

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ



ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

στη ΝΑΥΤΙΛΙΑ

**Η ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ
ΑΛΥΣΙΔΑΣ**

ΜΑΡΙΝΑ ΜΠΕΡΕΤΗ

Διπλωματική Εργασία

που υποβλήθηκε στο Τμήμα Ναυτιλιακών Σπουδών του Πανεπιστημίου Πειραιώς ως μέρος των απαιτήσεων για την απόκτηση του Διπλώματος Μεταπτυχιακών Σπουδών στην Ναυτιλία

Πειραιάς, Ιανουάριος 2025

ΔΗΛΩΣΗ ΑΥΘΕΝΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

Δηλώνω ότι η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελεί πρωτότυπο ακαδημαϊκό έργο. Όλες οι πηγές που χρησιμοποιήθηκαν αναφέρονται στη βιβλιογραφία. Η χρήση υλικού τρίτων έγινε σύμφωνα με τους κανόνες ακαδημαϊκής δεοντολογίας. Αναγνωρίζω την ευθύνη μου για την τήρηση των πνευματικών δικαιωμάτων. Κατανοώ ότι οποιαδήποτε παραβίαση συνεπάγεται ακαδημαϊκές συνέπειες. Η εργασία αυτή εκπονήθηκε αποκλειστικά για εκπαιδευτικούς σκοπούς.

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία εγκρίθηκε ομόφωνα από την Τριμελή Εξεταστική Επιτροπή που ορίστηκε από τη ΓΣ του Τμήματος Ναυτιλιακών Σπουδών του Πανεπιστημίου Πειραιώς σύμφωνα με τον Κανονισμό Λειτουργίας του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών στη Ναυτιλία.

Τα μέλη της Επιτροπής:

- Παπαδημητρίου Ευστράτιος
- Λαγούδης Ιωάννης
- Τσιούμας Ευάγγελος

Πρόλογος

Η παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζει τη διαδικασία ψηφιοποίησης της εφοδιαστικής αλυσίδας και τις επιπτώσεις της στον κλάδο της ναυτιλίας, εστιάζοντας στη βελτιστοποίηση των logistics, τη βελτίωση της αποδοτικότητας και την περιβαλλοντική βιωσιμότητα. Αναλύεται η μετάβαση από τις παραδοσιακές στις σύγχρονες ψηφιακές αλυσίδες εφοδιασμού, καθώς και ο ρόλος τεχνολογιών αιχμής, όπως η Τεχνητή Νοημοσύνη (AI), το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) και το blockchain.

Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στον τρόπο με τον οποίο η ψηφιοποίηση μπορεί να ενισχύσει τη διαφάνεια, την ασφάλεια των δεδομένων, τη μείωση κόστους και τη βιώσιμη διαχείριση των πόρων στις ναυτιλιακές επιχειρήσεις. Επιπλέον, εξετάζονται οι προκλήσεις που προκύπτουν από την εφαρμογή της, όπως η ανάγκη για τεχνολογική προσαρμογή, οι αρχικές επενδύσεις σε εξοπλισμό και εκπαίδευση προσωπικού, καθώς και οι κανονιστικές ρυθμίσεις που διέπουν τη χρήση των νέων τεχνολογιών. Παρουσιάζονται επίσης μελέτες περίπτωσης που αναδεικνύουν επιτυχημένες πρακτικές «πράσινης ναυτιλίας» μέσω της εφαρμογής ψηφιακών λύσεων, όπως η βελτιστοποίηση των δρομολογίων και η μείωση των εκπομπών άνθρακα. Η έρευνα καταλήγει στο συμπέρασμα ότι η υιοθέτηση των νέων τεχνολογιών στην εφοδιαστική αλυσίδα της ναυτιλίας αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για τη βιώσιμη ανάπτυξη του κλάδου, συμβάλλοντας στη δημιουργία ενός πιο ευέλικτου, αποδοτικού και περιβαλλοντικά υπεύθυνου ναυτιλιακού συστήματος.

Λέξεις - κλειδιά: Ψηφιοποίηση, εφοδιαστική αλυσίδα, ναυτιλία, περιβαλλοντική βιωσιμότητα, τεχνολογικές καινοτομίες.

Abstract

This scientific text critically examines the digitization of the supply chain and its significant impact on the shipping industry, focusing on logistics optimization, operational efficiency, and environmental sustainability. It navigates through the historical evolution of supply chain management, from traditional methods to digital advancements, highlighting key milestones that have shaped this transformation. By tracing this progression, the study underscores the

necessity of adopting modern technologies to maintain competitiveness and sustainability in the shipping sector. Emphasis is placed on the adoption of cutting-edge technologies such as Artificial Intelligence (AI), the Internet of Things (IoT), big data analytics, and blockchain, demonstrating their pivotal roles in enhancing transparency, efficiency, and security within the supply chain. The study also explores the challenges associated with digital transformation, including cybersecurity threats, high implementation costs, and regulatory complexities, which often hinder seamless integration into existing maritime operations. Furthermore, the text presents insightful case studies on green shipping initiatives, offering real-world examples of how digital innovations contribute to reducing carbon emissions, optimizing fuel consumption, and promoting sustainable maritime logistics. In conclusion, the study discusses the broader implications of digital transformation in the shipping industry, addressing both its limitations and potential directions for future research. This exploration provides a comprehensive academic perspective on the evolving role of digitization in global logistics and environmental conservation.

Keywords: Supply chain, digitalization, shipping, environmental sustainability, technological innovations.

Πίνακας περιεχομένων

Πρόλογος	2
Abstract	3
Εισαγωγή	6
1.1. Εισαγωγικές έννοιες	6
1.2 Προβληματική και Αναγκαιότητα της Έρευνας	6
1.3 Στόχοι έρευνας	6
2 Ανασκόπηση της βιβλιογραφίας	8
2.1 Ιστορική εξέλιξη της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας	8
2.1.1 Παραδοσιακά μοντέλα και οι περιορισμοί τους	8
2.1.2 Βασικά ορόσημα στην εξέλιξη της εφοδιαστικής αλυσίδας	11
2.2 Ψηφιοποίηση στην εφοδιαστική αλυσίδα	13
2.2.1 Τεχνολογικές καινοτομίες	13
2.2.2 Ο ρόλος της παγκοσμιοποίησης και οι απαιτήσεις της αγοράς	15
2.2.3 Οφέλη έναντι προκλήσεων της έγκαιρης υιοθέτησης	16
2.3 Προηγούμενες μελέτες για τον ψηφιακό μετασχηματισμό στη ναυτιλία	18
2.3.1 Επισκόπηση βασικών μελετών και των ευρημάτων τους	18
2.3.2 Ανάλυση του αντικειμένου στη λειτουργική αποτελεσματικότητα	19
2.4 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις των εφοδιαστικών αλυσίδων	20
2.4.1 Περιβαλλοντικό αποτύπωμα παραδοσιακών εφοδιαστικών αλυσίδων	20
2.4.2 Ψηφιοποίηση και περιβάλλον	22
2.4.3 Κριτική ανασκόπηση	23
2.4.4 Μεθοδολογία	25
3 Θεωρητικό υπόβαθρο	25
3.1 Θεωρίες για τον ψηφιακό μετασχηματισμό	25
3.1.1 Εξέλιξη των θεωριών ψηφιακού μετασχηματισμού	27

3.1.2	Δυνατά και αδύναμα σημεία των κυρίαρχων θεωριών	28
3.1.3	Εφαρμογή των θεωριών ψηφιακού μετασχηματισμού στον κλάδο της ναυτιλίας	29
3.2	Θεωρίες για την περιβαλλοντική αειφορία στη ναυτιλία	31
3.2.1	Επισκόπηση των θεωριών αειφορίας που σχετίζονται με τη ναυτιλία	31
3.2.2	Ψηφιακός μετασχηματισμός και βιωσιμότητα	34
4	Ψηφιοποίηση της εφοδιαστικής αλυσίδας	36
4.1	Ορισμός και στοιχεία της ψηφιακής εφοδιαστικής αλυσίδας	36
4.1.1	Ιστορικό πλαίσιο: Από τις παραδοσιακές ψηφιακές αλυσίδες εφοδιασμού	38
4.1.3	Θεωρητικές βάσεις των μοντέλων ψηφιακής εφοδιαστικής αλυσίδας	42
4.2	Οφέλη από την ψηφιοποίηση στην εφοδιαστική αλυσίδα	43
4.2.1	Βελτίωση στα ποσοτικά χαρακτηριστικά των υπηρεσιών	43
4.2.2	Βελτίωση στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των υπηρεσιών	46
4.3	Προκλήσεις και περιορισμοί	49
4.3.1	Τεχνικές προκλήσεις	49
4.3.2	Οργανωτικές και Ανθρώπινες Προκλήσεις	51
4.3.3	Ευρύτερες προκλήσεις	53
5	Ψηφιακή καινοτομία στον τομέα της ναυτιλίας	55
5.1	Μελέτες περίπτωσης	55
5.2	Μέτρηση της αποδοτικότητας	57
5.2.1	Κρυφό κόστος του ψηφιακού μετασχηματισμού	57
5.2.2	Μακροπρόθεσμη απόδοση επένδυσης (ROI)	58
5.3	Προκλήσεις στην εφαρμογή ψηφιακών λύσεων στη ναυτιλία	60
5.3.1	Τεχνικά εμπόδια	60
5.3.2	Οργανωτικά εμπόδια	62
6	Περιβαλλοντικές επιπτώσεις της ψηφιοποιημένης εφοδιαστικής αλυσίδας	64
6.1	Μείωση αποτυπώματος άνθρακα	64
6.1.1	Το αποτύπωμα άνθρακα της παραδοσιακής ναυτιλίας	64

6.1.2 Μηχανισμοί με τους οποίους οι ψηφιακές λύσεις μειώνουν τις εκπομπές προστασίας	65
6.2 Διαχείριση αποβλήτων και βελτιστοποίηση πόρων	67
6.2.1 Το προφίλ αποβλήτων των συμβατικών ναυτιλιακών εργασιών	67
6.2.2 Ψηφιακές καινοτομίες στη μείωση των απορριμμάτων και την αποδοτικότητα των πόρων	68
6.3 Μελέτες περίπτωσης: Πρωτοβουλίες Green Shipping	70
Συμπεράσματα	72
Βιβλιογραφία	74

Περιεχόμενα σχημάτων

Σχήμα 1: Περιορισμοί των μοντέλων ώθησης	13
Σχήμα 2: Τεχνολογικές καινοτομίες στην εφοδιαστική αλυσίδα	16
Σχήμα 3: Οφέλη έναντι προκλήσεων της έγκαιρης υιοθέτησης	19
Σχήμα 4: Θεωρίες Αειφορίας που σχετίζονται με τη Ναυτιλία	35
Σχήμα 5: Βασικά στοιχεία λειτουργίας της ψηφιακής εφοδιαστικής αλυσίδας (Ίδια επεξεργασία από Sanders & Ganeshan, 2018; Kalluru, 2018)	39
Σχήμα 6: Ποσοτικά οφέλη των υπηρεσιών (Ίδια επεξεργασία από Kshetri, 2018)	47
Σχήμα 7: Ποιοτικά οφέλη των υπηρεσιών (Ίδια επεξεργασία από Hallikas et al., 2021; Cui et al., 2021)	50
Σχήμα 8: Τεχνικές προκλήσεις (Ίδια επεξεργασία από Bain, 2023; Herbane, 2010)	52

Περιεχόμενα πινάκων

Πίνακας 1: Μετάβαση από τις παραδοσιακές στις ψηφιακές αλυσίδες εφοδιασμού (Ίδια επεξεργασία από Agrawal and Narain, 2021)	43
--	----

Περιεχόμενα διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1: Εκπομπές CO2 στην παγκόσμια ναυτιλία (Statista, 2023)	69
--	----

Εισαγωγή

1.1. Εισαγωγικές έννοιες

Στο σημερινό περίπλοκο τοπίο του παγκόσμιου εμπορίου, η ναυτιλιακή βιομηχανία και η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας διαδραματίζουν κεντρικό ρόλο. Καθώς ο κόσμος οδεύει ολοένα και περισσότερο προς την ψηφιοποίηση, ο ναυτιλιακός τομέας βιώνει μια αξιοσημείωτη αλλαγή στη λειτουργία του, μεταβαίνοντας από τις παραδοσιακές, συχνά χειρωνακτικές διαδικασίες σε εξελιγμένες λειτουργίες που έχουν σαν βάση τους την ψηφιακή τεχνολογία. Η παρούσα μελέτη, επικεντρώνεται στη διερεύνηση της σφαίρας του ψηφιακού μετασχηματισμού και της θέσης αυτού στη ναυτιλιακή βιομηχανία, αποκαλύπτοντας πως αυτή η αλλαγή επηρεάζει τις λειτουργίες εφοδιαστικής αλυσίδας και συνεισφέρει στο περιβάλλον.

Η εμφάνιση ψηφιακών τεχνολογιών όπως η Τεχνητή Νοημοσύνη (AI), το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT), η τεχνολογία blockchain και η ανάλυση μεγάλων δεδομένων έχει φέρει επανάσταση στην παραδοσιακή δυναμική της διαχείρισης της ναυτιλίας και της εφοδιαστικής αλυσίδας. Αυτές οι καινοτομίες όχι μόνο έχουν εξορθολογίσει τις λειτουργίες, αλλά έχουν ανοίξει και νέους δρόμους στη διαχείριση των τομέων αυτών εισάγοντας τεχνικές και στρατηγικές για τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας, της διαφάνειας και της βιωσιμότητας.

Στο πλαίσιο που περιγράφεται, η σημασία της ψηφιακής αυτής μετάβασης είναι τεράστια. Η ναυτιλία, ως κρίσιμη αρτηρία του παγκόσμιου εμπορίου, αντιπροσωπεύει σημαντικό όγκο της διεθνούς οικονομικής δραστηριότητας. Η λειτουργική αποτελεσματικότητα και το περιβαλλοντικό αποτύπωμα του κλάδου έχουν εκτεταμένες επιπτώσεις, που εκτείνονται πέρα από τα όρια του θαλάσσιου εμπορίου και επηρεάζουν την παγκόσμια οικολογική βιωσιμότητα και την οικονομική σταθερότητα.

