



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΩΝ, ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«Οργάνωση, Λειτουργία, Ανάπτυξη & Διοίκηση Λιμένων»**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Θέμα:

ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗ ΑΛΥΣΙΔΑ 4.0 ΠΛΟΙΩΝ ΚΑΙ ΛΙΜΕΝΩΝ

SHIPS AND PORTS SUPPLY CHAIN 4.0

**Νικόλαος Χατζάκης(Α.Μ.: ΔΛΜ-21-012)
Επιβλέπων καθηγητής: Νικόλαος Τσότσολας**

Αθήνα

Μάιος 2023

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Νικόλαος Χατζάκης του Παντελή με αριθμό μητρώου ΔΛΜ-21-012 φοιτητής του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών Οργάνωση, Λειτουργία, Ανάπτυξη & Διοίκηση Λιμένων του Τμήματος του Τμήματος Διοίκησης Επιχειρήσεων της Σχολής Διοικητικών, Οικονομικών & Κοινωνικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω ότι:

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

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

Ο Δηλών



Νικόλαος ΧΑΤΖΑΚΗΣ

(Υπογραφή)

Μέλη Τριμελούς Επιτροπής

1. Νικόλαος Τσότσολας

2. Φαίδων Κομισόπουλος

3. Μπινιώρης Σπυρίδων

ΑΦΙΕΡΩΣΗ

Αφιερώνω την εργασία μου στην οικογένεια μου, που κάθε μέρα και κάθε στιγμή είναι δίπλα μου και ιδιαίτερα στην γυναίκα μου που στάθηκε δίπλα μου, έκανε υπομονή όλο αυτό τον καιρό και μου έδινε δύναμη και κουράγιο να ολοκληρώσω ένα ανεκπλήρωτο όνειρο που τελικά έγινε πραγματικότητα!!!

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστώ τον Καθηγητή μου Δρ Τσότσολα Νικόλαο για την αμέριστη βοήθεια του για την ολοκλήρωση της εργασίας μου με τις καθοριστικές οδηγίες του , την μετάδοση των γνώσεων του και φυσικά ευχαριστώ τον Διευθυντή του Τμήματος Δρ Μπινιώρη Σπυρίδων για την ευκαιρία να συμμετέχω και να ολοκληρώσω τις μεταπτυχιακές μου σπουδές σε ένα από τα δημοφιλέστερα τμήματα μεταπτυχιακών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής. ΣΑΣ ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ!

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	ii
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ	iv
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ	v
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	vi
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	vii
ABSTRACT.....	viii
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. Η ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗ ΚΑΙ Η ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗ ΑΛΥΣΙΔΑ.....	3
1.1 Ορισμός και σημασία της εφοδιαστικής	3
1.2 Ορισμός της εφοδιαστικής αλυσίδας	8
1.3 Λειτουργίες- στάδια της εφοδιαστικής αλυσίδας.....	11
1.4 Διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας.....	14
1.5 Η εφοδιαστική αλυσίδα και η ναυτιλία.....	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. Η ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ 4.0	20
2.1 Ορισμός Βιομηχανίας 4.0.....	20
2.2 Εφαρμογές Βιομηχανίας 4.0	24
2.2.1 Κυβερνο- φυσικά συστήματα (Cyber Physical Systems).....	24
2.2.2 Μεγάλα δεδομένα (Big Data)	26
2.2.3 Τεχνητή νοημοσύνη (Artificial Intelligence).....	28
2.2.4 Εικονική Πραγματικότητα (Virtual Reality)	31
2.2.5 Επαυξημένη πραγματικότητα (Augmented Reality)	31
2.2.6 Διαδίκτυο των πραγμάτων (Internet of Things)	33
2.2.7 Τεχνολογία Blockchain.....	34
2.2.8 Υπολογιστικό νέφος (Cloud computing).....	36
2.2.9 Ρομποτική (Robotics)	37
2.2.10 Μηχανική μάθηση (Machine learning).....	38

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΟΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ 4.0 ΚΑΙ Η ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗ ΑΛΥΣΙΔΑ ΣΕ ΠΛΟΙΑ ΚΑΙ ΛΙΜΕΝΕΣ	40
3.1 Τα έξυπνα λιμάνια.....	40
3.2 Η έξυπνη εφοδιαστική αλυσίδα	42
3.3 Σχεδιασμός και εφαρμογές Βιομηχανίας 4.0	44
3.4 Ροή εμπορευμάτων- διαχείριση παραγγελιών κι εφαρμογές Βιομηχανίας 4.0	46
7	
3.5 Διαχείριση απόδοσης κι εφαρμογές Βιομηχανίας 4.0.....	48
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. Η ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗ ΑΛΥΣΙΔΑ 4.0 ΣΤΑ ΛΙΜΑΝΙΑ ΤΟΥ ΚΟΣΜΟΥ	51
4.1 Το λιμάνι του Ρότερνταμ.....	51
4.2 Το λιμάνι του Αμβούργου	53
4.3 Το λιμάνι της Αμβέρσας	54
4.4 Το λιμάνι της Σιγκαπούρης	55
4.5 Ιαπωνία.....	56
4.6 Κίνα.....	57
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	59
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	61

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1. Η εφοδιαστική αλυσίδα	9
Εικόνα 2. Εφοδιαστική αλυσίδα και αντίστροφη εφοδιαστική αλυσίδα.....	10
Εικόνα 3. Φάσεις της μηχανικής μάθησης.....	38

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Οι τέσσερις βιομηχανικές επαναστάσεις.....	21
Πίνακας 2. Πεδία εμπλοκής τεχνητής νοημοσύνης.....	29

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1. Η αρχιτεκτονική ενός κυβερνο-φυσικού συστήματος	25
Σχήμα 2. Το διαδίκτυο των πραγμάτων και η αποδοτικότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας.....	49

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η λιμενική βιομηχανία στηρίζει την παγκόσμια οικονομία, ενώ διαμορφώνει και την εθνική οικονομία κρατών που κατέχουν ηγετικές θέσεις στο τομέα αυτό, όπως είναι η Κίνα. Στα πλαίσια της λειτουργίας των λιμανιών εμπλέκεται ένας μεγάλος αριθμός φορέων κι επιχειρήσεων οι οποίοι καλούνται να επιβιώνουν έναντι του ανταγωνισμού, βελτιώνοντας συνεχώς τις υπηρεσίες τους. Βασικό και κρίσιμο εργαλείο στην προσπάθεια αυτή αποτελεί η τεχνολογία, η οποία σημειώνοντας ραγδαία εξέλιξη κατά της τελευταίες δεκαετίες, έχει διαμορφώσει πλέον ένα επιχειρηματικό περιβάλλον που αναφέρεται ως Βιομηχανία 4.0. Η τεχνητή νοημοσύνη, τα μεγάλα δεδομένα, η μηχανική μάθηση και τα ρομπότ είναι μερικές από τις κυριότερες εφαρμογές της Βιομηχανίας 4.0 οι οποίες χρησιμοποιούνται ή μπορούν να χρησιμοποιηθούν πλέον σε όλο και περισσότερες επιχειρηματικές διαδικασίες. Ένας τομέας ο οποίος βασίζεται, σχεδόν, εξ' ολοκλήρου στη ναυτιλία και στα λιμάνια είναι η εφοδιαστική αλυσίδα. Αναπόφευκτα, η ανάπτυξη της τεχνολογίας και των εφαρμογών της Βιομηχανίας 4.0 έχει εισέλθει και στο κλάδο αυτό, δημιουργώντας ευκαιρίες για ανταγωνιστικά πλεονεκτήματα για όλα τα λιμάνια του κόσμου. Η παρούσα διπλωματική εργασία αναφέρεται στις εφαρμογές της Βιομηχανίας 4.0 στις εφοδιαστικές αλυσίδες στις οποίες εμπλέκονται πλοία και λιμένες και που έχουν τόσο σημαντικό δυναμικό αξιοποίησης που πλέον γίνεται λόγος και για την Εφοδιαστική Αλυσίδα 4.0.

Λέξεις Κλειδιά: Βιομηχανία 4.0, Εφοδιαστική Αλυσίδα 4.0, Πλοία, Λιμένες.

ABSTRACT

The port industry supports the global economy, while also shaping the national economy of countries that hold leading positions in this field, such as China. In the context of the operation of the ports, a large number of organizations and businesses are involved, which are called upon to survive against the competition, constantly improving their services. A key and critical tool in this effort is technology, which, having developed rapidly in recent decades, has now formed a business environment referred to as Industry 4.0. Artificial intelligence, big data, machine learning and robots are some of the main applications of Industry 4.0 which are used or can now be used in more and more business processes. One sector that relies almost entirely on shipping and ports is the supply chain. Inevitably, the development of Industry 4.0 technology and applications has also entered this industry, creating opportunities for competitive advantages for all ports in the world. This thesis refers to the applications of Industry 4.0 in the supply chains in which ships and ports are involved and which have such an important utilization potential that there is now also talk of Supply Chain 4.0.

Keywords: Industry 4.0, Supply Chain 4.0, Ships, Ports.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Από την εποχή της πρώτης Βιομηχανικής Επανάστασης του 19ου αιώνα μέχρι και σήμερα η τεχνολογία υπήρξε, μάλλον, ο κρισιμότερος παράγοντας της εξέλιξης των κοινωνικών και των οικονομιών. Κι αυτό, διότι η τεχνολογία εμπλέκεται σε όλες τις παραμέτρους της ανθρώπινης ζωής, από τη βιομηχανική παραγωγή μέχρι την υγεία και την αναψυχή.

Πάντα, ανταγωνιστικές θεωρούνταν οι επιχειρήσεις εκείνες που ήταν σε θέση να εισάγουν στη παραγωγική τους διαδικασία την πλέον εξελιγμένη τεχνολογία που θα μπορούσε όχι μόνο να βελτιώσει τη ποιότητα, αλλά και την ασφάλεια.

Η ναυτιλία, με όλα τα εμπλεκόμενα μέρη της, είναι ο βασικότερος πυλώνας της παγκόσμιας οικονομίας και, σαφώς, μεριμνά ώστε να αξιοποιεί στο μέγιστο δυνατό βαθμό την διαθέσιμη τεχνολογία. Αυτό αφορά τόσο στις λιμενικές αρχές, όσο και στα πλοία και τα λοιπά σκάφη που εξυπηρετούν τις λειτουργίες της.

Κατέχοντας εξέχουσα θέση στο διεθνές εμπόριο, η εισαγωγή της βέλτιστης τεχνολογίας για την καλύτερη και ασφαλέστερη μεταφορά προϊόντων, αποτελεί για τα λιμάνια και τα πλοία μια από τις βασικότερες προτεραιότητες διεθνώς.

Η παρούσα διπλωματική εργασία εστιάζει στην αξιοποίηση των τεχνολογιών της Βιομηχανίας 4.0 στα πλαίσια της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας στα πλοία και στα λιμάνια του κόσμου. Στόχος, δηλαδή, είναι να προσδιοριστούν τα υπαρκτά ή πιθανά οφέλη που μπορούν να προσφέρουν οι τεχνολογίες αυτές στη διεθνή λιμενική βιομηχανία για την βέλτιστη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Η εργασία αναπτύχθηκε με βάση τη βιβλιογραφική ανασκόπηση ελληνικών και ξένων πηγών κι εκτείνεται σε 4 κεφάλαια.

Στο πρώτο κεφάλαιο, αποσαφηνίζεται το περιεχόμενο τόσο του όρου εφοδιαστική, όσο και της έννοιας εφοδιαστική αλυσίδα. Εδώ, αναφέρονται τα στάδια που καλύπτονται μέχρι τα προϊόντα να φθάσουν από την παραγωγή στο τελικό καταναλωτή, καθώς και ο ρόλος που κατέχει η ναυτιλία σε όλη αυτή τη διαδρομή.

Ο όρος Βιομηχανία 4.0 αναλύεται στο δεύτερο κεφάλαιο όπου σχολιάζονται οι βασικότερες εφαρμογές που βασίζονται στη τεχνητή νοημοσύνη, τα μεγάλα

δεδομένα, την υπολογιστική νέφους, τη μηχανική μάθηση και τα ρομπότ, μεταξύ άλλων.

Στο τρίτο κεφάλαιο, η ανάλυση επικεντρώνεται στο τρόπο με τον οποίο εισάγονται οι τεχνολογίες της Βιομηχανίας 4.0 στις επιμέρους λειτουργίες των λιμανιών γενικά, αλλά και σε σχέση με την εφοδιαστική αλυσίδα ειδικότερα. Τα έξυπνα λιμάνια και η Εφοδιαστική Αλυσίδα 4.0 είναι οι κυριότερες έννοιες που αναλύονται.

Στο τέταρτο και τελευταίο κεφάλαιο της εργασίας, στα πλαίσια της σύνδεσης της θεωρίας με την πραγματικότητα, αναφέρονται υπαρκτά παραδείγματα χρήσης τεχνολογιών Βιομηχανίας 4.0 από τους μεγαλύτερους λιμένες του κόσμου οι οποίοι έχουν θέσει ως στόχο την μετάβασή τους σε έξυπνα λιμάνια κατά τα επόμενα χρόνια.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. Η ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗ ΚΑΙ Η ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗ ΑΛΥΣΙΔΑ

Βασική επιδίωξη της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι να εντοπιστεί η επίδραση της τεχνολογίας αιχμής στην εφοδιαστική αλυσίδα. Αρχικά, όμως, κρίνεται απαραίτητο να αποσαφηνιστεί το περιεχόμενο τόσο της εφοδιαστικής, όσο και της εφοδιαστικής αλυσίδας, αλλά και ο ρόλος της ναυτιλίας σε αυτές. Έτσι, στις ενότητες που ακολουθούν δίνεται ο ορισμός της εφοδιαστικής και της εφοδιαστικής αλυσίδας, σχολιάζονται οι βασικές διαδικασίες που περιλαμβάνει μια εφοδιαστική αλυσίδα, όπως και ο ρόλος της ναυτιλίας στην ομαλή λειτουργία της.

1.1 Ορισμός και σημασία της εφοδιαστικής

Η εφοδιαστική ή τα logistics, όπως αναφέρεται διεθνώς, είναι μια έννοια που περιλαμβάνει την οργάνωση, τον προγραμματισμό, τον έλεγχο και την εκτέλεση της ροής των αγαθών από τους τόπους παραγωγής τους στον τελικό καταναλωτή και η οποία στοχεύει στο να ικανοποιήσει τις απαιτήσεις της αγοράς (Παπαδημητρίου και Σχινιάς, 2004).

Σύμφωνα με τους Μαρινάκη και Μυγδαλά (2008), ως logistics ορίζεται ο σχεδιασμός, η οργάνωση και ο έλεγχος όλων των δραστηριοτήτων στη ροή υλικών, από την πρώτη ύλη μέχρι την τελική κατανάλωση και τις αντίστροφες ροές του παρασκευαζόμενου προϊόντος, με στόχο την ικανοποίηση των αναγκών και επιθυμιών του πελάτη και άλλων συμφερόντων, όπως η καλή εξυπηρέτηση των πελατών, το χαμηλό κόστος, το περιορισμένο δεσμευμένο κεφάλαιο και οι, όσο το δυνατόν, λιγότερες περιβαλλοντικές συνέπειες.

Οι δραστηριότητες της εφοδιαστικής μπορούν να γίνονται αντιληπτές ως το λειτουργικό στοιχείο της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας, συμπεριλαμβανομένης της ποσοτικοποίησης, των προμηθειών, της διαχείρισης των αποθεμάτων, της διαχείρισης των μεταφορών και συλλογής δεδομένων και αναφοράς (U.S. Agency for International Development, 2011).

Συνολικά, μπορεί να υποστηριχθεί ότι (Μαρινάκης και Μυγδαλάς, 2008):

1. Η εφοδιαστική είναι μια διαδικασία φυσικής ροής αγαθών και υπηρεσιών, αλλά και συνοδευτικών πληροφοριών.
2. Η εφοδιαστική είναι μια έννοια της ολοκληρωμένης διαχείρισης αγαθών και υπηρεσιών, καθώς και ροής πληροφοριών.
3. Η εφοδιαστική είναι ένας διεπιστημονικός τομέας όπου αντικείμενο έρευνας είναι οι κανονικότητες και τα φαινόμενα που συμβαίνουν κατά τη ροή αγαθών, υπηρεσιών και πληροφοριών σε όλη την αλυσίδα εφοδιασμού.

Όπως επισημαίνουν οι Murphy and Knemeyer (2015), η εφοδιαστική είναι ένα κλασικό παράδειγμα της συστημικής προσέγγισης στα επιχειρηματικά προβλήματα. Από την επιχειρηματική σκοπιά, η συστημική προσέγγιση υποδηλώνει ότι οι στόχοι μιας εταιρείας μπορούν να πραγματοποιηθούν αναγνωρίζοντας την αμοιβαία αλληλεξάρτηση των κύριων λειτουργικών τομέων της επιχείρησης, όπως το μάρκετινγκ, η παραγωγή, τα οικονομικά και η εφοδιαστική. Μια συνέπεια της προσέγγισης αυτής είναι ότι οι στόχοι και οι επιδιώξεις των κύριων λειτουργικών περιοχών θα πρέπει να είναι συμβατοί με τους στόχους και της επιδιώξεις της εταιρείας. Αυτό σημαίνει ότι ένα σύστημα logistics δεν ταιριάζει σε όλες τις εταιρείες, επειδή οι στόχοι και οι επιδιώξεις διαφέρουν από τη μια εταιρεία στην άλλη. Ως εκ τούτου, το σύστημα logistics ενός οργανισμού που δίνει έμφαση στην ικανοποίηση των πελατών είναι πιθανό να διαφέρει από το σύστημα logistics ενός οργανισμού που δίνει έμφαση στην ελαχιστοποίηση του κόστους, λόγω χάρη.

Ο λεγόμενος κύκλος της εφοδιαστικής περιλαμβάνει 5 βασικές δραστηριότητες, οι οποίες αφορούν σε επιμέρους λειτουργίες. Αυτές οι βασικές δραστηριότητες έχουν ως κάτωθι (U.S. Agency for International Development, 2011):

1. Εξυπηρέτηση πελατών: όλοι όσοι εργάζονται στον τομέα της εφοδιαστικής πρέπει να θυμούνται ότι επιλέγουν, προμηθεύονται, αποθηκεύουν ή διανέμουν προϊόντα για να καλύψουν τις ανάγκες των πελατών. Κάθε δραστηριότητα στον κύκλο των logistics, θα πρέπει να συμβάλλει στην άριστη εξυπηρέτηση των πελατών και στη διασφάλιση της ασφάλειας των εμπορευμάτων.
2. Επιλογή προϊόντος: τα προϊόντα που επιλέγονται για προώθηση, θα επηρεάσουν το σύστημα logistics, επομένως οι εκάστοτε απαιτήσεις πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την επιλογή του προϊόντος.

3. Ποσοτικοποίηση: αφού επιλεγούν τα προϊόντα, πρέπει να καθοριστεί η απαιτούμενη ποσότητα και το κόστος κάθε προϊόντος. Ποσοτικοποίηση είναι η διαδικασία εκτίμησης της ποσότητας και του κόστους των προϊόντων που απαιτούνται για μια συγκεκριμένη αλυσίδα, καθώς και ο προσδιορισμός του πότε τα προϊόντα πρέπει να προμηθεύονται και να διανέμονται.
4. Προμήθεια: αφού αναπτυχθεί ένα σχέδιο προμήθειας ως μέρος της διαδικασίας ποσοτικοποίησης, ακολουθεί η προμήθεια των προϊόντων. Σε κάθε περίπτωση, η προμήθεια θα πρέπει να ακολουθεί ένα σύνολο συγκεκριμένων διαδικασιών που διασφαλίζουν μια ανοιχτή και διαφανή διαδικασία.
5. Διαχείριση αποθεμάτων, αποθήκευση και διανομή: μετά την προμήθεια και την παραλαβή των προϊόντων από τους παραγωγούς, αυτά πρέπει να αποθηκευτούν και να προωθηθούν σταδιακά, μέσω της διανομής, στα σημεία πώλησης όπου μπορεί να τα λάβει ο τελικός καταναλωτής. Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας, τα προϊόντα πρέπει να αποθηκεύονται μέχρι να σταλούν στο επόμενο χαμηλότερο επίπεδο ή μέχρι να τα χρειαστεί ο πελάτης. Σχεδόν όλες οι επιχειρήσεις αποθηκεύουν μια ποσότητα αποθέματος για μελλοντικές ανάγκες των πελατών.

Η αποτελεσματική υλοποίηση των στόχων της εφοδιαστικής είναι δυνατή χάρη σε ένα σύνολο επιμέρους δραστηριοτήτων που περιλαμβάνουν τις προμήθειες, την μετακίνηση και μεταφορά, την αποθήκευση, την συσκευασία, τον χειρισμό υλικών, τον έλεγχο των αποθεμάτων, την διαχείριση υλικών, τον καθορισμό εντολών, την προετοιμασία των παραγγελιών, την πρόβλεψη της ζήτησης, τον σχεδιασμό της παραγωγής, την εξυπηρέτηση των πελατών, την εξυπηρέτηση μετά την πώληση, καθώς και τη συλλογή και διάθεση των απορριμμάτων (Ροδόπουλος, 2008).

Οι πιο πάνω διαδικασίες, επιπρόσθετα, επιμερίζονται, ανάλογα με την φύση και την σημασία τους, σε βασικές και σε δευτερεύουσες. Στις βασικές λειτουργίες της εφοδιαστικής εντάσσονται οι λειτουργίες της διαχείρισης υλικών, της μεταφοράς, της μεταφόρτωσης και της αποθήκευσης. Από την άλλη, ως δευτερεύουσες διαδικασίες αναφέρονται η συσκευασία, η επισήμανση των προϊόντων, η προετοιμασία των παραγγελιών, η προετοιμασία των εντύπων για τις μεταφορές και άλλες (Μπαλτάς και Παπαβασιλείου, 2003).

Οι μεταποιητικές επιχειρήσεις, εδώ και χρόνια, αναδιαρθρώνουν τα συστήματα logistics τους συγκεντρώνοντας την ικανότητα παραγωγής και αποθέματος σε λιγότερες τοποθεσίες. Η συγκέντρωση της παραγωγικής ικανότητας επιτρέπει στις εταιρείες να μεγιστοποιήσουν τις οικονομίες κλίμακας στην παραγωγή σε βάρος του να κάνουν το σύστημα εφοδιαστικής τους πιο εντατικό στις μεταφορές και να επιμηκύνουν τον χρόνο παράδοσης στους πελάτες. Η συγκέντρωση αποθεμάτων, η οποία ήταν μια μακροπρόθεσμη τάση, λαμβάνει χώρα τώρα σε μεγαλύτερη γεωγραφική κλίμακα. Οι εταιρείες μπόρεσαν, έτσι, να καταφέρουν την εξοικονόμηση κόστους αποθεμάτων, ελαχιστοποιώντας παράλληλα το πρόσθετο κόστος μεταφοράς διαχωρίζοντας γεωγραφικά τις εργασίες αποθήκευσης αποθεμάτων (OECD, 2002).

Αναφέρεται, ακόμα, ότι η διαχείριση των Logistics συνδέεται με την απόκτηση, τη συλλογή, την επεξεργασία και τη μετάδοση μεγάλων όγκων πληροφοριών. Η ικανοποίηση της ζήτησης πληροφοριών των λειτουργιών διαχείρισης απαιτεί τη δημιουργία ενός πληροφοριακού συστήματος, το οποίο θα παρέχει συνεχή πρόσβαση σε έγκαιρες, ακριβείς και αληθείς πληροφορίες (Ροδόπουλος, 2008).

Άρα, τα «logistics βρίσκουν εφαρμογή σε δύο επίπεδα: στο πρώτο επίπεδο είναι η επιχείρηση, η οποία πρέπει να οργανώσει την εισροή, την εσωτερική διακίνηση και την εκροή υλικών και προϊόντων κατά τέτοιον τρόπο, έτσι ώστε να εξασφαλίζει τη μέγιστη ικανοποίηση των πελατών της. Στο δεύτερο επίπεδο είναι η εφοδιαστική αλυσίδα, η οποία αποτελείται από όλες εκείνες τις επιχειρήσεις και οργανισμούς που είναι απαραίτητοι έτσι ώστε ένα προϊόν, από πρώτες ύλες να καταλήξει στον τελικό πελάτη» (Μαλινδρέτος, 2015, σ.22).

