότητα, τις διαδικασίες, και πολλά άλλα. Ένα επίσης σημαντικό σημείο είναι πως η TN εμπλέκεται πιθανολογικά και όχι ντετερμινιστικά, πράγμα που σημαίνει ότι περιορίζεται στην ευκαιρία και όχι στο πρόβλημα. Πιο συγκεκριμένα, πρώτα θα ασχοληθεί κάποιος με τον όγκο δεδομένων που διατίθεται, παρά με το πρόβλημα που καλείται να επιλύσει. Ουσιαστικά, μέσω αυτών των δεδομένων θα δημιουργηθούν οι συνθήκες για την απόσπαση αξιόλογων πληροφοριών από αυτά. Ωστόσο, θα έπρεπε να αλλάξει αυτή η προσέγγιση, περισσότερο προς το σημείο της επίλυσης προβλημάτων.

Τα βασικά ζητήματα που πρέπει αρχικά να λυθούν, είναι πειθαρχίας, συστήματος και εγγενή. Τα ζητήματα πειθαρχίας αφορούν την οργάνωση, την ικανότητα του εργατικού δυναμικού, και την διαχείριση. Τα ηνία σε αυτή την κατηγορία κατέχει η Ιαπωνία, στην οποία συναντάται μια καθόλα οργανωτική κουλτούρα, προερχόμενη από την δυνατότητα μετάδοσης της γνώσης. Τα ζητήματα που αφορούν τα συστήματα, είναι οι διαδικασίες παραγωγής και ο εξοπλισμός σε μια βιομηχανία. Η Γερμανία ξεχωρίζει για τον βέλτιστο σχεδιασμό και τις ικανότητες στον εξοπλισμό που χρησιμοποιείται κατά την παραγωγή. Τέλος, τα εγγενή ζητήματα αφορούν τον καταναλωτή, από την πλευρά της αγοράς και της βιομηχανίας. Η Αμερική είναι η χώρα που κατέχει αυτή την κατηγορία, καθώς εκεί

συναντώνται επιχειρηματικά μοντέλα, καινοτομίες στο μάρκετινγκ και πρακτικές τεχνολογίας κ.α. χαρακτηριστικά, ικανά να την καθιστούν χώρα μοντέλο σε αυτό τον τομέα.

## 4.2 Βασικές αρχές BTN

Ωστόσο, τα ζητήματα που καλείται να λύσει η TN στην βιομηχανία είναι η λειτουργικότητα, η αξιοπιστία του εξοπλισμού αλλά και των παραγόμενων προϊόντων, την λειτουργική απόδοση και την βελτιστοποίηση στην βιωσιμότητα της κερδοφορίας των επιχειρήσεων.

Πέντε βασικές αρχές πρέπει να πληρούνται, προκειμένου μια τεχνολογία TN να μπορεί να χρησιμοποιηθεί επαρκώς στην βιομηχανία.

- Μια συστημική αρχιτεκτονική η οποία θα ενσωματώνει όλες τις σχετικές τεχνολογίες.
- Ταχύτητα, καθώς αυτός είναι ένας παράγοντας που εκτιμάται γενικών στην σύγχρονη αγορά και τις γενικότερες μεθόδους.
- «Οπτική» προσανατολισμένη στο πρόβλημα και διασφάλιση της αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων.
- Τυποποιημένες διαδικασίες, πρότυπα λειτουργίας από την θεμελίωση των συστημάτων.
- Σταθερότητα και επαναληψιμότητα, καθώς και έλεγχος της αβεβαιότητας.

Οι διαθέσιμες AI τεχνολογίες είναι πολλές και διαφέρουν μεταξύ τους. Στο ερώτημα ποιου είδους TN είναι η καταλληλότερη για την βιομηχανία, πρέπει να ληφθούν υπόψιν αρκετοί άξονες και από πλευράς των αναγκών της βιομηχανίας και του τρόπου λειτουργίας των αλγορίθμων. Τα νευρικά δίκτυα μπορεί να είναι φαινομενικά η προφανής απάντηση, αλλά δεν είναι αυτή που ψάχνουμε. Η TN στην βιομηχανία πρέπει να συνδέει τους ανθρώπους με τα μηχανήματα και όχι να απομονώνει αυτά τα δύο εξαιρετικά σημαντικά σκέλη του κλάδου αυτού. Ο κύριος στόχος, σε πολύ γενικό επίπεδο, είναι η μείωση απωλειών, η μείωση του φόρτου εργασίας και η καταπολέμηση της ανησυχίας που προκύπτει από την «απρόβλεπτη» φύση του μέλλοντος. Ο λόγος που η λέξη αυτή βρίσκεται εντός εισαγωγικών είναι προφανώς επειδή η TN είναι ικανή να

προβλέπει κατάλληλα διάφορα μελλοντικά σενάρια, προσφέροντας στην βιομηχανία τα θετικά που αυτό συνεπάγεται, όπως ήδη έχει συζητηθεί.

Οι διαφορές μεταξύ TN και βιομηχανικής TN έγκειται στα εξής στοιχεία:

- Προσδιορισμός. Η TN βασίζεται σε trial and error μεθόδους, δηλαδή την απόκτηση της «σωστής» πληροφορίας μέσω λαθών, κάτι που μπορεί να εφαρμοστεί σε πάρα πολλά πεδία, όπως φαρμακευτικές δοκιμές, αλλά όχι τόσο εύκολα στην μηχανική. Σε αυτό τον τομέα, υπάρχει πολύ μικρότερη «ανοχή» προς λάθος εκτιμήσεις, γι' αυτό και εξ ορισμού υπάρχει και διαφορετική δομή. Η BTN βασίζεται στην συστηματική εκπαίδευση, καθώς είναι γρήγορη και μπορεί να διατηρηθεί. Όποιος και αν βρίσκεται στον χειρισμό, το αποτέλεσμα θα είναι το ίδιο, ανεξαρτήτου επαναληψιμότητας, δεδομένου πως οι πληροφορίες που εισάγονται είναι οι ίδιες.
- Λειτουργία. Η TN λειτουργεί με γνώμονα την ευκαιρία, ενώ η BTN καθοδηγείται με γνώμονα την απόδοση και την αποτελεσματικότητα, την βελτιστοποίηση της ποιότητας, την περικοπή της ενεργειακής κατανάλωσης στο απαραίτητο ποσό κ.α..

### 4.3 Εννοιολογικό πλαίσιο

Διάφορες μελέτες έχουν διεξαχθεί καθώς και προσπάθειες για την ένταξη ορισμένων εννοιών, όπως το ML, NLP και άλλες παρόμοιες στα πλαίσια της βιομηχανία 4.0. Παρά τις υψηλές προσδοκίες που έχουν τεθεί, φαίνεται πως η πραγματική και μεθοδευμένη χρήση της TN από τις βιομηχανίες είναι ακόμη αρκετά μικρή. Η κυριότερη αιτιολόγηση είναι πως για την ενσωμάτωση τέτοιων συστημάτων απαιτείται κεφάλαιο και γνώση για τις αλλαγές που πρόκειται να ακολουθήσουν. Για τον πλήρη ψηφιακό μετασχηματισμό λοιπόν, απαιτείται η ανάλογη ετοιμότητα, οργάνωση και κατάρτιση, προκειμένου να υπάρξει όφελος από αυτή την αλλαγή. Σε αρκετές περιπτώσεις οι κατασκευαστές δεν προχωρούν σε αυτό τον μετασχηματισμό, διότι δεν έχουν κατανοήσει πλήρως τον τρόπο λειτουργίας και τα οφέλη του. Δεν υπήρχαν σαφείς οδηγίες ή κάποιο εννοιολογικό πλαίσιο για την μετάβαση. Λόγω έλλειψης κατανόησης και προκειμένου να ξεπεραστούν αυτά τα ζητήματα, έχουν δημιουργηθεί ορισμένες κατατοπιστικές οδηγίες. Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται όλο αυτό το βιομηχανικό AI οικοσύστημα από τους (Peres et al, 2020), η οποία ερευνητική ομάδα τροποποίησε αυτό που προτάθηκε από τον Jay Lee.

Conceptual Framework for Industrial Artificial Intelligence Systems						
Enabling Technologies	Data Technology (DT)	Analytics Technology (AT)	Platform Technology (PT)	Operations Technology (OT)	Human-Machine Technology (HT)	
	Data Acquisition, Storage and Traceability • SQL • IoT Devices • NoSQL • Wireless Sensors • Blockchain • Data Warehouse • Data Lake	• Edge/Fog computing • Cloud computing • Statistical Analysis and BI • (Un) Supervised Learning • Semi-supervised Learning • Federated Learning • Digital Twin	• Infrastructure as a Service • Cloud as a Service • Solutions as a Service • Lifecycle management	• Dynamic Scheduling • Operational Management • Supervision Systems • Domain Knowledge Modelling • Reconfiguration	• Augmented Reality • Virtual Reality • Smart Assistants	
Challenges	Reproducibility	Availability	Data Quality	Governance	Cybersecurity	Privacy
Attributes & Capabilities	Self-Aware	Self-Optimize	Self-Predict	Reliable	Resilient	Collaborative
Design Principles	Real-time	Robustness	Decentralization	Modularity	Scalability	Interpretability
	Human in the Loop	Interoperability	Service-Orientation	Context-Awareness	Continuous Engineering	Cybersecurity
Application Areas	Process Optimization	Predictive Maintenance	Quality Control	Collaborative Robotics	Ergonomics	Workforce Training

Εικόνα 16 Το εννοιολογικό πλαίσιο για συστήματα TN στον χώρο της βιομηχανίας. Πηγή: (Peres et al, 2020)

Το πλαίσιο αυτό ουσιαστικά υπογραμμίζει όλα εκείνα τα χαρακτηριστικά και τις δυνατότητες που πρέπει να χαρακτηρίζουν αυτά τα έξυπνα συστήματα, με αρχές που εμπίπτουν στο πλαίσιο της βιομηχανίας 4.0. Αναμένεται από αυτά κάποιος βαθμός αυτονομίας και η δυνατότητα διεκπεραίωσης λειτουργιών μέσω δυναμικού επαναπρογραμματισμού. Οι τεχνολογίες αυτές μπορούν να διαχωριστούν σε πέντε κατηγορίες. (Peres et al, 2020)

### Τεχνολογία των δεδομένων (Data Technology)

Όπως περιγράφει και ο τίτλος, η τεχνολογία δεδομένων αφορά την συλλογή τεράστιου όγκου δεδομένων που παράγονται στην βιομηχανία και η ψηφιοποίηση αυτών. Υπάρχουν πολλοί τρόποι απόκτησης αυτών των δεδομένων, όπως με συσκευές συνδεδεμένες σε δίκτυο (IoT), με αισθητήρες κ.λπ, καθώς και διάφορες βάσεις που μπορούν να διατηρηθούν αυτά , όπως SQL. Τα δεδομένα αυτά μπορεί να είναι διάχυτα ή με συγκεκριμένη δομή και ταξινόμηση, προερχόμενα από διαφορετικές πηγές. Χρειάζεται να υπάρχει κάποια μορφή τυποποίησης στην απόκτηση και την μεταφορά, προκειμένου να διευκολυνθούν τα επόμενα στάδια.

Ενδεικτικές τεχνολογίες :

- IoT και Wireless Sensor Network.

Στο IoT οι αισθητήρες που συλλέγουν δεδομένα τα στέλνουν απευθείας στο δίκτυο διασύνδεσης. Μπορεί να υπάρξει ρύθμιση για την συχνότητα αποστολής δεδομένων. Το WSN είναι ένα αυτό-ρυθμιζόμενο σύστημα που επιτηρεί μέσω αισθητήρων συλλέγοντας και στέλνοντας σε έναν κεντρικό κόμβο τις πληροφορίες αυτές. (Matin & Islam, 2012)

- SQL και NoSQL (Structured Query Language και Not Only SQL) ,

Πρόκειται για βάσεις δεδομένων με δυνατότητα αποθήκευσης τεράστιου όγκου αυτών με ιεραρχική δομή και κατηγοριοποίηση σε πίνακες με στοιχεία που μπορεί να δημιουργηθούν λογικές συσχετίσεις μεταξύ τους. (Sharma & Dave, 2012)

- Data Lake και Data Warehouse.

Αποτελούν και τα δύο σημεία αποθήκευσης με διαφορετικά χαρακτηριστικά, που απευθύνονται σε διαφορετικές εφαρμογές, Το DW εξειδικεύεται σε σχεσιακά δεδομένα, όπως συναλλαγές κ.α. Η δομή έχει ήδη καθοριστεί από βάση SQL, ενώ είναι ήδη «καθαρισμένη» και έχει μετασχηματιστεί με συγκεκριμένο τρόπο, για να ακολουθήσει η ανάλυσή τους. Το DL δέχεται σχεσιακά και μη δεδομένα (δηλαδή όλων των τύπων) από διαφορετικές πηγές, όπως IoT κ.λπ, ενώ η δομή δεν έχει καθοριστεί την στιγμή της συλλογής. Επιτρέπει λοιπόν την αποθήκευση «χύμα» και διαφορετικών μεταξύ τους δεδομένων για την μετέπειτα ανάλυση μέσω ML, Big Data αναλύσεις, και πολλές άλλες επιλογές που δίνονται, δεδομένης της ευχέρειας και της ελευθερίας που δίνεται στον τύπο των δεδομένων. (aws, 2022)

### Τεχνολογία ανάλυσης (Analytics Technology)

Σε αυτό το σημείο τα δεδομένα που έχουν ήδη αποκτηθεί και αποθηκευτεί, περνούν από στάδια επεξεργασίας από το edge στο cloud, και αξιοποιούνται σε πραγματικό χρόνο, ενώ στην πορεία γίνεται χρήση της τεχνολογίας ML για να υπάρχει συνεχής βελτίωση στους υπάρχοντες μηχανισμούς αυτό – μάθησης. Το edge είναι μια μορφή υπολογιστικής κατά την οποία τα δεδομένα επεξεργάζονται στο ίδιο σύστημα, χωρίς να χρειαστεί να μεταβούν σε απομακρυσμένο κέντρο δεδομένων. Η τεχνική Edge to Cloud, χαρακτηρίζει την μεταφορά αυτών των δεδομένων σε server που δέχεται δεδομένα και από άλλες πηγές σε ξεχωριστό στάδιο και όχι εκεί που συλλέχθηκαν τα δεδομένα, για ανάλυση και αποθήκευση. (Hewlett Packard, 2022)

### Ενδεικτικές τεχνολογίες :

- Edge, Fog και Cloud computing.