Σε αυτό το πλαίσιο, η ψηφιοποίηση των αλυσίδων εφοδιασμού αντιπροσωπεύει ταυτόχρονα ένα σημαντικό όφελος και μια πρόκληση. Από τη μια πλευρά, προσφέρει άνευ προηγουμένου ευκαιρίες για ενίσχυση της λειτουργικής αποτελεσματικότητας, μείωση του κόστους και βελτίωση της ικανοποίησης των πελατών. Από την άλλη πλευρά, παρουσιάζει προκλήσεις και πολυπλοκότητες, ιδίως όσον αφορά την προσαρμογή των οργανισμών και των ανθρώπων τους στις νέες τεχνολογίες, τη διαχείριση των κινδύνων στον κυβερνοχώρο και τη διασφάλιση με τους κανονισμούς περιβαλλοντικής συμμόρφωσης.

Επιπλέον, η περιβαλλοντική πτυχή της ψηφιοποίησης στη ναυτιλία απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή. Καθώς η κλιματική αλλαγή και η οικολογική υποβάθμιση δημιουργούν αυξανόμενες προκλήσεις, η ναυτιλιακή βιομηχανία βρίσκεται υπό πίεση να μειώσει το αποτύπωμα άνθρακα και να υιοθετήσει βιώσιμες πρακτικές. Οι ψηφιακές τεχνολογίες παρουσιάζουν πολλά υποσχόμενες λύσεις σε αυτές τις προκλήσεις, προσφέροντας τρόπους βελτιστοποίησης της κατανάλωσης καυσίμου, μείωσης των εκπομπών και βελτίωσης της διαχείρισης απορριμμάτων.

Η εξερεύνηση που πραγματοποιείται στην παρούσα μελέτη θέτει τις βάσεις για μια ολοκληρωμένη εξέταση της ψηφιοποίησης της εφοδιαστικής αλυσίδας στη ναυτιλιακή βιομηχανία. Θέτει τα θεμέλια για μια εις βάθος ανάλυση του τρόπου με τον οποίο ο ψηφιακός μετασχηματισμός αναδιαμορφώνει αυτόν τον ζωτικό τομέα, εστιάζοντας στα επιχειρησιακά logistics, τις τεχνολογικές καινοτομίες και τις επακόλουθες περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Οι ακόλουθες ενότητες της παρούσας μελέτης θα εμβαθύνουν στην ιστορική εξέλιξη της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας, θα εξετάσουν τον ρόλο της ψηφιοποίησης και τις πολυσχιδείς επιπτώσεις της και θα διερευνήσουν θεωρητικές και πρακτικές διαστάσεις αυτού του μετασχηματιστικού ταξιδιού. Μέσα από αυτή την ανάλυση, το κείμενο στοχεύει να παρέχει πολύτιμες γνώσεις για το ψηφιακό μέλλον της ναυτιλίας και τις επιπτώσεις του στο παγκόσμιο περιβάλλον και την οικονομία.

1.2 Προβληματική και Αναγκαιότητα της Έρευνας

Η μετάβαση από τις παραδοσιακές μεθόδους στις ψηφιοποιημένες λειτουργίες στον τομέα της ναυτιλίας συνοδεύεται από πολλές πολυπλοκότητες και προκλήσεις. Αυτή η μετάβαση εγείρει κρίσιμα ερωτήματα σχετικά με την αποτελεσματικότητα, την επεκτασιμότητα και τον περιβαλλοντικό αντίκτυπο των ψηφιοποιημένων αλυσίδων εφοδιασμού. Ο πυρήνας της προβληματικής της παρούσας έρευνας έγκειται στην κατανόηση του τρόπου με τον οποίο ο ψηφιακός μετασχηματισμός αλλάζει το ναυτιλιακό τοπίο, ποια είναι τα οφέλη τους και ποιες προκλήσεις φέρνει στο προσκήνιο. Επιπλέον, καθώς η παγκόσμια προσοχή στρέφεται όλο και περισσότερο προς την περιβαλλοντική βιωσιμότητα, η έρευνα αυτή επιδιώκει να διερευνήσει το οικολογικό αποτύπωμα των πρακτικών ψηφιακής ναυτιλίας, αξιολογώντας εάν η ψηφιοποίηση ευθυγραμμίζεται με τους ευρύτερους στόχους της περιβαλλοντικής διαχείρισης και βιωσιμότητας.

1.3 Στόχοι έρευνας

Λαμβάνοντας υπόψη τα προαναφερθέντα, οι πρωταρχικοί στόχοι αυτής της έρευνας είναι οι εξής:

- Η ανάλυση της εξέλιξη της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας: Περιλαμβάνει την εξέταση της ιστορικής προόδου από τις παραδοσιακές στις ψηφιακές αλυσίδες εφοδιασμού, την κατανόηση των βασικών ορόσημων και των τεχνολογικών καινοτομιών που έχουν διαμορφώσει αυτήν την εξέλιξη.
- Η διερεύνηση του λειτουργικού αντίκτυπου της ψηφιοποίησης: Περιλαμβάνει την αξιολόγηση του τρόπου με τον οποίο οι ψηφιακές λύσεις επηρεάζουν την αποδοτικότητα και την αποτελεσματικότητα των ναυτιλιακών λειτουργιών, δίνοντας έμφαση στην ενσωμάτωση τεχνολογιών όπως το AI, το IoT και το blockchain.
- Η αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων: Ένας κρίσιμος στόχος είναι η αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της ψηφιοποίησης στη ναυτιλία, ιδιαίτερα όσον αφορά τη μείωση του αποτυπώματος άνθρακα, τη διαχείριση αποβλήτων και τη βελτιστοποίηση των πόρων.
- Ο προσδιορισμός των προκλήσεων και των περιορισμών: Αυτή η έρευνα θα εμβαθύνει επίσης στις τεχνικές, οργανωτικές και εξωτερικές προκλήσεις που εμποδίζουν την υιοθέτηση και την αποτελεσματικότητα των ψηφιακών λύσεων στη ναυτιλιακή βιομηχανία.

Μέσα από μια ολοκληρωμένη διερεύνηση αυτών των στόχων, η έρευνα αυτή στοχεύει να συμβάλει ουσιαστικά στον ακαδημαϊκό και πρακτικό λόγο για την ψηφιοποίηση στον ναυτιλιακό τομέα, ιδιαίτερα στο πλαίσιο της επιχειρησιακής εφοδιαστικής και της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας.

2 Ανασκόπηση της βιβλιογραφίας

2.1 Ιστορική εξέλιξη της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας

Η έννοια και η λειτουργία της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας (SCM) έχει εξελιχθεί σημαντικά με την πάροδο των ετών από τα παραδοσιακά μοντέλα που εφαρμόζονταν σε πιο εξελιγμένες προσεγγίσεις που βασίζονται στην τεχνολογία. Η εξέλιξη αυτή αντανακλά τη μεταβαλλόμενη δυναμική της παγκόσμιας αγοράς και την αυξανόμενη πολυπλοκότητα της λειτουργίας των εφοδιαστικών αλυσίδων.

2.1.1 Παραδοσιακά μοντέλα και οι περιορισμοί τους

Τα παραδοσιακά μοντέλα εφοδιαστικής αλυσίδας, που εφαρμόζονταν μέχρι τα τέλη του 20^{ου} αιώνα, χαρακτηρίζονταν από μια γραμμική προσέγγιση. Η ανάλυση της λειτουργίας των παραδοσιακών μοντέλων στη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι ζωτικής σημασίας για την κατανόηση της εξέλιξης και των τρεχουσών τάσεων σε αυτόν τον τομέα (Murphy & Knemeyer, 2018).

Τα παραδοσιακά μοντέλα διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας, που εφαρμόζονταν στη βιομηχανία μέχρι τα τέλη του 20^{ου} αιώνα, εστίαζαν κυρίως στην αποδοτικότητα και τη σχέση κόστους-αποτελεσματικότητας σε ένα σχετικά σταθερό περιβάλλον αγοράς. Στη συνέχεια, γίνεται μια πιο αναλυτική αναφορά στα μοντέλα αυτά (Murphy & Knemeyer, 2018).

Αρχικά, κεντρικό στοιχείο της λειτουργίας των παραδοσιακών μοντέλων ήταν το «μοντέλο βασισμένο στην ώθηση», όπου οι αποφάσεις για τους τομείς παραγωγής και διανομής καθοδηγούνταν από μακροπρόθεσμες προβλέψεις και όχι από την πραγματική ζήτηση (Forrester, 1961). Η προσέγγιση αυτή συχνά οδηγούσε είτε σε υπερπαραγωγή είτε σε ελλείψεις, καθώς δεν είχε την ευελιξία να προσαρμοστεί γρήγορα στις αλλαγές της αγοράς.

Ένα ακόμα παραδοσιακό μοντέλο που εφαρμόζονταν ήταν αυτό των γραμμικών εφοδιαστικών αλυσίδων. Οι παραδοσιακές αλυσίδες εφοδιασμού ήταν γραμμικές, με κάθε στάδιο της διαδικασίας τους να λειτουργεί ανεξάρτητα. Η έλλειψη ολοκλήρωσης, ως αποτέλεσμα της διαδικασίας αυτής, οδηγούσε συχνά σε αναποτελεσματικότητα και περιορισμένη ικανότητα ανταπόκρισης σε διαταραχές που μπορεί να παρατηρούνταν στη λειτουργία της εφοδιαστικής αλυσίδας (Cooper, Lambert, & Pagh, 1997).

Ένας τομέας που εστίαζε σε μεγάλο βαθμό η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας ήταν η διαχείριση αποθεμάτων, με παραδοσιακές στρατηγικές και μοντέλα στρατηγικές όπως το Just-In-Time (JIT) που χρησιμοποιούνταν για την ελαχιστοποίηση του κόστους αποθέματος. Ωστόσο, οι στρατηγικές αυτές συχνά δεν έλαβαν υπόψη την πολυπλοκότητα και τη μεταβλητότητα των σύγχρονων εφοδιαστικών αλυσίδων, οδηγώντας σε ευπάθειες και σε μεγάλες περιόδους διακοπής της λειτουργίας τους (Womack & Jones, 1996).

Ένα ακόμη μοντέλο που ακολουθούνταν κατά τη λειτουργία των παραδοσιακών εφοδιαστικών αλυσίδων, αφορούσε τις σχέσεις με τους προμηθευτές. Η προσέγγιση αυτή θεωρούσε τις σχέσεις με τους προμηθευτές ως ανταγωνιστικές και όχι ως συνεργατικές, εστιάζοντας στην ελαχιστοποίηση του κόστους παρά στη μακροπρόθεσμη συνεργασία και στη δημιουργία αξίας (Bowersox, Closs, & Cooper, 2002).

Ένα ακόμη στοιχείο που χαρακτήριζε τα παραδοσιακά μοντέλα εφοδιαστικής αλυσίδας ήταν ότι συνήθως δεν έδιναν προτεραιότητα στην περιβαλλοντική βιωσιμότητα. Η εστίαση δίνοντας στην οικονομική αποδοτικότητα, συχνά σε βάρος των περιβαλλοντικών παραμέτρων (Σαρκής, 2003). Ακόμη, τα μοντέλα αυτά χαρακτηρίζονταν από περιορισμένη χρήση της τεχνολογίας. Η ανταλλαγή πληροφοριών σε όλη την αλυσίδα εφοδιασμού ήταν περιορισμένη, συχνά γίνονταν χειροκίνητα και όχι σε πραγματικό χρόνο, οδηγώντας σε καθυστερήσεις και αναποτελεσματικότητα (Handfield & Nichols, 1999).

Τα παραδοσιακά αυτά μοντέλα, που συχνά περιγράφονται ως μοντέλα «ώθησης», βασίζονταν σε μεγάλο βαθμό στον προγραμματισμό με γνώμονα τις προβλέψεις, όπου τα αγαθά παράγονταν εν αναμονή της ζήτησης (Cooper, Lambert, & Pagh, 1997). Η προσέγγιση αυτή, αν και απλή, συνοδεύονταν από αρκετούς περιορισμούς οι οποίοι παρουσιάζονται στο σχήμα που ακολουθεί ενώ στη συνέχεια, αναλύονται περαιτέρω.



Σχήμα 1: Περιορισμοί των μοντέλων ώθησης (Ίδια επεξεργασία από Cooper, Lambert, & Pagh, 1997)

Αρχικά, η εφαρμογή των παραδοσιακών μοντέλων, συχνά οδηγούσε σε αναποτελεσματικότητα που αφορούσε κυρίως την υπερπαραγωγή, την υποχρησιμοποίηση των πόρων και το υψηλό κόστος των αποθεμάτων. Η έλλειψη ευελιξίας στην ανταπόκριση στις διακυμάνσεις της ζήτησης σε πραγματικό χρόνο ήταν ένα σημαντικό μειονέκτημα (Forrester, 1961).

Ένας ακόμα κρίσιμος περιορισμός ήταν η έλλειψη συντονισμού μεταξύ διαφορετικών παραγόντων της αλυσίδας εφοδιασμού. Κάθε ένα παράγοντας, όπως οι προμηθευτές, οι κατασκευαστές και διανομείς, λειτουργούσε συχνά με αντικρουόμενους στόχους. Η αυτή έλλειψη συντονισμού συχνά οδηγούσε σε μη βέλτιστες αποφάσεις σε επίπεδο εφοδιαστικής αλυσίδας (Bowersox, Closs, & Cooper, 2002).

Στη συνέχεια, τα παραδοσιακά μοντέλα για τη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας χαρακτηρίζονταν από περιορισμένη χρήση τεχνολογίας. Η εξάρτηση από μη αυτοματοποιημένες διαδικασίες και η έλλειψη δεδομένων σε πραγματικό χρόνο εμπόδισαν την αποτελεσματική λήψη αποφάσεων και την ανταπόκριση στις αλλαγές της αγοράς οδηγώντας σε αναποτελεσματικότητες (Handfield & Nichols, 1999).

Καθώς οι περιορισμοί που χαρακτήριζαν τα παραδοσιακά μοντέλα διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας επηρέαζαν όλο και περισσότερο την αποτελεσματικότητά της,

εμφανίστηκε η ανάγκη για πιο ευέλικτες, ολοκληρωμένες και βασισμένες στην τεχνολογία προσεγγίσεις. Αυτή η αλλαγή σηματοδότησε την αρχή μιας νέας εποχής στη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας, με επίκεντρο την ευελιξία, την ανταπόκριση και τη βιωσιμότητα.