Τα logistics μπορούν να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στην οικονομική ανάπτυξη και ανάπτυξη ενός έθνους. Εκτός από τις μακροοικονομικές επιπτώσεις, όμως, σε επίπεδο οικονομίας, οι δραστηριότητες των logistics μπορούν να επηρεάσουν μεμονωμένους καταναλωτές. Αυτές οι επιπτώσεις μπορούν να προσεγγιστούν μέσω της έννοιας της οικονομικής χρησιμότητας, η οποία είναι η αξία ή η χρησιμότητα ενός προϊόντος για την ικανοποίηση των αναγκών ή των επιθυμιών των πελατών. Οι τέσσερις γενικοί τύποι οικονομικής χρησιμότητας είναι η κατοχή, η μορφή, ο χρόνος και ο τόπος και τα logistics συμβάλλουν ξεκάθαρα στις περιπτώσεις

της χρησιμότητας του χρόνου και του τόπου. Αναλυτικότερα (Murphy and Knemeyer, 2015):

- α. Η χρησιμότητα κατοχής αναφέρεται στην αξία ή τη χρησιμότητα που προκύπτει από τη δυνατότητα ενός πελάτη να αποκτήσει στην κατοχή του ένα προϊόν. Η χρησιμότητα κατοχής μπορεί να επηρεαστεί από τους όρους πληρωμής που σχετίζονται με ένα προϊόν. Οι πιστωτικές και χρεωστικές κάρτες, για παράδειγμα, διευκολύνουν τη χρησιμότητα κατοχής, επιτρέποντας στον πελάτη να αγοράζει προϊόντα χωρίς να χρειάζεται να διαθέτει μετρητά ή ισοδύναμο μετρητών. Ομοίως, οι μισθώσεις αυτοκινήτων επιτρέπουν στους πελάτες να αποκτήσουν ένα πιο επιθυμητό μοντέλο από αυτό που θα ήταν δυνατό με τα συμβατικά καταναλωτικά δάνεια.
- β. Η χρησιμότητα μορφής αναφέρεται στο ότι ένα προϊόν είναι σε μορφή που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τον πελάτη και έχει αξία για αυτόν. Αν και η χρησιμότητα μορφής έχει γενικά συνδεθεί με την παραγωγή και την κατασκευή, η εφοδιαστική μπορεί, επίσης, να συμβάλει στη χρησιμότητα και αυτής της μορφής. Για παράδειγμα, για να επιτύχει οικονομίες παραγωγής - δηλαδή χαμηλότερο κόστος ανά μονάδα- μια εταιρεία αναψυκτικών μπορεί να παράγει χιλιάδες κιβώτια ενός συγκεκριμένου τύπου αναψυκτικού, τα οποία, όμως, δεν μπορούν να πωληθούν όλα μαζί στον τελικό καταναλωτή. Μέσω της κατανομής, τα logistics μπορούν να επιμερίσουν την ποσότητα των χιλιάδων κιβωτίων, σε μικρότερες συσκευασίες, όπως το επιθυμούν οι πελάτες.
- γ. Η χρησιμότητα θέσης αναφέρεται στην ύπαρξη διαθέσιμων προϊόντων όπου τα χρειάζονται οι πελάτες. Μάλιστα, τα προϊόντα μετακινούνται από σημεία μικρότερης αξίας σε σημεία μεγαλύτερης αξίας.
- δ. Η χρησιμότητα χρόνου αναφέρεται στη διάθεση προϊόντων την στιγμή που τα χρειάζονται οι πελάτες. Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι τα προϊόντα έχουν διαφορετικές ευαισθησίες στο χρόνο. Η τριήμερη καθυστέρηση παράδοσης ευπαθών αντικειμένων, για παράδειγμα, πιθανότατα έχει πιο σοβαρές συνέπειες από την καθυστερημένη παράδοση μη ευπαθών ειδών.

Τα παγκόσμια δίκτυα logistics χρησιμεύουν ως ένα κυκλοφοριακό σύστημα για την αντίστοιχη παγκόσμια αλυσίδα προστιθέμενης αξίας, όπου διάφορα στοιχεία στο δίκτυο της εφοδιαστικής εξυπηρετούν διαφορετικές λειτουργίες με οργανωτικά

ενοποιημένο τρόπο. Ως εκ τούτου, προκειμένου να καθιερωθεί μια περιοχή ως βασικό συστατικό στα παγκόσμια δίκτυα logistics, είναι απαραίτητο να δημιουργηθεί ένα όραμα για το πώς πρέπει να τοποθετηθεί η περιοχή στρατηγικά στο πλαίσιο των συνολικών παγκόσμιων δικτύων logistics. Για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος, οι κυβερνήσεις τόσο μεμονωμένα όσο και συλλογικά θα πρέπει να αναπτύξουν και να εφαρμόσουν συστηματικές πολιτικές για την υλοποίηση του οράματος. Η ουσία αυτής της παγκόσμιας ικανότητας logistics ισχύει και για τον ιδιωτικό τομέα. Καθώς οι βιομηχανικές δραστηριότητες επεκτείνονται παγκοσμίως, τα logistics θα περιλαμβάνουν περισσότερες ροές υλικού και πληροφοριών σε μια αλυσίδα εφοδιασμού από τις πηγές έως τους πελάτες, η οποία εκτείνεται πέρα από τα εθνικά σύνορα. Στην αναδιάρθρωση των αλυσίδων εφοδιασμού, η εφοδιαστική πρέπει να αντιμετωπίζεται ως μια ολοκληρωμένη διαδικασία που επιδιώκει να βελτιστοποιήσει αυτές τις ροές. Εάν όλες οι εταιρείες που εμπλέκονται σε μια συγκεκριμένη αλυσίδα εφοδιασμού βελτιστοποιήσουν τα συστήματα logistics τους ανεξάρτητα από άλλες εταιρείες αυτής της αλυσίδας, η διαχείριση των ροών σε ολόκληρη την αλυσίδα είναι πιθανό να μην είναι βέλτιστη. Ένα σύστημα ολοκληρωμένης εφοδιαστικής δύναται, όμως, να ξεπεράσει αυτό το πρόβλημα (OECD, 2002).

Ο έντονος ανταγωνισμός στις σημερινές παγκόσμιες αγορές, η εισαγωγή προϊόντων με σύντομους κύκλους ζωής και οι αυξημένες προσδοκίες των πελατών έχουν αναγκάσει τις μεταποιητικές επιχειρήσεις να επενδύσουν και να εστιάσουν την προσοχή στα συστήματα εφοδιαστικής τους. Αυτό, μαζί με τις αλλαγές στις τεχνολογίες επικοινωνιών και μεταφορών όπως, για παράδειγμα, η κινητή επικοινωνία και η αυθημερόν παράδοση, έχουν δώσει κίνητρα για τη συνεχή εξέλιξη της διαχείρισης των συστημάτων logistics (Bramel and Simchi-Levi, 1997).

1.2 Ορισμός της εφοδιαστικής αλυσίδας

Σύμφωνα με τον Μαλινδρέτο (2015, σ.21) «η Εφοδιαστική Αλυσίδα (ΕΑ) ορίζεται καταρχήν, σαν ένα ολοκληρωμένο δίκτυο ή σύστημα δημιουργίας αξίας, που περιλαμβάνει στενά συνεργαζόμενες επιχειρηματικές μονάδες, παραγωγούς, εμπόρους, λιανοπωλητές και τους καταναλωτές. Η ΕΑ λοιπόν συμπεριλαμβάνει τη ροή υλικών από

τον προμηθευτή πρώτων υλών ή τον παραγωγό του τελικού προϊόντος μέχρι τον τελικό καταναλωτή, παράλληλα με τη ροή πληροφοριών μεταξύ των μελών της αλυσίδας».

Μια αλυσίδα εφοδιασμού είναι το σύνολο των οντοτήτων που εμπλέκονται στο σχεδιασμό νέων προϊόντων και υπηρεσιών, προμηθεύονται πρώτες ύλες, μετατρέποντάς τις σε ημικατεργασμένα και τελικά προϊόντα και παραδίδοντάς τις στους τελικούς πελάτες (Swaminathan, 2001).

Η εφοδιαστική αλυσίδα περιλαμβάνει κατασκευαστές, προμηθευτές, μεταφορείς, αποθήκες, χονδρεμπόρους, λιανοπωλητές, άλλους μεσάζοντες και ακόμη και τους ίδιους τους πελάτες. Κάθε προϊόν που διακινείται στην αγορά καταναλωτικών αγαθών, κατά την εξέλιξή του από πρώτη ύλη μέχρι να λάβει την τελική του μορφή, εμπλέκεται σε μια σειρά διαδοχικών συναλλαγών στην αγορά από επιχείρηση σε επιχείρηση. Για παράδειγμα, όταν ένας τελικός καταναλωτής αγοράζει ένα μπουκάλι Coca Cola, δεν αγοράζει απευθείας από την Coca Cola, αλλά από έναν μεσάζοντα. Μέχρι, όμως, να φθάσει στο σημείο πώλησης το προϊόν έχει εμπλακεί και σε άλλες συναλλαγές, από επιχείρηση σε επιχείρηση, που αφορούν στο κύκλωμα παραγωγός επιχείρηση – χονδρέμπορος – λιανοπωλητής – τελικός καταναλωτής (Căescu and Dumitru, 2011).



Πηγή: *Food Business*, 2015.

Εικόνα 1. Η εφοδιαστική αλυσίδα

Οι Chopra and Meindl (2007) αναφέρουν ότι μια εφοδιαστική αλυσίδα αποτελείται από όλα τα μέρη που εμπλέκονται, άμεσα ή έμμεσα, στην εκπλήρωση ενός αιτήματος του τελικού πελάτη. Μέσα σε κάθε οργανισμό, όπως ένας κατασκευαστής, η αλυσίδα εφοδιασμού περιλαμβάνει όλες τις λειτουργίες που

εμπλέκονται στη λήψη και την πλήρωση ενός αιτήματος πελάτη. Αυτές οι λειτουργίες περιλαμβάνουν, αλλά δεν περιορίζονται, στην ανάπτυξη νέων προϊόντων, στο μάρκετινγκ, στη διανομή, στη χρηματοδότηση και στην εξυπηρέτηση πελατών.

Η εφοδιαστική αλυσίδα μπορεί να χαρακτηρίζεται από διαφορετικούς βαθμούς πολυπλοκότητας που σχετίζονται με τον αριθμό των μελών που εμπλέκονται σε αυτήν και την ποικιλία των επιχειρηματικών διαδικασιών, αλλά πάντα υπάρχει μια κεντρική οργάνωση. Αυτός ο οργανισμός μπορεί να διαχειριστεί ολόκληρη την εφοδιαστική αλυσίδα ή και όχι. Ακόμα και αν η εφοδιαστική αλυσίδα δεν υπόκειται σε διαχείριση - ως φαινόμενο της επιχειρηματικότητας - εξακολουθεί να υπάρχει (Mentzer et al., 2001).

Σημειώνεται ότι η κατεύθυνση των ροών στην αλυσίδα εφοδιασμού δεν είναι μόνο προς τα εμπρός, από τον πρώτο προμηθευτή έως και τον τελικό πελάτη. Τα αγαθά μπορούν να ρέουν προς τα πίσω στην αλυσίδα εφοδιασμού για διαφορετικούς λόγους, όπως η ανάγκη για επισκευή, ανακατασκευή, ανακύκλωση ή απόρριψη. Η αντίστροφη αλυσίδα μπορεί να παίζει σημαντικό ρόλο σε τομείς όπως η ικανοποίηση των πελατών, η ανακύκλωση και η προστασία του περιβάλλοντος. Η αντίστροφη εφοδιαστική αναφέρεται σε ένα σύνολο προγραμμάτων ή ικανοτήτων που στοχεύουν στη μετακίνηση προϊόντων προς την αντίστροφη κατεύθυνση στην αλυσίδα εφοδιασμού -δηλαδή, από τον καταναλωτή στον παραγωγό- και οι σχετικές δραστηριότητες μπορεί να περιλαμβάνουν χειρισμό επιστροφών προϊόντων, ανακύκλωση, επαναχρησιμοποίηση υλικών, διάθεση απορριμμάτων, ανακαίνιση ή ανακατασκευή (Moise, 2008).



Πηγή: Μαλινδρέτος, 2015.

Εικόνα 2. Εφοδιαστική αλυσίδα και αντίστροφη εφοδιαστική αλυσίδα

1.3 Λειτουργίες- στάδια της εφοδιαστικής αλυσίδας

Όπως πληροφορεί ο Μαλινδρέτος (2015), μια εφοδιαστική αλυσίδα ολοκληρώνεται σε τρία στάδια. Στο πρώτο στάδιο εντάσσονται λειτουργίες όπως είναι η διαχείριση των αποθεμάτων, η αποθήκευση, ο έλεγχος υλικών, η παραγωγή και λοιπές. Κατά το δεύτερο στάδιο, οι λειτουργίες αυτές ενσωματώνονται στο πλαίσιο ενός πληροφοριακού συστήματος ERP και στο τρίτο στάδιο, επιδιώκεται η κάθετη ολοκλήρωση στην εφοδιαστική αλυσίδα που υποδηλώνει την επέκταση των δραστηριοτήτων της επιχείρησης υπό τον έλεγχό της.

Σημειώνεται ότι κάθε μία από τις λειτουργίες σε μια αλυσίδα εφοδιασμού τείνει να επικεντρώνεται σε ένα διαφορετικό σύνολο στόχων και μετρήσεων. Οι διευθυντές στην μεταποίηση, λόγω χάρη, δίνουν μεγάλη προσοχή στη χρησιμοποίηση της χωρητικότητας, οι υπεύθυνοι προμηθειών επικεντρώνονται στις τιμές των πρώτων υλών και οι διαχειριστές των Logistics παρακολουθούν τις ροές των αποθεμάτων και το κόστος μεταφοράς. Κάθε μία από αυτές τις λειτουργίες συμβάλλει στην αποτελεσματικότητα και την κερδοφορία μιας εταιρείας, αλλά είναι επίσης σημαντικό να γίνεται κατανοητό και το πώς αυτές οι λειτουργίες επηρεάζουν η μία την άλλη. Το τμήμα προμηθειών, για παράδειγμα, μπορεί να διαπραγματευτεί χαμηλότερες τιμές από έναν προμηθευτή συμφωνώντας να αγοράσει σε μεγαλύτερες ποσότητες υλικά, αλλά αυτά τα μεγαλύτερα μεγέθη λειτουργούν ενάντια στις προσπάθειες των Logistics να μειώσουν τις απαιτήσεις χώρου και να αυξήσουν τις ροές του αποθέματος (Surenian and Stanton, 2022).

Μια αλυσίδα εφοδιασμού αναπτύσσεται ξεκινώντας στάδιο του σχεδιασμού. Χρειάζεται να αναπτυχθεί, δηλαδή, ένα σχέδιο ή μια στρατηγική προκειμένου να προσδιοριστεί το πώς τα προϊόντα και οι υπηρεσίες θα ικανοποιήσουν τις απαιτήσεις και τις ανάγκες των πελατών. Σε αυτό το στάδιο, ο σχεδιασμός θα πρέπει να επικεντρώνεται, κυρίως, στον σχεδιασμό μιας στρατηγικής που αποφέρει το μέγιστο κέρδος (Ροδόπουλος, 2008).

Όπως επισημαίνουν και οι Surenian and Stanton (2022), οι σχεδιαστές και οι διαχειριστές της εφοδιαστικής αλυσίδας πρέπει να δημιουργήσουν ένα περιβάλλον που θα τους επιτρέπει να ελέγχουν με ακρίβεια την παραγωγή και να διατηρούν την επίβλεψη στις κρίσιμες διαδικασίες τους. Χρειάζονται, επίσης, την ικανότητα να

προσαρμόζονται εύκολα εντοπίζοντας τις απαιτήσεις και τους περιορισμούς, καθώς και τη συνεργασία με εταιρικούς σχεδιαστές και στελέχη. Υιοθετώντας την πιο πρόσφατη τεχνολογία, οι εταιρείες μπορούν να αυξήσουν τους ρυθμούς παραγωγής, να επιταχύνουν τις διαδικασίες, να μειώσουν τους κινδύνους και το κόστος και να βελτιώσουν την ποιότητα. Ένα σύστημα σχεδιασμού εφοδιαστικής αλυσίδας μπορεί να προσφέρει όλα αυτά τα οφέλη, αλλά και πολλά άλλα. Από τις απαιτήσεις αποθέματος έως τους περιορισμούς της παραγωγής, ένα σύστημα σχεδιασμού εφοδιαστικής αλυσίδας συμβάλλει στην ενσωμάτωση πολλών από τις κρίσιμες λειτουργίες στην επιχείρησή, ώστε να λαμβάνονται καλύτερες αποφάσεις και να λαμβάνονται πρωτοβουλίες συνεχούς βελτίωσης που βασίζονται σε ακριβή δεδομένα.

Εφόσον έχει ολοκληρωθεί ο σχεδιασμός, το επόμενο βήμα περιλαμβάνει την ανάπτυξη της αλυσίδας ή την προμήθεια. Σε αυτό το στάδιο, το επίκεντρο του ενδιαφέροντος συνίσταται στην οικοδόμηση μιας ισχυρής σχέσης με τους προμηθευτές των πρώτων υλών που απαιτούνται για την παραγωγή. Αυτό περιλαμβάνει όχι μόνο τον εντοπισμό αξιόπιστων προμηθευτών, αλλά και τον καθορισμό διαφορετικών μεθόδων προγραμματισμού για την αποστολή, την παράδοση και την πληρωμή των προϊόντων. Οι εταιρείες πρέπει να επιλέξουν προμηθευτές για να προσφέρουν τα είδη και τις υπηρεσίες που χρειάζονται για να αναπτύξουν το προϊόν τους. Έτσι, σε αυτό το στάδιο, οι διαχειριστές της εφοδιαστικής αλυσίδας πρέπει να δημιουργήσουν ένα σύνολο διαδικασιών τιμολόγησης, παράδοσης και πληρωμής με τους προμηθευτές και, επίσης, να δημιουργήσουν τις μετρήσεις για τον έλεγχο και τη βελτίωση των σχέσεων. Ακόμα, οι διαχειριστές της εφοδιαστικής αλυσίδας μπορούν να συνδυάσουν όλες αυτές τις διαδικασίες για το χειρισμό του αποθέματος των αγαθών και των υπηρεσιών τους. Αυτός ο χειρισμός περιλαμβάνει την παραλαβή και την εξέταση αποστολών, τη μεταφορά τους στις εγκαταστάσεις παραγωγής και τις εντολές πληρωμών για τους προμηθευτές (Μπαλτάς και Παπαβασιλείου, 2003).

Από την στιγμή που οι επιχειρήσεις έχουν λάβει τα απαραίτητα υλικά, μπορεί να ξεκινήσει η παραγωγή των προϊόντων που συνιστά και το τρίτο βασικό στάδιο της εφοδιαστικής αλυσίδας. Σε αυτό το στάδιο, τα προϊόντα σχεδιάζονται, παράγονται, δοκιμάζονται, συσκευάζονται και συγχρονίζονται για παράδοση. Εδώ, η ευθύνη του διαχειριστή της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι να προγραμματίσει όλες τις δραστηριότητες που απαιτούνται για την κατασκευή, τη δοκιμή, τη συσκευασία και

την προετοιμασία για παράδοση. Αυτό το στάδιο θεωρείται ως κρίσιμο για την αξιολόγηση της ποιότητας της εφοδιαστικής αλυσίδας, όπου οι επιχειρήσεις μπορούν να μετρήσουν τα επίπεδά της σε σχέση με την παραγωγή και την παραγωγικότητα των εργαζομένων (Ροδόπουλος, 2008).

Οι Kaminsky and Simchi-Levi (2003) αναφέρουν ότι σε πολλές αλυσίδες εφοδιασμού, τα προϊόντα κατασκευάζονται σε μια σειρά από εγκαταστάσεις παραγωγής, καθεμία από τις οποίες δημιουργεί πρόσθετη αξία στο προϊόν. Αυτό συμβαίνει όταν ένας κατασκευαστής χρησιμοποιεί μια σειρά υπαρχουσών εγκαταστάσεων για την κατασκευή ενός νέου προϊόντος. Κάθε μία από τις υπάρχουσες εγκαταστάσεις έχει τη δυνατότητα να εκτελέσει ένα υποσύνολο βημάτων κατασκευής που απαιτούνται για το νέο προϊόν. Για παράδειγμα, στη φαρμακευτική βιομηχανία, οι εγκαταστάσεις παραγωγής είναι ακριβές στην κατασκευή και τα φαρμακευτικά προϊόντα έχουν περιορισμένη κερδοφόρα διάρκεια ζωής. Έτσι, η παραγωγή πρέπει να αυξάνεται και να μειώνεται γρήγορα. Για αυτούς τους λόγους, συνήθως κατασκευάζονται εγκαταστάσεις πολλαπλών χρήσεων, οι οποίες μπορούν να εκτελέσουν πολλά διαφορετικά στάδια παραγωγής για πολλά διαφορετικά προϊόντα. Μόλις κατασκευαστεί ένα δίκτυο από αυτές τις εγκαταστάσεις, νέα προϊόντα κατασκευάζονται διαδοχικά σε πολλές διαφορετικές εγκαταστάσεις, ανάλογα με τις ιδιαίτερες διαδικασίες που απαιτούνται για την παραγωγή τους.

Το επόμενο στάδιο της αλυσίδας αποτελεί η παράδοση των εμπορευμάτων. Εδώ, τα προϊόντα παραδίδονται στον πελάτη μέσω των σημείων πώλησης. Αυτό το στάδιο είναι, βασικά, η φάση της εφοδιαστικής, όπου γίνονται δεκτές οι παραγγελίες των πελατών και προγραμματίζεται η παράδοση των αγαθών. Έτσι, το στάδιο παράδοσης αναφέρεται συχνά και ως logistics, όπου οι εταιρείες συνεργάζονται για τη λήψη παραγγελιών από πελάτες, δημιουργούν ένα δίκτυο αποθηκών, επιλέγουν μεταφορείς για να παραδίδουν προϊόντα στους πελάτες και δημιουργούν ένα σύστημα τιμολόγησης για τη λήψη πληρωμών (Ροδόπουλος, 2008).

Η λειτουργία της διανομής σε μια αλυσίδα εφοδιασμού είναι μια σημαντική εσωτερική λειτουργία για κάθε επιχείρηση και αναγνωρίζεται όλο και περισσότερο ότι παίζει στρατηγικό ρόλο στην επίτευξη ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος (Borade and Bansod, 2007).

Το τελευταίο στάδιο της εφοδιαστικής αλυσίδας αφορά στις επιστροφές. Στο στάδιο αυτό, τα ελαττωματικά ή κατεστραμμένα εμπορεύματα επιστρέφονται στον προμηθευτή από τον πελάτη. Εδώ, οι εταιρείες πρέπει να ασχοληθούν με τα ερωτήματα των πελατών και να απαντήσουν στα παράπονά τους κ.λπ. Αυτό το στάδιο, συχνά, τείνει να είναι ένα προβληματικό τμήμα της αλυσίδας εφοδιασμού για πολλές εταιρείες. Οι σχεδιαστές της εφοδιαστικής αλυσίδας οφείλουν, παρόλα αυτά, να διαμορφώσουν ένα ευαίσθητο και ευέλικτο δίκτυο για την αποδοχή κατεστραμμένων, ελαττωματικών και επιπλέον προϊόντων από τους πελάτες τους και τη διευκόλυνση της διαδικασίας επιστροφής για πελάτες που έχουν προβλήματα με τα προϊόντα που παραδίδονται (Rogers et al., 2002).

1.4 Διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας

Οι διαχειριστές των εφοδιαστικών αλυσίδων λαμβάνουν σημαντικές αποφάσεις σχετικά με το πότε θα αγοράσουν υλικά, ποια προϊόντα θα παρασκευάσουν και τον όγκο του αποθέματος που θα διακρατήσουν. Αυτές οι αποφάσεις έχουν εκτεταμένες επιπτώσεις σε κάθε τμήμα της επιχείρησης, από τα επίπεδα εξυπηρέτησης πελατών έως τη χρήση της παραγωγικής ικανότητας (Surenian and Stanton, 2022).

Υπό την στενή έννοια, η εφοδιαστική αλυσίδα δεν είναι μια αλυσίδα επιχειρήσεων, αλλά ένα δίκτυο επιχειρήσεων και σχέσεων. Η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας προσφέρει την ευκαιρία σύλληψης της συνέργειας της ενδοεταιρικής και διεταιρικής ολοκλήρωσης και διαχείρισης. Υπό αυτή την έννοια, η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας ασχολείται με την αριστεία των επιχειρηματικών διαδικασιών και αντιπροσωπεύει έναν νέο τρόπο διαχείρισης της επιχείρησης και των σχέσεων με άλλα μέλη της αλυσίδας εφοδιασμού (Ροδόπουλος, 2008).

Το πεδίο της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας αναπτύχθηκε για τη διαχείριση της ροής πληροφοριών, προϊόντων και υπηρεσιών σε ένα δίκτυο πελατών, επιχειρήσεων και συνεργατών της εφοδιαστικής αλυσίδας. Βέβαια, από την δεκαετία του 1980 που εισήχθη ως έννοια, η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας έχει υποστεί σημαντικές αλλαγές και επεκτάσεις (Russel and Taylor, 2009).

Από την δεκαετία του 1990, η εστίαση έχει αλλάξει από την εσωτερική αποτελεσματικότητα στη λειτουργία της εφοδιαστικής σε εξωτερικές σχέσεις μεταξύ των μερών στη συνολική αλυσίδα εφοδιασμού. Το μεγαλύτερο δυναμικό για βελτιώσεις δεν βρίσκεται εντός, δηλαδή, μιας μεμονωμένης εταιρείας, αλλά βασίζεται στις διεπαφές μεταξύ νομικά ανεξάρτητων εταιρειών στην αλυσίδα εφοδιασμού. Αυτή η εξέλιξη έχει ενισχύσει τη σημασία της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας (Skjoett-Larsen, 2000).

Τα ζητήματα διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες που αφορούν στην διαμόρφωση και τον συντονισμό. Τα θέματα σε επίπεδο διαμόρφωσης σχετίζονται με τον σχεδιασμό υψηλού επιπέδου και τη βασική υποδομή της αλυσίδας εφοδιασμού και τα θέματα σε επίπεδο συντονισμού σχετίζονται με τις τακτικές αποφάσεις και τις καθημερινές λειτουργίες της αλυσίδας εφοδιασμού (Μπαλτάς και Παπαβασιλείου, 2003).