Η τεχνολογία Edge, όπως φανερώνει το όνομά της, βρίσκεται στην «άκρη» ενός δικτύου IoT, στο οποίο είναι συνδεδεμένες διάφορες συσκευές, όπως αισθητήρες κ.λπ. Ο ρόλος του είναι να πραγματοποιεί υπολογισμούς και επεξεργασία δεδομένων, πριν αυτά αποσταλούν εκτός δικτύου (εάν αυτό είναι απαραίτητο βήμα). Η τεχνολογία Fog αποτελεί το ενδιάμεσο στάδιο μεταξύ του Cloud και των τελευταίων κόμβων του δικτύου, προκειμένου να διαχειριστούν κατάλληλα, να αποθηκευτούν ή να διασυνδεθούν, επιτελώντας συχνά βραχυπρόθεσμες αναλύσεις. Παρόμοια με το edge, η επεξεργασία δεδομένων συμβαίνει κοντά στο σημείο δημιουργίας αυτών, ενώ η διαφορά τους εν συντομία εμπίπτει στο γεγονός πως το fog μπορεί να βρίσκεται απομακρυσμένα και λειτουργεί ως συνδετικός κρίκος μεταξύ edge και cloud, φιλτράροντας τον τεράστιο όγκο δεδομένων που λαμβάνονται από το edge, με σκοπό να αναλύσουν και να «ξεκαθαρίσουν» τα σημαντικά δεδομένα προκειμένου να σταλούν στο cloud, σώζοντας σημαντικές «ποσότητες» χώρου, μεταξύ άλλων. Τέλος, το cloud αποτελείται από τρία διαφορετικά στάδια (ανάλογα την εφαρμογή) και προσφέρει πρόσβαση και ανάλυση δεδομένων ανά πάσα στιγμή. Οι δυνατότητες που προσφέρει είναι πολλές, όπως η δυνατότητα προβολής, αποθήκευσης, ανάκτησης, ανάλυσης, διανομής, δοκιμών και δημιουργίας λογισμικού όποτε και όσες φορές χρειαστεί ο χρήστης. (Yousefpour et al, 2019), (Posey, 2021), (Satyabrata, 2022).

- Χρήση αλγορίθμων μηχανικής μάθησης ML.

Αλγόριθμοι οι οποίοι αναλύουν τα δεδομένα σε διάφορες μορφές και με τρόπους που έχουν αναλυθεί σε προηγούμενη ενότητα.

- Στατιστικές αναλύσεις διαφόρων τύπων.

Οι στατιστικές αναλύσεις είναι απαραίτητες και στην βιομηχανία, καθώς μέσω από παρατήρησης και ανάλυσης των δεδομένων παρατηρούνται και φανερώνονται μοτίβα και τάσεις, κάτι εξαιρετικά χρήσιμο για την ερμηνεία τόσο του παρελθόντος, όσο και του μέλλοντος, μέσω προβλέψεων.

- Ψηφιακό δίδυμο (digital twin).

Αυτή η τεχνολογία αφορά την δημιουργία ενός ψηφιακού αντιγράφου που λειτουργεί ως δυναμικό μοντέλο, ενός φυσικού μηχανήματος, μιας πλατφόρμας ή ενός συστήματος. Με αυτό τον τρόπο, παρέχονται όλα τα δεδομένα από το πρωτότυπο και

δημιουργούνται χάρτες αυτού, δίνοντας την δυνατότητα ανάλυσης και δοκιμών σε πραγματικό χρόνο , ανίχνευση προβλημάτων προτού προκύψουν, διαδικασίες συντήρησης κ.α. Ουσιαστικά προσφέρει την οπτικοποίηση της συνολικής κατάστασης του πρωτοτύπου και πρώιμες ιδέες για την πορεία του και των μερών αυτού κατ' επιλογή. (Madni et al, Madni, & Lucero, 2019)

### Τεχνολογία πλατφόρμας (Platform Technology)

Σε αυτή την κατηγορία υπάρχει διασύνδεση μεταξύ όλων των διαφορετικών στοιχείων (edge, cloud, fog ) για πρόσθετη ευελιξία. Η πλατφόρμα πρέπει να διαθέτει δυνατότητες για αυτό - οργάνωση και συνδεσιμότητα, ενώ τα ζητήματα ασφάλειας αποτελούν ένα κρίσιμο σημείο διασφάλισης της ακεραιότητας και του απορρήτου του συστήματος.

*Ενδεικτικές τεχνολογίες :*

- Διαχείριση του κύκλου ζωής (lifecycle management).

Τεχνολογία που αναφέρεται στον συνολικό κύκλο ζωής ενός προϊόντος, από την σχεδίαση, την υλοποίηση, την διανομή, την επισκευή και την ανακύκλωση. Εμπριέχει τον έλεγχο και τον συντονισμό όλων εκείνων των σημείων που παίρνουν μέρος σε αυτό τον κύκλο, όπως τα συστήματα, τις διαδικασίες, τους ανθρώπους και τα επιχειρηματικά συστήματα. Πιο συγκεκριμένα, στο αρχικό στάδιο ενός προϊόντος περιέχεται η σχεδίαση, το πρωτότυπο, οι δοκιμές κ.α., καθώς και η διαδικασία παραγωγής και τα λογιστικά στοιχεία του. Στο ενδιάμεσο στάδιο είναι η διανομή μέσω δικτύων εφοδιασμού και η απαραίτητη υποστήριξη του σε θέματα συντήρησης και επισκευής. Τέλος, ακολουθούν τα λογιστικά απόσυρσης, η ανακύκλωση και διατήρηση των χρήσιμων μελών και η αποδέσμευση. (Terzi et al, 2010)

- Cloud/ infrastructure/ solution as service.

Όλα αυτά τα συστήματα αφορούν υπηρεσίες διαχείρισης της πλατφόρμας των στοιχείων διασύνδεσης σε αυτή. Αφορά υπηρεσίες on-demand του cloud που αναφέρθηκε και πρωτύτερα, όπως IaaS (Infrastructure as a service, PaaS (Platform as a service), SaaS (Solution as a service). Το πρώτο προσφέρει διάφορες υπηρεσίες, αποθήκευση, ασφάλεια και κέντρο πληροφοριών, το δεύτερο προσφέρει IaaS, λειτουργικά συστήματα, βάσεις δεδομένων, εργαλεία κατασκευής, επιχειρηματικά

μοντέλα και αναλύσεις και διαχείριση αυτών, ενώ το τρίτο προσφέρει IaaS, PaaS και εξωτερικές εφαρμογές. Οι υπηρεσίες SaaS περικλείουν όλα τα προηγούμενα στάδια, καθώς επίσης μετατρέπουν τον χρόνο σε αξία με το να προσφέρουν όλες τις πτυχές της τεχνολογίας της πληροφορίας. Γενικότερα, με το σύνολο των υπηρεσιών αυτών προσφέρεται η απαραίτητη ευελιξία που χρειάζεται μια επιχείρηση. (Microdof, 2022)

### Τεχνολογίες διαδικασιών (Operations Technology)

Η απόκτηση δεδομένων και η ανάλυση αυτών οδηγεί, μέσω συστημάτων λήψης αποφάσεων, σε πραγματική γνώση. Μέσω της γνώσης αυτής που έχει αποκτηθεί, μπορεί να γίνει μεταστροφή στην παραγωγή και τις διαδικασίες συντήρησης με βάση τα δεδομένα και όχι εμπειρικά.

*Ενδεικτικές τεχνολογίες :*

- Δυναμικός προγραμματισμός.

Προκειμένου να υπάρξει ευέλικτος προγραμματισμός και έλεγχος κατά την παραγωγή, μια βιομηχανική μονάδα χρειάζεται κατάλληλο προγραμματισμό ώστε να επιτύχει ανάθεση εργασιών ή διαδικασίες εντός των εργασιών με επαρκή τρόπο, των μηχανημάτων και γενικά όλων των πόρων. Η διαχείριση του χρόνου και των εργασιών αυτών με αποδοτικό τρόπο γίνεται συνήθως υπολογιστικά. Ένας δυναμικός προγραμματισμός εκτός από αυτά που αναφέρθηκαν, λαμβάνει υπόψη επίσης την άφιξη εξαρτημάτων, την διαθεσιμότητα των μηχανών, την αστοχία τους και πολλούς άλλους παράγοντες. Αυτό μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους, όπως με μεθόδους προσομοίωσης και με μέσα τεχνητής νοημοσύνης. (Priore et al, 2001)

- Συστήματα επίβλεψης.

Η γραμμή παραγωγής μιας εργοστασιακής μονάδας ελέγχεται για διάφορα ζητήματα που μπορεί να προκύψουν προκειμένου να διασφαλιστεί η ποιότητα και η ασφάλεια. Στα πλαίσια της έξυπνης επίβλεψης διάφορες μέθοδοι TN έχουν αναπτυχθεί που επεξεργάζονται μεγάλο όγκο δεδομένων και τα παρουσιάζουν με κατανοητό τρόπο προς τους χειριστές. (González-Marcos et al, 2013)

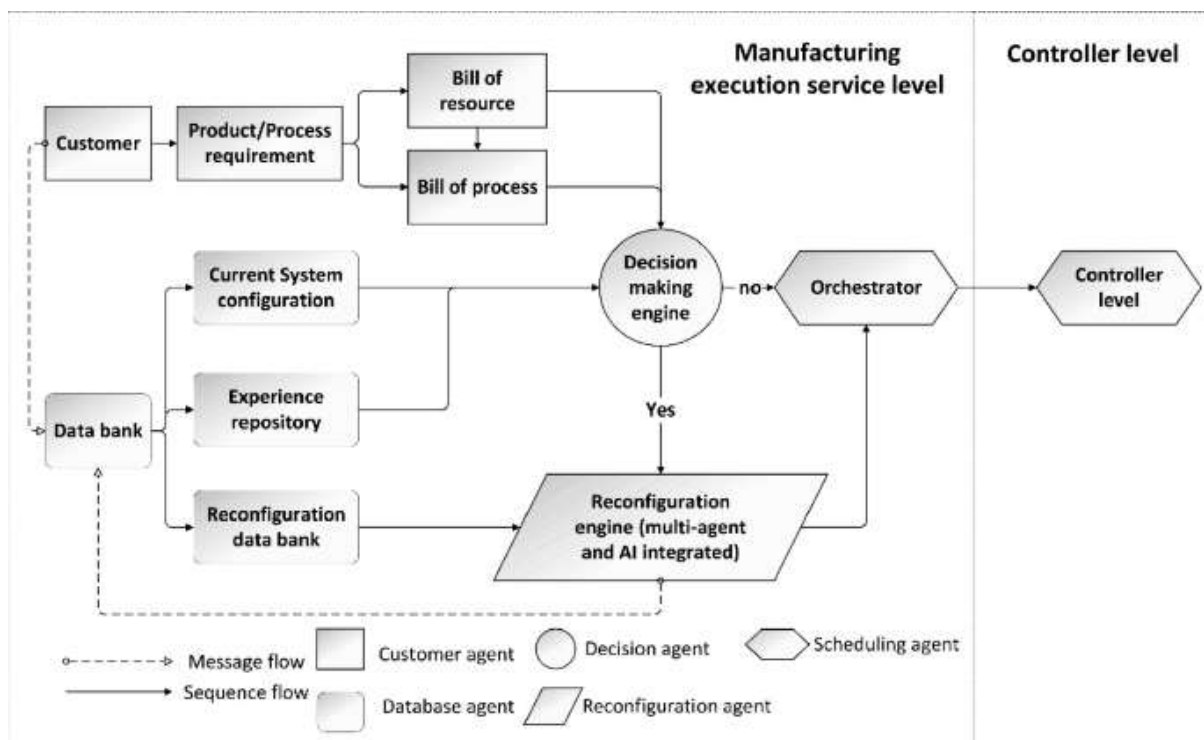
- Μοντελοποίηση με γνώσεις τομέα.



Ένα AI σύστημα είναι βασικό να αναπτύσσεται και να δοκιμάζεται συνεχώς ώστε να αποδώσει τα μέγιστα. Ειδικότερα σε διαδικασίες βασιζόμενες σε ML τεχνικές, η ειδίκευση αποτελεί τον πυρήνα της διαδικασίας. Έτσι λοιπόν, μέσω πρόσβασης στα μοντέλα και τις νεοαποκτηθείσες πληροφορίες και γνώσεις ενός συγκεκριμένου τομέα, το σύστημα αυτό μπορεί να αποδώσει εις βάθος στις απαιτήσεις που υπάρχουν. (Seddiqi, 2022)

- Αναδιαμόρφωση.

Τα διάφορα συστήματα μιας βιομηχανίας χρειάζεται να έχουν τρόπους τροποποίησης και αναδιαμόρφωσης. Σε συνδυασμό με μεθόδους TN , μια εταιρεία μπορεί να αναλύσει και να είναι σε θέση να αντιδράσει εγκαίρως σε αλλαγές που μπορεί να προκύψουν , για παράδειγμα στην ζήτηση ή την διανομή. Οι παράγοντες που περικλείονται σε αυτή την κατηγορία είναι τα διαθέσιμα συστήματα, ο χρόνος λειτουργίας πολλαπλών στοιχείων, ακολουθίες λειτουργιών και η διαχείριση υλικών και πόρων, μεταξύ άλλων. Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται μια επισκόπηση ενός συστήματος αναδιαμόρφωσης, όπως προκύπτει από το αντίστοιχο εννοιολογικό πλαίσιο. (Mo et al, 2022)



Εικόνα 17 Σύστημα αναδιαμόρφωσης. Πηγή: (Mo et al, 2022)

Η ΤΝ στην βιομηχανία συνεπάγεται στην καθοριστική αλλαγή του ρόλου του ανθρώπου την σύγχρονη εποχή. Τα έξυπνα αυτά συστήματα ενέχουν την αλληλεπίδραση με ανθρώπους, προκειμένου να αποκομίσουν στο μέγιστο τα οφέλη που προσφέρονται από την χρήση τους. Τα καταρτισμένα μέλη του ανθρώπινου δυναμικού είναι σε θέση να αναλάβουν αυτό το έργο, καθώς επίσης οι επιχειρήσεις μπορούν να εκπαιδεύσουν το εργατικό δυναμικό, ανάλογα με τα καθήκοντά τους με την κατάλληλη κατάρτιση. Με αυτό τον τρόπο, αξιοποιούνται πλήρως και αποτελεσματικά για την εκάστοτε κατασκευαστική επιχείρηση τόσο οι νέες διαθέσιμες τεχνολογίες, όσο και τα απασχολούμενα άτομα.

*Ενδεικτικές τεχνολογίες :*

- Επαυξημένη πραγματικότητα (Augment Reality).