Η ανάγκη αυτή για τη μετάβαση από τα παραδοσιακά στα σύγχρονα μοντέλα εφοδιαστικής αλυσίδας οφείλεται σε διάφορους παράγοντες, όπως οι τεχνολογικές εξελίξεις, η παγκοσμιοποίηση και η αυξημένη έμφαση στη βιωσιμότητα. Η έλευση τεχνολογιών όπως το Internet of Things (IoT), η ανάλυση μεγάλων δεδομένων και το cloud computing έχει μεταμορφώσει τις λειτουργίες της εφοδιαστικής αλυσίδας, επιτρέποντας την ανταλλαγή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο και τη συνεργασία σε όλο το δίκτυο της εφοδιαστικής αλυσίδας (Wang, Gunasekaran, Ngai, & Papadopoulos, 2016).

Όπως γίνεται αντιληπτό, η κατανόηση της ιστορικής εξέλιξης της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι ζωτικής σημασίας για την κατανόηση των τρεχουσών τάσεων και προκλήσεων στον τομέα. Η μετάβαση από τα παραδοσιακά μοντέλα σε πιο προηγμένες προσεγγίσεις με γνώμονα την τεχνολογία αντανάκλα τις συνεχιζόμενες προσπάθειες αντιμετώπισης των περιορισμών των προηγούμενων συστημάτων και της προσπάθειας για προσαρμογή στο δυναμικό παγκόσμιο επιχειρηματικό περιβάλλον.

2.1.2 Βασικά ορόσημα στην εξέλιξη της εφοδιαστικής αλυσίδας

Η εξέλιξη της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας χαρακτηρίζεται από πολλά βασικά ορόσημα που έχουν διαμορφώσει σημαντικά το σημερινό τοπίο. Η εξέλιξη αυτή αντανάκλα την προσαρμογή των εφοδιαστικών αλυσίδων στη μεταβαλλόμενη δυναμική της αγοράς, τις τεχνολογικές εξελίξεις και τα μεταβαλλόμενα παγκόσμια οικονομικά πρότυπα. Στη συνέχεια γίνεται μια αναφορά σε αυτά τα ορόσημα (Murphy & Knemeyer, 2018).

Η έλευση των Logistics και της διαχείρισης εφοδιαστικής αλυσίδας (δεκαετίες 1950-1960): Η έννοια του εφοδιασμού, ως μέρος της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας, εμφανίστηκε μετά τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο. Η εποχή εκείνη επικεντρώθηκε στη βελτιστοποίηση της φυσικής διανομής των προϊόντων και αφορούσε κυρίως τη μεταφορά, την αποθήκευση και τη διαχείριση αποθεμάτων (Bowersox, Closs, & Cooper, 2002).

Εισαγωγή της έννοιας του συνολικού κόστους (1970): Κατά τη δεκαετία του 1970 εισήχθη για πρώτη φορά η έννοια του συνολικού κόστους στη διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας. Η προσέγγιση αυτή έδωσε έμφαση στην ελαχιστοποίηση του συνολικού κόστους

της αλυσίδας εφοδιασμού. Σηματοδότησε μια στροφή προς την υιοθέτηση μιας πιο ολοκληρωμένης προσέγγιση στη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας (Christopher, 2016).

Just-In-Time (JIT) και Lean Manufacturing (δεκαετία 1980): Η διαδικασία του JIT, που διαδόθηκε από την Toyota τη δεκαετία του 1980, έφερε επανάσταση στη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας. Η JIT στόχευε στη μείωση των απορριμμάτων και στη βελτίωση της αποτελεσματικότητας με την παραλαβή μόνο των αγαθών που ήταν απαραίτητα για τη διαδικασία παραγωγής. Κατά τη διάρκεια της περιόδου εκείνης παρατηρήθηκε επίσης η άνοδος των *λιτών πρακτικών παραγωγής*, εστιάζοντας στη μεγιστοποίηση της αξίας για τον πελάτη, ελαχιστοποιώντας παράλληλα τη σπατάλη των πόρων (Womack & Jones, 1996).

Η εποχή της παγκοσμιοποίησης (1990): Η δεκαετία του 1990 σηματοδότησε την εποχή της παγκοσμιοποίησης για τις αλυσίδες εφοδιασμού. Οι εταιρείες άρχισαν να επεκτείνουν τις δραστηριότητές τους παγκοσμίως, οδηγώντας σε αυξημένη πολυπλοκότητα στη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας. Η εποχή αυτή ανέδειξε την ανάγκη για μεγαλύτερο συντονισμό και συνεργασία στα παγκόσμια δίκτυα (Cooper, Lambert, & Pagh, 1997).

Η άνοδος του ηλεκτρονικού εμπορίου (δεκαετία 2000): Η εμφάνιση του ηλεκτρονικού εμπορίου επηρέασε σημαντικά την διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας, εισάγοντας νέες προκλήσεις και ευκαιρίες στον τομέα της εξυπηρέτησης των παραγγελιών και των πελατών. Κατά τη διάρκεια της περιόδου εκείνης έγινε μια αλλαγή κατεύθυνσης προς τις πελατοκεντρικές αλυσίδες εφοδιασμού και την ανάγκη για μεγαλύτερη ευελιξία και αποτελεσματικότητα (Chopra & Meindl, 2007).

Ψηφιοποίηση και τεχνολογικές εξελίξεις (2010-σήμερα): Η πιο πρόσφατη φάση στην εξέλιξη διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας χαρακτηρίζεται από την ψηφιοποίηση και την υιοθέτηση προηγμένων τεχνολογιών όπως το IoT, η τεχνητή νοημοσύνη και το blockchain. Αυτές οι τεχνολογίες έδωσαν τη δυνατότητα της πιο εύκολης παρακολούθησης των προϊόντων, αυξήσαν την αποτελεσματικότητα και την ανταποκρισιμότητα στις αλυσίδες εφοδιασμού, ανοίγοντας το δρόμο για έννοιες όπως οι έξυπνες αλυσίδες εφοδιασμού (Wang, Gunasekaran, Ngai, & Papadopoulos, 2016).

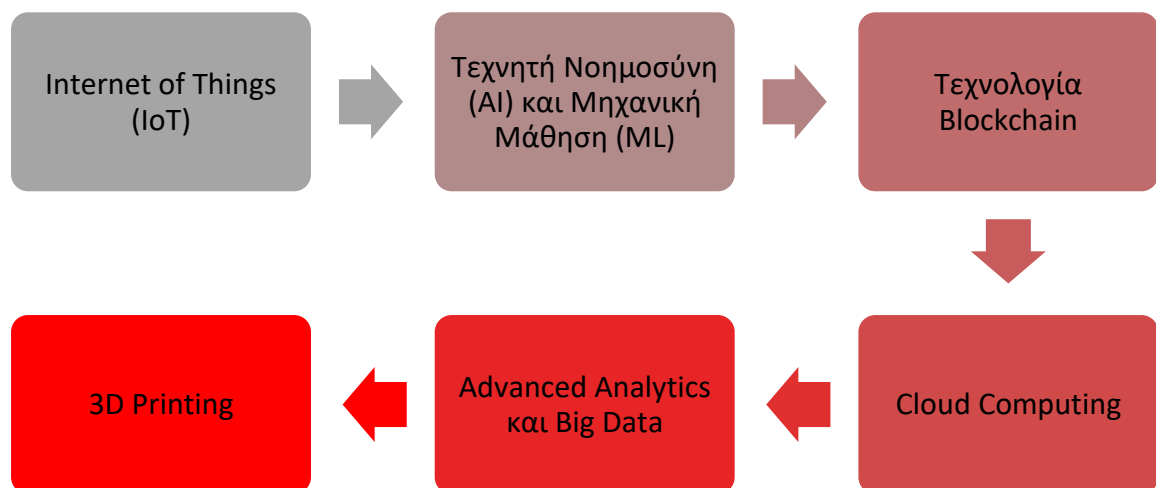
Συνοψίζοντας τα προαναφερθέντα, η εξελικτική πορεία της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας αποτελεί απόδειξη της δυναμικής της φύσης, της προσαρμογή της στις τεχνολογικές εξελίξεις, στις μεταβαλλόμενες απαιτήσεις της αγοράς και στις παγκόσμιες οικονομικές αλλαγές. Κάθε ορόσημο σε αυτήν την εξέλιξη έχει συμβάλει στην ανάπτυξη πιο

αποτελεσματικών, ανταποκρινόμενων και βιώσιμων πρακτικών της εφοδιαστικής αλυσίδας, θέτοντας τις βάσεις για το μέλλον της στην ψηφιακή εποχή.

2.2 Ψηφιοποίηση στην εφοδιαστική αλυσίδα

2.2.1 Τεχνολογικές καινοτομίες

Η ψηφιοποίηση της εφοδιαστικής αλυσίδας αντιπροσωπεύει μια πολύ σημαντική αλλαγή στον τρόπο με τον οποίο οι εταιρείες διαχειρίζονται τα δίκτυα εφοδιασμού τους. Στη συνέχεια, γίνεται μια αναφορά στις τεχνολογικές καινοτομίες που οδηγούν αυτήν την αλλαγή, εστιάζοντας στις εφαρμογές, τα οφέλη και τις προκλήσεις που παρουσιάζουν.



Σχήμα 2: Τεχνολογικές καινοτομίες στην εφοδιαστική αλυσίδα (Ίδια επεξεργασία από Murphy & Knemeyer, 2018)

Ξεκινώντας με την τεχνολογία IoT, θεωρείται πως έχει φέρει πολλές αλλαγές στη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας. Με την ενσωμάτωση αισθητήρων και άλλων συσκευών σε στο απόθεμα, το IoT επιτρέπει την παρακολούθηση των αγαθών και του εξοπλισμού σε πραγματικό χρόνο. Η βελτίωση αυτή της δυνατότητας παρακολούθησης βοηθά στη βελτιστοποίηση των δρομολογίων, στη μείωση του χρόνου διακοπής λειτουργίας και στη βελτίωση της συντήρησης. Σύμφωνα με μια μελέτη των Ben-Daya, Hassini και Bahrour (2019), οι εφαρμογές του IoT στη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας συμβάλλουν σημαντικά στη λειτουργική αποτελεσματικότητα και στην ικανοποίηση των πελατών.

Στη συνέχεια, η τεχνητή νοημοσύνη και οι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης βρίσκονται στην «πρώτη γραμμή» της ψηφιοποίησης της εφοδιαστικής αλυσίδας. Οι τεχνολογίες αυτές επιτρέπουν την ανάλυση τεράστιων συνόλων δεδομένων για την πρόβλεψη της ζήτησης, τη βελτιστοποίηση των επιπέδων του αποθέματος και τον εντοπισμό πιθανών διαταραχών στη λειτουργία. Μια σχετική ερευνητική μελέτη των Ivanov, Dolgui και Sokolov (2019) υπογράμμισε ότι η τεχνητή νοημοσύνη και οι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης μπορούν να ενισχύσουν την ανθεκτικότητα και την αποτελεσματικότητα στις αλυσίδες εφοδιασμού παρέχοντας προηγμένες αναλύσεις και πληροφορίες.

Συνεχίζοντας την ανάλυση, η τεχνολογία Blockchain προσφέρει μια ασφαλή μέθοδο καταγραφής συναλλαγών, που είναι ζωτικής σημασίας ειδικά σε πολύπλοκες αλυσίδες εφοδιασμού. Ενισχύει την ιχνηλασιμότητα και βελτιώνει τη συμμόρφωση. Όπως σημειώθηκε από τον Kshetri (2018), η τεχνολογία Blockchain μπορεί να φέρει επανάσταση στη λειτουργία της εφοδιαστικής αλυσίδας παρέχοντας έναν πιο ασφαλή και αποτελεσματικό τρόπο διαχείρισης των πληρωμών και των συμβάσεων.

Παρακάτω, η υιοθέτηση των τεχνολογιών του cloud computing στη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας διευκολύνει την ενοποίηση των διαφορετικών συστημάτων και των ενδιαφερόμενων μερών προσφέροντας ευελιξία. Οι πλατφόρμες που βασίζονται στο cloud επιτρέπουν στις εταιρείες να συνεργάζονται πιο αποτελεσματικά και να έχουν πρόσβαση σε πληροφορίες από οπουδήποτε, οδηγώντας σε βελτίωση στη διαδικασία λήψης αποφάσεων και στην αποτελεσματικότητα (Queiroz, Telles, & Bonilla, 2020).

Επιπροσθέτως, η χρήση μεγάλων δεδομένων στις αλυσίδες εφοδιασμού επιτρέπει την επεξεργασία και ανάλυση μεγάλου όγκου δεδομένων από διάφορες πηγές. Η συγκεκριμένη ικανότητα είναι ζωτικής σημασίας για την κατανόηση προτύπων, την πρόβλεψη των τάσεων και τη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων. Οι Wamba, Gunasekaran, Akter, Ren, Dubey και Childe (2017) τόνισαν τον ρόλο των μεγάλων δεδομένων στην ενίσχυση της ανταποκρισιμότητας και της ευελιξίας των εφοδιαστικών αλυσίδων.

Ολοκληρώνοντας με την ανάλυση των τεχνολογιών, η τεχνολογία τρισδιάστατης εκτύπωσης αναδιαμορφώνει τις διαδικασίες παραγωγής που εφαρμόζονται εντός της εφοδιαστικής αλυσίδας. Επιτρέπει την παραγωγή κατ' απαίτηση, μειώνοντας το κόστος αποθεμάτων και τους χρόνους παράδοσης. Η τεχνολογία αυτή είναι ιδιαίτερα επωφελής για την παραγωγή εξατομικευμένων προϊόντων και ανταλλακτικών (Holmström, Partanen, Tuomi, & Walter, 2010).

Αν και αυτές οι προαναφερθείσες τεχνολογίες προσφέρουν σημαντικά οφέλη, παρουσιάζουν επίσης προκλήσεις. Ζητήματα όπως η ασφάλεια των δεδομένων, το απόρρητο και η ανάγκη για εξειδικευμένο προσωπικό αποτελούν κρίσιμα ζητήματα. Επιπλέον, η ενσωμάτωση των τεχνολογιών αυτών στην εφοδιαστική αλυσίδα απαιτεί σημαντικές επενδύσεις και στρατηγική προσέγγιση για τη διασφάλιση της συμβατότητας και τη μεγιστοποίηση της απόδοσης της επένδυσης (ROI).