Η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας περιλαμβάνει τις δραστηριότητες εφοδιαστικής, καθώς και τον συντονισμό και τη συνεργασία του προσωπικού, των επιπέδων και των λειτουργιών. Η αλυσίδα εφοδιασμού περιλαμβάνει παγκόσμιους κατασκευαστές και την δυναμική της προσφοράς και της ζήτησης, αλλά η εφοδιαστική τείνει να επικεντρώνεται περισσότερο σε συγκεκριμένες εργασίες εντός ενός συγκεκριμένου προγράμματος που σχετίζονται με τις τακτικές αποφάσεις και τις καθημερινές λειτουργίες της αλυσίδας εφοδιασμού (U.S. Agency for International Development, 2011).

Σύμφωνα με τους Bowersox et al. (2002), η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας αποτελείται από εταιρείες που συνεργάζονται για να αξιοποιήσουν τη στρατηγική τους θέση και να βελτιώσουν τη λειτουργική αποδοτικότητα. Για κάθε εμπλεκόμενη εταιρεία, η σχέση της εφοδιαστικής αλυσίδας αντικατοπτρίζει τη στρατηγική της επιλογή. Οι λειτουργίες της εφοδιαστικής αλυσίδας απαιτούν διεργασίες διαχείρισης που εκτείνονται σε λειτουργικούς τομείς εντός μεμονωμένων εταιρειών και συνδέουν εμπορικούς εταίρους και πελάτες σε οργανωτικά όρια.

Η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας συγχωνεύει βασικά τη διαχείριση προσφοράς και ζήτησης. Χρησιμοποιεί διαφορετικές στρατηγικές και προσεγγίσεις για να περιλάβει ολόκληρη την αλυσίδα και να εργαστεί αποτελεσματικά σε κάθε βήμα που εμπλέκεται στην αλυσίδα. Κάθε μονάδα που συμμετέχει στη διαδικασία

πρέπει να στοχεύει στην ελαχιστοποίηση του κόστους, δημιουργώντας παράλληλα αξία για τους μετόχους και τους πελάτες της (Ροδόπουλος, 2008).

Ο Sweeney (2007) αναφέρει ότι η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι ο συστημικός, στρατηγικός συντονισμός της παραδοσιακής επιχειρηματικής λειτουργίας και τακτικής, σε αυτές τις επιχειρηματικές λειτουργίες, εντός μιας συγκεκριμένης εταιρείας και σε όλες τις επιχειρήσεις εντός της αλυσίδας εφοδιασμού. Στόχο αποτελεί η βελτίωση της μακροπρόθεσμης απόδοσης των εταιρειών ανεξάρτητα, αλλά και της εφοδιαστικής αλυσίδας ως συνόλου.

Η ακριβής αντιστοίχιση προσφοράς και ζήτησης είναι ο απώτερος στόχος της αποτελεσματικής διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας, αλλά αυτό περιπλέκεται από την αβεβαιότητα σε διάφορα επίπεδα της διαδικασίας. Λόγου χάρη, υπάρχει αβεβαιότητα στην ανάπτυξη προϊόντων και τεχνολογίας, στην πρόβλεψη της ζήτησης των πελατών, στις καθημερινές λειτουργίες και στην παραγωγή και στην προσφορά. Συνήθως, η αβεβαιότητα δημιουργεί μεγαλύτερη αναποτελεσματικότητα στο σύστημα. Για παράδειγμα, εάν η τελική ζήτηση για ένα ένδυμα σε ένα κατάστημα δεν μπορεί να προβλεφθεί με ακρίβεια, τότε η εταιρεία είτε έχει πολύ λίγα αποθέματα είτε παράγει πάρα πολλά (Μαρινάκης και Μυγδαλάς, 2008).

Μια αποτελεσματική αλυσίδα εφοδιασμού συμβάλλει στη βελτίωση της αποτελεσματικότητας του κόστους σε όλα τα μέρη ενός προγράμματος εφοδιαστικής και μπορεί να αξιοποιήσει σωστά τους περιορισμένους πόρους. Η ενίσχυση και η διατήρηση του συστήματος εφοδιαστικής αλυσίδας είναι μια επένδυση που αποδίδει με τρεις τρόπους. Πιο συγκεκριμένα (Ροδόπουλος, 2008):

1. Μειώνει τις απώλειες που οφείλονται στην υπερκατανάλωση, τη σπατάλη, τη λήξη, τη ζημία, την υποβάθμιση και την αναποτελεσματικότητα.
2. Προστατεύει άλλες σημαντικές επενδύσεις.
3. Μεγιστοποιεί τη δυνατότητα ανάκτησης του κόστους.

Αναλυτικότερα, τα οφέλη της ορθής διαχείρισης μιας εφοδιαστικής αλυσίδας μπορεί να υποστηριχθεί ότι έχουν ως κάτωθι (Παπαδημητρίου και Σχινάς, 2004):

- Δημιουργεί καλύτερες σχέσεις με τους πελάτες και συμβάλλει στην καλύτερη εξυπηρέτηση.

- ✚ Δημιουργεί καλύτερους μηχανισμούς παράδοσης για τα προϊόντα και τις υπηρεσίες, με ελάχιστη καθυστέρηση.
- ✚ Βελτιώνει την παραγωγικότητα και τις επιχειρηματικές λειτουργίες.
- ✚ Ελαχιστοποιεί το κόστος αποθήκευσης και μεταφοράς.
- ✚ Ελαχιστοποιεί το άμεσο και έμμεσο κόστος.
- ✚ Βοηθά στην επίτευξη της αποστολής των σωστών προϊόντων στο σωστό μέρος τη σωστή στιγμή.
- ✚ Βελτιώνει τη διαχείριση των αποθεμάτων, υποστηρίζοντας την επιτυχή εκτέλεση μοντέλων αποθεμάτων just-in-time.
- ✚ Βοηθά τις εταιρείες να προσαρμοστούν στις προκλήσεις της παγκοσμιοποίησης, στις οικονομικές αναταραχές, καθώς και στη διεύρυνση των προσδοκιών των καταναλωτών.
- ✚ Βοηθά τις εταιρείες στην ελαχιστοποίηση των αποβλήτων, στην εξάλειψη του κόστους και στην επίτευξη αποτελεσματικότητας σε όλα τα στάδια της εφοδιαστικής αλυσίδας.

1.5 Η εφοδιαστική αλυσίδα και η ναυτιλία

Όπως έχει καταστεί σαφές, ένα καίριο ζήτημα στην ομαλή λειτουργία μιας εφοδιαστικής αλυσίδας αποτελεί και η μεταφορά- διανομή των προϊόντων στα σημεία πώλησης, ώστε να φθάσουν στον τελικό καταναλωτή. Άρα, εδώ αναδεικνύεται η σημασία και ο ρόλος του εκάστοτε μεταφορικού μέσου που χρησιμοποιείται κατά την ολοκλήρωση της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Όπως ορθά επισημαίνει ο Δαμιανίδης (2008), η χρήση των πλωτών μέσων, ανεξαρτήτου μεγέθους, υπήρξε διαχρονικά μέχρι και σήμερα αναπόσπαστο στοιχείο της ζωής και της οικονομίας. Τα πλωτά σκάφη εξυπηρετούν πρωτεύουσες ανάγκες κι επιθυμίες των ανθρώπων, όπως την επικοινωνία, τη μεταφορά αγαθών, την απόκτηση τροφής -κυρίως μέσω της αλιείας- και την εκμετάλλευση του θαλάσσιου φυσικού πλούτου.

Οι θαλάσσιες μεταφορές αποτελούν τον βασικό πυλώνα στήριξης του διεθνούς εμπορίου και της παγκόσμιας οικονομίας. Αυτό στηρίζεται στο γεγονός ότι

από το 80% του όγκου του διεθνούς εμπορίου αγαθών μεταφέρεται δια θαλάσσης και το ποσοστό είναι ακόμη υψηλότερο για τις περισσότερες αναπτυσσόμενες χώρες (UNCTAD, 2021).

Η ναυτιλιακή βιομηχανία είναι μια από τις παλαιότερες βιομηχανίες και εξακολουθεί να παίζει σημαντικό ρόλο στη σύγχρονη κοινωνία, καθώς σήμερα, πάνω από 55.000 φορτηγά πλοία δραστηριοποιούνται στο διεθνές εμπόριο. Ο στόλος προέρχεται από περισσότερες από 150 χώρες, με περισσότερα από 1,5 εκατομμύρια ναυτικούς να εργάζονται σε όλο τον κόσμο στον κλάδο αυτό. Χαρακτηριστικά αναφέρεται, επίσης, ότι περίπου 20 εκατομμύρια εμπορευματοκιβώτια (container) μεταφέρονται στους ωκεανούς ημερησίως (Grbic, 2016).

Υπολογίζεται ότι, περίπου, 11 δισεκατομμύρια τόνοι εμπορευμάτων μεταφέρονται με πλοία κάθε χρόνο, μέγεθος που αντιπροσωπεύει 1,5 τόνο ανά άτομο, με βάση τον τρέχοντα παγκόσμιο πληθυσμό. Η ικανότητα της ναυτιλίας να μεταφέρει αγαθά και υλικά από το σημείο παραγωγής τους στο σημείο που τελικά θα καταναλωθεί στηρίζει τη σύγχρονη ζωή. Για την Ευρωπαϊκή Ένωση, η ναυτιλία αντιπροσωπεύει το 80% των συνολικών εξαγωγών και εισαγωγών κατ' όγκο και περίπου 50% κατά αξία. Το 2019, η συνολική αξία του ετήσιου παγκόσμιου ναυτιλιακού εμπορίου είχε φτάσει σε αξία τα 14 τρισεκατομμύρια δολάρια ΗΠΑ (International Chamber of Shipping, 2020).

Η παγκοσμιοποίηση και η τεχνολογική επανάσταση στον τομέα των μεταφορών, συμπεριλαμβανομένης της μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων, της ολοκλήρωσης της εφοδιαστικής και της επακόλουθης επέκτασης της ναυτιλιακής βιομηχανίας, έχουν επαναπροσδιορίσει τον λειτουργικό ρόλο της ναυτιλίας και των λιμένων στις παγκόσμιες αλυσίδες εφοδιαστικής και εφοδιασμού και έχουν δημιουργήσει ένα νέο πρότυπο διανομής εμπορευμάτων. Η ταχεία αύξηση του παγκόσμιου εμπορίου κατά την τελευταία δεκαετία έχει αναδιαρθρώσει την παγκόσμια ναυτιλιακή βιομηχανία, έχοντας επιφέρει νέες εξελίξεις, απορρύθμιση, απελευθέρωση και αυξημένο ανταγωνισμό. Έχουν, επιπρόσθετα, σημειωθεί δραματικές αλλαγές στον τρόπο διεθνούς εμπορίου και μεταφοράς εμπορευμάτων, που χαρακτηρίζονται από την επικράτηση των μοντέλων εξυπηρέτησης business-to-business και των ολοκληρωμένων αλυσίδων εφοδιασμού. Αυτές οι αλλαγές έχουν ενσωματωθεί στην αυξανόμενη ζήτηση για υπηρεσίες logistics προστιθέμενης αξίας

και στην ενσωμάτωση διαφόρων τρόπων μεταφοράς, όπως συστήματα μεταφοράς μεταξύ ή πολλαπλών μέσων (Song and Panayides, 2015).

Οι θαλάσσιες μεταφορές, ως κεντρικό ολοκληρωμένο στοιχείο των παγκόσμιων συστημάτων logistics, επιβάλλεται να παρέχει όχι μόνο υπηρεσίες που σχετίζονται με τις μεταφορές, αλλά και άλλες σχετικές και ευρύτερες υπηρεσίες υλικοτεχνικής υποστήριξης με πιο αποτελεσματικό και αποδοτικότερο τρόπο. Το σύστημα θαλάσσιων μεταφορών που εμπλέκεται σε βάθος σε ολόκληρες τις ροές εφοδιαστικής αναφέρεται συχνά ως «θαλάσσια εφοδιαστική». Η κύρια αξία της θαλάσσιας εφοδιαστικής αναγνωρίζεται στην επίτευξη υψηλού ποσοστού λειτουργικής αποτελεσματικότητας - όπως η μείωση του χρόνου παράδοσης και του επιχειρηματικού κόστους- και της αποτελεσματικότητας υπηρεσιών - όπως ευελιξία, ανταπόκριση και αξιοπιστία (Lee et al., 2015a).

Η εφοδιαστική αλυσίδα, όπως μπορεί να γίνει αντιληπτό, είναι ένα δυναμικό σύστημα που διαθέτει, και πρέπει να διαθέτει, ευελιξία ώστε να εξυπηρετεί τους σκοπούς της με τον καλύτερο δυνατό τρόπο. Σε αυτό, κάθετη επίδραση έχουν η εξέλιξη της τεχνολογίας και οι εφαρμογές που αναπτύσσονται βάσει αυτής. Έτσι, σήμερα γίνεται λόγος για την εφοδιαστική αλυσίδα 4.0 που αποτελεί επιμέρους εκδήλωση της Βιομηχανίας 4.0, η οποία εξετάζεται στο αμέσως επόμενο κεφάλαιο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. Η ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ 4.0

Στις ενότητες του παρόντος κεφαλαίου αποσαφηνίζεται το περιεχόμενο του σύγχρονου όρου Βιομηχανία 4.0 ο οποίος αφορά στην τέταρτη βιομηχανική επανάσταση που ξεκίνησε με τον 21^ο αιώνα. Επίσης, αναφέρονται οι βασικές εφαρμογές που έχουν αναπτυχθεί στο πλαίσιο αυτό και χρησιμοποιούνται σε διάφορες παραγωγικές διαδικασίες.

2.1 Ορισμός Βιομηχανίας 4.0

Η περίοδος της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης άρχισε το 2000 και βασίστηκε στην τρίτη, την ψηφιακή επανάσταση που ξεκίνησε στα μέσα του περασμένου αιώνα (Xu et al., 2018).

«Η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση υποκινεί τις προόδους της επιστήμης και της τεχνολογίας, όπου το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) και οι τεχνολογίες υποστήριξης του χρησιμεύουν ως ραχοκοκαλιά για τα Cyber-Physical Systems (CPS) και οι έξυπνες μηχανές χρησιμοποιούνται ως προωθητές για τη βελτιστοποίηση των αλυσίδων παραγωγής. Αυτή η πρόοδος υπερβαίνει τα οργανωτικά και εδαφικά όρια, προσφέροντας ευελιξία, ευφυΐα και δικτύωση» (Liao et al., 2018).

Σύμφωνα με τους Damiani et al. (2018, p. 624) «ο όρος Βιομηχανία 4.0 αναφέρεται σε νέα πρότυπα παραγωγής, συμπεριλαμβανομένων νέων τεχνολογιών, παραγωγικών παραγόντων και οργανώσεων εργασίας, που αλλάζουν εντελώς τις παραγωγικές διαδικασίες και τη σχέση μεταξύ πελάτη και εταιρείας με σχετικές επιπτώσεις στην αλυσίδα προσφοράς και αξίας».

Η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση, η οποία θεωρείται ότι ξεκίνησε από την βιομηχανία της Γερμανίας, αναφέρεται κι ως έξυπνη επανάσταση ή ως Βιομηχανία 4.0 (Jagatheesaperumal et al., 2021).

Πίνακας 1. Οι τέσσερις βιομηχανικές επαναστάσεις

Περίοδος	Βασικά τεχνολογικά χαρακτηριστικά περιόδου
Πρώτη βιομηχανική επανάσταση: 1760-1900	<ul style="list-style-type: none"> • Μηχανική παραγωγή. • Ενέργεια από το νερό και τον άνεμο. • Επέκταση του παγκόσμιου εμπορίου. • Εξειδίκευση στην εργασία. • Ανάπτυξη βιομηχανιών κλωστοϋφαντουργίας, σιδήρου, άνθρακα.
Δεύτερη βιομηχανική επανάσταση: 1900-1960	<ul style="list-style-type: none"> • Νέες μορφές επιχειρήσεων. • Εφαρμοσμένη επιστήμη. • Χημικά προϊόντα. • Τηλέφωνο, τηλέγραφος, φωνογραφία. • Εκτεταμένη χρήση μηχανών στην μεταποίηση. • Ουρανοξύστες. • Ενέργεια από ηλεκτρισμό, ατμό και πετρέλαιο. • Αυτοκίνητα, αεροπλάνα, μηχανές εσωτερικής καύσης, ποδήλατα, σιδηρόδρομοι.
Τρίτη βιομηχανική επανάσταση: 1960-2000	<ul style="list-style-type: none"> • Διαδίκτυο και παγκόσμιος ιστός. • Υπολογιστές. • Αυτοματοποίηση, ηλεκτρονικές και πυρηνικές βιομηχανίες. • Τηλεπικοινωνίες. • Τεχνολογία πληροφοριών.
Τέταρτη βιομηχανική επανάσταση: 2000-σήμερα	<ul style="list-style-type: none"> • Μηχανική μάθηση. • Οπτικοποίηση. • Διαδίκτυο των πραγμάτων. • Ανάλυση μεγάλων δεδομένων. • Υπολογιστική νέφους. • Έξυπνη βιομηχανία.

Πηγή: Kumar and Nayyar, 2020.

Η Βιομηχανία 4.0 αντιπροσωπεύει την ενοποίηση εργαλείων που είναι γνωστά ήδη από το παρελθόν, όπως τα μεγάλα δεδομένα, το cloud computing, τα ρομπότ, η τρισδιάστατη εκτύπωση, η προσομοίωση, τα οποία, όμως, πλέον είναι συνδεδεμένα σε ένα παγκόσμιο δίκτυο μεταδίδοντας ψηφιακά δεδομένα (Pettillo et al., 2018).

Όπως υποστηρίζουν οι Zheng et al. (2020), οι σύγχρονες απαιτήσεις για ταχύτερους χρόνους παράδοσης, πιο αποτελεσματικές και αυτοματοποιημένες διαδικασίες, υψηλότερης ποιότητας και για προσαρμοσμένα προϊόντα ωθούν τις επιχειρήσεις προς την υιοθέτηση εφαρμογών της Βιομηχανίας 4.0.

Οι Kumar and Nayyar (2022) ορθά σχολιάζουν ότι ο 21^{ος} αιώνας βρίσκεται σε ένα σημείο όπου η παραγωγή προϊόντων και η παροχή υπηρεσιών επιδέχονται κάθετες μεταλλάξεις. Η ψηφιοποίηση της σύγχρονης εποχής, σε σχέση με την παραγωγή, στοχεύει στο να ελαχιστοποιήσει την ανθρώπινη παρέμβαση και την χειροκίνητη εργασία.

Στις τρεις προηγούμενες βιομηχανικές επαναστάσεις, έγιναν αρκετά σφάλματα που οδήγησαν σε οικονομικά κραχ και στην καταστροφή του περιβάλλοντος, αλλά ταυτόχρονα, σημειώθηκαν και θετικές εξελίξεις, όπως η αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού, η βελτίωση του προσδόκιμου ζωής και η μείωση του ποσοστού των ανθρώπων που ζουν σε συνθήκες απόλυτης φτώχειας. Οι βασικές επιδιώξεις της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης περιλαμβάνουν την πρόοδο και την ποιοτική βιωσιμότητα της ανθρωπότητας. Προκειμένου, όπως, αυτά να καταστούν δυνατά πρέπει το σύνολο του κόσμου να επιχειρήσει βήματα προς τα εμπρός (Λακασάς, 2021).

Η χρήση των εφαρμογών της Βιομηχανίας 4.0 γίνεται για τους παρακάτω βασικούς λόγους (Zezulka et al., 2016):

- α. Την ψηφιοποίηση και ενσωμάτωση κάθε απλής τεχνικοοικονομικής σχέσης σε πολύπλοκα τεχνικά-οικονομικά δίκτυα.
- β. Την προσφορά ψηφιοποιημένων προϊόντων και υπηρεσιών.
- γ. Την δημιουργία νέων μοντέλων λειτουργίας των αγορών.

Η δε μετάβαση στην τέταρτη βιομηχανική επανάσταση βασίστηκε στις πιο κάτω παρεμβάσεις (Stăncioiu, 2017):

- Εφαρμογή της τεχνολογίας πληροφοριών και επικοινωνιών για την ψηφιοποίηση και την ενσωμάτωση πληροφοριακών συστημάτων στο σχεδιασμό, την ανάπτυξη, την παραγωγή και τη χρήση.
- Εισαγωγή νέων τεχνολογιών λογισμικού για μοντελοποίηση, προσομοίωση, εικονικοποίηση και ψηφιακή παραγωγή.
- Ανάπτυξη κυβερνο-φυσικών συστημάτων για την παρακολούθηση και τον έλεγχο των φυσικών διεργασιών.
- Εξέλιξη των τρισδιάστατων εκτυπωτών και της κατασκευής προσθέτων για την απλοποίηση της παραγωγής.
- Υποστήριξη στην λήψη αποφάσεων και εργαλεία υποστήριξης με χρήση επαυξημένης πραγματικότητας. Νέες μορφές αλληλεπίδρασης ανθρώπου και μηχανών. Πολλές από αυτές τις τεχνολογίες είναι διαθέσιμες εδώ και μερικά χρόνια, ενώ άλλες δεν είναι ακόμη κατάλληλες για χρήση σε μεγάλη κλίμακα.

Πρέπει να αναφερθεί ότι μέσω των εφαρμογών της Βιομηχανίας 4.0- οι βασικότερες εκ των οποίων σχολιάζονται στην συνέχεια- υποστηρίζεται η πλήρης ιχνηλασιμότητα του κύκλου ζωής των προϊόντων. Ταυτόχρονα, επιτρέπεται η κατοχή πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο για έγκαιρη λήψη αποφάσεων, συμπεριλαμβανομένων πληροφοριών για αυτόνομη λήψη αποφάσεων χωρίς ανθρώπινη συμμετοχή, διαφανείς πληροφορίες σε όλη τη διαδικασία παραγωγής, ενώ η ανίχνευση σφαλμάτων στην κατασκευή και η άμεση επιστροφή του προϊόντος για τη διόρθωσή του και ο εντοπισμός πιθανών αστοχιών ενεργούν προληπτικά. Οι εφαρμογές αυτές, επίσης, επιτρέπουν τον προγραμματισμό προληπτικής συντήρησης, την παρακολούθηση της διαδικασίας εξ αποστάσεως για την αποφυγή περικοπών στην παραγωγή λόγω αστοχίας εξοπλισμού, τον προγραμματισμό κατασκευής σε διαφορετικά σημεία ανεξαρτήτως γεωγραφικής θέσης, τη διευκόλυνση της επικοινωνίας με διαφορετικούς προμηθευτές καθ' όλη τη διάρκεια της διαδικασίας, τη μείωση των αποθεμάτων και των χρόνων παράδοσης, την απόκτηση πληροφοριών για τη χρήση και τη διάρκεια ζωής του προϊόντος και πληροφορίες για τη δημιουργία νέων επιχειρηματικών μοντέλων (Velásquez et al., 2018).

Όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό, η Βιομηχανία 4.0 εισάγει νέες ευκαιρίες, οι οποίες, όμως, είναι σε θέση να διαταράξουν την παραδοσιακή προσέγγιση των βιομηχανιών. Χάρη στον αυξανόμενο αριθμό νέων ψηφιακών τεχνολογιών, οι εφαρμογές της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης έχουν πολυάριθμες επιπτώσεις

σε όλες τις κύριες διαδικασίες παραγωγής. Επιπρόσθετα, η επίδραση αυτή μπορεί να έχει διαφορετική ένταση ή μορφή, εφόσον ορισμένες τεχνολογίες δύνανται να έχουν εγκάρσιες επιπτώσεις σε όλες τις διεργασίες, ενώ άλλες μπορεί να επικεντρώνονται αποκλειστικά σε μία διαδικασία (Zheng et al., 2020).

Όπως υποστηρίζει και ο Λακασάς (2021), η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση θα μεταλλάσσει άρδην τις συνθήκες ζωής του ανθρώπου, τις κοινωνικές αλληλεπιδράσεις και διαμορφώνει ένα νέο πλαίσιο στην παγκόσμια οικονομία. Η επικοινωνία των ανθρώπων, των επιχειρήσεων, των κρατών και, πλέον, και των μηχανών, με την πάροδο του χρόνου, δεν θα είναι η ίδια. Το ίδιο θα συμβεί στην αγορά εργασίας, στην επιχειρηματικότητα, στην έρευνα και στην καινοτομία.

Είναι βέβαιο ότι η Βιομηχανία 4.0 θα αλλάξει την παραγωγή στο εγγύς μέλλον όπου οι μηχανές, σε μια έξυπνη μονάδα παραγωγής, θα αλληλεπιδρούν με το περιβάλλον τους. Οι συνηθισμένες μηχανές θα μετατραπούν σε συσκευές με επίγνωση του πλαισίου στο οποίο λειτουργούν. Αυτός ο μετασχηματισμός θα δώσει σε αυτές τις συσκευές τη δυνατότητα να επεξεργάζονται δεδομένα σε πραγματικό χρόνο για αυτοδιάγνωση και πρόληψη πιθανών διαταραχών στη διαδικασία παραγωγής. Επιπλέον, οι προηγμένες μηχανές θα έχουν την δυνατότητα να δίνουν προτεραιότητα μεταξύ των διαφόρων εργασιών για τη βελτιστοποίηση της ποιότητας ή της απόδοσης παραγωγής (Gökalp et al., 2016).

2.2 Εφαρμογές Βιομηχανίας 4.0

Στις πιο κάτω υποενότητες αναφέρονται τα βασικά χαρακτηριστικά και οι χρήσεις των κυριότερων εφαρμογών της Βιομηχανίας 4.0.

