

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ



Διπλωματική Εργασία

**Industry 4.0: Επιχειρηματική Ευφυΐα, Αναλυτική και
Μεγάλα Δεδομένα**

Ζυγούρη Κρυσταλλία-Ραφαηλία

Επιβλέπων Καθηγητής: Νικόλαος Ματσατσίνης

Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής:

Κωνσταντίνος Ζοπουνίδης, Ευαγγελία Κρασσαδάκη

Χανιά, 2023

Περίληψη

Η σημερινή εποχή έχει χαρακτηριστεί ως εποχή της ραγδαίας ανάπτυξης της τεχνολογίας. Μετά την επανάσταση του υπολογιστή και του διαδικτύου, γεννήθηκε ο όρος “Industry 4.0”, που είναι η επόμενη τεχνολογική επανάσταση. Στη παρούσα εργασία, αρχικά θα γίνει εισαγωγή στις βασικές έννοιες, στα βασικά χαρακτηριστικά και τις θεμελιώδεις αρχές της Industry 4.0, και θα αναλυθούν οι αλλαγές και οι προοπτικές που πρόκειται να φέρει στο χώρο της βιομηχανίας και των επιχειρήσεων. Οι τεχνολογίες που συνθέτουν την Industry 4.0 επιτρέπουν τη δικτύωση των συσκευών (Internet of Things) για την ανταλλαγή δεδομένων και την επικοινωνία μεταξύ τους αλλά και με τον άνθρωπο. Σε δεύτερο στάδιο θα εξεταστεί ο ρόλος της επιχειρηματικής ευφυΐας, της αναλυτικής και των μεγάλων δεδομένων στην Industry 4.0 και η σημασία τους στην διαχείριση και αξιοποίηση του τεράστιου όγκου δεδομένων σε επιχειρήσεις και οργανισμούς. Τέλος, θα αναλυθεί ο τρόπος με τον οποίο η Industry 4.0 θα συμβάλλει στην αναδιοργάνωση των σύγχρονων επιχειρήσεων και στην πλέον έξυπνη λήψη αποφάσεων χωρίς την ανθρώπινη παρέμβαση.

Abstract

The current era has been characterized as an era of rapid technological development. After the computer and internet revolution, the term “Industry 4.0” was born, which is the next technological revolution. In this paper, firstly the basic concepts, key features and fundamental principles of Industry 4.0 will be introduced. Then, the changes and perspectives will be analyzed, that are going to be brought to the industry and business field. The technologies that make up Industry 4.0 allow devices to be networked (Internet of Things), to exchange data and communicate not only with each other but also with humans. In a second stage, the role of business intelligence, analytics and big data in Industry 4.0 will be examined and their importance in the management and exploitation of the huge amount of data in companies and organizations. In conclusion, it will be analyzed how Industry 4.0 will contribute to the reorganization of modern businesses and the intelligent decision-making without human intervention.

Πίνακας Περιεχομένων

1	Εισαγωγή.....	6
1.1	Γενικά.....	6
2	Κεφάλαιο 2: Industry 4.0.....	8
2.1	Ιστορική Αναδρομή της Βιομηχανικής Επανάστασης.....	8
2.2	Τι είναι το Industry 4.0.....	9
2.3	Θεμελιώδεις αρχές του Industry 4.0.....	11
2.4	Τα οφέλη του Industry 4.0.....	12
2.5	Στατιστικά Στοιχεία εφαρμογής Industry 4.0.....	13
3	Τεχνολογίες Industry 4.0.....	17
3.1	Κυβερνο-φυσικά συστήματα (CPS).....	17
3.1.1	Αρχιτεκτονική του CPS στο Industry 4.0.....	18
3.1.2	Κυβερνο-ασφάλεια.....	18
3.2	Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) -Βιομηχανικό Διαδίκτυο Πραγμάτων (IIoT)..	19
3.2.1	Τεχνολογίες του IoT.....	20
3.2.2	Radio frequency Identification (RFID).....	20
3.2.3	Near Field Communication (NFC).....	21
3.2.4	Machine to Machine (M2M).....	21
3.2.5	Vehicle to Vehicle (V2V) – Vehicle to Infrastructure (V2I).....	22
3.3	Τεχνητή Νοημοσύνη.....	23
3.3.1	Κύκλος Ζωής Συστημάτων Τεχνητής Νοημοσύνης.....	24
3.3.2	Τεχνητή Νοημοσύνη στις Επιχειρήσεις.....	25
3.3.3	Μηχανική Μάθηση.....	25
3.4	Ρομποτική.....	26
3.4.1	Γενική Δομή Ρομποτικών Συστημάτων.....	27
3.4.2	Πλεονεκτήματα και Προβληματισμοί από τη Χρήση Ρομπότ.....	28
3.5	Προσθετική Κατασκευή.....	28
3.5.1	Η Διαδικασία της Προσθετικής Κατασκευής.....	29
3.5.2	Τύποι Προσθετικής Κατασκευής.....	29
3.5.3	Οφέλη και Περιορισμοί Προσθετικής Κατασκευής.....	30
3.6	Προσομοίωση.....	31
3.6.1	Παράλληλη και Κατανεμημένη Προσομοίωση.....	32

3.7 Ψηφιακό Δίδυμο.....	33
3.7.1 Αρχιτεκτονική Ψηφιακού Διδύμου.....	34
3.8 Εικονική και Επαυξημένη Πραγματικότητα.....	36
3.8.1 Εικονική Πραγματικότητα (VR).....	36
3.8.2 Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR).....	37
3.8.3 Διαφορές VR και AR.....	38
3.8.4 Μικτή Πραγματικότητα (Mixed Reality).....	38
3.9 Μεγάλα Δεδομένα.....	39
3.10 Cloud Computing.....	39
3.10.1 Τύποι ανάπτυξης του Cloud Computing.....	41
3.10.2 Κατηγορίες του Cloud Computing.....	41
3.11 Edge Computing.....	42
3.11.1 Διαφορές Cloud computing και Edge computing.....	43
3.12 Cloud of Things (CoT).....	44
3.12.1 Η Αρχιτεκτονική του CoT.....	44
3.12.2 Πλατφόρμες IoT βασισμένες στο Cloud.....	46
3.12.3 Προκλήσεις του Cloud of Things.....	47
3.13 Η Ενσωμάτωση του Blockchain και του IoT.....	49
3.13.1 Οφέλη του Blockchain of Things.....	49
3.14 Industry 4.0 και Λήψη Αποφάσεων	50
4 Επιχειρηματική Ευφυΐα και Αναλυτική στα πλαίσια του Industry 4.0.....	51
4.1 Εισαγωγή.....	51
4.2 Ορισμός Επιχειρηματικής Ευφυΐας.....	51
4.3 Συστήματα Επιχειρηματικής Ευφυΐας.....	52
4.3.1 Δομικά Επίπεδα Συστημάτων Επιχειρηματικής Ευφυΐας.....	54
4.3.2 Πηγές Δεδομένων.....	45
4.3.3 Επίπεδο Αποθήκης Δεδομένων.....	55
4.3.4 Επίπεδο Διερεύνησης Δεδομένων.....	55
4.3.5 Επίπεδο Εξόρυξης Δεδομένων.....	55
4.3.6 Επίπεδο Λήψης Απόφασης.....	56
4.4 Επιχειρηματική Αναλυτική.....	57
4.5 Τύποι της Επιχειρηματικής Αναλυτικής.....	57
4.5.1 Περιγραφική Αναλυτική (Descriptive Analytics).....	58

4.5.2	Διαγνωστική Αναλυτική (Diagnostic Analytics).....	59
4.5.3	Προγνωστική Αναλυτική (Predictive Analytics).....	59
4.5.4	Καθοδηγητική Αναλυτική (Prescriptive Analytics).....	60
4.6	Η Αξία της Επιχειρηματικής Ευφυΐας στην εποχή του Industry 4.0.....	61
4.7	Οι Περιορισμοί της Επιχειρηματικής Ευφυΐας.....	63
4.8	Λογισμικά Επιχειρηματικής Ευφυΐας.....	64
4.9	Στατιστικά στοιχεία για την Επιχειρηματική Ευφυΐα.....	65
5	Μεγάλα Δεδομένα.....	67
5.1	Εισαγωγή.....	67
5.2	Βασικά Χαρακτηριστικά των Μεγάλων Δεδομένων.....	68
5.3	Κατηγορίες Δεδομένων.....	70
5.4	Επιστήμη Δεδομένων.....	71
5.4.1	Μηχανική Μάθηση στα Μεγάλα Δεδομένα.....	71
5.4.2	Ανάλυση Μεγάλων Δεδομένων.....	72
5.4.3	Εξόρυξη Δεδομένων.....	74
5.4.4	Στάδια Ανακάλυψης Γνώσης.....	75
5.5	Το λογισμικό Hadoop.....	77
5.5.1	Το Οικοσύστημα του Hadoop.....	78
5.6	Προβληματισμοί σχετικά με τα Μεγάλα Δεδομένα.....	79
6	Εφαρμογές του Industry 4.0.....	81
6.1	Αλυσίδα Εφοδιασμού.....	81
6.2	Βιομηχανική Παραγωγή.....	82
6.3	Έξυπνη Γεωργία.....	84
6.3.1	Εφαρμογές της έξυπνης γεωργίας.....	85
7	Προτάσεις και Συμπεράσματα.....	89
7.1	Προτάσεις για υιοθέτηση του Industry 4.0 στην Ελλάδα.....	89
7.2	Συμπεράσματα.....	90
	Αγγλική Βιβλιογραφία.....	92
	Ελληνική Βιβλιογραφία.....	97

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

1.1 Γενικά

Η νέα γενιά των τεχνολογιών επικοινωνίας και πληροφορικής, καθώς και ο έντονος ανταγωνισμός διέπουν τόσο το σύγχρονο επιχειρηματικό περιβάλλον, όσο και το κοινωνικό σύνολο. Οι βιομηχανίες αρχίζουν να προετοιμάζονται για σημαντικές αλλαγές στο επιχειρηματικό τους μοντέλο. Οι τεχνολογικές ικανότητες και τα μειωμένα λειτουργικά κόστη τρίτων χωρών οδήγησαν σε αυξημένο ανταγωνισμό παγκοσμίως. Οι ανεπτυγμένες χώρες τώρα προσπαθούν να αναπτύξουν τις δικές τους στρατηγικές μέσω της τεχνολογικής διαφοροποίησης, προκειμένου να ενισχύσουν τη βιομηχανία τους και να γίνουν δυναμικά ανταγωνιστικές στην παγκόσμια αγορά. Η αναδιάρθρωση της παραγωγής, η ενσωμάτωση δικτύων στο παραγωγικό τους σύστημα σε πραγματικό χρόνο για την ανταλλαγή δεδομένων και την απόκτηση γνώσης σε πραγματικό χρόνο, προσφέρουν νέα αξία και οφέλη στο χώρο της βιομηχανίας αλλά και των αναγκών του κοινωνικού συνόλου.

Κατά αυτό τον τρόπο γεννήθηκε η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση (Industry 4.0) που είναι η επόμενη τεχνολογική επανάσταση μετά την επανάσταση του υπολογιστή και του διαδικτύου (Stein, 2022; Ρεντούμης, 2018). Το Industry 4.0 είναι λοιπόν μια προσέγγιση σε διάφορες τεχνολογίες αιχμής. Παραδείγματα αυτών, οι οποίες αναλύονται στο Κεφ. 3. είναι η Ρομποτική, τα Κυβερνο-φυσικά συστήματα, το Διαδίκτυο των Πραγμάτων, η Προσθετική Κατασκευή, η Προσομοίωση, το cloud computing, η Τεχνητή νοημοσύνη κ.α. Ο συνδυασμός τους μπορεί να φέρει καθολικές αλλαγές στον τρόπο λειτουργίας επιχειρήσεων και βιομηχανιών. Στα πλαίσια αυτής της εργασίας θα εστιάσουμε στις έννοιες της Επιχειρηματικής Ευφυΐας, της Αναλυτικής και των Μεγάλων Δεδομένων και στο πώς αυτές οι επιστήμες συνδυάζονται με το Industry 4.0, πού εφαρμόζονται και πόσο αποτελεσματικές είναι. Μια αρχική εικόνα για την στενή διασύνδεση των όρων αυτών δίνεται στη συνέχεια.

Για να μπορέσει μια επιχείρηση να επιβιώσει και να εξελιχθεί στο χρόνο, είναι απαραίτητο ανά πάσα στιγμή να είναι σε θέση να προβλέπει τις μελλοντικές ανάγκες και τις απαιτήσεις των πελατών και να είναι ικανή να προσαρμόζεται σε νέα δεδομένα και καταστάσεις. Είναι σημαντικό να διακρίνει τόσο το εξωτερικό όσο και το εσωτερικό της περιβάλλον και να έχει τη δυνατότητα να παράγει τη σωστή πληροφορία στην κατάλληλη χρονική στιγμή, ώστε να λαμβάνει τις κατάλληλες αποφάσεις. Η Επιχειρηματική Ευφυΐα είναι ένας επιστημονικός τομέας που έρχεται να καλύψει αυτήν την ανάγκη. Σε συνδυασμό λοιπόν με την Επιχειρηματική και Αναλυτική, που είναι 2 έννοιες παραπλήσιες και αποσκοπούν στον ίδιο σκοπό, οι επιχειρήσεις διευκολύνονται στο πώς να εντοπίζουν, να ξεχωρίζουν και να αναλύουν χρήσιμα δεδομένα, τα οποία θα συμβάλλουν στη λήψη αποφάσεων. Το κομμάτι αυτό αναλύεται στο Κεφ. 4. και παρουσιάζονται ταυτόχρονα κάποια λογισμικά που συμβάλλουν στην ανάλυση δεδομένων και στην έξυπνη λήξη αποφάσεων.

Προαναφέρθηκε λοιπόν ο όρος «δεδομένα». Οι επιχειρήσεις έχουν να διαχειριστούν έναν τεράστιο όγκο δεδομένων που έπειτα αυτά θα μετατραπούν σε πληροφορίες και οι πληροφορίες με τη σειρά τους σε γνώση. Η ανάγκη να αποθηκεύουν, να παράγουν και να αναλύουν τις πληροφορίες που κρίνονται χρήσιμες για την λήψη επιχειρηματικών αποφάσεων, οδήγησαν στη ανάπτυξη καινούργιων τεχνικών αποθήκευσης και ανάλυσης δεδομένων για να αντιμετωπιστούν αυτές οι δυσκολίες. Όλο αυτό συνέβαλε στην ανακάλυψη και αξιοποίηση των Μεγάλων Δεδομένων, ένα βασικό στοιχείο του Industry 4.0 που αναλύεται στο Κεφ. 5. Η τεχνολογία πλέον μας δίνει την δυνατότητα να αποθηκεύουμε έναν μεγάλο όγκο δεδομένων, και συνδέοντας τις κατάλληλες πληροφορίες να εξάγουμε περισσότερη γνώση που θα συμβάλλει όχι μόνο στην βελτίωση των επιχειρήσεων αλλά και στο κοινωνικό σύνολο. Η εξέλιξη της επεξεργασίας των δεδομένων και της δικτύωσης των συσκευών που χρησιμοποιούμε καθημερινά, υπόσχονται νέες εφαρμογές που πρόκειται να δημιουργήσουν μια νέα κοινωνία (Σούμπλης, 2021).

Οι επιστήμες λοιπόν της Επιχειρηματικής Ευφυΐας, Αναλυτικής και Μεγάλων Δεδομένων είναι αλληλένδετες καθώς συνεισφέρουν η κάθε μια με τον τρόπο της στην ανάπτυξη της 4^{ης} Βιομηχανικής Επανάστασης, έτσι ώστε οι επιχειρήσεις να υιοθετήσουν έξυπνα, ασφαλή και αποτελεσματικά συστήματα και κατ' επέκταση ολόκληρη η κοινωνία να επωφεληθεί από τον ψηφιακό μετασχηματισμό. Στα πλαίσια της συγκεκριμένης εργασίας γίνεται προσπάθεια της ένωσης όλων αυτών των εννοιών, οι οποίες έχουν συμβάλλει στην πλήρη αναδιοργάνωση των επιχειρήσεων σήμερα.

Κεφάλαιο 2: Industry 4.0

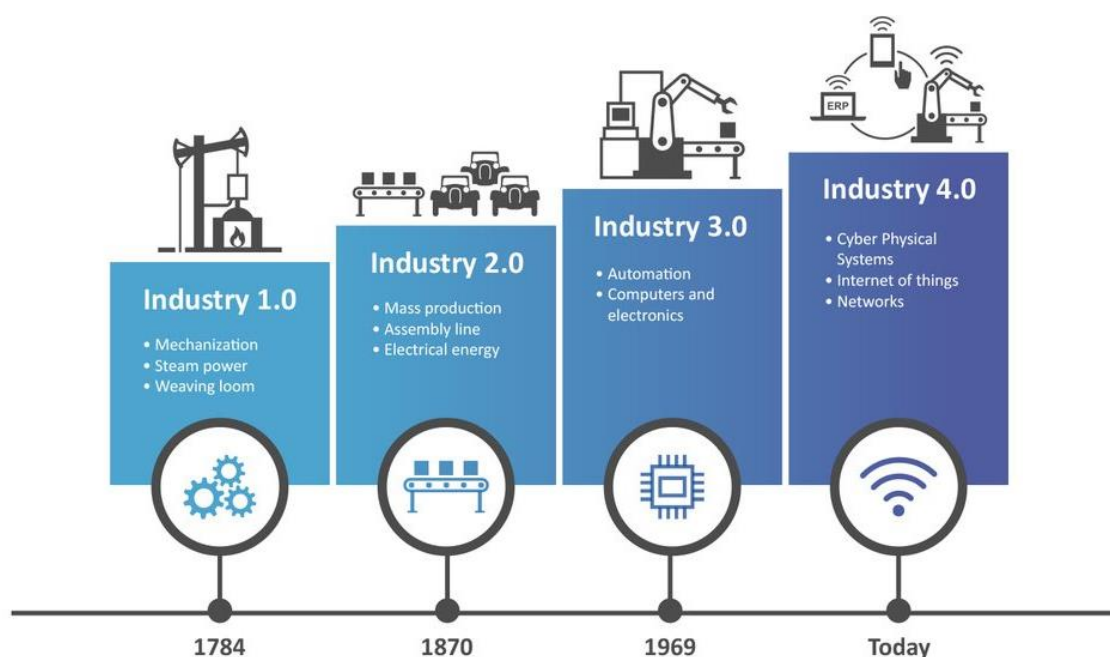
2.1 Ιστορική Αναδρομή της Βιομηχανικής Επανάστασης

Η πρώτη μηχανοποίηση παραγωγής προϊόντων ξεκίνησε στην Αγγλία στο 2^ο μισό του 18^{ου} αιώνα και στη συνέχεια εξαπλώθηκε στην Ευρώπη και στην Αμερική. Οι μηχανές χρησιμοποιούσαν ως ενέργεια τον ατμό και η πρώτη τους εφαρμογή τέθηκε σε εργοστάσια κλωστοϋφαντουργίας. Η χρήση ατμού εξαπλώθηκε ραγδαίως και οι ατμομηχανές άρχισαν να χρησιμοποιούνται και για την κίνηση των αμαξών και των σιδηροτροχιών, προκαλώντας επανάσταση στις μεταφορές. Πλέον ο όρος εργοστάσιο καθιερώνεται συστηματικά, ωστόσο η έλλειψη των δυνατοτήτων στις μονάδες αυτές και οι ανάγκες των ανθρώπων συνεχώς μεγάλωναν. (Buchberger, 2021; Stein, 2022).

Η 2^η βιομηχανική επανάσταση ξεκίνησε από την Γερμανία και την Αμερική στα τέλη του 19^{ου} αιώνα. Η εφεύρεση του ηλεκτρικού ρεύματος άλλαξε τον τρόπο παραγωγής και έβαλε τα θεμέλια για τη σημερινή τεχνολογική έκρηξη. Οι ηλεκτροκινητήρες, το τηλέφωνο και ο ηλεκτρικός λαμπτήρας ήταν μερικές από τις εφευρέσεις της εποχής. Παράλληλα με την ανακάλυψη του πετρελαίου δημιουργήθηκαν οι πρώτες μηχανές εσωτερικής καύσης, οι οποίες έδωσαν τεράστια ώθηση στη βιομηχανική παραγωγή. Το 1903 ο Henry Ford δημιούργησε την πρώτη κινητή γραμμή συναρμολόγησης μαζικής παραγωγής, κάτι που εφαρμόζεται από τις βιομηχανίες μέχρι και σήμερα παγκοσμίως (Buchberger, 2021; Stein, 2022).

Η περίοδος της 3^{ης} βιομηχανικής επανάστασης ξεκίνησε από τις Ηνωμένες Πολιτείες και την Ιαπωνία στα τέλη του 20^{ου} αιώνα και έφερε την λεγόμενη ψηφιακή επανάσταση με την μετάβαση των αναλογικών συστημάτων σε ψηφιακά. Η επιστήμη της πληροφορικής και των τηλεπικοινωνιών ήρθαν στο φως και μια σειρά από νέες τεχνολογίες, όπως οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές, το διαδίκτυο, τα ηλεκτρονικά κυκλώματα, οι μηχανές CNC, τα λογισμικά CAD - CAM εισέβαλαν δυναμικά στην παραγωγή και η βιομηχανία πήρε μια άλλη μορφή, πιο αυτοματοποιημένη. Οι τεχνολογικές εξελίξεις εξακολουθούν να αναπτύσσονται και τείνουν να αλλάξουν ολόκληρη την ανθρωπότητα (Buchberger, 2021; Stein, 2022).

Η 4^η βιομηχανική επανάσταση ξεκίνησε στις αρχές του 21^{ου} αιώνα από την Γερμανία και είναι η νέα πραγματικότητα που ήρθε για να αλλάξει ριζικά την δομή της βιομηχανικής παραγωγής και κατ'επέκταση ολόκληρης της ανθρωπότητας. Οι μηχανές γίνονται ολοένα και πιο αυτοματοποιημένες και έξυπνες και οι δυνατότητες που μπορούν να προσφέρουν αυξάνονται διαρκώς. Η κύρια ιδέα είναι η αξιοποίηση των δυνατοτήτων νέων τεχνολογιών και εννοιών όπως: η διαθεσιμότητα και η χρήση του Διαδικτύου και του IoT (Internet of Things), η ενσωμάτωση τεχνικών διαδικασιών και επιχειρηματικών διαδικασιών στις εταιρείες, η ψηφιακή χαρτογράφηση, η εικονοποίηση του πραγματικού κόσμου, το «έξυπνο» εργοστάσιο που περιλαμβάνει τα «έξυπνα» μέσα βιομηχανικής παραγωγής και τα «έξυπνα» προϊόντα (Buchberger, 2021; Stein, 2022)



Εικόνα 2.1:Βιομηχανικές Επαναστάσεις (Stein, 2022)

2.2 Τι είναι το Industry 4.0

Η αυτοματοποίηση στο χώρο της βιομηχανίας έχει τις ρίζες της στη δεκαετία του '80. Τα μηχανήματα είχαν από τότε σημαντικό ρόλο στη παραγωγή, αντικαθιστώντας πολλές χαμηλόμισθες θέσεις. Κύριες αιτίες των βιομηχανικών επαναστάσεων ήταν η ανάγκη για μεγαλύτερη απόδοση, η ανάδειξη του εργοστασίου ως τον βασικό χώρο παραγωγής και η εφαρμογή τεχνολογικών καινοτομιών. Οι τεχνολογίες της Πληροφορικής και των Τηλεπικοινωνιών υιοθετήθηκαν για πρώτη φορά στη βιομηχανία το 1970, ωστόσο ο όρος "Industry 4.0" δημοσιεύτηκε για πρώτη φορά το 2011. Ξεκίνησε από την Γερμανική κυβέρνηση με στόχο να αποκτήσει προπύργιο πάνω στην έρευνα και την ανάπτυξη για την μακροχρόνια βιωσιμότητα της Γερμανικής βιομηχανίας. Πολλοί επιχειρηματίες, όπως και η κυβέρνηση υποστήριξαν την ιδέα της της έλευσης μιας ολοκαίνουργιας εποχής της βιομηχανικής επανάστασης και σύντομα το Industry 4.0 περιέγραφε ένα σύνολο νέων εφαρμογών

συστημάτων πληροφορικής στο χώρο της βιομηχανίας, που έκανε εύκολη την ανταλλαγή πληροφοριών και την έξυπνη επικοινωνία μεταξύ των συσκευών χρησιμοποιώντας την τεχνολογία. Παρόμοιες στρατηγικές στη συνέχεια, ακολούθησαν κι άλλες αναπτυγμένες χώρες, όπως για παράδειγμα, το «Βιομηχανικό Διαδίκτυο» των ΗΠΑ και το "Internet +" από την Κίνα. (Anil Kumar et al., 2021) Stein, 2022).

Το Industry 4.0 δεν εστιάζει στην αντικατάσταση της σωματικής εργασίας, αλλά στην υποστήριξη του ανθρώπου κατά την εκτέλεση του έργου του και στην αντικατάσταση του γνωστικού περιεχομένου του εργαζομένου. Αυτό ωστόσο δεν σημαίνει ότι ο εργαζόμενος θα αντικατασταθεί πλήρως, καθώς η ανθρώπινη παρουσία κρίνεται απαραίτητη για την διαχείριση των συστημάτων. Τα συστήματα αυτά μπορεί να ελέγχονται με φυσικές διαδικασίες, είναι όμως αυτόνομα, διότι περιέχουν τεχνητή νοημοσύνη και μπορούν να αποφασίζουν μόνα τους για τις παραγωγικές διαδικασίες. Μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους σε κάθε στάδιο της παραγωγής ανταλλάσσοντας πληροφορίες, με σκοπό την εξέλιξη της γραμμής παραγωγής φέρνοντας ένα πολύ υψηλότερο επίπεδο αυτοματισμού και ψηφιοποίησης των διαδικασιών. Αυτό σημαίνει ότι οι μηχανές πλέον χρησιμοποιούν αυτόματα συστήματα βελτιστοποίησης και αυτορρύθμισης για να ολοκληρώνουν περίπλοκες εργασίες. Έτσι για παράδειγμα δίνεται η δυνατότητα επικοινωνίας με άλλες βιομηχανίες που ανήκουν στον ίδιο εταιρικό όμιλο. Αυτή η δραστηριότητα που παλαιότερα λάμβανε χώρα μέσω του ανθρώπινου δυναμικού, είναι πλέον αυτόματη.

Βασικό χαρακτηριστικό αυτής της τεχνικής, είναι η δυνατότητα της αποθήκευσης και επεξεργασίας μεγάλων όγκων δεδομένων (Μεγάλα Δεδομένα), ένα πεδίο που θα αναλυθεί στο Κεφ. 5, και της διασύνδεσης των δικτύων μεταξύ τους. Αυτό που συμβαίνει είναι το εξής: ένας μεγάλος αριθμός μηχανημάτων συνδέονται μεταξύ τους και επικοινωνούν ανταλλάσσοντας δεδομένα. Τα δεδομένα αυτά δηλαδή, προέρχονται όχι μόνο από τον άνθρωπο, αλλά και από άλλες μηχανές. Επομένως, η κύρια διαφορά από την απλή τεχνολογική πρόοδο είναι η ίδια η στενή αλληλεπίδραση μεταξύ φυσικών και ψηφιακών κόσμων. Πέρα από τον χώρο της διαδικασίας της παραγωγής, το Industry 4.0 πρόκειται να καλύψει ανάγκες και σε άλλους τομείς, όπως στην εφοδιαστική αλυσίδα, στις μεταφορές, στην ενέργεια και τελικά θα δημιουργηθεί η «έξυπνη» πόλη (Stein, 2022).

Λόγω της πολυπλοκότητάς του όρου Industry 4.0 είναι δύσκολο να παρασχεθεί ένας ενιαίος, συνοπτικός ορισμός που θα είναι παγκοσμίως αποδεκτός. Οι περισσότερες δημοσιεύσεις το παρουσιάζουν περιγραφικά ή το ορίζουν ανάλογα με τις ανάγκες τους. Ως εκ τούτου, κάποιες συχνά περιγράφουν το Industry 4.0 ως ένα σύνολο τεχνολογιών όπως η ρομποτική και η τεχνητή νοημοσύνη, ενώ άλλες το θεωρούν ευρέως, ως Έξυπνη Βιομηχανία, Βιομηχανικό Διαδίκτυο των Πραγμάτων ή Τέταρτη Βιομηχανική Επανάσταση (Stein, 2022). Το Industry 4.0 λοιπόν, όπως παρουσιάστηκε το 2011, έχει πολλές έννοιες και τεχνολογίες.

2.3 Θεμελιώδεις αρχές του Industry 4.0

Διαλειτουργικότητα: Κατά την παραγωγική διαδικασία απαιτείται να υπάρχει αλληλεπίδραση και συνεργασία τόσο μεταξύ των συστημάτων όσο και με τους ανθρώπους. Πλέον δεν αφορά μόνο τους ανθρώπους ή τις μηχανές που εμπλέκονται κατά την διαδικασία. Όλα τα αντικείμενα, οι μηχανές και οι άνθρωποι πρέπει να έχουν την δυνατότητα να επικοινωνούν με την βοήθεια του Διαδικτύου και διαφόρων τεχνολογιών αιχμής. Αυτή η ευέλικτη συνεργασία κάνει ένα εργοστάσιο έξυπνο, στο οποίο όλα τα στάδια παραγωγής θα μπορούν να συνεχίζονται απρόσκοπτα σύμφωνα με τον διαρκή έλεγχο του δικτύου πληροφοριών (Υφαντίδης, 2018).

Οπτικοποίηση: Η αναπαράσταση όλων των διεργασιών σε ένα έξυπνο εργοστάσιο μπορεί να γίνει εικονικά. Τα δεδομένα που λαμβάνονται από τους αισθητήρες θα είναι διαθέσιμα σε εικονικά μοντέλα ή μοντέλα που δημιουργούνται μέσω προσομοίωσης (βλέπε Κεφ. 3). Με αυτό τον τρόπο θα μπορούν να γίνονται έλεγχοι και δοκιμές σε ένα εικονικό περιβάλλον, ώστε να βελτιστοποιήσουν τη αποτελεσματικότητα όλων των συστημάτων. Οι αλλαγές και οι αναβαθμίσεις των προϊόντων θα γίνονται πολύ πιο εύκολα και γρήγορα και με μικρότερο κόστος (Υφαντίδης, 2018).

Αποκέντρωση: Οι μηχανές και τα συστήματα θα έχουν την δυνατότητα να είναι αυτόνομα και να παίρνουν μόνα τους τις αποφάσεις, χωρίς να αποκλίνουν από την πορεία τους. Τα συστήματα πλέον θα μπορούν να υποστηρίζουν τον άνθρωπο στη λήψη αποφάσεων και να αποτρέπουν την πιθανή εμφάνιση κάποιου ανθρώπινου σφάλματος. Ακόμη και σε περιπτώσεις κατά τις οποίες κάποια εργασία θα είναι εξαντλητική για τον άνθρωπο, τα συστήματα θα αναλαμβάνουν με ευελιξία και ασφάλεια την διεκπεραίωσή της σε σύντομο χρονικό διάστημα (Υφαντίδης, 2018).

Δυνατότητα λειτουργίας σε πραγματικό χρόνο: Το Industry 4.0 εστιάζει στη συλλογή και ανάλυση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, όπως και η παρακολούθηση των διαδικασιών, ώστε οι αποφάσεις να μπορούν να λαμβάνονται χωρίς καθυστέρηση και όλα να υλοποιούνται γρήγορα. Το έξυπνο εργοστάσιο θα λειτουργεί σε ένα ευέλικτο περιβάλλον, εφόσον τα συστήματα και οι μηχανές θα εκτελούν τις εργασίες αυτόματα. Τα συστήματα θα αποθηκεύουν τα δεδομένα και με βάση την πληροφορία που λαμβάνουν θα εκτελούν την κατάλληλη ενέργεια. Για παράδειγμα θα είναι σε θέση να εντοπίζουν τα λάθη, όπως ένα ελαττωματικό προϊόν και να το αποστέλλουν στη κατάλληλη μηχανή για να γίνει η διορθωτική ενέργεια αυτόματα και σε άμεσο χρονικό διάστημα (Υφαντίδης, 2018).

Προσανατολισμός Υπηρεσίας: Το Industry 4.0 θα προσφέρει υπηρεσίες τις οποίες θα μπορούν να χρησιμοποιήσουν και υπηρεσίες τρίτων προσφέροντας λύσεις στο έξυπνο εργοστάσιο. Οι λύσεις αυτές θα πρέπει να προσανατολίζονται στις επιθυμίες και απαιτήσεις του πελάτη. Οι άνθρωποι και τα συστήματα θα πρέπει να μπορούν να συνδέονται και να αλληλοεπιδρούν, ώστε τα προϊόντα που θα κατασκευάζονται ή οι

υπηρεσίες που θα προσφέρονται να καλύπτουν τις απαιτούμενες προδιαγραφές (Υφαντίδης, 2018).

Αρθρωτότητα: Το έξυπνο εργοστάσιο θα πρέπει να είναι ευέλικτο στην παραγωγή, ώστε να μπορεί να προσαρμόζεται σε διάφορες μεταβολές. Οι απαιτήσεις των προϊόντων συνεχώς θα αλλάζουν και οι παραγωγικές μονάδες θα πρέπει να είναι σε θέση να λάβουν υπόψη τους τα νέα δεδομένα και να προσαρμόζονται. Επιπλέον, θα πρέπει να είναι δυνατή μια τυχόν απόσυρση ή αντικατάσταση μηχανής, δίχως να επηρεάζεται η υπόλοιπη γραμμή παραγωγής (Υφαντίδης, 2018).

2.4 Τα οφέλη του Industry 4.0

Με την εμφάνιση του Industry 4.0 η δομή της βιομηχανίας αλλάζει. Προσφέρεται μια δυνατότητα κατά την οποία άνθρωποι και οι μηχανές θα επικοινωνούν και θα συνεργάζονται μεταξύ τους με μεγάλη αποτελεσματικότητα σε σύγκριση με το παρελθόν. Χάρης στην τεχνολογική ανάπτυξη των συστημάτων δικτύου, οι μηχανές θα μπορούν να μάθουν από τον ίδιο τον άνθρωπο πώς να σκέφτονται, να αποθηκεύουν δεδομένα, να τα επεξεργάζονται και τελικά να παίρνουν αποφάσεις. Μάλιστα θα μπορούν να θυμούνται τις εντολές που θα λαμβάνουν από τους ανθρώπους ή από άλλες μηχανές, με αποτέλεσμα να βελτιώνονται και να γίνονται πιο έξυπνες. Όλα αυτά τα χαρακτηριστικά θα λειτουργήσουν προς όφελος των βιομηχανικών μονάδων και της ανθρώπινης οντότητας. Κατά αυτόν τον τρόπο θα δημιουργηθεί το λεγόμενο Έξυπνο Εργοστάσιο, το οποίο θα χαρακτηρίζεται από πλήρη αυτοματοποίηση και προσαρμοστικότητα σε τυχόν αλλαγές. Πέρα από αυτό, θα προσφέρεται η δυνατότητα συνεργασίας μεταξύ διαφόρων βιομηχανιών μέσα από την δικτύωση όλων αυτών των συστημάτων μεταξύ τους. Πέρα από αυτά, παρακάτω θα παρουσιαστούν τα σημαντικότερα οφέλη της 4^{ης} Βιομηχανικής επανάστασης (Abdullahi et al., 2021):

1. Ταχύτητα παραγωγικής διαδικασίας: Η ευελιξία των γραμμών παραγωγής θα συμβάλλει σημαντικά στην ταχύτητα των διαδικασιών. Οι έξυπνες μηχανές θα μπορούν ανά πάσα στιγμή να δεχτούν νέα δεδομένα μέσω των αισθητήρων και να αναπροσαρμόζονται κατάλληλα. Θα εντοπίζουν αυτόματα τα ελαττώματα των προϊόντων και θα είναι ικανά να αποφασίσουν ποιο θα είναι το επόμενο τους βήμα ώστε να γίνει η σωστή ανατροφοδότηση. Γίνεται λοιπόν συνειδητή η μείωση του κόστους και του χρόνου των διεργασιών.
2. Εργατικό δυναμικό: Όσον αφορά την ανθρώπινη εργασία, η Βιομηχανία 4.0 θα αποβεί ιδιαίτερα χρήσιμη. Κατά την παραγωγική διαδικασία μέχρι τώρα η παρουσία ανθρώπινου σφάλματος ήταν πολύ πιθανή. Τα νέα συστήματα έρχονται να απαλείψουν αυτές τις πιθανότητες και όλες οι διαδικασίες θα γίνονται με ασφάλεια και ακρίβεια. Πέρα από το ανθρώπινο λάθος δεν θα πρέπει να ξεχνάμε και τις περιπτώσεις των εξαντλητικών ανθρώπινων εργασιών. Πλέον αυτό θα αποτελεί παρελθόν, καθώς όλα τα μηχανήματα, τα αντικείμενα και οι υπηρεσίες

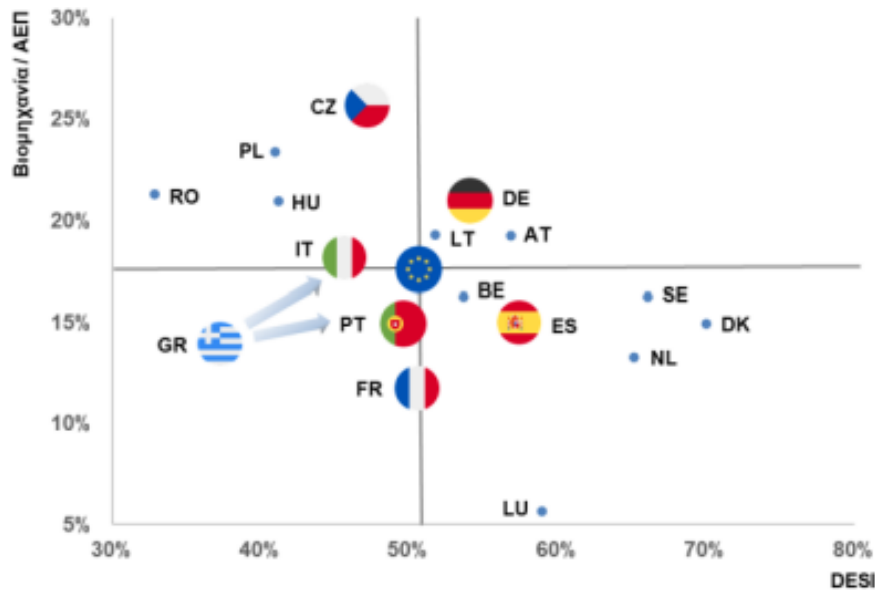
λογισμικού θα συνεργάζονται πλήρως και θα είναι αυτόματα. Η παρουσία του ανθρώπου θα είναι απαραίτητη μεν, αλλά πλέον σε άλλες θέσεις εργασίας.

3. Μείωση κινδύνου: Κατά την παραγωγική διαδικασία, όσο περισσότερα γίνονται χειρωνακτικές εργασίες, τόσο μεγαλύτερη πιθανότητα υπάρχει για τραυματισμούς. Η χρήση αρθρωτών συστημάτων ρομποτικής είναι πιο ασφαλής για τον άνθρωπο.
4. Αποτελεσματικότητα: Τα προϊόντα θα παράγονται γρήγορα και πιο εύκολα. Το κόστος παραγωγής θα είναι χαμηλότερο και θα υπάρχει μεγαλύτερη ακρίβεια στο τελικό αποτέλεσμα, χάρις στα σύγχρονα μηχανήματα και στις ακριβείς προσομοιώσεις που μπορεί να προσφέρει το Industry 4.0.
5. Ικανοποίηση πελατών: Οι απαιτήσεις των πελατών συνεχώς αυξάνονται. Η δημιουργία προϊόντων με βάση τις επιθυμίες των πελατών, η καλύτερη ποιότητα και η ταχύτερη παράδοση των παραγγελιών τους προσφέρουν ικανοποίηση και ευχαρίστηση στους καταναλωτές.

2.5 Στατιστικά στοιχεία εφαρμογής Industry 4.0

Η προσαρμογή της Ελλάδας στην 4η Βιομηχανική Επανάσταση είναι αρκετά επίκαιρη. Ο ρόλος της τεχνολογικής μετάβασης στον ψηφιακό κόσμο είναι καθοριστικός στην αύξηση της αποδοτικότητας των επιχειρήσεων. Οι σημερινές συνθήκες μετά την πανδημία Covid-19 απαιτούν την ένταξη των τεχνολογιών αιχμής στις επιχειρήσεις για να μπορέσουν να επιβιώσουν λόγω του έντονου ανταγωνισμού που υφίσταται. Οι μεγάλες βιομηχανίες της χώρας μας επενδύουν ταχύτερα τα δύο τελευταία έτη σε νέες τεχνολογίες σε σχέση με πιο παλιά, με αποτέλεσμα να βελτιωθεί η εικόνα της στο κομμάτι αυτό. Ωστόσο, συγκρίνοντας την με τις υπόλοιπες χώρες της ΕΕ, θα πρέπει να κινηθεί πιο γρήγορα για να μετριάσει το τεχνολογικό χάσμα που υφίσταται μεταξύ τους (Scoreboard, 2022).

Η Ελλάδα βρίσκεται σε αρκετά χαμηλότερο επίπεδο ψηφιακής ωριμότητας (25^η θέση), ενώ τα 3 τελευταία έτη δεν μπόρεσε να πλησιάσει τις υπόλοιπες χώρες της ΕΕ, αφού εκείνες προοδεύουν με γρηγορότερους ρυθμούς ψηφιακά, με αποτέλεσμα η απόσταση να αυξηθεί κατά μισή ποσοστιαία μονάδα και να φτάσει στο 13,4%. Επιπλέον, σύμφωνα με τα αποτελέσματα του Data Dashboard της Ευρωπαϊκής Επιτροπής η Ελλάδα βρίσκεται στην 21^η θέση στη διείσδυση των τεχνολογιών του Industry 4.0. Όσον αφορά την χρήση εργαλείων Ανάλυσης Μεγάλων Δεδομένων βρίσκεται στην 10^η θέση, σε αρκετά καλή θέση καθώς κατατάσσεται πάνω από τον μέσο όρο των υπόλοιπων χωρών της ΕΕ. Από την άλλη υπάρχει υπανάπτυξη στο cloud, καθώς λαμβάνει την 23^η θέση, όπως και στα ρομποτικά συστήματα, την κυβερνοασφάλεια και το IoT που κατατάσσονται στην 18^η, 19^η και 16^η θέση αντίστοιχα (Scoreboard, 2022).