Όπως μπορεί να γίνει αντιληπτό, οι τεχνολογικές καινοτομίες αλλάζουν ριζικά το τοπίο της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας. Η ψηφιοποίηση της εφοδιαστικής αλυσίδας μέσω IoT, AI, τεχνολογιών blockchain, cloud computing και τεχνολογιών 3D εκτύπωσης ενισχύει την αποτελεσματικότητα, τη διαφάνεια και την ανταποκρισιμότητα. Ωστόσο, για να αξιοποιήσουν πλήρως αυτές τις τεχνολογίες, οι εταιρείες πρέπει να διαχειριστούν τις συνοδευτικές προκλήσεις και να σχεδιάσουν στρατηγικά τις πρωτοβουλίες του ψηφιακού μετασχηματισμού τους.

2.2.2 Ο ρόλος της παγκοσμιοποίησης και οι απαιτήσεις της αγοράς

Η ψηφιοποίηση των εφοδιαστικών αλυσίδων δεν γίνεται μεμονωμένα, αλλά είναι συνυφασμένη με το ευρύτερο πλαίσιο της παγκοσμιοποίησης και τις εξελισσόμενες απαιτήσεις της αγοράς. Η παγκοσμιοποίηση έχει επεκτείνει τη γεωγραφική εμβέλεια των εφοδιαστικών αλυσίδων, ενώ οι απαιτήσεις της αγοράς έχουν γίνει πιο περίπλοκες και δυναμικές, απαιτώντας την ύπαρξη ευελιξίας στην εφοδιαστική αλυσίδα.

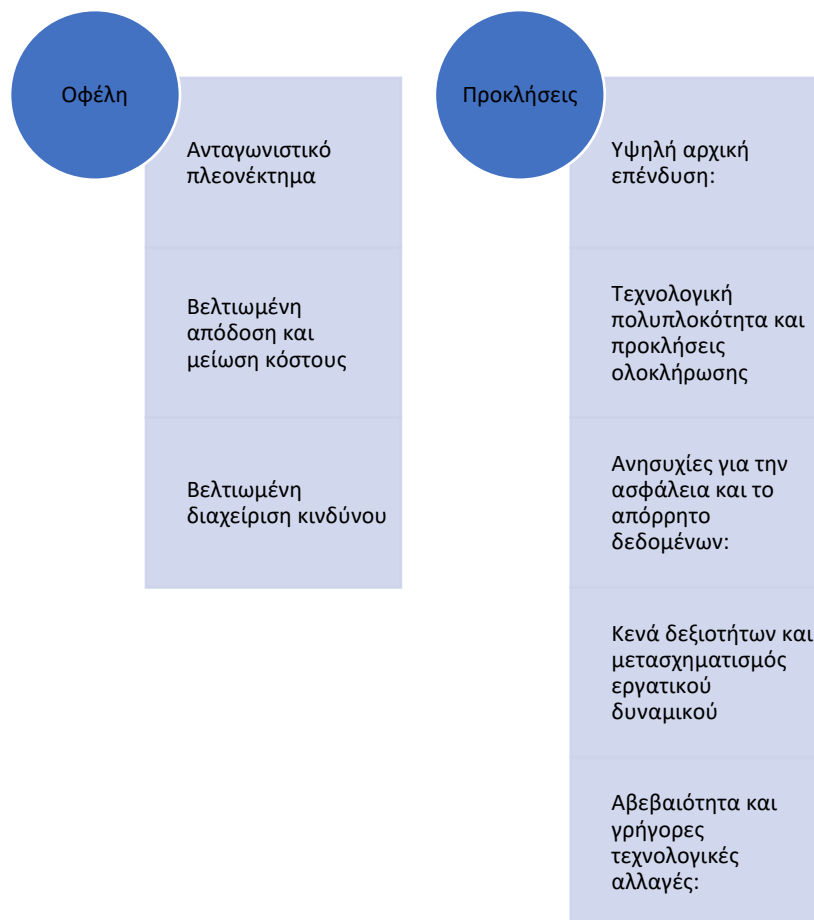
Η παγκοσμιοποίηση οδήγησε στην επέκταση των εφοδιαστικών αλυσίδων πέρα από τα διεθνή σύνορα, καθιστώντας τις πιο περίπλοκες και διασυνδεδεμένες. Η επέκταση των εφοδιαστικών αλυσίδων αύξησε την ανάγκη για καλύτερο συντονισμό και επικοινωνία σε διαφορετικές περιοχές και χώρες. Η ψηφιοποίηση των εφοδιαστικών αλυσίδων κάλυψε τις ανάγκες αυτές παρέχοντας στις επιχειρήσεις τα εργαλεία για την ανταλλαγή δεδομένων και την ανάπτυξη συνεργασίας σε πραγματικό χρόνο, διευκολύνοντας έτσι την παγκόσμια λειτουργία τους (Christopher, 2016).

Εκτός της παγκοσμιοποίησης, οι σημερινές απαιτήσεις της αγοράς χαρακτηρίζονται από αυξημένες προσδοκίες των πελατών για προσαρμογή, ταχύτερη παράδοση και βιώσιμες πρακτικές. Η ψηφιοποίηση επιτρέπει στις αλυσίδες εφοδιασμού να γίνουν πιο πελατοκεντρικές παρέχοντας πληροφορίες για τη συμπεριφορά των καταναλωτών και επιτρέποντας πιο εξατομικευμένη και αποτελεσματική παροχή υπηρεσιών. Τεχνολογίες όπως η τεχνητή

νοημοσύνη και η ανάλυση μεγάλων δεδομένων διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στην κατανόηση και την πρόβλεψη των προτιμήσεων των πελατών, επιτρέποντας έτσι στις εταιρείες να ανταποκρίνονται πιο αποτελεσματικά στις απαιτήσεις της αγοράς (Choi, Wallace, & Wang, 2018).

2.2.3 Οφέλη έναντι προκλήσεων της έγκαιρης υιοθέτησης

Η απόφαση για την ενσωμάτωση ψηφιακών τεχνολογιών στις αλυσίδες εφοδιασμού παρουσιάζει μια σειρά πλεονεκτημάτων και προκλήσεων. Τα πλεονεκτήματα αυτά και οι προκλήσεις παρουσιάζονται στο σχήμα που ακολουθεί ενώ στη συνέχεια αναλύονται περαιτέρω.



Σχήμα 3: Οφέλη έναντι προκλήσεων της έγκαιρης υιοθέτησης (Ίδια επεξεργασία από Ivanov, Dolgui, & Sokolov, 2019; Kshetri, 2018)

Οι εταιρείες που υιοθετούν τις ψηφιακές τεχνολογίες στις αλυσίδες εφοδιασμού τους αποκτούν πρόσβαση σε ένα σημαντικό ανταγωνιστικό πλεονέκτημα. Αξιοποιώντας τεχνολογίες όπως το IoT, η τεχνητή νοημοσύνη και το blockchain, οι εταιρείες μπορούν να επιτύχουν μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα, διαφάνεια και ευελιξία, κάτι που μπορεί να

μεταφραστεί σε αύξηση της ικανοποίησης πελατών και μεγέθυνση του μεριδίου αγοράς (Kshetri, 2018).

Οι ψηφιακές τεχνολογίες εξορθολογίζουν τις λειτουργίες της εφοδιαστικής αλυσίδας, μειώνουν τις μη αυτοματοποιημένες εργασίες και βελτιστοποιούν τη χρήση των πόρων. Η αύξηση της απόδοσης που προέρχεται από τα προηγούμενα μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικές μειώσεις του κόστους, ιδιαίτερα σε τομείς όπως η διαχείριση αποθεμάτων, οι μεταφορές και τα logistics (Wang, Gunasekaran, Ngai, & Papadopoulos, 2016).

Η ψηφιοποίηση ενισχύει την ικανότητα πρόβλεψης και μετριασμού των κινδύνων στην αλυσίδα εφοδιασμού. Η προηγμένη ανάλυση και η τεχνητή νοημοσύνη μπορούν να παρέχουν έγκαιρες προειδοποιήσεις για πιθανές κρίσεις, επιτρέποντας στις εταιρείες να λάβουν προληπτικά μέτρα για την ελαχιστοποίηση του αντίκτυπου των κρίσεων αυτών (Ivanov, Dolgui, & Sokolov, 2019).

Εκτός από τα πλεονεκτήματα, που είναι πολύ σημαντικά και αναδιαμορφώνουν τη λειτουργία της εφοδιαστικής αλυσίδας, υπάρχουν επίσης και ορισμένες προκλήσεις.

Η εφαρμογή ψηφιακών τεχνολογιών απαιτεί συχνά σημαντικές επενδύσεις από άποψη χρηματοδότησης, χρόνου και πόρων. Αυτό μπορεί να αποτελέσει ένα σημαντικό εμπόδιο, ιδιαίτερα για μικρότερες εταιρείες με περιορισμένο κεφάλαιο (Queiroz, Telles, & Bonilla, 2020).

Μία ακόμη πρόκληση είναι ότι οι χρήστες πρέπει να μπορέσουν να κατανοήσουν την πολυπλοκότητα της ενσωμάτωσης νέων τεχνολογιών με τα υπάρχοντα συστήματα και διαδικασίες. Η ενσωμάτωση αυτή μπορεί να συνοδεύεται από πολλές προκλήσεις, καθώς συχνά απαιτεί σημαντικές αλλαγές στην οργανωτική δομή, την κουλτούρα και την εκπαίδευση του προσωπικού (Ben-Daya, Hassini, & Bahrour, 2019).

Ακόμα, με την αυξημένη εξάρτηση από τις ψηφιακές τεχνολογίες, οι ανησυχίες σχετικά με την ασφάλεια των δεδομένων και το απόρρητο έχουν σήμερα πρωταρχική σημασία. Οι χρήστες πρέπει να διασφαλίζουν ότι εφαρμόζονται ισχυρά μέτρα κυβερνοασφάλειας για την προστασία των ευαίσθητων πληροφοριών και τη διατήρηση της εμπιστοσύνης των πελατών (Kshetri, 2018).

Εκτός των προηγούμενων, η στροφή προς την ψηφιοποίηση συχνά δημιουργεί ένα κενό δεξιοτήτων στο εργατικό δυναμικό. Οι εταιρείες πρέπει να επενδύουν στην εκπαίδευση και την ανάπτυξη για των υπαλλήλων τους με τις απαραίτητες δεξιότητες για τη διαχείριση και τη

λειτουργία νέων ψηφιακών εργαλείων αποτελεσματικά (Holmström, Partanen, Tuomi, & Walter, 2010).

Μια σημαντική πρόκληση είναι και αυτή της αβεβαιότητας της επένδυσης σε τεχνολογίες που εξελίσσονται ταχέως. Ο γρήγορος ρυθμός της τεχνολογικής αλλαγής μπορεί να καταστήσει ορισμένες τεχνολογίες απαρχαιωμένες γρήγορα, οδηγώντας σε μεγάλο επενδυτικό κίνδυνο Wamba et al., 2017).

Παρά τις προκλήσεις αυτές, τα οφέλη από την έγκαιρη υιοθέτηση της ψηφιοποίησης των εφοδιαστικών αλυσίδων είναι βαρυσήμαντα. Οι εταιρείες που μπορούν να διαχειριστούν με επιτυχία αυτές τις προκλήσεις μπορούν να επιτύχουν σημαντικές βελτιώσεις στην αποτελεσματικότητα, την ικανοποίηση των πελατών και τη συνολική ανταγωνιστικότητά τους.

2.3 Προηγούμενες μελέτες για τον ψηφιακό μετασχηματισμό στη ναυτιλία

2.3.1 Επισκόπηση βασικών μελετών και των ευρημάτων τους

Ο ψηφιακός μετασχηματισμός στον ναυτιλιακό τομέα είναι ένας κρίσιμος τομέας μελέτης, εφόσον αντικατοπτρίζει τη διασταύρωση της τεχνολογικής καινοτομίας, της αποτελεσματικότητας της εφοδιαστικής αλυσίδας και της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας. Στο πλαίσιο αυτό υπάρχουν διάφορες μελέτες οι οποίες έχουν επικεντρωθεί κυρίως σε ορισμένες πτυχές του ψηφιακού μετασχηματισμού στη ναυτιλία, συμπεριλαμβανομένης της πτυχής του αυτοματισμού, της ανάλυσης δεδομένων, του blockchain και του Διαδικτύου των πραγμάτων (IoT) (Murphy & Knemeyer, 2018). Οι μελέτες αυτές έχουν διερευνήσει το πως οι ψηφιακές τεχνολογίες αναδιαμορφώνουν τις δραστηριότητες του ναυτιλιακού κλάδου, τη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Στο πεδίο αυτό, υπάρχουν αρκετές έρευνες οι οποίες έχουν εστιάσει στον ρόλο των αυτοματοποιήσεων στον τομέα της ναυτιλίας. Μελέτες των Heilig, Voss και Schwarze (2017) και Pallis, Vitsounis, de Langen και Notteboom (2011) εξέτασαν τον αντίκτυπο των αυτοματοποιήσεων των συστημάτων στα λιμάνια και στα πλοία. Μέσα από τις προηγούμενες μελέτες διαπιστώθηκε ότι η αυτοματοποίηση των διαδικασιών, ενισχύει σημαντικά τη λειτουργική αποτελεσματικότητα, μειώνει τους χρόνους διεκπεραίωσης και ελαχιστοποιεί το ανθρώπινο λάθος.

Η εφαρμογή της ανάλυσης μεγάλων δεδομένων στη ναυτιλία υπήρξε ένα ακόμη κομβικό σημείο. Σχετική έρευνα των Sanchez-Gonzalez et al., (2022) τόνισε πως η ανάλυση δεδομένων θα μπορούσε να βελτιστοποιήσει τις διανομές, να προβλέψει τη ζήτηση και να βελτιώσει την

αποτελεσματικότητα της διαχείρισης φορτίου. Η μελέτη τόνισε τη δυνατότητα λήψης αποφάσεων βάσει δεδομένων για τη μείωση του λειτουργικού κόστους και τη βελτίωση της ποιότητας των υπηρεσιών.