Η μέθοδος αυτή επιτρέπει την αλληλεπίδραση του χρήστη με την πραγματικότητα της βιομηχανίας κατά ενισχυμένο τρόπο, έναντι του συμβατικού μεμονωμένου. Η AR μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην βιομηχανία με διάφορους τρόπους. Ορισμένα παραδείγματα μπορεί να είναι για την συνεχή εκπαίδευση των εργαζομένων, η απόδοση οδηγιών με έναν πιο άμεσο και αναλυτικό βήμα προς βήμα τρόπο για την διεκπεραίωση των εργασιών τους ώστε να γίνουν κατανοητά και να αποφευχθούν τυχόν λάθη, η εποπτεία των διαδικασιών και η ανίχνευση προβλημάτων σε ενεργό χρόνο και η εξασφάλιση της εργονομίας και των βέλτιστων συνθηκών εργασίας για τους εργαζομένους. (LightGuide, 2022)

- Εικονική πραγματικότητα (Virtual reality).

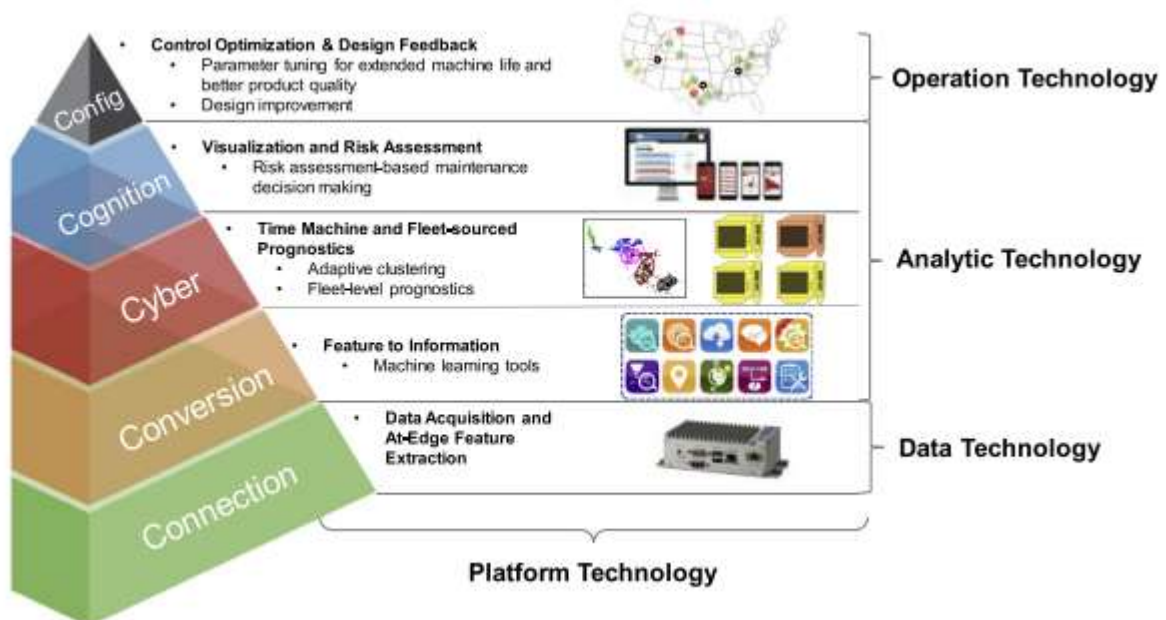
Σε αντίθεση με την AR η οποία δίνει την δυνατότητα αλληλεπίδρασης, η VR αποκόπτει τον χρήστη από το «παρόν» μεταφέροντας τον σε μια άλλη πραγματικότητα. Εξυπηρετώντας παρόμοιες λειτουργίες, είναι ιδανικό μέσο για την εκπαίδευση των εργαζομένων αλλά και για άλλες λειτουργίες, όπως έλεγχος των αποθεμάτων προς αποφυγή λαθών, λογιστικές δυνατότητες, σχεδιασμός και τοποθέτηση των στοιχείων στον χώρο του εργοστασίου κ.α.. (Brooks, 2022)

- Έξυπνοι βοηθοί.

Οι smart assistants αποτελούν εικονικούς βοηθούς ΤΝ οι οποίοι είναι προγραμματισμένοι να παρακολουθούν ή να επιτελούν συγκεκριμένες λειτουργίες όπως να «ειδοποιούν» τον χρήστη όταν χρειαστεί ή να επιτελέσουν γραμματειακές

λειτουργίες.. Αυτή η προοπτική αποδεικνύεται αποτελεσματική στα πλαίσια οικονομίας χρόνου για τα μέλη μιας επιχείρησης. (imu, 2021)

Η τεχνολογία δεδομένων και πλατφόρμας αποτελούν τις βασικές προϋποθέσεις, λόγω της αποτελεσματικής σύνδεσης των δεδομένων, κάτι ιδιαίτερα βασικό για την BTN. Τέλος, η λειτουργία και το ανθρώπινο δυναμικό αποτελούν τεχνολογίες οι οποίες ολοκληρώνουν το σύστημα αυτό, με αποτέλεσμα την πραγματική δημιουργία αξίας και διαχείρισης αυτής, μέσω των προτάσεων που συνθέτονται από διαδικασίες λήψης αποφάσεων και αποτελεσματική αξιοποίηση της αρχικής πληροφορίας. (Lee, 2020) Τα στοιχεία που αναφέρθηκαν παραπάνω δεν υπάρχουν αυτόνομα και απομακρυσμένα. Αντιθέτως, έχουν αφομοιωθεί σε CPS ως το βασικό λειτουργικό πλαίσιο ενσωμάτωσης αυτών. Τα CPS αναφέρονται ως Cyber-Physical Systems και είναι το μέσο για να επιτευχθεί η συνδεσιμότητα, η μετατροπή, η υπολογιστική, η διαμόρφωση και η γνώση. (Lee et al, 2018) Η τεχνολογία ανάλυσης μπορεί να ενσωματωθεί με την επιχειρηματική αξία και να αποτελέσει τον βασικό πυρήνα της βιομηχανικής νοημοσύνης.



Εικόνα 18 Τεχνολογίες για την υλοποίηση του CPS (Cyber-Physical System) στην βιομηχανία. Πηγή: (Lee et al, 2018)

Η αρχιτεκτονική των πέντε αυτών στοιχείων που φαίνονται και στην εικόνα, μπορεί να υποστηρίξει ένα ολοκληρωμένο έξυπνο βιομηχανικό σύστημα. Συγκεκριμένα, η συνδεσιμότητα είναι το στοιχείο που αφοσιώνεται στην απόκτηση και συλλογή των δεδομένων προχωρώντας σε διεργασίες που αυτά θα είναι έτοιμα να επεξεργαστούν. Η μετατροπή είναι η κατ' ουσία ανάλυση των δεδομένων όπου μέσα από προσεκτικό φιλτράρισμα μετασχηματίζονται τα διάχυτα δεδομένα σε υψηλής αξίας πληροφορίες. Η υπολογιστική είναι η μοντελοποίηση των δεδομένων σε περιβάλλον δικτύου. Η γνώση είναι το επίπεδο που μέσα από πολυεπίπεδα δεδομένα γίνεται εκτίμηση των πληροφοριών που έχουν αναλυθεί και προσομοιωθεί και μέσω χρήσης εργαλείων οπτικοποίησης και παρουσίασης των δεδομένων θα συμβεί η διαδικασία λήψης αποφάσεων. Τέλος, η διαμόρφωση, δεδομένων των παραγόντων που προκύπτουν από την ανάλυση, γίνεται μια προσπάθεια βελτιστοποίησης και παραμετροποίησης στις αποφάσεις που έχουν ληφθεί σε προηγούμενα στάδια, ώστε να διασφαλιστεί η πλήρης αποκόμιση των οφελών που προσφέρθηκαν. Προκειμένου να έχει επιτυχία αυτή η κατασκευή ενός έξυπνου συστήματος που θα εξυπηρετεί πλήρως τις υπάρχοντες ανάγκες, πρέπει να δίνεται βαρύτητα σε κάθε στάδιο, προκειμένου να δημιουργηθεί συστηματικά ο συνδετικός κρίκος μεταξύ της ψηφιακής πληροφορίας και του φυσικού κόσμου, σε αποφυγή από την τυφλή συσσώρευση δεδομένων και «κοντόφθαλμων» συστημάτων. (Lee, 2020)

## Ενότητα 5 – Μελέτη Περίπτωσης SIEMENS AG

### 5.1 Λίγα λόγια για την Siemens AG

Η Siemens AG είναι μια πασίγνωστη εταιρεία παγκόσμιου βεληνεκούς με πολλές εργοστασιακές μονάδες ανά τον κόσμο στο αντικείμενο της κατασκευής, των τηλεπικοινωνιών και της ενέργειας. Σχηματίστηκε το 1966 μέσω συγχώνευσης τριών άλλων εταιρειών στην Γερμανία, ενώ επένδυε από την έναρξή της έως και σήμερα στην έρευνα. Ο πρωτοπόρος ιδρυτής της ήταν ο Werner von Siemens (1816–92), ο οποίος ασχολήθηκε με τον ηλεκτρονικό εξοπλισμό, διαδίδοντας συσκευές τηλεγράφου σε όλη την χώρα. Έπειτα, τα τέσσερα αδέρφια Siemens ανέπτυξαν την εταιρεία τους με πολλαπλούς τρόπους, εισάγοντας την μαζική παραγωγή προϊόντων, συμμετέχοντας ενεργά στις επικείμενες βιομηχανικές επαναστάσεις. Οι συγχωνεύσεις που αναφέρθηκαν συνέβαιναν σταδιακά, καθώς η εταιρεία εξελισσόταν και αναπτυσσόταν, πλέον και στον ιατρικό εξοπλισμό, ενώ πάντοτε ως ανώτερος ήταν κάποιος από την οικογένεια Siemens. Ωστόσο, στην περίοδο του τρίτου ράιχ

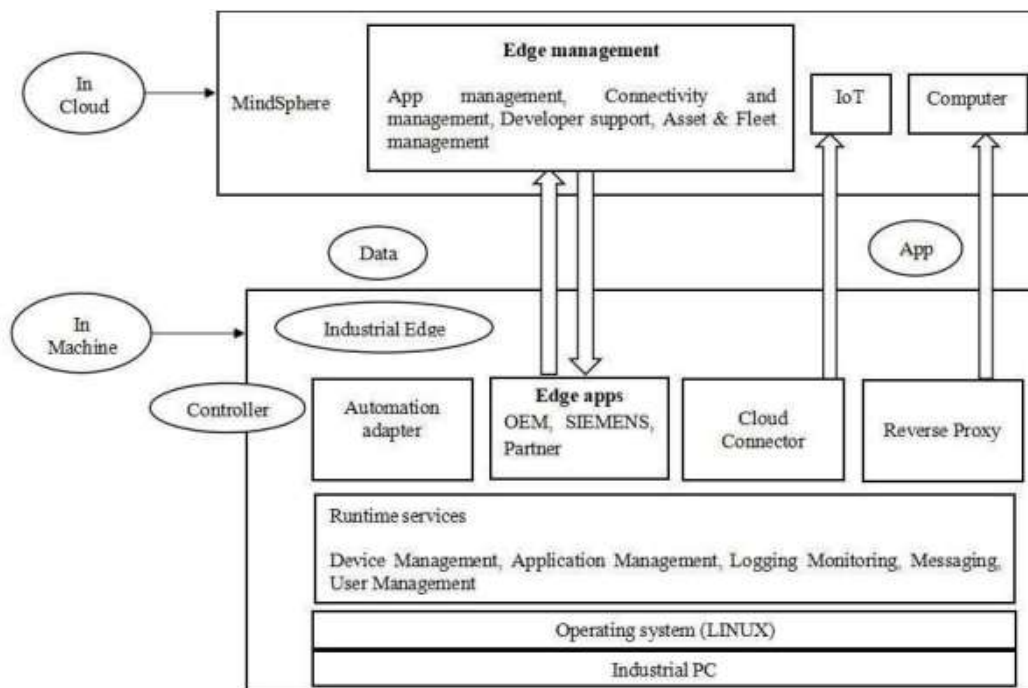
και του δευτέρου παγκοσμίου πολέμου, η εταιρεία βρέθηκε σε πλήρη συνεργασία με την φανατική τότε κυβέρνηση, έχοντας τα εργοστάσιά τους να λειτουργούν σε πλήρη ισχύ, ενώ κατηγορήθηκαν για συνθήκες εργασιακής σκλαβιάς, χρησιμοποιώντας εργατικά χέρια από ανθρώπους των κατεχόμενων χωρών. Αυτό το γεγονός οδήγησε σε απονομή κατηγοριών αλλά και απαλλοτρίωση ή καταστροφή διαφόρων μονάδων κατά το πέρας της ναζιστικής κατοχής. Κατά την ύστερη οικονομική ανάπτυξη της Γερμανίας, η Siemens κατάφερε να αναστηλωθεί και να συμμετέχει ενεργά από το 1950 και έπειτα στην Ευρωπαϊκή αγορά ηλεκτρικής ενέργειας, με αποτέλεσμα να έχει πάρει τα ηνία της το 1960. Το 1966, όπως αναφέρθηκε, συνέβη η καθολική ένωση υπό την ονομασία Siemens AG. (Britannica, 2022)

## 5.2 Τεχνολογίες αιχμής

Τα έξυπνα συστήματα στον κατασκευαστικό τομέα προσφέρουν μια πλειάδα πλεονεκτημάτων που έχουν υψηλότερη απόδοση σχετικά με τα συμβατικά συστήματα. Ένας στόχος κλειδί στην επίτευξη έξυπνου εργοστασίου προϋποθέτει την συνεργασία των ανθρώπων με τα ψηφιακά συστήματα. Η προσέγγιση των (Annanth et al, 2021) παρουσιάζει τις κυρίαρχες τεχνολογικές αιχμές της Siemens με γνώμονα της υπογράμμιση τέτοιων συστημάτων, όπως το IoT, η TN, τα Big data analytics, τα ψηφιακά δίδυμα (DT) και το CC. Η Siemens εφάρμοσε το πλάνο της για το έξυπνο εργοστάσιο συνδυάζοντας τα δεδομένα και τις διαδικασίες μέσω της μηχανικής υπό το πλέγμα της ψηφιοποίησης. Ο συνδυασμός των μεθόδων καθώς και χρήση λογισμικών όπως τα ψηφιακά δίδυμα κατά την διαδικασία παραγωγής μπορούν να την προσομοιώσουν, να την παρακολουθήσουν και να ανιχνεύσουν ζητήματα προκειμένου να γίνουν διορθώσεις και προσαρμογές. Επιπλέον, δημιουργείται ένα πλαίσιο συγχρονισμού σε όλες τις διαφορετικές διαδικασίες κατά τον κύκλο μιας βιομηχανικής μονάδας.