Γράφημα 2.1: Ψηφιακή ωριμότητα και μέγεθος βιομηχανίας στην ΕΕ (Scoreboard, 2022)

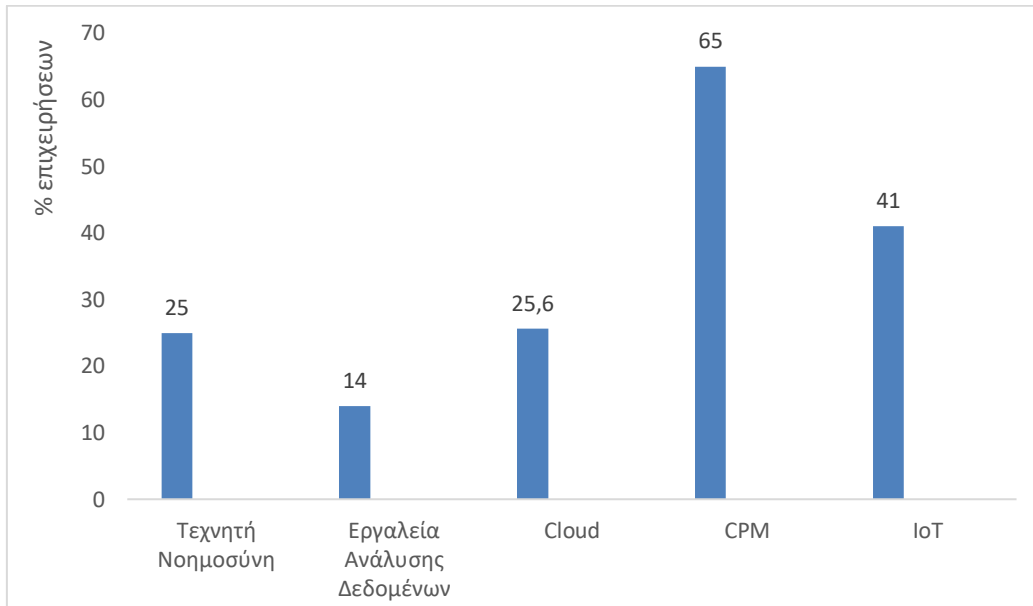
Στο Γράφημα 2.1 παρουσιάζεται η ψηφιακή επίδοση (δείκτης DESI) σε χώρες της ΕΕ κατά το έτος 2021. Για την Ελλάδα διαπιστώνουμε ότι υστερεί τόσο στην ψηφιακή ωριμότητα (οριζόντιος άξονας), όσο και στο συνολικό μέγεθος της βιομηχανίας (κάθετος άξονας).

Παρόλο που η Ελλάδα έχει διπλασιάσει την ερευνητική της δραστηριότητα τα δύο μισά τελευταία έτη, ο λόγος που οι επιχειρήσεις στη χώρα μας βρίσκονται σε χαμηλές θέσεις συγκριτικά με την ΕΕ είναι το ότι υπάρχει έλλειψη εθνικής στρατηγικής Industry 4.0. Η Ελλάδα μαζί με χώρες όπως η Ρουμανία, η Βουλγαρία και η Κροατία δεν έχουν αναπτύξει στρατηγικές ψηφιακού μετασχηματισμού, σε αντίθεση με χώρες όπως η Δανία και το Βέλγιο που βρίσκονται στις ηγετικές θέσεις καινοτομίας (Scoreboard, 2022).

Στις χώρες της ΕΕ κατά το 2021, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή καθορίζει τη διείσδυση των ψηφιακών τεχνολογιών στο 28% των επιχειρήσεων, ενώ έρευνα που έγινε σε 10 χώρες από το ινστιτούτο YouGon έδειξε ότι μόλις το 23% των επιχειρήσεων έχουν ξεκινήσει τον ψηφιακό μετασχηματισμό. Αρνητικά επίδρασε η πανδημία Covid-19 και λόγω των έκτακτων μέτρων καθυστέρησαν οι επενδυτικοί σχεδιασμοί για την ανάπτυξη των τεχνολογιών Industry 4.0. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με στοιχεία του Data Dashboard και της Eurostat προκύπτουν τα εξής (Scoreboard, 2022):

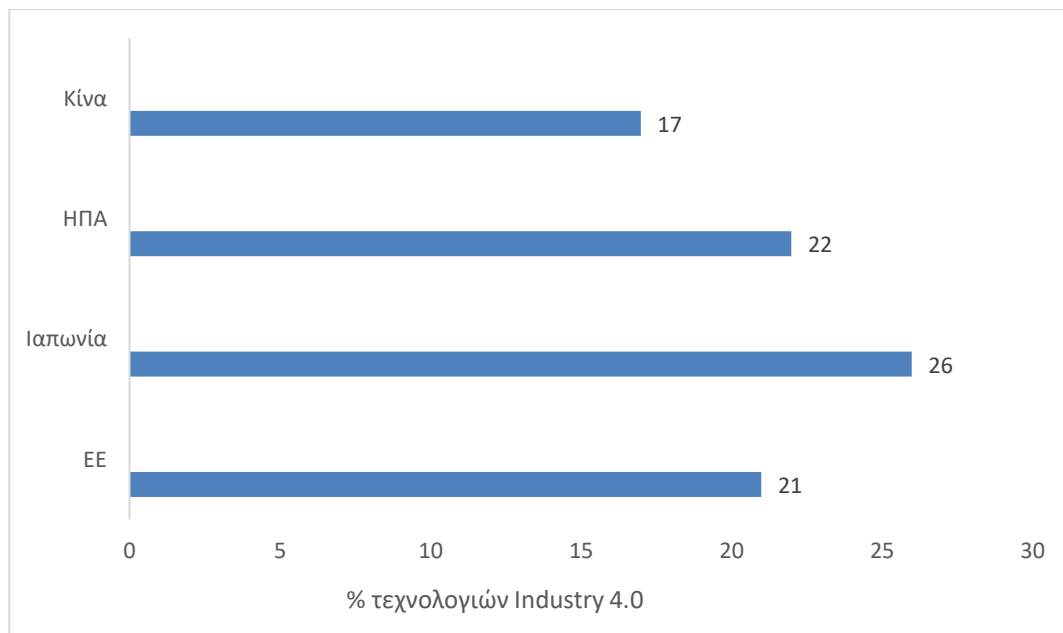
- Η χρήση της Τεχνητής Νοημοσύνης ανέρχεται στο 25% των επιχειρήσεων (αναζητούνται κατά κύριο λόγο λύσεις Μηχανικής Μάθησης).
- Το ποσοστό των εργαλείων ανάλυσης Μεγάλων Δεδομένων είναι μόλις 14% .
- Πλατφόρμες βασισμένες στο cloud χρησιμοποιούνται κατά 25,6%.
- Το 65% των επιχειρήσεων κάνουν χρήση εργαλείων κυβερνοασφάλειας.

- Οι τεχνολογίες IoT χρησιμοποιούνται κατά 41% σε επιχειρήσεις, κάτι που προβλέπεται να αυξηθεί, λόγω της ανάπτυξης των 5G δικτύων.



Γράφημα 2.2: Διείσδυση ψηφιακών τεχνολογιών στην ΕΕ (Scoreboard, 2022).

Ωστόσο, οι ψηφιακές τεχνολογίες δεν αναπτύσσονται το ίδιο σε όλες τις χώρες. Η κάθε χώρα παρουσιάζει ισχυρό ανταγωνιστικό πλεονέκτημα σε συγκεκριμένες τεχνολογίες, ενώ σε άλλες όχι. Για παράδειγμα σε σχέση με την ΗΠΑ, την Κίνα και την Ιαπωνία, η ΕΕ υπερέρχει κατά 25% σε τεχνολογίες IoT, σε αντίθεση με τεχνολογίες της τεχνητής νοημοσύνης και ρομποτικά συστήματα. Γενικά, η ΕΕ όπως φαίνεται και στο διάγραμμα συγκεντρώνει το 21% των τεχνολογιών του Industry 4.0, ενώ ακολουθεί η Ιαπωνία με 26%, η ΗΠΑ με 22% και τέλος η Κίνα με 17% (Scoreboard, 2022).



Γράφημα 2.3: Χρήση τεχνολογιών Industry 4.0 σε διάφορες περιοχές (Scoreboard, 2022)

Όσον αφορά το πλήθος των συσκευών που βασίζονται σε τεχνολογίες του Industry 4.0 παγκοσμίως, το 2021, υπήρχαν περισσότερες από 10 δισεκατομμύρια ενεργές συσκευές. Μέχρι το 2025, θα υπάρχουν 152.200 συσκευές που θα συνδέονται στο διαδίκτυο ανά λεπτό και ο όγκος των δεδομένων που παράγονται από έξυπνες συσκευές αναμένεται να φτάσει τα 73,1 ZB (zettabytes), όπου ένα zettabyte είναι 10^{21} bytes. Ωστόσο, μέχρι το 2030 ο αριθμός των ενεργών συσκευών υπολογίζεται πως θα έχει ξεπεράσει τα 25,4 δισεκατομμύρια (Anthony, 2022; Scoreboard, 2022).

Συνοψίζοντας, συγκρίνοντας την Ελλάδα με τις υπόλοιπες χώρες της ΕΕ, φαίνεται πως στη χώρα μας οι περισσότερες επιχειρήσεις, εκτός από κάποιες μεγάλες βιομηχανίες, είναι επιφυλακτικές όσον αφορά την υιοθέτηση νέων τεχνολογιών ψηφιοποίησης. Στη απέναντι όχθη, η ΕΕ είναι τεχνολογικά πιο ώριμη και πιο ενεργή ως προς το Industry 4.0 και επομένως η Ελλάδα ξεκινάει από μειονεκτικό σημείο προκειμένου να κλείσει την ψαλίδα που έχει δημιουργηθεί. Παρόλα αυτά το πλήθος των συσκευών και συστημάτων που αφομοιώνουν τις τεχνολογίες του Industry 4.0 είναι ήδη πολύ μεγάλο και πρόκειται να αυξηθεί τα επόμενα χρόνια παγκοσμίως. Ο όγκος των δεδομένων που χρησιμοποιείται στις επιχειρήσεις είναι τεράστιος και καταλαβαίνουμε πως απαιτείται σωστή διαχείριση, ώστε εκείνες να μπορέσουν να εκμεταλλευτούν τα οφέλη που έχει να προσφέρει το Industry 4.0.

Κεφάλαιο 3: Τεχνολογίες Industry 4.0

3.1 Κυβερνο-φυσικά συστήματα (CPS)

Τα Κυβερνο-φυσικά συστήματα (CPS) είναι μια νέα γενιά ευφυών συστημάτων που ενσωματώνουν τα φυσικά αντικείμενα με τον υπολογιστή. Οι διαδικασίες δικτύωσης θεωρούνται πως είναι το επόμενο βήμα στην εξέλιξη και ενσωμάτωση των λειτουργιών στο Industry 4.0. Προσφέρουν μεγάλες δυνατότητες για τον ψηφιακό μετασχηματισμό και την δημιουργία αξίας του Industry 4.0 (Jazdi, 2014). Τα κυβερνο-φυσικά συστήματα μπορούν να οριστούν ως ολοκληρωμένα συστήματα, τα οποία ενσωματώνουν τις δυνατότητες του υπολογισμού, της δικτύωσης και των φυσικών διεργασιών. Οι ενσωματωμένοι υπολογιστές και τα δίκτυα των κυβερνο-φυσικών συστημάτων παρακολουθούν κι ελέγχουν τις φυσικές διεργασίες μέσα από βρόγχους ανάδρασης, όπου οι φυσικές διεργασίες επηρεάζουν τους υπολογισμούς που διεξάγονται, αλλά αυτό συμβαίνει και αντιστρόφως (Δάγκαρης, 2015).

Το CPS χρησιμοποιεί αισθητήρες για την λήψη, αποθήκευση και αξιολόγηση των δεδομένων. Υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ φυσικού και εικονικού κόσμου, καθώς τα συστήματα επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω διεπαφών επικοινωνίας για την ανταλλαγή δεδομένων. Ενοποιεί και ενσωματώνει διάφορες τεχνολογικές προσεγγίσεις, οι οποίες θα αναπτυχθούν στα πλαίσια της εργασίας, όπως για παράδειγμα την ανάλυση μεγάλων δεδομένων, την τεχνητή νοημοσύνη κ.α. ενισχύοντας την παρακολούθηση και τον έλεγχο σε πραγματικό χρόνο για παράδειγμα των διαδικασιών παραγωγής σε μια βιομηχανία. Στα ενσωματωμένα συστήματα, η έμφαση τείνει να δίνεται περισσότερο στα υπολογιστικά στοιχεία και λιγότερο στην σύνδεση μεταξύ των υπολογιστικών και των φυσικών στοιχείων. Το CPS χρησιμοποιείται και σε άλλους κλάδους, συμπεριλαμβανομένης της ανθρώπινης κατασκευής, της ενέργειας, των καταναλωτικών αγαθών, των ρομπότ, της επικοινωνίας, της υγειονομικής περίθαλψης, των μεταφορών κ.α. (Jazdi, 2014).

Όσον αφορά την διεπαφή επικοινωνίας του CPS υπάρχουν διάφορες προσεγγίσεις, οι οποίες παρουσιάζονται συνοπτικά παρακάτω (Jazdi, 2014):

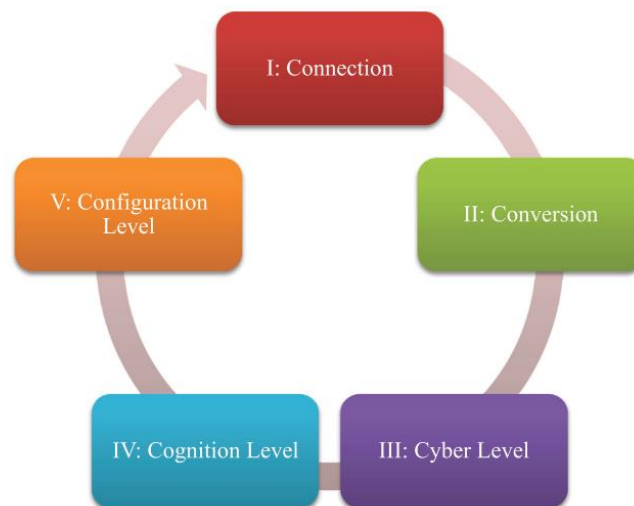
- Άμεση επέκταση συστήματος: Σε αυτή την παραλλαγή, το ενσωματωμένο σύστημα επεκτείνεται για να πετύχει πρόσβαση στο διαδίκτυο και το λογισμικό έχει αλλάξει ανάλογα για να ενεργοποιηθεί η επικοινωνία μέσω του διαδικτύου, π.χ. με το cloud.
- Επέκταση συστήματος με μια πλακέτα μικροελεγκτή: Σε αυτή την περίπτωση προστίθεται μια πλακέτα μικροελεγκτή με ενσωματωμένες διάφορες διεπαφές επικοινωνίας κι έπειτα συνδέεται με κάποιο δίκτυο (π.χ. WLAN) ή στο cloud.
- Επέκταση με έξυπνους ενεργοποιητές και αισθητήρες: Σε αυτή την περίπτωση ευφυείς αισθητήρες και ενεργοποιητές συνδέονται με έναν

ελεγκτή. Οι αισθητήρες στέλνουν τα δεδομένα σε έναν κεντρικό ελεγκτή και οι ενεργοποιητές τα επεξεργάζονται εκεί. Για να επεκταθεί ένα τέτοιο σύστημα σε CPS θα πρέπει τα σήματα να αποστέλλονται σε ένα cloud και να επεξεργάζονται εκεί.

3.1.1 Αρχιτεκτονική του CPS στο Industry 4.0

Πέντε διαφορετικά επίπεδα αρχιτεκτονικής έχουν παρατηρηθεί στα πλαίσια του Industry 4.0, τα οποία παρουσιάζονται συνοπτικά ως εξής (Javaid. M. et. al., 2022):

- I. Παροχή διασύνδεσης των συστημάτων για αποτελεσματική εργασία
- II. Μετατροπή ενός συνόλου δεδομένων σε χρήσιμα συμπεράσματα
- III. Παροχή ασφάλειας και προστασίας (κυβερνοεπίπεδο) στο εργασιακό περιβάλλον
- IV. Επίπεδο γνώσης, για την κατανόηση των απαιτήσεων των συστημάτων και των πελατών
- V. Επίπεδο διαμόρφωσης



Εικόνα 3.1: Η αρχιτεκτονική των 5C του CPS (Javaid. M. et. al.,2022)

3.1.2 Κυβερνο-ασφάλεια:

Τα βιομηχανικά συστήματα γίνονται όλο και πιο ευάλωτα σε απειλές λόγω της αυξημένης συνδεσιμότητας μεταξύ τους. Ένας μεγάλος όγκος δεδομένων δημιουργείται στο περιβάλλον ενός Industry 4.0 μέσω συσκευών όπως είναι οι αισθητήρες και το γεγονός ότι μέρος αυτών των δεδομένων μοιράζεται μεταξύ των εταιριών, η ασφάλεια αποτελεί ζωτικό παράγοντα. Για αυτό λοιπόν, είναι απαραίτητη η τοποθέτηση εξελιγμένων συστημάτων διαχείρισης ταυτότητας και πρόσβασης, έτσι ώστε να προστατεύονται τα συστήματα, τα δίκτυα και οι γραμμές παραγωγής από επιθέσεις και απειλές στον κυβερνοχώρο (Palka & Ciukaj, 2019).

3.2 Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) - Βιομηχανικό Διαδίκτυο Πραγμάτων (IIoT):

Οι έννοιες του Internet of Things (IoT) και των κυβερνο-φυσικών συστημάτων (CPS) συνδέονται στενά μεταξύ τους. Τα CPS αποτελούν τη βάση του IoT. Το IoT περιγράφει το σύνολο δικτυωμένων φυσικών αντικειμένων, από βιομηχανικές μηχανές μέχρι και καθημερινές φορητές συσκευές, που είναι ενσωματωμένα στο πλαίσιο μιας κοινής υποδομής με αισθητήρες, λογισμικό και άλλες τεχνολογίες, με σκοπό τη σύνδεση και την ανταλλαγή δεδομένων με άλλες συσκευές και πληροφοριακά συστήματα μέσω του διαδικτύου. Το IoT συνδέει μεμονωμένες συσκευές στο δίκτυο αλλά και μεταξύ τους. Μπορεί να θεωρηθεί ως μια παγκόσμια πλατφόρμα που τροφοδοτεί μηχανές και συστήματα με σκοπό την επικοινωνία, τον συντονισμό με τους ανθρώπους, τον υπολογισμό και τη λήψη αποφάσεων σε επιχειρήσεις. Η βασική ιδέα όπως έχει προαναφερθεί είναι ότι τα αντικείμενα, από βιομηχανικές μηχανές μέχρι και κάτι πολύ απλό όπως το κινητό τηλέφωνο, θα επικοινωνούν μεταξύ τους έχοντας το καθένα μια ξεχωριστή διεύθυνση. Το IoT δίνει την δυνατότητα σε αυτά να δουν, να ακούσουν, να σκεφτούν και να εκτελέσουν εργασίες επικοινωνώντας και ανταλλάσσοντας μεταξύ τους πληροφορίες (Υφαντίδης, 2018).

Το IIoT είναι μια υποκατηγορία του IoT. Περιγράφει την ενσωμάτωση των τεχνολογιών του Διαδικτύου των Πραγμάτων στη δημιουργία βιομηχανικής αξίας. Στόχος είναι ένα αποτέλεσμα, εξ ολοκλήρου ψηφιοποιημένο, διασυνδεδεμένο, και να δημιουργηθούν αποκεντρωμένες βιομηχανικές αλυσίδες αξίας (Alcaraz et al., 2018). Ένας πρώτος ορισμός του IIoT θα μπορούσε να είναι: η χρήση ορισμένων τεχνολογιών IoT σε ένα βιομηχανικό τομέα για την προώθηση κάποιων στόχων στη βιομηχανία. Ένας άλλος ορισμός θα μπορούσε να είναι: η χρήση του IoT στην βιομηχανία. Για να οριστεί όμως σωστά η έννοια του IIoT πρέπει να συμψηφιστούν δύο βασικά χαρακτηριστικά: (α) τα είδη των τεχνολογιών που χρησιμοποιούνται και (β) οι διακριτικοί στόχοι και οι σκοποί στους οποίους τίθενται αυτές οι τεχνολογίες. Το IIoT λοιπόν αναφέρεται σε διασυνδεδεμένους αισθητήρες, λογισμικά, συστήματα αποθήκευσης και άλλες συσκευές που είναι δικτυωμένες μαζί με βιομηχανικές εφαρμογές υπολογιστών. Αυτή η συνδεσιμότητα επιτρέπει τη συλλογή, ανταλλαγή και ανάλυση μεγάλου όγκου δεδομένων, αυξάνοντας την παραγωγικότητα και την αποδοτικότητα των επιχειρήσεων. Με την υποστήριξη του IIoT, μεγάλες ποσότητες ακατέργαστων δεδομένων μπορούν να αποθηκευτούν σε ένα σύννεφο (cloud) κι έπειτα να αναλυθούν (Boyes et al., 2018).

3.2.1 Τεχνολογίες του IoT

Το IoT μεταμορφώνει τα αντικείμενα από συμβατικά σε έξυπνα με την βοήθεια κάποιων τεχνολογιών. Σκοπός του είναι να ενώσει αυτές τις τεχνολογίες έτσι ώστε να παραχθούν νέα συστήματα που θα βασίζονται στο IoT, τα οποία θα συνδέονται με τα φυσικά αντικείμενα και θα συμβάλλουν στην διαδικασία λήψης ευφυών αποφάσεων. Κάποιες βασικές τεχνολογίες όπως η Radio frequency Identification (RFID) , η Near Field Communication (NFC), η Machine-to-Machine Communication (M2M) και η Vehicle-to-Vehicle Communication (V2V) χρησιμοποιούνται για την υλοποίηση της ιδέας του IoT και η βασική ιδέα του IoT επεκτείνεται περαιτέρω (Shah & Yaqoob, 2016; Stergiou et al., 2018).

3.2.2 Radio frequency Identification (RFID)

Η ταυτοποίηση ραδιοσυχνοτήτων είναι μια τεχνολογία που χρησιμοποιεί ηλεκτρομαγνητικά πεδία για να αναγνωρίζει ετικέτες που είναι τοποθετημένες σε αντικείμενα. Είναι η τεχνολογική εξέλιξη των ραβδωτών κωδίκων (barcodes). Βασίζεται στην αμφίδρομη επικοινωνία μεταξύ μιας ετικέτας (RFID tag) κι ενός αισθητήρα (reader). Η ετικέτα περιέχει ένα τσιπ, το οποίο ενεργοποιείται από το ηλεκτρομαγνητικό κύμα όταν έρθει σε κοντινή περιοχή με τον αισθητήρα, ο οποίος διαθέτει μια κεραία, και του επιστρέφει κάποια δεδομένα. Έπειτα παρεμβαίνει ένα λογισμικό, το οποίο κατανοεί αυτά τα δεδομένα και ο αισθητήρας τα μεταφέρει στο εκάστοτε πληροφοριακό σύστημα (Stergiou et al., 2018).

Υπάρχουν 3 διαμορφώσεις ετικετών-αισθητήρα. Η πρώτη είναι η Passive Reader Active Tag (PRAT), δηλαδή έχουμε έναν παθητικό αισθητήρα και λαμβάνει το σήμα από την ενεργή ετικέτα που λειτουργεί με μπαταρία και εκπέμπει σήματα δεδομένων, έχοντας μεγαλύτερη εμβέλεια λειτουργίας. Η δεύτερη, η οποία είναι η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη διαμόρφωση, είναι Active Reader Passive Tags (ARPT). Η ετικέτα είναι παθητική και ο αισθητήρας ενεργός. Οι παθητικές ετικέτες τροφοδοτούνται μόνο από το προσπίπτον ηλεκτρομαγνητικό κύμα του αισθητήρα και επομένως έχουν μικρότερο εύρος λειτουργίας. Η τελευταία είναι η Active Readers Active Tags (ARAT) κι έχει και τον αισθητήρα και την ετικέτα ενεργά. Η ετικέτα ενεργοποιείται μόνο όταν αυτή υπάγεται στον τομέα του αισθητήρα. Η μετάδοση μπορεί να εμφανίζεται σε διαφορετικές ζώνες συχνοτήτων που εκτείνονται από χαμηλή συχνότητα (LF) μεταξύ 124-135 KHz έως και σε εξαιρετικά υψηλή (UHF) μεταξύ 860-960 MHz (Shah & Yaqoob, 2016).

Με τη χρήση ασύρματης τεχνολογίας, οι ετικέτες δεν χρειάζονται άμεση οπτική επαφή με τον αισθητήρα, κάτι που φέρνει αρκετά πλεονεκτήματα σε σχέση με τους σαρωτές γραμμωτού κώδικα οι οποίοι χρησιμοποιούνται ευρέως στη βιομηχανία σήμερα. Οι ετικέτες μπορούν να ενσωματωθούν στις συσκευές και περισσότερες από μια ετικέτες να μπορούν να αναγνωριστούν από έναν

αισθητήρα. Ένα ακόμη σημαντικό πλεονέκτημα της RFID τεχνολογίας είναι το χαμηλό κόστος λειτουργίας της (Shah & Yaqoob, 2016).

3.2.3 Near Field Communication (NFC)

Το κοντινό πεδίο επικοινωνίας είναι μια τεχνολογία παρόμοια με την RFID. Η λειτουργία της βασίζεται στην προσέγγιση μιας συσκευής που περιέχει ένα τσιπ, σε κάποια άλλη συσκευή που περιλαμβάνει τον κατάλληλο αναγνώστη. Η NFC τεχνολογία είναι γνωστή κυρίως στις κινητές συσκευές, είναι μια ασύρματη σύνδεση μικρής εμβέλειας, χαμηλής ισχύος που μπορεί να στείλει μικρές ποσότητες δεδομένων μεταξύ δύο συσκευών εντός ενός μικρού εύρους. Η τυπική εμβέλεια του NFC είναι 20 μέτρα και εξαρτάται κυρίως από το μέγεθος της κεραίας της συσκευής. Η τεχνολογία NFC παίζει σημαντικό ρόλο στη πρόοδο του IoT. Μπορεί να αποτελέσει ένα απαραίτητο εργαλείο για ασύρματη σύνδεση με άλλα έξυπνα αντικείμενα. Για παράδειγμα μπορούμε να πραγματοποιούμε αγορές εισιτηρίων φέρνοντας σε κοντινή απόσταση την κινητή συσκευή με το τερματικό αγοράς. Ακόμη, μπορούμε να μεταβούμε σε μια ιστοσελίδα όταν φέρουμε την συσκευή κοντά σε ένα διαφημιστικό φυλλάδιο, το οποίο θα έχει ενσωματωμένο τσιπ. Τα NFC tags μπορούν να βελτιώσουν την εμπειρία χρήσης NFC. Είναι στην ουσία πλακέτες με ενσωματωμένο τσιπ και με αυτόν τον τρόπο μπορούν τα κινητά να αυτοματοποιηθούν. Για παράδειγμα μπορούμε να τοποθετήσουμε ένα NFC Tag στην επιφάνεια του γραφείου και όταν η κινητή συσκευή έρθει σε κοντινή απόσταση με αυτό, θα ανοίγει αυτόματα το WiFi, ή θα ενεργοποιείται η αθόρυβη λειτουργία (Shah & Yaqoob, 2016).

3.2.4 Machine to Machine (M2M)

Η M2M τεχνολογία αναφέρεται στην επικοινωνία μηχανής με μηχανή. Επιτρέπει δηλαδή σε συσκευές, όπως υπολογιστές, επεξεργαστές, κινητές συσκευές, αισθητήρες και ενεργοποιητές να επικοινωνούν μεταξύ τους χωρίς την ανθρώπινη παρέμβαση. Αυτή η τεχνολογία βασίζεται στο ότι τα μηχανήματα είναι πιο πολύτιμα όταν είναι δικτυωμένα, όπως και το δίκτυο, το οποίο είναι πιο πολύτιμο όταν έχει περισσότερα μηχανήματα συνδεδεμένα. Οι συσκευές μεταφέρουν τα δεδομένα μέσω κάποιου δικτύου κι έπειτα μέσω μιας πύλης αυτά εφαρμόζονται κατάλληλα (Chen et al., 2012; Shah & Yaqoob, 2016).

Το M2M έχει μια δομή 5 επιπέδων:

- 1) M2M Συσκευές: Μια συσκευή που είναι εξοπλισμένη με ορισμένες τεχνολογίες αντίληψης π.χ. αισθητήρες και είναι ικανή να απαντάει σε αιτήματα για να μεταφέρει τα δεδομένα που έχει καταγράψει. Για παράδειγμα ένας αισθητήρας μπορεί να γίνει έξυπνος και να κατασκευάσει διάφορες συσκευές από την στιγμή που λαμβάνει την απαραίτητη πληροφορία και να εκτελέσει κάποιες εντολές αυτοματοποιημένα (Shah & Yaqoob, 2016).

- 2) M2M Δίκτυο: Παρέχει σύνδεση μεταξύ όλων των έξυπνων συσκευών και των πυλών δικτύου (gateways). Περιλαμβάνει δίκτυα όπως: Το προσωπικό δίκτυο (PAN) και τεχνολογίες με ασύρματο προσωπικό δίκτυο χαμηλής συχνότητας (LR-WPAN) όπως IEEE802.15, Zigbee, Bluetooth, UWB, SRD κ.α. (Shah & Yaqoob, 2016).
- 3) M2M Πύλη Δικτύου: Διασφαλίζει ότι οι συσκευές διασυνδέονται με τις πύλες δικτύου. Είναι δηλαδή υπεύθυνη για την εξαγωγή των δεδομένων από μια συσκευή για να τα δεχθεί το δίκτυο. Χρησιμοποιούνται αυστηρά πρωτόκολλα έτσι ώστε να γίνεται σωστή μετάφραση των δεδομένων ώστε να γίνονται κατανοητά στον παραλήπτη (άνθρωπος ή συσκευή) (Shah & Yaqoob, 2016).
- 4) M2M Δίκτυο Επικοινωνίας: Πραγματοποιείται η επικοινωνία μεταξύ της πύλης και των χρηστών. Τα δεδομένα που συλλέγονται μεταδίδονται σε ένα διακομιστή μέσω ενσύρματων και ασύρματων δικτύων, ο οποίος τα επεξεργάζεται και τα στέλνει εκεί που προβλέπει το πρωτόκολλο. Μερικά παραδείγματα δικτύων επικοινωνίας είναι η ψηφιακή συνδρομητική γραμμή (DSL), τα τοπικά δίκτυα επικοινωνίας (LAN), το πρότυπο IEEE802.11 για ασύρματα τοπικά δίκτυα, η τεχνολογία ασύρματης δικτύωσης (WiMAX) που έχει πολύ μεγαλύτερη εμβέλεια από το WiFi, η υπηρεσία ραδιοσυχνοτήτων GPRS κ.α. (Shah & Yaqoob, 2016).
- 5) M2M Εφαρμογές και χρήστες: Περιέχει οποιοδήποτε λογισμικό που δέχεται δεδομένα. Χρήστες μπορεί να θεωρηθούν κάποιο Web Browser, μια κινητή συσκευή ή κάποιο e-mail. Έχει εφαρμογές σε διάφορους τομείς, όπως η υγειονομική περίθαλψη, τα έξυπνα ρομπότ, τα συστήματα μεταφορών στον κυβερνοχώρο (CTS), τα συστήματα παραγωγής, οι τεχνολογίες έξυπνων σπιτιών κ.α. (Shah & Yaqoob, 2016).

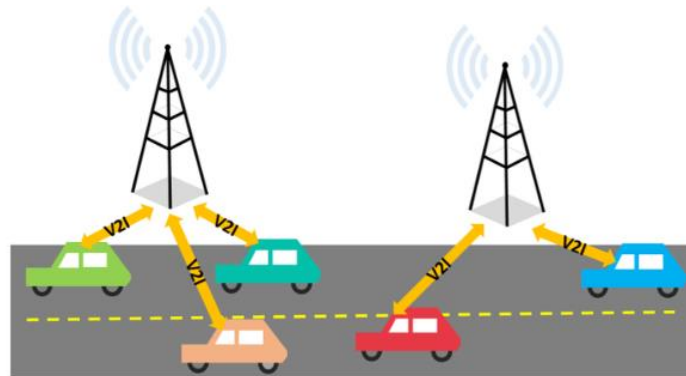
3.2.5 Vehicle to Vehicle (V2V) – Vehicle to Infrastructure (V2I)

Οι έννοιες της επικοινωνίας από όχημα σε όχημα (V2V) και της επικοινωνίας από όχημα σε υποδομή (V2I) έχουν εισαχθεί ως υποσύνολα του IoT. Τα συστήματα επικοινωνίας μεταξύ οχημάτων είναι δίκτυα υπολογιστών στα οποία ένα όχημα λειτουργεί σαν κόμβος σε ένα δίκτυο και η επικοινωνία μεταξύ τους γίνεται με την χρήση διαφόρων αισθητήρων που συνδέονται σε ένα ad-hoc δίκτυο, σε εμβέλεια των 1000m. Η υποδομή αυτού του δικτύου είναι αρκετά περίπλοκη γιατί δεν υπάρχει κάποια σταθερή τοπολογία που να ακολουθείται, καθώς το όχημα μετακινείται από το ένα μέρος στο άλλο. Κάθε όχημα θα μπορεί να μεταδίδει πληροφορίες σχετικά με την ταχύτητα, την κατεύθυνση, τη θέση, το φρενάρισμα και την πρόθεση στροφής του. Η τεχνολογία αυτή θα μπορεί να είναι αποτελεσματική στην αποφυγή ατυχημάτων και κυκλοφοριακής συμφόρησης. Η ανίχνευση εμποδίων είναι ένας από τους κύριους τομείς για τα συστήματα V2V, ωστόσο, παρόλο που έχουν γίνει μεγάλες πρόοδοι, υπάρχουν κάποιοι περιορισμοί. Για παράδειγμα, ένα σύστημα όρασης θα δυσκολευόταν να ανιχνεύσει έναν κίνδυνο, όπως για παράδειγμα ένα χαλασμένο

όχημα. Ωστόσο μια εφαρμογή V2V δεν θα περιοριζόταν σε ένα μόνο σύστημα ελέγχου, όπως η οπτική επαφή, καθώς υπάρχει δυνατότητα προσθήκης περισσότερων αισθητήρων για μεγαλύτερη σιγουριά και ασφάλεια. Από την άλλη, η επικοινωνία μεταξύ οχήματος και υποδομής (V2I) επιτρέπει σε ένα όχημα να επικοινωνεί με τα στοιχεία της οδικής υποδομής, όπως για παράδειγμα με τους ελεγκτές φωτεινών σηματοδοτών, σημάνσεις, διαχωριστές λωρίδων κυκλοφορίας κ.α. (Shah & Yaqoob, 2016).



(α)



(β)

Εικόνα 5.1: Αναπαράσταση των V2V και V2I τεχνολογιών: α) V2V επικοινωνία , β) V2I επικοινωνία (Parrado & Donoso 2015).

3.3 Τεχνητή Νοημοσύνη

Η Τεχνητή Νοημοσύνη (TN) έχει διεισδύσει στην καθημερινότητα του ανθρώπου με την μορφή των «έξυπνων» συσκευών, οι οποίες έχουν ως σκοπό να κάνουν την χρήση της τεχνολογίας πιο εύκολη. Αυτό επιτυγχάνεται καθώς διάφορα συστήματα και μηχανές αντιλαμβάνονται το περιβάλλον, μαθαίνουν, προσαρμόζονται σε αλλαγές, αποθηκεύουν γνώση και επιλύουν προβλήματα. Η TN είναι ένας τομέας της επιστήμης των υπολογιστών που ασχολείται με την σχεδίαση ευφών υπολογιστικών συστημάτων. Αυτά τα συστήματα έχουν να κάνουν με την νοημοσύνη στην ανθρώπινη συμπεριφορά. Νοημοσύνη είναι η ικανότητα για μάθηση ή κατανόηση, ή κρίση. Σχετίζεται με την ευφυΐα, τη λογική και τη διάνοηση, έννοιες που σχετίζονται με την σειρά τους με την κατανόηση, την ορθολογική κρίση, την επίλυση προβλημάτων, την εξαγωγή συμπερασμάτων κ.λπ. (Βλαχάβας, 2011)

Κατά καιρούς δόθηκαν διάφοροι ορισμοί για την TN, από τους οποίους κάποιοι επικεντρώνονται στη διαδικασία σκέψης και άλλοι στη συμπεριφορά. Σύμφωνα με τους Russell & Norvig (2003) TN είναι i) *Η προσπάθεια να κατασκευάσουμε υπολογιστές με διανοητική ικανότητα με την πλήρη και κυριολεκτική έννοια του όρου* ii) *Η μελέτη των υπολογισμών που καθιστούν εφικτή την αντίληψη, τη λογική, τη σκέψη και την αντίδραση,* iii) *Η μελέτη του πώς να κάνουμε τους υπολογιστές να κάνουν πράγματα στα οποία αυτήν την στιγμή οι άνθρωποι να είναι καλύτεροι και* iv) *Ο τομέας της Επιστήμης των υπολογιστών που ασχολείται με την αυτοματοποίηση της ευφυούς συμπεριφοράς.*

Ένας πιο γενικός ορισμός δόθηκε σύμφωνα με τον Desouza K.C. (2018) και είναι ο εξής: *Τεχνητή Νοημοσύνη είναι ένα επαναληπτικό σύστημα που μπορεί να μαθαίνει και από τις ανθρώπινες αλληλεπιδράσεις μέσω της επεξεργασίας φυσικής γλώσσας και των δεδομένων μέσω κάποιων αλγορίθμων. Μπορεί να δημιουργεί συνεχώς γνώση και να προσαρμόζεται σε νέες πληροφορίες. Μπορεί να θυμάται προηγούμενες αλληλεπιδράσεις, να ανακαλεί ιστορικά αποτελέσματα και να παρέχει απαντήσεις και συστάσεις για τους ανθρώπους.*

Όταν η TN στηρίζεται στην επεξεργασία διαφόρων συμβόλων αποκαλείται συμβολική ή κλασική τεχνητή νοημοσύνη. Ένα σύμβολο δεν υποδηλώνει κάτι από μόνο του αλλά όταν ενωθεί με άλλα αποκτά κάποιο νόημα. Τα ονόματα των συμβόλων επιλέγονται με τέτοιο τρόπο που να έχουν κάποιο νόημα για τους ανθρώπους. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν εφαρμογές που χρησιμοποιούν κανόνες, λογική κ.α. Από την άλλη όταν η TN βασίζεται σε βιολογικές διεργασίες των οργανισμών, όπως η λειτουργία του εγκεφάλου αποκαλείται υπολογιστική ή συνδετική νοημοσύνη.

3.3.1 Κύκλος Ζωής Συστημάτων Τεχνητής Νοημοσύνης

Συνήθως, ο κύκλος ζωής των συστημάτων TN αποτελείται από τέσσερις φάσεις (Τσάνταλη, 2020):

1. Σχεδιασμός, Δεδομένα και Μοντελοποίηση: Γίνεται καθορισμός των εννοιών και των στόχων των συστημάτων, συλλέγονται και επεξεργάζονται δεδομένα και εκτελούνται δοκιμές για τον έλεγχο της ποιότητας των δεδομένων και την κατασκευή αλγορίθμων για την ερμηνεία και την επεξεργασία των δεδομένων που συλλέγονται.
2. Επαλήθευση και επικύρωση: Πραγματοποιείται εκτέλεση δοκιμών για την αξιολόγηση της απόδοσης των αλγορίθμων.
3. Ανάπτυξη : Γίνεται εφαρμογή στο πραγματικό περιβάλλον και διασφαλίζονται οι νομικές και κανονιστικές συμμορφώσεις.

4. Λειτουργία και παρακολούθηση: Πραγματοποιείται αξιολόγηση των αποτελεσμάτων και των αντιλήψεων των χρηστών, εντοπίζονται προβλήματα και τα συστήματα προσαρμόζονται κατάλληλα για τη βελτίωση της απόδοσης.

3.3.2 Τεχνητή Νοημοσύνη στις Επιχειρήσεις

Η ΤΝ έχει κερδίσει το ενδιαφέρον των επιχειρήσεων, καθώς μπορεί να εκτελέσει ζωτικές επιχειρηματικές λειτουργίες, γρήγορα και με μεγαλύτερη ακρίβεια σε σχέση με τον άνθρωπο. Η στροφή αυτή προς την ΤΝ οφείλεται στην μεγάλη αύξηση του όγκου των πληροφοριών που δημιουργούνται στο διαδίκτυο και απαιτούνται έξυπνες τεχνικές διαχείρισης. Τα συστήματα της ΤΝ έχουν την ικανότητα να αναλύουν μεγάλο όγκο δεδομένων και να ανακαλύπτουν σχέσεις και πρότυπα σε αυτά, τα οποία βοηθούν στη λήψη ορθών αποφάσεων. Αυτοματοποιούν αυτή την διαδικασία εξομοιώνοντας την ανθρώπινη σκέψη. Στις επιχειρήσεις χρησιμοποιούνται συστήματα κανόνων που παίρνουν αποφάσεις και αυτοματοποιούν την ροή εργασιών. Για παράδειγμα οι πράκτορες (agents) είναι αυτόνομα συστήματα που ελέγχουν την πληροφορία που φτάνει από διάφορες πηγές και εκτελούν διεργασίες για την αυτοματοποίηση διάφορων συναλλαγών μεταξύ των επιχειρήσεων στο διαδίκτυο (Βλαχάβας, 2011).