Blockchain για διαφάνεια και ασφάλεια:

Ο ρόλος της τεχνολογίας Blockchain στην ενίσχυση της διαφάνειας και της ασφάλειας στις ναυτιλιακές δραστηριότητες έχει αναφερθεί σε μελέτες όπως αυτές των Kshetri (2018) και Wang, Wang και Dai (2019). Οι μελέτες αυτές υπογράμμισαν τις δυνατότητες της τεχνολογίας blockchain για τον εξορθολογισμό των διαδικασιών, τη μείωση της απάτης και τη βελτίωση της διαφάνειας στη λειτουργία της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Ακόμα, η ενσωμάτωση των τεχνολογιών IoT στη ναυτιλία έχει αποτελέσει αντικείμενο ερευνητικού ενδιαφέροντος, ιδιαίτερα σε μελέτες των Heikkilä, Saarni, & Saurama, (2022) και Jeevan, Chen και Cahoon (2019). Οι μελέτες αυτές έδειξαν πως η ενσωμάτωση των τεχνολογιών IoT θα μπορούσε να εξασφαλίσει παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο των συνθηκών που βρίσκεται το φορτίο, της απόδοσης των πλοίων και των περιβαλλοντικών παραγόντων, οδηγώντας σε μια πιο ορθολογική διαδικασία λήψης αποφάσεων και ενισχυμένη ασφάλεια.

Συνοπτικά, προκύπτει ότι οι μελέτες που έχουν γίνει για τον ψηφιακό μετασχηματισμό στη ναυτιλία παρουσιάζουν μια σαφή εικόνα των πλεονεκτημάτων και των προκλήσεων που συνδέονται με την υιοθέτηση των ψηφιακών τεχνολογιών στον τομέα αυτό. Το βασικό συμπέρασμα από τα προηγούμενα είναι ότι, ενώ ο ψηφιακός μετασχηματισμός υπόσχεται πολλά για τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας, της διαφάνειας και της βιωσιμότητας στη ναυτιλία, απαιτεί επίσης προσεκτική εξέταση του κόστους. Εφόσον σήμερα, η ναυτιλιακή βιομηχανία εξελίσσεται με γρήγορους ρυθμούς, οι μελέτες αυτές παρέχουν πολύτιμες γνώσεις για την εφαρμογή των ψηφιακών τεχνολογιών.

2.3.2 Ανάλυση του αντικειμένου στη λειτουργική αποτελεσματικότητα

Ο ψηφιακός μετασχηματισμός στη ναυτιλιακή βιομηχανία έχει επηρεάσει σημαντικά τη λειτουργική αποτελεσματικότητα του κλάδου, κι έχει οδηγήσει στην ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας και στην κάλυψη των εξελισσόμενων απαιτήσεων του παγκόσμιου εμπορίου. Οι ψηφιακές τεχνολογίες έχουν αναδιαμορφώσει τις λειτουργικές διαδικασίες στη ναυτιλία οδηγώντας στη βελτιωμένη λήψη αποφάσεων βάσει δεδομένων.

Σχετική μελέτη των Wang & Byrd, (2017) έδειξε ότι η ανάλυση δεδομένων επιτρέπει τη λήψη πιο ορθολογικών και ενημερωμένων αποφάσεων, παρέχοντας τις απαραίτητες για τις τάσεις της αγοράς, τις προτιμήσεις των πελατών και τη λειτουργική απόδοση. Αυτή η βελτιωμένη ικανότητα λήψης αποφάσεων οδηγεί στον πιο αποτελεσματικό σχεδιασμό των διαφορετικών βημάτων της εφοδιαστικής αλυσίδας, καλύτερη διαχείριση φορτίου και βελτιστοποιημένη κατανομή πόρων, βελτιώνοντας έτσι τη συνολική λειτουργική αποδοτικότητα.

Οι αυτοματισμοί, που συμπεριλαμβάνουν στον υπό ανάλυση τομέα ιδίως τις ρομποτικές τεχνολογίες και συστήματα, έχουν μειώσει σημαντικά το ανθρώπινο λάθος. Έρευνα των Heilig, Voss και Schwarze (2017) τόνισε ότι η αυτοματοποίηση στις λειτουργίες που επιτελούνται κατά τη φόρτωση των εμπορευμάτων στα πλοία όχι μόνο επιταχύνει τις διαδικασίες αλλά και ελαχιστοποιεί τον κίνδυνο ατυχημάτων. Η αύξηση της αξιοπιστίας και της συνέπειας συμβάλλει περαιτέρω στη λειτουργική αποτελεσματικότητα.

Τέλος, οι ψηφιακές τεχνολογίες όπως το IoT έχουν βελτιώσει το συντονισμό της εφοδιαστικής αλυσίδας. Όπως αναφέρθηκε από τους Jeevan, Chen και Cahoon (2019), οι συσκευές IoT επιτρέπουν την παρακολούθηση του φορτίου σε πραγματικό χρόνο και διασφαλίζουν ότι όλοι οι εμπλεκόμενοι στη διαδικασία αποστολής έχουν πρόσβαση σε ακριβείς και έγκαιρες πληροφορίες, οδηγώντας σε καλύτερο συντονισμό και μείωση των καθυστερήσεων.

Συνοψίζοντας, ο ψηφιακός μετασχηματισμός στον τομέα της ναυτιλίας έχει βελτιώσει σημαντικά τη λειτουργική αποτελεσματικότητα. Μέσω της λήψης αποφάσεων βάσει δεδομένων, του αυτοματισμού και της βελτιστοποιημένης διαχείρισης δρομολογίων, οι ναυτιλιακές δραστηριότητες έχουν γίνει πιο αποτελεσματικές, αξιόπιστες και βιώσιμες. Ωστόσο, η επιτυχής εφαρμογή αυτών των τεχνολογιών απαιτεί προσεκτικό σχεδιασμό, σημαντικές επενδύσεις και εξειδικευμένο εργατικό δυναμικό.

2.4 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις των εφοδιαστικών αλυσίδων

2.4.1 Περιβαλλοντικό αποτύπωμα παραδοσιακών εφοδιαστικών αλυσίδων

Το περιβαλλοντικό αποτύπωμα των παραδοσιακών εφοδιαστικών αλυσίδων συνιστά κρίσιμη ανησυχία στο πλαίσιο της παγκόσμιας βιωσιμότητας. Στη συνέχεια εξετάζονται οι περιβαλλοντικές οικολογικές επιπτώσεις των παραδοσιακών πρακτικών της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Οι παραδοσιακές αλυσίδες εφοδιασμού συχνά χαρακτηρίζονται από σημαντική κατανάλωση πόρων και παραγωγή αποβλήτων. Το γραμμικό μοντέλο «take-make-dispose» έχει οδηγήσει σε εκτεταμένη χρήση πρώτων υλών και στη δημιουργία απορριμμάτων. Σύμφωνα με μια έκθεση του World Economic Forum (2023), οι παγκόσμιες αλυσίδες εφοδιασμού ευθύνονται για πάνω από το 80% της χρήσης νερού και περισσότερο από το 90% της απώλειας βιοποικιλότητας του πλανήτη. Ο κλάδος των μεταφορών και logistics, βασικές λειτουργίες των παραδοσιακών εφοδιαστικών αλυσίδων, συμβάλλουν σε μεγάλο βαθμό στις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου (GHG). Το International Transport Forum. (2018) εκτιμά ότι οι μεταφορές εμπορευματοκιβωτίων αντιπροσωπεύουν περίπου το 7% των παγκόσμιων εκπομπών GHG. Ο αριθμός αυτός προβλέπεται να αυξηθεί, με τις εκπομπές από τις εμπορευματικές μεταφορές να αναμένεται να αυξηθούν κατά 100% έως το 2050, εάν συνεχιστούν οι τρέχουσες τάσεις. Η εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα για τις μεταφορές και τις διαδικασίες παραγωγής που καταναλώνουν τεράστιο όγκο ενέργειας επιδεινώνει σημαντικά το αποτύπωμα άνθρακα των παραδοσιακών εφοδιαστικών αλυσίδων.

Οι δραστηριότητες της εφοδιαστικής αλυσίδας, ιδιαίτερα στον τομέα της μεταποίησης και των μεταφορών, συμβάλλουν σε διάφορες μορφές ρύπανσης, συμπεριλαμβανομένης της ρύπανσης του αέρα, του νερού και του εδάφους. Τα χημικά απόβλητα από τα εργοστάσια, οι εκπομπές από οχήματα και πλοία και η ακατάλληλη διάθεση των απορριμμάτων οδηγούν σε περιβαλλοντική υποβάθμιση. Επιπλέον, η επέκταση των υποδομών της εφοδιαστικής αλυσίδας οδηγεί συχνά σε καταστροφή των οικοτόπων.

Οι παραδοσιακές αλυσίδες εφοδιασμού βασίζονται σε μεγάλο βαθμό σε μη ανανεώσιμους πόρους, όπως είναι τα ορυκτά καύσιμα. Η εξάρτηση αυτή όχι μόνο συμβάλλει στην υποβάθμιση του περιβάλλοντος αλλά εγείρει επίσης ανησυχίες σχετικά με τη μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα των λειτουργιών της εφοδιαστικής αλυσίδας. Η εξόρυξη και η επεξεργασία αυτών των πόρων έχει σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, συμπεριλαμβανομένης της υποβάθμισης της γης, της ρύπανσης των υδάτων και της ποιότητας του αέρα (Murphy & Knemeyer, 2018).

. Η άνιση κατανομή των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, που συχνά επηρεάζει τους πιο ευάλωτους πληθυσμούς, εγείρει ηθικές ανησυχίες σχετικά με τις πρακτικές της εφοδιαστικής αλυσίδας (Murphy & Knemeyer, 2018).

Συνοπτικά, το περιβαλλοντικό αποτύπωμα των παραδοσιακών εφοδιαστικών αλυσίδων είναι ένα πολύπλευρο ζήτημα και η λειτουργία των αλυσίδων αυτών θεωρείται όλο και

περισσότερο ως μη βιώσιμη ενόψει των παγκόσμιων περιβαλλοντικών προκλήσεων. Στην επόμενη ενότητα γίνεται μια αναφορά στο πως η εφαρμογή των ψηφιακών μοντέλων μπορεί να ευνοήσει το περιβάλλον.

2.4.2 Ψηφιοποίηση και περιβάλλον

Η ψηφιοποίηση των εφοδιαστικών αλυσίδων αποτελεί μια μεταμορφωτική τάση προς τη βιωσιμότητα στον κλάδο της εφοδιαστικής αλυσίδας και της ναυτιλίας. Ένα από τα σημαντικότερα περιβαλλοντικά οφέλη της ψηφιοποίησης των εφοδιαστικών αλυσίδων είναι η μείωση του αποτυπώματος άνθρακα. Οι ψηφιακές τεχνολογίες επιτρέπουν τον πιο αποτελεσματικό σχεδιασμό της διανομής και διαχείρισης αποθεμάτων, κάτι που μεταφράζεται σε μειωμένη κατανάλωση καυσίμων και χαμηλότερες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Μια μελέτη από το International Transport Forum, (2021) έδειξε ότι η εφαρμογή προηγμένων τεχνολογιών IoT στα logistics μπορεί να μειώσει τις εκπομπές CO₂ έως και 30%. Επιπλέον, οι ψηφιακές πλατφόρμες διευκολύνουν τη βελτιστοποίηση της χωρητικότητας φόρτωσης, μειώνοντας περαιτέρω τον αριθμό των απαιτούμενων ταξιδιών και κατά συνέπεια τις εκπομπές.

Η ψηφιοποίηση προωθεί επίσης την αποδοτικότητα των πόρων και τη μείωση των αποβλήτων. Τεχνολογίες όπως η τεχνητή νοημοσύνη και η μηχανική μάθηση παρέχουν πληροφορίες για την προσφορά και τη ζήτηση, δίνοντας τη δυνατότητα του πιο ακριβούς προγραμματισμού της παραγωγής. Η ακρίβεια αυτή στις διαδικασίες μειώνει την υπερπαραγωγή και ελαχιστοποιεί τα απόβλητα. Σύμφωνα με έκθεση του Ιδρύματος Ellen MacArthur (2020), η ψηφιοποίηση μπορεί να παίξει καθοριστικό ρόλο στη μετάβαση σε μια κυκλική οικονομία, όπου ελαχιστοποιούνται τα απόβλητα και επαναχρησιμοποιούνται οι πόροι, μειώνοντας έτσι σημαντικά τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Οι ψηφιακές τεχνολογίες συμβάλλουν στην ενίσχυση της ενεργειακής αποδοτικότητας στις λειτουργίες της εφοδιαστικής αλυσίδας. Τα αυτοματοποιημένα συστήματα και οι έξυπνοι αισθητήρες μπορούν να βελτιστοποιήσουν τη χρήση ενέργειας στις αποθήκες και κατά τη μεταφορά. Για παράδειγμα, τα έξυπνα συστήματα φωτισμού και κλιματισμού στις αποθήκες μπορούν να μειώσουν σημαντικά την κατανάλωση ενέργειας. Η Υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος των ΗΠΑ έχει τονίσει ότι η εφαρμογή συστημάτων διαχείρισης ενέργειας στα logistics μπορεί να οδηγήσει σε μείωση της κατανάλωσης ενέργειας κατά 10-30%.

Τέλος, η ψηφιοποίηση ενισχύει τη διαφάνεια σε όλη την αλυσίδα εφοδιασμού, επιτρέποντας την καλύτερη παρακολούθηση των περιβαλλοντικών πρακτικών. Η τεχνολογία

Blockchain, για παράδειγμα, παρέχει ακριβείς και μη αποδεκτές τροποποιήσεων πληροφορίες της διαδρομής των προϊόντων από την πηγή στον καταναλωτή. Αυτή η διαφάνεια δίνει τη δυνατότητα στους καταναλωτές και τις εταιρείες να κάνουν περιβαλλοντικά συνειδητές επιλογές και ενθαρρύνει την υιοθέτηση των βιώσιμων πρακτικών σε όλη την αλυσίδα εφοδιασμού.

2.4.3 Κριτική ανασκόπηση

Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα προαναφερθέντα παρατηρείται ότι ενώ τα περιβαλλοντικά οφέλη από την ψηφιοποίηση των εφοδιαστικών αλυσίδων είναι σαφή, είναι απαραίτητο να επανεξεταστούν κριτικά οι εξελίξεις αυτές για να γίνουν κατανοητές οι ευρύτερες επιπτώσεις και οι περιορισμοί τους.