2.2.1 Κυβερνο- φυσικά συστήματα (Cyber Physical Systems)

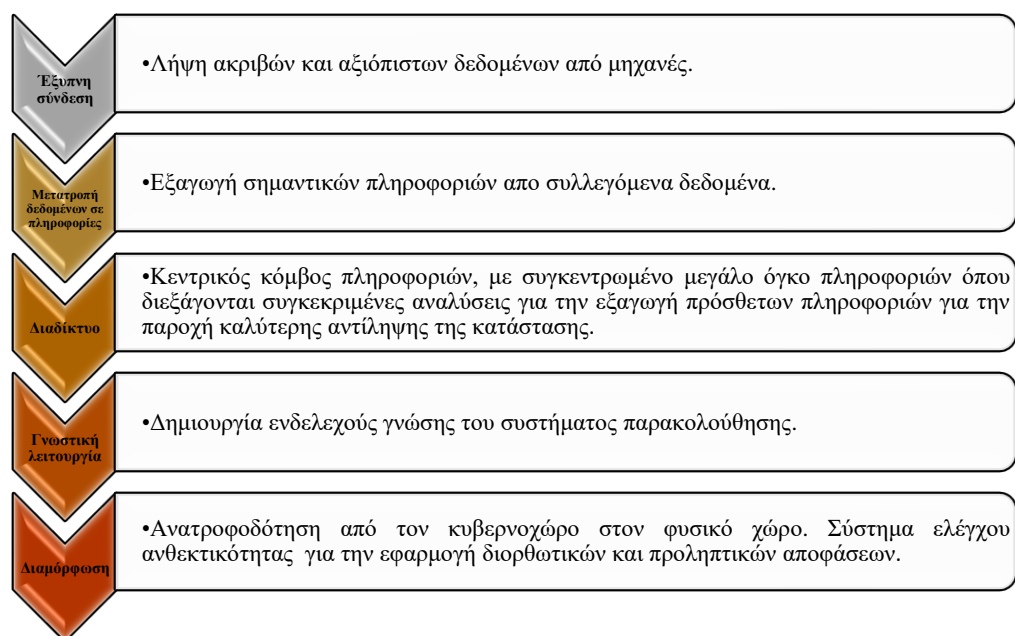
Όπως αναφέρουν οι Lee et al. (2015b) τα κυβερνο- φυσικά συστήματα αποτελούνται από δύο βασικά λειτουργικά στοιχεία που είναι η προηγμένη συνδεσιμότητα που διασφαλίζει την απόκτηση δεδομένων, σε πραγματικό χρόνο, από τον φυσικό κόσμο

και την ανάδραση πληροφοριών από τον κυβερνοχώρο, καθώς και η έξυπνη διαχείριση δεδομένων, δηλαδή, η αναλυτική και υπολογιστική ικανότητα του κυβερνοχώρου.

Στα κυβερνο- φυσικά συστήματα η φυσική και η ψηφιακή διάσταση συγχωνεύονται. Όσον αφορά το επίπεδο της παραγωγής, καθώς και αυτό των προϊόντων, εμφανίζονται συστήματα των οποίων η φυσική και η ψηφιακή αναπαράσταση δεν μπορούν πλέον να διαφοροποιηθούν με εύλογο τρόπο. Για παράδειγμα στην περίπτωση της συντήρησης μηχανημάτων, οι παράμετροι διεργασίας – όπως η καταπόνηση και ο παραγωγικός χρόνος- των μηχανικών εξαρτημάτων που υποκρύπτουν μια φυσική φθορά καταγράφονται ψηφιακά. Η πραγματική κατάσταση του συστήματος προκύπτει από το φυσικό αντικείμενο και τις ψηφιακές παραμέτρους διεργασίας του (Lasi et al., 2014).

Σε ένα κυβερνο-φυσικό σύστημα, τα στοιχεία ελέγχου και οι αισθητήρες του συνδέονται με μηχανές και συσκευές, με εγκαταστάσεις, δίκτυα, σκάφη και ανθρώπους (AL-Salman and Salih, 2019).

Η ανάπτυξη ενός κυβερνο- φυσικού συστήματος μπορεί να αποδοθεί ως κάτωθι:



Πηγή: Wang and Wang, 2016.

Σχήμα 1. Η αρχιτεκτονική ενός κυβερνο-φυσικού συστήματος

Με βάση τα παραπάνω, ένα κυβερνο-φυσικό σύστημα ξεκινά να αναπτύσσεται με την συλλογή δεδομένων που συλλέγονται από διάφορες συσκευές και τα οποία, εν συνεχεία, με την συνδρομή του διαδικτύου υπόκεινται σε επεξεργασία ώστε να παραχθεί γνώση η οποία είναι χρήσιμη για τον προσδιορισμό μιας τρέχουσας κατάστασης και για την μετέπειτα λήψη αποφάσεων.

Τα εν λόγω συστήματα αποτελούν σήμερα την ιδανική βάση για τη δημιουργία προηγμένων βιομηχανικών συστημάτων και εφαρμογών ενσωματώνοντας καινοτόμες λειτουργίες μέσω του διαδικτύου των πραγμάτων, εφόσον επιτρέπουν τη σύνδεση των λειτουργιών της φυσικής πραγματικότητας με υποδομές υπολογισμού και επικοινωνίας (Lu, 2017).

2.2.2 Μεγάλα δεδομένα (Big Data)

Η ανάλυση μεγάλων δεδομένων αναφέρεται στη διαδικασία ανάλυσης πολύ μεγάλων συνόλων δεδομένων για την αποκάλυψη κρυφών μοτίβων, άγνωστων συσχετίσεων κ.λπ. Πρόκειται για σύνολα δεδομένων που είναι τόσο πολύπλοκα που το παραδοσιακό λογισμικό εφαρμογών επεξεργασίας δεδομένων είναι ανεπαρκές για την διαχείρισή τους (Engin & Treleaven, 2019).

Τα μεγάλα δεδομένα αφορούν στην συγκέντρωση, αποθήκευση κι επεξεργασία μεγάλου όγκου δεδομένων προκειμένου να εξάγονται πληροφορίες. Τα δεδομένα αυτά είναι άρρηκτα συνδεδεμένα με σύγχρονες λύσεις όπως η μηχανική μάθηση, η αυτοματοποιημένη λήψη αποφάσεων και η προβλεπτική ικανότητα των αλγορίθμων (Lofgren & Webster, 2020).

Στα σύγχρονα ψηφιακά εργοστάσια όλα τα συστήματα, οι διαδικασίες, οι μηχανές και τα προϊόντα συνδέονται ψηφιακά. Αυτή η ψηφιοποίηση των βιομηχανιών έχει ως αποτέλεσμα μια μεγάλη συλλογή δεδομένων που καλύπτουν διαφορετικές πτυχές των βιομηχανιών, η οποία είναι ένα εξαιρετικά πολύτιμο υλικό για τις έξυπνες βιομηχανίες. Η επέκταση και η ανάπτυξη των υποδομών μεγάλων δεδομένων σε βιομηχανίες μπορεί να δημιουργήσει μεγάλο όγκο επιχειρησιακών πληροφοριών που δεν μπορούν πλέον να ερμηνευθούν από τον άνθρωπο. Εντοπίζεται, έτσι, ήδη μια μετάβαση προς την ανάλυση δεδομένων,

συμπεριλαμβανομένης της ανάπτυξης αλγορίθμων ικανών να λαμβάνουν αυτόνομες και ακριβείς αποφάσεις. Στην πραγματικότητα, το εργοστάσιο του μέλλοντος αναμένεται να αποτελείται από ευφυή ρομπότ αυτομάθησης όπου τα κυβερνο-φυσικά συστήματα μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους. Οι ίδιες οι μηχανές θα μπορούν να ζητήσουν τις πρώτες ύλες και διάφορες υπηρεσίες όποτε χρειάζεται (Jagatheesaperumal et al., 2021).

Σύμφωνα με τους Javaid et al. (2021), τα οφέλη από την αξιοποίηση των μεγάλων δεδομένων στην βιομηχανία είναι τα παρακάτω:

- ⇒ Κατοχή ποιοτικών δεδομένων που αφορούν στην βιομηχανία.
- ⇒ Ενημέρωση σε σχέση με όλες τις μορφές αποθεμάτων.
- ⇒ Μείωση κόστους μεταποίησης.
- ⇒ Βελτίωση της δέσμευσης και της ικανοποίησης των πελατών.
- ⇒ Καταγραφή όλων των διαδικασιών που εμπλέκονται στην μεταποίηση.
- ⇒ Εκτίμηση κινδύνων για την βιομηχανία.
- ⇒ Κατάλληλος έλεγχος της παραγωγικής διαδικασίας.
- ⇒ Ενίσχυση της αποδοτικότητας.
- ⇒ Εντοπισμός τρωτών σημείων και προβλημάτων.
- ⇒ Εντοπισμός αιτιών αποτυχίας.
- ⇒ Παροχή δυνατοτήτων ανάπτυξης.

Ο Witkowski (2017) παραθέτει ένα παράδειγμα χρήσης των μεγάλων δεδομένων το οποίο εφαρμόζεται από την εταιρεία ταχυμεταφορών DHL. Η εν λόγω εταιρεία εφαρμόζει το λεγόμενο “Resilience360” το οποίο είναι ένα όργανο σχεδιασμένο για τη διαχείριση του κινδύνου στην αλυσίδα εφοδιασμού. Μέσω αυτού, η DHL μπορεί να παρέχει στους πελάτες πληροφορίες σχετικά με πιθανές παρεμβολές στις αντίστοιχες αλυσίδες εφοδιασμού τους. Αυτό γίνεται μέσω της συλλογής και αξιολόγησης δεδομένων έτσι ώστε όχι μόνο να προστατευτεί, αλλά και να βελτιωθεί η αποτελεσματικότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας. Ως εκ τούτου, δεν υπάρχει διακοπή στις λειτουργίες και είναι δυνατό να επιτευχθεί μόνιμα η ικανοποίηση του πελάτη. Το εργαλείο "Resilience360" περιέχει δύο στοιχεία που σχετίζονται με την ανάλυση αξιολόγησης κινδύνου, καθώς και εργαλεία παρακολούθησης της εφοδιαστικής αλυσίδας που λειτουργούν σχεδόν σε πραγματικό χρόνο. Η ισχύς της αλυσίδας και οι συναφείς απώλειες εσόδων εξαρτώνται από το

εάν θα συμβεί διακοπή στην παραγωγή. Επιπρόσθετα, το μοντέλο «DHL Geovista» επιτρέπει τη λήψη λεπτομερούς ανάλυσης και αξιολόγησης πολύ περίπλοκων γεωγραφικών δεδομένων, γεγονός που διευκολύνει σημαντικά τους παρόχους υπηρεσιών logistics να προβλέψουν την πολλαπλότητα των πωλήσεων, που δημιουργούν μικρές και μεσαίες επιχειρήσεις. Τα μεγάλα δεδομένα, έτσι, επιτρέπουν στους παρόχους υπηρεσιών να βελτιστοποιούν τις διαδικασίες εφοδιαστικής, να βελτιώνουν την εξυπηρέτηση των πελατών.

2.2.3 Τεχνητή νοημοσύνη (Artificial Intelligence)

Η τεχνητή νοημοσύνη περιλαμβάνει συστήματα τα οποία είναι ικανά να εκτελούν εργασίες που, συνήθως, απαιτούν ανθρώπινη νοημοσύνη (Engin & Treleaven, 2019).

Όπως υποστηρίζει ο Λακασάς (2021), οι εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης στην καθημερινότητα του ανθρώπου έχουν συνδράμει καθοριστικά, ώστε η τελευταία να αλλάξει άρδην προς το καλύτερο, κάτι που δημιουργεί επιπλέον προσδοκίες.

Σήμερα, η τεχνητή νοημοσύνη, αν κι εφαρμόζεται σε περιορισμένες περιπτώσεις που αφορούν την μετακίνηση αντικειμένων, ανθρώπων και ζώων, στην επεξεργασία της γλώσσας, στους εικονικούς βοηθούς, στα έξυπνα ρομπότ και τα αυτόνομα οχήματα, θεωρείται μια σημαντική καινοτομία. Βέβαια, η δημιουργία εφαρμογών βασισμένων στην τεχνητή νοημοσύνη δεν έχει ανάπτυξη, διότι απαιτεί κοστοβόρες υποδομές και εξειδικευμένο προσωπικό (Surdej, 2020).

Οι υποστηρίζουν ότι Jagatheesaperumal et al. (2021), η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να εξίσου χρήσιμη τόσο για τους παραγωγούς όσο και για τους καταναλωτές. Σε σχέση με τους καταναλωτές μπορεί να δώσει την δυνατότητα χρήσης νέων προϊόντων και υπηρεσιών. Όσον αφορά τις επιχειρήσεις, δημιουργεί νέες ευκαιρίες, όπως καλύτερη εξυπηρέτηση πελατών, εύκολη συντήρηση, καλύτερη παρακολούθηση στα logistics. Επιπλέον, οι άμεσες γνώσεις για τον κατασκευαστικό τομέα και άλλες υπηρεσίες μπορούν εύκολα να παρακολουθηθούν και να ελεγχθούν με τη μόχλευση της τεχνητής νοημοσύνης σε βιομηχανίες. Ο αυτοματισμός που βασίζεται στην τεχνητή νοημοσύνη στις βιομηχανίες εξασφαλίζει, επίσης, ποιοτικές

υπηρεσίες με την υποστήριξη προηγμένων τεχνολογιών ρομποτικής και τριδιάστατης εκτύπωσης.

Πίνακας 2. Πεδία εμπλοκής τεχνητής νοημοσύνης

Αναπαράσταση Γνώσης (Knowledge Representation)	Μελετά το σύνολο των μοντέλων αναπαράστασης γνώσης στο χώρο της Γνωστικής Επιστήμης καθώς και τις μεθόδους επεξεργασίας τους.
Αντίληψη Μηχανής ή Μηχανική Όραση (Machine Vision)	Αφορά την αναγνώριση οπτικής εικόνας.
Επεξεργασία και Κατανόηση Φυσικής Γλώσσας (Natural Language Processing and Understanding)	Αφορά την επικοινωνία του χρήστη με τη μηχανή μέσω γραπτής αλλά και προφορικής φυσικής γλώσσας, καθώς και τη μετάφραση γλωσσών.
Μηχανισμοί Εξαγωγής Συμπερασμάτων – Έμπειρα Συστήματα (Expert Systems)	Εδώ εξετάζεται η ύπαρξη μηχανισμών που να χειρίζονται κατάλληλα τα γεγονότα και τους κανόνες, μέσω των οποίων αναπαρίσταται οι λογικοί συλλογισμοί, ώστε να εξάγονται σωστά συμπεράσματα.
Επίλυση Προβλημάτων (Problem Solving)	Στον τομέα αυτό μελετώνται ευφυείς αλγόριθμοι αναζήτησης λύσεων.
Μηχανική Μάθηση (Machine Learning)	Ασχολείται με το σχεδιασμό συστημάτων που μπορούν να μαθαίνουν μέσω επαγωγικών μεθόδων, όπως τα δένδρα απόφασης, να επιδεικνύουν δυνατότητες ελέγχου προτύπων, όπως τα νευρωνικά δίκτυα, και να αυτο-προσαρμόζονται βελτιστοποιώντας την απόδοσή τους, όπως οι γενετικοί αλγόριθμοι.
Σχεδιασμός Ενεργειών (Planning)	Εδώ μελετώνται τρόποι αποδοτικότερου σχεδιασμού ενεργειών και έχει εφαρμοστεί με επιτυχία σε προγραμματισμό παραγωγής σε βιομηχανίες και σε περιπτώσεις όπου πρέπει να αντιμετωπιστούν κρίσιμα γεγονότα.
Ρομποτική (Robotics)	Ασχολείται με την κίνηση, το χειρισμό και την αναγνώριση αντικειμένων από μηχανές.
Νοήμονες Πράκτορες (Intelligent Agents)	Προγράμματα που προσφέρουν ευφυή υποστήριξη σε άλλα προγράμματα ή στον χρήστη.
Ευφυείς Υπηρεσίες Διαδικτύου και Σημασιολογικού Ιστού (Semantic Web)	Ευφυείς διαδικτυακοί πράκτορες για υποστήριξη χρηστών στη χρήση του διαδικτύου και την πρόσβαση σε πληροφορίες του σημασιολογικού ιστού (π.χ. υπηρεσίες Big Data).
Προσαρμοζόμενα και Εξελισσόμενα Ευφυή Συστήματα	Μοντέρνα υβριδικά συστήματα μηχανικής μάθησης.
Ευφυή Εργαλεία (Intelligent Tools)	Εδώ περιλαμβάνονται οι γλώσσες προγραμματισμού TN και τα περιβάλλοντα ανάπτυξής τους.

Πηγή: Γεωργούλη, 2015.

Όπως καταδεικνύεται, η τεχνητή νοημοσύνη σήμερα αξιοποιείται σε μια ευρεία ποικιλία εφαρμογής προηγμένης τεχνολογίας και μπορεί να βρει πρακτική εφαρμογή σε διάφορους τομείς.

Σε σχέση με τις δημόσιες μεταφορές, λόγω χάρη, η εφαρμογή λύσεων τεχνητής νοημοσύνης εικάζεται ότι θα είναι διαφοροποιημένη και σταδιακή. Υπάρχουν διαφορετικά επίπεδα και διαστάσεις της χρήσης της τεχνητής νοημοσύνης στον τομέα των μεταφορών. Από την μια, μπορεί να βελτιώνουν την οδηγική ασφάλεια, να αυξάνουν την άνεση της οδήγησης και μπορεί ακόμη και να εκτοπίσουν

εντελώς τους οδηγούς. Τα εργαλεία που βασίζονται στην τεχνητή νοημοσύνη συμβάλλουν στη μείωση της συμφόρησης, του χρόνου οδήγησης και στην κατανάλωση καυσίμου, χάρη στη διαθεσιμότητα προσαρμοσμένων οδικών χαρτών σε πραγματικό χρόνο που βοηθούν τους οδηγούς για τα δρομολόγια που θα επιλέξουν. Τα εργαλεία τεχνητής νοημοσύνης που υποστηρίζουν προγράμματα οδήγησης παράγουν θετικές οικονομικές επιπτώσεις χάρη σε λιγότερα ατυχήματα και την λιγότερη συμφόρηση. Στις δημόσιες μεταφορές, η χρήση της τεχνητής νοημοσύνης μπορεί να οδηγήσει σε άμεση εξοικονόμηση κόστους η οποία μπορεί να προέλθει από τη μείωση του αριθμού των απασχολούμενων οδηγών και την εξοικονόμηση λόγω μείωσης του αριθμού των μεταφορικών μέσων που απαιτούνται για την εξυπηρέτηση του ίδιου αριθμού επιβατών.

Η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να χρησιμοποιηθεί ακόμα και για την παραγωγή ενέργειας. Στην περίπτωση της παραδοσιακής ενέργειας από άνθρακα και της μικτής παραγωγής ενέργειας με χαμηλές εκπομπές άνθρακα, η τεχνολογία της τεχνητής νοημοσύνης έχει φέρει πλεονεκτήματα στην ανάπτυξη του τομέα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Από τη μία πλευρά, κατά τη λειτουργία του εξοπλισμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, η τεχνολογία αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παρακολούθηση της κατάστασης λειτουργίας διαφόρων γεννητριών, στο διαδίκτυο, σε πραγματικό χρόνο. Αρχικά, η απόκτηση δεδομένων απόδοσης μιας γεννήτριας σε πραγματικό χρόνο και διαφόρων δεδομένων παραμέτρων λειτουργίας, συμπεριλαμβανομένης της παραγωγής ενέργειας, της θερμοκρασίας απαγωγής θερμότητας κατά τη λειτουργία της γεννήτριας κ.λπ., συλλέγεται μέσω εξελιγμένου εξοπλισμού αισθητήρων. Στη συνέχεια, τα δεδομένα μεταδίδονται στο κέντρο επεξεργασίας δεδομένων για ανάλυση και επεξεργασία σε πραγματικό χρόνο και μια οπτική διεπαφή κατάλληλη για χειροκίνητη παρατήρηση, πραγματοποιείται μέσω της ψηφιακής τεχνολογίας. Τελικά, μέσω διαδικτυακών επεξεργασμένων δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, η κατάσταση υλοποίησης και λειτουργίας διαφόρων γεννητριών αντικατοπτρίζεται στην οπτική διεπαφή (Ahmad et al., 2022).

2.2.4 Εικονική Πραγματικότητα (Virtual Reality)

Η εικονική πραγματικότητα αξιοποιεί την τεχνολογία των υπολογιστών για να δημιουργήσει ένα προσομοιωμένο περιβάλλον (Λακασάς, 2021).

Όσοι εισέρχονται σε ένα εικονικό περιβάλλον μπορούν να βιώνουν την αίσθηση, της ακοής και της αφής (Lei et al., 2022).

Η εικονική πραγματικότητα, αποτελεί μια ψηφιακή τεχνολογία που παρέχει μια προσομοιωμένη εμπειρία που είναι σχεδόν ίδια ή διαφορετική από το φυσικό περιβάλλον εργασίας ή δραστηριότητας. Η εικονική πραγματικότητα χρησιμοποιείται σε βιντεοπαιχνίδια, στην εκπαίδευση, στην ιατρική εξάσκηση, στην στρατιωτική εκπαίδευση και αλλού. Το περιβάλλον που παρέχει αυτή η τεχνολογία παρουσιάζει τα πλεονεκτήματα της μεγάλης άνεσης, της δημιουργικότητας και της παραγωγικότητας. Τα άτομα μπορούν να συνεργαστούν σε πραγματικό χρόνο, να επισκέπτονται τις προσομοιώσεις και να καταγράφουν το περιεχόμενο (Javaid et al., 2020).

Σύμφωνα με τους Lei et al. (2022, p. 4353) *«η τεχνολογία της εικονικής πραγματικότητας στοχεύει να διεγείρει τη φαντασία και τη δημιουργικότητα των δημιουργών στο μέγιστο δυνατό βαθμό για την ανακατασκευή του φυσικού κόσμου σε ένα εικονικό περιβάλλον, τη δημιουργία νέων συναισθημάτων και την υπέρβαση του χρόνου και του χώρου στον οικείο και άγνωστο εικονικό κόσμο»*.

2.2.5 Επαυξημένη πραγματικότητα (Augmented Reality)

Η επαυξημένη πραγματικότητα είναι μια προηγμένη μορφή της εικονικής πραγματικότητας όπου εικονικά στοιχεία του περιβάλλοντος που δημιουργούνται από υπολογιστή, προστίθενται μεμονωμένα ή ομαδικά στον πραγματικό κόσμο, μέσω καμερών που είναι ενσωματωμένες σε κινητές συσκευές. Οι προσφερόμενες υπηρεσίες σε πραγματικό χρόνο στον τομέα της τεχνολογίας αυτής επιτρέπουν τη χρήση τέτοιων λύσεων σε πολλές βιομηχανίες σε όλο τον κόσμο και τον σχεδιασμό σύγχρονων εικονικών συστημάτων που εισάγονται στον πραγματικό κόσμο (Machala et al., 2022).

Σε αντίθεση με την εικονική πραγματικότητα η επαυξημένη πραγματικότητα δεν δημιουργεί καθ' ολοκληρία ένα εικονικό περιβάλλον, αλλά εμπλέκεται σε μια πραγματική κατάσταση και ενσωματώνει στοιχεία, όπως και παραστάσεις, σε αυτήν. Προσφέρεται, δηλαδή, μια διαφορετική εκδοχή της πραγματικότητας με στοιχεία που δημιουργούνται από έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή (Lavingia and Tanwar, 2020).

Κατά την παραγωγική διαδικασία και ανάλογα με τον τύπο της εφαρμογής επαυξημένης πραγματικότητας που χρησιμοποιείται, οι εργαζόμενοι δύνανται να λαμβάνουν πρόσθετες διαδικτυακές πληροφορίες που εμπλουτίζουν τον πραγματικό κόσμο και, έτσι, να λειτουργούν πιο αποτελεσματικά. Οι πληροφορίες μπορεί να συνίστανται στην παροχή οδηγιών βήμα προς βήμα, στην εμφάνιση προσαρμοσμένων οδηγιών, στην επισήμανση θέσεων για λήψη εξαρτημάτων, στην εμφάνιση περιγραφών κειμένου, στην πλοήγηση χρηστών στην αποθήκη, στην εμφάνιση βημάτων συναρμολόγησης με τρισδιάστατα εικονικά αντικείμενα, στην εμφάνιση τελικής συναρμολόγησης δίνοντας ηχητικές οδηγίες, καθώς και στην εμφάνιση μηνυμάτων εάν παρουσιαστεί σφάλμα ή προειδοποιήσεις εάν ο χρήστης εκτελεί λανθασμένες ενέργειες. Επιπρόσθετα, η ικανότητα των χρηστών να εισάγουν δεδομένα στο σύστημα μπορεί να είναι πολύ χρήσιμη σε διαγνωστικές διαδικασίες ή εργασίες συντήρησης. Οι σχεδιαστές και οι μηχανικοί μπορούν να εργαστούν σε κοινά έργα από σχεδόν οποιαδήποτε τοποθεσία σε όλο τον κόσμο και να εκτελέσουν αλλαγές σε στοιχεία ή διαδικασίες κατασκευής προϊόντων σε πραγματικό χρόνο, ενώ ταυτόχρονα καθιστούν τις αλλαγές ορατές σε όλα τα μέλη της ομάδας. Σε περίπτωση δυσκολιών με την εγκατάσταση ή την επισκευή του μηχανήματος, μπορούν να ληφθούν πρόσθετες πληροφορίες μέσω συσκευών επαυξημένης πραγματικότητας, πάντα σε πραγματικό χρόνο, ή άλλοι ανεξάρτητοι ειδικοί και συνάδελφοι μπορούν να συμμετάσχουν (Ro et al., 2017).