3.3.3 Μηχανική Μάθηση

Η Μηχανική Μάθηση (ML) είναι ένας κλάδος της τεχνητής νοημοσύνης. Είναι η τεχνολογία ανάπτυξης αλγορίθμων που έχουν την ικανότητα να μαθαίνουν και να βελτιώνονται μέσα από την εμπειρία τους, όπως κάνει η ανθρώπινη νοημοσύνη. Οι αλγόριθμοι αυτοί μαθαίνουν μέσα από αλληλοσχετίσεις δεδομένων και δημιουργούν πρότυπα (Γεωργούλη, 2015) και μοντέλα που μπορούν να χρησιμοποιούνται για την πρόβλεψη καταστάσεων και αποτελεσμάτων. Τα συστήματα ML μπορούν να βελτιώνουν τα μοντέλα αυτά βασιζόμενα στην προηγούμενη μάθηση (Ματσατσίνης, 2021)

Υπάρχουν διάφοροι αλγόριθμοι που χρησιμοποιούνται στη ML και έχουν διαφορετικό τρόπο δημιουργίας σχέσεων μεταξύ των δεδομένων και για ίδια σύνολα δεδομένων. Τώρα, το ML έχει τη δυνατότητα αυτόματης υλοποίησης πολύπλοκων μαθηματικών υπολογισμών σε μικρότερο χρόνο με μικρότερο ποσοστό σφάλματος και με μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα (Gourisaria, et.al.,2021). Οι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης χωρίζονται στις παρακάτω κατηγορίες:

- Μάθηση με επίβλεψη: Σε αυτή την κατηγορία σε ένα σύνολο δεδομένων περιλαμβάνεται κάποια ετικέτα ή μια κλάση εκπαίδευσης. Για κάθε εγγραφή στα δεδομένα υπάρχει ένα σύνολο τιμών ο οποίος θα αντιστοιχεί σε μια κλάση ή ετικέτα (έξοδος),

- Μάθηση χωρίς επίβλεψη: Σε αυτή την κατηγορία ο αλγόριθμος επικεντρώνεται στην ανίχνευση προτύπων από ένα σύνολο δεδομένων (ετικέτες εισόδου) υπό μορφή παρατηρήσεων χωρίς να είναι γνωστές οι ετικέτες εξόδου (Γεωργούλη, 2015). Εστιάζουν στην διαδικασία που παράγονται τα δεδομένα και στον τρόπο που σχετίζονται αυτά μεταξύ τους και στοχεύουν στην ερμηνεία τους. Με άλλα λόγια, τα περιγραφικά μοντέλα περιγράφουν τις γενικές ιδιότητες υπαρχόντων διαθέσιμων δεδομένων (Βαμβακούσης & Θεοχάρη, 2019; Stein, 2022).
- Μάθηση με ημιεπίβλεψη. Αφορά περιπτώσεις που συνυπάρχουν και οι δύο προηγούμενες κατηγορίες. Στην ουσία συνδυάζουμε τις εγγραφές δεδομένων των οποίων γνωρίζουμε τις ετικέτες εξόδου με τις εγγραφές των οποίων οι ετικέτες εξόδου είναι άγνωστες για να εκπαιδευτούν οι ταξινομητές με βάση τους οποίους θα αποκτήσουμε τα αποτελέσματα όλων των εγγραφών (Ματσατσίνης, 2021).
- Ενισχυτική Μάθηση: Είναι μια κατηγορία μάθησης κατά την οποία το σύστημα προσπαθεί να μάθει από την αλληλεπίδραση με το περιβάλλον. Τα συστήματα μαθαίνουν μέσα από τα αποτελέσματα προηγούμενων ενεργειών, από δοκιμές και από σφάλματα και επιδιώκουν να κάνουν βελτιστοποίηση στις ενέργειες τους. Σε αυτή την περίπτωση κατά την διαδικασία επίλυσης των προβλημάτων δεν απαιτείται επίβλεψη από εξωτερικούς παράγοντες (Ματσατσίνης, 2021).
- Εξελικτική Μάθηση: Οι αλγόριθμοι που ανήκουν σε αυτή την κατηγορία είναι εμπνευσμένοι από την φυσική εξέλιξη. Η βιολογική εξέλιξη μπορεί να θεωρηθεί σαν μια μέθοδος μάθησης, καθώς οι ζωντανοί οργανισμοί μαθαίνουν να βελτιώνονται για να μπορέσουν να επιβιώσουν και να αυξήσουν την πιθανότητα να αποκτήσουν απογόνους (Ματσατσίνης, 2021).

3.4 Ρομποτική

Η χρήση των ρομπότ στο χώρο της παραγωγής δεν είναι κάτι το καινοτόμο. Η Ρομποτική είναι μια τεχνολογία εφαρμογής που γνωρίζει μεγάλη άνθηση το τελευταίο μισό αιώνα. Μάλιστα, η έναρξη του ψηφιακού μετασχηματισμού της βιομηχανίας σηματοδότησε την ανάγκη για την εμφάνιση της ρομποτικής. Η τρέχουσα τάση της ρομποτικής είναι η ολοκλήρωση σύγχρονων αισθητηρίων συστημάτων, η ευελιξία, η αντίληψη σε διάφορες συνθήκες περιβάλλοντος, η λήψη αποφάσεων σε αυτά τα περιβάλλοντα, η αυτονομία, δηλαδή η λειτουργία «*κατ' όνομα και ομοίωση*». Οι βασικές επιστήμες που συνθέτουν την Ρομποτική είναι η Μηχανική, ο Προγραμματισμός, η Τεχνητή Νοημοσύνη, η Τεχνολογία Αισθητήρων και τα Συστήματα Αυτόματου Ελέγχου, η Ηλεκτρονική και τα Συστήματα Παραγωγής (Εμίρης & Κουλουριώτης, 2021).

Για να γίνει αντιληπτή η διάκριση της Ρομποτικής, θα οριστούν αρχικά τα συναφή πεδία της «μηχανοποίησης» και της «αυτοματοποίησης» που έχουν αναφερθεί κατά την περιγραφή των Βιομηχανικών Επαναστάσεων. Μηχανοποίηση είναι η χρήση μηχανών, οι οποίες αναλαμβάνουν κάποιες εργασίες που εκτελούσαν ο άνθρωποι. Αυτοματοποίηση είναι ο συνδυασμός της μηχανοποίησης με την υπολογιστική ικανότητα, δηλαδή την ικανότητα προγραμματισμού. Ρομπότ είναι μια ευέλικτη μηχανή η οποία μπορεί να ελέγχει τις δράσεις της σε διάφορα εργαλεία κάνοντας χρήση αποθηκευμένων προγραμμάτων. Η ευελιξία αυτή εξασφαλίζεται από την δυνατότητα του Προγραμματισμού. Τα ευφυή Ρομπότ μπορούν να θέσουν τους στόχους τους, να προγραμματίσουν τις δράσεις τους και να κάνουν διορθώσεις στις λειτουργίες τους με βάσει τις μεταβολές στο περιβάλλον τους. Ρομποτική λοιπόν είναι το διεπιστημονικό πεδίο όπου εμπλέκονται 1) ο σχεδιασμός, η κατασκευή, ο έλεγχος και ο προγραμματισμός των ρομπότ, 2) η χρήση των ρομπότ για να επιλύονται προβλήματα και 3) η μελέτη και εφαρμογή των μηχανισμών ελέγχου, αίσθησης και των αλγορίθμων σε ρομπότ (Εμίρης & Κουλουριώτης, 2021).

Η Ρομποτική εφαρμόζεται σε διάφορα πεδία στη βιομηχανία, λόγω των πολλών ικανοτήτων των ρομπότ, όπως είναι η ικανότητα μεταφοράς, της μεταχείρισης ακατέργαστων υλικών σε τελικά προϊόντα και της αίσθησης πίεσης, φωτός, θερμοκρασίας κ.α. Η αυτοκινητοβιομηχανία, οι βιομηχανίες ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού, οι κατασκευαστές βαρέους εξοπλισμού, βιομηχανίες πλαστικών και οι αεροναυτικές εταιρείες είναι μόλις μερικά παραδείγματα (Εμίρης & Κουλουριώτης, 2021).

3.4.1 Γενική Δομή Ρομποτικών Συστημάτων

Ένα βιομηχανικό ρομπότ περιλαμβάνει τις παρακάτω λειτουργίες (Εμίρης & Κουλουριώτης, 2021):

1. Το σύστημα χειρισμού, που αποτελείται από τον μηχανικό βραχίονα κι ένα μηχανικό άκρο στο οποίο είναι προσαρτημένο ένα τελικό στοιχείο δράσης που είναι συνήθως κάποιο εργαλείο ή αρπάγη κ.λπ.
2. Το μηχανικό υποσύστημα κίνησης που αποτελείται από τους κινητήρες των αρθρώσεων και τα συστήματα μετάδοσης της κίνησης, όπως για παράδειγμα τα γρανάζια που προκαλούν κίνηση στις αρθρώσεις και στα τελικά στοιχεία δράσης.
3. Τον ελεγκτή και το λογισμικό ελέγχου κίνησης με την μονάδα επεξεργασίας της πληροφορίας. Σκοπός του ελεγκτή είναι η διατήρηση της κίνησης του ρομποτικού βραχίονα κατά μήκος μιας επιθυμητής τροχιάς κάτι που επιτυγχάνεται μέσα από διορθωτικές ροπές. Το λογισμικό ελέγχου με την σειρά του παρακολουθεί και συντονίζει τις κινήσεις των αρθρώσεων τροφοδοτώντας τα κυκλώματα των κινητήρων με τις κατάλληλες εισόδους.

4. Το ηλεκτρονικό σύστημα κίνησης, το οποίο αποτελείται από διάφορα κυκλώματα που είναι υπεύθυνα για τη οδήγηση των κινητήρων, την μέτρηση των σφαλμάτων θέσης κ.α.
5. Τους αισθητήρες, που χρησιμοποιούνται για να παρατηρούν το εξωτερικό περιβάλλον και τις «διασυνδέσεις επικοινωνίας δεδομένων» μεταξύ των ρομπότ και άλλων μηχανών. Οι αισθητήρες επηρεάζουν τις λειτουργίες του ρομπότ, βελτιώνουν τις ικανότητές τους και εισάγουν πολύτιμες πληροφορίες της εξέλιξης του έργου που εκτελεί το ρομπότ.
6. Το σύστημα επικοινωνίας ανθρώπου-μηχανή, το οποίο πραγματοποιεί την αμφίδρομη επικοινωνία του ρομπότ με τον χρήστη και είναι σημαντικό για την σωστή λειτουργία του έργου, την παρακολούθηση του ρομπότ.

3.4.2 Πλεονεκτήματα και Προβληματισμοί από τη Χρήση Ρομπότ

Τα πιο βασικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα από τη χρήση των Ρομπότ παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.1 (Εμίρης & Κουλουριώτης, 2021).

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ
Ασφάλεια εργαζομένων από τοξικά αέρια, υψηλές θερμοκρασίες επικίνδυνες εργασίες κ.α.	Κόστος εγκατάστασης, συντήρησης και εκπαίδευσης
Μεγαλύτερη παραγωγικότητα, λόγω δυνατότητας 24ωρης λειτουργίας, λιγότερα σφάλματα κ.α.	Δυσκολία προγραμματισμού ανάλογα με το έργο που θα πραγματοποιεί
Ευελιξία της παραγωγικής μονάδας, λόγω εύκολης προσαρμοστικότητας του ρομπότ σε αλλαγές	Περιορισμός στην τοποθέτηση των ρομποτικών συνιστωσών με ακρίβεια λόγω της ευκαμψίας των ρομποτικών συνδέσμων
Ικανότητα εργασίας σε συνθήκες μη εφικτές από ανθρώπους, όπως υποθαλάσσιες έρευνες, σήραγγες κ.α.	Σχετικά μικρή ταχύτητα σε ορισμένες εφαρμογές

Πίνακας 3.1: Πλεονεκτήματα - μειονεκτήματα από τη χρήση των Ρομπότ

3.5 Προσθετική Κατασκευή

Η προσθετική κατασκευή ή αλλιώς τρισδιάστατη εκτύπωση είναι μια τεχνολογία, η οποία μετατρέπει ψηφιακά μοντέλα προϊόντων σε απτά αντικείμενα με διαδοχική προσθήκη υλικού, χρησιμοποιώντας έναν επιτραπέζιο τρισδιάστατο εκτυπωτή. Αφού ολοκληρωθεί η τρισδιάστατη σχεδίαση από λογισμικά του υπολογιστή, ακολουθείται η ένωση των πρώτων υλών σε στρώματα από τον τρισδιάστατο εκτυπωτή. Η τρισδιάστατη εκτύπωση είναι μια διαδικασία παραγωγής που λειτουργεί προσθετικά, καθώς αντί να αφαιρεί υλικό από τις πρώτες ύλες, όπως

συνηθίζεται στις παραδοσιακές μεθόδους παραγωγής προϊόντων, προστίθενται διαδοχικές στρώσεις υλικού και δημιουργούνται πολλά επίπεδα το ένα πάνω από το άλλο μέχρι το προϊόν να πάρει την τελική του μορφή (Φρονιμάκη, 2022).

Η προσθετική κατασκευή ήρθε για να καλύψει την ανάγκη των βιομηχανιών για την κατασκευή αντικειμένων με μεγάλη ακρίβεια και ποιότητα χωρίς να χρειάζονται κάποιο άλλο υλικό, όπως καλούπια και μήτρες. Η προσθετική κατασκευή χρησιμοποιείται ευρέως για την παραγωγή μικρών παρτίδων προϊόντων που είναι προσαρμοσμένα σε ομάδες προτιμήσεων και προσφέρουν περισσότερη αξία στους πελάτες ή τους τελικούς χρήστες. Ερευνητές επιβεβαίωσαν ότι η προσθετική κατασκευή προσφέρει διάφορα οφέλη όσον αφορά τη βιωσιμότητα των επιχειρήσεων αφού αξιοποιούν λιγότερους πόρους όπως το λειτουργικό κόστος και ενέργεια μειώνοντας παράλληλα το σχεδιαστικό χρόνο, το κόστος και την αναποτελεσματικότητα του κατασκευαστή (Palka & Ciukaj, 2019).

3.5.1 Η Διαδικασία της Προσθετικής Κατασκευής

Το πρώτο στάδιο της προσθετικής κατασκευής περιλαμβάνει την δημιουργία ενός ψηφιακού μοντέλου του προϊόντος που πρόκειται να εκτυπωθεί (σχεδιομελέτη). Αυτό επιτυγχάνεται από συστήματα CAD (Computer Aided Design) που σημαίνει σχεδίαση με την βοήθεια Η/Υ (Φρονιμάκη, 2022) ή με την βοήθεια 3D σαρωτή που γίνεται άμεση απεικόνιση του αντικείμενου σε ψηφιακή μορφή (.stl) (Φρονιμάκη, 2022). Γίνεται αφού το αντικείμενο πάρει την τελική ψηφιακή μορφή του, δημιουργείται ένα πλέγμα πεπερασμένων στοιχείων και γίνεται έλεγχος της συμβατότητας της συναρμολόγησης των εξαρτημάτων. Έπειτα το πλέγμα των πεπερασμένων στοιχείων μεταφέρεται σε ένα σύστημα ειδικών εφαρμογών (Computer Aided Engineering) για να εξεταστούν πεδία όπως η θερμότητα, η μηχανική κ.α. Στη συνέχεια το αρχείο CAD μεταφέρεται σε ένα σύστημα για να πραγματοποιηθεί ο προγραμματισμός των εργαλειομηχανών ψηφιακής καθοδήγησης από ειδικά συστήματα CAM (Computer Aided Manufacture) (Μπιλάλης, 2014).

3.5.2 Τύποι Προσθετικής Κατασκευής

Υπάρχουν διάφοροι τύποι μεθόδων προσθετικής κατασκευής κι αυτό οφείλεται κυρίως στους διαφορετικούς τρόπους χρήσης των πρώτων υλών. Η τεχνολογία αυτή είναι ικανή να χρησιμοποιήσει ένα ευρύ φάσμα υλικών όπως για παράδειγμα κράματα μετάλλου, κεραμικά, πλαστικά, τιτάνιο, πολυμερή κ.α. Μερικές από τις βασικές μεθόδους προσθετικής κατασκευής είναι οι εξής (Μπιλάλης, 2014):

- Στερεολιθογραφία (SLA): Μια ακτίνα υπεριώδους φωτός εστιάζεται μέσω ενός οπτικού συστήματος σε μια ύλη που βρίσκεται σε ρευστή μορφή (ρητίνη), η οποία είναι φωτο-πολυμερής και στερεοποιείται με αποτέλεσμα να σχηματίζεται ένα πεπερασμένο στρώμα.

- Πλαστικοποιημένη προσθετική αντικειμένων (LOM): Η πρώτη ύλη είναι σε στερεά μορφή και τύπου ελάσματος και μπορεί να είναι ένα φύλλο από χαρτί, πλαστικό ή μέταλλο. Το κάτω μέρος του φύλλου έχει ένα συγκολλητικό υλικό και όταν θερμανθεί και πιεστεί κολλάει πάνω στο προηγούμενο φύλλο. Ένα laser κόβει το φύλλο, του οποίου το πάχος δεν είναι σταθερό κι ένας αισθητήρας το μετράει και κόβεται ανάλογα.
- Εξώθηση (FDM): Το υλικό είναι σε στερεή μορφή σε μορφή σύρματος και η μέθοδος λειτουργίας είναι η τήξη και η ένωση. Μέσω ενός θερμαινόμενου ακροφυσίου το υλικό εξωθείται και η κίνησή του ελέγχεται ώστε να παίρνει την κατάλληλη μορφή των διαδοχικών επιπέδων του τρισδιάστατου μοντέλου.
- Σύντηξη σκόνης (power bed): Αρχικά στρώνεται ένα στρώμα από σκόνη μετάλλου, κεραμικού ή σύνθετου υλικού στην επιφάνεια ενός εμβόλου. Από το μοντέλο που είναι σχεδιασμένο σε ένα σύστημα CAD υπολογίζονται οι απαραίτητες πληροφορίες και ένα υλικό ενοποιεί τα κατάλληλα σωματίδια για να δημιουργηθεί το σώμα. Το έμβολο κατεβαίνει για να απλωθεί εκ νέου η σκόνη και να δημιουργηθεί το επόμενο στρώμα.

3.5.3 Οφέλη και Περιορισμοί Προσθετικής Κατασκευής

Τα πλεονεκτήματα της προσθετικής κατασκευής είναι (Μπιλάλης, 2014):

- 1) Προωθείται η ζήτηση για εξατομικευμένα προϊόντα μικρών παρτίδων. Οι πελάτες αποκτούν πρόσβαση στο δικό τους σχέδιο με βάση τις δικές τους ανάγκες.
- 2) Υπάρχει ευελιξία σε αλλαγές. Μπορούν να κατασκευαστούν νέα προϊόντα τροποποιώντας το υπάρχον.
- 3) Αποκέντρωση των δικτύων παραγωγής λόγω των μικρότερων εγκαταστάσεων παραγωγής. Οι εταιρίες μειώνουν τους χρόνους παράδοσης και ικανοποιούν τους πελάτες.
- 4) Ελαχιστοποιείται ο κίνδυνος διατήρησης αποθέματος, καθώς δεν υπάρχει απούλητο απόθεμα.
- 5) Προϊόντα και εξαρτήματα με δύσκολη γεωμετρία μπορούν να κατασκευαστούν.

Από την άλλη, κάποιοι περιορισμοί της συγκεκριμένης τεχνολογίας μπορεί να είναι (Μπιλάλης, 2014):

- 1) Θέματα ποιότητας των προϊόντων, όπως έλλειψη αντοχής σε διάφορες περιβαλλοντικές επιδράσεις.
- 2) Χρειάζεται βελτίωση στο φινιρίσμα των τελικών προϊόντων.
- 3) Χαμηλή ταχύτητα παραγωγής.
- 4) Απαιτείται εξειδικευμένη εργασία.

3.6 Προσομοίωση (Simulation)

Η Προσομοίωση είναι μια τεχνολογία του Industry 4.0 που έχει άμεση σχέση με την Προσθετική Κατασκευή. Η σχεδιομελέτη ενός αντικειμένου δεν περιλαμβάνει μόνο τον ακριβή προσδιορισμό της μορφής τους (μοντελοποίηση) αλλά και την προσομοίωση (Gunal, 2019).

Η προσομοίωση σε υπολογιστή, χρονολογείται από τις αρχές της δεκαετίας του 1950. Η επανάσταση, η χρήση και η διάδοσή της είχε ξεκινήσει με την τρίτη Βιομηχανική Επανάσταση, στην τέλη της δεκαετίας του 1970 και αρχές της δεκαετίας του 1980 και χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά στην αυτοκινητοβιομηχανία και στη βαριά βιομηχανία. Η προσομοίωση υπολογιστή άρχισε να χρησιμοποιείται από εταιρείες χάλυβα και αεροδιαστημικής για την επίλυση σύνθετων προβλημάτων με πολύ περίπλοκα μοντέλα. Αυτά τα μοντέλα θα μπορούσαν να τα εφαρμόζουν άτομα με υψηλή εξειδίκευση και σε μεγάλους υπολογιστές. Τότε υπήρχαν πολύ περιορισμένα γραφικά και οι περισσότερες προσομοιώσεις πραγματοποιούνταν με κείμενο ή αριθμητικά. Η πρόοδος στα γραφικά των υπολογιστών τη δεκαετία του 1980 έφεραν επανάσταση στη προσομοίωση. Η προσομοίωση με αριθμούς μετατράπηκε σε εικονικά κινούμενα σχέδια και, στη συνέχεια, σε δισδιάστατα (2D) κινούμενα σχέδια. Οι εργοστασιακές διαδικασίες θα μπορούσαν τώρα να εκτελούν προσομοιώσεις με την προσθήκη κινούμενων εικόνων έτσι ώστε οι ενδιαφερόμενοι (π.χ. εργοστάσιο διευθυντές, εργάτες) να ήταν σε θέση να παρατηρήσουν πώς θα λειτουργούσαν τα εργοστάσιά τους. Το animation βοήθησε περαιτέρω στη διάδοση της προσομοίωσης ως εργαλείο λήψης αποφάσεων. Προσομοίωση με αριθμούς μετατράπηκε σε εικονικά κινούμενα σχέδια και, στη συνέχεια, σε δισδιάστατα (2D) κινούμενα σχέδια (Gunal, 2019). Η δεκαετία του 2000, ήταν τα χρόνια των λογισμικών CAD/CAM, τα οποία έγιναν μέρος του σχεδιασμού και της κατασκευής προϊόντων (βλέπε παρ. 3.5). Η πρόοδος σε αυτά τα λογισμικά δημιούργησαν μια βάση για το Industry 4.0. Τα τρισδιάστατα μοντέλα μπορούν πλέον να χρησιμοποιηθούν σε μοντέλα προσομοίωσης και να δημιουργούν ρεαλιστικές απεικονίσεις. Στην εποχή του Industry 4.0, αναμένεται ότι η προσομοίωση υπολογιστή θα αποτελέσει σημαντικό μοχλό της προόδου (Gunal, 2019).

Η προσομοίωση λαμβάνει χώρα στη φάση της σύνθεσης του προϊόντος, δηλαδή κατά την μοντελοποίηση του και στη φάση της ανάλυσης της συμπεριφοράς του, μια διαδικασία που συμβάλλει στη βελτιστοποίηση της μελέτης κάνοντας τροποποιήσεις στη μορφή του προϊόντος. Αν το αντικείμενο είναι ένα συστατικό ενός ολοκληρωμένου προϊόντος, η μηχανική του αντικειμένου, όπως η κινούμενη περιοχή ή η συναρμολόγηση, μπορεί να προσομοιωθεί στο λογισμικό CAD. Στη φάση της ανάλυσης το λογισμικό του 3D εκτυπωτή (CAD) προσομοιώνει την εργασία της εκτύπωσης, δηλαδή την διαδικασία για τον σχηματισμό των στρωμάτων, για την αποφυγή απωλειών υλικού και τη δοκιμή σταθερότητας (Gunal, 2019).

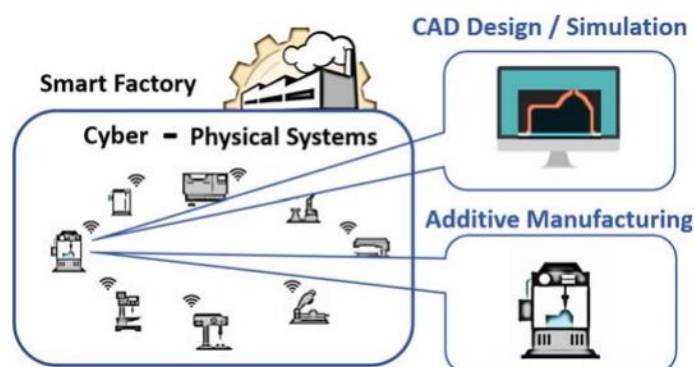
3.6.1 Παράλληλη και Κατανεμημένη Προσομοίωση

Η Παράλληλη (Parallel) και Κατανεμημένη (Distributed) Προσομοίωση (PADS) είναι μια τεχνική όπου τα μοντέλα εφαρμόζονται σε πολλούς υπολογιστές με παράλληλο ή κατανεμημένο τρόπο με στόχο τη μείωση του χρόνου μιας εκτέλεσης προσομοίωσης. Αυτός ο ορισμός του PADS κάνει αναφορά στους όρους «παράλληλη» και «κατανεμημένη» και είναι σημαντικό να γίνει διάκριση μεταξύ τους. Στο πλαίσιο των PADS, μια διάκριση μεταξύ παράλληλης προσομοίωσης και κατανεμημένης προσομοίωσης είναι η συχνότητα των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των επεξεργαστών κατά την εκτέλεση της προσομοίωσης. Η παράλληλη προσομοίωση ορίζεται ως η εκτέλεση μιας προσομοίωσης σε έναν υπολογιστή στενά συνδεδεμένο με πολλαπλές κεντρικές μονάδες επεξεργασίας (CPU) όπου η επικοινωνία μεταξύ των CPU μπορεί να είναι πολύ συχνή (π.χ. χιλιάδες φορές ανά δευτερόλεπτο). Η κατανεμημένη προσομοίωση, από την άλλη, ορίζεται ως η εκτέλεση προσομοιώσεων σε πολλαπλούς επεξεργαστές σε χαλαρά συνδεδεμένα συστήματα (π.χ. σε ένα δίκτυο υπολογιστών) όπου οι αλληλεπιδράσεις χρειάζονται περισσότερο χρόνο (π.χ. χιλιοστά του δευτερολέπτου ή περισσότερο). Μερικές φορές η παράλληλη και κατανεμημένη προσομοίωση χρησιμοποιούνται εναλλακτικά (Gunal, 2019).

Ένα παράλληλο πρόγραμμα προσομοίωσης κατανεμημένων συμβάντων μπορεί να θεωρηθεί ως μια συλλογή διαδοχικών διακριτών προσομοιώσεων που αλληλοεπιδρούν με την ανταλλαγή μηνυμάτων με χρονική σήμανση. Κάθε μήνυμα αντιπροσωπεύει ένα γεγονός που προγραμματίζεται (αποστέλλεται) από έναν προσομοιωτή σε έναν άλλο. Κάθε διαδοχικός προσομοιωτής αναφέρεται ως λογική διαδικασία ή LP. Για παράδειγμα, μια προσομοίωση του παγκόσμιου συστήματος εναέριας κυκλοφορίας θα μπορούσε να κατασκευαστεί με τη δημιουργία μιας διαδοχικής προσομοίωσης κάθε αεροδρομίου που επιτρέπει σε κάθε προσομοιωτή να προγραμματίζει συμβάντα, δηλ. να στέλνει μηνύματα, σε άλλους προσομοιωτές. Τα μηνύματα που μεταδίδονται μεταξύ προσομοιωτών των αεροδρομίων ενδέχεται να αντιπροσωπεύουν την άφιξη του αεροσκάφους που πετά από το ένα αεροδρόμιο στο άλλο (Gunal, 2019).

Η τεχνική αυτή προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα. Αρχικά μειώνεται ο χρόνος που απαιτείται για την εκτέλεση μεγάλων και πολύπλοκων μοντέλων με τη χρήση μεγαλύτερου αριθμού επεξεργαστών και περισσότερης μνήμης. Επιπλέον, μειώνεται το κόστος που σχετίζεται με τη δημιουργία νέων μοντέλων μέσω της επαναχρησιμοποίησης των υπαρχόντων διαλειτουργικών στοιχείων ενός μοντέλου (συνήθως είναι πολύ πιο οικονομικό να συνδέουμε υπάρχουσες προσομοιώσεις για τη δημιουργία κατανεμημένων περιβαλλόντων προσομοίωσης παρά για τη δημιουργία νέων μοντέλων εντός του πλαισίου ενός μεμονωμένου εργαλείου ή λογισμικού). Ακόμη, η εκτέλεση προσομοιώσεων σε ένα σύνολο γεωγραφικά κατανεμημένων υπολογιστών διευκολύνουν την ευρύτερη συμμετοχή των χρηστών στα πειράματα προσομοίωσης, π.χ. συνεργατική ανάπτυξη και εκτέλεση προσομοιώσεων, (αυτό μειώνει επίσης το κόστος και τον χρόνο που συνήθως απαιτείται για την προσαγωγή

των συμμετεχόντων σε ένα φυσικό μέρος για τη διεξαγωγή μιας κοινής άσκησης προσομοίωσης (Gunal, 2019).



Εικόνα 3.1: Προσθετική Κατασκευή και Προσομοίωση (Gunal, 2019).

3.7 Ψηφιακό Δίδυμο

Η τεχνολογία των ψηφιακών διδύμων (digital twins) είναι μια επανάσταση στον ψηφιακό μετασχηματισμό. Σύμφωνα με αυτή, μπορεί να δημιουργηθεί για καθετί (μηχανή, προϊόν, συστήματα, διεργασία κ.α.) ένα ψηφιακό «αντίγραφο», δηλαδή το ψηφιακό δίδυμο. Ένα ψηφιακό δίδυμο δημιουργεί εικονικά μοντέλα για τα φυσικά αντικείμενα που με ψηφιακό τρόπο προσομοιώνει τις συμπεριφορές τους και μοντελοποιεί ακόμη και πολύπλοκα συστήματα που είναι δύσκολο να προβλεφθούν τα αποτελέσματά τους. Αυτό μπορεί να συμβεί μέσω της επεξεργασίας αισθητήριων δεδομένων και της ασύρματης μετάδοσής τους. Έτσι μπορούν να αντικατοπτρίζουν τον κύκλο ζωής ενός προϊόντος με μεγάλη λεπτομέρεια (Duraõ, 2018). Αυτό σημαίνει πως μας επιτρέπει να αντιληφθούμε όχι μόνο πώς έχει σχεδιαστεί το προϊόν, αλλά και πώς το σύστημα το δημιούργησε και πώς αυτό τελικά αξιοποιείται.

Ένας λοιπόν λεπτομερής ορισμός και ευρέως αποδεκτός στον ακαδημαϊκό χώρο δίνεται από τον Glaessgen, Stargel (2012) και είναι ο εξής: «Ψηφιακό Δίδυμο είναι μια ολοκληρωμένη, πολλαπλής κλίμακας και πολλαπλών φυσικών λειτουργιών πιθανολογική προσομοίωση της λειτουργίας ενός σύνθετου προϊόντος, η οποία χρησιμοποιεί τα καλύτερα διαθέσιμα φυσικά μοντέλα, τεχνολογία αισθητήρων κ.α, έτσι ώστε να αντικατοπτρίσει τη λειτουργία ενός φυσικού προϊόντος καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του» (Ποντίκης, 2020).

Επομένως, το ψηφιακό δίδυμο αποτελείται από τρία στοιχεία: i) ο φυσικός κόσμος, ii) τα εικονικά μοντέλα στον εικονικό κόσμο και iii) τα συνδεδεμένα δεδομένα που συνδέουν τους δύο κόσμους. Το ψηφιακό δίδυμο αντανακλά μια αμφίδρομη δυναμική χαρτογράφηση των φυσικών αντικειμένων και των εικονικών μοντέλων. Συγκεκριμένα, είναι η οπτικοποίηση των φυσικών οντοτήτων. Με αυτή

την τεχνολογία η φυσική διαδικασία λειτουργίας κρίνεται, αναλύεται, προβλέπεται και βελτιστοποιείται με εικονικά μέσα. Αντίστοιχη, είναι και η υλοποίηση μιας εικονικής διαδικασίας. Μετά την προσομοίωση και τη βελτιστοποίηση της διαδικασίας σχεδιασμού, κατασκευής και συντήρησης του προϊόντος, καθοδηγεί τη φυσική διαδικασία για την εκτέλεση μιας βελτιστοποιημένης λύσης. Κατά τη διάρκεια της αλληλεπίδρασης μεταξύ εικονικής και φυσικής πραγματικότητας, η ενσωμάτωση των δεδομένων δηλαδή είναι μια αναπόφευκτη τάση. Τα δεδομένα από τον φυσικό κόσμο μεταδίδονται στα εικονικά μοντέλα μέσω των αισθητήρων προς ολοκλήρωση της προσομοίωσης (Qi & Tao, 2018). Οι αισθητήρες λαμβάνουν ένα ευρύ φάσμα δεδομένων: από δεδομένα παραγωγικών μηχανημάτων (όπως: πάχος, αντοχή, ροπή, ταχύτητα κοκ.) μέχρι και περιβαλλοντικές συνθήκες μέσα στο εργοστάσιο. Αυτά τα δεδομένα συγκεντρώνονται και κοινοποιούνται από το ψηφιακό δίδυμο που αναλύει συνεχώς τις εισερχόμενες ροές δεδομένων (Ποντίκης, 2020). Ωστόσο και τα δεδομένα της προσομοίωσης ανατροφοδοτούνται στον φυσικό κόσμο και παρέχουν σημαντικές πληροφορίες για την απόδοση του συστήματος, οδηγώντας σε ενέργειες στον φυσικό κόσμο, όπως τροποποίηση στο σχεδιασμό του προϊόντος ή στη διαδικασία κατασκευής για να βελτιώσουν τη λειτουργία των φυσικών αντικειμένων και αυξάνουν την αξία τους (Qi & Tao, 2018).

Ένα ψηφιακό δίδυμο διαφέρει από τα παραδοσιακά μοντέλα CAD, καθώς δεν προσφέρει απλώς μια ακόμα λύση IoT με δυνατότητα ανίχνευσης, αλλά προσφέρει πολλά περισσότερα και από τα δύο. Ένα μοντέλο CAD ενσωματώνεται πλήρως σε ένα περιβάλλον προσομοίωσης σε υπολογιστή, ωστόσο δεν είναι τόσο αποδοτικό σε πολύπλοκα περιβάλλοντα. Αντίστοιχα, τα συστήματα IoT καταγράφουν δεδομένα που έχουν να κάνουν για παράδειγμα με τη θέση και τις διαγνωστικές λειτουργίες για ένα μόνο στοιχείο, αλλά όχι για τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους κατά την διάρκεια του κύκλου ζωής τους. Το ψηφιακό δίδυμο παρέχει μια ολοκληρωμένη και ρεαλιστική σύνδεση σε πραγματικό χρόνο μεταξύ φυσικού και εικονικού κόσμου (Ποντίκης, 2020).

3.7.1 Αρχιτεκτονική Ψηφιακού Διδύμου

Η ανάπτυξη ενός Ψηφιακού Διδύμου περιλαμβάνει γενικά δύο βασικές κατηγορίες: α) τον σχεδιασμό των διεργασιών που θα εκτελούν και τον προσδιορισμό των απαιτήσεων πληροφόρησης για τον κύκλο ζωής του φυσικού προϊόντος και β) την δημιουργία της τεχνολογίας κατά την οποία θα γίνει σύζευξη του φυσικού και ψηφιακού στοιχείου, που θα επιτρέπει την ροή και επεξεργασία των δεδομένων από τα συστήματα της επιχείρησης (Ποντίκης, 2020).

Η αρχιτεκτονική του Ψηφιακού Διδύμου μπορεί να αναλυθεί σε έξι φάσεις (Ποντίκης, 2020):

- 1) Δημιουργία: Περιλαμβάνει τον εξοπλισμό των αισθητήρων που κάνουν μετρήσεις στις φυσικές διαδικασίες. Οι μετρήσεις αυτές μπορεί να είναι είτε λειτουργικές που αφορούν κάποια κριτήρια για την απόδοση των στοιχείων σε

μια παραγωγή, είτε μπορεί να είναι εξωτερικά δεδομένα που σχετίζονται με θερμοκρασίες περιβάλλοντος, επίπεδα υγρασίας κ.α. Αυτές οι μετρήσεις μετατρέπονται σε σήματα χρησιμοποιώντας κωδικοποιητές. Τα σήματα αυτά μπορούν να συνδυαστούν με άλλες πληροφορίες που δημιουργούνται στα συστήματα της επιχείρησης όπως στα συστήματα διαχείρισης αλυσίδας εφοδιασμού και τα οποία θα χρησιμοποιηθούν ως είσοδος για τις διεργασίες ανάλυσης.

- 2) Επικοινωνία: Αφορά την αμφίδρομη ολοκλήρωση-συνδεσιμότητα μεταξύ της φυσικής διαδικασίας και του ψηφιακού κόσμου. Οι αισθητήρες συνδέονται και μεταδίδουν τα δεδομένα στις πλατφόρμες της επιχείρησης. Η μεταφορά των δεδομένων πραγματοποιείται μέσω κάποιων διεπαφών επικοινωνίας. Θέματα ασφαλείας, όπως να υπάρχουν τείχη προστασίας, κρυπτογραφήσεις λαμβάνονται υπόψη σε αυτό το στάδιο.
- 3) Συγκεντρωτική επεξεργασία: Σε αυτό το στάδιο καταχωρούνται τα δεδομένα σε ένα κεντρικό αποθετήριο, όπου πρόκειται να υποβληθούν σε επεξεργασία και να γίνει η προετοιμασία για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων. Η συγκεντρωτική επεξεργασία δεδομένων μπορεί να γίνει είτε στις εγκαταστάσεις της επιχείρησης, είτε σε κάποιο υπολογιστικό νέφος.
- 4) Ανάλυση: Κατά την ανάλυση, τα δεδομένα αναλύονται και απεικονίζονται με την βοήθεια ειδικών πλατφόρμων ανάλυσης, οι οποίες αναπτύσσουν επαναληπτικά μοντέλα και δημιουργούν προτάσεις για να καθοδηγήσουν τους χρήστες στη λήψη κατάλληλων αποφάσεων.
- 5) Προβλεψιμότητα: Οι πληροφορίες που έχουν συγκεντρωθεί παρουσιάζονται μέσα από πινάκες ελέγχου με οπτικοποιήσεις, και επισημαίνονται οι μη αποδεκτές τιμές και τα σημεία που χρειάζονται έρευνα και τροποποίηση.
- 6) Επέμβαση: Σε αυτή τη φάση οι πληροφορίες των προηγούμενων σταδίων τροφοδοτούνται στο φυσικό στοιχείο. Οι πληροφορίες αφού περάσουν από τους αποκωδικοποιητές, τροφοδοτούνται στους ενεργοποιητές της διαδικασίας του φυσικού στοιχείου, οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για διάφορες διεργασίες όπως για παράδειγμα για μηχανισμούς κίνησης και ελέγχου, ή για την εκτέλεση παραγγελιών από χειριστές. Αυτή η αλληλεπίδραση ολοκληρώνει τη σύνδεση του κλειστού βρόχου μεταξύ του φυσικού κόσμου και του ψηφιακού κόσμου.

3.8 Εικονική και Επαυξημένη Πραγματικότητα

Η Εικονική Πραγματικότητα (VR) και η Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR) είναι δύο τεχνολογίες αρκετά παραπλήσιες και αξίζει να διακριθούν οι βασικές διαφορές τους για να γίνει αντιληπτή και η έννοια για καθεμία ξεχωριστά.

3.8.1 Εικονική Πραγματικότητα

Ο ορισμός της τεχνολογίας της Εικονικής Πραγματικότητας (VR) προέρχεται από τους ορισμούς τόσο για την «εικονική» όσο και την «πραγματικότητα». Ο ορισμός του «εικονικού» είναι «κοντά» και η πραγματικότητα είναι αυτό που βιώνουμε ως άνθρωποι. Έτσι, ο όρος «εικονική πραγματικότητα» σημαίνει «σχεδόν πραγματικότητα». Το VR μπορεί να οριστεί ως ένας τρόπος αναπαραγωγής πραγματικών καταστάσεων χρησιμοποιώντας ειδικό εξοπλισμό για την δημιουργία εικόνων, ήχων, κι άλλων αισθήσεων που προσομοιώνουν την φυσική παρουσία του χρήστη σε ένα εικονικό περιβάλλον, όπως αισθητήρες κίνησης, απτικές συσκευές και μικρή οθόνη που είναι τοποθετημένη στο κεφάλι στο μπροστινό μέρος των ματιών ή πολλές μεγάλες οθόνες γύρω από τον χρήστη¹. Τα εργαλεία VR έχουν δει αξιοσημείωτες εξελίξεις τα τελευταία χρόνια και οι εφαρμογές της τεχνολογίας περιλαμβάνουν ένα ευρύ φάσμα βιομηχανικών περιοχών από το σχεδιασμό προϊόντων έως την ανάλυση διαδικασιών. Ο σχεδιασμός και η κατασκευή ενός προϊόντος μπορεί να προβληθεί, να αξιολογηθεί και να βελτιωθεί σε εικονικό περιβάλλον πριν κατασκευαστεί το πρωτότυπό του (Le, et. al., 2018).

Για να επιτευχθεί η ψευδαίσθηση του χρήστη ρεαλιστικά, θα πρέπει να τηρούνται κάποιες απαιτήσεις (Γκουρουμπίνου, 2018):

- 1) Εικόνα: θα πρέπει η εικόνα να είναι υψηλής ευκρίνειας
- 2) Ήχος: θα πρέπει ο ήχος να αντιστοιχεί και να υποστηρίζει την εικόνα
- 3) Κίνηση: θα πρέπει η κίνηση του κεφαλιού να είναι ομαλή και ρεαλιστική, για να αποφεύγονται πιθανά προβλήματα ζάλης
- 4) Αλληλεπίδραση: θα πρέπει ο χρήστης να έχει την δυνατότητα να αλληλοεπιδρά με το περιβάλλον του σε κάθε σημείο.