Η μετάβαση στις ψηφιακές αλυσίδες εφοδιασμού απαιτεί σημαντικές τεχνολογικές και οικονομικές επενδύσεις. Οι μικρομεσαίες επιχειρήσεις (ΜΜΕ) είναι δύσκολο να αντέξουν οικονομικά το αρχικό κόστος της ψηφιοποίησης. Επιπλέον, η πολυπλοκότητα της ενσωμάτωσης νέων τεχνολογιών με τα υπάρχοντα συστήματα αποτελεί εμπόδιο στην ευρεία υιοθέτησή τους. Ακόμα, καθώς οι αλυσίδες εφοδιασμού γίνονται όλο και πιο ψηφιακές, αναδύονται ανησυχίες σχετικά με την ασφάλεια των δεδομένων και το απόρρητο (Murphy & Klemeyer, 2018). Η εξάρτηση από ψηφιακές πλατφόρμες αυξάνει τον κίνδυνο κυβερνοεπιθέσεων, οι οποίες μπορεί να έχουν σοβαρές επιπτώσεις στην ακεραιότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας και στα συστήματα περιβαλλοντικής διαχείρισης.

Στο ίδιο πλαίσιο, η ψηφιοποίηση της εφοδιαστικής αλυσίδας δημιουργεί κενά δεξιοτήτων στο εργατικό δυναμικό. Υπάρχει μια αυξανόμενη ανάγκη για επαγγελματίες ειδικευμένους στην ανάλυση δεδομένων, την τεχνητή νοημοσύνη και την τεχνολογία blockchain. Η απαίτηση αυτή αποτελεί πρόκληση όσον αφορά την κατάρτιση και την αναβάθμιση του υπάρχοντος εργατικού δυναμικού.

Συμπερασματικά, ενώ η ψηφιοποίηση των εφοδιαστικών αλυσίδων προσφέρει σημαντικά περιβαλλοντικά οφέλη, παρουσιάζει επίσης αρκετές προκλήσεις. στις προκλήσεις αυτές συμπεριλαμβάνονται τα τεχνολογικά και οικονομικά εμπόδια, οι ανησυχίες για την ασφάλεια των δεδομένων και οι προκλήσεις του εργατικού δυναμικού.

2.4.4 Μεθοδολογία

Η παρούσα μελέτη ακολουθεί μια συνδυαστική μεθοδολογική προσέγγιση, που περιλαμβάνει βιβλιογραφική επισκόπηση και ανάλυση περιπτώσεων (case studies), με στόχο

τη διερεύνηση της επίδρασης της ψηφιοποίησης στην εφοδιαστική αλυσίδα της ναυτιλιακής βιομηχανίας.

1. Συστηματική Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας Η έρευνα ξεκινά με μια εις βάθος ανασκόπηση της βιβλιογραφίας, η οποία καλύπτει τη μετάβαση από τις παραδοσιακές εφοδιαστικές αλυσίδες στις σύγχρονες ψηφιοποιημένες εκδοχές τους. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στη χρήση τεχνολογιών όπως η Τεχνητή Νοημοσύνη (AI), το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) και το blockchain, οι οποίες έχουν καθοριστικό ρόλο στη βελτίωση της λειτουργικής αποδοτικότητας των logistics. Επιπλέον, εξετάζονται οι επιπτώσεις της παγκοσμιοποίησης και των απαιτήσεων της αγοράς στη διαμόρφωση των σύγχρονων αλυσίδων εφοδιασμού, καθώς και οι προκλήσεις που προκύπτουν από την εφαρμογή ψηφιακών λύσεων, όπως οι υψηλές αρχικές επενδύσεις και τα ζητήματα κυβερνοασφάλειας.

2. Ανάλυση Περιπτώσεων (Case Studies) Προκειμένου να διασφαλιστεί η σύνδεση της θεωρητικής ανάλυσης με πραγματικά δεδομένα, η μελέτη περιλαμβάνει ανάλυση περιπτώσεων εταιρειών που έχουν εφαρμόσει καινοτόμες τεχνολογίες στην εφοδιαστική αλυσίδα τους.

3. Σύνδεση με τις Αναλύσεις της Έρευνας Η μελέτη, βάσει των δεδομένων που συλλέγονται, διερευνά πώς η εφαρμογή της ψηφιοποίησης επηρεάζει την αποτελεσματικότητα των ναυτιλιακών logistics και προτείνει πιθανές στρατηγικές για την υπερκάλυψη των προκλήσεων. Παράλληλα, εξετάζεται η αλληλεπίδραση μεταξύ ψηφιακού μετασχηματισμού και περιβαλλοντικής βιωσιμότητας, δίνοντας έμφαση στις πρακτικές πράσινης ναυτιλίας.

Συνοπτικά η μεθοδολογία της έρευνας εξασφαλίζει μια ολοκληρωμένη προσέγγιση, συνδυάζοντας θεωρητική ανάλυση και εμπειρικά δεδομένα, ώστε να αποσαφηνιστούν οι επιπτώσεις της ψηφιοποίησης στη ναυτιλιακή εφοδιαστική αλυσίδα.

3 Θεωρητικό υπόβαθρο

3.1 Θεωρίες για τον ψηφιακό μετασχηματισμό

Ο ψηφιακός μετασχηματισμός συνιστά μια θεμελιώδη αλλαγή στον τρόπο λειτουργίας των επιχειρήσεων και παροχής αξίας στους πελάτες τους. Στη συνέχεια, γίνεται μια ανάλυση του θεωρητικού πλαισίου και των αρχών στις οποίες βασίζεται ο ψηφιακός μετασχηματισμός.

Αρχικά, μία από τις θεμελιώδεις θεωρίες για την κατανόηση του ψηφιακού μετασχηματισμού είναι η θεωρία διάχυσης της καινοτομίας του Rogers. Ο Rogers (2003) εξηγεί το πως, γιατί και με ποιο ρυθμό διαδίδονται νέες ιδέες και τεχνολογία στις κοινωνίες. Στο πλαίσιο του ψηφιακού μετασχηματισμού, η θεωρία αυτή βοηθά να εξηγηθεί το πως οι νέες ψηφιακές τεχνολογίες υιοθετούνται ή απορρίπτονται στη βιομηχανία της εφοδιαστικής αλυσίδας. Η θεωρία παρέχει πληροφορίες για τον κύκλο ζωής υιοθέτησης των ψηφιακών καινοτομιών στις αλυσίδες εφοδιασμού.

Παρακάτω, το μοντέλο αποδοχής τεχνολογίας (TAM), που αναπτύχθηκε από τον Davis (1989), είναι ένα ακόμη κρίσιμο θεωρητικό πλαίσιο. Το TAM υποστηρίζει ότι η αντιληπτή ευκολία χρήσης και η αντιληπτή χρησιμότητα υπαγορεύουν την πρόθεση ενός ατόμου να χρησιμοποιήσει ένα τεχνολογικό εργαλείο. Στην ψηφιοποίηση της εφοδιαστικής αλυσίδας, το TAM μπορεί να εφαρμοστεί για να γίνει κατανοητό το πως οι ενδιαφερόμενοι (π.χ. προμηθευτές, διανομείς, πελάτες) αντιλαμβάνονται και στη συνέχεια υιοθετούν ψηφιακές τεχνολογίες όπως το IoT, το blockchain ή η AI.

Ύστερα, η θεωρία των πόρων, που προτάθηκε από τον Barney (1991), υποστηρίζει ότι οι οργανισμοί πρέπει να αξιοποιήσουν τους εσωτερικούς τους πόρους και τις δυνατότητές τους για να αποκτήσουν ανταγωνιστικό πλεονέκτημα. Στα πλαίσια του ψηφιακού μετασχηματισμού ενός τομέα της επιχείρησης, η θεωρία αυτή μπορεί να εφαρμοστεί για να γίνει κατανοητό το πως οι ψηφιακοί πόροι μιας εταιρείας (όπως οι δυνατότητες ανάλυσης δεδομένων, η ψηφιακή υποδομή και το εξειδικευμένο προσωπικό) μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος.

Παρακάτω, οι Teece, Pisano και Shuen (1997) εισήγαγαν το πλαίσιο των δυναμικών ικανοτήτων, το οποίο εστιάζει στην ικανότητα ενός οργανισμού να ενσωματώνει, να δημιουργεί και να αναδιαμορφώνει εσωτερικές και εξωτερικές ικανότητες για την αντιμετώπιση του ταχέως μεταβαλλόμενου περιβάλλοντος. Η θεωρητική αυτή προσέγγιση είναι ιδιαίτερα σημαντική στη σημερινή ψηφιακή εποχή, όπου οι αλυσίδες εφοδιασμού πρέπει

να προσαρμόζονται συνεχώς στις τεχνολογικές εξελίξεις και στις μεταβαλλόμενες απαιτήσεις της αγοράς.

Ύστερα, η θεσμική θεωρία, όπως συζητήθηκε από τους DiMaggio και Powell (1983), εξετάζει το πώς οι θεσμικές δομές επηρεάζουν τη συμπεριφορά των οργανισμών. Στο πλαίσιο του ψηφιακού μετασχηματισμού, η θεωρία αυτή βοηθά στην κατανόηση του πώς τα ρυθμιστικά πλαίσια, τα βιομηχανικά πρότυπα και οι πολιτιστικοί κανόνες επηρεάζουν την υιοθέτηση και την εφαρμογή ψηφιακών τεχνολογιών στις αλυσίδες εφοδιασμού.

Συνεχίζοντας με την ανάλυση των σχετικών θεωριών γίνεται αναφορά στη θεωρία της πολυπλοκότητας, η οποία ασχολείται με τη συμπεριφορά πολύπλοκων συστημάτων. Η θεωρία υποστηρίζει ότι σε πολύπλοκα συστήματα όπως οι αλυσίδες εφοδιασμού, μικρές αλλαγές μπορεί να έχουν σημαντικές, απρόβλεπτες επιπτώσεις. Όπως εξηγεί ο Cilliers (1998), η θεωρία πολυπλοκότητας είναι χρήσιμη για την κατανόηση της δυναμικής και διασυνδεδεμένης φύσης των ψηφιακών εφοδιαστικών αλυσίδων. Η εισαγωγή ψηφιακών τεχνολογιών μπορεί να οδηγήσει σε συμπεριφορές και αποτελέσματα, τα οποία δεν είναι πάντα προβλέψιμα με βάση τα επιμέρους μέρη του συστήματος. Η συγκεκριμένη θεωρητική προσέγγιση υπογραμμίζει τη σημασία της ευελιξίας και της προσαρμοστικότητας στη διαχείριση των ψηφιακών μετασχηματισμών στις αλυσίδες εφοδιασμού.

Συνεχίζοντας, η θεωρία συστημάτων, όπως προτάθηκε από τον von Bertalanffy (1968), είναι επίσης σχετική με τον ψηφιακό μετασχηματισμό. Θεωρεί τους οργανισμούς ως ανοιχτά συστήματα που αλληλοεπιδρούν με το περιβάλλον τους. Στις ψηφιακές αλυσίδες εφοδιασμού, αυτή η αλληλεπίδραση περιλαμβάνει τη ροή πληροφοριών και πόρων πέρα από τα όρια του οργανισμού. Η θεωρία των συστημάτων είναι ιδιαίτερα βοηθητική στην κατανόηση του τρόπου με τον οποίο οι ψηφιακές τεχνολογίες ενσωματώνουν και συγχρονίζουν διάφορα στοιχεία της εφοδιαστικής αλυσίδας, οδηγώντας σε πιο αποτελεσματικές λειτουργίες.

Μία ακόμη θεωρία είναι η θεωρία δικτύου, η οποία εξετάζει τον τρόπο με τον οποίο οι κόμβοι σε ένα δίκτυο αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους, και υποστηρίζει ότι η αλληλεπίδραση αυτή είναι ζωτικής σημασίας για την κατανόηση των ψηφιακών εφοδιαστικών αλυσίδων. Όπως σημειώνει ο Castells (1996), η ανάπτυξη της τεχνολογίας της πληροφορίας έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη δικτυωμένων κοινωνιών. Στις αλυσίδες εφοδιασμού, αυτό μεταφράζεται σε διασυνδεδεμένα δίκτυα προμηθευτών και πελατών. Οι ψηφιακές τεχνολογίες επιτρέπουν πιο αποτελεσματική ανταλλαγή πληροφοριών και συντονισμό μεταξύ αυτών των δικτύων, βελτιώνοντας τη συνολική απόδοση της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Τέλος, η θεωρία των Κοινωνικό-Τεχνικών Συστημάτων, η οποία εξετάζει τόσο τις κοινωνικές όσο και τις τεχνικές πτυχές των οργανωτικών δομών, είναι ιδιαίτερα σημαντική στην ψηφιακή εποχή. Όπως υποστήριξαν οι Trist και Bamforth (1951), για να εφαρμοστεί μια αλλαγή αποτελεσματικά, πρέπει να ληφθούν υπόψη τόσο τα τεχνολογικά (εργαλεία, διαδικασίες) όσο και τα κοινωνικά (άνθρωποι, πολιτισμός) συστήματα. Στον ψηφιακό μετασχηματισμό, αυτό σημαίνει κατανόηση του τρόπου με τον οποίο η τεχνολογία επηρεάζει και επηρεάζεται από τους ανθρώπους που τη χρησιμοποιούν, αναλύοντας στοιχεία των δεξιοτήτων, των στάσεων και των συμπεριφορών τους.

3.1.1 Εξέλιξη των θεωριών ψηφιακού μετασχηματισμού

Η έννοια του ψηφιακού μετασχηματισμού έχει εξελιχθεί σημαντικά με τα χρόνια, επηρεασμένη από την ταχεία ανάπτυξη της τεχνολογίας και τις μεταβαλλόμενες οργανωτικές ανάγκες. Αυτή η εξέλιξη αντανακλάται στις διάφορες θεωρίες που έχουν προκύψει για να εξηγήσουν και να καθοδηγήσουν τον ψηφιακό μετασχηματισμό.

Αρχικά, οι θεωρίες του ψηφιακού μετασχηματισμού επικεντρώθηκαν στην υιοθέτηση και τη διάδοση μεμονωμένων τεχνολογιών, όπως φαίνεται στη θεωρία διάχυσης της καινοτομίας του Rogers (Rogers, 2003). Η θεωρητική αυτή προσέγγιση παρέχει μια θεμελιώδη κατανόηση του τρόπου με τον οποίο οι νέες τεχνολογίες υιοθετούνται με την πάροδο του χρόνου στις κοινωνίες. Ωστόσο, καθώς η τεχνολογία ενσωματώθηκε περισσότερο στις οργανωτικές διαδικασίες, η εστίαση μετατοπίστηκε στην κατανόηση του ευρύτερου αντίκτυπου της ψηφιακής τεχνολογίας στους οργανισμούς.