Σύμφωνα με τους Nee and Ong (2013), καθημερινά, σχεδόν, εντοπίζονται νέες δυνατότητες για την εφαρμογή της επαυξημένης πραγματικότητας. Μάλιστα, η ικανότητά της να παρέχει υψηλή αισθητική δυνατότητα και η σχετική ευκολία υλοποίησης έχει ξεπεράσει την εικονική πραγματικότητα, η οποία ανθούσε στα τέλη της δεκαετίας του 1990. Σήμερα, εντοπίζεται ένας μεγάλος αριθμός εφαρμογών επαυξημένης πραγματικότητας για φορητές συσκευές και έξυπνα τηλέφωνα. Βέβαια, στον τομέα της παραγωγής οι εφαρμογές της είναι σχετικά νέα, σε σύγκριση με τις κοινωνικές εφαρμογές και τις εφαρμογές ψυχαγωγίας. Αυτό οφείλεται σε μεγάλο

βαθμό στις αυστηρότερες απαιτήσεις για την ακρίβεια παρακολούθησης και καταχώρισης.

2.2.6 Διαδίκτυο των πραγμάτων (Internet of Things)

«Το διαδίκτυο των πραγμάτων είναι ένα σύστημα από διασυνδεδεμένους υπολογιστές, συσκευές κι αισθητήρες, τα οποία είναι ενσωματωμένα σε καθημερινά αντικείμενα, με μοναδικά αναγνωριστικά χαρακτηριστικά, που λαμβάνουν ή/και μεταδίδουν δεδομένα μέσω του διαδικτύου χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση, έτσι ώστε συνεργατικά να εκτελείται υπό συνθήκες κάποια ενέργεια ή/και να ελέγχεται μια κατάσταση μέσω ειδικού λογισμικού» (Παναγιωτακόπουλος, 2018, σ.39).

Πρόκειται για μια αυτοματοποιημένη λύση που έχει οδηγήσει σε τεράστια ανάπτυξη στην αυτοματοποιημένη μεταποίηση και κατασκευή, την διαχείριση περιουσιακών στοιχείων κ.λπ. Η συλλογή δεδομένων γίνεται με τη βοήθεια αισθητήρων που ενσωματώνονται σε κινητά τηλέφωνα, ρομπότ κ.λπ., ενώ τα δεδομένα που συλλέγονται, στη συνέχεια, αποστέλλονται για ανάλυση και λήψη αποφάσεων σε έναν κεντρικό διακομιστή cloud (Javaid et al., 2020).

Ο Witkowski (2017) πληροφορεί ότι το διαδίκτυο των πραγμάτων φέρει τρία ιδιαίτερα γνωρίσματα που συνίστανται στο πλαίσιο, την πανταχού παρουσία και την βελτιστοποίηση. Το πρώτο, αναφέρεται στη δυνατότητα μιας προηγμένης αλληλεπίδρασης αντικειμένου με ένα υπάρχον περιβάλλον και στην άμεση απόκριση από αυτό στην αλλαγή. Το χαρακτηριστικό του περιβάλλοντος επιτρέπει στα αντικείμενα να παρέχουν πληροφορίες όπως τοποθεσία, φυσική κατάσταση ή ατμοσφαιρικές συνθήκες. Η πανταχού παρουσία αναφέρεται στο γεγονός ότι τα αντικείμενα σήμερα είναι πολύ περισσότερο από απλές συνδέσεις σε ένα δίκτυο χρηστών ανθρώπων-παρόχων. Η βελτιστοποίηση είναι η έκφραση της λειτουργικότητας που διαθέτει κάθε αντικείμενο.

Το διαδίκτυο των πραγμάτων επιτρέπει την ανίχνευση και τον εξ αποστάσεως έλεγχο των αντικειμένων, δημιουργώντας την ευκαιρία για πιο άμεση ενοποίηση μεταξύ του φυσικού κόσμου και των συστημάτων που βασίζονται σε υπολογιστές και καταλήγοντας σε βελτιωμένη απόδοση, ακρίβεια και οικονομικό όφελος. Βέβαια, δεν

είναι το αποτέλεσμα μιας και μόνο νέας τεχνολογίας. Αντίθετα, πολλές συμπληρωματικές τεχνικές εξελίξεις συνδυάζονται και παρέχουν δυνατότητες που, συνολικά, συμβάλλουν στη γεφύρωση του χάσματος μεταξύ του εικονικού και του φυσικού κόσμου. Αυτές οι δυνατότητες περιλαμβάνουν επικοινωνία και συνεργασία, δυνατότητα διεύθυνσης, αναγνώριση, ανίχνευση, ενεργοποίηση, ενσωματωμένη επεξεργασία πληροφοριών, εντοπισμό και διεπαφή (Bisio et al., 2018).

Οι βιομηχανίες και οι επιχειρήσεις έχουν την δυνατότητα να συνδέσουν τις εγκαταστάσεις τους και κάθε κρίσιμη υποδομή με το διαδίκτυο των πραγμάτων. Έτσι, οι υπεύθυνοι θα είναι σε θέση να παρακολουθούν, ανεξάρτητα από τον χώρο στον οποίο βρίσκονται, την εξέλιξη της εργασίας, την ποιότητα των προϊόντων και την κατάσταση του μηχανολογικού εξοπλισμού (Παναγιωτακόπουλος, 2014).

Οι Lampropoulos et al. (2019) αναφέρουν ότι υπάρχει μια συγκεκριμένη υποκατηγορία λειτουργιών του διαδικτύου των πραγμάτων η οποία εστιάζει στις εφαρμογές στις σύγχρονες βιομηχανίες και στην ευφυή κατασκευή και καλείται ως βιομηχανικό διαδίκτυο των πραγμάτων (Industrial Internet of Things) το οποίο θεωρείται ότι είναι ένα σύνθετο σύστημα με μεγάλη ποικιλία υποσυστημάτων. Συνδυάζει πολλές καινοτόμες βασικές τεχνολογίες, έτσι ώστε να παράγει ένα σύστημα που λειτουργεί πιο αποτελεσματικά από το άθροισμα των μερών του. Αυτός ο συγκεκριμένος τομέας χαρακτηρίζεται από τις ποικίλες καινοτόμες εφαρμογές και υπηρεσίες του, τις διάφορες διασυνδεδεμένες συσκευές του, καθώς και τις καινοτόμες παραγωγικές του δραστηριότητες.

2.2.7 Τεχνολογία Blockchain

Το Blockchain είναι μια βάση δεδομένων που δημιουργεί ένα κατανεμημένο και αδιαπραγμάτευτο ψηφιακό βιβλίο συναλλαγών, που διατηρούνται από κάθε συμμετέχοντα κόμβο (Zheng et al., 2020).

Η τεχνολογία Blockchain άρχισε να αναπτύσσεται κατά την πρώτη δεκαετία του 21^{ου} αιώνα, με την δημιουργία των πρώτων κρυπτονομισμάτων, όπως το Bitcoin. Το Blockchain, όταν εφαρμόζεται στα κρυπτονομίσματα, είναι ένα νέο τεχνολογικό δίκτυο που επιτρέπει τη μεταφορά περιουσιακών στοιχείων, μέσω αποκεντρωμένων

κρυπτογραφικών μητρώων. Βασίζεται στη δυσκολία εμπλοκής πολλών κόμβων και σε σχετικές μαθηματικές πράξεις. Βασικά, οι συμμετέχοντες που περιλαμβάνονται σε αυτήν τη βάση δεδομένων καταγράφουν μεταφορές πολύτιμων περιουσιακών στοιχείων σε άλλους συμμετέχοντες, έτσι ώστε οι μεταφορές να αντιγράφονται από πολλούς και η ακρίβεια των αρχείων να επαληθεύεται από αποκεντρωμένες αρχές εμπιστοσύνης (Kartal and Öztürk- Can, 2022).

Όσοι εμπλέκονται σε ένα τέτοιο δίκτυο καλούνται κόμβοι και επικοινωνούν και επικυρώνουν τα δεδομένα ακολουθώντας ένα προκαθορισμένο πρωτόκολλο, χωρίς να παρεμβάλλεται κάποια κεντρική αρχή. Τα κατανεμημένα λογιστικά βιβλία μπορούν να είναι είτε αποκεντρωμένα, δίνοντας ίσα δικαιώματα σε όλους τους χρήστες είτε κεντρικά, παρέχοντας σε συγκεκριμένους χρήστες ειδικά δικαιώματα. Ανάλογα με τα δικαιώματα των χρηστών, το Blockchain, έτσι, μπορεί να σχεδιαστεί ως κεντρικό ή αποκεντρωμένο καθολικό. Εάν το Blockchain έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε η λήψη αποφάσεων να μοιράζεται μεταξύ πολλών χρηστών, είναι αποκεντρωμένη. Εάν μια κεντρική οντότητα είναι ο κύριος υπεύθυνος λήψης αποφάσεων, τότε είναι συγκεντρωτική (Esmailian et al., 2020).

Δίνοντας δημόσιο χαρακτήρα σε κάθε πληροφορία, το Blockchain περιορίζει δραστικά την δυνατότητα απάτης, επειδή δεν είναι δυνατόν να πλαστογραφηθεί η ύπαρξη ενός περιουσιακού στοιχείου που βρίσκεται σε κοινή θέα (Λακασάς, 2021).

Όπως υποστηρίζουν οι Fernández-Caramés and Fraga-Lamas (2019), οι εφαρμογές της Βιομηχανίας 4.0 ομοιάζουν με την λειτουργία των κρυπτονομισμάτων, καθώς εμπλέκουν πολλές οντότητες που μπορεί να μην εμπιστεύονται η μία την άλλη. Ωστόσο, αυτές οντότητες διαφέρουν από τα κρυπτονομίσματα σε ορισμένες πτυχές, όπως η χρήση συσκευών περιορισμού ισχύος που πρέπει να αλληλεπιδρούν με το Blockchain είτε άμεσα ή έμμεσα.

Η τεχνολογία Blockchain είναι σε θέση να μεταβάλλει τον τρόπο με τον οποίο ο διοικητικός έλεγχος ρυθμίζεται και διατηρείται ψηφιακά. Κι αυτό, διότι σε ένα τέτοιο δίκτυο τα δεδομένα μετατρέπονται σε ψηφιακούς κώδικες, αποθηκεύονται σε κοινόχρηστες βάσεις δεδομένων, έχουν υψηλότερη διαφάνεια και περιορισμένο κίνδυνο διαγραφής και αναθεώρησης. Είναι, δηλαδή, αμετάβλητα. Το δυναμικό του Blockchain έγκειται σε κάθε συμφωνία, πληρωμή και συναλλακτική δραστηριότητα που βρίσκεται σε ψηφιακό αρχείο. Αυτές οι εγγραφές μπορούν να επικυρωθούν και

να μοιραστούν σε άτομα, μηχανές, αλγόριθμους και οργανισμούς, χωρίς να υπάρχει η ανάγκη για μεσάζοντες (Lansiti and Lakhani, 2017, αναφέρονται στους Esmailian et al., 2020).

2.2.8 Υπολογιστικό νέφος (Cloud computing)

Όπως πληροφορεί ο Λακασάς (2021) η χρήση του όρου υπολογιστικό νέφος έγινε, για πρώτη φορά, το 1996 και, ουσιαστικά, αναφέρεται στην διάθεση υπολογιστικών πόρων μέσω διαδικτύου παρέχοντας, έτσι, στον χρήστη ευελιξία και υψηλή αυτοματοποίηση. Το Cloud Computing άλλαξε σημαντικά τον τρόπο με τον οποίο λειτουργούν οι επιχειρήσεις, καθώς όλες οι διεργασίες των δεδομένων, του λογισμικού και των υπηρεσιών γίνονται μέσω απομακρυσμένων υπολογιστών σε κέντρα δεδομένων κεντρικής διαχείρισης.

Με τα συστήματα τύπου cloud, ο χρήστης έχει την δυνατότητα να αποθηκεύσει δεδομένα σε ένα εικονικό, διαδικτυακό χώρο. Η δε πρόσβαση στα δεδομένα αυτά μπορεί να γίνει εύκολα και δεν εξαρτάται από τον χώρο ή το μέσο που θα χρησιμοποιήσει ο χρήστης για τον σκοπό αυτό. Σημειώνεται ότι ο χρήστης δεν γνωρίζει τον φυσικό χώρο που αποθηκεύονται τα δεδομένα του, καθώς αυτός ρυθμίζεται από τα κέντρα δεδομένων της εταιρείας που παρέχει την εξυπηρέτηση μέσω υπηρεσιών cloud (Παναγιωτακόπουλος, 2018).

Το υπολογιστικό νέφος βασίζεται σε μια κλιμακούμενη δομή η οποία επιτρέπει την κατανάλωση πόρων, κατόπιν αιτήματος. Αυτό, με την σειρά του, οδηγεί σε μείωση του κόστους, καθώς αποφεύγει την εμπλοκή διακομιστών, αδειών και την πρόσληψη εξειδικευμένου προσωπικού για συντήρηση, καθώς και την εξοικονόμηση ενέργειας. Επιπλέον, παρέχει εύκολη πρόσβαση στην αποθήκευση από διαφορετικά γεωγραφικά σημεία και διαφορετικά χρονοδιαγράμματα, ανεξάρτητα από την πλατφόρμα και τις συσκευές σύνδεσης. Όλα αυτά, διευκολύνουν τη δημιουργία βιομηχανικών οικοσυστημάτων και ενθαρρύνουν τη συνεργασία μεταξύ πελατών και προμηθευτών. Συγκεκριμένα, ο πελάτης μπορεί να συμμετέχει σε όλα τα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας και ως εκ τούτου βελτιώνεται η ικανοποίησή του (Velásquez et al., 2018).

Όπως υποστηρίζουν οι AL-Salman and Salih (2019), το υπολογιστικό νέφος διαδραματίζει ζωτικό ρόλο στο διαδίκτυο των υπηρεσιών, εφόσον επιτρέπει την παροχή αιτημάτων κατ' απαίτηση, υπολογιστικών υποδομών και πλατφορμών.

2.2.9 Ρομποτική (Robotics)

Όπως υποστηρίζουν οι Δερβιτσιώτης και Λαγοδήμος (2007), η ρομποτική είναι μια από τις πιο εντυπωσιακές εξελίξεις της σύγχρονης εποχής. Τα ρομπότ είναι επεξεργαστές πολλών λειτουργιών που ελέγχονται από έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή. Ένα ρομπότ είναι δυνατό να επαναπρογραμματίζεται για την εκτέλεση διαφόρων λειτουργιών. Σημειώνεται ότι, σε μεγάλο βαθμό, η εξέλιξη και διάδοση των ρομπότ για βιομηχανική ή άλλες χρήσεις είναι στενά συνυφασμένη με την επινόηση κι εξέλιξη των μικροεπεξεργαστών για τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές. Στην ουσία, ο μικροεπεξεργαστής λειτουργεί ως εγκέφαλος για ένα ρομπότ ελέγχοντας, με διάφορα προγράμματα, τις κινήσεις και τις αντιδράσεις του απέναντι σε διάφορα ερεθίσματα.

Αναλυτικότερα, ένα ρομπότ είναι μια μηχανή η οποία μπορεί (Παναγιωτακόπουλος, 2018):

1. Να κινηθεί συνολικά ή κατά ένα τμήμα της.
2. Να προγραμματιστεί, ώστε να εκτελεί διαφορετικές λειτουργίες.
3. Μετά τον προγραμματισμό, να λειτουργεί αυτόματα.

Η είσοδος των ρομπότ στην ζωή του σύγχρονου ανθρώπου αποτελεί αναπόδραστη πραγματικότητα και σχετίζεται με δύο προσεγγίσεις. Η μια αφορά τον πολίτη- καταναλωτή και η άλλη την οικονομία και την βιομηχανία, μιας και η ρομποτική είναι ο δρόμος του μέλλοντος για τις επιχειρήσεις (Λακασάς, 2021).

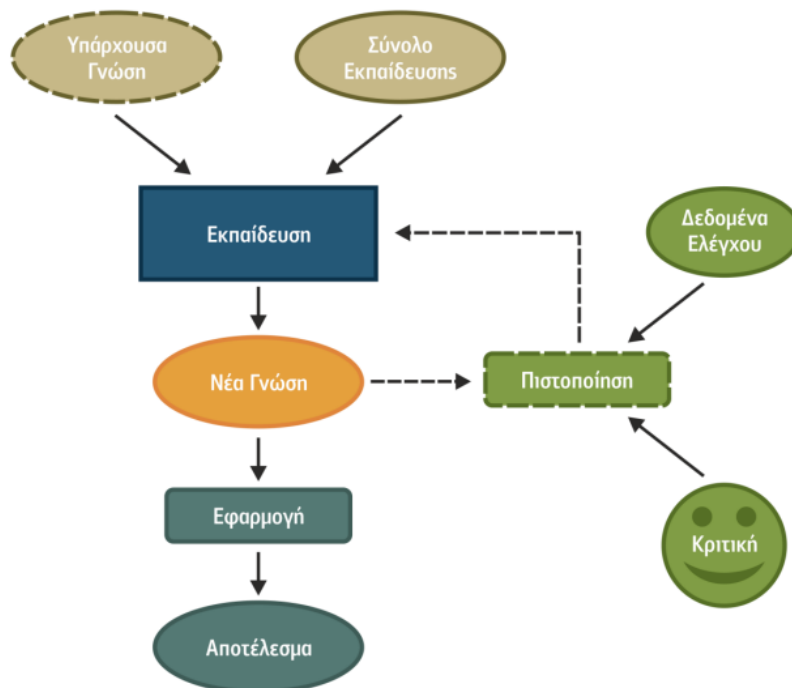
Εδώ και δεκαετίες, χρησιμοποιούνται ήδη μηχανές με τη μορφή ρομπότ για την εκτέλεση ειδικών εργασιών στις παραγωγικές διαδικασίες, ενώ σε ανθρώπους, σε συνεργασία, ανατίθενται προκαθορισμένες εργασίες, όπως η επιθεώρηση της ποιότητας του προϊόντος και η απόρριψη των ελαττωματικών. Τα ρομπότ διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη σύγχρονη βιομηχανία που μπορούν να ολοκληρώσουν τα καθήκοντά τους έξυπνα, με έμφαση στην ασφάλεια, την ευελιξία

και τη συνεργασία. Η ρομποτική και ο βιομηχανικός αυτοματισμός έχουν αλλάξει εντελώς τη φάση παραγωγής και κατασκευής (Goel and Gupta, 2022).

Τα βιομηχανικά ρομπότ χαρακτηρίζονται από διαφορετικούς βαθμούς αυτονομίας. Το κύριο πλεονέκτημά τους είναι το γεγονός ότι μπορούν να προγραμματίζονται ώστε να εκτελούν επαναληπτικά και με μεγάλη ταχύτητα και ακρίβεια ένα προκαθορισμένο σύνολο δραστηριοτήτων. Επίσης, σε άλλες εφαρμογές, η χρήση των ρομπότ διακρίνεται από μεγαλύτερη ευελιξία εργασιών και κινήσεων. Αυτό, όμως, απαιτεί την συμπληρωματική ικανότητα τεχνητής όρασης, όπου τα ρομπότ πρέπει να είναι συνδεδεμένα με υπολογιστές που να υποστηρίζουν εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης (Δερβιτσιώτης και Λαγοδήμος, 2007).

2.2.10 Μηχανική μάθηση (Machine learning)

«Μηχανική Μάθηση ονομάζεται η ικανότητα ενός υπολογιστικού συστήματος να δημιουργεί μοντέλα ή πρότυπα από ένα σύνολο δεδομένων» (Γεωργούλη, 2015, σ.128).



Πηγή: Γεωργούλη, 2015.

Εικόνα 3. Φάσεις της μηχανικής μάθησης

Σύμφωνα με τους Rai et al. (2021), η μηχανική μάθηση έχει επηρεάσει βαθιά τη μεταποιητική βιομηχανία στο πλαίσιο της Βιομηχανίας 4.0.. Οι τεχνικές της, αναλυτικότερα, επιτρέπουν τη δημιουργία ενεργής νοημοσύνης με την επεξεργασία των συλλεγόμενων δεδομένων για την αύξηση της παραγωγικής απόδοσης, χωρίς σημαντική αλλαγή των απαιτούμενων πόρων. Επιπλέον, η ικανότητα των τεχνικών της να παρέχουν προγνωστικές πληροφορίες επιτρέπει την ανάπτυξη σύνθετων πρότυπων κατασκευής και προσφέρει το υπόβαθρο για ένα έξυπνο σύστημα υποστήριξης αποφάσεων σε μια ποικιλία εργασιών παραγωγής, όπως έξυπνη και συνεχής επιθεώρηση, προγνωστική συντήρηση, βελτίωση της ποιότητας, βελτιστοποίηση των διαδικασιών διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας και προγραμματισμό των εργασιών.

Η ανάλυση του παρόντος κεφαλαίου θεωρείται ότι απέδωσε μια σαφή αντίληψη σε σχέση με την φύση και τις δυνατότητες που έχουν οι προηγμένες εφαρμογές της Βιομηχανίας 4.0. Καθώς, όμως, βασικό ζητούμενο της εργασίας είναι η συσχέτιση των εφαρμογών αυτών με την εφοδιαστική αλυσίδα στην οποία εμπλέκονται τα πλοία και οι λιμένες, το ζήτημα αυτό αναλύεται διεξοδικά στο αμέσως επόμενο κεφάλαιο, εφόσον έχουν δοθεί οι βασικές θεωρητικές προσεγγίσεις.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΟΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ

4.0 ΚΑΙ Η ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗ ΑΛΥΣΙΔΑ ΣΕ ΠΛΟΙΑ ΚΑΙ ΛΙΜΕΝΕΣ

Στις ενότητες του παρόντος κεφαλαίου, εντοπίζεται η χρήση των εφαρμογών της Βιομηχανίας 4.0 που σχολιάστηκαν προηγούμενα, στην εφοδιαστική αλυσίδα όπου εμπλέκεται η ναυτιλία. Αναδεικνύονται, δηλαδή, οι διαδικασίες στις οποίες εφαρμόζονται σύγχρονες ηλεκτρονικές πρακτικές κατά την διακίνηση εμπορευμάτων από τα πλοία και τα λιμάνια διεθνώς. Οι καινοτομίες που αναφέρονται είναι και αυτές που χαρακτηρίζουν τόσο τα έξυπνα λιμάνια, όσο και την έξυπνη εφοδιαστική αλυσίδα.

3.1 Τα έξυπνα λιμάνια

Καθώς η χρήση ψηφιακών εργαλείων είναι αυτή που καθορίζει την ποιότητα των υπηρεσιών και την φύση των έξυπνων λιμανιών, κρίνεται σκόπιμο, αρχικά, να αναφερθεί το περιεχόμενο του όρου «έξυπνο λιμάνι».

Η βασική δομή στην οποία αναπτύσσονται τα έξυπνα λιμάνια, αφορούν στη διασύνδεση πολλών τεχνολογιών και συστημάτων πληροφοριών, απαιτούν ενοποίηση πληροφοριών, σύγκλιση συστημάτων και σύνδεση μεμονωμένων συστημάτων, εξοπλισμού, εγκαταστάσεων και επιχειρηματικών οντοτήτων, καθώς και τη συνεργασία και την εταιρική σχέση μεταξύ των ενδιαφερομένων, παρά την απλή εφαρμογή προηγμένων τεχνολογιών (ESCAP, 2021).

Έτσι, ένα έξυπνο λιμάνι βασίζεται στη διασύνδεση μεταξύ όλων των ενδιαφερόμενων μερών της εφοδιαστικής αλυσίδας λιμένων και στην αυτοματοποίηση του εξοπλισμού και των λειτουργιών του λιμενικού τερματικού σταθμού για τη βελτίωση της ροής, της αξιοπιστίας και της ασφάλειας των ανταλλαγών πληροφοριών και της λήψης αποφάσεων, σε πραγματικό χρόνο. Αυτές οι πρακτικές αναπτύσσουν, ταυτόχρονα, την παραγωγικότητα του έξυπνου λιμένα και βελτιώνουν την ενεργειακή του απόδοση (Douaioui et al., 2018).

Οι Jardas et al. (2018) υποστηρίζουν ότι ο πρωταρχικός στόχος της πληροφορικής στη ναυτιλιακή βιομηχανία και η ανάπτυξη της στο λιμενικό σύστημα είναι η πρόληψη απρόβλεπτων διακοπών στις μεταφορές, η αύξηση της ενεργειακής απόδοσης και η μείωση του κόστους συντήρησης. Όσον αφορά τις μεταφορές και την εφοδιαστική αλυσίδα, η τεχνολογία πληροφοριών επιτρέπει τη συνεχή παρακολούθηση του φορτίου, την ακριβή πρόβλεψη της ώρας άφιξης των πλοίων στα λιμάνια, τη διαχείριση αυτοματισμών στα λιμάνια με χρήση του διαδικτύου των πραγμάτων, με τρόπο που τα δεδομένα συλλέγονται μέσω διαφόρων αισθητήρων σε μεγάλα δεδομένα που χρησιμεύουν για περαιτέρω επεξεργασία. Σε περίπτωση απρόβλεπτων καταστάσεων, οι έξυπνες συσκευές που χρησιμοποιούνται είναι σε θέση να διαγνώσουν μια συγκεκριμένη βλάβη, από μόνες τους. Έτσι οι υπεύθυνοι μπορούν να αντιδράσουν άμεσα και να προσπαθήσουν να λύσουν το πρόβλημα. Τα δεδομένα που αποθηκεύονται στα Big Data μέσω αισθητήρων, επιπρόσθετα, χρησιμεύουν για περαιτέρω ανάλυση δεδομένων που είναι καθοριστικής σημασίας για τη λήψη ορισμένων επιχειρηματικών αποφάσεων για το μέλλον.