Το ανοιχτό IIoT (Industrial IoT) βασισμένο στο CC εισήχθη από την Siemens το 2016 μέσω του Mindsphere δίνοντας την δυνατότητα ολοκληρωμένης σύνδεσης των φυσικών μηχανημάτων με τον ψηφιακό χώρο. Οι προκλήσεις που επήλθαν αντιμετωπίστηκαν επιτυχώς, με το λογισμικό αυτό πλέον να επιδεικνύει μια κατάλληλη διαδικασία λήψης αποφάσεων με διαφάνεια και ψηφιακή προσέγγιση. Το Mindsphere είναι μια πρωτοπόρα και δημοφιλής λύση IoT με βάση το cloud η οποία διατίθεται πλέον μέσω σημαντικών προμηθευτών στον χώρο της ψηφιακής αγοράς, όπως παράδειγμα το AWS της

Amazon. Η εξέλιξη αυτού του προϊόντος έγινε με γόμωνα τις σύγχρονες ανάγκες καθώς και την επιθυμία να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις των καταναλωτών. Σε αυτό το ταξίδι τελειοποίησης, διάφοροι κόμβοι ψηφιοποίησης της Siemens με την συνεργασία ειδικών από διάφορα τμήματα λειτούργησαν με σκοπό την ανάπτυξη και βελτιστοποίηση του Mindsphere, το οποίο αποτέλεσε το μέσο, προκειμένου να ψηφιοποιήσει τις υποδομές της. Το βιομηχανικό edge σε συνδιασμό με το CC, σε συνέχεια της ολοκληρωμένης διασύνδεσης με IIoT, δίνει την δυνατότητα εξέτασης και διαχείρισης των δεδομένων μέσω υπολογιστικών λειτουργιών, αποθήκευσης και άλλων πόρων σχετικών με το δίκτυο, μεταξύ του στοιχείου που αποσπάται η πληροφορία και του cloud. Με αυτό τον τρόπο, η Siemens έχει μειώσει δραματικά τα λάθη στα εργοστάσιά της, καθώς επίσης διατηρεί ταυτόχρονα πολλές γραμμές παραγωγής χωρίς αστοχία κατά την διαδικασία. Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται η λύση για αποφυγή διακοπής των λειτουργιών λόγω υποχρεωτικής συντήρησης ή επισκευής λόγω αστοχίας, γήρανσης ή απλά αντικατάστασης παράδειγμα φίλτρων. Το πλάνο αυτό δημιουργήθηκε προκειμένου να προβλέπει τους χρόνους διακοπής και τον αυτόματο προγραμματισμό συντήρησης.

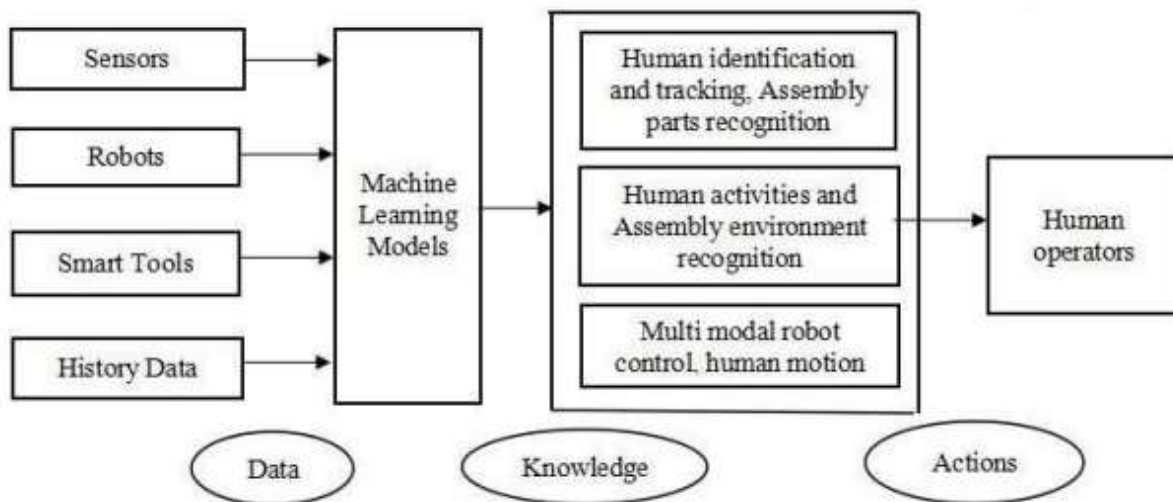


Εικόνα 19 Το βιομηχανικό σύστημα Edge της Schmalz Siemens. Πηγή: (Annanth et al, 2021)

Ως εκ τούτου, η χρήση συστημάτων TN και ML αποτέλεσε μια ακόμη μέθοδο του πλάνου ψηφιοποίησης της Siemens, με τρόπο που φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα. Ένα σύστημα εφαρμογής αυτών συναντάται στην κυβερνοασφάλεια και μπορεί να αντιμετωπίσει 60000 απειλές το δευτερόλεπτο. Επιπλέον, ανέπτυξε και συστήματα AI & ML τα οποία



δίνουν τον έλεγχο λειτουργίας μηχανημάτων στο ζήτημα εκπομπής μέσω προσαρμόσιμες βαλβίδες , αναλογικά με τις αντίστοιχες καιρικές συνθήκες.



Εικόνα 20 Ο ρόλος του ML στην έξυπνη βιομηχανία. Πηγή: (Annanth et al, 2021)

Η αυτοματοποίηση είναι ένας ακόμη σημαντικός άξονας που συναντάται στην Siemens, καθώς αυτή ανέπτυξε το TIA (Totally Integrated Automation) με σκοπό την σύζευξη συστημάτων προσομοίωσης, διάφανου χειρισμού και εξελιγμένης μηχανικής. Ο κυριότερος λόγος που το TIA θεωρείται στην Siemens ο πυρήνας της αποτελεσματικής αυτοματοποίησης είναι λόγω της μείωσης του χρόνου που δαπανάται από μηχανικούς, καθώς παρέχει μια πύλη διαλειτουργικότητας. Συγκεκριμένα, διάφορες αναφορές δείχνουν την επιτυχία του TIA με την Audi AG, μια ιδιαίτερα γνωστή κατασκευαστική οχημάτων, να σημειώνει μειώσεις ως και 10% συνολικά σε μειώσεις μηχανικού κόστους, ενώ ένα παράρτημά της σημείωσε εξοικονόμηση ενέργειας της τάξεως του 25%.

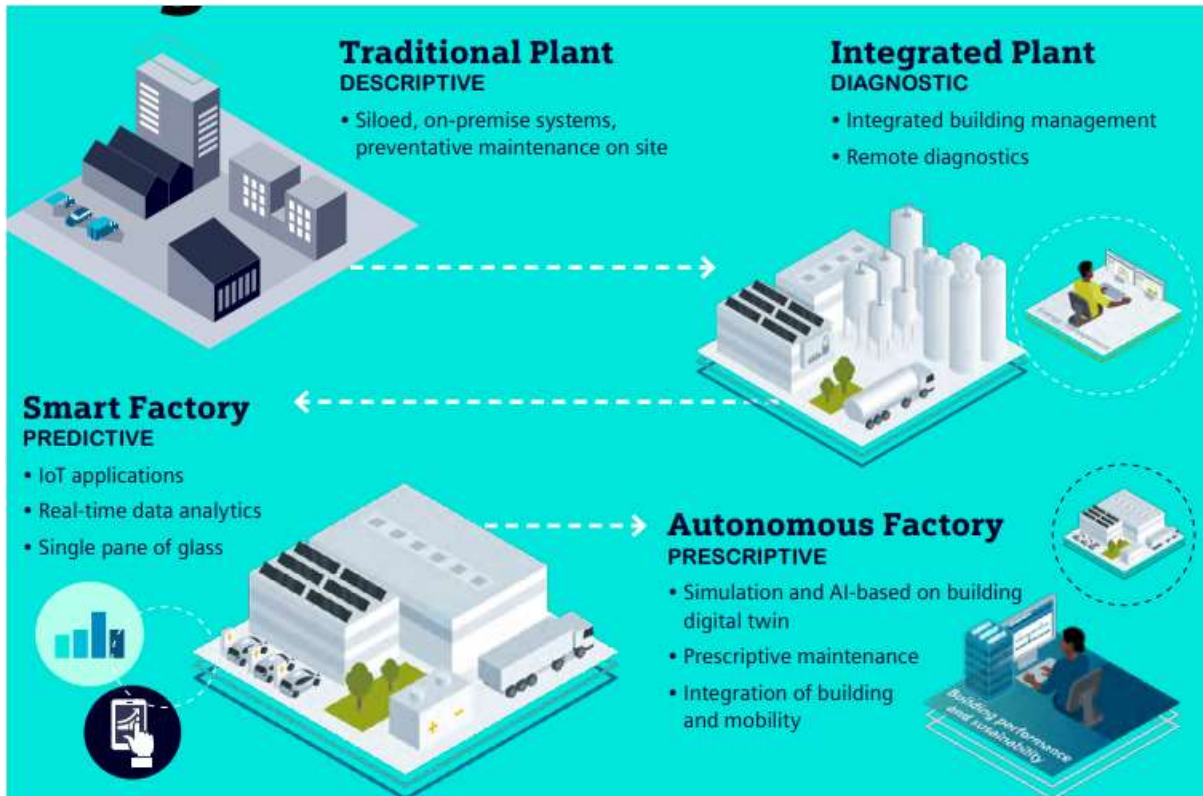
Κατά την κατασκευή περίπλοκων διαδικασιών και προϊόντων η μέθοδος των ψηφιακών διδύμων είναι ιδιαίτερα χρησιμοποιούμενη. Η πρωτοβουλία της Siemens να αναπτύξει και να χρησιμοποιεί αντίστοιχο λογισμικό έγκειται στο γεγονός πως μπορεί να εκτιμηθεί λεπτομερώς η αστοχία των μηχανημάτων και της παύσης για επισκευή. Κατ' επέκταση, η ποιοτική ανάλυση μπορεί να διαχειρίζεται πάνω από 500 διαφορετικές μεταβλητές που σχετίζονται με την παραγωγή, μέσω στοιχείων μοντελοποίησης. Ως εκ τούτου, δίνεται το πλεονέκτημα της στενής παρακολούθησης του εξοπλισμού, δίνοντας στοιχεία για συγκεκριμένες κατευθύνσεις τροποποίησης, καθώς και αποφυγή μελλοντικών ζητημάτων που μπορούν να προκύψουν, διασφαλίζοντας έτσι μια ποιοτική διαδικασία. Το στοιχείο πρόβλεψης αστοχίας ή ορθής λειτουργίας είναι ιδιαίτερα σημαντικό, καθώς η διακοπή για συντήρηση ή η περίπτωση δυσλειτουργίας και καταστροφής εξαρτημάτων του

εξοπλισμού αποτελούν μια κοστοβόρα και χρονοβόρα διαδικασία για τις γραμμές παραγωγής. Συμπερασματικά, η δυνατότητα διάγνωσης για τα εργοστάσια της Siemens είναι ένα χαρακτηριστικό που δεν μπορεί να αγνοηθεί. Η μονάδα Bausch + Ströbel στην Γερμανία έχει καθιερώσει την μετάβαση στην ψηφιακή λύση που προσφέρεται από την τεχνολογία των digital twins μέσω ενός ολοκληρωμένου κύκλου παραγωγής, από την διαδικασία παραγωγής ως και την ανάπτυξη περαιτέρω καινοτομιών στις μονάδες.

### 5.3 Το έξυπνο εργοστάσιο, κατά την Siemens

Το ψηφιακό ταξίδι προς μια σύγχρονη βιομηχανία είναι γεμάτο προκλήσεις αλλά και ευκαιρίες, γεγονός που η Siemens γνωρίζει πολύ καλά. Η προσπάθεια τήρησης ενός χρονοδιαγράμματος μέσω συσκευών IoT, λειτουργίες διαφάνειας των διαδικασιών και η χρήση δεδομένων πραγματικού χρόνου, αποτελεί μια τέτοια κατάκτηση. Ως εκ τούτου, μια τέτοια μονάδα πλαισιώνεται από ασφαλές περιβάλλον για τους εργαζόμενους, της διασφάλιση της ποιότητας, την σαφή πρόβλεψη διαδικασιών συντήρησης, την εξοικονόμηση πόρων και ενέργειας και φυσικά την ομαλή ροή των γραμμών παραγωγής. Η απόφαση στην ψηφιακή μετάβαση είναι ένα γεγονός της εποχής μας τόσο για τις ηγετικές πολυεθνικές όσο και για τις μικρότερες επιχειρήσεις. Το έξυπνο εργοστάσιο της Siemens είναι ο κυριότερος στόχος για όλα τα μέλη της εταιρείας η οποία χρησιμοποιεί αλλά και παρέχει τις τελευταίες τεχνολογικές καινοτομίες. Εστιάζει σε όλα αυτά τα καίρια σημεία μέσω συγκεκριμένου οράματος, προγραμματισμού και επένδυσης σε αυτό. Το έξυπνο εργοστάσιο είναι το αυτόνομο εργοστάσιο κατά την Siemens, και η διαδικασία επίτευξης αυτού φαίνεται στην παρακάτω εικόνα, καθώς και τα θεμελιακά του στοιχεία σε αυτή που ακολουθεί.