Στη συνέχεια, το μοντέλο αποδοχής τεχνολογίας (TAM), που εισήχθη από τον Davis το 1989, σηματοδότησε μια σημαντική αλλαγή δίνοντας έμφαση στο ρόλο της αντίληψης των χρηστών στην υιοθέτηση της τεχνολογίας. Η εστίαση του TAM στην αντιληπτή χρησιμότητα και την ευκολία χρήσης τόνισε τη σημασία του σχεδιασμού με επίκεντρο τον χρήστη στην ανάπτυξη της τεχνολογίας.

Μετάπειτα, καθώς οι ψηφιακές τεχνολογίες έγιναν πιο περίπλοκες και αλληλένδετες, θεωρίες όπως η θεωρία των πόρων (Barney, 1991) και η θεωρία των δυναμικών ικανοτήτων (Teece, Pisano, & Shuen, 1997) απέκτησαν εξέχουσα θέση. Οι θεωρίες αυτές μετατόπισαν την εστίαση από τις μεμονωμένες τεχνολογίες στο πως οι οργανισμοί μπορούν να αξιοποιήσουν τους μοναδικούς πόρους και τις δυνατότητές τους, συμπεριλαμβανομένων των ψηφιακών τεχνολογιών, για να αποκτήσουν ανταγωνιστικό πλεονέκτημα.

Στη σημερινή ψηφιακή εποχή, οι θεωρίες έχουν εξελιχθεί περαιτέρω για να διαχειριστούν επαρκώς την πολυπλοκότητα των ψηφιακών οικοσυστημάτων. Η θεωρία δικτύων (Castells, 1996) και η θεωρία συστημάτων (von Bertalanffy, 1968) αποκτούν όλο και μεγαλύτερη συνάφεια δίνοντας έμφαση στη διασυνδεδεμένη φύση των ψηφιακών τεχνολογιών εντός και πέρα από τα οργανωτικά όρια. Ακόμα, η θεωρία των κοινωνικό-τεχνικών συστημάτων, η οποία εξετάζει την αλληλεπίδραση μεταξύ τεχνολογίας και κοινωνικών συστημάτων, έχει καταστεί πολύ σημαντική για την κατανόηση των ευρύτερων επιπτώσεων του ψηφιακού μετασχηματισμού στην οργανωτική κουλτούρα, τη δομή και τις διαδικασίες.

3.1.2 Δυνατά και αδύναμα σημεία των κυρίαρχων θεωριών

Στον τομέα του ψηφιακού μετασχηματισμού, κάθε μία από τις προηγούμενες θεωρίες που αναλύθηκαν προσφέρει μοναδικές γνώσεις, ενώ παράλληλα συνοδεύεται και από ορισμένους περιορισμούς. Η θεωρία διάχυσης της καινοτομίας, για παράδειγμα, προσφέρει ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο που είναι καθοριστικό για την κατανόηση του κύκλου ζωής της υιοθέτησης τεχνολογίας, αποδεικνύοντας πόσο ωφέλιμη είναι για το στρατηγικό σχεδιασμό και την ανάλυση της αγοράς. Ωστόσο, τείνει να στερείται εστίασης στο οργανωτικό πλαίσιο και στην αλληλεπίδραση μεταξύ διαφορετικών τεχνολογιών, κάτι που μπορεί να αποτελεί μια σημαντική παράλειψη σε πρακτικές εφαρμογές.

Ομοίως, το Μοντέλο Αποδοχής Τεχνολογίας (TAM) έχει λάβει πολλές θετικές κριτικές για την χρηστοκεντρική του οπτική, τονίζοντας τη σημασία της αντίληψης των χρηστών στην υιοθέτηση της τεχνολογίας. Αυτή η εστίαση είναι ζωτικής σημασίας για τη διασφάλιση του ότι οι τεχνολογικές καινοτομίες ευθυγραμμίζονται με τις ανάγκες και τις προτιμήσεις των χρηστών. Ωστόσο, το TAM μπορεί μερικές φορές να είναι υπερβολικά απλοϊκό, αποτυγχάνοντας να λάβει υπόψη εξωτερικούς παράγοντες που επηρεάζουν την υιοθέτηση της τεχνολογίας, όπως η οργανωτική κουλτούρα ή η δυναμική της αγοράς.

Η θεωρία του των δυναμικών ικανοτήτων στη συνέχεια, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως επικεντρώνεται στην ανάγκη προσαρμογής και εξέλιξης των οργανισμών σε ταχέως μεταβαλλόμενα ψηφιακά περιβάλλοντα. Είναι ιδιαίτερα σημαντική στο σημερινό τεχνολογικό τοπίο που αλλάζει και εξελίσσεται με γρήγορο ρυθμό. Ωστόσο, η αφηρημένη φύση του θεωρητικού αυτού πλαισίου μπορεί να δημιουργήσει προκλήσεις στη λειτουργικότητα, καθιστώντας δύσκολο για τους οργανισμούς να το εφαρμόσουν στην πράξη.

Η θεωρία των πόρων είναι μια ακόμη θεωρητική προσέγγιση που ενθαρρύνει τους οργανισμούς να αξιοποιήσουν τις εσωτερικές τους δυνάμεις για να αποκτήσουν πρόσβαση σε

ανταγωνιστικά πλεονεκτήματα στην αγορά. Ωστόσο, ο κύριος περιορισμός του έγκειται στη δυνατότητά του θεωρητικού αυτού μοντέλου είναι ότι είναι εσωτερικά εστιασμένο οδηγώντας πιθανώς στην μη συμπερίληψη παραγόντων που είναι εξίσου ζωτικής σημασίας για την επιτυχία του οργανισμού.

Συμπερασματικά, η εξέλιξη των θεωριών ψηφιακού μετασχηματισμού αντανάκλα τη δυναμική φύση της τεχνολογίας και τον βαθύ αντίκτυπό της στους οργανισμούς. Κάθε θεωρία, με τα πλεονεκτήματα και τις αδυναμίες της, συμβάλλει στη διαμόρφωση ενός ολοκληρωμένου πλαισίου για την κατανόηση και της πολυπλοκότητας του ψηφιακού μετασχηματισμού. Καθώς οι ψηφιακές τεχνολογίες συνεχίζουν να εξελίσσονται, οι θεωρίες αυτές είναι πιθανό να προσαρμοστούν και να εξελιχθούν, προσφέροντας νέες κατευθυντήριες αρχές για τους οργανισμούς. Αυτή η συνεχής προσαρμογή είναι απαραίτητη προκειμένου οι οργανισμοί να παραμείνουν ανταγωνιστικοί σε έναν όλο και πιο ψηφιακό κόσμο. Η κατανόηση και η αξιοποίηση των δυνατών σημείων κάθε θεωρίας, λαμβάνοντας υπόψη τους περιορισμούς της, θα επιτρέψει στους οργανισμούς να αξιοποιήσουν αποτελεσματικά τη δύναμη του ψηφιακού μετασχηματισμού για να αναπτυχθούν βιώσιμα.

3.1.3 Εφαρμογή των θεωριών ψηφιακού μετασχηματισμού στον κλάδο της ναυτιλίας

Η ναυτιλιακή βιομηχανία, είναι ένας τομέας όπου έχει αξιοποιήσει σε μεγάλο βαθμό τις νέες ψηφιακές τεχνολογίες. Η εφαρμογή των διαφόρων θεωριών του ψηφιακού μετασχηματισμού σε αυτόν τον τομέα παρέχει γνώσεις αναφορικά με τον τρόπο διαχείρισης των αλλαγών αυτών και τον αντίκτυπό τους στον κλάδο.

Η θεωρία της διάχυσης των καινοτομιών του Rogers είναι ιδιαίτερα σημαντική για την κατανόηση του τρόπου με τον οποίο υιοθετούνται οι νέες ψηφιακές τεχνολογίες στη ναυτιλιακή βιομηχανία. Για παράδειγμα, η σταδιακή αποδοχή των αυτοματοποιημένων συστημάτων αποστολής των αποθεμάτων και παρακολούθησης αντανάκλα τον κύκλο ζωής υιοθέτησης της θεωρίας. Η πρόοδος αυτή είναι εμφανής στην αυξανόμενη χρήση τεχνολογιών όπως τα Αυτοματοποιημένα Συστήματα Αναγνώρισης (AIS) και η Ηλεκτρονική Ανταλλαγή Δεδομένων (EDI) στις ναυτιλιακές επιχειρήσεις (Song & Panayides, 2015).

Παρακάτω, το Μοντέλο Αποδοχής Τεχνολογίας (TAM) παρέχει ορισμένες πληροφορίες σχετικά με την υιοθέτηση των ψηφιακών τεχνολογιών από διάφορες επιχειρήσεις στη ναυτιλιακή βιομηχανία, συμπεριλαμβανομένων ναυτιλιακών εταιρειών, φορέων εκμετάλλευσης λιμένων και παρόχων logistics. Η αντιληπτή ευκολία χρήσης και χρησιμότητα

τεχνολογιών όπως το blockchain για τη διαφάνεια της εφοδιαστικής αλυσίδας και το IoT για την παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο είναι κρίσιμοι παράγοντες που οδηγούν στην αποδοχή και την ενσωμάτωσή τους στις δραστηριότητες του ναυτιλιακού κλάδου.

Παρακάτω, η θεωρία των πόρων εφαρμόζεται στη ναυτιλιακή βιομηχανία για την αξιοποίηση των ψηφιακών πόρων και την απόκτηση ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος. Οι ναυτιλιακές εταιρείες επενδύουν σε ψηφιακές δεξιότητες, όπως προηγμένα αναλυτικά στοιχεία για βελτιστοποίηση των αποστολών και τεχνητή νοημοσύνη για να βελτιώσουν τη λειτουργική απόδοση και να μειώσουν το κόστος.

Η εφαρμογή της θεωρίας δυναμικών ικανοτήτων από τη ναυτιλιακή βιομηχανία αντανακλάται από την ταχεία απόκρισή της στα μεταβαλλόμενα ψηφιακά περιβάλλοντα. Οι εταιρείες προσαρμόζουν συνεχώς τις στρατηγικές και τις λειτουργίες τους, ενσωματώνοντας ψηφιακές λύσεις όπως το cloud computing και τα big data analytics, ώστε να παραμείνουν ευέλικτες και να ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις της αγοράς και στις κανονιστικές αλλαγές.

Παρακάτω, η εφαρμογή της θεωρίας των δικτύων στη ναυτιλιακή βιομηχανία αναδεικνύεται μέσα από την ανάπτυξη ψηφιακών πλατφορμών που συνδέουν διάφορους ενδιαφερόμενους φορείς, συμπεριλαμβανομένων των αποστολέων, των μεταφορέων και των λιμενικών αρχών (Song & Panayides, 2015). Αυτές οι πλατφόρμες διευκολύνουν την αποτελεσματική ανταλλαγή και συντονισμό πληροφοριών, ενισχύοντας τη συνολική αποτελεσματικότητα της εφοδιαστικής ναυτιλίας.

Σημαντικό είναι να γίνει αναφορά και στη θεωρία των κοινωνικό-τεχνικών συστημάτων η οποία υπογραμμίζει τη σημασία της εξισορρόπησης των τεχνολογικών προόδων με τις ανθρώπινες και οργανωτικές πτυχές στη ναυτιλιακή βιομηχανία. Η επιτυχής εφαρμογή των ψηφιακών τεχνολογιών απαιτεί όχι μόνο τις κατάλληλες τεχνολογικές υποδομές αλλά και εστίαση στην εκπαίδευση, τη διαχείριση αλλαγών και την πολιτιστική προσαρμογή εντός των οργανισμών.

Η εφαρμογή των θεωριών του ψηφιακού μετασχηματισμού στη ναυτιλιακή βιομηχανία είναι μια πολύπλευρη διαδικασία, που περιλαμβάνει διάφορες πτυχές από την υιοθέτηση της τεχνολογίας έως την οργανωτική αλλαγή. Οι θεωρίες στις οποίες έγινε αναφορά προηγουμένως παρέχουν ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο για την κατανόηση και την καθοδήγηση αυτού του μετασχηματισμού.

Η εξέλιξη της ναυτιλιακής βιομηχανίας προς την ψηφιοποίηση χαρακτηρίζεται από σημαντικές προόδους αλλά και από προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπιστούν. Η ενοποίηση των ψηφιακών τεχνολογιών οδήγησε σε βελτίωση της αποτελεσματικότητας, μείωση κόστους και βελτίωση του συντονισμού σε όλη την αλυσίδα εφοδιασμού. Ωστόσο, ζητήματα όπως η αντίσταση στην αλλαγή, οι ανησυχίες για την ασφάλεια στον κυβερνοχώρο και η ανάγκη αναβάθμισης του εργατικού δυναμικού παρουσιάζουν συνεχείς προκλήσεις.

Επιπλέον, ο ρόλος των ρυθμιστικών φορέων και των διεθνών προτύπων στη διαμόρφωση του ψηφιακού μετασχηματισμού στον τομέα της ναυτιλίας παίζει πολύ σημαντικό ρόλο. Οι πολιτικές και οι κατευθυντήριες γραμμές που ορίζονται από οργανισμούς όπως ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (IMO) διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στην τυποποίηση και τη διευκόλυνση της υιοθέτησης των ψηφιακών τεχνολογιών με ασφαλή και αποτελεσματικό τρόπο (Song & Panayides, 2015).

Κλείνοντας, η εφαρμογή των θεωριών ψηφιακού μετασχηματισμού στη ναυτιλιακή βιομηχανία δεν αφορά μόνο την τεχνολογική υιοθέτηση αλλά και τον στρατηγικό σχεδιασμό, την οργανωτική αλλαγή και τη συνεχή προσαρμογή σε εξελισσόμενα περιβάλλοντα αγοράς και το αντίστοιχο κανονιστικό πλαίσιο. Καθώς ο κλάδος εξελίσσεται, είναι απαραίτητο να εξισορροπηθούν οι τεχνολογικές εξελίξεις με τους ανθρώπινους παράγοντες, διασφαλίζοντας τη βιώσιμη εξέλιξη του ψηφιακού μετασχηματισμού.