Η μετάβαση ενός παραδοσιακού λιμανιού σε έξυπνο λιμένα σημαίνει ανάπτυξη λύσεων για την αντιμετώπιση των τρεχουσών και μελλοντικών προκλήσεων, συμπεριλαμβανομένων των χωρικών περιορισμών, της πίεσης στην παραγωγικότητα, των δημοσιονομικών περιορισμών, των κινδύνων για την ασφάλεια και τη βιωσιμότητα. Οι σημερινές καινοτομίες τεχνολογικών και επιχειρηματικών μοντέλων μπορούν να αποτελέσουν την κινητήρια δύναμη στην οποία μπορεί να αναπτυχθεί ένα έξυπνο λιμάνι (Berns et al., 2017).

Διευκρινίζεται ότι ένα έξυπνο λιμάνι δεν πρέπει να θεωρείται ως απλώς μια εφαρμογή ψηφιακής τεχνολογίας. Τα λιμάνια που σήμερα θεωρούνται έξυπνα, ενσωματώνουν την ψηφιοποίηση και την τεχνολογία της Βιομηχανίας 4.0, διαδραματίζοντας βασικό ρόλο στη διεύρυνση και την ενίσχυση του παγκόσμιου εμπορίου. Έξυπνο λιμάνι θεωρείται αυτό που χρησιμοποιεί αυτοματισμούς και καινοτόμες τεχνολογίες, συμπεριλαμβανομένων της τεχνητής νοημοσύνης, των Big Data, του διαδικτύου των πραγμάτων και του Blockchain, για τη βελτίωση της απόδοσής του (ESCAP, 2021).

Ενδεικτικά αναφέρεται, ως παράδειγμα, το λιμάνι του Άμστερνταμ, όπου εφαρμόζονται πολλές εφαρμογές. Η εφαρμογή I Am Port, λόγω χάρη, προσφέρει

πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο για τις τοποθεσίες και τα δρομολόγια των πλοίων. Επιπλέον, μπορούν να ανακτηθούν πληροφορίες για τις αφίξεις και τις αναχωρήσεις, το μέγεθος και τη θέση ελλιμενισμού κάθε πλοίου στο λιμάνι. Μια δεύτερη εφαρμογή, η εφαρμογή Port Data δείχνει τα ιστορικά μερίδια αγοράς της διακίνησης φορτίου έντεκα λιμένων μεταξύ Χάβρης – Αμβούργου, προκειμένου να προωθηθεί η ιδέα της κοινής χρήσης δεδομένων. Μια ακόμα εφαρμογή επιτρέπει την περιήγηση στο λιμάνι σε περιβάλλον εικονικής πραγματικότητας και στοχεύει στην αύξηση της τοπικής υποστήριξης για τον λιμένα (Berns et al., 2017). Στο επόμενο κεφάλαιο της εργασίας θα γίνει εκτενέστερα λόγος για τα έξυπνα λιμάνια, ανά τον κόσμο, καθώς και για τις εφαρμογές που αυτά χρησιμοποιούν σε όλα τα επίπεδα.

3.2 Η έξυπνη εφοδιαστική αλυσίδα

Η χρήση της ευφυίας στον χαρακτηρισμό δομών και λειτουργιών έχει επεκταθεί και καλύπτει και την περίπτωση της εφοδιαστικής αλυσίδας με αποτέλεσμα σήμερα να γίνεται λόγος και για την έξυπνη εφοδιαστική αλυσίδα.

Η σύγχρονη παγκοσμιοποιημένη εφοδιαστή αλυσίδα χαρακτηρίζεται απο μεγάλο όγκος δεδομένων και πληροφοριών που πρέπει να υποβάλλονται σε επεξεργασία και διαχείριση, για να διασφαλιστεί ότι όλες οι φάσεις της υλικοτεχνικής δραστηριότητας είναι ακριβείς και γρήγορες. Η ανάπτυξη της τεχνολογίας των πληροφοριών και των επικοινωνιών έχει βελτιώσει δραματικά την κοινοποίηση και την ανταλλαγή πληροφοριών και δεδομένων που απαιτούνται για το εμπόριο και τις μεταφορές, ενώ συνεχώς νέες τεχνολογίες που επηρεάζουν τις επιχειρηματικές διαδικασίες και το επιχειρηματικό περιβάλλον εμφανίζονται κατά καιρούς (ESCAP, 2021).

Το διαδίκτυο και η τεχνολογία του κατέστησαν δυνατή την μετάβαση από τις σειριακές εφοδιαστικές αλυσίδες, στις οποίες οι πληροφορίες και τα υλικά διαβιβάζονται διαδοχικά από επιχείρηση σε επιχείρηση, στις ταυτόχρονες εφοδιαστικές αλυσίδες, όπου οι πληροφορίες διαβιβάζονται την ίδια στιγμή προς πολλές κατευθύνσεις, μεταξύ των μελών του δικτύου της εφοδιαστικής αλυσίδας. Τα μέλη ενός τέτοιου σύνθετου και αλληλεξαρτώμενου δικτύου, το οποίο απαρτίζουν

κατασκευαστές, πάροχοι υπηρεσιών εφοδιαστικής, συμβεβλημένοι εξωτερικοί κατασκευαστές, λιανοπωλητές και διανομείς, μπορούν να προσαρμόζονται αμέσως σε αλλαγές χρονοδιαγραμμάτων ή παραγγελιών. Έτσι, το διαδίκτυο δύναται να δημιουργήσει ένα «νευρικό σύστημα ψηφιακής εφοδιαστικής» κατά μήκος όλης της εφοδιαστικής αλυσίδας (Laudon και Laudon, 2015).

Η είσοδος της εφοδιαστικής στη φάση 4.0 προκάλεσε αλλαγές στην παραδοσιακή αντίληψη της εφοδιαστικής αλυσίδας. Αυτό οδήγησε σήμερα στο ότι τα βασικά χαρακτηριστικά των αλυσίδων εφοδιασμού πλέον δεν είναι μόνο η ευελιξία και η προσαρμοστικότητα, αλλά και η ψηφιοποίηση, η οποία γίνεται ο καθοριστικός τους παράγοντας. Η εμφάνιση, μάλιστα, του «ψηφιακού πελάτη» προκαλεί μεγαλύτερη πίεση στους προμηθευτές, απαιτώντας καλύτερη προσαρμογή των προϊόντων στις απαιτήσεις και τις προτιμήσεις, γρήγορη και απρόσκοπτη παράδοση. Η ψηφιοποίηση στην εφοδιαστική αλυσίδα αναμφίβολα εμπνέει, αλλά και επιβάλλει τη δημιουργικότητα στην επιχειρηματικότητα και στην διαχείριση, κάνοντας τις σχέσεις με τους πελάτες αφενός πιο πραγματικές, αφετέρου πιο αποτελεσματικές. Επομένως, μπορεί να συναχθεί το συμπέρασμα ότι η δημιουργία ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος από έξυπνες αλυσίδες εφοδιασμού πραγματοποιείται σε τρία επίπεδα (Dembínska, 2018):

1. Στην ανάλυση των δεδομένων που υποστηρίζει τη λήψη βέλτιστων αποφάσεων.
2. Στην αλληλεπίδραση μεταξύ ανθρώπων και μηχανών που αυξάνει τη λειτουργικότητα και την αποτελεσματικότητα των διαδικασιών εφοδιαστικής
3. Στην καινοτομία.

Τεχνολογίες, όπως το διαδίκτυο των πραγμάτων και η τεχνητή νοημοσύνη, όχι μόνο εισάγουν καινοτόμες λειτουργίες στις λειτουργίες της εφοδιαστικής, αλλά αλλάζουν και την φύση της διαχείρισης των logistics (Feng and Ye, 2021).

Το φάσμα της διαχείρισης μιας έξυπνης εφοδιαστικής αλυσίδας κυμαίνεται από την λήψη πρώτων υλών από προμηθευτές, την έξυπνη παραγωγή προϊόντων στο σημείο παραγωγής και την ασφαλή και έξυπνη μεταφορά προϊόντων, υπό ένα αυστηρό σύστημα παρακολούθησης (Khan et al., 2023).

Έτσι, η έξυπνη εφοδιαστική αλυσίδα πρέπει να προσαρμόζεται γρήγορα στο σύγχρονο ασταθές περιβάλλον με βάση την αυξημένη προσφορά σε όλα τα επίπεδα των συστημάτων εφοδιαστικής. Σε περιόδους αποκέντρωσης και εξατομίκευσης της παραγωγής, οι λειτουργίες των logistics πρέπει να είναι πιο ευέλικτες και ευφείς για την βελτιστοποίηση του κόστους, του χρόνου και των πόρων. Μόνο με αυτόν τον τρόπο μπορούν, επίσης, να δημιουργήσουν αξία για τους πελάτες στο μέλλον (Douaioui et al., 2018).

3.3 Σχεδιασμός και εφαρμογές Βιομηχανίας 4.0

Όπως ορθά αναφέρουν οι Jardas et al. (2018), η ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ όλων των εμπλεκόμενων στην εφοδιαστική αλυσίδα στα λιμάνια αποτελεί τη βάση μιας αποτελεσματικής διαδικασίας, καθώς και το κρίσιμο σημείο για την βελτίωσή της. Η ανάπτυξη της τεχνολογίας πληροφοριών που επιτρέπει την αποτελεσματική ανταλλαγή δεδομένων, συμβάλλει στη βελτιστοποίηση των συστημάτων επιχειρηματικών πληροφοριών τόσο στον επιχειρηματικό κόσμο όσο και στα λιμάνια.

Ο σχεδιασμός για ένα έξυπνο σύστημα εφοδιαστικής αλυσίδας έχει το ερευνητικό ενδιαφέρον, βασισμένο σε μοντέλα, κατά τα τελευταία χρόνια. Τα δεδομένα που συλλέγονται από τις τεχνολογίες του διαδικτύου των πραγμάτων έχουν γίνει το επίκεντρο αυτής της ερευνητικής ροής (Feng and Ye, 2021).

Σε ένα έξυπνο λιμάνι, οι λειτουργίες ναυτιλιακής εφοδιαστικής ενσωματώνονται ψηφιακά και παρακολουθούνται με βάση τις πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο που είναι διαθέσιμες σε μια σειρά συσκευών, συμπεριλαμβανομένων των smartphone και των tablet (Min, 2022).

Η αυξανόμενη χρήση ψηφιακών πλατφορμών και της τεχνολογίας blockchain για ναυτιλιακές υπηρεσίες μεταλλάσσει τις λειτουργίες και συμβάλλει στην έξυπνη χρήση των πόρων. Η χρήση των τεχνολογιών της Βιομηχανίας 4.0 βελτιώνει ολοένα και περισσότερο την προβλεψιμότητα και τον προγραμματισμό των γεγονότων της εφοδιαστικής αλυσίδας. Η εξασφαλισμένη πρόσβαση σε πληροφορίες και έγγραφα σε πραγματικό χρόνο για όλους τους παράγοντες της εφοδιαστικής αλυσίδας, ταυτόχρονα, με την υποστήριξη της κυβερνοασφάλειας, συμβάλλει στη βελτίωση της

παραγωγικότητας και στην ελαχιστοποίηση των αρνητικών επιπτώσεων στο περιβάλλον (De Moura, 2022).

Όπως αναφέρουν οι Laudon και Laudon (2015), το λογισμικό εφοδιαστικής αλυσίδας διακρίνεται σε λογισμικό που βοηθά τις επιχειρήσεις να προγραμματίζουν τις εφοδιαστικές αλυσίδες τους και σε λογισμικό που τις βοηθά στην εκτέλεση των βημάτων της εφοδιαστικής αλυσίδας. Τα συστήματα προγραμματισμού της εφοδιαστικής αλυσίδας επιτρέπουν σε ένα οργανισμό να μοντελοποιήσει την υπάρχουσα εφοδιαστική αλυσίδα, να κάνει προβλέψεις για την ζήτηση και να εκπονεί τα βέλτιστα σχέδια για τις προμήθειες και την παραγωγή.

Η χρήση του διαδικτύου των πραγμάτων μπορεί να αυξήσει τη ροή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο σε ένα λιμάνι και, στη συνέχεια, να βελτιώσει τις έξυπνες λειτουργίες του αυξάνοντας την ευκαιρία να ανταποκριθεί στα μεταβαλλόμενα περιβάλλοντα άμεσα, αλλά και να λάβει γρήγορες διορθωτικές ενέργειες, εάν αυτό είναι απαραίτητο (Min, 2022).

Μέσω της τεχνολογίας των δικτυακών επικοινωνιών, τα έξυπνα συστήματα logistics, εξοπλισμένα με συσκευές διαδικτύου των πραγμάτων όπως ετικέτες, αισθητήρες, ενεργοποιητές και κινητά τηλέφωνα μπορούν να έχουν πρόσβαση σε όλες τις πληροφορίες της αλυσίδας, σε πραγματικό χρόνο και να διευκολύνουν την ανταλλαγή πληροφοριών. Τα ευφυή συστήματα logistics που είναι χτισμένα σε πλατφόρμες διαδικτύου των πραγμάτων μπορούν να χειρίζονται και να αναλύουν τεράστιες ποσότητες υλικοτεχνικών δεδομένων, να κάνουν επιλογές χρησιμοποιώντας σύγχρονες τεχνολογίες, όπως το cloud computing, τα μεγάλα δεδομένα και την τεχνητή νοημοσύνη και να χειρίζονται αντικείμενα με έξυπνο τρόπο. Στα συμβατικά logistics, εργασίες όπως η σάρωση στοιχείων και η εισαγωγή δεδομένων ολοκληρώνονται συχνά με μη αυτόματο τρόπο, κάτι που είναι αναποτελεσματικό. Ταυτόχρονα, οι χώροι αποθήκευσης στους σταθμούς υλικοτεχνικής υποστήριξης είναι, συχνά, ανεπαρκώς καθορισμένοι και δεν υπάρχει παρακολούθηση της διαδικασίας (Wang, 2023).

Επίσης, η χρήση μιας πλατφόρμας υπολογιστικού νέφους (cloud) θεωρείται ιδανική λύση. Αυτό συμβαίνει διότι τα δεδομένα των συσκευών του διαδικτύου των πραγμάτων αποθηκεύονται απευθείας σε έναν υπολογιστή cloud, οδηγώντας στη δημιουργία ενός νέφους πραγμάτων που παρέχει, οφέλη όσον αφορά την αποθήκευση

και τους υπολογιστικούς πόρους. Η εισαγωγή της πλατφόρμας cloud επεκτείνει τη διεύθυνση των υπηρεσιών στο πραγματικό περιβάλλον. Συγκεκριμένα, επιτελούνται τρεις βασικές διαδικασίες. Πρώτον, το αισθητηριακό δίκτυο συλλέγει δεδομένα από το περιβάλλον του φυσικού κόσμου. Δεύτερον, η αποθήκευση, η επεξεργασία και η ανάλυση των δεδομένων εκτελούνται στο περιβάλλον cloud. Οι υπολογιστικές και αποθηκευτικές λειτουργίες πραγματοποιούνται σε εικονικές μηχανές, εγκατεστημένες σε φυσικούς διακομιστές στο cloud. Το τρίτο ζωτικό στοιχείο είναι η εφαρμογή που εκτελείται σε συσκευή smartphone ή υπολογιστή. Η οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων και η έκδοση των απαραίτητων εντολών εκτελούνται από τους τελικούς χρήστες (Khan et al., 2023).

Οι Jardas et al. (2018, p.62) επισημαίνουν ότι *«η επιτυχής εφαρμογή του διαδικτύου των πραγμάτων στις λιμενικές διαδικασίες απαιτεί ισχυρή συνδεσιμότητα και συμμετοχή όλων των ενδιαφερομένων, καθώς και ανταγωνιστικών εταιρειών της αλυσίδας εφοδιασμού για κοινές επενδύσεις σε υποδομές διαδικτύου των πραγμάτων»*.

3.4 Ροή εμπορευμάτων- διαχείριση παραγγελιών κι εφαρμογές Βιομηχανίας 4.0

Όπως πληροφορούν οι Laudon και Laudon (2015) τα συστήματα εκτέλεσης της εφοδιαστικής αλυσίδας, είναι αυτά που διαχειρίζονται την ροή των προϊόντων στα κέντρα διανομής και τις αποθήκες για να εξασφαλίσουν την παράδοση των προϊόντων στο σωστό σημείο, με τον πιο αποτελεσματικό τρόπο. Παρακολουθούν την κατάσταση των αγαθών, τη διαχείριση των υλικών, τις λειτουργίες αποθήκης και μεταφορών, καθώς και οικονομικές πληροφορίες για όλους τους εμπλεκόμενους.

Σήμερα, στα πλαίσια της ανάπτυξης της έξυπνης εφοδιαστικής αλυσίδας έχουν αρχίσει να χρησιμοποιούνται έξυπνα οχήματα, που διασφαλίζουν την απρόσκοπτη και αποτελεσματική ροή εμπορευμάτων. Τέτοια οχήματα είναι τα αυτοματοποιημένα οχήματα, τα φορτηγά χωρίς οδηγό και τα τηλεκατευθυνόμενα drones στις περιοχές του λιμανιού και της ενδοχώρας. Πιο αναλυτικά, τα οχήματα αυτά με τη βοήθεια αισθητήρων, βιντεοκάμερων, συστήματος γεωγραφικών πληροφοριών και έξυπνου συστήματος μεταφορών, επιτρέπουν την αδιάλειπτη ροή

κυκλοφορίας στο λιμάνι, ακόμη και σε τις περιπτώσεις περιστατικών εργατικών απεργιών, ελλείψεων εργατικού δυναμικού και απουσίας χειριστών οχημάτων. Παρά τους κινδύνους και το υψηλό κόστος που σχετίζεται με τους μηχανισμούς αυτόνομης οδήγησης, τα αυτόνομα οχήματα θεωρούνται ότι είναι κατάλληλα για την έξυπνη λειτουργία λιμένων. Ειδικά, οι λειτουργίες αυτόνομων οχημάτων που συμπληρώνονται από έξυπνα συστήματα μεταφορών, μπορούν όχι μόνο να εξομαλύνουν τις ροές κυκλοφορίας των λιμένων αλλά και να βελτιώσουν την ασφάλεια της κυκλοφορίας λόγω της ικανότητας των συστημάτων αυτών να αποφεύγουν την κυκλοφοριακή συμφόρηση και τη σύγκρουση οχημάτων. Επιπλέον, τα drones μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να συλλέγουν επιπλέοντα συντρίμια και απορρίμματα στο νερό και έτσι να συμβάλουν στη μείωση της ρύπανσης των λιμανιών, χωρίς να βλάπτουν τα ψάρια και τα πουλιά της περιοχής (Min, 2022).

Επίσης, το διαδίκτυο των πραγμάτων μπορεί να χρησιμοποιηθεί από διάφορα ενδιαφερόμενα μέρη, όπως κατασκευαστές, τμήματα επιθεώρησης, αποθήκες, μεταφορείς και λιανοπωλητές, για την ανταλλαγή πληροφοριών. Αυτό καθιστά τις πληροφορίες διαθέσιμες σε πραγματικό χρόνο σε όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη που συνδέονται με την εφοδιαστική αλυσίδα. Η ενσωμάτωση ετικετών αναγνώρισης ραδιοσυχνότητας, αισθητήρων, γραμμωτών κωδίκων και πρωτοκόλλων επικοινωνίας επιτρέπει την λήψη δεδομένων, σε πραγματικό χρόνο. Το διαδίκτυο των πραγμάτων βοηθά με την παρακολούθηση και τον εντοπισμό σε πραγματικό χρόνο με τη βοήθεια των παγκόσμιων συστημάτων εντοπισμού θέσης (GPS) και άλλων τεχνολογιών αναγνώρισης. Πρόσφατα, έχει σημειωθεί ταχεία πρόοδος στις τεχνολογίες και τους αισθητήρες ασύρματων επικοινωνιών, που επιτρέπουν την υιοθέτηση συστημάτων που βασίζονται σε διαδίκτυο των πραγμάτων για την παρακολούθηση αντικειμένων από οποιαδήποτε απομακρυσμένη τοποθεσία μέσω μιας απλής σύνδεσης στο Διαδίκτυο (Chauhan et al., 2023).

Η αποθήκευση, επίσης, είναι μια σημαντική λειτουργία που αφορά στην διακίνηση των εμπορευμάτων. Σήμερα, είναι δυνατό το τυπικό σύστημα διαχείρισης αποθηκών να συνδυάζεται με την τεχνολογία διαδικτύου των πραγμάτων για τη δημιουργία ενός έξυπνου συστήματος διαχείρισης αποθήκης που μπορεί να αυξήσει την αποτελεσματικότητα, να επεκτείνει τον όγκο της αποθήκευσης και να μειώσει την ένταση εργασίας και τα έξοδα. Επιπλέον, επιτρέπει τη διαχείριση, σε πραγματικό χρόνο, των εισερχόμενων και εξερχόμενων αντικειμένων, αυξάνει την

αποτελεσματικότητα παράδοσης και διαχειρίζεται τη συλλογή, τη μεταφορά και την παραλαβή εμπορευμάτων σε όλο το σύστημα. Μέσω του συστήματος παρακολούθησης σε πραγματικό χρόνο, η επιχείρηση logistics μπορεί να λάβει πληροφορίες για τη θέση των φορτηγών και του φορτίου, τις συνθήκες του φορτίου, όπως θερμοκρασία και υγρασία, καθώς και την ταχύτητα, τη θερμοκρασία ελαστικών, την πίεση, την ποσότητα καυσίμου, τους χρόνους πέδησης και άλλες συμπεριφορές οδήγησης. Ενσωματώνει, δηλαδή, αποτελεσματικά πληροφορίες σχετικά με το φορτίο, τους οδηγούς και τα οχήματα κατά τη μετακίνηση προϊόντων, αυξάνοντας έτσι την αποδοτικότητα της μεταφοράς, μειώνοντας το κόστος της, ελαχιστοποιώντας τις απώλειες φορτίου και παρέχοντας μια σαφή εικόνα για όλα όσα συμβαίνουν σε όλη τη διαδικασία μεταφοράς. Επιπλέον, αυτή η στρατηγική έχει τη δυνατότητα να μειώσει τα ατυχήματα και τους σχετικούς τραυματισμούς (Wang, 2023).

Η διαχείριση της αποθήκης μπορεί να γίνεται σωστά από το σύστημα που βασίζεται στο διαδίκτυο των πραγμάτων με την εφαρμογή ανάλυσης δεδομένων και υπολογιστικών τεχνικών. Τα ισχυρά εργαλεία διαχείρισης του συστήματος προγραμματισμού πόρων βοηθούν στη δυναμική απογραφή, γρήγορη εισαγωγή και έξοδο από την αποθήκη και, άρα, στην καλύτερη διαχείριση των προϊόντων.(Khan et al., 2023).

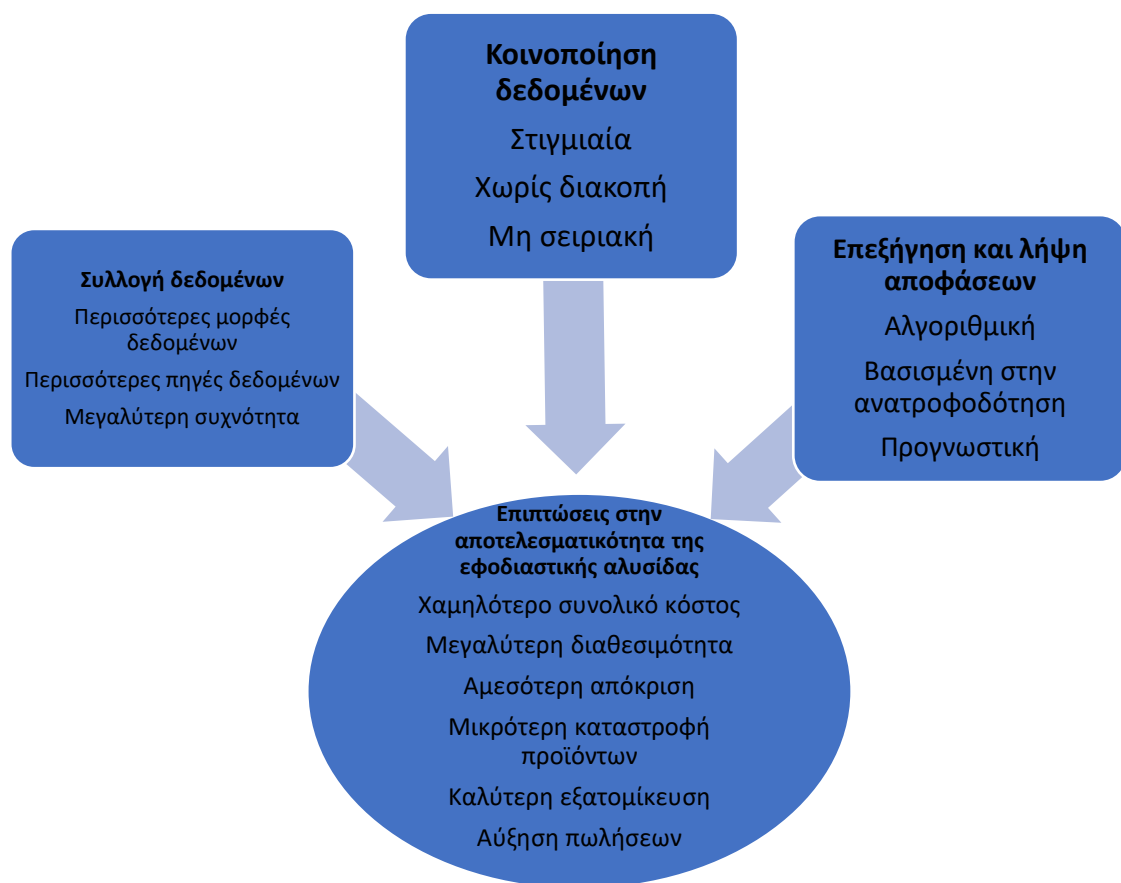
Η τεχνολογία μεγάλων δεδομένων, επίσης, επιτρέπει τη βελτιστοποίηση των διαδρομών διανομής, τον εξορθολογισμό των τοποθεσιών των κέντρων logistics και τη βελτιστοποίηση της χωρητικότητας στις αποθήκες. Ως αποτέλεσμα, το κόστος εφοδιαστικής μπορεί να μειωθεί σημαντικά και η αποτελεσματικότητα της εφοδιαστικής να αυξηθεί, ταυτόχρονα (Wang, 2023).