Η χρήση εφαρμογών της VR εξαρτάται από τα λειτουργικά χαρακτηριστικά του κάθε συστήματος. Τα συστήματα χωρίζονται σε παθητικά και ενεργητικά. Παθητικά συστήματα είναι αυτά που ο χρήστης κινείται μέσα στον εικονικό κόσμο, ενώ ενεργητικά είναι αυτά που ο χρήστης έχει τον έλεγχο και δεν υπάρχει η αλληλεπίδραση με το περιβάλλον. Για να μπορεί ο χρήστης να αλληλοεπιδρά με το εικονικό περιβάλλον απαιτούνται κάποιοι συγκεκριμένοι τύποι συσκευών που είναι για:

¹ https://en.wikipedia.org/wiki/Virtual_reality

- 1) Ανίχνευση της κίνησης του ματιού (Eye Tracking)
- 2) Ανίχνευση κίνησης σώματος (Position Tracking)
- 3) Αναγνώριση χειρονομιών (Gesture Recognition)
- 4) Απτική αντίληψη (Haptics)

3.8.2 Επαυξημένη Πραγματικότητα

Η Επαυξημένη πραγματικότητα (AR) «επαυξάνει» πληροφορίες, δηλαδή εισάγει ψηφιακά αντικείμενα στον πραγματικό κόσμο και σε πραγματικό χρόνο. Δημιουργείται ένα διαδραστικό περιβάλλον, το οποίο βασίζεται στην πραγματικότητα και εμπλουτίζει τις αισθήσεις του ανθρώπου, εφαρμόζοντας τις δυνατότητες της εικόνας, του ήχου και των εφέ που παράγονται από τον υπολογιστή, για να βελτιώσει την πραγματική εμπειρία των χρηστών. Η επαυξημένη πραγματικότητα έχει άμεση σχέση και με την προσθετική κατασκευή, καθώς η ζωντανή προβολή εικόνας και ήχου προαπαιτεί την ύπαρξη ενός ψηφιακού μοντέλου. Στο πλαίσιο της προσπάθειας για μείωση των εξόδων της παραγωγής και της συντήρησης, οι επιχειρήσεις σήμερα στρέφονται σε συστήματα που βασίζονται στην επαυξημένη πραγματικότητα. Οι εταιρείες θα μπορούν να παρέχουν στους εργαζόμενους πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο για να βελτιωθούν οι λήψεις αποφάσεων και εργασίας. Αυτό θα μειώσει ιδιαίτερα το κόστος της παρουσίας ειδικών συμβούλων για την αντιμετώπιση των προβλημάτων (Palka & Ciukaj, 2019).

Για να πραγματοποιηθεί αποτελεσματικά η AR χρειάζονται τρία δομικά στοιχεία (Le et. al., 2018):

- 1) Αισθητήρες: Για να είναι μια εφαρμογή AR αποτελεσματική, θα πρέπει να ανταποκρίνεται ορθά στον πραγματικό κόσμο. Οι αισθητήρες αναλαμβάνουν αυτό το κομμάτι και χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες: i) Αισθητήρες για παρακολούθηση, ii) αισθητήρες για συγκέντρωση πληροφοριών του περιβάλλοντος και iii) αισθητήρες για διάδραση με τον χρήστη.
- 2) Επεξεργαστές: Οι επεξεργαστές αξιολογούν τα δεδομένα που έχουν συγκεντρώσει οι αισθητήρες. Αναλύουν τις εισόδους των αισθητήρων, ανακτούν τα δεδομένα και εκτελούν προγράμματα παράγοντας κάποια σήματα. Τα υπολογιστικά συστήματα είναι H/Y, tablets, κινητά, ή laptops και χρειάζονται επεξεργαστές γραφικών (GPU) με υψηλές ταχύτητες επεξεργασίας, ή επίσης ειδικά κυκλώματα σε κάμερες τα οποία αναλαμβάνουν τη σωστή παρακολούθηση χωρίς να εμπλέκεται ο κεντρικός επεξεργαστής.
- 3) Παρουσίαση: Τα σήματα που δημιουργούνται θα πρέπει να γίνουν αντιληπτά από τον χρήστη. Αυτό επιτυγχάνεται με διάφορες μορφές, όπως εικόνα, ήχος όσφρηση κ.α.

3.8.3 Διαφορές VR και AR

- Η εικονική πραγματικότητα βασίζεται στο ότι ο χρήστης βρίσκεται σε ένα εντελώς ψηφιακό κόσμο απομονωμένο από τον πραγματικό, ενώ η επαυξημένη πραγματικότητα συνδυάζει τον πραγματικό με τον εικονικό κόσμο, προσθέτοντας απλά εικονικές πληροφορίες πάνω στο φυσικό περιβάλλον, κάνοντας έτσι, εύκολη την διάκριση μεταξύ των δύο κόσμων.
- Κατά την εικονική πραγματικότητα η εμπειρία γίνεται με τη βοήθεια κάποιων εξαρτημάτων, όπως είναι οι μάσκες. Στις μάσκες υπάρχουν δύο ειδών οθόνες, μία για κάθε μάτι και με τη βοήθεια των αισθητήρων, το άτομο κατευθύνεται μέσα στον εικονικό χώρο. Κατά την επαυξημένη πραγματικότητα η εμπειρία γίνεται με ειδικά γυαλιά ή και χωρίς αυτά, μόνο με τη χρήση κάποιας κάμερας.
- Η επαυξημένη πραγματικότητα είναι πιο οικονομική συγκριτικά με την εικονική, καθώς η πρώτη μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο με ένα smartphone ή tablet, ενώ η δεύτερη απαιτεί την χρήση εξαρτημάτων, τα οποία είναι αρκετά δαπανηρά.

3.8.4 Μικτή Πραγματικότητα

Η μικτή πραγματικότητα (MR) είναι η ανάμειξη του φυσικού κόσμου με τον ψηφιακό. Η MR είναι η επόμενη εξέλιξη στην αλληλεπίδραση μεταξύ ανθρώπων και μηχανών. Σύμφωνα με το σχεδιάγραμμα των Milgram & Kishino, αυτές οι δύο πραγματικότητες ορίζουν τις πολικές άκρες ενός φάσματος γνωστού ως εικονικότητα (virtuality).

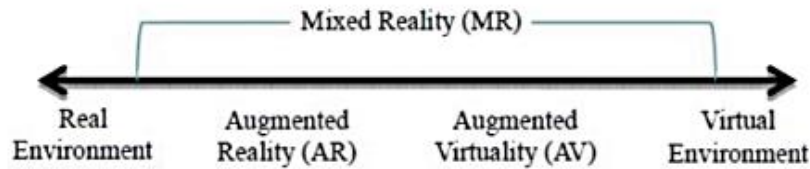
Η MR εμφανίζεται ως εξής:

- Στον πραγματικό κόσμο, τοποθετείται ένα ψηφιακό αντικείμενο, σαν να είναι πραγματικά εκεί.
- Στον πραγματικό κόσμο, τοποθετείται μια άλλη ψηφιακή αναπαράσταση ενός ατόμου (avatar), δείχνοντας τη θέση που στεκόταν.
- Στον ψηφιακό κόσμο, εμφανίζονται τα φυσικά όρια του πραγματικού κόσμου, όπως για παράδειγμα τοίχοι, έπιπλα κ.α., για να βοηθήσουν τον χρήστη να αποφεύγει τα φυσικά αντικείμενα.

Οι συσκευές που χρησιμοποιούνται στη MR διακρίνονται σε δύο γενικές κατηγορίες:

- 1) Ολογραφικές συσκευές (holographic devices): έχουν την ικανότητα να τοποθετούν ψηφιακά περιεχόμενα στον πραγματικό κόσμο και να φαίνεται σαν να είναι πραγματικά.

- 2) Εμβυθιστικές συσκευές (immersive devices): έχουν την ικανότητα να δημιουργούν την αίσθηση «παρουσίας» αντικαθιστώντας τον πραγματικό κόσμο με μια ψηφιακή εμπειρία.



Εικόνα 3.1: Σχέση μεταξύ πραγματικής και εικονικής πραγματικότητας (Le et. al., 2018)

3.9 Μεγάλα Δεδομένα

Τα Μεγάλα Δεδομένα είναι ένας τεράστιος όγκος ψηφιακών δεδομένων που παράγονται καθημερινά από εκατομμύρια ανθρώπους και συσκευές και ο σημερινός τους όγκος είναι ήδη δύσκολο να εκτιμηθεί με νούμερα που κατανοούμε. Είναι πιο σύνθετα σύνολα δεδομένων που προέρχονται από πολλές μορφές, δομημένες ή αδόμητες (βλέπε Παρ. 5.3) και δημιουργούνται από διαφορετικές πηγές δεδομένων, όπως για παράδειγμα τα μέσα κοινωνικής δικτύωσης, κείμενα στο διαδίκτυο, RFID, επιστημονικές έρευνες, ιατρικά δεδομένα κ.α. (Ματσατσίνης, 2022).

Τα μεγάλα δεδομένα δεν είναι ένας καινούργιος όρος, ωστόσο αυτός αλλάζει συνεχώς. Ο ρυθμός αύξησης των μεγάλων δεδομένων αυξάνει, καθώς οι επιχειρήσεις αποθηκεύουν και επεξεργάζονται όλο και πιο λεπτομερή δεδομένα από διάφορες πηγές. Ο σκοπός της επεξεργασίας τους είναι πολύ σημαντικός για τη μελλοντική παραγωγή προϊόντων και υπηρεσιών, καθώς οι εταιρείες, μέσω ειδικών λογισμικών, θα μπορούν να κατανοήσουν καλύτερα και να προβλέψουν τις συμπεριφορές και τις προτιμήσεις των καταναλωτών. Αυτό θα τις βοηθά να βελτιώνουν τις παραγωγικές λειτουργίες τους, διότι θα λαμβάνουν ταχύτερες και πιο έξυπνες αποφάσεις για την προώθηση των προϊόντων τους (Ματσατσίνης, 2022).

Στα πλαίσια της συγκεκριμένης εργασίας δίνεται έμφαση στο θεωρητικό υπόβαθρο των Μεγάλων Δεδομένων, κι αποτελούν ένα ξεχωριστό Κεφάλαιο (Κεφάλαιο 5) για την προσπάθεια κατανόησης από τον αναγνώστη του συγκεκριμένου πεδίου.

3.10 Cloud Computing

Η προσέγγιση του Industry 4.0 μετατρέπει το παραδοσιακό μοντέλο αυτοματισμού σε ένα μοντέλο δικτύου διασυνδεδεμένων υπηρεσιών. Μια νέα γενιά

υπηρεσιών, βασισμένη στην έννοια του «Cloud Computing», έχει κάνει την εμφάνισή της τα τελευταία χρόνια με σκοπό την παροχή πρόσβασης σε δεδομένα από πολλά μέρη και οποτεδήποτε, περιορίζοντας την ανάγκη για υλικό εξοπλισμό. Ο όρος cloud computing ορίζεται ως η χρήση υπολογιστικών υλικοτεχνικών πόρων, καθώς και σε επίπεδο λογισμικού, μέσω της χρήσης υπηρεσιών που είναι διασυνδεδεμένες μέσω του Διαδικτύου. Σήμερα, οι υπηρεσίες υπολογιστικού νέφους αποτελούν έναν από τους μεγαλύτερους τομείς ανταγωνισμού παγκοσμίως μεταξύ των επιχειρήσεων στον τομέα της πληροφορικής. Το cloud computing παρέχει υπηρεσίες υπολογιστών-διακομιστών αποθηκευτικών χώρων, βάσεων δεδομένων, δικτύωσης, λογισμικού και πολλά άλλα μέσα από το Διαδίκτυο. Ο χρήστης επιβαρύνεται μόνο με το κόστος χρήσης των υπηρεσιών που χρησιμοποιεί, η οποία ονομάζεται “pay-as-you-use” (Abdulkareem, Zeebaree, & M.Sadeeq, 2021).

Το Cloud Computing επιτρέπει την αποθήκευση μεγάλων ποσοτήτων δεδομένων. Αυτή η ικανότητα είναι σημαντική κυρίως για να αποθηκεύονται τα δεδομένα που δημιουργούνται κατά τη διάρκεια μιας διαδικασίας παραγωγής σε βιομηχανίες, λαμβάνοντας υπόψη ότι οι μηχανές και οι αισθητήρες παράγουν περισσότερα δεδομένα από όσα μπορεί να διαχειριστεί ένα άτομο κι αυτά τα δεδομένα είναι πάντα συνδεδεμένα σε ένα δίκτυο. Το cloud computing συμβάλλει σημαντικά στη μείωση του κόστους για την αγορά διακομιστών, αδειών και ειδικού προσωπικού για την συντήρηση των υπηρεσιών που χρειάζεται η κάθε επιχείρηση. Επιπλέον, παρέχει ευκολία πρόσβασης στα δεδομένα, επεξεργασία και αποθήκευση από διαφορετικά γεωγραφικά σημεία και ανεξάρτητα από τις συσκευές σύνδεσης. Όλα αυτά διευκολύνουν την δημιουργία ενός οικοσυστήματος που θα ενθαρρύνει τη συνεργασία στο χώρο των επιχειρήσεων (Abdulkareem, Zeebaree, & M.Sadeeq, 2021; Stergiou et al., 2018).



Εικόνα 5.1: Τεχνολογία Cloud Computing (Stergiou et al., 2018).

3.10.1 Τύποι ανάπτυξης του Cloud Computing

Το cloud επιτρέπει τη διαμόρφωση ενός δημόσιου, ιδιωτικού ή υβριδικού δικτύου, με το υβριδικό δίκτυο να αποτελεί την καλύτερη επιλογή για την ασφάλεια των βιομηχανικών πληροφοριών (Suciu et al., 2013).

- Δημόσιο δίκτυο: Ένας πάροχος υπηρεσιών cloud προσφέρει δημόσια υποδομή cloud, ο οποίος παρέχει τους υπολογιστικούς πόρους του στο ευρύ κοινό για χρήση. Όλο το υλικό, το λογισμικό και οποιαδήποτε άλλη υποστηρικτική υποδομή ανήκουν σε έναν πάροχο, ο οποίος και τα διαχειρίζεται. Τα δεδομένα που αναλύονται και τα αποτελέσματά τους είναι δημόσια προσβάσιμα (Suciu et al., 2013).
- Ιδιωτικό δίκτυο: Ένα ιδιωτικό cloud λειτουργεί για αποκλειστική χρήση από μια επιχείρηση, ή οργανισμό και μπορεί να βρίσκεται στο datacenter της επιχείρησης. Η διαχείριση του cloud μπορεί να γίνει από την ίδια την επιχείρηση ή από ένα απομακρυσμένο κέντρο δεδομένων. Οι επιχειρήσεις λοιπόν διατηρούνται σε ένα ιδιωτικό δίκτυο (Suciu et al., 2013).
- Υβριδικό δίκτυο: Δημόσια και ιδιωτικά σύννεφα συνδυάζονται και συνδέονται μεταξύ τους διατηρώντας την ταυτότητα τους. Είναι μια τεχνολογία που επιτρέπει την κοινή χρήση δεδομένων μεταξύ ιδιωτικών και δημοσίων υπηρεσιών cloud. Αυτή η μορφή δικτύου προσφέρει στις επιχειρήσεις μεγαλύτερη ευελιξία, καθώς ένα δημόσιο cloud μπορεί να προσφέρει συμπληρωματικούς πόρους σε ένα ιδιωτικό (Suciu et al., 2013).

3.10.2 Κατηγορίες του Cloud Computing

Το Cloud Computing παρέχει 3 θεμελιώδεις κατηγορίες υπηρεσιών:

1) Υποδομή ως υπηρεσία (IaaS: Infrastructure as Service)

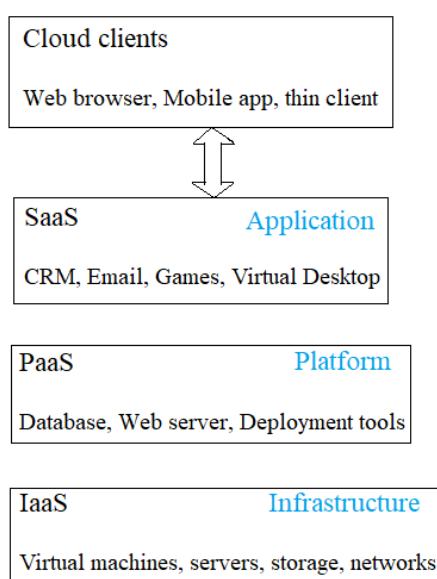
Το IaaS παρέχει υπηρεσίες υπολογισμού και αποθήκευσης βάση ενοικίασης. Αντί ο χρήστης να αγοράζει ακριβά μηχανήματα, διακομιστές και συσκευές αποθήκευσης, μπορεί να αναθέσει αυτές τις εργασίες σε έναν πάροχο υπηρεσιών IaaS. Με την δυνατότητα του αποθηκευτικού χώρου στο IaaS, όχι μόνο τα δεδομένα αποθηκεύονται από την υπηρεσία IaaS, αλλά ταυτόχρονα καθίστανται καθολικά προσβάσιμα μέσω του Διαδικτύου. και το Amazon Web Services είναι παραδείγματα μεγαλύτερων των παρόχων IaaS (Lu, 2017).

2) Η πλατφόρμα ως υπηρεσία (PaaS: Platform as Service)

Το PaaS αναφέρεται σε υπηρεσίες cloud computing, όπου ένας πάροχος φιλοξενεί το υλικό και το λογισμικό στη δική του υποδομή και παραδίδει αυτήν την πλατφόρμα στον χρήστη ως μια ολοκληρωμένη λύση ή υπηρεσία μέσω της σύνδεσης στο διαδίκτυο, η οποία περιλαμβάνει συνήθως βάσεις δεδομένων, servers, ένα περιβάλλον για ανάπτυξη, έλεγχο και εκτέλεση των εφαρμογών. Δίνεται λοιπόν η δυνατότητα στο χρήστη να διαχειρίζεται εφαρμογές λογισμικού χωρίς να χρειάζεται να δημιουργήσει την υποδομή που απαιτείται. Παράδειγμα παρόχου PaaS αποτελεί το To Heroku (Lu, 2017), το Google App Engine, το Salesforce, κ.α.

3) Το λογισμικό ως υπηρεσία (SaaS: Software as Service)

Το SaaS αναφέρεται σε εφαρμογές που λειτουργούν μέσα από το Διαδίκτυο και ο χρήστης συνήθως κάνει κάποια μηνιαία ή ετήσια συνδρομή. Ο χρήστης δεν χρειάζεται να αποθηκεύσει, να εγκαταστήσει και να διατηρήσει την εφαρμογή. Αντίθετα, απαιτείται μόνο σύνδεση στο Διαδίκτυο και πρόσβαση στην υπηρεσία που έχει ενοικιαστεί από τον πάροχο της υπηρεσίας SaaS (Lu, 2017). Κάποια παραδείγματα είναι τα Google Apps, το Photoshop Express ή το Microsoft Office 365.



Εικόνα 5.2: Διαφορές των IaaS, Paas και SaaS μέσα από παραδείγματα ²

3.11 Edge Computing

Το edge computing διαφέρει από το παραδοσιακό cloud computing. Το edge computing είναι η μετεγκατάσταση του δικτύου του cloud, των δυνατοτήτων

² <https://www.rfwireless-world.com/Terminology/laaS-vs-PaaS-vs-SaaS.html>

αποθήκευσης και των πόρων στην άκρη του δικτύου, πιο κοντά στις πηγές δεδομένων (κινητές συσκευές, αισθητήρες κ.α. Ο όρος “edge” του edge computing αναφέρεται στον αυθαίρετο υπολογισμό και στους πόρους δικτύου μεταξύ της πηγής δεδομένων και της διαδρομής του κέντρου υπολογιστικού νέφους. Ένας ίσως πιο κατανοητός όρος είναι ο εξής: Το edge computing είναι ένα νέο υπολογιστικό μοντέλο που ενοποιεί τους πόρους που βρίσκονται σε κοντινή γεωγραφική απόσταση στο χρήστη ή σε κοντινή διαδικτυακή απόσταση για την παροχή υπολογισμών, αποθήκευσης και υπηρεσιών δικτύου για εφαρμογές. Το edge computing είναι η μετεγκατάσταση του δικτύου του cloud, των δυνατοτήτων αποθήκευσης και των πόρων στην άκρη του δικτύου. Παρέχει έξυπνες υπηρεσίες για να καλύψει τις κρίσιμες ανάγκες των επιχειρήσεων σε πραγματικό χρόνο, όπως και θέματα ασφάλειας και ιδιωτικότητας.

3.11.1 Διαφορές Cloud computing και Edge computing

Το cloud computing και το edge computing είναι δύο διαφορετικές τεχνολογίες που δεν μπορούν να αντικαταστήσουν η μία την άλλη. Οι βασικές διαφορές μεταξύ αυτών των δύο είναι: <https://blogs.nvidia.com/blog/2022/01/05/difference-between-cloud-and-edge-computing/>

- Το edge computing χρησιμοποιείται για να επεξεργάζεται δεδομένα σε πραγματικό χρόνο. Το cloud computing από την άλλη χρησιμοποιείται για δεδομένα που δεν βασίζονται στο χρόνο.
- Το edge computing χρησιμοποιείται ακόμη και σε απομακρυσμένες τοποθεσίες, όπου δεν υπάρχει συνδεσιμότητα στο διαδίκτυο. Σε αυτές τις τοποθεσίες πραγματοποιείται τοπική αποθήκευση.
- Το edge computing διακρίνεται για την ικανότητα χρήσης του σε εξειδικευμένες και έξυπνες συσκευές. Οι συσκευές αυτές μπορεί να είναι παρόμοιες με τους υπολογιστές, αλλά δεν είναι σχεδιασμένες να εκτελούν υπολογιστικές λειτουργίες.

Για να αντιληφθεί η χρησιμότητα του edge computing και γιατί προτιμάται από το cloud computing και πρόκειται να εφαρμοστεί πολύ στο μέλλον δίνεται ένα παράδειγμα, που αυτό είναι η ιατρική ρομποτική. Οι χειρουργοί χρειάζεται να έχουν πρόσβαση σε δεδομένα σε πραγματικό χρόνο. Τα συστήματα αυτά ενσωματώνουν μεγάλη ποσότητα λογισμικού που θα μπορούσε μεν να εκτελεστεί στο cloud, αλλά τα ρομποτικά συστήματα που βρίσκονται στα χειρουργεία δεν πρέπει να ανεχτούν λανθάνοντα χρόνο, ή ζητήματα αξιοπιστίας δικτύου ή περιορισμούς στο εύρος ζώνης του. αυτό το παράδειγμα, το edge computing προσφέρει οφέλη ζωής ή θανάτου στον ασθενή.

3.12 Cloud of Things (CoT)

Όπως προαναφέρθηκε, ο αριθμός των συνδεδεμένων έξυπνων συσκευών αυξάνεται ραγδαία και θα υπάρξει ανάγκη για ενοικίαση αποθηκευτικού χώρου, καθώς η αποθήκευση όλων των δεδομένων που παράγονται δεν θα είναι πλέον δυνατή. Τα δεδομένα δεν πρέπει μόνο να υποβάλλονται σε επεξεργασία για να σχηματίσουν πληροφορίες και περαιτέρω, για να παράγουν γνώση, αλλά θα πρέπει να γίνει ένα μέσο σοφίας για τον χρήστη. Αυτό απαιτεί περισσότερη επεξεργασία, κάτι που δεν είναι δυνατό να επιτευχθεί μόνο από την τεχνολογία του IoT. Σε αυτό το σημείο επινοήθηκε η ενσωμάτωση του cloud computing με το IoT που ονομάστηκε Cloud of Things (CoT) (Alhaidari et al., 2020).

Ο συνδυασμός αυτών των δύο τεχνολογιών έχει εξαπλωθεί παγκοσμίως και ραγδαία τα τελευταία χρόνια. Η κάθε μια είναι σημαντική για την άλλη. Οι συσκευές IoT μπορούν να επωφεληθούν από τις απεριόριστες δυνατότητες αποθήκευσης και επεξεργασίας που προσφέρει το cloud computing. Το IoT ασχολείται με πραγματικές συσκευές, ενώ το cloud αντιμετωπίζει εικονικούς πόρους. Το cloud λειτουργεί ως μια κεντρική μονάδα ελέγχου και επεξεργασίας και τα αντικείμενα είναι οι οντότητες του πραγματικού κόσμου που συλλέγουν δεδομένα και αντιπροσωπεύουν πληροφορίες με τη μορφή των κατάλληλων ενεργειών. Όταν το cloud computing είναι συνδεδεμένο με το IoT, οι επιχειρήσεις έχουν την ικανότητα για περισσότερη επεξεργασία, αποθηκευτικό χώρο και προγραμματισμό πόρων. Οι υπηρεσίες cloud computing και IoT εφαρμόζονται πέρα από τις επιχειρήσεις και σε άλλους τομείς, όπως στη διδασκαλία και μελέτη (e-learning), στην εγκληματολογία, στις βιομηχανίες και γενικότερα στο σύνολο μιας έξυπνης πόλης (Alhaidari et al., 2020).

3.12.1 Η Αρχιτεκτονική του CoT

Για να γίνει το CoT μια πραγματικότητα είναι αναγκαίο να δημιουργηθεί μια αρχιτεκτονική που θα μπορούσε να απεικονίσει τον τρόπο λειτουργίας του. Η αρχιτεκτονική του CoT είναι πολυεπίπεδη κι επιτρέπει τη δυναμική προσθήκη IoT συσκευών. Η ιδέα της βασίζεται σε ένα πλαίσιο που θα διευκολύνει την ενσωμάτωση διαφόρων στοιχείων και επιπέδων για να χρησιμοποιούν την ικανότητα του cloud computing για επεξεργασία, διαχείριση και μετατροπή των δεδομένων σε χρήσιμες πληροφορίες που θα σχετίζονται με το περιβάλλον IoT. Σκοπός της αρχιτεκτονικής είναι να βελτιώσει την εμπειρία εφαρμογής, ανάπτυξης και διαχείρισης μέσω της χρήσης του cloud computing. Τα βασικά επίπεδα, τα οποία απεικονίζονται στην Εικόνα 3.3 είναι: το επίπεδο ανίχνευσης, το επίπεδο επικοινωνίας/δικτύου, τον επίπεδο ελέγχου και το επίπεδο ενεργοποίησης (Alhaidari et al., 2020).

1) Επίπεδο αντίχενυσης

Το πρώτο επίπεδο είναι υπεύθυνο για τη συλλογή πληροφοριών από διάφορους αισθητήρες που μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε παθητικούς ή ενεργούς, ή ανάλογα με τον αριθμό των παραμέτρων αίσθησης όπως για παράδειγμα αν μετράει μόνο την θερμοκρασία μιας συσκευής ή αν μετράει περισσότερες παραμέτρους. Αυτό το επίπεδο περιλαμβάνει τεχνολογίες αισθητήρων και αναγνώρισης που παρέχουν πληροφορίες για συσκευές, περιβαλλοντικές συνθήκες κ.α. Αντιπροσωπεύει τις πηγές των πληροφοριών που θα εξαχθούν, θα υποβληθούν σε επεξεργασία και στη συνέχεια θα πάρουν την κατάλληλη μορφή έτσι ώστε να χρησιμοποιηθούν για να προσφέρουν γνώση (Alhaidari et al., 2020).

2) Επίπεδο επικοινωνίας/δικτύου

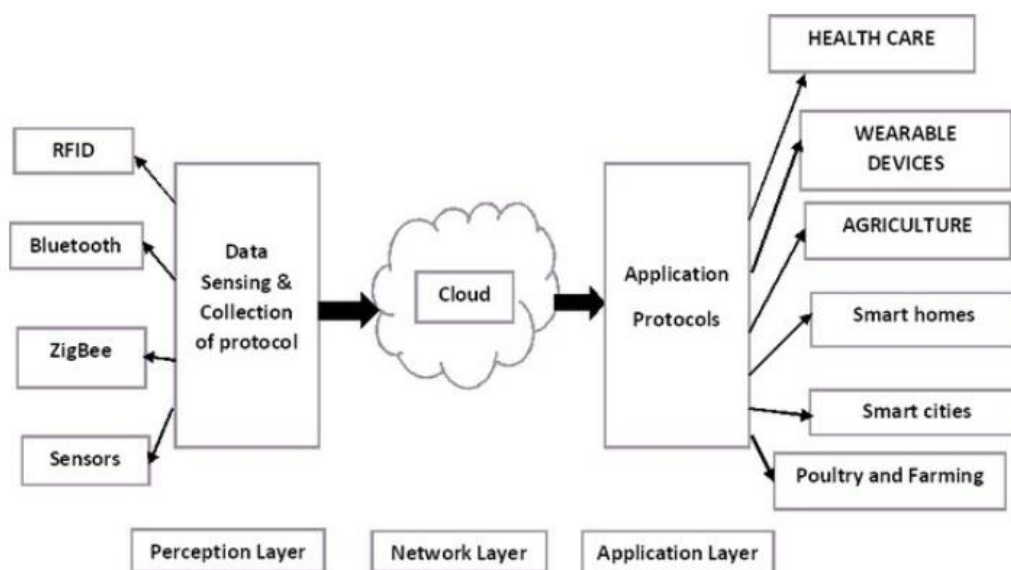
Το δεύτερο επίπεδο αποτελεί τον πυρήνα της αρχιτεκτονικής του CoT. Είναι το επίπεδο του δικτύου πρόσβασης και είναι υπεύθυνο για τη διατήρηση των επικοινωνιών μεταξύ των διαφόρων στοιχείων του IoT συμπεριλαμβανομένων των αισθητήρων, άλλων συσκευών ή ανθρώπων. Αυτό συνεπάγεται διαφορετικές προσεγγίσεις και τεχνολογίες δικτύωσης, όπως είναι για παράδειγμα τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων (WSN), ή το δίκτυο περιοχής σώματος (BSN). Το συγκεκριμένο επίπεδο αποτελείται από πύλες που λαμβάνουν και συνδυάζουν τα μη δομημένα δεδομένα (βλέπε Κεφ. 5) που προέρχονται από το προηγούμενο επίπεδο και στη συνέχεια μεταφέρονται στο επόμενο (Alhaidari et al., 2020).

3) Επίπεδο ελέγχου

Το τρίτο επίπεδο είναι το επίπεδο ελέγχου, το οποίο είναι επίσης υπεύθυνο για την αποθήκευση και την επεξεργασία των μεταδιδόμενων δεδομένων καθώς παρέχει διάφορες υπηρεσίες από τους παρόχους cloud computing για τα στοιχεία IoT. Αυτά μπορεί να είναι η παρακολούθηση και η διαχείριση των συσκευών. Σχηματικά, τα δύο επίπεδα δικτύου και ελέγχου παρουσιάζονται σαν ένα (Alhaidari et al., 2020).

4) Επίπεδο ενεργοποίησης

Τέλος, το τέταρτο επίπεδο σε αυτήν την αρχιτεκτονική είναι το επίπεδο ενεργοποίησης. Αυτό το επίπεδο είναι υπεύθυνο για την αναπαράσταση των πληροφοριών που λαμβάνονται από το επίπεδο ελέγχου μετατρέποντας τις σε μορφή κατάλληλη για την εκτέλεση ενεργειών. Η διαδικασία ενεργοποίησης μπορεί να εκτελεστεί χειροκίνητα λαμβάνοντας υπόψη την ανθρώπινη αλληλεπίδραση ή και αυτόματα. Έτσι, για την χειροκίνητη περίπτωση, αυτό το επίπεδο πρέπει να αντιπροσωπεύει τις πληροφορίες σε μορφή αναγνώσιμης από τον άνθρωπο, ενώ σε περίπτωση αυτόματης διαδικασίας θα πρέπει να αναπαρίσταται με τη μορφή κάποιων εντολών (Alhaidari et al., 2020).



Εικόνα 3.3: Σχηματική αναπαράσταση της αρχιτεκτονικής του CoT (Alhaidari et al., 2020)

3.12.2 Πλατφόρμες IoT βασισμένες στο Cloud

Στον Πίνακα 5.1 παρουσιάζονται μερικές πλατφόρμες οι οποίες προσφέρουν λύσεις IoT που είναι βασισμένες στο Cloud, κάποια βασικά χαρακτηριστικά, καθώς και τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα που προσφέρει η κάθε μια (Ansari et al., 2019).

Πλατφόρμα	Χαρακτηριστικά	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
SensorCloud	-Χρησιμοποιείται για αποθήκευση, οπτικοποίηση, παρακολούθηση και ανάλυση δεδομένων των έξυπνων συσκευών IoT. -Χρησιμοποιούνται τα εργαλεία MathEngine και FastGraph για ανάλυση και οπτικοποίηση δεδομένων αντίστοιχα.	Μπορεί να διαχειριστεί μεγάλη ποσότητα πηγών	Είναι δύσκολο να συνδεθεί με συσκευές ανοιχτού κώδικα
Exosite	-Είναι μια πλατφόρμα ανάπτυξης λογισμικού IoT που μπορεί να συνδέσει τις επιχειρηματικές συσκευές στην αγορά. -Ο χρήστης πραγματοποιεί ανάλυση δεδομένων σε	Εύκολη εγκατάσταση του συστήματος, διαμορφώσιμο στις ανάγκες της κάθε	Έλλειψη παροχής Μεγάλων Δεδομένων

	πραγματικό χρόνο και επιχείρησης οπτικοποίηση μέσω του Λογισμικού ως υπηρεσία (SaaS).			
Open-remote	Πλατφόρμα ανοιχτού κώδικα που προσφέρει οπτικοποίηση ανάλυση δεδομένων, συνδεσιμότητα και διαχείριση συσκευών για επιχειρήσεις. -Ο χρήστης μπορεί να αναπτύξει οποιαδήποτε εφαρμογή που χρησιμοποιεί υπηρεσίες Cloud.	Υποστηρίζει ανοιχτές υπηρεσίες Cloud	Ανεπαρκής διαχείριση δεδομένων	
Arkessa	Παρέχει συνδεσιμότητα και διαχείριση συσκευών για επιχειρήσεις.	Επιχειρηματικό μοντέλο σχεδιασμού	Δεν διαθέτει πολλά εργαλεία οπτικοποίησης	
Axeda	Προσφέρει την δυνατότητα για σύνδεση και επικοινωνία με οποιαδήποτε ενσύρματη ή ασύρματη συσκευή που βασίζεται στις τεχνολογίες M2M και IoT και με την βοήθεια εργαλείων που προσφέρει το Cloud.	Η διαχείριση των δεδομένων βασίζεται στην τεχνολογία M2M	Εξάρτηση από τρίτες υπηρεσίες	

Πίνακας 5.1: Πλατφόρμες βασισμένες στο CoT (Ansari et al., 2019)

3.12.3 Προκλήσεις του Cloud of Things

Δεν θα είναι τόσο απλό να επιτρέψουμε να γίνουν όλα μέρος του IoT και στη συνέχεια να διαθέσουμε όλους τους πόρους στο cloud computing. Εκτός από δεδομένα και τους πόρους, το cloud πρέπει να ασχοληθεί με την επιχειρηματική άποψη. Το CoT θα μπορέσει να δημιουργήσει περισσότερες επιχειρηματικές ευκαιρίες αν μπορέσει να αντιμετωπίσει κάποιες προκλήσεις. Οι κυριότερες είναι οι εξής:

- **Ασφάλεια και ιδιωτικότητα:** Κατά την υλοποίηση του IoT που είναι βασισμένο στις υπηρεσίες cloud, τα δεδομένα του IoT μεταφέρονται στον εικονικό κόσμο του cloud. Η ασφάλεια και η ιδιωτικότητα λοιπόν είναι το κύριο μέλημα, ιδιαίτερα στα υβριδικά. Ο βαθμός στον οποίο υπάρχει έλλειψη πληροφοριών για το cloud computer είναι τέτοιος που οι κάτοχοι δεδομένων δεν κατανοούν τη φυσική θέση των δικών τους δεδομένων κι αυτό δημιουργεί ανασφάλειες. Η διαρροή ευαίσθητων δεδομένων, ή η πειρατείες λογισμικών

είναι πιθανά ενδεχόμενα για κάθε επιχείρηση. Νέοι κανόνες και πολιτικές εξουσιοδότησης είναι σημαντικό να αναπτυχθούν. (Abdulkareem et al., 2021; Ansari et al., 2019).

- **Αποθηκευτικός χώρος:** Οι συσκευές που χρησιμοποιούν το IoT και βασίζονται στις υπηρεσίες cloud θα είναι αμέτρητες καθώς συνεχώς αυξάνονται και θα απαιτούν μεγάλο αποθηκευτικό χώρο. Σχεδόν 50 δισεκατομμύρια συσκευές IoT θα υπάρχουν μέχρι το 2025, ένα σημαντικό εμπόδιο για την παροχή επαρκούς χωρητικότητας από τους πάροχους των υπηρεσιών cloud (Ansari et al., 2019).
- **Απόδοση:** Ανεξάρτητα από την φυσική τοποθεσία των υπηρεσιών cloud, οι χρήστες χρειάζονται να έχουν το ίδιο επίπεδο απόδοσης υπηρεσιών, όπως όταν δημιουργήθηκαν αρχικά. Για παράδειγμα, για δεδομένα πολυμέσων, θα πρέπει να διατεθεί ο πλησιέστερος δυνατός διακομιστής εικονικής αποθήκευσης. (Abdulkareem, Zeebaree, & M.Sadeeq, 2021; (Ansari et al., 2019).
- **Ποιότητα Παροχής Υπηρεσιών:** Καθώς ο όγκος των δεδομένων αυξάνεται, η ποιότητα της παροχής υπηρεσιών γίνεται ένα ζήτημα. Ανά πάσα στιγμή, οποιοσδήποτε τύπος και ποσότητα δεδομένων μπορεί να ενεργοποιηθεί από κάποιο χρήστη. Κάποια δεδομένα μπορεί να θεωρηθούν πιο σημαντικά από κάποια άλλα. Η ιεράρχηση των αιτημάτων από την πλευρά του cloud θεωρείται απαραίτητη. Το QoS (Quality of Service) είναι ένας μηχανισμός που προσπαθεί να δώσει προτεραιότητα στα αιτήματα που προκύπτουν (Ansari et al., 2019).
- **Μοναδική Ταυτότητα:** Όταν οι συσκευές και τα μηχανήματα γίνονται μέρος του Διαδικτύου (IoT), χρειάζονται επίσης μια μοναδική ταυτοποίηση. Ιδιαίτερα σε περιπτώσεις κινητών συσκευών, όπως αισθητήρες σε οχήματα και άλλα αντικείμενα, πρέπει να έχουν αντιστοίχιση ταυτότητας στο νέο δίκτυο που μπαίνουν. Ο χώρος διευθύνσεων IPv6 πιστεύεται ότι είναι αρκετός για να υποστηρίξει ακόμη και αυτό το είδος της πανταχού παρούσας δικτύωσης (Ansari et al., 2019).
- **Ενεργειακή απόδοση:** Η ύπαρξη αισθητήρων παντού και η συνδεσιμότητά τους με τις υπηρεσίες cloud καταναλώνει πολλή ενέργεια. Με δισεκατομμύρια αισθητήρες και συσκευές σχετικά χαμηλής ισχύος, δεν θα ήταν ενδεδειγμένη για παράδειγμα η προσωρινή χρήση ενέργειας από μπαταρίες, οι οποίες χρειάζονται αλλαγή ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Χρήσιμη θα ήταν η ύπαρξη μέσων για αισθητήρες που να παράγουν ενέργεια από το περιβάλλον, όπως η ηλιακή ενέργεια, ή η αιολική (Ansari et al., 2019).

3.13 Η Ενσωμάτωση του Blockchain και του IoT

Η δημιουργία ενός πιο αποκεντρωμένου συστήματος τείνει να αντικαταστήσει τα κεντρικά υπολογιστικά συστήματα (cloud computing). Το Blockchain είναι ένα κρυπτογραφημένο, αποκεντρωμένο σύστημα βάσης δεδομένων που έχει σχεδιαστεί για τη δημιουργία αρχείων που προστατεύονται από παραποιήσεις σε πραγματικό χρόνο. Έχει ως σκοπό να πραγματοποιήσει την πλήρη αποκέντρωση των μελλοντικών δικτύων CoT. Η τεχνολογία Blockchain χρησιμοποιείται για την εξαγωγή των πληροφοριών και την αποθήκευσή τους από διάφορες συσκευές IoT. Η ενσωμάτωση του blockchain και του CoT οδηγεί σε μια νέα αρχιτεκτονική που ονομάζεται Blockchain of Things (BCoT). Η αρχιτεκτονική αυτή διερευνά αναλυτικά την δύναμη των μεγάλων δεδομένων (βλέπε Κεφ. 5) IoT (Big Data IoT) σε εφαρμογές IoT. Με αυτόν τον τρόπο θα γίνει η εξάλειψη του κεντρικού παρόχου και θα βελτιωθεί το απόρρητο των πληροφοριών. Το σύστημα BCoT μπορεί επίσης να επιτύχει αξιόπιστους ελέγχους πρόσβασης και με αυτό τον τρόπο θα αποτρέπονται οι πιθανές απειλές στα συστήματα (Ansari et al., 2019).

3.13.1 Οφέλη του Blockchain of Things

Η ενοποίηση του IoT με το Blockchain παρέχει πολλά πλεονεκτήματα και στις δύο τεχνολογίες. Αυτά είναι τα εξής (Ansari et al., 2019):

- **Ασφάλεια:** Το κύριο μέλημα του Blockchain είναι να παρέχει ασφάλεια. Επίσης προσφέρει μια αμετάβλητη αρχιτεκτονική για τα συστήματα IoT. Παρέχει έναν μηχανισμό ελέγχου ταυτότητας με το ιδιωτικό κλειδί (key authentication) για οποιαδήποτε τροποποίηση. Τα βασικά χαρακτηριστικά του Blockchain είναι η ακεραιότητα δεδομένων, ιδιωτικότητα και εμπιστευτικότητα.
- **Αποκέντρωση:** Το Blockchain εξουσιοδοτεί αποκεντρωμένα δίκτυα και δεν απαιτείται ενιαίος χώρος αποθήκευσης των δεδομένων ή κεντρικός πάροχος για τη διαχείριση και την εκτέλεση διάφορων λειτουργιών. Αυτή η δυνατότητα προσφέρει επικοινωνία μεταξύ των κόμβων από διαφορετικά δίκτυα.
- **Κακόβουλη ευπάθεια:** Η κακόβουλη επίθεση στο δίκτυο IoT μπορεί εύκολα να εντοπιστεί και να αποτραπεί. Η ενημέρωση οποιασδήποτε πληροφορίας σε ένα μπλοκ μπορεί να γίνει μόνο εάν κάθε κόμβος ελέγχει την ταυτότητα του με το ιδιωτικό του κλειδί.