Εικόνα 21 Η σταδιακή μετάβαση στο έξυπνο εργοστάσιο. Πηγή: (Siemens - whitepaper, 2022)



Εικόνα 22 Οι πτυχές του έξυπνου εργοστασίου της Siemens. Πηγή: (Siemens - whitepaper, 2022)

Το περιβάλλον που δημιουργείται αποτελείται από συνθήκες εργασιακής ασφάλειας, σταθερής ηλεκτροδότησης, ενεργειακής διαχείρισης, κατασκευαστικής ασφάλειας, ψηφιακού ελέγχου και προστασίας, διαθέσιμα backup, συσκευές και συστήματα λειτουργίας Cloud κ.α.. (Siemens - whitepaper, 2022)

## 5.4 Διαθέσιμες τεχνολογίες TN

Ο συνεχής ποιοτικός έλεγχος και η παρακολούθηση των διεργασιών αποτελεί ένα καίριο σημείο στην κατασκευή προσθέτων μέσω εκτύπωσης 3D. Η κατασκευή εξαρτημάτων περιέχει διαδικασίες όπως την επίστρωση μετάλλου σε μορφή σκόνης στο αντίστοιχο καλούπι και την επιβολή τήξης μέσω δέσμης laser, ώστε στην συνέχεια να προστεθεί επιπλέον στρώμα. Η συγχώνευση πολλαπλών τέτοιων στρωμάτων δίνει το τελικό αποτέλεσμα. Μια τέτοια διαδικασία απαιτεί προσοχή ενώ επίσης διαρκεί μεγάλα χρονικά διαστήματα. Ως εκ τούτου, το αποτέλεσμα μιας τόσο προσεκτικής εργασίας προσφέρει το αντίστοιχο αποτέλεσμα. Για την βέλτιστη ροή χωρίς περιττή απώλεια χρόνου ή υλικού, θα πρέπει να υπάρχει δυνατότητα διακοπής της, προκειμένου να ανιχνευτούν τυχόν λάθη και αστοχίες. Ο έλεγχος κατά την διάρκεια της εκτύπωσης δεν ήταν κάτι εφικτό, παρά μόνο η διαδικασία δοκιμής του τελικού αποτελέσματος για το εάν πληροί το προσχέδιο. Η Siemens εφαρμόζει την δικιά της λύση μέσω καιριών συστατικών τα οποία είναι μια Siemens κάμερα, ένας αλγόριθμος και φυσικά το βιομηχανικό Edge. Αυτά τα συστατικά προσφέρουν την δυνατότητα ελέγχου και παρακολούθησης σε κάθε στάδιο της εκτύπωσης, καθώς τα δεδομένα συλλέγονται και είναι εμφανή στο smartphone του υπευθύνου σε πραγματικό χρόνο. Ο ακριβής τρόπος λειτουργίας αναλύεται στην συνέχεια. Μια κάμερα SIMATIC MV560 λαμβάνει φωτογραφίες από τα στρώματα επικάλυψης. Έπειτα, ένας αλγόριθμος ML αναλύει την εικόνα καθώς την σαρώνει για τυχόν αστοχίες κατά την κατασκευή. Προφανώς αυτός ο ML αλγόριθμος έχει δεχθεί ως εισαγωγές τις κλίμακες με τα επιθυμητά αποτελέσματα, καθώς και ένα φάσμα από αστοχίες και άλλες παραμέτρους, ώστε να «καταλάβει» το σωστό αποτέλεσμα ή τον βαθμό απόκλισης από αυτό, σύμφωνα με τα πρωτότυπα σχέδια. Για κάθε μια από αυτές τις επιστρώσεις, το σύστημα αυτό καθορίζει την αντίστοιχη τιμή ποιότητας με αριθμητικό τρόπο. Η βαθμολογία αυτή ή το σύνολο της βαθμολογίας των επιστρώσεων αποστέλλεται στην πλατφόρμα επιλογής του ατόμου που είναι υπεύθυνος για την διαδικασία, συνήθως υπό την μορφή γραφήματος, ο οποίος είναι σε θέση να αποφασίσει εάν πρέπει να επέμβει στην διαδικασία παραγωγής ή να την διακόψει. Με αυτό τον τρόπο γίνεται εμφανής η εξοικονόμηση τόσο σε υλικά (ταυτόχρονα και σε οικονομικά), όσο και σε χρονικά αποθέματα, καθώς το προϊόν που κατασκευάζεται με σφάλματα, δεν θα ολοκληρωθεί για να απορριφθεί στον τελικό του έλεγχο, αντιθέτως θα ανιχνευθεί εγκαίρως. Επιπλέον, στα πλαίσια διατήρησης επαρκούς ελέγχου, το σύστημα



Το ακρωνύμιο PLC παραπέμπει στο Programmable Logic Controller. Το οικοσύστημα αυτού παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 24 Οικοσύστημα του SIMATIC PLC. Πηγή: (Siemens, 2023)

Στην σχεδίαση και την αρχιτεκτονική διατίθεται μια γκάμα διαφορετικών επιλογών, ανάλογα με την εργασία. (μικρό χειριστήριο, συμπιεσμένο, κατανεμημένο, υψηλής απόδοσης, μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή και ενσωματωμένης μονάδας δίσκου). Ως προς τις λειτουργίες του χωρίζεται σε κίνησης, αναγνώρισης σήματος, ελέγχου, καταγραφής, τεχνητής νοημοσύνης και υπολογιστικής Edge. Το SIMATIC S7-1500 TM NPU είναι το προτεινόμενο AI εργαλείο, καθώς έχει τις εξής δυνατότητες. Μέσω NN μπορεί να αναγνωρίζει πολύπλοκα μοτίβα ενώ με ML ξεδιαλύνει τις εισαγωγές, «κατανοώντας» άγνωστα στοιχεία. Με αυτό τον τρόπο εξοικονομείται χρόνος από την διαδικασία μάθησης αντικειμένων και εξαρτημάτων. Αυτό το σύστημα μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί και σε ποιοτικό έλεγχο μέσω εικόνας, καθώς το NN ανιχνεύει εικονικά τα δεδομένα, και αυτά διαχειρίζονται σύμφωνα με δοσμένα πρωτόκολλα και πρότυπα, προκειμένου να διασφαλιστεί η ποιότητα της παραγωγής. Αυτή η μέθοδος είναι αξιόπιστη, ελαττώνει τα λάθη καθώς επίσης επιτελεί αυτές τις διαδικασίες με πολύ μεγαλύτερη ταχύτητα από συμβατικούς τρόπους. Τέλος, είναι κατάλληλο και για ποιοτικό έλεγχο της εκτίμησης άλλων δεδομένων κατά την παραγωγή, όπως η πίεση, η θερμοκρασία, η επιφάνεια και άλλες πληροφορίες που δίνονται μέσω αισθητήρων.



(Siemens, 2023) Το TM MFP έχει σχεδιαστεί ώστε να υποστηρίζει το βιομηχανικό Edge, δεχόμενο διαφορετικές και αυτόνομες εφαρμογές σε γλώσσες υψηλού επιπέδου, ικανό να μετατρέψει τα διάφορα πρωτόκολλα, να συνδέσει βάσεις δεδομένων κ.α. (Siemens, 2023) Κάθε μια τέτοια εφαρμογή συνοδεύεται και με μια πλειάδα παροχών, εκτός των δυνατοτήτων που αντιπροσωπεύει. Συγκεκριμένα, παρέχεται διάγνωση σφαλμάτων, εγγύηση και προστασία του εξοπλισμού σε φυσικό αλλά και σε ψηφιακό επίπεδο (κυβερνοασφάλεια) καθώς και αφθονία – διαθεσιμότητα. Η αποδοτική ρύθμιση και διαχείριση κάθε επιπέδου και επιμέρους τμήματος του αυτοματισμού μαζί με άλλες δυνατότητες προσφέρεται από μια πύλη TIA, κάτι που απλουστεύει κατά πολύ την διαδικασία συντονισμού με τρόπο γρήγορο και βολικό για τους χρήστες. (Siemens, 2023)

### SIMATIC IPC

Αυτά τα συστήματα έχουν παρόμοια λειτουργία με τα PLC που συζητήθηκαν, με την λεπτομέρεια πως διαθέτουν καλύτερες τεχνικές προδιαγραφές, καθώς έχουν καλύτερους επεξεργαστές και χωρητικότητα μνήμης. (Therma, 2021) Τα SIMATIC διατίθενται σε μια πλειάδα επιλογών, ανάλογα με τον σκοπό χρήσης τους. Ενδεικτικά αναφέρονται τα κουτιά που συνδέονται με εξωτερική οθόνη, ιδανικά να καλύψουν τις ανάγκες μιας απαιτητικής μονάδας τα μικρότερα πάνελ ενσωματωμένης οθόνης ή ταμπλετ τα οποία είναι φορητά και δίνουν στον χειριστή πρόσβαση και έλεγχο στις διαδικασίες ανά πάσα στιγμή και από οπουδήποτε, οι μονάδες που επισυνδέονται με διάφορες θήρες IoT, αυτά που φιλοξενούν ιδιαίτερο λογισμικό ή προγράμματα TN και ειδικές κατασκευές για ιδιαίτερους χώρους ή συνθήκες εργασίας. (Siemens, 2023)

### SIMATIC HMI

Το ακρωνύμιο HMI προέρχεται από τις λέξεις Human Machine Interface, το οποίο εξηγεί από μόνο του την τεχνολογία που χρησιμοποιεί και προσφέρεται από την Siemens. Πρόκειται για έξυπνα αυτόματα συστήματα τα οποία οπτικοποιούν ακόμη και ιδιαίτερα περίπλοκες διαδικασίες βιομηχανικής χρήσης. Παρέχουν απομακρυσμένο έλεγχο και αποδοτική παρακολούθηση για ένα εύρος εφαρμογών τόσο σε θέματα λογισμικού όσο και σε μηχανήματα του εξοπλισμού. (Siemens, 2023)

Στα πλαίσια αυτής της τεχνολογίας είναι διαθέσιμα τα SIMATIC Energy Manager και SIMATIC WinCC V7. Το λογισμικό ενεργειακού ελέγχου συμμορφώνεται σύμφωνα με τα πρότυπα του ISO 50001, καθώς επίσης προσφέρει ένα εύρος δυνατοτήτων πέρα από την μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης. Συγκεκριμένα, συνδέει τα δεδομένα κατανάλωσης με της παραγωγής, παρουσιάζει την συνολική ενέργεια που απαιτείται για την παραγωγή ενός προϊόντος, υπολογίζει και επιστρέφει την πιο αποδοτική διαδικασία για την παραγωγή του, καθώς επίσης συγκρίνει και επεξηγεί τις διαθέσιμες «ενεργειακές οδούς» για αυτήν την παραγωγή. Η ευελιξία στην χρήση και η αποτελεσματικότητα των δεδομένων τέτοιων εφαρμογών αποτελεί μια αυτοματοποιημένη προσέγγιση απαραίτητη για κάθε έξυπνο εργοστάσιο, καθώς επιτελεί τις καίριες αυτές λειτουργίες. Δηλαδή, αφενός δίνει την εικόνα της ενεργειακής κατανάλωσης μιας μονάδας προκειμένου να εμπίπτουν στα θεσμικά ISO που πρέπει να εφαρμόζονται, αφετέρου προσφέρει εξατομικευμένη γνώση για την πορεία παραγωγής με σκοπό οι πληροφορίες αυτές να χρησιμοποιηθούν για εξοικονόμηση ενέργειας και κατ' επέκτασιν χρημάτων και εκπομπής ρύπων ή άλλων περιβαλλοντικών ζητημάτων. Το SIMATIC WinCC V7 υπόσχεται εύκολη εφαρμογή στα μηχανήματα και τα δεδομένα σύμφωνα με τις απαιτήσεις του έξυπνου εργοστασίου. Συγκεκριμένα προσφέρει

- Αποδοτικότητα μέσω μηχανικής και υψηλής απόδοσης σε θέματα λειτουργικότητας και έξυπνης ανάλυσης των διαδικασιών παραγωγής. Ο διεθνής ανταγωνισμός έχει θέσει τα επίπεδα της μηχανικής σε υψηλό πήχη. Ως εκ τούτου, ο χρόνος και το κόστος αποτελούν ιδιαίτερα σημαντικές πτυχές που μέσω της τεχνολογίας αυτής βρίσκουν λύση, μέσω ελαχιστοποίησης των χρόνων παύσης λειτουργιών. Συνοπτικά τα οφέλη είναι η διαχείριση των δεδομένων, τα κανάλια επικοινωνίας, η δημιουργία δυναμικών τρόπων απεικόνισης, η εύκολη παραμετροποίηση απόκτησης δεδομένων και ποιοτικής ανάλυσης, ασφάλεια και ικανότητα χρήσης οπουδήποτε.
- Επεκτασιμότητα, καθώς υποστηρίζει την χρήση στατικών ή κινητών συστημάτων ανεξαρτήτως της πολυπλοκότητας των απαιτήσεων. Η οπτικοποίηση των διαδικασιών είναι ιδανικό να είναι επεκτάσιμη χωρίς τεχνολογικές ασυνέχειες, δίχως τις απαιτήσεις αναδιαμόρφωσης, με επεκτάσεις η οποίες επιτρέπουν την ακριβή και πλήρη προσαρμογή στις απαιτήσεις μιας συγκεκριμένης βιομηχανίας. Με αυτή την τεχνολογία προσφέρεται ένα εύρος επιλογών, όπως την εξοικονόμηση κόστους ενός χειριστή ή επέκτασης σε πολλαπλές θέσεις παρακολούθησης, απόδοση και

επιλογές επέκτασης του server, ο επιθυμητός συγχρονισμός, ανοιχτά συστήματα με δυνατότητα επέμβασης και αλλαγής και άλλες web επιλογές.

- Καινοτομία, καθώς ο χειριστής μπορεί να ρυθμίσει, να διαχειριστεί και να παρουσιάσει τα δεδομένα όπως αυτός επιθυμεί. Η χρήση αυτού του λογισμικού επιτρέπει την παρακολούθηση αλλά και τον έλεγχο, εάν είναι απαραίτητο, πολλών μονάδων ταυτόχρονα από οπουδήποτε. Επιπλέον, προσφέρεται αυτονομία, ευελιξία στον τρόπο παρακολούθησης και ελέγχου, εύστοχες αναλύσεις και διαισθητικές έννοιες ελέγχου του πάνελ.
- Διαφάνεια, σύμφωνα με τα δισθενή πρωτόκολλα. Αυτό συνεπάγεται την συμβατότητα του συστήματος με όλα τα λογισμικά Windows κ.α. κάτι που δίνει την ελευθερία επιλογής hardware, καθώς αυτό το στοιχείο δεν είναι δεσμευτικό. (Siemens AG, 2021)

## 5.5 Η περίπτωση της Coca - Cola

Η μονάδα της Coca -Cola στο Edelstal της Αυστρίας κατάφερε να ρυθμίσει την ενεργειακή της κατανάλωση μέσω των τεχνολογιών που αναφέρθηκαν, ειδικότερα με το SIMATIC Energy Manager και το SIMATIC WinCC V7 . Αυτή η ιστορία επιτυχίας βασίζεται στην συνεχή παρακολούθηση της τρέχουσας κατάστασης κάτι που είχε ως αποτέλεσμα την αποτροπή περιττών παύσεων των εργασιών για λόγους συντήρησης, την μείωση στην κατανάλωση νερού και αποβλήτων και την ρύθμιση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Η εταιρεία αυτή διαθέτει μια από τις ταχύτερες γραμμές παραγωγής της παγκόσμιας βιομηχανίας. Το αξιοθαύμαστο γεγονός είναι πως ταυτόχρονα αυτή η γραμμή παραγωγής είναι ενεργειακά αποδοτική. Συγκεκριμένα, γεμίζονται 45.000 μπουκάλια την ώρα, δηλαδή 12 το δευτερόλεπτο. Επιπλέον, η χρήση άλλων μέσων για τον καθαρισμό αυτών πριν το γέμισμά τους με το αναψυκτικό, μειώνει κατά πολύ τα επίπεδα χρήσης νερού. Ταυτόχρονα με την αναβάθμιση αυτή, τα συστήματα προβλέπουν την βέλτιστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας με αποτέλεσμα την μείωση έως και 8%. Για τα επίπεδα μιας μεγάλης βιομηχανίας όπως την Coca -Cola, αυτοί οι αριθμοί δεν είναι καθόλου αμελητέοι, ειδικότερα στο σημείο που συνδυάζονται με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Η εταιρεία ήδη είχε αναπτύξει το δικό της σύστημα διαχείρισης, μα ήταν ιδιαίτερα περιορισμένο σχετικά με τους στόχους που είχαν τεθεί από τα υψηλόβαθμα στελέχη, οπότε ανέτρεξαν σε μια διαθέσιμη λύση στην αγορά, καταλήγοντας στο προϊόν της Siemens. Αρχικά, με την χρήση του WinCC

V7 ώστε να οπτικοποιήσουν τα δεδομένα της διαδικασίας παραγωγής και έπειτα στράφηκαν στο SIMATIC Energy Manager Pro για ολιστική διαχείριση της ενεργειακής τους κατάστασης, μένοντας ιδιαίτερα ικανοποιημένοι από την ευελιξία και την επεκτασιμότητα. Τα δεδομένα κατανάλωσης συλλέγονταν μέσω του συστήματος Simatic ET 200SP system καθώς διατίθενται ενσωματωμένες διάφορες λειτουργίες μέτρησης για διαφορετικά στοιχεία και στην συνέχεια αποστέλλονται στο κύριο λογισμικό επεξεργασίας, το οποίο συνδέεται με τα δεδομένα παραγωγής και παρέχει μια λεπτομερή ανάλυση. Οι αναλύσεις αυτές διατίθενται ανά πάσα στιγμή σε μικρό χρονικό διάστημα, χωρίς την ανάγκη πρόσληψης συμβούλων ή ειδικών λογισμικού, δίνοντας εξολοκλήρου αυτονομία στον χειρισμό. Τα συστήματα διαχείρισης και η συνεχής ενημέρωση του προσωπικού έφεραν την Coca- Cola σε μια επιτυχή θέση μείωσης των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα με μειώσεις ως και 50% σε μια δεκαετία.