3.5 Διαχείριση απόδοσης κι εφαρμογές Βιομηχανίας 4.0

Η απόδοση της εφοδιαστικής αλυσίδας μπορεί να μετριέται εξετάζοντας την αξιοπιστία, την ευελιξία, την ποιότητα, την ανταπόκριση και τη διαχείριση των προϊόντων που διακινούνται, αλλά και των εμπλεκόμενων υπηρεσιών. Οι οργανισμοί, επί του παρόντος, αξιοποιούν τεχνολογικές καινοτομίες για να δημιουργήσουν

αποτελεσματικά κανάλια επικοινωνίας και μηχανισμούς συνεργασίας για τη βελτίωση της απόδοσης της εφοδιαστικής αλυσίδας μέσω της αυξημένης ανταλλαγής πληροφοριών. Δεδομένου ότι οι δραστηριότητες της εφοδιαστικής αλυσίδας εκτείνονται σε λειτουργικά όρια, είναι αρκετά σύνθετο το να αντιμετωπιστούν τα ζητήματα και να βελτιωθούν οι επιδόσεις. Για να βελτιώσουν την ολοκλήρωση των διαδικασιών και τις αναλυτικές τους ικανότητες, έτσι, οι οργανισμοί έχουν διερευνήσει την υιοθέτηση μοναδικών και δημιουργικών τεχνολογιών (Chauhan et al., 2023).

Για παράδειγμα, στο πιο κάτω σχήμα, αναφέρονται οι δυνατότητες που θεωρείται ότι παρέχει το διαδίκτυο των πραγμάτων σε σχέση με την αποδοτικότητα μιας εφοδιαστικής αλυσίδας.



Πηγή: Phadnis, 2018.

Σχήμα 2. Το διαδίκτυο των πραγμάτων και η αποδοτικότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας

Με βάση το σχήμα, φαίνεται ότι τα εγγενή χαρακτηριστικά της λειτουργίας του διαδικτύου των πραγμάτων είναι σε θέση να βελτιώσουν σημαντικά τις λειτουργίες και τα οικονομικά κόστη της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Επίσης, όπως υποστηρίζουν οι Rajagopal et al. (2018), η τεχνολογία cloud υποστηρίζει πολλούς νέους τρόπους βελτιστοποίησης των διαδικασιών στην εφοδιαστική αλυσίδα. Τα περονοφόρα ανυψωτικά οχήματα, λόγω χάρη, είναι πιο αποτελεσματικά με τα διαθέσιμα δεδομένα που εισάγονται στα συστήματά τους για να επιτρέπουν τον προσδιορισμό και την επιλογή της πιο αποτελεσματικής διαδρομής, ενώ τα προφίλ οδήγησης αποθηκεύονται συνεχώς στη βάση δεδομένων. Αυτή η βάση δεδομένων ωφελεί, επίσης, και τους κατασκευαστές των περονοφόρων ανυψωτικών οχημάτων. Μπορούν, έτσι, να κάνουν στους πελάτες τους πρόσθετες προσφορές και να εξοπλίσουν τα οχήματά τους με αισθητήρες και λογισμικό από την αρχή, χωρίς να χρειάζεται η ανακατασκευή τους.

Η πληθώρα των αναφορών που έχει γίνει μέχρι τώρα αποτέλεσε την θεωρητική προσέγγιση στην Βιομηχανία 4.0, καθώς και στις εφαρμογές της που εμπλέκονται στην εφοδιαστική αλυσίδα. Στο κεφάλαιο που ακολουθεί, σχολιάζονται οι περιπτώσεις έξυπνων λιμανιών ανά τον κόσμο όπου χρησιμοποιούνται λύσεις της Βιομηχανίας 4.0 και για τις λειτουργίες των εφοδιαστικών αλυσίδων στις οποίες κι εμπλέκονται.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. Η ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗ ΑΛΥΣΙΔΑ 4.0 ΣΤΑ ΛΙΜΑΝΙΑ ΤΟΥ ΚΟΣΜΟΥ

Στις ενότητες του παρόντος κεφαλαίου, αναφέρονται μερικά υπαρκτά παραδείγματα εφαρμογών της Βιομηχανίας 4.0 σε επιλεγμένα λιμάνια του κόσμου, τόσο σε γενικότερο πλαίσιο, όσο και σε σχέση με την εφοδιαστική αλυσίδα την οποία και υποστηρίζουν.

4.1 Το λιμάνι του Ρότερνταμ

Το σημαντικότερο- από άποψη κινητικότητας- λιμάνι της Ευρώπης, αυτό του Ρότερνταμ, είναι πρωτοπόρο και στην ψηφιακή μετάβαση των λειτουργιών του. Οι λιμενικές αρχές του Ρότερνταμ έχουν θέσει ως στόχο το λιμάνι της πόλης να γίνει ο πρώτος ψηφιακός λιμένας του κόσμου έως το 2030. Μεταξύ πολλών πρωτοβουλιών υπάρχει χρήση του διαδικτύου των πραγμάτων και της τεχνητής νοημοσύνης για την ανάλυση δεδομένων, σε πραγματικό χρόνο, από αισθητήρες σε όλη την εκτεταμένη αποβάθρα σχετικά με τον καιρό και την κατάσταση της θάλασσας. Το λιμάνι διαθέτει «Ψηφιακά Δελφίνια», έξυπνους τοίχους αποβάθρας και σηματοδότες εξοπλισμένες με αισθητήρες. Όταν όλα τα δεδομένα που συλλέγονται από τις συσκευές αυτές αξιοποιούνται συλλογικά, μπορούν να βελτιώσουν τη διαχείριση της κυκλοφορίας στο λιμάνι (Heikkila et al., 2022).

Καθώς οι αρχές του λιμανιού του Ρότερνταμ επιθυμούν αυτό να γίνει σημαντικός κόμβος για την Βιομηχανία 4.0 ξεκίνησε το έργο SMART PORT για να καθιερώσει για την μετάβασή του σε έξυπνο λιμάνι. Στόχος είναι να επιταχυνθούν οι καινοτομίες στο λιμάνι του Ρότερνταμ και η αύξηση της βιωσιμότητας της περιοχής του λιμανιού με τη χρήση αισθητήρων. Το έργο SMART PORT έθεσε τους στόχους της εφοδιαστικής, της ενέργειας και της βιομηχανίας, των λιμενικών υποδομών και της στρατηγικής βιώσιμης λειτουργίας του λιμένα. Η πρωτοβουλία εστιάζει σε τρεις τομείς: την έξυπνη εφοδιαστική αλυσίδα, την έξυπνη ενέργεια και βιομηχανία και την μελλοντική λιμενική υποδομή. Αξίζει να αναφερθεί ότι το λιμάνι του Ρότερνταμ ήταν το πρώτο στο κόσμο που κατασκεύασε και χρησιμοποιεί ένα μη επανδρωμένο

αυτοματοποιημένο τερματικό σταθμό και μια αποβάθρα μη επανδρωμένων γερανών (ESCAP, 2021). Πιο αναλυτικά, ο πρώτος αυτοματοποιημένος τερματικός σταθμός εμπορευματοκιβωτίων ήταν ο τερματικός σταθμός ECT Delta που ξεκίνησε την λειτουργία του το 1993. Χρησιμοποιούσε αυτοματοποιημένους γερανούς στοίβαξης στο ναυπηγείο εμπορευματοκιβωτίων και αυτοματοποιημένα οχήματα καθοδήγησης για τη μεταφορά εμπορευματοκιβωτίων μεταξύ αποβάθρας και αποθηκευτικού χώρου. Μια περαιτέρω καινοτομία εφαρμόστηκε στους τερματικούς σταθμούς Maasvlakte 2 στο Ρότερνταμ το 2015, η οποία εισήγαγε προγράμματα απομακρυσμένης οδήγησης γερανών αποβάθρας, που αναπτύχθηκαν και από ορισμένους άλλους τερματικούς σταθμούς στη συνέχεια (International Transport Forum, 2021).

Επιπρόσθετα, στο εν λόγω λιμάνι ο χερσαίος διάδρομος γίνεται πιο όλο και έξυπνος με τη χρήση αλγορίθμων για τη σύνδεση πληροφοριών σχετικά με την κίνηση του νερού, τις υποδομές και την επιμελητεία της ναυτιλίας (Korpenoll et al., 2021).

Άξιο αναφοράς είναι και το γεγονός ότι το λιμάνι του Ρότερνταμ ανέπτυξε την εφαρμογή πληροφοριών βελτιστοποίησης κλήσεων λιμένων, την PRONTO (Port Rendezvous of Nautical and Terminal Operations). Μέσω της εφαρμογής, το λιμάνι συλλέγει δεδομένα από τα ενδιαφερόμενα μέρη του λιμένα και τα χρησιμοποιεί για να υπολογίσει τη βέλτιστη εκτιμώμενη ώρα άφιξης και την εκτιμώμενη ώρα προορισμού. Ως αποτέλεσμα, τα πλοία που καταπλέουν στο λιμάνι του Ρότερνταμ έχουν μειώσει τον χρόνο αναμονής κατά μέσο όρο κατά 20%. Το λιμάνι του Ρότερνταμ μπορεί να κοινοποιήσει τις συσσωρευμένες πληροφορίες, όπως αυτές για το σύστημα λειτουργίας του λιμένα και τον εξοπλισμό, πληροφορίες λειτουργίας των πλοίων και κατάστασης του περιβάλλοντος και πληροφορίες φορτίου, από όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη σε πραγματικό χρόνο. Είναι, επίσης, σε θέση να δημιουργήσει μια τεχνική βάση όχι μόνο για τη βελτίωση των λιμενικών υπηρεσιών, αλλά και για την πλήρως αυτόνομη λειτουργία με την αξιοποίηση της τεχνητή νοημοσύνης. Όταν ολοκληρωθεί η κατασκευή αυτού του συστήματος, το λιμάνι του Ρότερνταμ αναμένεται να γίνει το πρώτο λιμάνι τεχνητής νοημοσύνης στον κόσμο (ESCAP, 2021).

4.2 Το λιμάνι του Αμβούργου

Το λιμάνι του Αμβούργου στη Γερμανία, επίσης, θεωρείται πρωτοπόρο στην εισαγωγή τεχνολογιών αιχμής.

Για πάνω από μια δεκαετία, οι λιμενικές αρχές στο Αμβούργο αξιοποιούν έξυπνες και καινοτόμες τεχνολογίες για την ανάπτυξη ψηφιακών προσεγγίσεων και έργων. Αξιοποιούν, δηλαδή, τις δυνατότητες της Βιομηχανίας 4.0 με στόχο τη βελτίωση της αξιοπιστίας και της ασφάλειας των επιχειρηματικών διαδικασιών της λιμενικής επιμελητείας και την ενίσχυση της αποδοτικότητας. Η αποδοτικότητα αυτή αφορά τόσο την ενέργεια όσο και τη χρήση των υποδομών, τη διαχείριση της κυκλοφορίας και της περιουσίας του λιμανιού. Η ψηφιοποίηση αυτή, προσφέρει δυνατότητες ειδικά όσον αφορά τη συνδεσιμότητα των φορέων στους τομείς της ναυτιλιακής βιομηχανίας και της εφοδιαστικής βιομηχανίας, ενώ οι απαιτήσεις τους εστιάζονται, ιδίως, στην ορατότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας (Hamburg Port Authority, 2019).

Επιπρόσθετα, το λιμάνι του Αμβούργου χρησιμοποιεί την λύση της ανάλυσης δεδομένων για τη συγκέντρωση διαφόρων πληροφοριών από διάφορες πηγές, όπως οι θέσεις των σκαφών, το ύψος και πλάτος γεφυρών κ.λπ.. Στόχο από την χρήση της ανάλυσης δεδομένων αποτελεί η βελτιστοποίηση των εσωτερικών λιμενικών λειτουργιών (KPMG, 2021).

Αντίστοιχο με το πρόγραμμα ψηφιακής μετάβασης που εφαρμόζεται στο λιμάνι του Ρότερνταμ, το SMART PORT, είναι και το πρόγραμμα smartPORT που αναπτύσσεται στο λιμάνι του Αμβούργου. Με βάση το έργο smartPORT προωθείται η βιώσιμη οικονομική ανάπτυξη του λιμανιού, η μεγιστοποίηση των οφελών για τους πελάτες του λιμανιού και τους κατοίκους της περιοχής και η ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων του λιμανιού. Το έργο αποτελείται από δύο βασικά υποέργα: το smartPORT logistics και το smartPORT που αφορά στην ενέργεια. Το smartPORT logistics συνδυάζει οικονομικές και οικολογικές πτυχές σε τρεις υποτομείς – ροή κυκλοφορίας, υποδομές και ροή αγαθών. Η καθορισμένη ευφυής δικτύωση αποτελεί προϋπόθεση για την αποτελεσματική μεταφορά και τη ροή των αγαθών με χρήση της βέλτιστης συλλογής δεδομένων και της ταχείας ανταλλαγής πληροφοριών. και της παροχής δυνατότητας στους μεταφορείς και τους πράκτορες να

επιλέγουν τα πιο αποτελεσματικά μέσα μεταφοράς για τα εμπορεύματά τους. Στο Αμβούργο, επιπρόσθετα, οποιοσδήποτε οδηγός μπορεί να επωφεληθεί από το σύστημα πλοήγησης σε πραγματικό χρόνο που περιλαμβάνει πληροφορίες κυκλοφορίας εντός και γύρω από το λιμάνι, καθώς και άλλες πληροφορίες υποδομής, όπως στάθμευση και κλείσιμο κινητών γεφυρών. Η στάθμευση για φορτηγά είναι ένα από τα πολλά ζητήματα για την εφοδιαστική των λιμένων. Το σύστημα διαχείρισης στάθμευσης που εφαρμόζεται στο λιμάνι του Αμβούργου επιτρέπει τη βέλτιστη χρήση των χώρων στάθμευσης, για ήδη σταθμευμένα αλλά και όσα φορτηγά αναμένεται να φτάσουν στο λιμενικό χώρο. Το σύστημα μπορεί να ανιχνεύσει και να διαχειριστεί χώρους στάθμευσης, ανακουφίζοντας έτσι κυκλοφοριακή συμφόρηση του συνόλου της πόλης. Ένα σύστημα που βασίζεται στην τεχνολογία της υπολογιστικής νέφους, επίσης, και που ονομάζεται εικονική αποθήκη επιτρέπει στις εταιρείες συσκευασίας να βελτιστοποιούν την κυκλοφορία φορτηγών με τρόπο που μειώνει τον αριθμό των άδειων εμπορευματοκιβωτίων (ESCAP, 2021).

4.3 Το λιμάνι της Αμβέρσας

Από το 1986, στο λιμάνι της Αμβέρσας χρησιμοποιείται το Σύστημα Ηλεκτρονικής Προσαρμοσμένης Ανταλλαγής Δεδομένων (SEAGHA). Με βάση το σύστημα αυτό, τόσο ο ιδιωτικός τομέας όσο και η Λιμενική Αρχή της Αμβέρσας έχουν ξεκινήσει πολλά έργα μεταξύ επιχειρήσεων και ανάμεσα σε επιχειρήσεις και την κυβέρνηση, τα οποία υποστηρίζουν, υλοποιούν και προωθούν τη χρήση ηλεκτρονικών μηνυμάτων. Η Αμβέρσα ήταν το πρώτο λιμάνι στην Ευρώπη που, ήδη από το 1994, κατέστησε υποχρεωτική την ηλεκτρονική δήλωση επικίνδυνων φορτίων. Οι στόχοι του προγράμματος SEAGHA ήταν η μείωση κόστους και σφαλμάτων, η προστασία της εμπιστευτικότητας, η αύξηση της διαφάνειας και ο σεβασμός των ανοιχτών και διεθνών προτύπων. Το SEAGHA προσφέρει πλήρεις υπηρεσίες σύνδεσης ηλεκτρονικής ανταλλαγής δεδομένων με εθνικούς και διεθνείς οργανισμούς όπως (Sys et al., 2020):

- 1) Τις λιμενικές αρχές της Αμβέρσας, για ανταλλαγή ναυτικών μηνυμάτων και ειδοποιήσεων επικίνδυνου φορτίου.

- 2) Το Βελγικό Τελωνείο για τη διασάφηση εμπορευμάτων και για την ανταλλαγή τελωνειακών εγγράφων.
- 3) Τις σιδηροδρομικές αρχές του Βελγίου για την ανταλλαγή της ηλεκτρονικών φορτωτικών εγγράφων και την παρακολούθηση των σιδηροδρομικών βαγονιών στο ευρωπαϊκό σιδηροδρομικό δίκτυο.

Επίσης, το 2017, το λιμάνι της Αμβέρσας ανακοίνωσε την έναρξη ενός πιλοτικού έργου για πιο αποτελεσματικό και ασφαλή χειρισμό των εμπορευματοκιβωτίων αξιοποιώντας την τεχνολογία blockchain. Η πλατφόρμα βοηθητικών δεδομένων που αναπτύσσεται θα συλλέγει και θα συγκεντρώνει δεδομένα από διάφορα στάδια στην αλυσίδα εφοδιασμού του λιμένα της Αμβέρσας (KPMG, 2021).

4.4 Το λιμάνι της Σιγκαπούρης

Το λιμάνι TUAS της Σιγκαπούρης αποτελεί έναν μεγάλων διαστάσεων έργο προς την ψηφιακή μετάβαση ώστε να καταστεί ένα πλήρως έξυπνο λιμάνι, έως το 2040. Το έργο αναμένεται να ολοκληρωθεί σε τέσσερα στάδια ώστε θα μπορεί να χειρίζεται έως και 6,5 εκατομμύρια εμπορευματοκιβώτια ετησίως. Το λιμάνι κατασκευάστηκε με στόχο να γίνει πλήρως αυτοματοποιημένο και αναπτύσσεται με επιδίωξη την ταυτόχρονη υλοποίηση έξυπνων τεχνολογιών όπως η πράσινη τεχνολογία, τα drones και ο εντοπισμός πλοίων και η τεχνολογία έγκαιρης εισόδου, καθώς και η ρομποτική τεχνολογία για συστήματα logistics στους τερματικούς σταθμούς (ESCAP, 2021).

Οι λιμενικές αρχές της Σιγκαπούρης βοηθούν ολόκληρη την λιμενική κοινότητα με μια ολοκληρωμένη σειρά καινοτόμων υπηρεσιών για να δημιουργήσει και να προσθέσει αξία στις λειτουργίες των πλοίων και στη διαχείριση του φορτίου. Το πρόγραμμα PORTNET είναι το κορυφαίο σύστημα που εφαρμόζεται στο λιμάνι, ενώ είναι και το πρώτο σε εθνικό επίπεδο παγκοσμίως σύστημα κοινότητας λιμένων business to business (B2B), παγκοσμίως. Κι αυτό, διότι διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη βελτίωση της συνολικής ολοκλήρωσης και αποτελεσματικότητας του λιμανιού, παρέχοντας στις βιομηχανίες που εμπλέκονται με το λιμένα και τα logistics ένα ενιαίο δίκτυο σύνδεσης, με τη μορφή πύλης. Με αυτόν τον τρόπο, οι λιμενικές

αρχές καταφέραν να συνδεθούν με ναυτιλιακές εταιρείες, μεταφορείς εμπορευμάτων, μεταφορείς και κρατικούς φορείς και να τους βοηθούν να διαχειρίζονται καλύτερα τις πληροφορίες, αλλά και να συγχρονίζουν τις πολύπλοκες διαδικασίες λειτουργίας τους. Το PORTNET έχει πάνω από 9.000 χρήστες και περισσότερες από 200 εκατομμύρια συναλλαγές ετησίως, οι οποίες εξαρτώνται από την αξιόπιστα ικανότητα του συστήματος να παρέχει στους χρήστες λεπτομερείς πληροφορίες, σε πραγματικό χρόνο, για όλες τις διαδικασίες ναυτιλίας, λιμένων και logistics που είναι κρίσιμες για τις επιχειρήσεις τους. Ξεκίνησε να λειτουργεί το 2000 με στόχο να βοηθήσει τις λιμενικές και ναυτιλιακές κοινότητες να αυξήσουν την παραγωγικότητα και να εξοικονομήσουν κόστος κάνοντας μεγαλύτερη χρήση της τεχνολογίας των πληροφοριών. Το PORTNET αναπτύσσεται εσωτερικά από την αρχή λιμένος, ενώ θεωρείται ότι έχει μετατρέψει τη βιομηχανία σε μια συνεργατική λιμενική κοινότητα. Μέσω ενός ενοποιημένου συνόλου διαδικασιών, το PORTNET δημιουργεί ένα περιβάλλον που βελτιστοποιεί τους πόρους, συγχρονίζοντας ποικίλες επιχειρηματικές δραστηριότητες και πληροφορίες. Το πρόγραμμα εστιάζει στην εξυπηρέτηση πέντε βασικών κατηγοριών εμπλεκόμενων με το λιμάνι που είναι η κοινότητα των logistics και της υλικοτεχνικής υποστήριξης, η κοινότητα των μεταφορέων, η κοινότητα των φορτωτών και των κυβερνητικών υπηρεσιών, συμπεριλαμβανομένης της Ναυτιλιακής και Λιμενικής Αρχής και της Αρχής Μετανάστευσης και Σημείων Ελέγχου, μεταξύ άλλων (Sys et al., 2020).

Όπως συμβαίνει και στο Αμβούργο, οι εφαρμογές ανάλυσης δεδομένων στο λιμάνι της Σιγκαπούρης επιτρέπουν στις αλυσίδες εφοδιασμού να υιοθετήσουν μια προληπτική και όχι αντιδραστική απάντηση στους κινδύνους της εφοδιαστικής αλυσίδας. Η Ναυτιλιακή και Λιμενική Αρχή της Σιγκαπούρης δημιούργησε ένα εργαλείο πρόβλεψης της κυκλοφορίας με δυνατότητα δεδομένων για την πρόβλεψη των ωρών άφιξης των σκαφών και την εκτίμηση της πιθανής κυκλοφοριακής συμφόρησης, χρησιμοποιώντας προγνωστικά αναλυτικά στοιχεία (KPMG, 2021).

4.5 Ιαπωνία

Στην Ιαπωνία, ένα από τα κύρια μέτρα της μεσοπρόθεσμης έως μακροπρόθεσμης λιμενικής πολιτικής «PORT2030» που ανακοινώθηκε τον Ιούλιο του 2018 είναι να

γίνουν τα λιμάνια έξυπνότερα και πιο ανθεκτικά χρησιμοποιώντας τεχνολογίες πληροφοριών και επικοινωνιών. Εκτός από την πλήρη μηχανογράφηση των λιμένων, τα οποία θα ονομάζονται «Cyber Port» μέσω της κατασκευής υποδομής σύνδεσης δεδομένων, η πολιτική στοχεύει στη δημιουργία τερματικών σταθμών εμπορευματοκιβωτίων με το υψηλότερο επίπεδο παραγωγικότητας στον κόσμο και ένα καλό εργασιακό περιβάλλον συνδυάζοντας τεχνολογίες τεχνητής νοημοσύνης, διαδικτύου των πραγμάτων και αυτοματισμού. Όσον αφορά τους τερματικούς σταθμούς των εμπορευματοκιβωτίων, προωθείται η εισαγωγή τηλεκατευθυνόμενων μηχανημάτων διαχείρισης φορτίου και αυτοματοποιημένης διαχείρισης πυλών. Οι λειτουργίες στους τερματικούς σταθμούς βελτιστοποιούνται με χρήση τεχνητής νοημοσύνης και άλλων τεχνολογιών, αυτοματοποιημένα σκάφη και τηλεκατευθυνόμενα ρυμουλκά, αυτοματοποιημένα καθοδηγούμενα οχήματα και αυτοματοποιημένα φορτηγά. Επιπλέον, στην επόμενη γενιά τερματικών φορτίου υψηλών προδιαγραφών, αναφέρεται η χρήση της τεχνολογίας αυτόματης οδήγησης για τη διασταυρούμενη μεταφορά και η σύνδεση με τεχνολογία αυτόματης πλοήγησης και υποστήριξης πλοήγησης για πλοία (Hirata et al., 2022).

4.6 Κίνα

Η Κίνα που διαθέτει τα μεγαλύτερα λιμάνια του κόσμου και είναι από τις χώρες από τις οποίες ξεκινούν πάντα νέες καινοτομίες, δεν θα μπορούσε να υστερεί στην τεχνολογία αιχμής και λιμενική της βιομηχανία.