- Αποτυχία ενός κόμβου: Λόγω του ότι το Blockchain είναι μια αποκεντρωμένη και κατανεμημένη τεχνολογία για την ασφάλεια δεδομένων, μπορεί να αποτρέψει την αποτυχία ενός κόμβου του κεντρικού συστήματος IoT.
- Ακεραιότητα δεδομένων: Το Blockchain παρέχει ασφαλή κοινή χρήση δεδομένων επικοινωνίας και αποτελεσματική παρακολούθηση των δεδομένων που μεταφέρονται μεταξύ όλων των συσκευών IoT.

3.14 Industry 4.0 και Λήψη Αποφάσεων

Η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση έχει φέρει μια επανάσταση στη διαδικασία λήψης αποφάσεων στις επιχειρήσεις. Οι επιχειρήσεις σήμερα έχουν ως στόχο να βελτιώσουν την αποτελεσματικότητα των διαδικασιών λήψης αποφάσεων, να ενισχύουν την ορθολογική σκέψη και να αποτρέπουν τις ανθρώπινες προκαταλήψεις, και τις μεροληψίες. Πέρα από αυτό, όλες οι προαναφερθέντες οι τεχνολογίες του Industry 4.0 μπορούν να αυξήσουν την αυτονομία των συστημάτων παραγωγής διευκολύνοντας την επίλυση των προβλημάτων και των διαδικασιών λήψης αποφάσεων. Τα πλέον έξυπνα εργοστάσια χρησιμοποιούν αισθητήρες, ενσωματωμένα λογισμικά και ρομπότ για να συλλέγουν δεδομένα, να τα αναλύουν και να τα βοηθούν στο να παίρνουν έξυπνες αποφάσεις. Η συνεχής εξέλιξη των τεχνολογιών αιχμής λοιπόν, μπορούν να συμβάλλουν στην εξατομίκευση της κοινωνίας. Το Industry 4.0 ανοίγει ευκαιρίες στη βοήθεια περίπλοκων εργασιών, όπως για παράδειγμα σε κατασκευαστικές βιομηχανίες, όπου απαιτείται η ανθρώπινη κρίση, η αποστολή προειδοποιήσεων και ειδοποιήσεων σε σημειακά σφάλματα και ελαττώματα στον κύκλο παραγωγής (Javaid et al., 2022).

Κεφάλαιο 4: Επιχειρηματική Ευφυΐα και Αναλυτική στα πλαίσια του Industry 4.0

4.1 Εισαγωγή

Στη σύγχρονη εποχή όπως αναφέρθηκε και στο Κεφ 3. οι επιχειρήσεις παρουσιάζουν αυξημένη ανάγκη για να βελτιώσουν την διαδικασία λήψης αποφάσεων και να γίνουν αποδοτικότερες. Λόγω της ραγδαίας αύξησης της επιστήμης των Μεγάλων Δεδομένων και της υπερφόρτωσης των πληροφοριών που λαμβάνονται, η διαδικασία αυτή καθίσταται δυσκολότερη, καθώς οι επιχειρήσεις έχουν να διαχειριστούν μια εξαιρετικά μεγάλη ποικιλία δεδομένων. Με την κατάλληλη ενσωμάτωση, ανάλυση και παρουσίαση των δεδομένων λοιπόν, αυξάνονται οι επιδόσεις της επιχείρησης και εξασφαλίζεται το ανταγωνιστικό τους πλεονέκτημα (Κύρκος, 2015; Σοφούλης, 2019). Η επιχειρηματική ευφυΐα, ως ένας συνεχώς αναπτυσσόμενος επιστημονικός τομέας, έρχεται να εξηγήσει με ποιο τρόπο συμβάλει στη κάλυψη των αναγκών της επιχείρησης και στην αύξηση της αποδοτικότητάς τους.

Η διεύρυνση του επιχειρηματικού περιβάλλοντος σήμερα καθορίζεται από το πόσο οι επιχειρήσεις αξιοποιούν τις προηγμένες τεχνολογίες που συγκροτούν το Industry 4.0: Τεχνητή Νοημοσύνη, Μηχανική Μάθηση, IoT κλπ. Είμαστε στον αιώνα της ψηφιακής επανάστασης , όπου οι νέες επιχειρηματικές ιδέες δημιουργούν τεράστιο αντίκτυπο στην ανάπτυξη της παγκόσμιας οικονομίας. (Adelakun, 2021) Η ανάλυση των δεδομένων βρίσκεται στον πυρήνα της Επιχειρηματικής Ευφυΐας εδώ και πολλά χρόνια, καθώς οι πληροφορίες έχουν αναγνωριστεί ως το πιο πολύτιμο περιουσιακό στοιχείο των εταιρειών (Tavera Romero et al., 2021). Τα συστήματα της Επιχειρηματικής Ευφυΐας θα πρέπει να προσαρμοστούν στον μεγάλο όγκο δεδομένων που παράγουν οι τεχνολογίες του Industry 4.0. Οι τεχνολογίες και κατά συνέπεια η κοινωνία πλέον εξελίσσονται με πολύ γρήγορους ρυθμούς με αποτέλεσμα να αναγκάζονται οι επιχειρήσεις να σκεφτούν πιο βαθιά για να κατανοήσουν τις ανάγκες και τις νέες απαιτήσεις των πελατών τους (Adelakun, 2021). Αυτό σημαίνει πως η διαδικασία λήψης επιχειρηματικών αποφάσεων θα πρέπει να είναι γρήγορη και αποτελεσματική. Αυτό θα επιτευχθεί από το κατά πόσο οι επιχειρήσεις μπορούν να συλλέξουν και να εκμεταλλευτούν καταλλήλως τα δεδομένα και να αξιοποιήσουν τις τεχνολογίες Industry 4.0.

4.2 Ορισμός Επιχειρηματικής Ευφυΐας

Ο όρος Επιχειρηματική Ευφυΐα (Business Intelligence) δεν είναι πρόσφατος. Πρωτοεμφανίστηκε στο βιβλίο «Cyclopædia of commercial and business anecdotes» , στο οποίο έγινε αναφορά για κάποιον τραπεζίτη που αξιοποιούσε γρήγορα τις πληροφορίες που είχε για να αυξήσει τα κέρδη του (Devens, 1865). Αργότερα, ορίστηκε η Επιχειρηματική Ευφυΐα ως ο συσχετισμός κάποιων γεγονότων, τα οποία συνδυάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να καθοδηγούν την δράση τους σε ένα επιθυμητό στόχο (Luhn, 1958). Έπειτα, ένας άλλος ορισμός δόθηκε, ο οποίος αναφέρει πως

Επιχειρηματική Ευφυΐα είναι ένα σύνολο από μεθόδους που διευκολύνουν τις επιχειρήσεις στη διαδικασία λήψης ορθών αποφάσεων μέσα από κάποια συστήματα υποστήριξης αποφάσεων που βασίζονται σε καταγεγραμμένα γεγονότα (Dresner, 1989). Πρόσφατα, ορίστηκε η Επιχειρηματική Ευφυΐα ως μία καινούργια τεχνολογία για την κατανόηση του παρελθόντος και την πρόβλεψη του μέλλοντος (Pechenizkiy, 2006). Ο όρος Επιχειρηματική Ευφυΐα λοιπόν αναφέρεται σε ένα σύνολο από μεθοδολογίες, στρατηγικές και τεχνολογίες, οι οποίες στοχεύουν στην συλλογή, και στην επεξεργασία μεγάλου όγκου δεδομένων και την εξαγωγή χρήσιμης και ουσιαστικής πληροφορίας μέσα από αυτά. Οι εξαγόμενες πληροφορίες θα πρέπει να είναι απλές και κατανοητές, έτσι ώστε να διευκολύνουν τους αναλυτές μιας επιχείρησης στη διαδικασία λήψης επιχειρηματικών αποφάσεων μέσα από τις γνώσεις που αποκτούν από τα δεδομένα. (Κύρκος, 2015; Ματσατσίνης, 2021; Σοφούλης, 2019)

4.3 Συστήματα Επιχειρηματικής Ευφυΐας

Πληροφοριακό σύστημα μπορούμε να θεωρήσουμε ένα σύνολο στοιχείων που συλλέγει, αποθηκεύει και επεξεργάζεται πληροφορίες για την υλοποίηση των στόχων των χρηστών του. Τα πληροφοριακά συστήματα βασίζονται στη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή. Ένα πληροφοριακό σύστημα δέχεται σαν είσοδο κάποια δεδομένα, τα οποία τα αποθηκεύουν, τα επεξεργάζονται και έχουν σαν έξοδο τα αποτελέσματα που μπορεί να είναι είτε γραφικές παραστάσεις, είτε αναφορές, είτε λύσεις προβλημάτων και διάφορες εκφράσεις. Τα πληροφοριακά συστήματα διαχωρίζονται ανάλογα με την πληροφόρηση που παρέχουν στους χρήστες και με τις εργασίες που εξυπηρετούν (Ματσατσίνης, 2022).

Οι επιχειρήσεις θεωρούσαν ότι τα πληροφοριακά συστήματα μπορούν να βοηθήσουν στην εύρυθμη λειτουργία τους. Για αυτό το λόγο αναζήτησαν μέσα στο περιβάλλον της Επιχειρηματικής Ευφυΐας τον σχεδιασμό και την εφαρμογή εξειδικευμένων πληροφοριακών συστημάτων που θα παρέχουν ποιοτικές πληροφορίες και θα αποτελούν πηγή καθοδήγησης για την επίτευξη ορθών λήψεων αποφάσεων (Ματσατσίνης, 2022). Συστήματα της Επιχειρηματικής Ευφυΐας μπορούν να θεωρηθούν τα Διοικητικά Πληροφοριακά Συστήματα (ΔΠΣ) ή Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων (ΣΥΑ). Τα συστήματα αυτά βασίζονται σε χρήση διαφόρων μοντέλων, μέσω των οποίων οι χρήστες μπορούν να ελέγξουν πολλαπλά σενάρια όπως παραδείγματος χάριν τι θα μπορούσε να συμβεί εάν μία από τις συνθήκες εισόδου μεταβληθεί, ή και αντίστροφα, με βάση το επιθυμητό αποτέλεσμα να υπολογίζονται ποιες θα πρέπει να είναι οι συνθήκες εισόδου (Κύρκος, 2015). Η ύπαρξη μοντέλων στα συγκεκριμένα συστήματα είναι αυτό που τα διαχωρίζει από τις υπόλοιπες κατηγορίες πληροφοριακών συστημάτων. Τα μοντέλα είναι εργαλεία που μετατρέπουν τα δεδομένα σε χρήσιμη πληροφορία και αυτά μπορεί να ανήκουν σε κατηγορίες όπως στατιστικής, μάρκετινγκ, ανάλυσης δεδομένων κ.α.

Πριν από μερικές δεκαετίες η ροή της πληροφορίας σε μια επιχείρηση πραγματοποιούνταν με την βοήθεια συστημάτων που κατέγραφαν κάθε συναλλαγή, τα γνωστά ως OLTP (On Line Transaction Processing Systems). Με αυτά τα συστήματα παρακολουθούσαν τις καθημερινές λειτουργίες, όπως για παράδειγμα τις πωλήσεις, τις προμήθειες, το απόθεμα, τα χρηματοοικονομικά στοιχεία κ.α. Με το πέρασμα του χρόνου τα συστήματα αυτά εξελίχθηκαν ως τα γνωστά ERP (Enterprise Resources Planning), με τα οποία οι επιχειρήσεις μπορούν να διαχειριστούν πιο αποδοτικά όλους τους διαθέσιμους πόρους τους, όπως τα οικονομικά, την παραγωγή, τις δραστηριότητες του ανθρώπινου δυναμικού κ.α. (Κύρκος, 2015).

Σήμερα οι επιχειρήσεις παρουσιάζουν αυξημένη ανάγκη για αποθήκευση και ανάλυση υψηλής πολυπλοκότητας μεγάλα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο. Τα συστήματα OLAP (On-Line Analytical Processing) δημιουργήθηκαν για να δώσουν λύση σε αυτό το πρόβλημα. Αποτελούν μια εξέλιξη των προηγούμενων συστημάτων και λειτουργούν σαν μια σύγχρονη προσέγγιση στην προσπάθεια υποστήριξης των υψηλόβαθμων στελεχών των επιχειρήσεων στο να λαμβάνουν τις κατάλληλες αποφάσεις, για αυτό και πολλές φορές ο όρος συγχέεται με τα Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων (Ματσατσίνης, 2010). Τα OLAP συστήματα εξασφαλίζουν γρήγορη κι εύκολη πρόσβαση σε μεγάλους όγκους δεδομένων και επιτρέπουν την επεξεργασία και την παρουσίαση των αποτελεσμάτων τους. Στοχεύουν στη βελτιστοποίηση των διαδικασιών μέσα σε μια επιχείρηση όπως για παράδειγμα να παρακολουθούν την απόδοση καθημερινά, να διαχειρίζονται τις πελατειακές σχέσεις, να παρακολουθούν το κέρδος και τα έξοδα της επιχείρησης κ.α. (Κύρκος, 2015).

Τα συστήματα CRM, ή αλλιώς Συστήματα Διαχείρισης Σχέσεων Πελατών είναι συστήματα παρακολούθησης άλλων συναλλαγών. Όλα όσα χρειάζεται μια επιχείρηση για να εφαρμόσει αποδοτικές στρατηγικές marketing και να αυξήσει τις πωλήσεις και το βαθμό ικανοποίησης των πελατών της, τα διαχειρίζονται τα συστήματα CRM. Βασικά χαρακτηριστικά αυτών των συστημάτων είναι η διαχείριση καθημερινών εργασιών όπως τηλεφωνικές κλήσεις, συναντήσεις και emails, αναλυτική παρακολούθηση δραστηριοτήτων πωλητών, δημιουργία μιας νέας προσφοράς βάσει αντίστοιχης προγενέστερης κ.α.³

Τα συστήματα SCM ή αλλιώς Συστήματα Διαχείρισης Εφοδιαστικής Αλυσίδας σχετίζονται με το σχεδιασμό, την οργάνωση, τον έλεγχο και την παρακολούθηση όλων των δραστηριοτήτων της εφοδιαστικής αλυσίδας. Όλα αυτά τα συστήματα επιχειρηματικής ευφυΐας μπορούν να συγκεντρώνουν και να επεξεργάζονται τον τεράστιο όγκο δεδομένων που δημιουργείται προκειμένου να παραγάγουν πολύτιμη πληροφορία⁴.

³ (Τι Είναι CRM / SoftOne Technologies A.E., n.d.)

⁴ Εφοδιαστική Αλυσίδα Σχεδιασμού Συστημάτων - Βικιεπιστήμιο. (n.d.).

4.3.1 Δομικά Επίπεδα Συστημάτων Επιχειρηματικής Ευφυΐας

Τα συστήματα Επιχειρηματικής Ευφυΐας είναι δομημένα σε μια σειρά από 6 επίπεδα, τα οποία συγκροτούν μια πυραμίδα. Στη βάση της πυραμίδας υπάρχουν τα δεδομένα που δεν έχουν υποστεί κάποια κατεργασία, ενώ στην κορυφή της είναι η λήψη των τελικών αποφάσεων. Στην Εικόνα 4.1 παρουσιάζονται και τα 5 επίπεδα της Επιχειρηματικής Ευφυΐας. Όσο ανεβαίνουμε επίπεδο, τόσο αυξάνεται η δυνατότητα υποστήριξης αποφάσεων (Κύρκος, 2015).



Εικόνα 4.1: Η πυραμίδα των συστημάτων Επιχειρηματικής Ευφυΐας (Κύρκος, 2015)

4.3.2 Πηγές Δεδομένων

Οι Πηγές Δεδομένων βρίσκονται στη βάση της πυραμίδας. Τα δεδομένα αυτά είναι ακατέργαστα και προέρχονται κυρίως αλλά όχι αποκλειστικά από διάφορα συστήματα όπως για παράδειγμα συστήματα επεξεργασίας συναλλαγών (OLTP) όπως το ERP, ή από εσωτερικές και εξωτερικές πηγές. Τα δεδομένα αυτά μπορεί να είναι βοηθητικά στην λειτουργικότητα της επιχείρησης, αλλά να μην είναι κατάλληλα για την λήψη αποφάσεων. Συνήθως παρουσιάζουν μεγάλη διασπορά και ανομοιογένεια και έχουν υπερβολικά μεγάλο όγκο. Επιπλέον μπορεί να βρίσκονται σε διάσπαρτες πηγές, κυρίως αυτά που προέρχονται από το εξωτερικό περιβάλλον όπως το διαδίκτυο, ή οι συνεργάτες της επιχείρησης. Ένα παράδειγμα λειτουργικών δεδομένων είναι οι αποδείξεις που κόβονται για την αγορά ενός προϊόντος μια συγκεκριμένη μέρα και ώρα, κάτι που είναι απαραίτητο για την λειτουργικότητα του λογιστηρίου, αλλά δεν είναι χρήσιμο για την εξαγωγή συμπερασμάτων και την λήψη επιχειρηματικών αποφάσεων (Κύρκος, 2015).

4.3.3 Επίπεδο Αποθήκης Δεδομένων

Το επόμενο επίπεδο της πυραμίδας των συστημάτων Επιχειρηματικής Ευφυΐας είναι οι Αποθήκες Δεδομένων. Από την στιγμή που οι βάσεις δεδομένων έχουν ενοποιηθεί κι έχει γίνει η κατάλληλη μετατροπή των δεδομένων, έπειτα αυτά θα πρέπει να αποθηκευτούν κάπου. Στην ουσία οι αποθήκες δεδομένων είναι βάσεις δεδομένων, όπου βρίσκονται συγκεντρωμένα, δομημένα και τροποποιημένα δεδομένα με τέτοιο τρόπο που να είναι εύχρηστα κι έτοιμα προς επεξεργασία από τον τελικό χρήστη. Για την δημιουργία μιας αποθήκης δεδομένων με ομοιογενή δεδομένα είναι απαραίτητες κάποιες διαδικασίες που ονομάζονται ETL. Οι διαδικασίες αυτές αποσκοπούν στην εξαγωγή, μετασχηματισμό και φόρτωση των δεδομένων στις αποθήκες δεδομένων. Οι αποθήκες δεδομένων είναι διαχωρισμένες σε κατηγορίες και τώρα που τα δεδομένα είναι δομημένα σύμφωνα με τις ανάγκες της εταιρίας, η εταιρία θα είναι πλέον σε θέση να εξάγει μέσα από αυτές τις αποθήκες χρήσιμες πληροφορίες, τις οποίες αξιοποιούν τα συστήματα υποστήριξης αποφάσεων. (Κύρκος, 2015).

4.3.4 Επίπεδο Διερεύνησης Δεδομένων

Ακολουθεί το επίπεδο της Διερεύνησης Δεδομένων. Σε αυτό το στάδιο ξεκινάει η επεξεργασία των δεδομένων. Ο χρήστης υποβάλλει μια σειρά από ερωτήματα τα λεγόμενα queries, στη βάση δεδομένων και λαμβάνει απαντήσεις. Έπειτα δημιουργούνται κάποιες αναφορές, οι οποίες αναπαριστούν τις πληροφορίες σε μορφή αριθμητικών τιμών, γραφημάτων, ή και πινάκων. Χρησιμοποιούνται συνήθως μέθοδοι οπτικοποίησης, καθώς αυτή η μορφή είναι πιο εύκολα κατανοητή από τον τελικό χρήστη. Σε αυτό το σημείο μπορούν να γίνουν μερικές στατιστικές επεξεργασίες δεδομένων, όπως υπολογισμός τυπικής απόκλισης, μέσης τιμής κ.α. Κατά το επίπεδο διερεύνησης δεδομένων δημιουργούνται σενάρια και έπειτα γίνεται έλεγχος για το ότι αυτά τα σενάρια υποστηρίζονται από τα αποθηκευμένα δεδομένα (Κύρκος, 2015; Μπέσκος, 2017).

4.3.5 Επίπεδο Εξόρυξης Δεδομένων

Στο τέταρτο επίπεδο βρίσκεται η Εξόρυξη Δεδομένων. Εξόρυξη δεδομένων ή ανακάλυψη γνώσης από βάσεις δεδομένων είναι η εξεύρεση χρήσιμων πληροφοριών από τις βάσεις δεδομένων με χρήση μεθόδων και αλγορίθμων της στατιστικής, της τεχνητής νοημοσύνης και της μηχανικής μάθησης. Η εξόρυξη δεδομένων μπορεί να βοηθήσει στην κατηγοριοποίηση και στην ομαδοποίηση των δεδομένων, στη διατύπωση υποθέσεων και γενικότερα στην καλύτερη οπτικοποίηση της πληροφορίας. Η γνώση βρίσκεται κρυμμένη στα ακατέργαστα δεδομένα, τα οποία με τις κατάλληλες τροποποιήσεις και μελέτες αποβαίνουν χρήσιμα στις επιχειρήσεις. Η ανακαλυφθείσα γνώση μπορεί να εφαρμοστεί αποτελεσματικά στη διαδικασία λήψης αποφάσεων, σε ελέγχους και στην επεξεργασία διαφόρων ερωτημάτων. Η εξόρυξη δεδομένων χωρίζεται σε δύο κατηγορίες: Στην επαλήθευση και στην Ανακάλυψη.

Κατά την πρώτη, γίνεται εκτίμηση υποθέσεων που έχουν γίνει με χρήση κάποιων μεθόδων της Στατιστικής και χρησιμοποιείται για να εξηγήσει γεγονότα και συνθήκες που έχουν ήδη εντοπιστεί. Ωστόσο αυτό το στάδιο σχετίζεται περισσότερο με την Στατιστική κι όχι τόσο με την εξόρυξη δεδομένων και η έκταση αυτών των υποθέσεων εξαρτάται από τη γνώση και την αντίληψη του αναλυτή. Κατά την δεύτερη, τα συστήματα κάνουν εντοπισμό νέων κανόνων και προτύπων μέσα από αυτόνομες διαδικασίες. Αυτή η κατηγορία απαρτίζεται από το στάδιο της περιγραφής και της πρόβλεψης, όπως έχει αναλυθεί στο προηγούμενο κεφάλαιο. (Κύρκος, 2015; Μπέσκος, 2017).

Το επόμενο επίπεδο είναι η βελτιστοποίηση. Επακόλουθο της ανάλυσης των δεδομένων είναι μια σειρά από ενδεχόμενες λύσεις. Ο αποφασίζων θα πρέπει να επιλέξει μια εναλλακτική λύση ανάμεσα σε πολλές. Τα προβλήματα χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες, ανάλογα με το πλήθος των λύσεων που προκύπτουν. Αυτά είναι:

- 1) Τα διχοτόμα προβλήματα: έχουν δύο πιθανές λύσεις, όπως για παράδειγμα η αποδοχή ή η απόρριψη μιας αίτησης
- 2) Τα προβλήματα πολλαπλών λύσεων: Έχουν έναν περιορισμένο αριθμό πιθανών λύσεων, όπως η επιλογή ενός συνεργάτη ανάμεσα σε πολλούς υποψηφίους
- 3) Τα προβλήματα απεριόριστου αριθμού πιθανών λύσεων, όπου στόχος είναι ο εντοπισμός της βέλτιστης λύσης, χρησιμοποιώντας για παράδειγμα Γραμμικό Προγραμματισμό (Κύρκος, 2015; Μπέσκος, 2017).

4.3.6 Επίπεδο Λήψης Απόφασης

Στο ανώτερο επίπεδο βρίσκεται η λήψη μας απόφασης. Όλες οι προαναφερθείσες διαδικασίες στοχεύουν στην λήψη σωστών αποφάσεων από τους αποφασίζοντες κι όχι στη αντικατάσταση του ανθρώπου από την μηχανή. Πρόκειται για εργαλεία που διευκολύνουν την ανάλυση μεγάλου όγκου δεδομένων ώστε να παραχθούν οι απαιτούμενες πληροφορίες που θα ενισχύσουν τη αποδοτικότητα της επιχείρησης. Τις τελικές αποφάσεις τις αναλαμβάνουν άνθρωποι, οι οποίοι θα πρέπει να χρησιμοποιήσουν και τις δικές τους γνώσεις και δεξιότητες ώστε να ληφθούν οι κατάλληλες αποφάσεις. Οι αποφάσεις μπορεί να λαμβάνονται ορθολογικά ή διαισθητικά. Οι ορθολογικές αποφάσεις στηρίζονται στη λογική επεξεργασία. Τα άτομα που λαμβάνουν τέτοιου είδους αποφάσεις στηρίζονται στην εμπειρία που έχουν, κάνοντας συσχετίσεις με παρόμοια προβλήματα που έχουν αντιμετωπίσει, λαμβάνοντας υπόψη την διάσταση του περιβάλλοντος. Οι διαισθητικές αποφάσεις στηρίζονται περισσότερο στη διαίσθηση και λιγότερο στη λογική. Τέτοιου είδους αποφάσεις απαιτούν λιγότερες πληροφορίες, καθώς ο αποφασίζων δίνει περισσότερη σημασία στα συναισθήματα. Αυτές οι αποφάσεις είναι χρήσιμες συνήθως σε απρόβλεπτα γεγονότα που κυρίως αφορούν διαπροσωπικές σχέσεις. Πολλές φορές μάλιστα οι αποφάσεις που λαμβάνονται εξαρτώνται από τις διαφορετικές πτυχές του

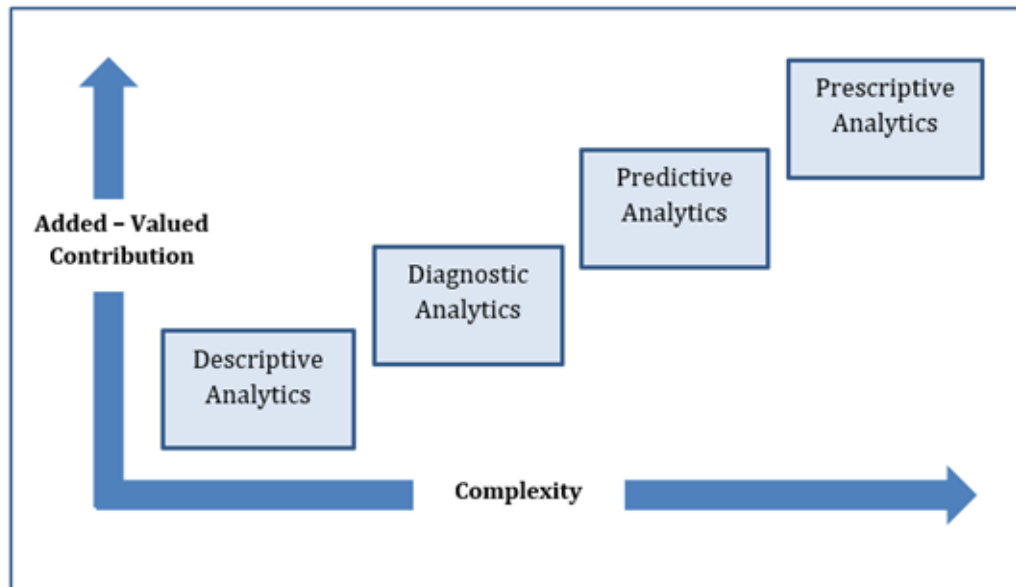
χαρακτήρα κάθε αποφασίζοντα, χωρίς να υπάρχει σωστή ή λάθος απόφαση (Κύρκος, 2015; Μπέσκοι, 2017).

4.4 Επιχειρηματική Αναλυτική

Η Επιχειρηματική Αναλυτική (Business Analytics) είναι ένας όρος συγγενής με την Επιχειρηματική Ευφυΐα και έχει διαδοθεί ιδιαίτερα τον τελευταίο καιρό. Είναι η διαδικασία συγκέντρωσης και επεξεργασίας δεδομένων σε επιχειρήσεις, καθώς και η χρήση στατιστικών μοντέλων και μεθοδολογιών, αλγορίθμων μηχανικής μάθησης κ.α. με σκοπό την μετατροπή των δεδομένων σε γνώση. Η επιχειρηματική αναλυτική εστιάζει στο να προσδιορίζονται μόνο τα χρήσιμα δεδομένα, τα οποία μπορούν να αξιοποιηθούν για να επιλύονται τα προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι επιχειρήσεις και να αυξάνεται η αποδοτικότητα τους. Η διαφορά της Επιχειρηματικής Ευφυΐας με την Επιχειρηματική Αναλυτική κρύβεται στο εξής: η Επιχειρηματική Ευφυΐα εστιάζει στις τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την συλλογή και κατηγοριοποίηση των ακατέργαστων δεδομένων για να περιγράψει το παρελθόν και το μέλλον. Από την άλλη, η Επιχειρηματική Αναλυτική εστιάζει όχι μόνο στις μεθόδους που χρησιμοποιούνται για την ανάλυση των δεδομένων και στην περιγραφή του παρελθόντος, αλλά και στη πρόβλεψη των επιθυμητών μελλοντικών αποτελεσμάτων και τάσεων που θα βοηθήσουν στην κατανόηση συμπεριφορών των καταναλωτών και που θα διευκολύνουν τις επιχειρήσεις στην εξαγωγή αξιόπιστων συμπερασμάτων. Επομένως, η ικανότητα των συστημάτων της Επιχειρηματικής Ευφυΐας είναι περιορισμένη λόγω της απουσίας προγνωστικών μοντέλων (Παρασκευαδάκη, 2020).

4.5 Τύποι της Επιχειρηματικής Αναλυτικής

Υπάρχουν 4 τύποι Επιχειρηματικής Αναλυτικής, ξεκινώντας από τον απλούστερο και προχωρώντας στον πιο εξελιγμένο, αν και κανένας τύπος δεν είναι πιο σημαντικός από τον άλλο. Όσο αυξάνει η πολυπλοκότητα της ανάλυσης, τόσο μεγαλύτερη είναι η αξία της προς την επιχείρηση. Οι 4 τύποι θα αναλυθούν στις επόμενες παραγράφους (Kalsbeek, 2020).



Εικόνα 4.2: Οι 4 τύποι της Επιχειρηματικής Αναλυτικής (Kalsbeek, 2020).

4.5.1 Περιγραφική Αναλυτική (Descriptive Analytics)

Η περιγραφική αναλυτική περιγράφει ή συνοψίζει δεδομένα, κυρίως ιστορικά, τα οποία περιγράφουν ένα γεγονός που έχει συμβεί στο παρελθόν. Η ανάλυση αυτή είναι απαραίτητη, καθώς επιτρέπει στις επιχειρήσεις να μαθαίνουν από προηγούμενες συμπεριφορές και να κατανοούν πώς αυτές θα μπορούσαν να επηρεάσουν τα μελλοντικά αποτελέσματα (Kalsbeek, 2020).

Η πλειοψηφία των στατιστικών στοιχείων που αξιοποιούνται ανήκουν σε αυτόν τον τύπο. Τις περισσότερες φορές τα δεδομένα είναι ένας αριθμός ή ένα σύνολο αριθμών που ανήκουν σε μια κατηγορία, όπως σε μια φιλτραρισμένη στήλη αριθμών σε κάποιο λογισμικό. Αυτά τα στοιχεία για παράδειγμα θα μπορούσαν να αποτελούν ακόμα και στοιχεία της βασικής αριθμητικής όπως μέσοι όροι, ποσοστά, μεταβολές κ.α. Η περιγραφική αναλυτική είναι πρακτική για στοιχεία που εκφράζουν το απόθεμα σε μια γραμμή παραγωγής, το ιστορικό μιας επιχείρησης σχετικά με τα οικονομικά της, η ετήσια μεταβολή των πωλήσεων κ.α.

Η περιγραφική αναλυτική λοιπόν απαντά στην ερώτηση «τι συνέβη». Για παράδειγμα μια βιομηχανία παρασκευής ρούχων θα μπορεί να ανατρέξει στον όγκο των επιστροφών τον περασμένο μήνα. Επίσης, ένας πωλητής θα μπορεί να μάθει το ποσοστό μεταβολής των πωλήσεων τον τελευταίο χρόνο. Μια ενεργειακή εταιρία θα μπορεί να ανατρέξει στην ιστορική χρήση ενέργειας για τον σχεδιασμό της μελλοντικής ανάγκης ισχύος. Συνεπώς, ο συγκεκριμένος τύπος ανάλυσης (Kalsbeek, 2020).

Οι περιγραφικές αναλύσεις, επομένως, σταθμίζουν τα ακατέργαστα δεδομένα από διάφορες πηγές με σκοπό να προσφέρουν χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με το

παρελθόν μιας επιχείρησης. Παρόλα αυτά η περιγραφική ανάλυση δεν είναι αρκετή για να προσφέρει μια ολοκληρωμένη εικόνα για την πορεία της εταιρίας, καθώς δεν εξηγείται η αιτία των ευρημάτων, όπως για παράδειγμα γιατί υπήρξε μείωση στις πωλήσεις τον προηγούμενο μήνα. Για αυτό λοιπόν οι επιχειρήσεις που αναλύουν δεδομένα δεν μελετούν μόνο τα περιγραφικά αναλυτικά στοιχεία αλλά τα συνδυάζουν και με άλλους τύπους ανάλυσης. Η περιγραφική αναλυτική αποτελεί θεμέλιο των άλλων τριών επιπέδων (Kalsbeek, 2020).

4.5.2 Διαγνωστική Αναλυτική (Diagnostic Analytics)

Η διαγνωστική αναλυτική εξετάζει τις ιστορικές πληροφορίες και μας ενημερώνει για το τι, πώς και γιατί συνέβη ένα συμβάν. Συνήθως χρησιμοποιείται για την αποκάλυψη οποιωνδήποτε κρυφών μοτίβων που μπορούν να βοηθήσουν στην εύρεση της αιτίας των γεγονότων, καθώς και στην αναγνώριση κάποιων εξαρτήσεων και παραγόντων που επηρεάζουν άμεσα ή έμμεσα τα αποτελέσματα. Οι επιχειρήσεις προχωρούν σε διαγνωστικές αναλύσεις, επειδή αυτές προσφέρουν γνώση για συγκεκριμένα προβλήματα. Μια επιχείρηση θα πρέπει να διαθέτει λεπτομερείς πληροφορίες, διαφορετικά η συγκέντρωση δεδομένων μπορεί να γίνει ατομικά για κάθε ζήτημα και η διαδικασία να γίνει αρκετά χρονοβόρα (Παρασκευαδάκη, 2020).

Οι διαδικασίες που περιλαμβάνει η διαγνωστική αναλυτική είναι οι παρακάτω (Παρασκευαδάκη, 2020):

- Εξόρυξη δεδομένων: Για να ανακαλυφθούν κρυφά μοτίβα και τάσεις χρειάζεται να αντληθεί μεγάλος όγκος δεδομένων μέσα από στατιστικές τεχνικές όπως η ταξινόμηση, η παλινδρόμηση και η συσταδοποίηση όπως έχουν αναλυθεί στο Κεφ. 3.
- Αναγνώριση συσχέτισης και ακολουθίας γεγονότων: Πολλές φορές οι καταναλωτές πραγματοποιούν παρόμοιες ή προβλέψιμες ενέργειες. Κάποιο παράδειγμα παρόμοιας ενέργειας είναι η αγορά μιας οδοντόβουρτσας και οδοντόκρεμας σε ένα σούπερ μάρκετ, ενώ προβλέψιμη ενέργεια μπορεί να θεωρηθεί η κράτηση ενός δωματίου σε κάποιο ξενοδοχείο μετά την κράτηση ενός αεροπορικού εισιτηρίου.
- Εξόρυξη κειμένου: Συχνά οι επιχειρήσεις συγκεντρώνουν πληροφορίες από τα μέσα κοινωνικής δικτύωσης για να εξάγουν χρήσιμα συμπεράσματα και να αυξήσουν την αποδοτικότητά τους και την ικανοποίηση των πελατών, για να μελετήσουν την ανάπτυξη ενός νέου προϊόντος και να ελέγξουν τον ανταγωνισμό.

4.5.3 Προγνωστική Αναλυτική (Predictive Analytics)

Η προγνωστική αναλυτική δίνει την δυνατότητα στις επιχειρήσεις να «προβλέπουν» τι μπορεί να συμβεί. Συνδυάζει τις περιγραφικές και διαγνωστικές

αναλύσεις για τον εντοπισμό κάποιων τάσεων των υπαρχόντων δεδομένων και προβλέπει μελλοντικές τάσεις. Με βάση δηλαδή τα προηγούμενα πρότυπα δεδομένων, η προγνωστική ανάλυση δίνει λύσεις που μπορεί να προκύψουν σε μια δεδομένη κατάσταση. Παρέχουν δηλαδή εκτιμήσεις μέσα από στατιστικά εργαλεία σχετικά με την πιθανότητα κάποιου μελλοντικού αποτελέσματος. Αυτά τα στατιστικά εργαλεία επιχειρούν να συμπληρώσουν τα δεδομένα που λείπουν κάνοντας τις κατάλληλες προβλέψεις. Συνδυάζουν δύο πράγματα: Τα ιστορικά δεδομένα, τα οποία εντοπίζονται σε συστήματα όπως ERP, CRM και HR για την ανίχνευση κάποιων προτύπων σε δεδομένα και τα στατιστικά μοντέλα, τα οποία καταγράφουν σχέσεις μεταξύ διαφόρων συνόλων δεδομένων. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι οι στατιστικοί αλγόριθμοι δεν μπορούν να προβλέψουν το μέλλον με μηδενικό σφάλμα. Η ακρίβεια της εκτίμησης εξαρτάται διάφορους παράγοντες, όπως από την ποιότητα των δεδομένων, την σταθερότητα της κατάστασης και την επεξεργασία που υποβάλλει ο κάθε αναλυτής.

Προγνωστικές αναλύσεις συνήθως χρησιμοποιούν οι εταιρίες για να προβλέψουν νέες τάσεις στις δραστηριότητες πωλήσεων, καταναλωτικές συμπεριφορές για να εφαρμόσουν καμπάνιες μάρκετινγκ και να αυξήσουν την αποδοτικότητα τους, ή για να προβλεφθούν διάφορων ειδών κίνδυνοι, όπως επενδυτικοί, με βάση την ανάλυση και την πρόβλεψη ταμειακών ροών. Χρήσιμος ο συγκεκριμένος τύπος αναλυτικής είναι και στο χώρο μιας γραμμής παραγωγής, καθώς γίνεται πρόβλεψη της ζήτησης, των εξόδων και του αποθέματος (Παρασκευαδάκη, 2020).

4.5.4 Καθοδηγητική Αναλυτική (Prescriptive Analytics)

Η καθοδηγητική αναλυτική βρίσκεται στην υψηλότερη βαθμίδα της Επιχειρηματικής Αναλυτικής, καθώς στοχεύει στην βελτιστοποίηση της λήψης των αποφάσεων. Το ίδιο το σύστημα έχει την ικανότητα να λαμβάνει ορθές αποφάσεις που θα βελτιστοποιούν την παραγωγικότητα της επιχείρησης. Η βέλτιστη λύση των προβλημάτων υπολογίζεται με την βοήθεια της εξόρυξης δεδομένων (data mining), των νευρωνικών δικτύων (neural networks) και της μηχανικής γνώσης (machine learning). Η τεχνητή νοημοσύνη είναι η βασική τεχνική που χρησιμοποιείται σε αυτόν τον τύπο αναλυτικής. Η τεχνητή νοημοσύνη ασχολείται με τη σχεδίαση και την υλοποίηση προγραμμάτων που είναι ικανά να μιμηθούν ανθρώπινες γνωστικές ικανότητες, όπως είναι η επίλυση προβλημάτων, η μάθηση, η εξαγωγή συμπερασμάτων κ.α. Τα συστήματα της τεχνητής νοημοσύνης λοιπόν μπορούν να αναλύουν μεγάλα σύνολα δεδομένων και να ανακαλύπτουν σχέσεις σε αυτά, που θα βοηθούν στην καλύτερη λήψη αποφάσεων (Παρασκευαδάκη, 2020).

Η καθοδηγητική αναλυτική συνεργάζεται με την προγνωστική αναλυτική, καθώς περιλαμβάνει τη χρήση στατιστικών μοντέλων που μπορούν να προσδιορίσουν μελλοντικά γεγονότα με βάση τα ήδη υπάρχοντα δεδομένα. Κάνει ωστόσο ένα βήμα μπροστά από την πρόβλεψη, καθώς προτείνει πολλαπλές ενέργειες με πιθανά αποτελέσματα με γνώμονα τον επιχειρηματικό στόχο. Οι διαδικασίες που εκτελούν

τα συστήματα της τεχνητής νοημοσύνης είναι πιο γρήγορες και πιο αποτελεσματικές από αυτές που θα εκτελούσε η ανθρώπινη δραστηριότητα, ωστόσο είναι απαραίτητο η επιχείρηση να διαθέτει την κατάλληλη τεχνογνωσία για να μπορεί να διαχειρίζεται τις εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης (Παρασκευαδάκη, 2020).

Ένα παράδειγμα καθοδηγητικής αναλυτικής είναι τα συστήματα συστάσεων. Σκοπός τους είναι να προβλέψουν τα ενδιαφέροντα των χρηστών και να δημιουργήσουν εξατομικευμένες προτάσεις σε κάθε έναν ξεχωριστά. Είναι συστήματα μηχανικής μάθησης που χρησιμοποιούνται συχνά σε διαδικτυακά μαγαζιά με στόχο να αυξήσουν τα κέρδη τους. Τα δεδομένα συγκεντρώνονται από διάφορες πηγές, όπως για παράδειγμα από αξιολογήσεις των καταναλωτών, από αναζητήσεις στις μηχανές αναζήτησης κι από το ιστορικό των αγορών. Οι εταιρείες μπορούν να διατηρήσουν και να αυξήσουν τους πελάτες αποστέλλοντας για παράδειγμα μηνύματα ηλεκτρονικού ταχυδρομείου με συνδέσμους για νέες προσφορές σε προϊόντα ή υπηρεσίες που ενδιαφέρονται (Παρασκευαδάκη, 2020).

4.6 Η Αξία της Επιχειρηματικής Ευφυΐας στην εποχή του Industry 4.0

Οι σύγχρονες επιχειρήσεις οφείλουν να εστιάσουν στην 4^η βιομηχανική επανάσταση ώστε να ανταπεξέλθουν στις ανάγκες που προκύπτουν στο ασταθές περιβάλλον. Η επιχειρηματική ευφυΐα στο χώρο των επιχειρήσεων κρίνεται απαραίτητη για ποικίλους λόγους.