Η αυτοματοποίηση των διαδικασιών σε θέματα συντήρησης έπαιξε έναν επιπλέον ρόλο στην ενεργειακή σπατάλη. Συγκεκριμένα, οι μετρήσεις στην ροή των διεργασιών μπορούν να αναδείξουν προβλήματα διαρροών και άλλων ζητημάτων τα οποία εφόσον ανιχνεύονται και επιδιορθώνονται γρήγορα, σώζουν πόρους, χρήματα και χρόνο, καθώς η ζημιά δεν επεκτείνεται. Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενα κεφάλαια, ένα βασικό συστατικό επιτυχίας όλων αυτών των επιτευγμάτων προέρχεται από την ενσωμάτωση έξυπνων συστημάτων και ιδιαίτερα της TN στις βιομηχανικές λειτουργίες. (Siemens - Coca cola, 2022) Γενικότερα, τα συστήματα της Siemens στον τομέα της στοχευμένης συντήρησης υπόσχονται έως και 15% αύξηση της διαθεσιμότητας της γραμμής παραγωγής, 25% μείωση σε παρελκόμενα κόστη και μέχρι και 20% αύξηση στον χρόνο ζωής του εξοπλισμού, μέσω άμεσης ανίχνευσης των εξαρτημάτων που χρειάζονται service. (Siemens AG, 2022)

## Ενότητα 6 – Συμπεράσματα

Η συνεχής τεχνολογική εξέλιξη του ανθρώπινου είδους βασίζεται στην ανάγκη επίλυσης προβλημάτων ώστε να αυξάνεται ποιοτικά το επίπεδο ζωής. Τεχνολογίες νοούνται τόσο η ανακάλυψη και χρήση του τροχού, όσο και η ενσωμάτωση καινοτομιών στην βιομηχανία. Ένας σπουδαίος άξονας επίτευξης άρσης των εμποδίων είναι επίσης η εκμετάλλευση της ενέργειας, η οποία είναι η κινητήρια δύναμη της βιομηχανίας, όπως μας δίδαξαν οι βιομηχανικές επαναστάσεις. Ένας άλλος σπουδαίος άξονας αποτελεί η χρήση



αποδοτικών εργαλείων για την δημιουργία συστημάτων τα οποία θα είναι υψηλής υπολογιστικής ισχύς διεκπεραιώνοντας λειτουργίες σαν άνθρωποι, πολλές φορές και καλύτερα. Τέλος, η συλλογή και διαχείριση της πληροφορίας καθώς και η επικοινωνία είναι ο πυλώνας της βιομηχανικής εξέλιξης που διέπει την σύγχρονη εποχή. Αυτοί οι άξονες συνεχίζουν να χρήζουν βελτίωση ως και σήμερα, κάτι που είναι ιδιαίτερα κατανοητό, για αυτό τον λόγο δίνεται ιδιαίτερη βαρύτητα στην περαιτέρω ανάπτυξή τους, τόσο μέσω στοιχειοθέτησης των αρχών και την δημιουργία πλάνων, όσο και μέσω έρευνας σε διάφορα επίπεδα, μέσω σύζευξης πεδίων όπως η μηχανική και ο προγραμματισμός .

Έγινε σαφές πως κατά την τέταρτη βιομηχανική επανάσταση, την οποία διανύουμε, διάφορες τέτοιες τεχνολογίες έχουν αναδειχτεί και η βιομηχανία ως σύνολο τις πλησιάζει άλλοτε επιφυλακτικά και άλλοτε ως το σημείο επιθυμητής υπέρβασης σε ένα ανώτερο επίπεδο που δίνει την λύση. Η βασική ανάγκη πλέον είναι η μετάβαση και η λειτουργικότητα σε έναν ψηφιακό χώρο που θα επιδρά άμεσα στον φυσικό. Το IoT είναι το εργαλείο ένωσης μεταξύ αυτών των δύο τόπων, συνδέοντας τα μηχανήματα με τους ανθρώπους, ο αυτοματισμός παρέχει την αυτονομία των διαδικασιών, η τεχνητή νοημοσύνη «σκέφτεται» σαν άνθρωπος στις συγκεκριμένες λειτουργίες που προγραμματίζεται να επιτελέσει, τα ρομπότ εκτελούν μηχανιστικές διαδικασίες με άψογη ακρίβεια, το cloud είναι το σημείο συνένωσης τεράστιων όγκων δεδομένων και η ανάλυσή τους χτίζει τις συνθήκες του αύριο. Αυτές είναι μόνο μερικές από τις επιλογές που διατίθενται στην σύγχρονη βιομηχανία, προκειμένου να ενσωματωθούν στην ιδέα του έξυπνου εργοστασίου. Ερευνώντας την πυκνή βιβλιογραφία για τους διαθέσιμους αυτούς τρόπους εξυγχιονισμού , προκύπτει το συμπέρασμα πως τα έξυπνα συστήματα είναι απαραίτητα για κάθε επίπεδο του βιομηχανικού κύκλου, καθώς έρχονται ως απάντηση στα καιρία εμπόδια που έχουν σχηματιστεί κατά το παρελθόν. Επιπλέον, εμφανίζεται η ανάγκη για σταθερότητα, αρμονία μέσω ήδη προγραμματισμένων λειτουργιών, την απόκτηση και κατανόηση της πληροφορίας, του συνεχούς ελέγχου αλλά και την πρόβλεψη σε όσο δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια του αβέβαιου μέλλοντος. Φυσικά, η αλλαγή φέρνει μαζί της τόσο θετικά όσο και αρνητικά επακόλουθα. Έτσι και η βιομηχανία 4.0 μαζί με τις λύσεις που προσφέρει, έχει δημιουργήσει και καινούριες απειλές που δεν υπήρχαν. Καθολικά όμως κρίνεται ως μια θετική εξέλιξη, καθώς σε διαφορετική περίπτωση θα είχε απορριφθεί. Αυτό το γεγονός γίνεται επίσης σαφές λόγω της ανάπτυξης μοντέλων και οδηγών για μια μετάβαση στα έξυπνα συστήματα για διαφορετικές περιπτώσεις, καθώς και την ύπαρξη συμβουλευτικών υπηρεσιών για αυτό τον σκοπό. Η μετάβαση αυτή προφανώς θα είναι διαφορετική για μια μικρή επιχείρηση σε σχέση

με μια άλλη παγκόσμιου βεληνεκούς. Συμπερασματικά λοιπόν, φαίνεται πως όλων των ειδών οι μονάδες μπορούν να επωφεληθούν και να αναπτυχθούν υπό το πρίσμα της βιομηχανίας 4.0 με διαφορετικό τρόπο, σύμφωνα με τις δικές τους ανάγκες και με τις δικές τους ταχύτητες, λαμβάνοντας υπόψιν τους διαθέσιμους πόρους και χρήματα, το είδος κ.α.. Συνολικά τα στατιστικά που αναλύθηκαν και στα προηγούμενα κεφάλαια φανερώνουν ακριβώς αυτή την τάση υιοθέτησης τεχνολογιών, διότι έχουν κατανοηθεί σε πολλές περιπτώσεις τα οφέλη που συνοδεύονται, αλλά και η προσπάθεια διατήρησης του ανταγωνισμού.

Η τεχνητή νοημοσύνη είναι μια από αυτές τις τεχνολογίες που αναπτύχθηκε υπό αυτό το πλέγμα αναγκών και εξυγχιονισμού. Αποτελώντας το κύριο αντικείμενο εστίασης αυτής εργασίας κατανοείται το συμπέρασμα πως προέκυψε η ανάγκη δημιουργίας ενός συστήματος με χαρακτηριστικά παρόμοια με τον ανθρώπινο εγκέφαλο για διαφορετικούς λόγους, εκ των οποίων ο ένας ήταν και η προσπάθεια κατανόησης της λειτουργίας αυτού. Είδαμε πως ο όρος τεχνητή νοημοσύνη είναι πολύ γενικός με βάση τα πιο κεντρικά χαρακτηριστικά όλων αυτών των συστημάτων, ενώ επίσης πρέπει να διαθέτουν ορισμένα βασικά στοιχεία. Αυτά τα στοιχεία συμπίπτουν αρκετά με τις γνωσιακές ή άλλες ανθρώπινες λειτουργίες. Προφανώς υπάρχουν διαβαθμίσεις στις ικανότητες και την ισχύ μεταξύ όλων αυτών των διαθέσιμων συστημάτων, καθώς κάθε πεδίο έχει διαφορετικές απαιτήσεις. Η χρήση των ΑΙ φυσικά δεν περιορίζονται στην βιομηχανία, καθώς υπάρχουν παντού γύρω μας και όχι με τρόπο που θα παρουσίαζε ένα έργο επιστημονικής φαντασίας. Αντιθέτως, υπάρχουν ως εργαλείο με διακριτικό τρόπο πολλές φορές σε πάρα πολλούς διαφορετικούς τομείς που αναφέρθηκαν σε προηγούμενη ενότητα. Αυτό δείχνει εν μέρει και την ευελιξία αυτών των συστημάτων καθώς και το επίπεδο ανάπτυξής τους. Εξ ορισμού, ένα τέτοιο σύστημα επιτελεί διαφορετικές λειτουργίες σε μια γραμμή παραγωγής μιας βιομηχανικής ομάδας, διαφορετικές σε μια πλατφόρμα ψυχαγωγικού περιεχομένου και διαφορετικές σε μια νοσοκομειακή μονάδα ως εργαλείο διάγνωσης. Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από αυτή την διαπίστωση είναι πως προφανώς το κάθε σύστημα είναι διαφορετικής τεχνολογίας, προγραμματισμένο έτσι ώστε να επιτελεί συγκεκριμένες διαδικασίες (βέβαια η βαθύτερη έννοια σαν μέθοδος είναι παρόμοια, σύμφωνα με τα συστατικά στοιχεία ενός ΑΙ). Οι επιλογές και το επίπεδο υπολογιστικής είναι επίσης διαφορετικό και εξαρτάται από την χρήση του. Επιπλέον, οι άνθρωποι που τα διαχειρίζονται φέρουν διαφορετική τεχνογνωσία. Λόγω αυτών των διαφορετικών αναγκών σε διαφορετικά πεδία, έχουν αναπτυχθεί είδη TN , όπως ML, νευρωνικά δίκτυα και όλες οι άλλες υποκατηγορίες που συζητήθηκαν σε προηγούμενη

ενότητα προκειμένου να εξυπηρετήσουν εντελώς διαφορετικούς σκοπούς και η δημιουργία τους να εξυπηρετεί αυτούς.

Τα κυριότερα ζητήματα που έχουν προκύψει από την χρήση της ΤΝ σε όλους τους τομείς αφορούν τις κοινωνικές προεκτάσεις αυτής, καθώς πρέπει να διασφαλίζονται τα κεκτημένα ανθρώπινα δικαιώματα και οι προσωπικές ελευθερίες του καθενός σε κάθε πιθανή περίπτωση. Ως εκ τούτου, όπως και σε όλες τις αντίστοιχες περιπτώσεις η τεχνολογία δεν θα πρέπει να είναι επιθετική ή επεμβατική προς τους ανθρώπους. Οι λόγοι που επέλεξα να μην επεκταθώ τόσο στο συγκεκριμένο ζήτημα, παρά μόνο να αναφερθούν τα ήδη παγιωμένα και λογικά θέματα ηθικής που έχουν προκύψει, είναι επειδή όπως και οι υπόλοιπες τεχνολογίες, έτσι και η ΤΝ πρέπει να αντιμετωπίζεται ως εργαλείο. Πιο συγκεκριμένα, το εργαλείο δεν αποτελεί από μόνο του κίνδυνο, καθώς δεν έχει δικιά του βούληση. Όπως ακριβώς με τα όπλα ή με κάποιο κατσαβίδι. Έτσι και η ΤΝ μπορεί να γίνει επιθετική ή να παρακάμψει παγιωμένα ανθρώπινα δικαιώματα μονάχα εάν πέσει στα λάθος χέρια, οπότε εξ ορισμού έχει την αξία που της προσδίδουμε εμείς. Σε τεχνικά ζητήματα, όπως παράδειγμα η ασφάλεια και η διαρροή ευαίσθητων προσωπικών δεδομένων, γίνεται αντίστοιχη προσπάθεια ανάπτυξης ισχυρών συστημάτων ασφάλειας για την αποφυγή αυτών. Όλα αυτά κρίνονται ολιστικά στο επίπεδο απειλής υπογραμμίζοντας πως οι άνθρωποι χειρίζονται αυτούς τους αλγόριθμους, οπότε από ανθρώπους πρέπει να υπάρξουν αντίστοιχοι κανόνες ή κυρώσεις παράκαμψης αυτών, δεδομένου πως κάποιο σύστημα ΤΝ δεν έχει δικιά του βούληση, ως ατομική οντότητα. Ούτως ή άλλως, κάθε πεδίο θα πράξει σύμφωνα με την δικιά του εστίαση, οπότε και οι απαραίτητες καθ' όλα κοινωνικές επιστήμες πρέπει πραγματώσουν το έργο τους και σε αυτή την θεματική.