Πιο αναλυτικά, η χώρα προωθεί την κατασκευή έξυπνων πιλοτικών έργων σε 11 λιμάνια σε κυβερνητικό επίπεδο, σε τέσσερις τομείς, συμπεριλαμβανομένης της έξυπνης λειτουργίας λιμένων, της βελτίωσης της διαχείρισης της ασφάλειας, της ενσωμάτωσης logistics και της καινοτομίας επιχειρηματικών μοντέλων. Ειδικότερα, η κυβέρνηση αναπτύσσει πλήρη αυτοματοποίηση λιμένων-στόχων, όπως αυτά στο Xiamen, το Qingdao και τη Σαγκάη, με στόχο να τα καταστήσει τα καλύτερα στον κόσμο στον τομέα της ευφυούς εκμετάλλευσης λιμένων. Τα λιμάνια του Qingdao και της Σαγκάης εισήγαγαν ένα πλήρως αυτοματοποιημένο σύστημα το 2016 και το 2017, αντίστοιχα, τα οποία έχουν βελτιώσει σημαντικά την απόδοση και επί του παρόντος εκτιμάται ότι διαθέτουν την καλύτερη τεχνολογία λιμένων στον κόσμο. Το

λιμάνι της Σαγκάης περιλαμβάνει τόσο ένα ποτάμι όσο και ένα λιμάνι βαθέων υδάτων (ESCAP, 2021).

Στους τερματικούς σταθμούς του λιμανιού βαθέων υδάτων έχει υιοθετηθεί η λύση των τηλεχειριζόμενων αυτοματοποιημένων κρηπιδωμάτων, των αυτοματοποιημένων κατευθυνόμενων οχημάτων και των αυτοματοποιημένων γερανών σιδηροτροχιάς για τη διαχείριση των εμπορευματοκιβωτίων. Ολόκληρο το σύστημα ενσωματώνει τρεις κύριους τύπους βαρέων μηχανημάτων και εξοπλισμού για λιμενικές λειτουργίες, συμπεριλαμβανομένων 26 τηλεκατευθυνόμενων αυτοματοποιημένων γερανών αποβάθρας, 130 αυτοματοποιημένων οχημάτων και 88 αυτοματοποιημένων σιδηροτροχιών, τα οποία είναι όλα ηλεκτρικά, χωρίς καμπίνες οδηγού, με μη επανδρωμένες λειτουργίες που υπόκεινται σε έξυπνη λειτουργία. Εκτός από τις λειτουργίες εισόδου και εξόδου ιμάντων μέσω καταπακτών πλοίων, οι οποίες απαιτούν χειροκίνητο τηλεχειρισμό και χειρισμό, οι τηλεχειριζόμενοι αυτοματοποιημένοι γερανοί αποβάθρας με ανυψωτική ικανότητα 65 τόνων και εμβέλεια 70m, επιτυγχάνουν πλήρως αυτοματοποιημένες λειτουργίες που καλύπτουν όλες τις λειτουργίες και κινήσεις του δευτερεύοντος τρόλεϊ. Βασιζόμενοι στο προηγμένο σύστημα σάρωσης προφίλ πλοίων, οι αυτοματοποιημένοι γερανοί κρηπιδώματος σαρώνουν το προφίλ του πλοίου και δημιουργούν έναν χάρτη σκελετού, σε πραγματικό χρόνο, χρησιμοποιώντας τρεις κάμερες λέιζερ για να επιτρέψουν τη μείωση της ταχύτητας και την προστασία κατά της σύγκρουσής του. Το τρόλεϊ του γερανού είναι πλήρως αυτοματοποιημένο με εξαιρετική ακρίβεια και σταθερότητα και παρακολουθεί τις συνθήκες λειτουργίας του γερανού γέφυρας online, σε πραγματικό χρόνο, για να διασφαλίσει την αξιοπιστία του εξοπλισμού. Τα 130 αυτοματοποιημένα οχήματα κινούνται με ταχύτητα 6 m/s και ανυψωτική ικανότητα 65 τόνων, ενώ λειτουργούν με μπαταρίες λιθίου που αντικαθίστανται αυτόματα και ελέγχονται από το Terminal Operation System (TOS) και το Equipment Control System (ECS) από κοινού με μη επανδρωμένο και έξυπνο τρόπο (Luo, 2019).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η τεχνολογία σήμερα εξελίσσεται με ιλιγγιώδεις ρυθμούς και καθημερινά, σχεδόν, προκύπτουν και διατίθενται εφαρμογές που προσπαθούν να μειώσουν τους χρόνους εξυπηρέτησης και την ποιότητα όσων προσφέρουν – προϊόντων ή υπηρεσιών- οι επιχειρήσεις.

Η σημερινή εποχή είναι η περίοδος της 4^{ης} Βιομηχανικής Επανάστασης όπου οι τεχνολογικές εφαρμογές είναι σε θέση να μιμούνται ακόμα και την λειτουργία του ανθρώπινου εγκεφάλου, όπως συμβαίνει με τη τεχνητή νοημοσύνη. Αυτές οι τεχνολογίες, σταδιακά, εισάγονται σε όλο και περισσότερες παραγωγικές διαδικασίες, δημιουργώντας ένα υπερσύγχρονο επιχειρηματικό περιβάλλον.

Η ανάλυση που προηγήθηκε αφορούσε στην εισαγωγή των τεχνολογιών της Βιομηχανίας 4.0 στην εφοδιαστική αλυσίδα η οποία περιλαμβάνει πλοία και λιμενικές εγκαταστάσεις.

Τόσο θεωρητικά, όσο και βάση των παραδειγμάτων που παρατέθηκαν από διάφορους λιμένες του κόσμου που ήδη εφαρμόζουν τις τεχνολογίες αυτές όχι μόνο σε σχέση με την εφοδιαστική αλυσίδα, αλλά και γενικότερα, αναδείχθηκε ότι η βελτίωση των υπηρεσιών και η προστασία των προϊόντων, μπορεί να βελτιωθεί σημαντικά.

Οι πλήρως αυτοματοποιημένες εγκαταστάσεις, τα μη επανδρωμένα οχήματα, οι αισθητήρες, τα ρομπότ, η συλλογή κι επεξεργασία τεράστιων όγκων δεδομένων, σε πραγματικό χρόνο, φάνηκε ότι μπορούν να μειώσουν τη γραφειοκρατία, τους χρόνους παράδοσης και τα σφάλματα. Ταυτόχρονα, όλα τα εμπλεκόμενα μέρη- μέσω έξυπνων εφαρμογών- είναι σε θέση να εντοπίζουν θέσεις πλοίων και εμπορευμάτων, ανά πάσα στιγμή, καταφέροντας την πλήρη επιτήρηση και ιχνηλασιμότητα των εμπορευμάτων.

Η μετάβαση των λιμένων σε έξυπνα λιμάνια είναι μια αναπόφευκτη εξέλιξη που φαίνεται ότι μπορεί να βοηθήσει και σε διάφορους άλλους τομείς, πέρα από την εξυπηρέτηση της εφοδιαστικής αλυσίδας. Η μείωση της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης, η κοινωνική υπευθυνότητα και η συνολική βιωσιμότητα φαίνεται ότι μπορούν να αξιοποιηθούν με τρόπο αποτελεσματικό της εφαρμογές της Βιομηχανίας

4.0, κάτι που πρέπει να αποτελέσει προτεραιότητα από τη διεθνή λιμενική βιομηχανία.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική

Γεωργούλη, Α. (2015). *Τεχνητή νοημοσύνη*. Αθήνα: Κάλλιπος, Ανοικτές Ακαδημαϊκές Εκδόσεις.

Δαμιανίδης, Κ. (2008). *Λαϊκή Ναυπηγική Παράδοση*. Περίπλους Ναυτικής Ιστορίας, Τεύχος Μαρτίου.

Δερβιτσιώτης, Ν.Κ. και Λαγοδήμος, Γ.Α. (2007). *Ανταγωνιστικότητα των Επιχειρήσεων, Β' Έκδοση*. Αθήνα: Εκδόσεις Νομική Βιβλιοθήκη Α.Ε.

Λακασάς, Δ. (2021). *Άνθρωπος 4.0*. Αθήνα: Εκδόσεις Κλειδάριθμος.

Laudon, C.K. και Laudon, P.J. (2015). *Πληροφοριακά Συστήματα Διοίκησης*. Αθήνα: Εκδόσεις Κλειδάριθμος.

Μαλινδρέτος, Γ. (2015). *Εφοδιαστική αλυσίδα, logistics και εξυπηρέτηση πελατών*. Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών.

Μαρινάκης, Ι. και Μυδαλάς, Α. (2008). *Σχεδιασμός και βελτιστοποίηση της εφοδιαστικής αλυσίδας*. Αθήνα: Εκδόσεις Σοφία Α.Ε.

Μπαλτάς, Γ. και Παπαβασιλείου, Ν. (2003). *Διοίκηση δικτύων διανομής και Logistics*. Αθήνα: Εκδόσεις Rosili.

Παναγιωτακόπουλος, Χ. (2014). *Οι τεχνολογίες της πληροφορίας και των Επικοινωνιών: Μια συνολική θεώρηση*. Αθήνα: Εκδόσεις ΙΩΝ.

Παναγιωτακόπουλος, Χ. (2018). *Η ηθική στο διαδίκτυο και το ηλεκτρονικό έγκλημα*. Αθήνα: Εκδόσεις Παπαζήση.

Παπαδημητρίου, Σ. και Σχινάς, Ο. (2004). *Εισαγωγή στα Logistics*. Αθήνα: Εκδόσεις Σταμούλη.

Ροδόπουλος, Α.Ε. (2008). *Διοίκηση παραγωγής και εφοδιαστική αλυσίδα*. Αθήνα: Εκδόσεις Επίκεντρο.

Ξενογλώσση

Ahmad, T., Zhu, H., Zhang, D., Tariq, R., Bassam, A., Ullah, F., AlGhamdi, S.A. and Alshamrani, S.S. (2022) Energetics Systems and artificial intelligence: Applications of industry 4.0. *Energy Reports*, 8, pp. 334-362.

AL-Salman, I.H. and Salih, H.M. (2019) A review Cyber of Industry 4.0 (Cyber-Physical Systems (CPS), the Internet of Things (IoT) and the Internet of Services (IoS)): Components, and Security Challenges. *Journal of Physics: Conference Series*, 1424, pp. 1-6.

Berns, S., Vonck, I., Dickson, R. and Dragt, J. (2017). *Smart Ports: Point of View*. The Netherlands: Deloitte.

Bisio, I., Garibotto, C., Grattarola, A., Lavagetto, F. and Sciarrone, A. (2018) Exploiting Context-Aware Capabilities over the Internet of Things for Industry 4.0 Applications. *IEEE Network*, May/June, pp. 108-114.

Borade, B.A. and Bansod, V.S. (2007) DOMAIN OF SUPPLY CHAIN MANAGEMENT – A STATE OF ART. *J. Technol. Manag. Innov.*, 2(4), pp. 109-121.

Bowersox, D., Closs, D. and Cooper, B., (2002). *Supply Chain Logistics Management*. New York: McGraw-Hill/Irwin.

Bramel, J. and Simchi-Levi, D., (1997), *The Logic of Logistics: Theory, Algorithms, and Applications for Logistics Management*, New York: Springer-Verlag.

Căescu, Ș.C. and Dumitru, I. (2011) Particularities of the competitive environment in the business to business field. *Management & Marketing*, 6(2), pp. 273-284.

Chauhan, S., Singh, R., Gehlot, A., Akram, V.S., Twala, B. and Priyadarshi, N. (2023). Digitalization of Supply Chain Management with Industry 4.0 Enabling Technologies: A Sustainable Perspective. *Processes*, 11, <https://doi.org/10.3390/pr11010096>.

Chopra, S. and Meindl, P. (2007). *Supply chain management: strategy, planning, and operation. 3rd edition*. Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall.

- Damiani, L., Demartini, M., Guizzi, G., Revetria, R. and Tonelli, F. (2018) Augmented and virtual reality applications in industrial systems: A qualitative review towards the industry 4.0 era. *IFAC PapersOnLine*, 51(11), pp. 624-630.
- De Moura, A.D. (2022) ANALYSIS OF INDUSTRY 4.0 AND THEIR IMPACT ON PORT ENVIRONMENTAL MANAGEMENT. *INDEPENDENT JOURNAL OF MANAGEMENT & PRODUCTION*, 13(5), pp. 1168-1190.
- Dembińska, I. (2018) SMART LOGISTICS IN THE EVOLUTION OF THE LOGISTICS. *European Journal of Service Management*, 27(2), pp. 123-133.
- Douaioui, K., Fri, M., Mabrouki, C. and Semma, A.E. (2018) *Smart port: design and perspectives*. 4th International Conference on Logistics Operations Management, DOI: 10.1109/GOL.2018.8378099.
- Engin, Z. and Treleaven, P. (2019) Algorithmic Government: Automating Public Services and Supporting Civil Servants in using Data Science Technologies. *THE COMPUTER JOURNAL*, 62(3), pp. 448-460.
- ESCAP. (2021). *Smart Port Development Policies in Asia and the Pacific*.
- Esmailian, B., Sarkis, J., Lewis, K. and Behdad, S. (2020) Blockchain for the future of sustainable supply chain management in Industry 4.0. *Resources, Conservation and Recycling*, 163, <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105064>.
- Feng, B. and Ye, Q. (2021). Operations management of smart logistics: A literature review and future research, *Front. Eng. Manag.*, 8(3), pp. 344–355.
- Fernández-Caramés, M.T. and Fraga-Lamas, P. (2019) A Review on the Application of Blockchain to the Next Generation of Cybersecure Industry 4.0 Smart Factories. *IEEE Access*, 7, pp. 45201-45218.
- Goel, R. and Gupta, P. (2022). Robotics and Industry 4.0. In: A. Kumar and A. Nayyar, eds., *A Roadmap to Industry 4.0: Smart Production, Sharp Business and Sustainable Development*. Switzerland: Springer, pp. 157-169.
- Gökalp, O.M., Kayabay, K., Akyol, A.M., Eren, E.P. and Koçyigit, A. (2016) BIG DATA FOR INDUSTRY 4.0: A CONCEPTUAL FRAMEWORK. *International Conference on Computational Science and Computational Intelligence*, pp. 431-434.

Grbic, T. (2016), The importance of shipping in the transportation industry. Available at: <https://blog.greencarrier.com/the-importance-of-shipping-in-the-transportation-industry/> (Accessed 05 December 2022).

Hamburg Port Authority. (2019). *2017/2018 sustainability report of the Port of Hamburg*. Hamburg.

Heikkila, M., Saarni, J. and Saurama, A. (2022) Innovation in Smart Ports: Future Directions of Digitalization in Container Ports. *Journal of Marine Science and Engineering*, 10(2), <https://doi.org/10.3390/jmse10121925>.

Hirata, E., Watanabe, D. and Lambrou, M. (2022). Shipping Digitalization and Automation for the Smart Port. In: T. Bányai, A. Bányai, A. and I. Kaczmar, eds., *Supply Chain - Recent Advances and New Perspectives in the Industry 4.0 Era*. IntechOpen, pp. 1-21.

International Transport Forum. (2021) Container Port Automation: Impacts and Implications. *International Transport Forum Policy Papers*, No. 96. Paris: OECD Publishing.

Jagatheesaperumal, K.S., Rahouti, M., Ahmad, A., Al-Fuqaha, A. and Guizani, M. (2020) The Duo of Artificial Intelligence and Big Data for Industry 4.0: Review of Applications, Techniques, Challenges, and Future Research Directions. *IEEE INTERNET OF THINGS JOURNAL*, Preprint.

Jardas, M., Dundović, C., Gulić, M. and Ivanić, K. (2018). The Role of Internet of Things on the Development of Ports as a Holder in the Supply Chain. *Pomorski zbornik*, 54, pp. 61-73.

Javaid, M., Haleem, A., Vaishya, R., Bahl, S., Suman, R. and Vaish, A. (2020) Industry 4.0 technologies and their applications in fighting COVID-19 pandemic. *Diabetes Metab Syndr.*, 14(4), pp. 419–422.

Javaid, M., Haleem, A., Singh, P.R. and Suman, R. (2021) Significant Applications of Big Data in Industry 4.0. *Journal of Industrial Integration and Management*, 6(4), pp. 383-472.

Kaminsky, P. and Simchi-Levi, D. (2003) Production and distribution lot sizing in a two stage supply chain. *IIE Transaction*, 35, pp. 1065-1075.

Kartal, C. and Öztürk- Can, U. (2022) ANALYSIS OF THE CORRELATION BETWEEN CRYPTO CURRENCIES, S&P500 AND US 10-YEAR TREASURY BOND INDEX WITH GRANGER CAUSALITY TEST. *Journal of Management and Economics Research*, 20(2), pp. 274-291.

Khan, Y., Su'ud, M.B.M., Alam, M.M., Ahmad, F.S., Bani Ahmad, A.Y.A. and Khan, N. (2023) Application of Internet of Things (IoT) in Sustainable Supply Chain Management. *Sustainability*, 15(1), <https://doi.org/10.3390/su15010694>.

Koppenoll, D., Kuijpers, A., Valies, M. and de Boer, W. (2021). *10 SMARTPORT TRENDS 2030-2050*. The Netherlands: Smart Port.

KPMG. (2021). *Anchored in the new reality. Ports perspectives*. United Arab Emirates.

Kumar, A. and Nayyar, A. (2020). si^3 -Industry: A Sustainable, Intelligent, Innovative, Internet-of-Things Industry. In: A. Kumar, A. and A.Nayyar, eds., *A Roadmap to Industry 4.0: Smart Production, Sharp Business and Sustainable Development*. Switzerland: Springer, pp. 1-22.

Lampropoulos, G., Siakas, K. and Anastasiadis, T. (2019) INTERNET OF THINGS IN THE CONTEXT OF INDUSTRY 4.0: AN OVERVIEW. *International Journal of Entrepreneurial Knowledge*, 1(7), pp. 4-19.

Lasi, H., Fettke, P., Feld, T. and Hoffmann, M. (2014) Industry 4.0. *Business & Information Systems Engineering*, 4, pp. 239-242.

Lavingia, K. and Tanwar, S. (2020). Augmented Reality and Industry 4.0. In: A. Kumar, A. and A. Nayyar, eds., *A Roadmap to Industry 4.0: Smart Production, Sharp Business and Sustainable Development*. Switzerland: Springer, pp. 143-155.

Lee, E.S., Nam, H.S. and Song, D.W. (2015a). Defining maritime logistics and its value. In: D.W. Song and M.P. Panayides, eds., *Maritime Logistics*. Kogan Page Limited, pp. 53-65.

Lee, J., Bagheri, B and Kao, H.A. (2015b) A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters*, 3, pp.19-23.

Lei, Y., Su, Z., He, X. and Cheng, C. (2022) Immersive virtual reality application for intelligent manufacturing: Applications and art design. *Mathematical Biosciences and Engineering*, 20(3), pp. 4353–4387.

Liao, Y., Loures, R., E., Deschamps, F., Brezinski, G. and Venâncio, A. (2018) The impact of the fourth industrial revolution: a cross-country/region comparison. *Production*, 28, DOI: 10.1590/0103-6513.20180061.

Lofgren, K. and Webster, C.W.R. (2020) The value of Big Data in government: The case of ‘smart cities’. *Big Data & Society*, January- June, pp. 1-14.

Lu, Y. (2017) Cyber Physical System (CPS)-Based Industry 4.0: A Survey. *Journal of Industrial Integration and Management*, 2(3), <https://doi.org/10.1142/S2424862217500142>.

Luo, X.J. (2019) Fully automatic container terminals of Shanghai Yangshan Port phase IV. *Front. Eng. Manag.*, 6(3), pp. 457–462.

Machala, S., Chamier-Gliszczyński, N. and Królikowski, T. (2022) Application of AR/VR Technology in Industry 4.0. *Procedia Computer Science*, 207, pp. 2984–2992.

Mentzer, J.T., DeWitt, W., Keebler, J.S., Min, S., Nix, N.W., Smith, C.D. and Zacharia, Z.G. (2001) Defining Supply Chain Management. *Journal of Business Logistics*, 22(2), pp. 1-25.

Min, H. (2022). Developing a smart port architecture and essential elements in the era of Industry 4.0, *Marit Econ Logist*, 24, pp. 189–207.

Moise, M. (2008) The importance of reverse logistics for retail activity. *Amfiteatru Economic*, X (24), pp. 192-209.

Murphy, R.P. and Knemeyer, A.M. (2015). *Contemporary Logistics*. England: Pearson Education Limited.

Nee, A.Y.C. and Ong, SK. (2013). *Virtual and Augmented Reality Applications in Manufacturing*. 7th IFAC Conference on Manufacturing Modelling, Management, and Control. International Federation of Automatic Control, June 19-21. Saint Petersburg.

OECD. (2002). *Transport Logistics: SHARED SOLUTIONS TO COMMON CHALLENGES*.

Phadnis, S. (2018). Internet of Things and Supply Chains: A Framework for Identifying Opportunities for Improvement and Its Application. In: S.L. Khuan and R.S. Raman, eds., *Emerging Technologies for Supply Chain Management*. Wawasan Open University, pp. 7-24.

Petrillo, A., De Felice, F., Cioffi, R. and Zomparelli, F. (2018). *Fourth Industrial Revolution: Current Practices, Challenges, and Opportunities*. IntechOpen.

Rai, R., Tiwari, K., M., Ivanov, D. and Dolgui, A. (2021) Machine learning in manufacturing and industry 4.0 applications. *INTERNATIONAL JOURNAL OF PRODUCTION RESEARCH*, 59(16), pp. 4773-4778.

Rajagopal, P., Leong, C.T.J. and Khuan, S.L. (2018). The Impact of Industry 4.0 on Supply Chain. In: S.L. Khuan and R.S. Raman, eds., *Emerging Technologies for Supply Chain Management*. Wawasan Open University, pp. 62-74.

Ro, Y.K., Brem, A. and Rauschnabel, P.A. (2017). Augmented reality smart glasses: Definition, concepts and impact on firm value creation. In: Jung, T. and Dieck, C. eds., *Augmented Reality and Virtual Reality, Empowering Human, Place and Business*. Switzerland: Springer, pp. 169–181.

Rogers, D.S., Lambert, D.M., Croxton, K.L. and García- Dastugue, S.J. (2002) The Returns Management Process. *The International Journal of Logistics Management*, 13(2), pp.1 – 18.

Russel, R. S. and Taylor, B.W. (2009). *Operations Management along the Supply Chain. 6th edition*. Hoboken: John Wiley & Sons.

Skjoett-Larsen, T. (2000) European logistics beyond 2000. *International Journal of Physical Distribution & Logistics*, 30(5), pp. 377-387.

Song, D.W. and Panayides, M.P. (2015). Introduction to maritime logistics. In: D.W. Song and M.P. Panayides, eds., *Maritime Logistics*. Kogan Page Limited, pp. 3-10.

Stăncioiu, A. (2017) THE FOURTH INDUSTRIAL REVOLUTION, INDUSTRY 4.0. *Fiability & Durability*, 1, pp. 74-78.

Surenian, A. and Stanton, D. (2022). *Supply Chain Planning*. NJ: John Wiley & Sons, Inc.

Surdej, A. (2020). AI Solutions and Productivity of Public Services: Insights from Poland. In: Visvizi, A., Lytras, D.M. and Aljohani, R.N. eds., *Research and Innovation Forum 2020: Disruptive Technologies in Times of Change*. Switzerland: Springer.

Sys, C., Vanelslander T., Carlan V. and Verberght E. (2020). *Innovations in Ports. Technology, Information and Processes*. Antwerp: University of Antwerp.

Swaminathan, J.M. (2001). *Supply Chain Management, International Encyclopedia of the Social and Behavioral Sciences*. Oxford: Elsevier Sciences.

UNCTAD. (2021). *Review of Maritime Transport 2021*. Geneva.

U.S. Agency for International Development. (2011). *The Logistics Handbook: A Practical Guide for the Supply Chain Management of Health Commodities*. USA.

Velásquez, N., Estevez, E. and Pesado, P. (2018) Cloud Computing, Big Data and the Industry 4.0 Reference Architectures. *Journal of Computer Science & Technology*, 18(3), pp. 258-266.

Wang, T. (2023). Internet of Things and Big Data in Smart Logistics. *AHCS*, 7, pp. 1265–1271.

Wang, L. and Wang, G. (2016) Big Data in Cyber-Physical Systems, Digital Manufacturing and Industry 4.0. *I.J. Engineering and Manufacturing*, 4, pp. 1-8.

Witkowski, K., (2017), Internet of Things, Big Data, Industry 4.0 – Innovative Solutions in Logistics and Supply Chains Management. *Procedia Engineering*, 182, pp. 763 – 769.

Xu, M., David, M., J. and Kim, H., S. (2018) The Fourth Industrial Revolution: Opportunities and Challenges. *International Journal of Financial Research*, 90(2), pp. 90-95.

Zezulka, F., Marcon, P., Vesely, I. and Sajdl, O. (2016) Industry 4.0 – An Introduction in the phenomenon. *IFAC-PapersOnLine*, 49(25), pp. 8–12.

Zheng, T., Ardolino, M., Bacchett, A. and Perona, M. (2020) The applications of Industry 4.0 technologies in manufacturing context: a systematic literature review. *International Journal of Production Research*, 59(6), pp. 1922-1954.

Διαδικτυακές πηγές

Food Business. (2015). *Πρακτικές για μείωση της φόρας στην εφοδιαστική αλυσίδα τροφίμων*. Διαθέσιμο στο: <http://foodbusiness.gr/praktikew-gia-th-meivsh-thw-fyraw-sthn-efodiasstikh-alytida-trofimvn/> (Ανακτήθηκε: 1 Δεκεμβρίου 2022).

International Chamber of Shipping. (2020). Shipping and world trade: driving prosperity. Available at: <https://www.ics-shipping.org/shipping-fact/shipping-and-world-trade-driving-prosperity/> (Accessed 05 December 2022).