Πρωτίστως, διευκολύνει την ορθή λήψη επιχειρηματικών αποφάσεων σε συνθήκες αβεβαιότητας της σύγχρονης εποχής, κάτι που καθιστά ιδιαίτερα δύσκολο το έργο των αναλυτών δίχως την βοήθεια των συστημάτων Επιχειρηματικής Ευφυΐας. Το σύγχρονο επιχειρηματικό περιβάλλον είναι απαιτητικό και ασταθές, καθώς έχει αυξηθεί ο όγκος των δεδομένων που απαιτούν επεξεργασία, όπως και ο ανταγωνισμός, λόγω της διεθνοποίησης των επιχειρήσεων. Προκειμένου μια επιχείρηση να είναι σε θέση να λαμβάνει σωστές αποφάσεις και να αποκτήσει συγκριτικό πλεονέκτημα έναντι των ανταγωνιστών της, είναι απαραίτητο να λαμβάνει την κατάλληλη πληροφόρηση στη σωστή χρονική στιγμή. Βέβαια, ο βαθμός αβεβαιότητας ποικίλει από περίπτωση σε περίπτωση. Οι αποφάσεις που λαμβάνονται για θέματα καθημερινής λειτουργίας της επιχείρησης, είναι συνήθως απλές και τυποποιημένες και θα μπορούσαν να θεωρηθούν περισσότερο ως διαδικασίες. Ένα παράδειγμα τέτοιας περίπτωσης είναι να γίνει μια παραγγελία για προμήθεια ενός προϊόντος που πρέπει να γίνει όταν το ελάχιστο απόθεμα φτάσει στο χαμηλότερο επιτρεπτό όριο. Ωστόσο, άλλες αποφάσεις για να ληφθούν είναι περίπλοκες και συνήθως αφορούν ζητήματα στρατηγικού προσανατολισμού. Για παράδειγμα για να αποφασιστεί η παραγωγή μιας καινούργιας σειρά προϊόντων χρειάζεται ανάλυση και μελέτη για το αν θα είναι συμφέρουσα ή όχι από πολλές απόψεις, όπως για παράδειγμα αν συμφέρει οικονομικά, ή αν θα δημιουργήσει εντάσεις με τους ανταγωνιστές. Τα συστήματα επιχειρηματικής ευφυΐας λοιπόν προσφέρουν χρήσιμη

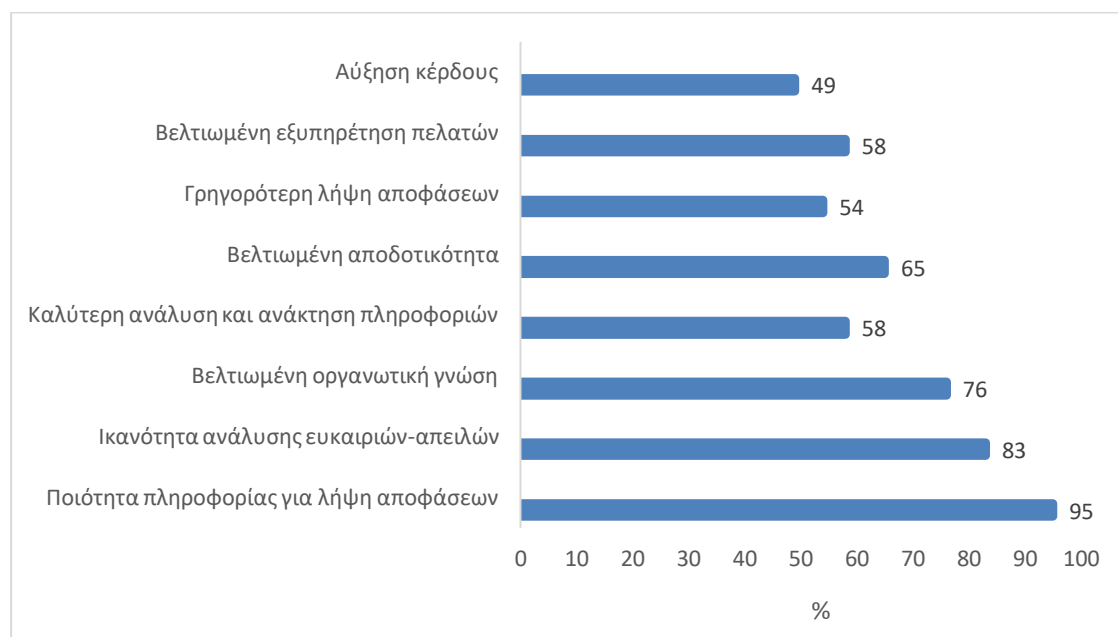
πληροφορία και ελαχιστοποιούν το επίπεδο της αβεβαιότητας στη διαδικασία λήψης αποφάσεων (Κατσίκας, 2013).

Επιπλέον, βελτιώνει την επιχείρηση στο να αντιμετωπίζει προκλήσεις που προέρχονται από το φαινόμενο της παγκοσμιοποίησης. Ζούμε σε ένα περιβάλλον που αλλάζει με ραγδαίους ρυθμούς. Οι επιχειρήσεις σήμερα είναι διασκορπισμένες σε παγκόσμια κλίματα. Το γεγονός αυτό καθιστά πιο δύσκολη την παρακολούθηση της πορείας τους και τη διοίκηση τους. Επιπρόσθετα οι επιχειρήσεις καλούνται να αντιμετωπίσουν έναν διεθνή ανταγωνισμό λόγω των ελαχιστοποιήσεων των της ελάφρυνσης των κανονισμών του διεθνούς εμπορίου. Πολλές φορές πρέπει να διαχειριστούν διαφορετικές κουλτούρες, θρησκείες και εργασιακούς κανονισμούς. Επιπλέον, η νέα ψηφιακή εποχή που διανύουμε και η συνεχής ανάπτυξη της τεχνολογίας αποτελούν ερεθίσματα της καταναλωτικής συμπεριφοράς και πλέον οι καταναλωτές έχουν γίνει πιο απαιτητικοί. Το διαδίκτυο επιτρέπει την διάχυση της πληροφορίας ανά πάσα ώρα και στιγμή και ο καταναλωτής μπορεί να ενημερώνεται πλήρως για τις νέες τάσεις και μορφώνεται διαρκώς. Γίνεται λοιπόν αντιληπτό ότι το επιχειρηματικό περιβάλλον γίνεται ακόμη πιο περίπλοκο, οπότε κρίνεται απαραίτητη η βελτίωση των διαδικασιών λήψης αποφάσεων μέσα από την άντληση ορθών και έγκαιρων πληροφοριών (Κατσίκας, 2013).

Ένας ακόμη λόγος που προσδίδεται σημαντική αξία στη χρήση της επιχειρηματικής ευφυΐας είναι η διαθεσιμότητα ενός μεγάλου όγκου δεδομένων. Οι επιχειρήσεις έχουν πρόσβαση σε ένα τεράστιο όγκο δεδομένων, που προέρχονται είτε από το εσωτερικό τους περιβάλλον, όπως των πληροφοριακών συστημάτων που έχουν (ERP, CRM, SCM), είτε από το εξωτερικό περιβάλλον, όπως για παράδειγμα των μέσων κοινωνικής δικτύωσης και της ελεύθερης πληροφορίας που είναι διαθέσιμη στο διαδίκτυο. Τα συστήματα επιχειρηματικής ευφυΐας έχουν τη δυνατότητα να συλλέγουν και να αναλύουν αυτά τα δεδομένα για να προσφέρουν χρήσιμη πληροφορία στις επιχειρήσεις (Κατσίκας, 2013).

Τέλος η ανάπτυξη των νέων τεχνολογιών του Industry 4.0 αποτέλεσε σημαντικός παράγοντας που πρόσφερε αξία στην επιχειρηματική ευφυΐα, καθώς ανακαλύφθηκαν νέες μέθοδοι επεξεργασίας των δεδομένων. Τα δεδομένα σήμερα επεξεργάζονται γρηγορότερα και προσφέρουν στοχευμένη και χρήσιμη πληροφορία στις επιχειρήσεις. Με την σωστή εκμετάλλευση των συστημάτων την επιχειρηματικής ευφυΐας από τις επιχειρήσεις, η αποδοτικότητα τους μπορεί να αυξηθεί σημαντικά (Κατσίκας, 2013). Τα συστήματα επιχειρηματικής ευφυΐας σε συνδυασμό με τα βασικά στοιχεία του Industry 4.0 κάνουν τις επιχειρήσεις πιο αποδοτικές. Τα δεδομένα που παράγονται από την προσθετική κατασκευή και την επαυξημένη πραγματικότητα απαιτούνται για την επεξεργασία από τα συστήματα επιχειρηματικής ευφυΐας και τη λήψη αποφάσεων. Επιπλέον τα συστήματα που βασίζονται στο cloud προσφέρουν μειωμένο κόστος συντήρησης και αναβάθμισης του εξοπλισμού. Επιπλέον οι εργαζόμενοι σε μια επιχείρηση μπορούν να έχουν πρόσβαση στα αρχεία τους οποιαδήποτε στιγμή και από οποιαδήποτε τοποθεσία και με οποιαδήποτε συσκευή (π.χ. κινητό).

Τα οφέλη που προσφέρουν τα συστήματα επιχειρηματικής ευφυΐας συνοψίζονται στο Γράφημα 4.1:



Γράφημα 4.1: Οφέλη Συστημάτων Επιχειρηματικής Ευφυΐας (Ahmad, S. t al.,2021)

4.7 Οι Περιορισμοί της Επιχειρηματικής Ευφυΐας

Τα συστήματα της Επιχειρηματικής Ευφυΐας είναι ιδιαίτερα περίπλοκα. Καθώς τα διαχειρίζονται άνθρωποι, είναι πιθανό να γίνουν λάθη λόγω έλλειψης τεχνογνωσίας, δυσκολίας ή κάποιας απροσεξίας. Απαιτείται ένα διάστημα εξοικείωσης με τη χρήση τους αλλά ποτέ η πιθανότητα σφάλματος δεν είναι μηδενική (Κατσίκας, 2013).

Ένας ακόμη περιορισμός που έρχονται αντιμέτωπα τα συστήματα της Επιχειρηματικής Ευφυΐας είναι η εξάρτηση τους από την ποιότητα των δεδομένων που έχουν στη διάθεσή τους. Τα δεδομένα συλλέγονται από διάφορες πηγές και είναι ακατέργαστα, ανομοιογενή, ελλιπή, ή λανθασμένα, κάτι που σημαίνει πως χρειάζεται να φιλτραριστούν. Είναι πιθανό λοιπόν το σύστημα να τροφοδοτηθεί με προβληματικά δεδομένα εάν δεν φιλτραριστούν σωστά με αποτέλεσμα να επηρεάσουν αρνητικά την αποδοτικότητα του συστήματος. Οι πληροφορίες που θα παραχθούν δηλαδή θα είναι εσφαλμένες (Κατσίκας, 2013).

Ένα από τα σημαντικότερα μειονεκτήματα των συστημάτων της Επιχειρηματικής Ευφυΐας είναι το υψηλό κόστος τους. Οι επιχειρήσεις θα πρέπει να καταβάλλουν σημαντικά ποσά για να προμηθευτούν τον κατάλληλο εξοπλισμό και στη συνέχεια για να τον συντηρήσουν. Πολλές φορές μάλιστα χρειάζεται παραμετροποίηση του λογισμικού στις ανάγκες και τα δεδομένα της επιχείρησης. Λόγω της δυσκολίας των συστημάτων αυτών οι επιχειρήσεις θα πρέπει να εκπαιδεύσουν το προσωπικό τους ή ακόμη και να προσλάβουν εξειδικευμένο προσωπικό ώστε να είναι ικανό να

διαχειρίζεται σωστά το σύστημα. Ακόμη ένα κόστος λοιπόν προστίθεται στα προαναφερθέντα (Κατσίκας, 2013).

Ένας επιπλέον περιορισμός είναι πως η τεχνολογία της επιχείρησης θα πρέπει να εξασφαλίζει την έγκαιρη και ασφαλή αποστολή δεδομένων στο σύστημα. Πολλές φορές δημιουργούνται προβλήματα με την ακεραιότητα και την ασφάλεια των συστημάτων που χρησιμοποιεί η επιχείρηση, λόγω της ανάγκης για τη χρήση τους από πολλά άτομα (Κατσίκας, 2013).

Ένας ακόμη περιορισμός έχει να κάνει με την τελική ερμηνεία της πληροφορίας που προκύπτει από το σύστημα. Τα στελέχη θα πρέπει να λαμβάνουν υπόψιν ότι δεν μπορούν να στηρίζονται αποκλειστικά στα αποτελέσματα του συστήματος και να επαναπαύονται, καθώς κρίνεται απαραίτητη η ανθρώπινη κρίση, η οποία διαφέρει από άνθρωπο σε άνθρωπο, ακόμη και στην Επιχειρηματική Ευφυΐα. Σκοπός των συστημάτων δεν είναι η αντικατάσταση του ανθρώπου, αλλά η καθοδήγησή του στο να λαμβάνει τις βέλτιστες αποφάσεις (Κατσίκας, 2013).

Τέλος, ένα πολύ συχνό φαινόμενο είναι τα προβλήματα συνεννόησης και συνεργασίας μεταξύ των στελεχών της επιχείρησης και των ειδικών της πληροφορικής. Αυτό συμβαίνει διότι τα στελέχη της εταιρίας εστιάζουν σε επιχειρησιακά ζητήματα, ενώ οι ειδικοί της πληροφορικής σε τεχνικά (Κατσίκας, 2013).

4.8 Λογισμικά Επιχειρηματικής Ευφυΐας και Ενσωμάτωση με το Industry 4.0

Στα παραδοσιακά λογισμικά της Επιχειρηματικής Ευφυΐας, ο κύριος στόχος είναι η απάντηση στο "Τι συνέβη;" Τα σύγχρονα λογισμικά δίνουν απάντηση στο «Τι συμβαίνει, τι θα γίνει και γιατί;" που προσφέρει τη δυνατότητα παρακολούθησης και ανάλυσης χρησιμοποιώντας προγνωστική αναλυτική. Η παροχή λογισμικών Επιχειρηματικής Ευφυΐας με νέες δυνατότητες θα προσφέρουν σημαντικά οφέλη στη λειτουργία των επιχειρήσεων. Βασικός στόχος των λογισμικών είναι να ελαχιστοποιήσουν το χρόνο που απαιτείται για τη λήψη αποφάσεων και να μειώσουν την πολυπλοκότητα της όλης διαδικασίας. Τα στελέχη μιας επιχείρησης λαμβάνουν καλύτερες αποφάσεις, δεν βασίζονται σε εικασίες, υπάρχει πιο καλός συντονισμός και επικοινωνία μεταξύ των διαφόρων τμημάτων μιας επιχείρησης και βελτιώνεται η συνολική απόδοση της (Μαντζανάρης, 2016; Mokhena et al., 2016).

Τα σύγχρονα λογισμικά Επιχειρηματικής Ευφυΐας προσφέρουν νέες δυνατότητες όπως γραφική απεικόνιση της ροής των δεδομένων σε μια επιχείρηση, η ομαδοποίηση δεδομένων με κοινά χαρακτηριστικά ή η παρακολούθησή τους σε πραγματικό χρόνο για να εξάγονται χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με τα δεδομένα που συγκεντρώνονται σε καθημερινή βάση. Αυτές οι νέες δυνατότητες θα μπορούν να υποστηρίζονται από αλγορίθμους μηχανικής μάθησης, οι οποίοι θα είναι εγκατεστημένοι στα λογισμικά και θα μπορούν να εξάγουν συμπεράσματα μέσα από

μεγάλες βάσεις δεδομένων, χωρίς να απαιτείται η εκ νέου δημιουργία αλγορίθμων. (Μαντζανάρης, 2016).

Επιπλέον, τα λογισμικά της Επιχειρηματικής Ευφυΐας θα μπορούν να εγκατασταθούν και να αποθηκεύονται σε έναν εικονικό κόσμο, σε κάποιο cloud, όπως θα αναλυθεί στο Κεφ.5, καθώς η συνεχής αύξηση του όγκου των δεδομένων θα δημιουργήσει πολλούς περιορισμούς στα παραδοσιακά συστήματα της Επιχειρηματικής Ευφυΐας.

Τέλος, με την ανάπτυξη του Industry 4.0, τα λογισμικά της Επιχειρηματικής Ευφυΐας θα μπορούν να συνδεθούν με έξυπνες συσκευές μέσω της τεχνολογίας IoT. Με αυτό τον τρόπο, τα στελέχη των επιχειρήσεων θα μπορούν να λαμβάνουν καλύτερες αποφάσεις, καθώς θα βελτιωθούν οι διαδικασίες και θα ικανοποιούνται καλύτερα οι απαιτήσεις των πελάτες. Για παράδειγμα, θα μπορούν οι κινητές συσκευές να είναι συνδεδεμένες με το λογισμικό κι έτσι θα αποστέλλεται ανά πάσα στιγμή η απόδοση της παραγωγής μιας βιομηχανίας με αποτέλεσμα να γίνεται καλύτερη διαχείριση της παραγωγικής διαδικασίας. (Mokhena et al., 2016)

4.9 Στατιστικά στοιχεία για την Επιχειρηματική Ευφυΐα

Οι δυνατότητες επιχειρηματικής ευφυΐας διευρύνουν τις δυνατότητες για τον τρόπο με τον οποίο οι επιχειρήσεις διαχειρίζονται τις δραστηριότητές τους και διασφαλίζουν την εξέλιξή τους. Οι επιχειρήσεις σήμερα έχουν πρόσβαση σε άπειρα δεδομένα που δεν ήταν άμεσα διαθέσιμα πριν. Η τεχνολογία έχει συμβάλει σημαντικά στη μετατροπή των δεδομένων σε πληροφορίες που μπορούν να χρησιμοποιήσουν οι εταιρίες για να λαμβάνουν τις κατάλληλες αποφάσεις σε πραγματικές επιχειρησιακές καταστάσεις. Σε αυτή την παράγραφο, παρουσιάζονται κάποια στατιστικά στοιχεία σχετικά με τις τάσεις της Επιχειρηματικής Ευφυΐας.⁵

- Μέχρι το 2023, πάνω από το 33% των μεγάλων επιχειρήσεων θα εφαρμόζουν συστήματα της Επιχειρηματικής Ευφυΐας για την λήψη αποφάσεων (Anthony, 2022).
- Οι περισσότερες επιχειρήσεις υιοθέτησαν την επιχειρηματική ευφυΐα το 2020.
- Η ανάλυση δεδομένων κάνει τη λήψη αποφάσεων 5 φορές πιο γρήγορη για τις επιχειρήσεις (Anthony, 2022).
- Περισσότερο από το 46% των επιχειρήσεων χρησιμοποιούν ήδη τουλάχιστον ένα εργαλείο Επιχειρηματικής Ευφυΐας ως βασικό κομμάτι της επιχειρηματικής τους στρατηγικής (Anthony, 2022).

⁵ 51 Essential Business Intelligence Statistics: 2021/2022 Analysis of Trends, Data and Market Share - [Financesonline.Com](https://www.financeonline.com)

- Η ζήτηση για εργασίες επιστήμης δεδομένων και μηχανικής μάθησης θα αυξηθεί κατά 38% και 37% την επόμενη δεκαετία, αντίστοιχα (Anthony, 2022).
- Τα χρηματοοικονομικά (67%), οι πωλήσεις (61%) και το μάρκετινγκ (60%) είναι οι τομείς που επωφελούνται περισσότερο από την Επιχειρηματική Ευφυΐα (Jacquelyn, 2021).
- Το 90% των ομάδων πωλήσεων και μάρκετινγκ αναφέρουν πως τα συστήματα της Επιχειρηματικής Ευφυΐας είναι κρίσιμα για την αποτελεσματική λειτουργία της δουλειάς τους (Jacquelyn, 2021).
- Το 85% των στελεχών των επιχειρήσεων συμφωνεί ότι τα μεγάλα δεδομένα θα αλλάξουν σημαντικά τον τρόπο με τον οποίο δραστηριοποιούνται (Jacquelyn, 2021).
- Τα πιο δύσκολα ζητήματα για την επιχειρηματική ευφυΐα είναι ο συνδυασμός δεδομένων από ετερογενείς πηγές (20%) και η ασφάλεια των δεδομένων (14%) (Jacquelyn, 2021).
- Από το 2020, ο αριθμός των εταιριών που θεωρούν τη διαχείριση δεδομένων ως επιχειρηματικό περιουσιακό στοιχείο ανέρχεται σε 50% από 46,9% το 2019 (Jacquelyn, 2021).
- Το 56% των οργανισμών που χρησιμοποίησαν αναλυτικά στοιχεία το 2020 ανέφεραν πως η λήψη αποφάσεων ήταν ταχύτερη και πιο αποτελεσματική. (Jacquelyn, 2021).

Κεφάλαιο 5: Μεγάλα Δεδομένα

5.1 Εισαγωγή

Οι επιχειρήσεις στην σημερινή εποχή του Industry 4.0 τείνουν όλο και περισσότερο να ενσωματώσουν ψηφιακές τεχνολογίες, όπως το IoT, το RFID, την ρομποτική, την επαυξημένη πραγματικότητα, το cloud κ.α. Παρά τις επενδύσεις σε αυτές τις τεχνολογίες, οι επιχειρήσεις δεν είναι σε θέση να τις αξιοποιήσουν αποτελεσματικά. Το υψηλό επίπεδο του αυτοματισμού, της συνδεσιμότητας και της ψηφιοποίησης στο Industry 4.0 παράγει έναν μεγάλο όγκο δεδομένων, αδόμητων και δεδομένων και είναι αδύνατο να αποκτήσουν πραγματική αξία χωρίς την μετατροπή τους σε χρήσιμη πληροφορία. Είναι απαραίτητο για τις επιχειρήσεις να αναλύουν αυτά τα δεδομένα για τις βασικές τους δραστηριότητες, όπως για τον σχεδιασμό της παραγωγής, την πρόβλεψη της ζήτησης και των πωλήσεων, την διαχείριση των αποθεμάτων κ.α. Τα συστήματα επιχειρηματικής ευφυΐας προσφέρουν την δυνατότητα της ενοποίησης δομημένων δεδομένων για την λήψη ορθών επιχειρηματικών αποφάσεων και την υλοποίηση των στόχων τους (Ahmad et al., 2020). Επίσης, ο τομέας της επιχειρηματικής αναλυτικής προϋποθέτει αυτόν των Μεγάλων Δεδομένων. Περιλαμβάνει χρήσιμες μεθόδους υποστήριξης αποφάσεων και επεξεργασίας δεδομένων, όπως πρόβλεψη, στατιστική ανάλυση κ.α. Στόχος είναι η εξαγωγή χρήσιμης γνώσης από ιστορικά δεδομένα. Ως εκ τούτου, είναι σημαντικό για τους οργανισμούς με τεράστια επιχειρησιακά δεδομένα να διαθέτουν τεχνικές ανάλυσης για την αποκάλυψη κρυφών μοτίβων και άγνωστων συσχετίσεων μεταξύ των δεδομένων ή άλλων πραγμάτων όπως οι τάσεις της αγοράς, οι προτιμήσεις των πελατών και άλλες πληροφορίες που είναι χρήσιμες για την επιχείρηση (Silva et al., 2021)

Κατ' αυτό τον τρόπο η επιχειρηματική ευφυΐα και η αναλυτική συνδυάζονται με την επιστήμη των δεδομένων, η ποσότητα των οποίων αυξάνεται εκθετικά. Έτσι λοιπόν, δημιουργήθηκε ο όρος Μεγάλα Δεδομένα (Big Data), ο οποίος πρωτοεμφανίστηκε την δεκαετία του 2010 και χαρακτηρίστηκε ως ένα από τα βασικότερα στοιχεία του Industry 4.0. Τα Μεγάλα Δεδομένα χαρακτηρίζουν οποιαδήποτε μορφή δεδομένων, που παράγεται σε διαρκή βάση από διάφορα συστήματα π.χ. αισθητήρες, δορυφόρους κλπ. (Ρεντούμης, 2018).

Σαν ορισμός λοιπόν των Μεγάλων Δεδομένων μπορεί να θεωρηθεί μια αφηρημένη έννοια, που αναφέρεται στην εξέλιξη και τη χρήση τεχνολογιών αιχμής που περιβάλλουν το Industry 4.0 και που παρέχουν στους χρήστες τις απαραίτητες πληροφορίες. Τα δεδομένα δηλαδή από μόνα τους δεν έχουν κάποια αξία. Η επεξεργασία και η σύνθεσή τους ωστόσο μπορεί να προσφέρει σημαντικά οφέλη τόσο στις επιχειρήσεις, όσο και σε ολόκληρη την κοινωνία, καθώς η πληροφορία που προκύπτει μέσα από την επεξεργασία τους μπορεί να μας μεταδώσει κάποια γνώση (Ρεντούμης, 2018).



Από αυτό τον τεράστιο όγκο δεδομένων λοιπόν, η ικανότητα ανάλυσης τους και η εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων φέρνει στη νέα εποχή αύξησης της παραγωγικότητας και της καινοτομίας και μπορεί να αποτελέσει ανταγωνιστικό πλεονέκτημα σε επιχειρήσεις που εφαρμόζουν τέτοιες αναλύσεις παγκοσμίως. Οι εφαρμογές των Μεγάλων Δεδομένων βρίσκονται σε πλήρη ισχύ σήμερα. Πιο συγκεκριμένα, μέσα από την χρήση κατάλληλων εργαλείων, ο άνθρωπος βρίσκεται πλέον σε θέση να “επικοινωνήσει” με περισσότερα πράγματα, καθώς έχει την δυνατότητα να επεξεργάζεται και να αποθηκεύει μεγαλύτερο όγκο δεδομένων. Οι άνθρωποι και οι πληροφορίες δηλαδή μπορούν να βρίσκονται σε πλήρη και συνεχή διασύνδεση (interconnection) και αλληλεπίδραση (interaction). Με βάση την παραπάνω παρατήρηση, διαπιστώνουμε την σημασία των Μεγάλων Δεδομένων σήμερα στις παγκόσμιες εφαρμογές και δράσεις (Βαμβακούσης & Θεοχάρη, 2019) και στον τρόπο που το Industry 4.0 βασίζεται στην επιστήμη των Μεγάλων Δεδομένων.

Συμπερασματικά Μεγάλα Δεδομένα είναι ο όρος για μια συλλογή συνόλων δεδομένων τόσο μεγάλη και περίπλοκη που είναι δύσκολο να επεξεργαστεί με χρήση παραδοσιακών εργαλείων διαχείρισης βάσεων δεδομένων ή άλλων εφαρμογών επεξεργασίας δεδομένων. Οι προκλήσεις που θα πρέπει να αντιμετωπιστούν περιλαμβάνουν τους τομείς της συγκέντρωσης, της επεξεργασίας, της αποθήκευσης, της αναζήτησης, της μεταφοράς, της ανάλυσης και της οπτικοποίησης των δεδομένων (Βαμβακούσης & Θεοχάρη, 2019).

5.2 Βασικά Χαρακτηριστικά των Μεγάλων Δεδομένων

Τα Μεγάλα Δεδομένα συνήθως χαρακτηρίζονται από ένα σύνολο V, που χρησιμοποιούν λέξεις που ξεκινούν με v. Το 2001 ορίστηκαν για πρώτη φορά τα τρία V: τον όγκο, την ποικιλία και την ταχύτητα (volume, variety, veracity) Σήμερα συνήθως χρησιμοποιούνται 7 V για να περιγράψουν ολοκληρωτικά τα Μεγάλα Δεδομένα και είναι τα εξής (Βαμβακούσης & Θεοχάρη, 2019):

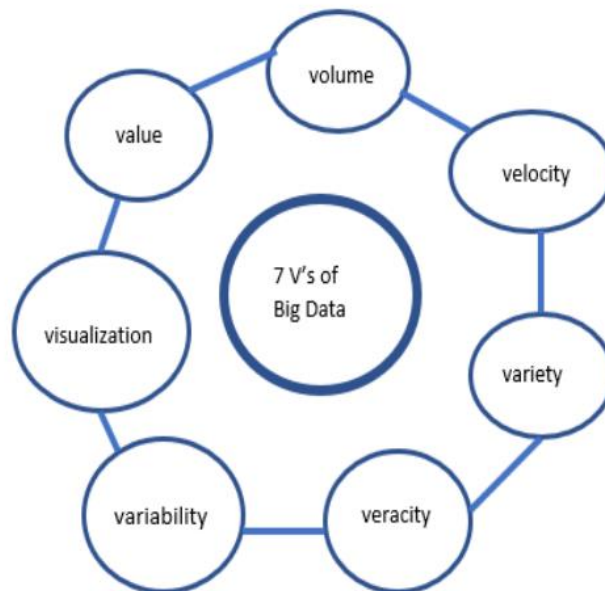
- **Volume:** Είναι ο όγκος των δεδομένων, οι τεράστιες ποσότητες δεδομένων που παράγονται κάθε δευτερόλεπτο. Δεν μιλάμε για Terabytes, αλλά για Zettabytes ή Brontobytes. Για παράδειγμα, το 2021 δημιουργήθηκαν 79 Zettabytes δεδομένων και μέχρι το 2025 προβλέπεται πως θα έχουν δημιουργηθεί 180 zettabytes. Επιπλέον, το έτος 2020 κάθε χρήστης του Διαδικτύου δημιουργούσε 1,7 Mb δεδομένων ανά δευτερόλεπτο.
- **Variety:** Είναι η ποικιλία των δεδομένων. Τα Μεγάλα Δεδομένα μπορούν να είναι διαφόρων τύπων – δομημένα, ημι-δομημένα και μη δομημένα (όπως θα

αναλυθεί παρακάτω) τα οποία υποβάλλονται σε επεξεργασία. Στον σημερινό κόσμο, τα δεδομένα που παράγονται σε τεράστιες ποσότητες είναι αδόμητα, όπως αρχεία ήχου, βίντεο ή εικόνες.

- Velocity: Η ταχύτητα εδώ αναφέρεται στο πόσο γρήγορα μπορεί να γίνει επεξεργασία και πρόσβαση στα δεδομένα. Για παράδειγμα, οι αναρτήσεις στα μέσα κοινωνικής δικτύωσης, τα βίντεο YouTube, οι εικόνες που ανεβαίνουν κάθε δευτερόλεπτο θα πρέπει να είναι προσβάσιμες όσο το δυνατόν νωρίτερα.
- Variability: Η μεταβλητότητα αναφέρεται στα δεδομένα που αλλάζουν συνεχώς. Εστιάζει κυρίως στην κατανόηση και την ερμηνεία των δεδομένων. Δίνει στους χρήστες την δυνατότητα να περιγράψουν πόσο ποικίλλουν τα σύνολα δεδομένων, δηλαδή τον αριθμό της ασυνέπειας τους και τους επιτρέπει να χρησιμοποιούν στατιστικά στοιχεία για να συγκρίνουν τα δεδομένα τους με άλλα σύνολα δεδομένων.
- Veracity: Αναφέρεται στην αξιοπιστία των δεδομένων. Τα δεδομένα έχουν πολλές μορφές και για αυτό τον λόγο η ποιότητα και η ακρίβεια είναι λιγότερο ελεγχόμενες. Σε μια ανάρτηση στο Διαδίκτυο συντομογραφίες ή τυπογραφικά λάθη αποτελούν παράδειγμα αναξιопιστίας των δεδομένων.
- Visualization: Αναφέρεται στον τρόπο με τον οποίο μπορούν να παρουσιαστούν τα δεδομένα στη διαχείριση για να γίνει λήψη αποφάσεων. Τα δεδομένα μπορούν να παρουσιαστούν σε πολλές μορφές όπως σε αρχεία excel, γραφήματα κλπ. Ανεξάρτητα από τη μορφή, τα δεδομένα πρέπει να είναι εύκολα αναγνώσιμα, κατανοητά και προσβάσιμα, και γι' αυτό η οπτικοποίηση δεδομένων είναι σημαντική.
- Value: Αναφέρεται σε μεθόδους υπολογισμού της αξίας των δεδομένων που συλλέγονται, αποθηκεύονται, αναλύονται και διακινούνται από οργανισμούς.

Acronym	Description	Size
(B)	Byte	= 8 bits
(KB)	Kilobyte	= 1,000 bits
(MB)	Megabyte	= 1,000,000 bits
(GB)	Gigabyte	= 1,000,000,000 bits
(TB)	Terabyte	= 1,000,000,000,000 bits
(PB)	Petabyte	= 1,000,000,000,000,000 bits
(EB)	Exabyte	= 1,000,000,000,000,000,000 bits
(ZB)	Zettabyte	= 1,000,000,000,000,000,000,000 bits
(YB)	Yottabyte	= 1,000,000,000,000,000,000,000,000 bits

Εικόνα 5.1: Μονάδες μέτρησης δεδομένων (Lindell, 2017)



Εικόνα 5.2: Τα 7 V's των Big Data (Tyagi & G, 2019)

5.3 Κατηγορίες Δεδομένων

Τα Μεγάλα Δεδομένα μπορεί να δημιουργούνται είτε από την μηχανή, είτε από τον άνθρωπο. Αυτά που παράγονται από τον άνθρωπο (human-generated data) είναι αποτέλεσμα αλληλεπιδράσεων ανθρώπων με μηχανές. Για παράδειγμα τα ηλεκτρονικά ταχυδρομεία, τα έγγραφα, οι δημοσιεύσεις στα μέσα κοινωνικής δικτύωσης είναι μερικά από τα δεδομένα που δημιουργούνται από τον άνθρωπο. Αυτά που παράγονται από τη μηχανή (machine generated data) δημιουργούνται από εφαρμογές υπολογιστών ή άλλους μηχανισμούς, χωρίς να παρεμβαίνει ο άνθρωπος. Τα δεδομένα από αισθητήρες, συστήματα πρόγνωσης καιρού και τα δεδομένα που παράγονται από δορυφόρους είναι κάποια παραδείγματα δεδομένων που

δημιουργούνται από τη μηχανή. Τα δεδομένα που παράγονται από μηχανή όπως κι αυτά που παράγονται από τον άνθρωπο διακρίνονται στις εξής κατηγορίες: 1) δομημένα, 2) ημι-δομημένα, 3) μη δομημένα (Λαδάς & Μαυρούλιας, 2021).

Τα δομημένα δεδομένα είναι τα δεδομένα, τα οποία είναι οργανωμένα και μορφοποιημένα σε μια βάση δεδομένων. Όσο πιο δομημένα είναι τα δεδομένα, τόσο πιο εύκολη είναι η επεξεργασία τους. Μερικά παραδείγματα δομημένων δεδομένων είναι οι λίστες ονομάτων, τηλεφωνικών αριθμών, ιστορικού αγορών κλπ. Η ευκολία της επεξεργασίας τους, όπως και η ευκολία συγκέντρωσης και ανάλυσης τους, αποτελούν τα κύρια πλεονεκτήματα αυτών των δεδομένων. Συγκεκριμένα, από την ανάλυση δομημένων δεδομένων μπορούν να εξάγονται χρήσιμα συμπεράσματα και δεδομένα για τις εταιρίες, οι οποίες θα μπορούν να τα χρησιμοποιήσουν για να βελτιστοποιήσουν και να αυτοματοποιήσουν υπάρχουσες διαδικασίες. (Λαδάς & Μαυρούλιας, 2021)

Τα μη δομημένα δεδομένα μπορούν να θεωρηθούν πληροφορίες που δεν έχουν προκαθορισμένη μορφή, ούτε οργανωμένο μοντέλο αποθήκευσης δεδομένων κάτι που καθιστά δύσκολη την αποθήκευση και την επεξεργασία σε μια βάση δεδομένων. Η πλειονότητα των νέων δεδομένων που παράγονται σήμερα δεν είναι δομημένα και καθιστούν την αποθήκευσή τους μια χρονοβόρα υπόθεση. Αυτό προκάλεσε την δημιουργία νέων πλατφορμών όπως για παράδειγμα οι Hadoop και QlikView και εργαλείων που είναι πλέον σε θέση να τα διαχειρίζονται, με αποτέλεσμα οι οργανισμοί να μπορούν να τα εκμεταλλεύονται πιο εύκολα. Παραδείγματα μη δομημένων δεδομένων είναι αρχεία κειμένου, έγγραφα, εικόνες, βίντεο, δεδομένα αισθητήρων κλπ. (Λαδάς & Μαυρούλιας, 2021)

Τα ημι-δομημένα δεδομένα δεν καταγράφονται ή δεν μορφοποιούνται με συμβατικούς τρόπους. Δεν ακολουθούν μια συγκεκριμένη μορφή, ωστόσο δεν είναι εντελώς ακατέργαστα ή αδόμητα και περιέχουν ορισμένα δομικά στοιχεία, όπως ετικέτες και μεταδεδομένα οργάνωσης που διευκολύνουν την ανάλυση. Τα πλεονεκτήματα των ημι-δομημένων είναι ότι είναι πιο ευέλικτα και πιο εύκολα στο να οργανωθούν και να αναλυθούν (Λαδάς & Μαυρούλιας, 2021).

5.4 Επιστήμη Δεδομένων

5.4.1 Μηχανική Μάθηση στα Μεγάλα Δεδομένα

Ο τεράστιος αυτός όγκος των ακατέργαστων δεδομένων έχει περιορισμένη αξία αν δεν υποβληθούν στην κατάλληλη επεξεργασία και ανάλυση. Με τον όρο ανάλυση των Μεγάλων Δεδομένων αναφερόμαστε κυρίως στις μεθόδους που χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία τους. Περιλαμβάνεται η αρχιτεκτονική που χρησιμοποιείται για τον κύκλο ζωής τους, καθώς και το λογισμικό που απαιτείται σε κάθε στάδιο του κύκλου ζωής. Κατά την ανάλυση Μεγάλων Δεδομένων αξιοποιούνται διαφορετικές τεχνικές και εργαλεία που μπορούν να προσφέρουν χρήσιμες πληροφορίες στις επιχειρήσεις. Ένας από τους σημαντικότερους τομείς που

βασίζεται στην επιστήμη των δεδομένων είναι η Μηχανική Μάθηση (βλέπε Κεφ. 3). Η επιστήμη της Ανάλυσης Δεδομένων απαιτεί αποκλειστική προσέγγιση. Στα πλαίσια αυτής της εργασίας θα αναλυθούν συνοπτικά τα μοντέλα και η διαδικασία ανάλυσης δεδομένων, ώστε να καταφέρει ο αναγνώστης να κατανοήσει την βασική ιδέα του αντικειμένου.

5.4.2 Ανάλυση Μεγάλων Δεδομένων

Στην κλασική ανάλυση δεδομένων εφαρμόζονται μέθοδοι στατιστικής και μηχανικής μάθησης, οι οποίες χωρίζονται σε δύο γενικές κατηγορίες:

1. *Προβλεπτικό μοντέλο ή μοντέλο εποπτευόμενης μάθησης*, κατά το οποίο γίνεται ανάλυση μεγάλων ποσοτήτων δεδομένων από γνωστά δείγματα για την εξαγωγή κάποιου ενδιαφέροντος προτύπου (ετικέτες εξόδου) που ήταν άγνωστα μέχρι εκείνη τη στιγμή (Βαμβακούσης & Θεοχάρη, 2019).
2. *Περιγραφικό μοντέλο ή μη εποπτευόμενης μάθησης*, το οποίο επικεντρώνεται στην ανίχνευση προτύπων από ένα σύνολο δεδομένων (ετικέτες εισόδου) υπό μορφή παρατηρήσεων χωρίς να είναι γνωστές οι ετικέτες εξόδου (Γεωργούλη, 2015). Εστιάζουν στην διαδικασία που παράγονται τα δεδομένα και στον τρόπο που σχετίζονται αυτά μεταξύ τους και στοχεύουν στην ερμηνεία τους. Με άλλα λόγια, τα περιγραφικά μοντέλα περιγράφουν τις γενικές ιδιότητες υπαρχόντων διαθέσιμων δεδομένων (Βαμβακούσης & Θεοχάρη, 2019; Stein, 2022).

Στα προβλεπτικά μοντέλα ανήκουν οι παρακάτω μέθοδοι:

- **Κατηγοριοποίηση (Classification):** Χαρακτηρίζεται από ένα προκαθορισμένο σύνολο κατηγοριών, όπου γίνεται η αντιστοίχιση των δεδομένων. Πιο συγκεκριμένα, είναι η διαδικασία εκμάθησης μιας συνάρτησης στόχου (target function) που απεικονίζει ένα αντικείμενο σε μια τιμή από της προκαθορισμένες κατηγορίες. Οι κατηγορίες σε αυτή την περίπτωση μπορεί να πάρουν διακριτές τιμές. Στόχος αυτής της μεθόδου είναι αφενός η εκμάθηση μέσα από την μηχανική μάθηση και την τεχνητή νοημοσύνη και αφετέρου η κατηγοριοποίηση. Δημιουργείται ένας μηχανισμός υπολογισμού της κατηγορίας του κάθε αντικειμένου σύμφωνα με τα υπόλοιπα γνωρίσματα του. Αφού δημιουργηθεί το μοντέλο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο μέλλον για να κάνει πρόβλεψη των γνωρισμάτων των μελλοντικών αντικειμένων ώστε να κατηγοριοποιηθούν της προκαθορισμένες ομάδες. Κάποια χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι η πρόβλεψη καρκινικών κυττάρων κατατάσσοντάς τα ως καλοήγη ή κακοήγη και οι αιτήσεις για χορήγηση τραπεζικού δανείου, οι οποίες θα εγκριθούν ή θα απορριφθούν ανάλογα με τα στοιχεία του κάθε πελάτη, όπως η ηλικία και ο μισθός (Βαμβακούσης & Θεοχάρη, 2019).
- **Παλινδρόμηση ή Παρεμβολή (Regression):** Πρόκειται για μια διαδικασία παρόμοια με την κατηγοριοποίηση. Στόχος της είναι η εκμάθηση μιας

συνάρτησης, η οποία απεικονίζει ένα αντικείμενο σε μία πραγματική μεταβλητή. Με βάση κάποιες ανεξάρτητες μεταβλητές, γίνεται πρόβλεψη των τιμών μιας εξαρτημένης μεταβλητής. Η συγκεκριμένη μέθοδος προϋποθέτει ότι τα γνωστά δεδομένα προσαρμόζονται σε ήδη γνωστές συναρτήσεις, όπως γραμμική, εκθετική κλπ. Και προσδιορίζει τη συνάρτηση που μοντελοποιεί καλύτερα τα δεδομένα που έχουν συλλεχθεί (Βαμβακούσης & Θεοχάρη, 2019).