Στο ζήτημα του ανθρώπινου δυναμικού, βλέπουμε πως κυρίως υπάρχουν αλγόριθμοι οι οποίοι διασφαλίζουν το εργασιακό περιβάλλον. Όσο για την αντικατάσταση των ανθρώπων από μηχανές, αυτό το σενάριο φάνταζε πάντοτε δυστοπία, ακόμη και κατά την διάρκεια της τρίτης βιομηχανικής επανάστασης, όπου τα μηχανήματα κατέκλυσαν τις γραμμές παραγωγής. Ωστόσο, οι ανάγκες της αγοράς δημιουργούν τις ανάγκες για κατάρτιση και περεταίρω εξειδίκευση, οπότε η ισχύς του ανθρώπινου δυναμικού παραμένει πολύτιμη, καθώς μετατίθεται σε άλλα πόστα. Επιπλέον, η υιοθέτηση καινούριων μεθόδων έχει δημιουργήσει καινούριες θέσεις εργασίας που δεν υπήρχαν πριν (παράδειγμα επιστήμονες δεδομένων κ.α..) αντικαθιστώντας το υποθετικό κενό. Τέλος, βλέπουμε πως τα οφέλη επεκτείνονται σε γενική κλίμακα, καθώς παράδειγμα ένα διαγνωστικό ΑΙ δεν θα αντικαταστήσει τον γιατρό, απεναντίας θα του μειώσει τον φόρτο εργασίας καθώς ο ίδιος θα

επικεντρωθεί σε πιο σημαντικές κατευθύνσεις. Ούτως ή άλλως, κανένα σύστημα TN δεν δρα μόνο του, παρά μόνο υπό ανθρώπινη εποπτεία ή τελικό έλεγχο, καθώς ο άνθρωπος είναι αυτός που θα αξιολογήσει και θα εκμεταλλευτεί την τελική πληροφορία.

Εστιάζοντας περισσότερο στην TN στην βιομηχανία διαπιστώνεται πως είναι μια αγορά η οποία αναπτύσσεται συνεχώς και εκτιμάται πως θα εκτοξευθεί με το πέρασ του χρόνου. Ο λόγος ανάγκης της δημιουργίας υποπεδίου της TN σε βιομηχανική TN έγινε σχετικά πρόσφατα, καθώς οι υπάρχουσες τεχνολογίες ήταν ανεπαρκείς σε σχέση με τις ανάγκες και τα στάνταρ της σύγχρονης εποχής. Πέρα από τα προβλήματα που έψαχναν λύση η οποία βρέθηκε μέσω της TN, ισχυρός παράγοντας ήταν και η ανταγωνιστικότητα. Οι διαφορές μεταξύ TN και BTN που συζητήθηκαν φανερώσουν ακριβώς αυτό, τα ιδιαίτερα σημεία που η βιομηχανία δεν χρειάζεται «μπάλωμα», μα στιβαρές και συγκεκριμένες λύσεις. Γίνεται επίσης σαφές πως οι λύσεις που δόθηκαν με την TN αφορούν σχεδόν κάθε επίπεδο της βιομηχανίας, προσφέροντας ευελιξία σε κάθε ένα στάδιο του κύκλου αυτού. Με την εντρύφηση στην βιομηχανία και τις τόσες διαφορετικές εφαρμογές που αναφέρθηκαν αλλά και στην γενικότερη ανασκόπηση, φαίνεται πως υπάρχει πλειάδα εφαρμογών για κάθε επίπεδο μιας σύγχρονης βιομηχανίας, καθώς επίσης υπάρχει συνεργασία μεταξύ διαφορετικών εταιρειών λογισμικού για την ανάπτυξη ενός συστήματος. Μαζί με την πλειάδα διαθέσιμων λογισμικών, νέα επιστημονικά πεδία έχουν προκύψει, όπως αυτό του επιστήμονα δεδομένων, καθώς και διαφορετικής κλίμακας συμβουλευτικής, από την εκτίμηση για την μετάβαση μιας επιχείρησης στο έξυπνο εργοστάσιο, ως και την διαμόρφωση ιδεών, στα πλαίσια πακέτων συμβουλευτικής. Το γεγονός πως υπάρχουν λύσεις TN στην γραμμή παραγωγής, τις λειτουργίες παραγωγής, τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη, τις συνθήκες εργασίας, τον ποιοτικό έλεγχο, τις διαδικασίες συντήρησης αλλά και τον έλεγχο της «αποθήκης», της διανομής των αγαθών, του μάρκετινγκ και πολλών άλλων, είναι αξιοθαύμαστο. Με αυτό τον τρόπο, προσφέρεται ευελιξία, ταχύτητα, ακρίβεια, εξοικονόμηση και γενικότερη βιωσιμότητα σε όλα τα στάδια.

Λόγω αυτής λοιπόν της πλειάδας επιλογών, έχουν αναπτυχθεί διάφοροι οδηγοί για το ποια τεχνολογία είναι κατάλληλη ανά τύπο επιχείρησης. Επιπλέον, η σοβαρότητα του αντικείμενου επεξηγείται εν μέρει και από την ύπαρξη εννοιολογικού πλαισίου με σαφείς οδηγίες και ορισμούς. Το πλαίσιο αυτό ουσιαστικά υπογραμμίζει όλα εκείνα τα χαρακτηριστικά και τις δυνατότητες που πρέπει να χαρακτηρίζουν αυτά τα έξυπνα

συστήματα, κατηγοριοποιημένα σε πέντε πλαίσια, με αρχές που εμπίπτουν στο πλαίσιο της βιομηχανίας 4.0. Αναμένεται από αυτά κάποιος βαθμός αυτονομίας και η δυνατότητα διεκπεραίωσης λειτουργιών μέσω δυναμικού επαναπρογραμματισμού. Από την μελέτη αυτών των πλαισίων συναντάμε όλα εκείνα τα παραδείγματα και τις διαθέσιμες τεχνολογίες που αναδείχθηκαν μέσω της εξέτασης της βιβλιογραφίας. Οι εκτιμήσεις για εξοικονόμηση χρόνου, πόρων αλλά και χρημάτων επιβεβαιώνεται σε αρκετές περιπτώσεις από τα αποτελέσματα που υπόσχονται τα διαθέσιμα λογισμικά, αλλά και από τα πρακτικά παραδείγματα που αναφέρθηκαν. Συνολικά, φαίνεται πως αυτά τα συστήματα δίνουν την δυνατότητα αυτονομίας ή ολοκληρωμένου ελέγχου σε πραγματικό χρόνο όπου και να βρίσκεται ο χειριστής. Αυτό το γεγονός, πέρα από τα προφανή οφέλη του άμεσου χειρισμού των ζητημάτων που προκύπτουν, πολύ πιθανόν να δίνει την δυνατότητα εργασίας απομακρυσμένα. Αυτό συνεπάγεται την πρόσληψη εμπειρογνομόνων χωρίς τον περιορισμό της περιοχής, δίνοντας έτσι το πλεονέκτημα συνεργασίας με ανεκτίμητα μέλη και διαμόρφωσης ενός υψηλού ανταγωνισμού. Η εξοικονόμηση πόρων, όπως υλικών και ενέργειας είναι ιδιαίτερα σημαντικό στοιχείο, όχι μόνο για την οικονομική ευημερία μιας επιχείρησης, αλλά και για διάφορους άλλους λόγους. Παράδειγμα, όπως διαπιστώσαμε και από τις περιπτώσεις – πρότυπα της Siemens και της Coca Cola, η ενεργειακή διαχείριση παραμένει μια προτεραιότητα λόγω των πολύ αυστηρών προτύπων ISO λειτουργίας για τις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα. Τα μέτρα αυτά έχουν ιδιαίτερη σπουδαιότητα ειδικά έπειτα από την επιστημονική απόδειξη της κλιματικής κρίσης που διανύουμε, οπότε είναι απαραίτητο να μειωθούν συγκεκριμένοι ρύποι που είναι βλαβεροί για το περιβάλλον, καθώς επίσης και ο σεβασμός στους διαθέσιμους πόρους όπως το νερό και τα ορυκτά καύσιμα που παράγουν την ενέργεια για όλες αυτές τις λειτουργίες. Η μεταστροφή σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι ένα θεμιτό, εάν όχι απαραίτητο γεγονός, μα παραμένει η αναγκαιότητα περιορισμού σπατάλης της ενέργειας, καθώς ένα πολύ μικρό ποσοστό προέρχεται από αυτές. Μέσα από την πληρότητα της Siemens σε διάφορα λογισμικά που μελετήθηκαν, διαπιστώνεται πως ακόμη και τα πολύ μικρά στοιχεία μπορεί να είναι ιδιαίτερα σημαντικά και ο συνδυασμός πολλών παραμέτρων οδηγεί σε ένα αποδοτικό αποτέλεσμα.

Ένα εξίσου πολύ σημαντικό στοιχείο που προκύπτει από την μελέτη της βιβλιογραφίας, είναι η μεταστροφή στην πληροφορία. Τα δεδομένα είναι ο καινούριος χρυσός σχεδόν για κάθε μορφή επιχείρησης την σύγχρονη εποχή. Με αυτό το δεδομένο, όλος αυτός ο όγκος βιομηχανικών δεδομένων μπορεί πλέον να διαχειριστεί. Υπάρχουν έξυπνα συστήματα διασύνδεσης του εξοπλισμού και γενικά του φυσικού κόσμου με τον ψηφιακό.

Επιπλέον, τα δεδομένα συλλέγονται, αποθηκεύονται, μεταφέρονται, αναλύονται, διαμοιράζονται και απεικονίζονται σε χρόνους ρεκόρ. Όλες αυτές οι πολύτιμες λειτουργίες μπορούν να γίνουν από ένα μόνο σύστημα ή και από συνδυασμό συστημάτων και πλέον είναι ζωτικής σημασίας. Συγκριτικά με τα συμβατικά μέσα, όλες αυτές οι λειτουργίες μπορεί να απαιτούσαν τεράστια ποσά χρόνου και εργαλείων για να πραγματοποιηθούν, ενώ πολλές από αυτές θα ήταν αδύνατο να συμβούν, καθώς δεν είχαν αναπτυχθεί τα κατάλληλα εργαλεία. Η ΤΝ εμπλέκεται σε αρκετές από αυτές τις διαδικασίες με πολλούς τρόπους, ενώ ένας από τους πιο θαυμαστούς είναι η δυνατότητα λήψης αποφάσεων, κάτι που φάνταζε επιστημονική φαντασία κάποτε.

Δεδομένων όλων αυτών, υπάρχει υψηλό ενδιαφέρον ανάπτυξης και προσαρμογής των τεχνολογιών που αναφέρθηκαν, καθώς επίσης και στην επίλυση προβλημάτων όπως τα συστήματα cyber-security. Εκτιμάται πως στο μέλλον θα συναντάμε πολύ πιο συχνά συστήματα τεχνητής νοημοσύνης, ως μια προσπάθεια παγίωσης ενός βελτιωμένου και σύγχρονου προτύπου βιομηχανίας. Συστήνεται βέβαια η αντίστοιχη προσοχή αλλά και η ένταξη επιμόρφωσης για τις δυνατότητες και του περιορισμούς της, διότι για πολλούς ακόμη φαντάζει κάτι μακρινό και πολλές φορές αρνητικό στοιχείο. Με γνώμονα τον ρεαλισμό, την επιστημονική σκοπιά αλλά και τις δικλίδες ελέγχου και ασφαλείας από την κατάχρηση ή την εσφαλμένη χρήση, είναι σίγουρο πως θα αποδώσουν τα αντίστοιχα πλεονεκτήματα.

## Βιβλιογραφία

- Annanth et al, V. K. (2021). Intelligent manufacturing in the context of industry 4.0: A case study of siemens industry. *Journal of Physics: Conference Series*, σσ. doi:10.1088/1742-6596/1969/1/012019.
- AWS. (2021, 12 01). *Aurora Accelerates Development of the Aurora Driver with AWS*. Ανάκτηση από amazon.inc: <https://press.aboutamazon.com/2021/12/aurora-accelerates-development-of-the-aurora-driver-with-aws>
- aws. (2022). *amazon.com*. Ανάκτηση από Amazon Web Services, Inc.: <https://aws.amazon.com/big-data/datalakes-and-analytics/what-is-a-data-lake/>
- Baheti, P. (2022, 10 03). *9 Innovative Use Cases of AI in Finance [+Pros & Cons]*. Ανάκτηση από V7: <https://www.v7labs.com/blog/ai-in-finance#:~:text=AI%20is%20used%20in%20finance,events%20and%20adjust%20credit%20scores.>

- Bonner, M. (2017, 03 02). Ανάκτηση από Saint Clair Systems: <https://blog.viscosity.com/blog/what-is-industry-4.0-and-what-does-it-mean-for-my-manufacturing>
- Bostrom, N. (2006). *How long before superintelligence?* Linguistic and Philosophical Investigations, 2006. - pp. 11-30.
- Botelho, B. (2022, 12). *techtarget*. Ανάκτηση από <https://www.techtarget.com/searchcustomerexperience/definition/virtual-assistant-AI-assistant#:~:text=What%20is%20a%20virtual%20assistant,completes%20tasks%20for%20the%20user>.
- Brin & Page, S. L. (1998). The Anatomy of a Large-Scale Hypertextual Web Search Engine. *Proceedings of the Seventh International World Wide Web Conference (WWW7)*. Stanford, USA: Computer Science Department,.
- Britannica, T. E. (2022, 10 27). Ανάκτηση από Encyclopedia Britannica: <https://www.britannica.com/event/Industrial-Revolution>
- Britannica, T. E. (2022, 11 16). Ανάκτηση από Siemens AG. Encyclopedia Britannica. <https://www.britannica.com/topic/Siemens-AG>
- Brooks, C. (2022, 09 01). *business*. Ανάκτηση από <https://www.business.com/articles/virtual-reality-changing-manufacturing/>
- Butt, J. (2020, 04 15). A Strategic Roadmap for the Manufacturing Industry. *Designs 2020*, 4, 11, σ. doi:10.3390/designs4020011 .
- Cavalcante et al, R. C. (2016). Computational Intelligence and Financial Markets: A Survey and Future Directions,. *Expert Systems with Applications, Volume 55*, σσ. Pages 194-211, <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2016.02.006>.
- Chaudhari, J. (2021, 03 15). Ανάκτηση από <https://jayantchaudhari.medium.com/industry-1-0-to-4-0-a-history-3f3845d67cec>
- CHRISTY, C. A. (1990, 01 17). *L.A. times*. Ανάκτηση από <https://www.latimes.com/archives/la-xpm-1990-01-17-fi-233-story.html>
- Dash et al, M. R. (χ.χ.). Application of Artificial Intelligence in Automation of Supply Chain Management . *Journal of Strategic Innovation and Sustainability Vol. 14(3)*, σ. DOI: 10.33423/jsis.v14i3.2105. .
- emaint. (2022). Ανάκτηση από <https://www.emaint.com/predictive-maintenance-managers-rock-stars/>
- Emerj, i. (2022). Ανάκτηση από <https://emerj.com/>
- Ertel, W. (2017). *Introduction to Artificial Intelligence, 2nd edition*. Springer Cham, ISBN: 978-3-319-58487-4.
- Fischer, M. (2021, 12 16). *ingenuity*. Ανάκτηση από <https://ingenuity.siemens.com/2021/12/consistent-quality-and-process-control-for-additive-manufacturing/>