- **Ανάλυση χρονοσειρών (Time series analysis):** Σε αυτή την μέθοδο γίνεται μελέτη της μεταβολής κάποιων μεταβλητών κατά την διάρκεια της διαστήματος που εμφανίζει μια περιοδικότητα. Υπάρχουν δηλαδή προκαθορισμένα σημεία μέσα στο χρονικό διάστημα που μελετάται, τα οποία ισαπέχουν μεταξύ της. Κατά την μέθοδο αυτή χρησιμοποιούνται ειδικά γραφήματα που απεικονίζουν της χρονολογικές σειρές, τα λεγόμενα χρονοδιαγράμματα. Υπάρχουν τρεις τρόποι ανάλυσης χρονολογικών σειρών: Ο πρώτος αφορά τη χρήση μονάδων μέτρησης αποστάσεων, ο δεύτερος ελέγχει τη δομή της χρονοσειράς ώστε να γίνει κατάλληλη κατηγοριοποίηση και ο τρίτος αφορά διαγράμματα χρονοσειρών για να προβλέψει μελλοντικές τιμές (Βαμβακούσης & Θεοχάρη, 2019).
- **Πρόβλεψη (Prediction):** Η συγκεκριμένη μέθοδος μπορεί να θεωρηθεί ως ένα είδος κατηγοριοποίησης. Ειδικότερα, χρησιμοποιούνται διάφορες τεχνικές για να προβλεφθούν μελλοντικές τιμές, της η ανάλυση χρονοσειρών ή παλινδρόμηση. Μπορούν ωστόσο να χρησιμοποιηθούν και της προσεγγίσεις για να γίνει πρόβλεψη. Κατά την παλινδρόμηση, της έχει αναφερθεί, γίνεται μοντελοποίηση της σχέσης μεταξύ μιας εξαρτημένης μεταβλητής και μιας ή περισσότερων ανεξάρτητων μεταβλητών. Όσον αφορά την ανάλυση χρονοσειρών, το πρόβλημα της πρόβλεψης είναι να προβλεφθεί τη χρονική στιγμή t μια τιμή $x(t)$, για ένα προβλεπόμενο χρόνο T , δεδομένου ότι οι προηγούμενες τιμές της χρονοσειράς είναι γνωστές (Βαμβακούσης & Θεοχάρη, 2019).

Στα περιγραφικά μοντέλα ανήκουν οι παρακάτω μέθοδοι:

- **Συσταδοποίηση (Clustering):** Είναι η διαδικασία διαμερισμού ενός συνόλου δεδομένων σε υποσύνολα (συστάδες). Η συσταδοποίηση ταξινομεί τα δεδομένα σε μη προκαθορισμένες ομάδες. Σε αντίθεση με την κατηγοριοποίηση, δεν υπάρχει κάποιο γνώρισμα στο οποίο καταγράφεται η κατηγορία των αντικειμένων. Σκοπός της μεθόδου είναι τα δεδομένα που βρίσκονται σε μια συστάδα να σχετίζονται μεταξύ τους περισσότερο σε σχέση με τα δεδομένα των υπολοίπων συστάδων. Μια μέθοδος συσταδοποίησης είναι καλής ποιότητας αν παράγει συστάδες με μεγάλη ομοιότητα εντός της συστάδας και μικρή ομοιότητα ανάμεσα στις συστάδες. Χαρακτηριστικά παραδείγματα συσταδοποίησης είναι ο επιμερισμός των πελατών σε ομοειδείς

ομάδες, ώστε να επιτευχθεί στοχευμένη διαφήμιση (η λεγόμενη τμηματοποίηση πελατών) , καθώς και χαρακτηριστικά ασθενειών ώστε να γίνεται πιο εύκολα η διάγνωσή τους (Βαμβακούσης & Θεοχάρη, 2019).

- **Σύνοψη (Summarization):** Η μέθοδος αυτή παρουσιάζει τα δεδομένα με περιγραφές και χαρακτηρισμούς των περιεχομένων τους, χωρίζοντάς τα σε υποσύνολα. Στη σύνοψη ταιριάζουν τα συστήματα OLAP, μια τεχνολογία που χρησιμοποιείται για την οργάνωση μεγάλων επιχειρηματικών βάσεων δεδομένων. Αυτό που γίνεται είναι να συγκεντρώνονται δεδομένα που μπορούν να υπολογιστούν σε μία ή περισσότερες διαστάσεις. Για παράδειγμα, όλα τα γραφεία πωλήσεων μεταφέρονται στο τμήμα πωλήσεων για να προβλέψουν τις τάσεις των πωλήσεων (Βαμβακούσης & Θεοχάρη, 2019).
- **Εύρεση Κανόνων Συσχέτισης (Association Rules):** Η συγκεκριμένη μέθοδος παρέχει έναν συνοπτικό τρόπο για να εκφραστούν οι ενδεχομένως χρήσιμες πληροφορίες που γίνονται εύκολα κατανοητές από τους τελικούς χρήστες. Οι πληροφορίες που εντοπίζονται παράγουν ενδιαφέρουσες συσχετίσεις και πρότυπα, μεταξύ των γνωρισμάτων των δεδομένων. Αυτές οι συσχετίσεις παρουσιάζονται στη μορφή $A \rightarrow B$, όπου τα A και B απαρτίζουν σύνολα που αναφέρονται στα χαρακτηριστικά του συνόλου δεδομένων που αναλύονται. Δεδομένου ενός συνόλου από δεδομένα, ένας κανόνας συσχέτισης $A \rightarrow B$, προβλέπει την εμφάνιση των χαρακτηριστικών του συνόλου B δεδομένης της εμφάνισης των χαρακτηριστικών του συνόλου A. Οι κανόνες συσχέτισης είναι πολύ χρήσιμοι για την ανάλυση του καταναλωτικού καλαθιού, την εύρεση δηλαδή προϊόντων που πωλούνται συχνά μαζί. Η πληροφορία αυτή μπορεί να είναι χρήσιμη για τη διαμόρφωση των ραφιών σε Super Market (Βαμβακούσης & Θεοχάρη, 2019).

5.4.3 Εξόρυξη Δεδομένων

Η Εξόρυξη Δεδομένων είναι η διαδικασία αναζήτησης χρήσιμης πληροφορίας ή προτύπων από βάσεις δεδομένων με χρήση των αρχών στατιστικής, τεχνητής νοημοσύνης και μηχανικής μάθησης. Οι επιχειρήσεις έχουν αντιληφθεί τον πλούτο των πληροφοριών που κρύβονται σε αυτές τις συλλογές δεδομένων. Η Εξόρυξη Δεδομένων υπόσχεται να μετατρέψει αυτά τα ακατέργαστα δεδομένα σε χρήσιμη πληροφορία, την οποία οι επιχειρήσεις μπορούν να χρησιμοποιήσουν για να αυξήσουν την κερδοφορία τους. Στόχος της Εξόρυξης Δεδομένων είναι η πληροφορία και τα πρότυπα που θα προκύψουν να είναι κατανοητά από τον άνθρωπο για να μπορεί να πάρει τις κατάλληλες αποφάσεις. Η ανακαλυφθείσα γνώση μπορεί να εφαρμοστεί αποτελεσματικά στη διαδικασία λήψης αποφάσεων από στελέχη μιας επιχείρησης, σε ελέγχους και αναλύσεις (Βαμβακούσης & Θεοχάρη, 2019).

Εξόρυξη δεδομένων χρησιμοποιεί αλγόριθμους μηχανικής μάθησης για να ανακρίνει μεγάλες βάσεις δεδομένων και να ανακαλύψει κρυμμένη γνώση στα

δεδομένα, ενώ πολλοί αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης χρησιμοποιούν δεδομένα μεθόδους εξόρυξης για την προεπεξεργασία των δεδομένων πριν από την εκμάθηση των επιθυμητών εργασιών

Ωστόσο, ο όρος Εξόρυξη Δεδομένων δεν είναι πλήρως αντιπροσωπευτικός, επειδή αυτό που συμβαίνει στην πραγματικότητα είναι η ανακάλυψη ενδιαφέρουσας γνώσης από μεγάλες ποσότητες δεδομένων. Πολλοί επίσης, είναι αυτοί που αντιμετωπίζουν την Εξόρυξη Δεδομένων ως συνώνυμο ενός άλλου ευρέως χρησιμοποιούμενου όρου, την «Ανακάλυψη Γνώσης από Δεδομένα». Για να γίνει σαφής η διαφορά μεταξύ των δύο όρων, ο όρος Ανακάλυψη Γνώσης από Δεδομένα χρησιμοποιείται για να δώσει έμφαση στη διαδικασία που ακολουθείται για τη ανακάλυψη της γνώσης από μια βάση δεδομένων, ενώ ο όρος Εξόρυξη Δεδομένων εστιάζει στις τεχνικές που εφαρμόζονται για την ανακάλυψη της γνώσης (Βαμβακούσης & Θεοχάρη, 2019).

5.4.4 Στάδια Ανακάλυψης Γνώσης

Τα στάδια που ακολουθούνται για να γίνει η ανάλυση δεδομένων και να ανακαλυφθεί κάποια γνώση περιγράφονται παρακάτω:

1) Ανάκτηση/Καταγραφή Δεδομένων

Το πρώτο βήμα για την ανάλυση των Μεγάλων Δεδομένων είναι να συλλεχθούν τα προς επεξεργασία δεδομένα. Σε πολλές περιπτώσεις είναι δύσκολο να αναγνωριστεί η «καθαρότητα» των δεδομένων. Είναι σημαντικό επίσης να συλλέγονται τα απαραίτητα και μόνο δεδομένα, ώστε να μπορούν να παράγονται τα ζητούμενα αποτελέσματα. Θα πρέπει να αποφεύγεται η επικάλυψη των δεδομένων που συγκεντρώνονται από διαφορετικές πηγές και να γίνεται σωστό «φιλτράρισμα» των δεδομένων, ώστε να μην αποθηκεύεται παραπάνω πληροφορία άσκοπα. Είναι επιθυμητό δηλαδή να μειώνεται στο ελάχιστο δυνατό ο όγκος των δεδομένων. Καθώς τα δεδομένα αυτά περνάνε από αρκετά στάδια έως ότου εξαχθούν τα τελικά αποτελέσματα, θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη πως αυτά τα δεδομένα δεν θα πρέπει να χάνονται κατά τη διάρκεια όλης της διαδικασίας (Λαδάς & Μαυρούλιας, 2021).

2) Καθάρισμα/Εξαγωγή

Σε αυτό το στάδιο έχει γίνει η συλλογή των δεδομένων και στη συνέχεια θα πρέπει να μορφοποιηθούν κατάλληλα. Τα δεδομένα μπορούν να είναι σε διάφορες μορφοποιήσεις, όπως εικόνα, κείμενο ήχος κ.α. Είναι σημαντικό να μετατραπούν κατάλληλα, έτσι ώστε να μπορούν να υφίσταται επεξεργασία για να παραχθούν χρήσιμες πληροφορίες. Σε αυτό το στάδιο γίνεται η αναγνώριση του «θορύβου», όπως σφάλματα ή ακραίες τιμές των αρχικών δεδομένων (Λαδάς & Μαυρούλιας, 2021).

3) Ομαδοποίηση δεδομένων/Σχεδίαση Βάσης Δεδομένων

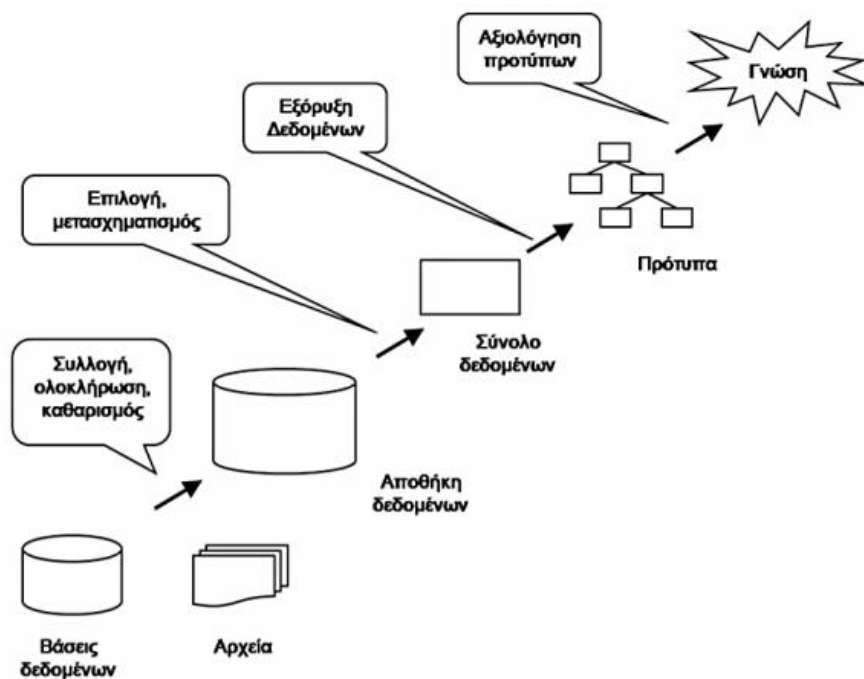
Είναι το τελευταίο στάδιο της προετοιμασίας πριν γίνει η ανάλυση. Τα δεδομένα που προέρχονται από διαφορετικές πηγές πρέπει να τροποποιηθούν με κατάλληλο τρόπο και στη συνέχεια να επιλεγεί η κατάλληλη βάση δεδομένων. Κάποια παραδείγματα προετοιμασίας είναι η ομοιόμορφη κωδικοποίηση της ποιοτικά ίδιας πληροφορίας, η μετατροπή συνεχόμενων αριθμητικών τιμών σε διακριτές κ.α. Απαραίτητο λοιπόν είναι να έχει προηγηθεί κάποια έρευνα για την εκλογή της σωστής βάσης δεδομένων (Λαδάς & Μαυρούλιας, 2021).

4) Ανάλυση

Σε αυτό το στάδιο απαιτείται υποδομή, η οποία θα υποστηρίζει εργαλεία στατιστικής ανάλυσης και εξόρυξης σημαντικής πληροφορίας από δεδομένα που είναι αποθηκευμένα σε διάφορα συστήματα. Γίνεται η επιλογή του αλγόριθμου που θα χρησιμοποιηθεί, για παράδειγμα αν θα είναι αλγόριθμος συσταδοποίησης, ταξινόμησης κ.ο.κ. Σε αυτό το στάδιο, κατά την εφαρμογή του αλγορίθμου πραγματοποιείται η ουσιαστική αναζήτηση της γνώσης από τα δεδομένα, αυτό που περιγράφεται με τον όρο εξόρυξη δεδομένων (Λαδάς & Μαυρούλιας, 2021)

5) Παρουσίαση Αποτελεσμάτων

Έπειτα από την ανάλυση ακολουθεί η ερμηνεία και αξιολόγηση των προτύπων που έχουν βρεθεί, πιθανώς με την βοήθεια γραφικών απεικονίσεων των προτύπων μια διαδικασία που δεν είναι εύκολη. Τα αποτελέσματα θα πρέπει να είναι κατανοητά και ξεκάθαρα προς τον χρήστη, καθώς θα πρέπει να εξηγούν πώς προέκυψαν και τι σημαίνουν, ώστε να λαμβάνεται ουσιώδης πληροφορία. (Λαδάς & Μαυρούλιας, 2021)



Εικόνα 3.1: Τα στάδια της Εξόρυξης Δεδομένων (Κύρκος, 2015)

5.5 Προβληματισμοί σχετικά με τα Μεγάλα Δεδομένα

Όπως σε κάθε επιστήμη, έτσι και στην ανάλυση των Μεγάλων Δεδομένων υπάρχουν ορισμένοι προβληματισμοί που αφορούν την αποδοτικότητα και 7 εγκυρότητα των μεθόδων που εφαρμόζονται. Ζούμε σε μια εποχή που δημιουργούνται συνεχώς νέα δεδομένα και η πολυπλοκότητα της επεξεργασίας τους αυξάνεται. Πριν την ανάλυση των δεδομένων λοιπόν απαιτείται η προεπεξεργασία τους, δηλαδή η προετοιμασία τους έτσι ώστε να μεταβούν στο επόμενο στάδιο της ανάλυσης. Αυτή η διαδικασία είναι απαραίτητη διότι: (Σούμπλης, 2021)

- Τα πραγματικά δεδομένα δεν είναι καθαρά, αφού μπορεί να είναι:
 - 1) Ελλιπή: οφείλονται στην έλλειψη κάποιων στοιχείων
 - 2) Θορυβώδη: περιέχουν σφάλματα ή ακραίες τιμές (outliers)
 - 3) Ασυνεπή: περιλαμβάνουν ασυνέπειες στους κωδικούς ή στα ονόματα.
- Δημιουργούνται μη ποιοτικά αποτελέσματα, λόγω των μη ποιοτικών δεδομένων. Οι ποιοτικές αποφάσεις βασίζονται σε ποιοτικά δεδομένα και απαιτούνται ποιοτικές βάσεις δεδομένων (Σούμπλης, 2021)
- Ένα μεγάλο μέρος του προβληματισμού έχει να κάνει με την εξόρυξη δεδομένων και την κοινωνία: τι αντίκτυπο θα έχει η εξόρυξη δεδομένων στην κοινωνία και με ποιον τρόπο θα μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα δεδομένα έτσι ώστε να χρησιμοποιούνται προς όφελος της κοινωνίας και να λαμβάνονται

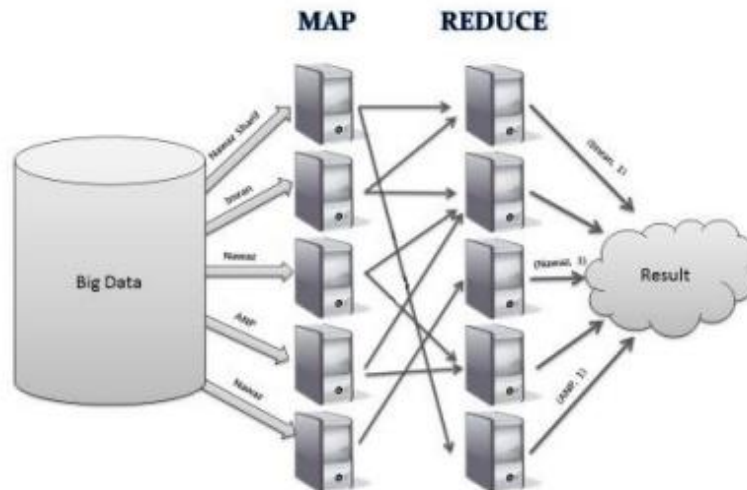
χρήσιμες πληροφορίες χωρίς να γίνεται κατάχρηση. Επιπλέον θέματα, όπως η ασφάλεια και προστασία προσωπικών δεδομένων απασχολούν σήμερα τους επιστήμονες (Σούμπλης, 2021).

5.6 Το λογισμικό Hadoop

Το Hadoop είναι ένα λογισμικό ανοιχτού κώδικα που επιτρέπει την κατανεμημένη επεξεργασία μεγάλων δεδομένων και αναπτύχθηκε το 2005. (Srinivas & Kumar, 2021). Προσφέρει την δυνατότητα σε επιχειρήσεις να αποθηκεύουν και να επεξεργάζονται αποδοτικά έναν μεγάλο όγκο δεδομένων. Κατανεμημένο υπολογιστικό σύστημα σημαίνει πως πολλοί πάροχοι προσφέρουν υπηρεσίες και οι διεργασίες δεν χρειάζεται να επιλύονται σε έναν κεντρικό κόμβο επεξεργασίας, αλλά μπορούν να διαμοιράζονται σε μικρότερες και στη συνέχεια να συνδυάζουν τα αποτελέσματα τους για να δώσουν μια λύση (Ξωνίκης, 2018).

Το Hadoop αποτελείται από δύο βασικά τμήματα:

- 1) **Hadoop Distributed File System (HDFS):** είναι ένα κατανεμημένο σύστημα που χρησιμοποιείται για την αποθήκευση αρχείων μεγάλων δεδομένων. Τα δεδομένα αυτά χωρίζονται σε συστάδες υπολογιστών (clusters) με βάση τα χαρακτηριστικά τους κι έπειτα το HDFS τα χωρίζει σε κομμάτια και τα διανέμει μεταξύ των διακομιστών που συμμετέχουν στη συστάδα. Κάθε διακομιστής αποθηκεύει ένα μικρό κομμάτι των δεδομένων, τα οποία αποθηκεύονται σε περισσότερους από έναν διακομιστές. (Ματσατσίνης, 2022). Τα δεδομένα αυτά μπορεί να είναι είτε δομημένα είτε μη δομημένα, καθώς το HDFS μπορεί να υποστηρίξει σχεδόν οποιαδήποτε μορφή. Σημαντικό προτέρημα του συστήματος είναι πως σε περίπτωση κάποιας βλάβης ή αποτυχίας λειτουργίας κάποιου κόμβου (διακομιστή) το κομμάτι που έχει διανεμηθεί στον συγκεκριμένο κόμβο μπορεί να ανακτηθεί λόγω της ύπαρξης αντιγράφων στους υπόλοιπους κόμβους (Ξωνίκης, 2018; Μαντζανάρης, 2016)
- 2) **Map/Reduce:** Είναι ένα μοντέλο προγραμματισμού που είναι υπεύθυνο για την επεξεργασία και την παραγωγή μεγάλου όγκου δεδομένων σε ένα δίκτυο υπολογιστών. Αποτελείται από δύο μεθόδους: (α) την Map και (β) την Reduce. Η μέθοδος Map αναλαμβάνει την επεξεργασία και το φιλτράρισμα των δεδομένων που βρίσκονται στους διακομιστές. Ο κάθε διακομιστής εκτελεί αναλύσεις στα δεδομένα που έχει και έπειτα η Reduce ενσωματώνει όλα τα αποτελέσματα και τα εξάγει (Hao & Ying, 2011).



Εικόνα 4.3 Η αρχιτεκτονική του Hadoop (Alam & Ahmed, 2014).

5.6.1 Το Οικοσύστημα του Hadoop

Το λογισμικό Hadoop διαθέτει κάποια πρόσθετα εργαλεία, τα οποία που μπορούν να παρέχουν πολλές δυνατότητες στους χρήστες και να κάνουν την διαδικασία ανάλυσης μεγάλων δεδομένων ευκολότερη. Κάποια από αυτά τα εργαλεία είναι τα εξής (Μαντζανάρης, 2016):

- **Hive:** Προσφέρει στους προγραμματιστές την δυνατότητα να κάνουν αναλύσεις δεδομένων με την βοήθεια της γλώσσας SQL, την πιο διαδεδομένη γλώσσα διαχείρισης σχεσιακών βάσεων δεδομένων.
- **Pig:** Είναι ένα εργαλείο όπως και το Hive για την ανάλυση μεγάλων βάσεων δεδομένων. Χρησιμοποιείται η γλώσσα Pig Latin. Με την βοήθεια αυτού του εργαλείου, οι χρήστες μπορούν να προκαθορίσουν τη δομή των δεδομένων που πρόκειται να αναλυθούν. Ενδείκνυται λοιπόν για μη-δομημένα δεδομένα και για εκτέλεση διεργασιών ETL (extract, transform, load).
- **Sqoop:** Εργαλείο που έχει σχεδιαστεί για να μεταφέρονται τα δεδομένα από τις σχεσιακές βάσεις δεδομένων όπως είναι το Microsoft SQL Server στο λογισμικό Hadoop και αντίστροφα.
- **Zookeeper:** Είναι ένα εργαλείο που αναπτύχθηκε για την αντιμετώπιση προβλημάτων που μπορεί να προκύψουν από κατανεμημένες εφαρμογές που βασίζονται σε έναν κεντρικό πάροχο υπηρεσιών, όπως έλλειψη συγχρονισμού μεταξύ των κόμβων και κακή επικοινωνία μεταξύ τους.

- **Oozie:** Προσφέρει μια ροή εργασιών που είναι αλληλεξαρτώμενες κατά την ανάλυση δεδομένων. Πριν την διαδικασία ανάλυσης δεδομένων σε μια επιχείρηση πραγματοποιούνται συγκεκριμένα βήματα κι αυτά πρέπει να εκτελούνται κάθε φορά που λαμβάνονται νέα δεδομένα. Τέτοια βήματα είναι για παράδειγμα η διαδικασία εισαγωγής, ενοποίησης και οργάνωσης για να προετοιμαστούν στην κατάλληλη μορφή ώστε να αναλυθούν στη συνέχεια. Αυτή η διαδικασία ενοποιείται με την βοήθεια του συγκεκριμένου εργαλείου.
- **Flume:** Στο λογισμικό Hadoop εκτός από το ότι εισάγεται μεγάλος όγκος δεδομένων από διάφορες πηγές, στις επιχειρήσεις υπάρχουν δεδομένα που παράγονται συνεχώς και τα οποία ανανεώνονται συχνά και γρήγορα (streaming data). Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι τα δεδομένα που παράγονται κατά την λειτουργία των μηχανών σε μια βιομηχανία. Το εργαλείο Flume προσφέρει την δυνατότητα για την συνεχή παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο των πληροφοριών που παράγονται για τον έλεγχο των εσωτερικών διαδικασιών και την αποφυγή πιθανών επιπλοκών.

5.6.2 Οφέλη και Περιορισμοί του Hadoop

Διάφοροι κλάδοι εταιριών έχουν εφαρμόσει τα τελευταία χρόνια το λογισμικό Hadoop για να επιλύσουν τα προβλήματα των μεγάλων δεδομένων που διαθέτουν, όπως η υγειονομική περίθαλψη, το εμπόριο, το τραπεζικό κ.α. Το συγκεκριμένο λογισμικό είναι οικονομικό και επιλύει αποδοτικά πολλά προβλήματα χωρίς καθυστερήσεις που μπορεί να προκύψουν από την μεταφορά των δεδομένων μεταξύ των κόμβων αποθήκευσης και υπολογισμού. Επιπλέον είναι επεκτάσιμο, καθώς είναι εφικτό να προστεθούν καινούργιες μηχανές και να ενισχύεται τόσο η αποθηκευτική, όσο και η υπολογιστική ικανότητα (Μαντζανάρης, 2016).

Από την άλλη, το λογισμικό Hadoop δεν ενδείκνυται για την επίλυση προβλημάτων με σχετικά μικρό όγκο δεδομένων. Σε αυτή την περίπτωση προτιμώνται οι παραδοσιακές μέθοδοι ανάλυσης δεδομένων. Επιπλέον δεν προτείνεται για εφαρμογές που απαιτούν συχνή ενημέρωση. Ακόμη ένα μειονέκτημα του Hadoop είναι ο αργός χρόνος φόρτωσης (Μαντζανάρης, 2016).

Κεφάλαιο 6: Εφαρμογές του Industry 4.0

6.1 Αλυσίδα Εφοδιασμού

Η διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας (Supply Chain Management) έχει να κάνει με τη διαχείριση των ροών προϊόντων, των πληροφοριών και των χρημάτων εντός της εφοδιαστικής αλυσίδας για να βελτιωθεί η αποτελεσματικότητα και η αποδοτικότητα του συστήματος. Πραγματοποιείται έλεγχος των επιπέδων του αποθέματος σε συνδυασμό με τα υλικά που είναι αναγκαία για την παραγωγή, καθώς επίσης εντοπίζονται οι ελλείψεις, οι επιστροφές, οι ακυρώσεις και οι καθυστερήσεις.

Οι βασικές αρχές της έξυπνης αλυσίδας εφοδιασμού (Smart Logistics) διασταυρώνονται από πολλές απόψεις με τις αρχές του Industry 4.0. Οι διάφορες τεχνολογίες του Industry 4.0 προτείνουν αλλαγές στα επιχειρηματικά πρότυπα και στα μοντέλα παραγωγής που θα αντικατοπτρίζονται σε όλα τα επίπεδα παραγωγής και της αλυσίδας εφοδιασμού, συμπεριλαμβανομένων όλων των εργαζομένων στη διαδικασία παραγωγής, των διευθυντών, του κυβερνοχώρου και τους τελικούς χρήστες. Η στρατηγική υλοποίησης της έννοιας Industry 4.0 στις επιχειρήσεις σημαίνει την εισαγωγή ανεξάρτητου αυτοματισμού, διαμόρφωσης, διαγνωστικών και επίλυσης προβλημάτων, καθώς και νέες γνώσεις και έξυπνες λήψεις αποφάσεων (Zoubek & Simon, 2020).

Νέα δίκτυα δημιουργούνται στα κυβερνο-φυσικά συστήματα, οι επιχειρήσεις και οι βιομηχανίες αναδιοργανώνονται και μετατρέπονται σε ευφυή εργοστάσια. Αισθητήρες, μηχανήματα, εξαρτήματα και συστήματα πληροφορικής διασυνδέονται, αλληλοεπιδρούν και αναλύουν δεδομένα μέσω Διαδικτύου. Τα βασικά χαρακτηριστικά των ευφύων εργοστασίων έχουν άμεση σύνδεση με τις αρχές του Industry 4.0. Η αλυσίδα εφοδιασμού στα πλαίσια του Industry 4.0 ή αλλιώς τα logistics 4.0 είναι ένας από τους τομείς που λειτουργούν σε αυτή την ιδέα. Οι απαραίτητες τεχνολογίες του Industry 4.0 που εμπλέκονται στα logistics είναι τα αυτόνομα ρομπότ, τα μεγάλα δεδομένα, το cloud computing, η επαυξημένη πραγματικότητα κ.α. Τα Ρομπότ, ο εξοπλισμός παραγωγής και τα προϊόντα λαμβάνουν αυτόνομες αποφάσεις σε πραγματικό χρόνο. Επιπλέον, η ενοποίηση των CPS και IoT στην εφοδιαστική υπόσχονται να επιτρέψουν την παρακολούθηση των προϊόντων σε πραγματικό χρόνο και να διαχειρίζονται κάθε είδους κινδύνου. Έτσι θα γνωρίζουμε την κατάσταση του κάθε προϊόντος σε πραγματικό χρόνο. Αυτό σημαίνει επίσης λιγότερα λάθη, καλύτερη διαχείριση στην παραγωγή και μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα. Η έξυπνη αποθήκη που βασίζεται στα CPS περιλαμβάνει χιλιάδες συσκευές CPS που συνεργάζονται μέσω ετικετών RFID ή NFC, Wi Fi, Bluetooth, κάμερες κ.α. Οι τεχνολογίες αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να παρακολουθούν κάθε πληροφορία των προϊόντων στην αγορά, όπως την παραγωγή, τις πωλήσεις και το απόθεμα που υπάρχει στην αποθήκη. Επίσης το IoT είναι μια φερέγγυα βάση για ανάλυση, πρόβλεψη και λήψη αποφάσεων. Επιπλέον, μπορεί κανείς να παρακολουθεί το κατά πόσο είναι ικανοποιημένος ο πελάτης. Συμβάλλει

στην έξυπνη αναζήτηση, την ταυτοποίηση, τον έλεγχο και τη διαχείριση της ροής των προϊόντων (Shah & Yaqoob, 2016).

Οι τεχνολογίες αυτές θα μειώσουν την εργασία που απαιτείται από ανθρώπους σε κάθε βήμα της εφοδιαστικής αλυσίδας. Για παράδειγμα τα οχήματα αυτόματης καθοδήγησης (AGV) και τα ρομπότ αποθήκευσης αντικαθιστούν την χειρωνακτική εργασία. Η εσωτερική διακίνηση των εμπορευμάτων εντός του εργοστασίου είναι πλήρως αυτοματοποιημένη χρησιμοποιώντας αυτόνομα ανυψωτικά μηχανήματα, AGV και ρομπότ τα οποία προγραμματίζονται.

Επιπλέον όλες οι δραστηριότητες της εφοδιαστικής βασίζονται σε πληροφορίες που εξάγονται από συστήματα Επιχειρηματικής Ευφυΐας (Zoubek & Simon, 2020). Εκεί καταγράφεται όλη η πορεία μιας πώλησης, από την ημερομηνία έναρξης μέχρι και την ημερομηνία ολοκλήρωσης. Η συγκεκριμένη ανάλυση μπορεί να προσφέρει σημαντικά οφέλη στην επιχείρηση. Δίνεται η δυνατότητα να προβλέπονται οι μελλοντικές πωλήσεις, να καταγράφονται οι επιδόσεις του κάθε πωλητή, όπως για παράδειγμα τι κέρδη θα φέρει στην εταιρία, κι έπειτα να εντοπίζονται τα αδύναμα σημεία, ώστε να γίνουν οι κατάλληλες βελτιώσεις (Κύρκος, 2015). Η επιλογή των κατάλληλων προμηθευτών είναι επίσης ένα έργο που αναλαμβάνουν τα συστήματα της Επιχειρηματικής Ευφυΐας. Στην ουσία γίνεται ανάλυση των ιστορικών τους στοιχείων και των επιδόσεών τους, δηλαδή εάν είναι συνεπείς στις παραδόσεις τους, εάν καλύπτουν τις τιμολογιακές πολιτικές, εάν η ποιότητα των προϊόντων που προσφέρουν είναι ικανοποιητική κ.α. Επιπλέον τα συστήματα έχουν την δυνατότητα να αναλύσουν κι εξωτερικά δεδομένα σχετικά με τους υποψήφιους προμηθευτές, όπως για παράδειγμα την χρηματοοικονομική τους κατάσταση. Όλες αυτές οι ενέργειες βελτιώνουν τις επιδόσεις των επιχειρήσεων, καθώς αυξάνουν την κερδοφορία και μειώνουν το κόστος, αλλά ταυτόχρονα αυξάνουν την ικανοποίηση των πελατών τους (Κύρκος, 2015).

6.2 Βιομηχανική παραγωγή

Τις τελευταίες δεκαετίες οι βιομηχανικές παραγωγές αντιμετωπίζουν έντονο ανταγωνισμό και αντιμετωπίζουν τις ίδιες προκλήσεις όπως είναι η αύξηση του κόστους υλικών και εργασίας με μειωμένα περιθώρια κέρδους, η βιωσιμότητα, ή οι αυξημένες απαιτήσεις των πελατών. Οι λύσεις που έχει να προσφέρει το Industry 4.0 θα ενισχύουν τη βιομηχανική αναβάθμιση για την πραγματοποίηση μιας έξυπνης και ευέλικτης γραμμής παραγωγής σε κάθε είδους βιομηχανία.

Ένα παράδειγμα βιομηχανικής παραγωγής είναι αυτή της κλωστοϋφαντουργίας και ένδυσης. Η διαθεσιμότητα είναι ένα μεγάλο ζήτημα στο συγκεκριμένο κλάδο βιομηχανίας, σε σύγκριση με άλλες μεταποιητικές βιομηχανίες με πιο σταθερά προϊόντα, όπως οι συσκευές σπιτιού. Τα προϊόντα ένδυσης κατασκευάζονται σε ένα ευρύ φάσμα μεγεθών, χρωμάτων και σχεδίων σύμφωνα με στις προτιμήσεις και τις ανάγκες των πελατών. Επιπλέον οι τροποποιήσεις σχεδιασμού των προϊόντων απαιτούνται συχνά για την προσαρμογή τους στη σεζόν. Με άλλα λόγια, ο κύκλος

ζωής τους είναι πολύ σύντομος για κάθε εποχή. Αυτός είναι ο λόγος που η πρόβλεψη των πωλήσεων είναι πολύ δύσκολη σε οποιαδήποτε δεδομένη περίοδο και πρέπει να λαμβάνονται πραγματικά δεδομένα πωλήσεων. Για να αντιμετωπίσουν αυτές τις προκλήσεις οι βιομηχανίες ενσωμάτωσαν προηγμένες τεχνολογίες για την κατασκευή/παραγωγή, την διαχείριση και τις λειτουργικές διαδικασίες με αποτέλεσμα να αναδιοργανωθούν οι επιχειρηματικές διαδικασίες (Ahmad et al., 2020).

Στο σημερινό έξυπνο περιβάλλον παραγωγής οι βιομηχανίες ενσωματώνουν ψηφιακές τεχνολογίες, όπως το Internet of Things (IoT), την ρομποτική, την επαυξημένη πραγματικότητα, την προσθετική κατασκευή, το cloud computing κ.α. Ωστόσο παρά τις προηγμένες αυτές τεχνολογίες, οι βιομηχανίες δεν είναι σε θέση να τις αξιοποιήσουν μεμονωμένα. Το υψηλό επίπεδο αυτοματισμού, συνδεσιμότητας και ψηφιοποίησης στο Industry 4.0 παράγει έναν μεγάλο όγκο αδόμητων και δομημένων δεδομένων (Μεγάλα Δεδομένα) τα οποία είναι αδύνατον να προσφέρουν πραγματική αξία χωρίς να μετατραπούν σε χρήσιμη πληροφορία. Η ανάλυση τους λοιπόν είναι απαραίτητη. Την ικανότητα για δομημένη ενοποίηση των δεδομένων και την ανάλυση τους για την υποστήριξη των βιομηχανιών στη λήψη αποφάσεων έχουν τα συστήματα Επιχειρηματικής Ευφυΐας. Κάθε μια τεχνολογία Industry 4.0 συμβάλει με ξεχωριστό τρόπο στις κατασκευαστικές βιομηχανίες (Ahmad et al., 2020).

Σήμερα οι βιομηχανίες κλωστοϋφαντουργίας εφαρμόζουν την τεχνολογία της σχεδιομελέτης και παραγωγής σε H/Y (CAD/CAM). Η τρισδιάστατη μοντελοποίηση έχει αποκτήσει ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούν ειδικό εξοπλισμό, όπως για παράδειγμα μεγάλους σχεδιογράφους και αυτόματες μηχανές κοπής. Αναλαμβάνουν εργασίες όπως το σχεδιασμό του πατρών και το βέλτιστο τρόπο στρωσίματός του στο ύφασμα έτσι ώστε να εξοικονομείται η όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ποσότητα υλικού. Τα συστήματα αυτά έχουν την δυνατότητα να παράγουν μια ολόκληρη συλλογή σε χαρτί με αποτέλεσμα να εξοικονομούνται πολύ μεγάλα ποσά φυσικής δειγματοληψίας. Τα συστήματα CAD μπορούν να συνδεθούν με αυτόματα ρομπότ πλεξίματος και κοπής υφασμάτων, δημιουργώντας έτσι ένα ευέλικτο σύστημα παραγωγής (Μπιλάλης, 2014).

Όπως σε κάθε βιομηχανία, έτσι και στην βιομηχανία κλωστοϋφαντουργίας απαραίτητο να γίνεται παρακολούθηση λειτουργίας των μηχανών, όπως της θερμοκρασίας, των κραδασμών ή κάποιας ακανόνιστης συμπεριφοράς. Η επικοινωνία σε πραγματικό χρόνο μεταξύ μηχανής και μηχανής (M2M) ή μηχανής - ανθρώπου υλοποιείται μέσω των τεχνολογιών IoT και CPS. Οι ετικέτες αναγνώρισης (RFID) και οι αισθητήρες που είναι εγκατεστημένοι σε αυτά τα μηχανήματα, συλλέγουν δεδομένα, κάνουν ελέγχους σε πραγματικό χρόνο και προβλέπουν θέματα συντήρησης των μηχανών και των πρώτων υλών, γεγονός που αυξάνει την επίγνωση σχετικά με το τι συμβαίνει στα τμήματα της παραγωγής. Για παράδειγμα, σε περίπτωση που βρεθεί ένα ελαττωματικό προϊόν, στο συγκεκριμένο κλάδο για παράδειγμα κάποιο παντελόνι χωρίς κούμπωμα, θα αποστέλλεται πίσω στην κατάλληλη μηχανή για να το επισκευάσει (Shah & Yaqoob, 2016).

Μερικά παραδείγματα εφαρμογών συστημάτων σε βιομηχανίες του κλάδου που συμβάλλουν στη λήψη αποφάσεων στα πλαίσια του Industry 4.0 είναι τα εξής: (Ahmad et al., 2020):

- **MicroStrategy:** Προσφέρει στατιστικές και προγνωστικές αναλύσεις με λειτουργικότητα και σε φορητές συσκευές. Οι βιομηχανίες ενσωματώνουν τα αναλυτικά στοιχεία και τα δεδομένα σε μια ενιαία πλατφόρμα (βάση δεδομένων). Έχει μεγάλη υπολογιστική ισχύ και είναι γρήγορη. Εταιρίες όπως η Adidas χρησιμοποιούν αυτό το σύστημα.
- **Tableau:** Επιτρέπουν στις βιομηχανίες να ελέγχουν τη σωστή διαθεσιμότητα του προϊόντος προτού παραγγελθεί και αποσταλεί. Εταιρίες όπως η Fitch χρησιμοποιούν αυτή την πλατφόρμα.
- **TIBCO Spotfire:** Δίνει την δυνατότητα στους αναλυτές να ενσωματώνουν όλες τις πηγές - αποθήκες δεδομένων χωρίς να απαιτείται ιδιαίτερη τεχνογνωσία πληροφορικής. Η Marks & Spencer και η H&M χρησιμοποιούν το TIBCO Spotfire.

6.3 Έξυπνη Γεωργία

Παραδοσιακά η γεωργία βασιζόταν αρχικά στα χέρια, τα μάτια και τη διαίσθηση έμπειρων αγροτών για να κάνουν σωστές καλλιέργειες, να συλλέξουν και να αναγνωρίσουν τις ελλείψεις του εδάφους ή τα επιβλαβή παράσιτα ή τις ασθένειες των φυτών. Ο παγκόσμιος πληθυσμός αναμένεται να αυξηθεί κατά σχεδόν 2 δισεκατομμύρια έως το 2050 προκαλώντας ταχεία κλιμάκωση της ζήτησης τροφίμων. Μια πρόσφατη προβολή δείχνει ότι ο κόσμος υστερεί στην ολοκλήρωση του στόχου για «Μηδενική Πείνα». Οι επιπτώσεις θα είναι κοινωνικοοικονομικές και επηρεάζουν την επισιτιστική ασφάλεια. Οι ευάλωτες ομάδες ανθρώπων θα υποφέρουν από υποσιτισμό. Για την εξυπηρέτηση των αναγκών του αυξανόμενου πληθυσμού, η γεωργική βιομηχανία πρέπει να εκσυγχρονιστεί, να γίνει έξυπνη, και αυτοματοποιημένη. Η παραδοσιακή γεωργία μπορεί να μετατραπεί σε αποδοτική, βιώσιμη, φιλική προς το περιβάλλον υιοθετώντας υπάρχουσες τεχνολογίες (Tsantali, 2020).