- Flasinski, M. (2016). *Introduction to Artificial Intelligence*. Switzerland: Springer International Publishing , DOI 10.1007/978-3-319-40022-8\_1.
- Frtunikj, R. &. (2018). σσ. SEFAIS '18: Proceedings of the 1st International Workshop on Software Engineering for AI in Autonomous Systems May 2018 Pages 35–38 <https://doi.org/10.1145/3194085.3194087>.
- González-Marcos et al, A. O.-M.-M. (2013, 04 27). An intelligent supervision system for open loop controlled processes . *Journal of Intelligent Manufacturing*. 24, 15–24, σσ. <https://doi.org/10.1007/s10845-011-0532-6>.
- GVR, r. (2021). *Grand View Research*. Ανάκτηση από <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/artificial-intelligence-ai-market>
- Haenlein & Kaplan, A. (2019, 07 17). A Brief History of Artificial Intelligence: On the Past, Present, and Future of Artificial Intelligence. *California Management Review*, 61(4), 5–14., σ. <https://doi.org/10.1177/0008125619864925>.
- Haleem et al, M. J. (2022). Artificial intelligence (AI) applications for marketing: A literature-based study,. *International Journal of Intelligent Networks*, , σσ. Volume 3, Pages 119-132, <https://doi.org/10.1016/j.ijin.2022.08.005>.
- Hayes, A. (2022, 09 27). *investopedia*. Ανάκτηση από <https://www.investopedia.com/terms/b/blockchain.asp>
- Hewlett Packard, E. (2022). Ανάκτηση από Hewlett Packard Enterprise Development LP: <https://www.hpe.com/us/en/what-is/edge-to-cloud.html#:~:text=Edge%20to%20cloud%20refers%20to,an%20increasingly%20distributed%20global%20workforce>.
- Hokey, M. (2010, 03 24). Artificial intelligence in supply chain management: theory and applications. *International Journal of Logistics Research and Applications: A Leading Journal of Supply Chain Management*, σσ. 13:1, 13-39, DOI: 10.1080/13675560902736537.
- IBM. (χ.χ.). Ανάκτηση από <https://www.ibm.com/topics/artificial-intelligence>
- IBM. (χ.χ.). Ανάκτηση από <https://www.ibm.com/topics/ai-ethics>
- IBM Australia, S. b. (2015, 05). *BPD Zenith*. Ανάκτηση από <https://www.bpdzenith.com/wp-content/uploads/2015/05/Case-Study-AGR.pdf>
- iED Team. (2019, 06 30). Ανάκτηση από Institute of Entrepreneurship Development: <https://ied.eu/project-updates/the-4-industrial-revolutions/>
- imu. (2021, 02 24). *Information Management Unit*. Ανάκτηση από <http://imu.ntua.gr/wp/voice-assistant-for-future-manufacturing/>
- Jiang et al. (2017). Artificial intelligence in healthcare: past, present and future. *Stroke and Vascular Neurology* 2017;2:doi: 10.1136/svn-2017-000101.



- Kashyap, P. (2017, 01 06). Industrial Applications of Machine Learning. *Machine Learning for Decision Makers*. Apress, Berkeley, CA. , σσ. DOI [https://doi.org/10.1007/978-1-4842-2988-0\\_5](https://doi.org/10.1007/978-1-4842-2988-0_5).
- Kelly, F. (2022). *The online information environment*. The Royal Society, ISBN: 978-1-78252-567-7.
- Kim et al, K. . (2021, 06 25). *Amazon. inc.* Ανάκτηση από AWS Machine Learning Blog: <https://aws.amazon.com/blogs/machine-learning/hyundai-reduces-training-time-for-autonomous-driving-models-using-amazon-sagemaker/>
- Kumar, R. (2017, 11 14). *Artificial Intelligence—Basics*. In: *Machine Learning and Cognition in Enterprises*. Apress, Berkeley, CA. [https://doi.org/10.1007/978-1-4842-3069-5\\_3](https://doi.org/10.1007/978-1-4842-3069-5_3).
- Lee et al, H. D. (2018). Industrial Artificial Intelligence for industry 4.0-based manufacturing systems. *Elsevier Ltd*, σσ. *Manufacturing Letters* 18 (2018) 20–23, <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2018.09.002>.
- Lee, J. (2020). *Industrial AI. Applications with sustainable performance*. Singapore: ISBN 978-981-15-2144-7 (eBook) <https://doi.org/10.1007/978-981-15-2144-7>, Copyright Holder: Shanghai Jiao Tong University Press.
- Li, J. (2018). Cyber security meets artificial intelligence: a survey. *Frontiers Inf Technol Electronic Eng* 19, 1462–1474 , σ. <https://doi.org/10.1631/FITEE.1800573>.
- LightGuide. (2022, 02 23). *lightguides*. Ανάκτηση από <https://www.lightguidesys.com/resource-center/blog/6-uses-of-augmented-reality-for-manufacturing-in-every-industry/#:~:text=AR%20technology%20allows%20manufacturers%20to,and%20real%2Dtime%20operational%20metrics>.
- Liu et al, B. Y. (2021, 12 24). Research on Face Recognition and Privacy in China—Based on Social Cognition and Cultural Psychology. *Frontiers in Psychology*, σ. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.809736>.
- Madni et al, A., Madni, C., & Lucero, S. (2019). Leveraging Digital Twin Technology in Model-Based Systems Engineering. *Systems*, σ. <https://doi.org/10.3390/systems7010007>.
- Marr, B. (2021, 05 09). *linkedin*. Ανάκτηση από <https://www.linkedin.com/pulse/understanding-4-types-artificial-intelligence-ai-bernard-marr/>
- MassirisFernández et al, J. Á. (2020, 11). Ergonomic risk assessment based on computer vision and machine learning. *Computers & Industrial Engineering*. σσ. Volume 149, <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106816>.
- Matin & Islam, M. M. (2012). *Overview of Wireless Sensor Network*. In (Ed.), *Wireless Sensor Networks - Technology and Protocols*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/49376>.

- Microdoft, A. (2022). *cloud computing dictionary* . Ανάκτηση από <https://azure.microsoft.com/en-us/resources/cloud-computing-dictionary/what-is-iaas/>
- Mo et al, F. (2022, 10 13). A Framework for Manufacturing System Reconfiguration Based on Artificial Intelligence and Digital Twin. *International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing*, σσ. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-18326-3\\_35](https://doi.org/10.1007/978-3-031-18326-3_35).
- Mueller, E. C. (2017, 07 19). Challenges and Requirements for the Application of Industry 4.0: A Special Insight with the Usage of Cyber-Physical System. *Chinese Journal of Mechanical Engineering*, 30, 1050–1057, σσ. <https://doi.org/10.1007/s10033-017-0164-7>.
- oxford learners dictionaries, a. i. (χ.χ.). Ανάκτηση από <https://www.oxfordlearnersdictionaries.com/definition/english/artificial-intelligence#:~:text=%2F%CB%8C%9%91%CB%90rt%9%AAf%9%AA%CA%831%20%9%AAAn%CB%88tel%9%AAAd%CA%92%99ns%2F,can%20copy%20intelligent%20human%20behaviour>
- Percedence Research, A. I.-2. (2022). Ανάκτηση από <https://www.precedenceresearch.com/artificial-intelligence-market>
- Peres et al, X. J. (2020, 12 07). Industrial Artificial Intelligence in Industry 4.0 - Systematic Review, Challenges and Outlook. *IEEE Access* , σσ. vol. 8, pp. 220121-220139, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3042874.
- Peres et al, X. J. (2020, 12 07). Industrial Artificial Intelligence in Industry 4.0 - Systematic Review, Challenges and Outlook. *IEEE Access*, σσ. vol. 8, pp. 220121-220139, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3042874.
- Posey. (2021). *TechTarget*. Ανάκτηση από <https://www.techtarget.com/iotagenda/definition/fog-computing-fogging>
- Priore et al, D. L. (2001). A review of machine learning in dynamic scheduling of flexible manufacturing systems. *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing*, 15(3), 251-263, σ. doi:10.1017/S0890060401153059.
- Progress Press Release. (2017, 04 29). *Progress*. Ανάκτηση από <https://investors.progress.com/news-releases/news-release-details/progress-acquires-datarpm-best-breed-machine-learning-company>
- Regona et al, M. &. (2022). Opportunities and Adoption Challenges of AI in the Construction Industry: A PRISMA Review. . *Journal of Open Innovation Technology Market and Complexity*, σ. 8. 45. DOI: 10.3390/joitmc8010045. .
- Ricci et al, F. R. (2022). Recommender Systems: Techniques, Applications, and Challenges. σσ. *Recommender Systems Handbook*. Springer, New York, NY. [https://doi.org/10.1007/978-1-0716-2197-4\\_1](https://doi.org/10.1007/978-1-0716-2197-4_1).
- Rosenbloom et al, S. (2012). *Transportation Research Circular E-C168, Artificial Intelligence Applications to Critical Transportation Issues* . Washington,: Transportation Research Board , doi: .

- Rymarczyk, J. (2020). Technologies, Opportunities and Challenges of the Industrial Revolution 4.0: Theoretical Considerations. *Entrepreneurial Business and Economics Review*. 8. 185-198. , σ. DOI:10.15678/EBER.2020.080110. .
- Satyabrata, J. (2022, 11 22). *geeksforgeeks*. Ανάκτηση από <https://www.geeksforgeeks.org/difference-between-edge-computing-and-fog-computing/>
- Seddiqi, H. (2022, 04 27). *Towards Data Science*. Ανάκτηση από <https://towardsdatascience.com/model-tests-are-critical-for-building-domain-knowledge-8d5fde2660d8>
- Sharma & Dave, M. (2012, 08). SQL and NoSQL Databases. *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*, σσ. Volume 2, Issue 8, August 2012 , ISSN: 2277 128X.
- Sharma et al, S. K. (2021, 01 25). Industry 4.0 adoption for sustainability in multi-tier manufacturing supply chain in emerging economies,. *Journal of Cleaner Production, Volume 281*,, σ. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125013>.
- Shinde& Shah, P. (2018). A Review of Machine Learning and Deep Learning Applications. *IEEE*.
- Shubhendu & Vijay, J. S. (2013). Applicability of Artificial Intelligence in Different Fields of Life . *International Journal of Scientific Engineering and Research (IJSER)*, Volume 1 Issue 1, September 2013, σσ. Volume 1 Issue 1, September 2013.
- Siemens - Coca cola. (2022, 11). Ανάκτηση από <https://www.siemens.com/global/en/company/stories/industry/energymanagement-coca-cola.html>
- Siemens - whitepaper. (2022). Ανάκτηση από <https://new.siemens.com/us/en/company/topic-areas/smart-factory.html>
- Siemens. (2023). Ανάκτηση από <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/plc/simatic-s7-1500.html>
- Siemens. (2023). Ανάκτηση από <https://www.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/plc.html>
- Siemens. (2023). Ανάκτηση από <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/pc-based.html>
- Siemens. (2023). Ανάκτηση από <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/simatic-hmi.html>
- Siemens. (2023). *new.siemens.com*. Ανάκτηση από <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/plc/simatic-s7-1500/simatic-s7-1500-tm-npu.html>

- Siemens AG. (2022). Ανάκτηση από <https://www.siemens.com/global/en/products/services/digital-enterprise-services/analytics-artificial-intelligence-services/predictive-services.html>
- Siemens AG, d. f. (2021). Ανάκτηση από <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:eac06c86-f121-48f8-874f-30355aa6b111/difa-i10159-00-7600-simatic-winncc-v7.pdf>
- Slyusar, V. (2019, 07 19). Artificial intelligence as the basis of future control networks. σ. DOI : 10.13140/RG.2.2.30247.50087.
- Terzi et al, S. B. (2010). Product lifecycle management-from its history to its new role. *International Journal of Product Lifecycle Management,, Vol. 4, No. 4, 2010 360.*
- Therma. (2021). Ανάκτηση από <https://www.therma.com/understanding-industrial-controllers-plcs-pacs-and-ipc/#:~:text=IPCs%20are%20industrial%20computers%20with,PLCs%20and%20even%20some%20PACs>.
- Tracecloud1. (2021, 09 06). *TracecloudOne, supply chain platform*. Ανάκτηση από <https://www.tradecloud1.com/en/ai-case-study-4-machine-learning-in-the-manufacturing-process/>
- Tuv et al, G. E. (2018, 11). *Intel*. Ανάκτηση από <https://www.intel.com/content/dam/www/public/us/en/documents/best-practices/faster-more-accurate-defect-classification-using-machine-vision-paper.pdf>
- Tyagi, N. (2020, 04 24). Ανάκτηση από [analytic steps: https://www.analyticssteps.com/blogs/6-major-branches-artificial-intelligence-ai](https://www.analyticssteps.com/blogs/6-major-branches-artificial-intelligence-ai)
- Vedapradha& Hariharan, R. (2018, 12). Application Of Artificial Intelligence In Investment Banks. *Review of Economic and Business Studies*, , σσ. Alexandru Ioan Cuza University, Faculty of Economics and Business Administration, issue 22, pages 131-136.
- Wikipedia, T. F. (2021, 01 24). Ανάκτηση από <https://simple.wikipedia.org/w/index.php?title=SIMATIC&oldid=7324279>
- Wopata, M. (2020, 02 04). *iot analytics*. Ανάκτηση από <https://iot-analytics.com/industry-4-0-adoption-2020-who-is-ahead/>
- Yongping et al, Y. Y. (2020, 06 14). Intelligent supply chain performance measurement in Industry 4.0. *Syst Res Behav Sci. 2020;1–8, Volume37, Issue4*, , σ. <https://doi.org/10.1002/sres.2712>.
- Yousefpour et al, C. F. (2019). All one needs to know about fog computing and related edge computing paradigms: A complete survey,. *Journal of Systems Architecture, Volume 98, Pages 289-330*, , σ. <https://doi.org/10.1016/j.sysarc.2019.02.009>.
- Yu, K. B. (2018, 10 10). Artificial intelligence in healthcare. *nature biomedical engineering* , σσ. 2, 719–731 DOI: <https://doi.org/10.1038/s41551-018-0305-z>.

Zhang et al, C. Y. (2021, 06 07). Industry 4.0 and its Implementation: a Review. *Information Systems Frontiers*, σσ. <https://doi.org/10.1007/s10796-021-10153-5>.

Zulaikha, L. (2022, 11 22). *edureka*. Ανάκτηση από <https://www.edureka.co/blog/types-of-artificial-intelligence/>

IMB. (χ.χ.). Ανάκτηση από <https://www.ibm.com/gr-en>