Η έξυπνη γεωργία (smart agriculture) περιλαμβάνει αυτόματη συλλογή δεδομένων από αισθητήρες και κάμερες και την επεξεργασία τους, ώστε να καταστεί δυνατή η έγκαιρη ανίχνευση και διαχείριση των παρασίτων των καλλιεργειών και των ασθενειών, για την παροχή κατάλληλων διατροφικών στοιχείων και τη βελτιστοποίηση της ποιότητας και της απόδοσης των αγροτικών προϊόντων. Σήμερα η δύναμη των τεχνολογιών του Industry 4.0 βελτιώνουν την ακρίβεια στην παρακολούθηση της υγείας των καλλιεργειών και του εδάφους. Για παράδειγμα τα ρομπότ συγκομιδής είναι εξοπλισμένα με αισθητήρες και βραχίονες που μπορούν να χειριστούν πιο γρήγορα βασικές εργασίες σε σύγκριση με τους εργαζόμενους και η προγνωστική ανάλυση που χρησιμοποιεί η μηχανική μάθηση για την επεξεργασία

δορυφορικών και περιβαλλοντικών δεδομένων βοηθά στην αύξηση της απόδοσης των αγροτικών προϊόντων (Tsantali, 2020).

6.3.1 Εφαρμογές της έξυπνης γεωργίας

Οι τεχνολογίες αιχμής του Industry 4.0 έχουν συμβάλλει σημαντικά στην μετατροπή της παραδοσιακής γεωργίας σε έξυπνη γεωργία. Οι εφαρμογές που έχουν αναπτυχθεί στον συγκεκριμένο κλάδο παρουσιάζονται παρακάτω (Mitra, et. al., 2022):

- **Διαχείριση Καλλιέργειας:** Χρησιμοποιώντας το IoT, οι αγρότες είναι εξοπλισμένοι με την πιο πρόσφατη τεχνολογία και αισθητήρες οι οποίοι τοποθετούνται στο χωράφι και παρακολουθούν την ανάπτυξη των φυτών. Για παράδειγμα, τοποθετούνται αισθητήρες υπερήχων στο χωράφι για την παρακολούθηση της παρουσίας παρασίτων και εντόμων που επηρεάζουν την ανάπτυξη των φυτών. Αφού εντοπιστεί η παρουσία παρασίτων, δημιουργούνται ηχητικά κύματα υψηλής συχνότητας για την απομάκρυνση τους και ο αγρότης ειδοποιείται για την παρουσία αυτών (Mitra, et. al., 2022). Επιπλέον υπάρχουν εφαρμογές, όπως η PLANT VILLAGE που χρησιμοποιεί μια συνεχώς αναβαθμιζόμενη βάση δεδομένων φωτογραφιών άρρωστων φυτών για να εντοπίσει μοτίβα και να κάνει προβλέψεις (Tsantali, 2020).
- **Παρακολούθηση Εδάφους:** Η υγρασία του εδάφους παίζει σημαντικό ρόλο στη συνολική γεωργική διαδικασία. Είναι υπεύθυνο για τη φωτοσύνθεση, την αναπνοή και τη διαπνοή. Η παρακολούθηση του εδάφους αποτελεί ένα σημαντικό ρόλο στη λήψη αποφάσεων στο αγρόκτημα. Η καλλιέργεια εξαρτάται από διάφορους παράγοντες εκτός από τα παράσιτα, όπως το pH, η αλατότητα και η υγρασία του εδάφους που βοηθούν στην αξιολόγηση της υγείας του εδάφους. Οι αισθητήρες υγρασίας του εδάφους είναι τοποθετημένοι μέσα στη ρίζα των φυτών και αναλύουν το επίπεδό της για τη διευκόλυνση της βέλτιστης χρήσης των υδάτινων πόρων. Επιπλέον καταγράφονται η θερμοκρασία και η υγρασία του εδάφους αναλυόμενα δεδομένα αποστέλλονται σε ένα cloud. Οι αγρότες λαμβάνουν ειδοποιήσεις για αυτούς τους παράγοντες κι έπειτα λαμβάνονται οι κατάλληλες αποφάσεις. (Mitra, et. al., 2022). Για παράδειγμα το πρόγραμμα FARM BEATS της Microsoft χρησιμοποιεί αισθητήρες εδάφους για να παρέχει δεδομένα pH, υγρασίας και της θερμοκρασίας προκειμένου να βοηθηθούν οι αγρότες να λαμβάνουν καλύτερες και πιο ενημερωμένες αποφάσεις. Ένα αυτόματο σύστημα όρασης υπολογιστή παρακολουθεί στην Ασία πληθυσμούς ψύλλων εσπεριδοειδών (είδος παρασίτων) σε οπωρώνες προκειμένου να αντιμετωπιστούν αποτελεσματικά οι διαδικασίες ελέγχου των παρασίτων (Tsantali, 2020).

- **Έξυπνη άρδευση:** Έξυπνη άρδευση είναι η βέλτιστη αξιοποίηση του νερού στις καλλιέργειες χρησιμοποιώντας τεχνολογίες αιχμής. Εξοικονομεί νερό ποτίζοντας βέλτιστα τα φυτά. Υπάρχουν δύο τύποι συστημάτων άρδευσης 1) με βάση τον καιρό και 2) με βάση τον αισθητήρα υγρασίας εδάφους. Τα συστήματα άρδευσης με βάση τις καιρικές συνθήκες λαμβάνουν δεδομένα θερμοκρασίας και βροχοπτώσεων από έναν τοπικό μίνι μετεωρολογικό σταθμό και ένας ελεγκτής ρυθμίζει την άρδευση. Στην άρδευση με βάση τον αισθητήρα υγρασίας εδάφους οι αισθητήρες που τοποθετούνται προσδιορίζουν με ακρίβεια την περιεκτικότητα σε υγρασία του εδάφους. Τα δεδομένα αποστέλλονται στο cloud και ενεργοποιούνται κατάλληλοι ενεργοποιητές όπως οι εκτοξευτήρες. Ο προγραμματισμός της άρδευσης εξασφαλίζει τη βέλτιστη ανάπτυξη των καλλιεργειών και προσφέρει 100% αποδοτικότητα στη χρήση του νερού. Οι αγρότες μπορούν να λειτουργήσουν το σύστημα άρδευσης από μια εφαρμογή για κινητά, ενεργοποιώντας τις αντλίες άρδευσης.
- **Κτηνοτροφία:** Η διαχείριση των ζώων στο αγρόκτημα αποτελεί σημαντικό μέρος της έξυπνης γεωργίας. Η παρακολούθηση της υγείας των ζώων πραγματοποιείται με τις δυνατότητες που προσφέρει το IoT. Το σύστημα επιτρέπει στους αγρότες να παρακολουθούν την υγεία των κοπαδιών και τα ζώα που βόσκουν. Η υγεία των βοοειδών μπορεί να παρακολουθείται αυτόματα μετρώντας ζωτικά στοιχεία του σώματος όπως τον καρδιακό ρυθμό, την αρτηριακή πίεση ή τον αναπνευστικό ρυθμό χρησιμοποιώντας ετικέτες RFID. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την άμεση θεραπεία του ζώου που αυτό με την σειρά του σταματά την εξάπλωση κάποιας ασθένειας. Οι ετικέτες RFID χρησιμοποιούνται επίσης στην αναγνώριση και παρακολούθηση ζώων κι αυτό μπορεί να αποτρέψει την πρόκληση ατυχήματος.
- **Τηλεπισκόπηση:** Η τηλεπισκόπηση στη γεωργία μπορεί να βοηθήσει τους αγρότες να λαμβάνουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο για την καλλιέργεια χρησιμοποιώντας drones που καταγράφουν εικόνες υψηλής ποιότητας για τη χαρτογράφηση των αγροκτημάτων. Χαρτογραφεί τις συνθήκες του εδάφους για να δώσει τη δυνατότητα στους αγρότες να αποφασίσουν ποιον τύπο του εδάφους είναι καλύτερο για μια συγκεκριμένη καλλιέργεια. Τα ζιζάνια και τα παράσιτα μπορούν να ανιχνευθούν, κι εκτός από αυτό, η τηλεπισκόπηση πραγματοποιεί παρακολούθηση και πρόγνωση καιρού. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παρακολούθηση της βροχόπτωσης, τις συνθήκες ξηρασίας και στον εντοπισμό των υδάτινων πόρων, ειδοποιώντας έτσι τους αγρότες εκ των προτέρων για τη διαθεσιμότητα νερού και τις καιρικές συνθήκες.
- **Έξυπνο Θερμοκήπιο:** Το έξυπνο θερμοκήπιο είναι ένα εσωτερικό ελεγχόμενο περιβάλλον προσαρμοσμένο για φυτά. Πρόκειται για ένα οικοσύστημα παρακολούθησης της φάρμας, ενσωματωμένο με τεχνολογίες

IoT και AI/ML. Προστατεύει το αγρόκτημα από ανέμους, καταιγίδες και πλημμύρες και αυξάνει την αποδοτικότητα της παραγωγικότητας χωρίς χειροκίνητη παρέμβαση. Οι ηλιακοί αισθητήρες IoT τοποθετούνται μέσα στο θερμοκήπιο για την παρακολούθηση ζωτικών στοιχείων σε λαχανικά, φρούτα και άλλες κηπευτικές καλλιέργειες. Η αυτόματη άρδευση μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί τοποθετώντας αισθητήρες υγρασίας εδάφους στη ρίζα του δέντρου. Εάν επιτευχθεί μια τιμή κατωφλίου, ο ενεργοποιητής στο χωράφι ποτίζει το αγρόκτημα. Ένας ελεγχόμενος φωτισμός με συγκεκριμένο μήκος κύματος και ένταση μπορεί να ανανεώσει την ανάπτυξη του φυτού και την απόδοση όλο το χρόνο. Ακόμη οι τεχνικές λίπανσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον ψεκασμό επαρκών ποσοτήτων μετάλλων όπως κάλιο, φώσφορο και άλλα μέταλλα που απαιτούνται για τη βέλτιστη ανάπτυξη και την καλή υγεία των φυτών. Η έξυπνη καλλιέργεια θερμοκηπίου αυξάνεται καθώς οι τεχνολογίες είναι στη διάθεση του αγρότη και η ζήτηση για βιολογικά φρούτα και λαχανικά αυξάνεται με τη χρήση έξυπνων πράσινων τεχνικών.

- **Αυτόνομο τρακτέρ:** Το αυτόνομο τρακτέρ είναι ένα προγραμματιζόμενο αυτοοδηγούμενο όχημα που μπορεί να εκτελέσει όργωμα, και ψεκασμό λιπασμάτων. Είναι εξοπλισμένα με GPS, λέιζερ και κάμερες και μπορούν να λειτουργήσουν μόνα τους χωρίς να απαιτείται από τους αγρότες να παρακολουθούν. Μαζί με αυτά τα έξυπνα τρακτέρ χρησιμοποιούνται αυτόνομα drones για την ανίχνευση ζιζανίων. Τα αυτόνομα τρακτέρ έχουν συστήματα αντίληψης για την ανίχνευση εμποδίων με βάση την γεωμετρία και την αναγνώριση διαδρομής.



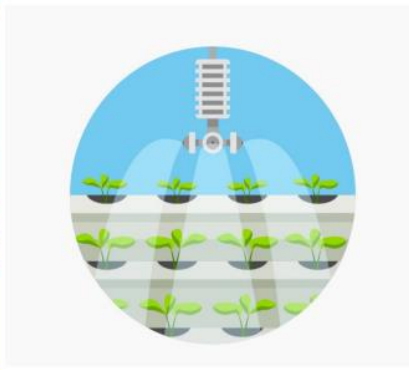
(α)



(β)



(γ)



(δ)

Εικόνα 6.1: Εφαρμογές της Έξυπνης Γεωργίας: (α) Έξυπνο θερμοκήπιο, (β) Αυτόνομο ρομπότ, (γ) Αυτόνομο τρακτέρ, UAV, (γ) Σύστημα άρδευσης (Tsantali, 2020).

Τα δεδομένα που συλλέγονται από τα προαναφερθέντα συστήματα υποβάλλονται σε επεξεργασία, φιλτράρονται και κρυπτογραφούνται. Εάν τα δεδομένα είναι ευαίσθητα στο χρόνο γίνεται χρήση του Edge Computing. Για παράδειγμα εάν κάποιος ζώο βγει εκτός ορίων της φάρμας θα πρέπει να γίνει άμεση ειδοποίηση στον αγρότη. Μέχρι πρόσφατα οι περισσότερες αναλύσεις για τη λήψη αποφάσεων γινόντουσαν στο cloud computing. Η υψηλή υπολογιστική ισχύς του cloud επιτρέπει να εκτελούνται διάφορες σύνθετες εργασίες σε εύλογο χρόνο. Υπάρχουν όμως ορισμένοι περιορισμοί του cloud computing που απαιτούν την εμφάνιση νέων υπολογιστικών παραδειγμάτων. Η καθυστέρηση, οι απαιτήσεις υψηλού εύρους ζώνης του διαδικτύου, η ασφάλεια και το απόρρητο των δεδομένων είναι μερικοί από τους περιοριστικούς παράγοντες που περιορίζουν τη χρονικά ευαίσθητη παρακολούθηση και διαχείριση της έξυπνης γεωργίας. Το blockchain μπορεί να βοηθήσει στην ανάπτυξη ενός αποτελεσματικού μοντέλου κοινής χρήσης δεδομένων σε πραγματικό χρόνο καθώς παρέχει έναν ασφαλή μηχανισμό ανταλλαγής πληροφοριών (βλέπε 3.13).

Κεφάλαιο 7: Προτάσεις και Συμπεράσματα

7.1 Προτάσεις για υιοθέτηση του Industry 4.0 στην Ελλάδα

Η προσαρμογή της χώρας μας στην 4^η Βιομηχανική Επανάσταση είναι ιδιαίτερα επίκαιρη. Σε μια περίοδο ανατροπών όπου ζούμε, ο ρόλος του ψηφιακού μετασχηματισμού είναι καθοριστικός στην αύξηση της αποδοτικότητας όλων των ειδών επιχειρήσεων. Οι τεχνολογίες αιχμής σήμερα αποτελούν βασικό παράγοντα επιβίωσης στις συνθήκες έντασης του ανταγωνισμού, ιδιαίτερα μετά την πανδημία του Covid-19. Ο βηματισμός προς το Industry 4.0 εξαρτάται μεν από εξωτερικούς παράγοντες, όπως την ενέργεια, αλλά δε και από την ίδια την χώρα και τις στρατηγικές που ακολουθεί για την ανάπτυξη των επιχειρήσεων της. Στην Ελλάδα παρά την πρόοδο της τα τελευταία 2,5 χρόνια βρίσκεται ακόμα πίσω σε σχέση με την ΕΕ. Είναι γεγονός το ότι οι μεγάλες επιχειρήσεις επιταχύνουν τις τεχνολογικές τους επενδύσεις, σε αντίθεση με τις μικρομεσαίες, οι οποίες υστερούν στο κομμάτι αυτό. Θα πρέπει η Ελλάδα να κινηθεί γρηγορότερα ώστε να μπορέσει να συγκλίνει τις υπόλοιπες χώρες της ΕΕ. (Scoreboard, 2022). Παρακάτω παρουσιάζονται κάποιες προτάσεις, που θα μπορούσε να επιτευχθεί η τεχνολογική προσαρμογή στις επιχειρήσεις της χώρας μας.

- Οι επιχειρήσεις να εστιάσουν σε τεχνολογίες αιχμής: Οι περισσότερες επιχειρήσεις μέχρι και σήμερα εστιάζουν σε συστήματα ξεπερασμένων δυνατοτήτων, καθώς αμφισβητούν πολλές από τις νέες τεχνολογίες. Είναι σημαντικό να γίνει αλλαγή της επιχειρηματικής φιλοσοφίας, έτσι ώστε οι επιχειρήσεις κάθε μεγέθους να στραφούν σε πιο εξελιγμένες τεχνολογίες για να εκμεταλλευτούν τα οφέλη που εκείνες έχουν να προσφέρουν.
- Η εγχώρια παραγωγή τεχνολογιών αιχμής να ενισχυθεί: Παρά την εμφανή πρόοδο της Ελλάδας σε θέματα καινοτομίας το τελευταίο διάστημα, έχει δυνατότητες βελτίωσης. Η απόσταση της από χώρες όπως η Δανία (3^η) και το Βέλγιο (4^η) θέση είναι αρκετά μεγάλη.
- Ολοκλήρωση της εθνικής στρατηγικής: Ήδη σε 22 χώρες της Ε.Ε. έχουν ολοκληρωθεί εθνικές στρατηγικές για την ενσωμάτωση του ψηφιακού μετασχηματισμού στις Επιχειρήσεις. Παρά το γεγονός ότι στη Ελλάδα έχει δημοσιευθεί ένα πρώτο πλάνο για την ανάπτυξη της βιομηχανίας που θα αφορά το «έξυπνο εργοστάσιο», έχει να αντιμετωπίσει πολλές προκλήσεις, όπως θέματα χρηματοδότησης, γραφειοκρατίας, αναβάθμισης των δεξιοτήτων κ.α.
- Διάθεση πόρων από την Ε.Ε. σε έργα για τον ψηφιακό μετασχηματισμό: Χρηματοδοτήσεις από την Ευρώπη κρίνονται απαραίτητες για να βοηθήσουν τις επιχειρήσεις της χώρας να επενδύσουν σε δράσεις που αφορούν την ενσωμάτωση τεχνολογιών αιχμής εστιάζοντας σε συγκεκριμένες τεχνολογίες, όπως IoT, 3D σχεδίαση κ.α.

- Ανάπτυξη προγραμμάτων εκπαίδευσης: Την βοήθεια στο ξεκίνημα μικρών και μικρομεσαίων επιχειρήσεων οι οποίες επιθυμούν να υιοθετήσουν νέες τεχνολογίες για τον ψηφιακό μετασχηματισμό μπορούν να αναλάβουν ειδικοί σύμβουλοι. Είναι σημαντική η καθοδήγηση από εκείνους, καθώς θα βοηθούν και θα ενημερώνουν τις επιχειρήσεις για την τρέχουσα κατάσταση, για τις απαιτούμενες προδιαγραφές ώστε να ενταχθούν σε προγράμματα επιδοτήσεων κ.α.

7.2 Συμπεράσματα

Οι τεχνολογίες του Industry 4.0 έχουν φέρει μεγάλες αλλαγές στον τρόπο λειτουργίας τους, προσφέροντας σημαντικά οφέλη σε αυτές και τους πελάτες τους. Οι τεχνολογίες αυτές έχουν ένα κοινό: έρχονται αντιμέτωπες με τα Μεγάλα Δεδομένα, τα οποία πρέπει να τα επεξεργάζονται και να εξάγονται χρήσιμα αποτελέσματα.

Οι τεχνικές των Μεγάλων Δεδομένων επιτρέπουν την ανάλυση του τεράστιου όγκου δεδομένων που παράγεται σε μια επιχείρηση που έχει ενσωματώσει το Industry 4.0 στον τρόπο λειτουργίας της. Τέτοιες τεχνικές όπως είναι η προγνωστική ή η περιγραφική ανάλυση επιτρέπουν την αξιολόγηση μιας κατάστασης και της λειτουργίας, όπως για παράδειγμα των μηχανών που εμπλέκονται στην παραγωγική διαδικασία, στον έλεγχο και την παρακολούθηση. Η ανάλυση των Μεγάλων Δεδομένων προσφέρει μεγαλύτερη αποδοτικότητα, μειωμένο κόστος, προβλέψεις για αποτυχίες του εξοπλισμού που προκαλούνται από διαφορετικούς παράγοντες όπως κακοκαιρία, υψηλή υγρασία, υψηλή θερμοκρασία, έκθεση σε αέρια κ.λπ.

Η χρήση των Μεγάλων Δεδομένων δεν εξαρτάται από το μέγεθος του κλάδου της επιχείρησης. Εξαρτάται από την επιχειρηματική στρατηγική που εστιάζει για να αξιοποιήσει τα δεδομένα, να βελτιώσει τη διαδικασία παραγωγής και να προσδιορίσει τα προϊόντα και τις υπηρεσίες που πρέπει να παράγει, ώστε να ικανοποιήσει τις απαιτήσεις του κάθε πελάτη. Οι τεχνικές ανάλυσης Μεγάλων Δεδομένων αλλάζουν τον τρόπο με τον οποίο η εταιρεία ερευνά, αναλύει και αποφασίζει για το τι θα κυκλοφορήσει στην αγορά, αυξάνοντας τις πιθανότητες ότι τα προϊόντα της θα πουληθούν με επιτυχία. Επίσης, δεν θα πρέπει να ξεχνάμε ένα σημαντικό ζήτημα εφαρμογής των Μεγάλων Δεδομένων που έχει να κάνει με την ασφάλεια, για τον εντοπισμό απάτης. Η ανάπτυξη της επιστήμης αυτής και η σχέση της με θέματα ασφάλειας πληροφοριών και κυβερνοασφάλειας είναι ακόμα σε αρχικό στάδιο και παρουσιάζει μεγάλες προκλήσεις.

Από την άλλη, τα συστήματα της Επιχειρηματικής Ευφυΐας ολοκληρώνουν το έργο της ανάλυσης δεδομένων, καθώς παρουσιάζουν τα αποτελέσματα της ανάλυσης δεδομένων, αφού έχουν εκτελεσθεί κάποιοι αλγόριθμοι και προσφέρουν χρήσιμη

πληροφορία με εύκολο και κατανοητό τρόπο προς τον χρήστη. Πιο συγκεκριμένα τα συστήματα Επιχειρηματικής Ευφυΐας:

- προσφέρουν χρήσιμη υποστήριξη στις επιχειρήσεις όσον αφορά τη λήψη αποφάσεων κάτω από αυστηρά χρονικά περιθώρια και λόγω υψηλής πίεσης χρόνου,
- παρακολουθούν συνεχώς την αγορά και τις ενέργειες των ανταγωνιστών προσφέροντας χρήσιμη πληροφόρηση στη διοίκηση της επιχείρησης ανά πάσα στιγμή,
- πραγματοποιούν συνεχή ανάλυση των δεδομένων τόσο από το εσωτερικό όσο και από το εξωτερικό περιβάλλον των επιχειρήσεων με κύριο στόχο τον εντοπισμό κρίσιμων παραγόντων για την καλύτερη διαχείριση και βελτίωση της μελλοντικής πορείας της επιχείρησης

Ο χώρος λοιπόν της Επιχειρηματικής Ευφυΐας, Αναλυτικής και Μεγάλων Δεδομένων αποτελούν βασικά στοιχεία του Industry 4.0. Στην εφαρμογή των επιστημών αυτών συμβάλλουν διάφορα συστήματα, όπως το λογισμικό Hadoop και τεχνολογίες, όπως το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT), τα οποία ολοκληρώνουν την μετάβαση στην ψηφιακή εποχή. Υπάρχουν ωστόσο πολλές προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπιστούν, κυρίως λόγω του αυξανόμενου αριθμού των συνδεδεμένων συσκευών όπως η διατήρηση του απορρήτου και ασφάλειας των δεδομένων, το κόστος και οι δυσκολίες υλοποίησης. Κάποιες αναδυόμενες τεχνολογίες της Industry 4.0 προσπαθούν να φέρουν λύσεις σε τέτοιου είδους προκλήσεις. Το Cloud of Things και το Blockchain είναι κάποιες από αυτές και αναβαθμίζουν τα ήδη υπάρχοντα συστήματα της Industry 4.0 και της Επιχειρηματικής Ευφυΐας.

Αγγλική Βιβλιογραφία

Adelakun, O. (2021). The Role of Business Intelligence in the Digital Revolution of the 21st Century: *EUROASIA SUMMIT Congress on Scientific Researches and Recent Trends - VII*, vol 1, no 1, pp. 101.

Ahmad, S., Miskon, S., Alabdan, R., & Tlili, I. (2020). Towards sustainable textile and apparel industry: *Exploring the Role of Business Intelligence Systems in the Era of Industry 4.0. Sustainability (Switzerland)*, vol. 12, no. 7. <https://doi.org/10.3390/su12072632>.

Alam, A., & Ahmed, J. (2014). Hadoop architecture and its issues. *Proceedings - 2014 International Conference on Computational Science and Computational Intelligence*, CSCI, vol. 2, pp. 288–291. <https://doi.org/10.1109/CSCI.2014.140>.

Alcaraz, J. L. G., Cadavid, L. R., González, R. G., Jamil, G. L., & Chong, M. G. C. (2018). Best Practices in Manufacturing Processes: *experiences from Latin America*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-99190-0>.

Alhaidari, F., Rahman, A., & Zagrouba, R. (2020). Cloud of Things: architecture, applications and challenges. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, Springer International Publishing. pp. 1–19. <https://doi.org/10.1007/s12652-020-02448-3>.

Ansari, M., Ali, S. A., & Alam, M. (2019). *A Synergistic Approach for Internet of Things and Cloud Integration: Current Research and Future Direction*. Cornell University. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1912.00750>.

Boyes, H., Hallaq, B., Cunningham, J., & Watson, T. (2018). The industrial internet of things (IIoT): An analysis framework. *Computers in Industry, Computers in History*, UK, Elsevier BV, vol 101, pp. 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2018.04.015>.

Buchberger, C. (2021, Januar). *An Introduction to Industry 4.0*. EMnify. https://www.emnify.com/blog/industry-4-0?utm_term=&utm_campaign=SEA-EN-EUR_EN-MC-DSA-NoFu-DSA_Pilot&utm_source=google&utm_medium=cpc&hsa_acc=2935385868&hsa_campaign=13920402211&hsa_grp=126181834538&hsa_ad=552810642202&hsa_src=g&hsa_tgt=dsa-1469053018052&hsa_kw.

Chen, M., Wan, J., & Li, F. (2012). Machine-to-machine communications: Architectures, standards and applications. *KSII Transactions on Internet and Information Systems TIIIS*, vol.6, no.2, pp.480-497. <https://doi.org/10.3837/tiis.2012.02.002>.

Choi, T. M., Kumar, S., Yue, X., & Chan, H. L. (2022). Disruptive technologies and operations management in the Industry 4.0 era and beyond. *Production and Operations Management*, vol. 31 no.1, pp. 9-31.

Coca-Cola Debuts IoT-Connected Vending Machines / NACS. (2018, April 9). Retrieved September 29, 2022, from https://www.convenience.org/Media/Daily/2018/Apr/ND0409183_Coca-Cola-Debuts-IoT-Connected-Vending-M.

Day, M. Y., Cheng, T. K., & Li, J. G. (2018, August). AI robo-advisor with big data analytics for financial services. *IEEE/ACM International Conference on Advances in Social Networks Analysis and Mining (ASONAM)*, IEEE, pp. 1027-1031. <https://doi.org/10.1109/ASONAM.2018.8508854>.

Desouza K.C. (2018). Delivering Artificial Intelligence in Government : Challenges and Opportunities. *IBM Center for the Business of Government*. Available at : <http://www.businessofgovernment.org/sites/default/files/Delivering%20Artificial%20Intelligence%20in%20Government.pdf>

Durão, L.F.C.S., Haag, S., Anderl, R., Schützer, K., Zancul, E. (2018). Digital Twin Requirements in the Context of Industry 4.0. *Product Lifecycle Management to Support Industry 4.0, IFIP Advances in Information and Communication Technology*, vol 540, Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-030->

Fu, X. (2022). A Unified View of IoT and CPS Security and Privacy. Cornell University. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2209.13793>.

Gad-Elrab, Ahmed (2021). *Modern Business Intelligence: Big Data Analytics and Artificial Intelligence for Creating the Data-Driven Value*, IntechOpen, <https://doi.org/10.5772/intechopen.97374>

Glaessgen E, Stargel D (2012) *The digital twin paradigm for future NASA and US Air Force vehicles 53rd AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC Structures, Structural Dynamics and Materials Conference 20th AIAA/ASME/AHS Adaptive Structures Conference 14th AIAA*, pp 1818. <https://doi.org/10.2514/6.2012-1818>.

Gunal, M. M. (2019). *Simulation for industry 4.0. Past, Present, and Future*, vol. 1, Springer

Gourisaria, M.K., Agrawal, R., Harshvardhan, G., Pandey, M., Rautaray, S.S. (2021). Application of Machine Learning in Industry 4.0. In: Pandey, M., Rautaray, S.S. (eds) *Machine Learning: Theoretical Foundations and Practical Applications. Studies in Big Data*, vol 87. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-33-6518-6_4

Hao, C., & Ying, Q. (2011, October). Research of Cloud Computing based on the Hadoop platform. *International Conference on Computational and Information Sciences IEEE*, pp. 181-184. <https://doi.org/10.1109/ICCIS.2011.213>.

- Javaid, M., Haleem, A., Singh, R. P., & Suman, R. (2022). An integrated outlook of Cyber-Physical systems for Industry 4.0: Topical practices, architecture, and applications. *Green Technologies and Sustainability*, 1(October 2022), Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.grets.2022.100001>.
- Jazdi N. (2014, May). Cyber physical systems in the context of Industry 4.0. *2014 IEEE International Conference on Automation, Quality and Testing, Robotics*, IEEE, pp. 1-4 <https://doi.org/10.1109/AQTR.2014.6857843>.
- Jovanovic, B. (2022, January 20). *Internet of Things statistics for 2022 - Taking Things Apart*. Retrieved from <https://dataprot.net/statistics/iot-statistics/>.
- Kalsbeek, R. (2020, December). *Where to Start with The 4 Types of Analytics*. <https://iterationinsights.com/article/where-to-start-with-the-4-types-of-analytics/>
- Kumar, S. A., Bawge, G., & Kumar, B. V. (2021). *An Overview of Industrial Revolution and Technology of Industrial 4.0*. *Int. J. Res. Eng. Sci*, vol 9, pp. 64-71. www.ijres.org.
- Le, D. N., Van Le, C., Tromp, J. G., & Nguyen, G. N. (2018). *Emerging Technologies For Health and Medicine: Virtual Reality, Augmented Reality, Artificial Intelligence, Internet of Things, Robotics, Industry 4.0.*, Scrivener Publishing, USA.
- Lu, Y. (2017). Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues. *Journal of industrial information integration*, Elsevier BV, vol. 6, no. 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.dialog.2022.100001>.
- M. Aazam, I. Khan, A. A. Alsaffar and E. -N. Huh, "Cloud of Things: Integrating Internet of Things and cloud computing and the issues involved," *Proceedings of 2014 11th International Bhurban Conference on Applied Sciences & Technology (IBCAST) Islamabad, Pakistan, 14th - 18th January, 2014*, Islamabad, Pakistan, 414-419, doi: 10.1109/IBCAST.2014.6778179.
- Marr, B. (2019). *Artificial Intelligence in Practice: How 50 successful companies used AI and machine learning to solve problems*, John Wiley & Sons.
- Mazid, R. (2021). *The Integration of Business Intelligence in Companies*, Bodhi, VIT, Vellore, India, vol. 5, no. 4, pp. 29-32.
- Mehta, B. B., & Rao, U. P. (2016). Privacy preserving unstructured big data analytics: Issues and challenges, *Procedia Computer Science*, India, vol. 78, pp. 120-124. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.02.020>.
- Mitra, A., Vangipuram, S. L., Bapatla, A. K., Bathalapalli, V. K., Mohanty, S. P., Kougianos, E., & Ray, C. (2022). *Everything you wanted to know about smart agriculture*, Cornell University, arXiv preprint [arXiv:2201.04754](https://arxiv.org/abs/2201.04754).

Mohammed Sadeeq, M., Abdulkareem , N. M. ., Zeebaree , S. R. M. ., Mikaeel Ahmed, D. ., Saifullah Sami, A. ., & Zebari, R. R. (2021). IoT and Cloud Computing Issues, Challenges and Opportunities: A Review. *Qubahan Academic Journal*, vol. 1, no. 2, pp. 1–7. <https://doi.org/10.48161/qaj.v1n2a36>

Palka, D., & Ciukaj, J. (2019). Prospects for development movement in the industry concept 4.0. *Multidisciplinary Aspects of Production Engineering*, Sciendo, vol. 2 no.1, pp. 315-326. <https://doi.org/10.2478/mape-2019-0031>.

Parrado, N., & Donoso, Y. (2015). *Congestion based mechanism for route discovery in a V2I-V2V system applying smart devices and IoT*. *Sensors*, vol 15, no.4, pp. 7768-7806.

Qi, Q. & Tao, F. (2018) "Digital Twin and Big Data Towards Smart Manufacturing and Industry 4.0: 360 Degree Comparison," *IEEE*, vol. 6, pp. 3585-3593. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2793265>.

Reis, J. Z., & Gonçalves, R. F. (2018). The role of internet of services (IoS) on industry 4.0 through the service oriented architecture (SOA). In *Advances in Production Management Systems. Smart Manufacturing for Industry 4.0: IFIP WG 5.7 International Conference*, Springer, Cham, Seoul, Korea, vol. 536, no.2, pp. 20-26. https://doi.org/10.1007/978-3-319-99707-0_3.

Rosin, F., Forget, P., Lamouri, S., & Pellerin, R. (2021). Industry 4.0 and decision making. In *Advances on Mechanics, Design Engineering and Manufacturing III: Proceedings of the International Joint Conference on Mechanics, Design Engineering & Advanced Manufacturing, JCM 2020, June 2-4* Springer, Cham, pp. 400-405. https://doi.org/10.1007/978-3-030-70566-4_6.

Russell, S., & Norvig P. (2003). *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, vol.2, Prentice Hall

Scoreboard, I. (2022). *4η Βιομηχανική Επανάσταση: Η Ελλάδα Μπορεί να Πρωταγωνιστήσει , με Αιχμή την Ταχύτερη Υλοποίηση Στρατηγικών από Πολιτεία και Επιχειρήσεις* , τόμος 72, pp. 1–17. https://www.sev.org.gr/wp-content/uploads/2022/05/2022-05-05_SR_Industry4.0_final.pdf.

Shah, S. H., & Yaqoob, I. (2016). A survey: Internet of Things (IOT) technologies, applications and challenges. *2016 IEEE Smart Energy Grid Engineering (SEGE)*, IEEE, Oshawa, ON, Canada, pp. 381-385. <https://doi.org/10.1109/SEGE.2016.7589556>.

Silva, A. J., Cortez, P., Pereira, C., & Pilastri, A. (2021). Business analytics in Industry 4.0: A systematic review. *Expert systems*, John Wiley & Sons, vol. 38 no.7. <https://doi.org/10.1111/exsy.12741>.

Srinivas, V., & Kumar, K. (2021). *A Review on IoT-Based Smart City Development using Hadoop Ecosystem*. Carleton University Ottawa, Canada <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.33505.94566>.

Stein, F. (2022). *Industry 4.0 with the Professionals*. Retrieved from <https://www.btelligent.com/en/portfolio/industry-40/>.

Stergiou, C., Psannis, K., & Kim, B. G. i Gupta, B.(2018). Secure integration of IoT and Cloud Computing. *Future Generation Computer Systems*, vol. 78, no.3, pp 964-975. <http://dx.doi.org/10.1016/j.future.2016.11.031>.

Suciu, G., Halunga, S., Apostu, A., Vulpe, A., & Todoran, G. (2013). Cloud computing as evolution of distributed computing-A case study for SlapOS distributed cloud computing platform. *Informatica Economica*, vol. 17, no. 4, pp. 109-121. <http://dx.doi.org/10.12948/issn14531305/17.4.2013.10>.

Tavera Romero, C. A., Ortiz, J. H., Khalaf, O. I., & Ríos Prado, A. (2021). Business intelligence: business evolution after industry 4.0. *Sustainability*, MDPI AG, vol. 13, no.18, 10026. <https://doi.org/10.3390/su131810026>.

Tsantali, G. G. (2020). *New Digital Era. Artificial Intelligence Released*, Master in Business Administration MBA, School of Social Sciences, Hellenic Open University

Tyagi, A. K. (2019, February). G, Rekha. Machine Learning with Big. Data *Proceedings of International Conference on Sustainable Computing in Science, Technology and Management (SUSCOM)*, Elsevier, Amity University Rajasthan, Jaipur-India, pp. 1011-1020.

Velásquez, N., Estévez, E. C., & Pesado, P. M. (2018). Cloud computing, big data and the industry 4.0 reference architectures. *Journal of Computer Science & Technology*, vol. 18, no. 3, pp. 258-266. <https://doi.org/10.24215/16666038.18.e29>.

Zoubek, M., & Šimon, M. (2020, April). Logistics 4.0: Readiness and technology of internal logistics processes of companies and design of a maturity model for warehousing. In *Proceedings of the 35th International Business Information Management Association Conference*, Seville, IBIMA Spain pp. 1-2.

Ελληνική Βιβλιογραφία

Βαμβακούσης, Β. Α. & Θεοχάρη, Α. (2019). *Data Mining - Από την αποκάλυψη στην εφαρμογή*. Πτυχιακή Εργασία, Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής τ.ε., Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Δυτικής Ελλάδας.

Βλαχάβας, Ι., Κεφάλας, Π., Βασιλειάδης, Κόκκορας, Φ., Ν., Σακελλαρίου. Η., (2011). (Εκδ 3^η) *Τεχνητή Νοημοσύνη*. Εκδόσεις Πανεπιστημίου Μακεδονίας, Θεσσαλονίκη

Γεωργούλη, Α. (2015). *Μηχανική Μάθηση. Τεχνητή νοημοσύνη*, Κάλλιπος, Ανοικτές Ακαδημαϊκές Εκδόσεις. <https://hdl.handle.net/11419/3382>

Γκουρουμπίνου, Α. Μ. (2018). *Εικονική vs Επαυξημένη Πραγματικότητα*, Πτυχιακή Εργασία, Τμήμα Πληροφορικής και ΜΜΕ, Πύργος

Δάγκαρης, Π. (2015). Μελέτη της Χρήσης των Έξυπνων Δικτύων (Smart Grids) και η Ασφάλειά τους στα Κυβερνο-φυσικά Συστήματα (Cyber Physical Systems), Πτυχιακή Εργασία, Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής Τ.Ε., Τ.Ε.Ι. Πελοποννήσου

Εμίρης, Δ. Μ. & Κουλουριώτης, Δ. Ε. (2021). *Ρομποτική*, (Εκδ 4^η) Εκδόσεις Τζιόλα, Αθήνα.

Κατσίκας, Δ. (2013). *Σύγχρονες Μέθοδοι Διαχείρισης Έργων Πληροφορικής*. Μεταπτυχιακή Διατριβή, Οικονομικών και Κοινωνικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Μακεδονίας.

Κύρκος, Ε. (2015). Εισαγωγή στην Επιχειρηματική Ευφυΐα. *Επιχειρηματική Ευφυΐα και Εξόρυξη Δεδομένων*, Κάλλιπος, Ανοικτές Ακαδημαϊκές Εκδόσεις, σσ. 23-38, <https://hdl.handle.net/11419/1227>.

Λαδάς, Μ., & Μαυρούλιας, Κ. Π. (2021). *Big Data και Ανάπτυξη Επιχειρηματικότητας*, Τμήμα Διοικητικής Επιστήμης και Τεχνολογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών.

Μαντζανάρης, Ν. (2016). *Μεγάλα Δεδομένα και Λογισμικά Επιχειρηματικής Ευφυΐας για την Εφοδιαστική Αλυσίδα*, Μεταπτυχιακή Διατριβή, Τμήμα Οικονομικών Επιστημών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. <https://doi.org/10.26262/heal.auth.ir.282503>

Ματσατσίνης, Ν. (2022). (2^η Εκδ.), *Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων*. Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, Αθήνα

Ματσατσίνης, Ν. (2021). *Επιχειρηματική Ευφυΐα, Επιχειρηματική Αναλυτική και Ανάλυση Μεγάλων Δεδομένων*, Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, Αθήνα.

Μπέσκος, Δ. (2017). *Νέες τάσεις στην επιχειρηματική ευφυΐα*. Μεταπτυχιακή Διατριβή, Τμήμα Οργάνωσης και Διοίκησης Επιχειρήσεων, Πανεπιστήμιο Πειραιώς.

Μπιλάλης Ν., & Μαραβελάκης Ε. (2014). (2^η Εκδ.), *Συστήματα CAD/CAM & Τρισδιάστατη Μοντελοποίηση*, Εκδόσεις Κριτική, Αθήνα.

Ξωνίκης, Μ.Γ. (2018). *Αναλυτική μεγάλων δεδομένων με χρήση Hadoop*. Διπλωματική Εργασία, Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών στα Πληροφοριακά Συστήματα, Πανεπιστήμιο Μακεδονίας.

Πασσά, Μ., & Παλλαδίνος, Α. (2020). *Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων-Internet of Things*, Πτυχιακή Εργασία, Τμήμα Διοικητικής Επιστήμης και Τεχνολογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών.

Ποντίκης, Ι., (2020). *Τεχνολογία Ψηφιακών Διδύμων: Συστήματα Και Βιομηχανικές Εφαρμογές*, Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Βιομηχανικής Διοίκησης και Τεχνολογίας, Πανεπιστήμιο Πειραιώς.

Ρεντούμης, Ι. (2018). *INDUSTRY 4: Υφιστάμενη κατάσταση και προοπτικές*, Μεταπτυχιακή Διατριβή, Τμήμα Βιομηχανικής Διοίκησης και Τεχνολογίας, Πανεπιστήμιο Πειραιώς.

Σούμπλης, Α. (2021). *Προκλήσεις στην Ανάλυση Μεγάλων Δεδομένων*, Μεταπτυχιακή Διατριβή, Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

Σοφούλης, Φ. (2019). *Επιχειρηματική Ευφυΐα και Σύγχρονες Τάσεις σε Μεγάλο Όγκο Δεδομένων*, Πτυχιακή Εργασία, Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Δυτικής Ελλάδας.

Τσάνταλη, Γ. (2020). *Η Τεχνητή Νοημοσύνη στη Σύγχρονη Ψηφιακή Εποχή*, Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Διοίκησης Επιχειρήσεων, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

Φρονιμάκη, Ε. (2022). *Από τις έξυπνες συσκευές στις έξυπνες κατασκευές: ο ανασχεδιασμός επιχειρησιακών λειτουργιών μέσω της τεχνολογίας του 3D printing (προσθετική κατασκευή)*, Διατριβή, Τμήμα Διοίκησης Επιχειρήσεων, Πανεπιστήμιο Αιγαίου.