3.2 Θεωρίες για την περιβαλλοντική αειφορία στη ναυτιλία

3.2.1 Επισκόπηση των θεωριών αειφορίας που σχετίζονται με τη ναυτιλία

Η ναυτιλιακή βιομηχανία, που αποτελεί μια βιομηχανία απόλυτα συνδεδεμένη με το εμπόριο, αντιμετωπίζει όλο και αυξανόμενες πιέσεις να υιοθετήσει περιβαλλοντικά βιώσιμες πρακτικές. Οι θεωρίες περιβαλλοντικής βιωσιμότητας παρέχουν ένα πλαίσιο για την κατανόηση και την αντιμετώπιση των οικολογικών επιπτώσεων της ναυτιλίας. Στο σχήμα που ακολουθεί απεικονίζονται οι πιέσεις αυτές ενώ στη συνέχεια αναλύονται περαιτέρω.



Σχήμα 4: Θεωρίες Αειφορίας που σχετίζονται με τη Ναυτιλία (Ιδια επεξεργασία από Μοι και Spaargaren, 2000)

Αρχικά, η θεωρία του οικολογικού εκσυγχρονισμού, που διατυπώθηκε για πρώτη φορά από τους Μοι και Spaargaren (2000), υποστηρίζει ότι η προστασία του περιβάλλοντος μπορεί να ευθυγραμμιστεί με την οικονομική ανάπτυξη μέσω της τεχνολογικής καινοτομίας. Στη ναυτιλία, αυτή η θεωρία αντανακλάται στην υιοθέτηση καθαρότερων τεχνολογιών και μορφών ενέργειας, όπως τα πλοία με καύσιμα LNG και τα προηγμένα συστήματα διαχείρισης απορριμμάτων. Η θεωρία του οικολογικού εκσυγχρονισμού προτείνει ότι μέσω των τεχνολογικών εξελίξεων, η ναυτιλιακή βιομηχανία μπορεί να μειώσει το περιβαλλοντικό της αποτύπωμα ενώ συνεχίζει να επεκτείνεται.

Η «τραγωδία των Κοινών» του Hardin (1968) είναι ιδιαίτερα σχετική με τη ναυτιλιακή βιομηχανία, εφόσον υπογραμμίζει την τάση υπερεκμετάλλευσης των κοινών πόρων όταν μεμονωμένες οντότητες ενεργούν για το δικό τους συμφέρον. Στη ναυτιλία, αυτό εκδηλώνεται σε ζητήματα όπως η υπεραλίευση και η ρύπανση. Η θεωρία υπογραμμίζει την ανάγκη για συλλογική δράση και διεθνείς κανονισμούς, όπως οι κανονισμοί του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (IMO) για τις εκπομπές, για την προστασία αυτών των κοινών περιβαλλοντικών πόρων.

Η θεωρία της Triple Bottom Line (TBL) του Elkington (1997), η οποία υποστηρίζει την ενσωμάτωση κοινωνικών, περιβαλλοντικών και οικονομικών κριτηρίων, εφαρμόζεται όλο και

περισσότερο στη ναυτιλία. Η προσέγγιση αυτή ενθαρρύνει τις ναυτιλιακές εταιρείες να υπερβαίνουν το κριτήριο των οικονομικών τους επιδόσεων και να ενσωματώνουν την περιβαλλοντική διαχείριση και την κοινωνική ευθύνη στα επιχειρηματικά τους μοντέλα (Portney, 2022). Για παράδειγμα, οι εταιρείες επενδύουν σε πιο ενεργειακά αποδοτικά πλοία και συμμετέχουν σε πρωτοβουλίες εταιρικής κοινωνικής ευθύνης για να μειώσουν τις περιβαλλοντικές τους επιπτώσεις και να βελτιώσουν τις σχέσεις με την κοινότητα.

Η θεωρία των ενδιαφερομένων του Freeman (1984), η οποία τονίζει τη σημασία της εξέτασης των συμφερόντων όλων των ενδιαφερομένων, όχι μόνο των μετόχων, είναι κρίσιμη στο πλαίσιο της εφαρμογής των αρχών της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας στη ναυτιλία. Η προσέγγιση αυτή υποστηρίζει ότι οι ναυτιλιακές εταιρείες θα πρέπει να εξετάζουν τον αντίκτυπο των δραστηριοτήτων τους σε ένα ευρύ φάσμα ενδιαφερομένων, συμπεριλαμβανομένων των τοπικών κοινοτήτων, των κυβερνήσεων και του περιβάλλοντος. Η συνεργασία με τους ενδιαφερόμενους μπορεί να οδηγήσει σε πιο βιώσιμες πρακτικές, όπως η υιοθέτηση αυστηρότερων πρωτοκόλλων διαχείρισης αποβλήτων και η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

Το Μοντέλο Κυκλικής Οικονομίας, το οποίο εστιάζει στην επαναχρησιμοποίηση και την ανακύκλωση των πόρων για την ελαχιστοποίηση των απορριμμάτων, κερδίζει όλο και περισσότερο έδαφος στη ναυτιλιακή βιομηχανία. Το μοντέλο ενθαρρύνει τον σχεδιασμό των πλοίων και τον προγραμματισμό των ναυτιλιακών εργασιών με τρόπο που οι πόροι να επαναχρησιμοποιούνται και να ανακυκλώνονται, μειώνοντας τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Για παράδειγμα, ορισμένες εταιρείες διερευνούν τη χρήση ανακυκλωμένων υλικών στα ναυπηγεία των πλοίων τους και εφαρμόζουν στρατηγικές για την ανακύκλωση πλοίων στο τέλος του κύκλου ζωής τους (Portney, 2022).

Ενώ αυτές οι θεωρίες θέτουν τις κατευθυντήριες γραμμές για την περιβαλλοντική βιωσιμότητα στη ναυτιλία, η εφαρμογή τους αντιμετωπίζει αρκετές προκλήσεις. Τα τεχνολογικά και οικονομικά εμπόδια, η αντίσταση στις αλλαγές εντός του κλάδου και η ανάγκη για παγκόσμια κανονιστική συνοχή αποτελούν σημαντικά εμπόδια. Η ναυτιλιακή βιομηχανία είναι παραδοσιακά συντηρητική βιομηχανία και η στροφή προς τη βιωσιμότητα απαιτεί όχι μόνο τεχνολογική καινοτομία αλλά και αλλαγή νοοτροπίας και επιχειρησιακών πρακτικών. Οι οικονομικοί περιορισμοί, ειδικά για τις μικρότερες εταιρείες, μπορεί να εμποδίσουν την υιοθέτηση πιο πράσινων τεχνολογιών, οι οποίες συχνά απαιτούν σημαντικές προκαταβολικές επενδύσεις.

Επιπλέον, ο παγκόσμιος χαρακτήρας της ναυτιλίας απαιτεί διεθνή συνεργασία και επικαιροποίηση των ρυθμιστικών πλαισίων. Οι ποικίλοι περιβαλλοντικοί κανονισμοί σε διάφορες δικαιοδοσίες μπορεί να οδηγήσουν σε έλλειψη ομοιομορφίας στην εφαρμογή βιώσιμων πρακτικών. Αυτή η ανισότητα μπορεί να δημιουργήσει προκλήσεις για τις ναυτιλιακές εταιρείες που δραστηριοποιούνται διεθνώς, καθώς πρέπει να περιηγηθούν σε ένα περίπλοκο δίκτυο κανονισμών.

Όπως γίνεται αντιληπτό, η εφαρμογή των θεωριών της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας στη ναυτιλία είναι μια πολύπλοκη διαδικασία. Ωστόσο, η επιτυχής εφαρμογή αυτών των θεωριών απαιτεί την υπέρβαση τεχνολογικών, οικονομικών και κανονιστικών προκλήσεων. Απαιτεί επίσης μια προσπάθεια συνεργασίας μεταξύ ναυτιλιακών εταιρειών, κυβερνήσεων, διεθνών οργανισμών και άλλων ενδιαφερομένων.

3.2.2 Ψηφιακός μετασχηματισμός και βιωσιμότητα

Η σύνδεση του ψηφιακού μετασχηματισμού με τη βιωσιμότητας στη ναυτιλιακή βιομηχανία αποτελεί μια κρίσιμη συγκυρία στην εξέλιξη του παγκόσμιου εμπορίου και της περιβαλλοντικής διαχείρισης.

Η ναυτιλιακή βιομηχανία, με τις διάφορες δραστηριότητές της συμβάλει σε μεγάλο βαθμό στο περιβαλλοντικό της αποτύπωμα. Ο ψηφιακός μετασχηματισμός προσφέρει έναν τρόπο για να μειώσει το αποτύπωμα αυτό βελτιστοποιώντας τις λειτουργίες, μειώνοντας τα απόβλητα και βελτιώνοντας την ενεργειακή της απόδοση. Τεχνολογίες όπως τα big data analytics, με την ανάλυση τεράστιων ποσοτήτων δεδομένων σχετικά με τα καιρικά μοτίβα, τα θαλάσσια ρεύματα και την απόδοση των πλοίων, μπορούν να αξιοποιηθούν κατάλληλα έτσι ώστε οι ναυτιλιακές εταιρείες να εντοπίσουν τις πιο αποτελεσματικές διαδρομές, ελαχιστοποιώντας έτσι τη χρήση καυσίμου και μειώνοντας τις εκπομπές. Μελέτη των Sandaka & Kumar, (2023) έχει δείξει ότι η βελτιστοποίηση των διαδρομών μπορεί να οδηγήσει σε μείωση έως και 10% στην κατανάλωση καυσίμου.

Η τεχνολογία IoT επίσης φέρνει επανάσταση στην παρακολούθηση και διαχείριση των λειτουργιών του πλοίου. Οι αισθητήρες που είναι εγκατεστημένοι στα πλοία συλλέγουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο για διάφορες παραμέτρους, συμπεριλαμβανομένης της χρήσης καυσίμου, της απόδοσης του κινητήρα και των συνθηκών αποθήκευσης του φορτίου. Αυτά τα δεδομένα επιτρέπουν στις ναυτιλιακές εταιρείες να λαμβάνουν αποφάσεις σχετικά με τη συντήρηση, μειώνοντας τον κίνδυνο αστοχίας του εξοπλισμού και τους σχετικούς περιβαλλοντικούς κινδύνους. Σύμφωνα με έρευνα των Johnson και Watson (2019), οι

εφαρμογές IoT στη ναυτιλία μπορούν να βελτιώσουν τη λειτουργική απόδοση και να μειώσουν σημαντικά το αποτύπωμα άνθρακα του κλάδου.

Τέλος, η τεχνολογία Blockchain συνιστά μια βασική τεχνολογία για την ενίσχυση της διαφάνειας και της αποτελεσματικότητας στην εφοδιαστική αλυσίδα στον κλάδο της ναυτιλίας. Παρέχοντας ένα ασφαλές και αμετάβλητο αρχείο συναλλαγών, το blockchain μπορεί να εξορθολογίσει τις λειτουργίες, να μειώσει τη γραφειοκρατία και να ελαχιστοποιήσει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που σχετίζονται με την τεκμηρίωση και την παρακολούθηση των αποστολών. Μια μελέτη από τους Wafaa, Ahmed, & MacCarthy (2022), υπογραμμίζει τη δυνατότητα του blockchain να μειώσει τον διοικητικό φόρτο και την κατανάλωση πόρων.

Ενώ ο ψηφιακός μετασχηματισμός παρουσιάζει σημαντικές ευκαιρίες για την ανάπτυξη της βιωσιμότητας στη ναυτιλία, θέτει επίσης σημαντικές προκλήσεις. Μία από τις κύριες προκλήσεις είναι το αρχικό κόστος και η πολυπλοκότητα της εφαρμογής αυτών των τεχνολογιών. Επιπλέον, οι ανησυχίες σχετικά με την ασφάλεια των δεδομένων και το απόρρητο, ιδιαίτερα με τεχνολογίες όπως το blockchain και το IoT, πρέπει να αντιμετωπιστούν για να διασφαλιστεί η ευρεία υιοθέτηση.

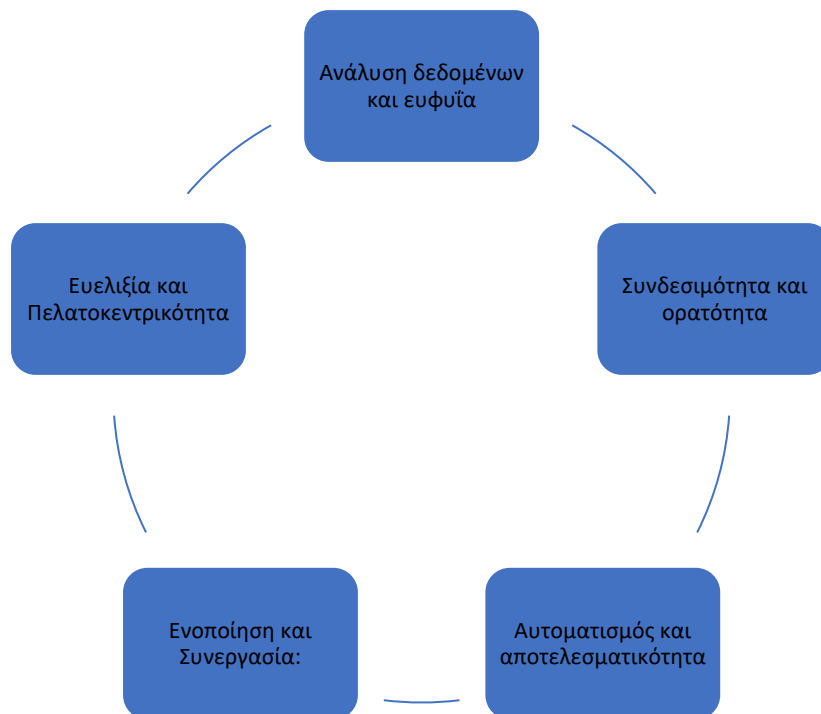
Ο ψηφιακός μετασχηματισμός στη ναυτιλία, αξιοποιώντας τεχνολογίες όπως τα big data analytics, το IoT και το blockchain, μπορεί να βελτιώσει τη λειτουργική αποτελεσματικότητα, να μειώσει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και να συμβάλει στην παγκόσμια ατζέντα για τη βιωσιμότητα. Ωστόσο, η συνειδητοποίηση αυτού του δυναμικού απαιτεί την υπέρβαση τεχνολογικών, οικονομικών και κανονιστικών προκλήσεων. Οι συνεργατικές προσπάθειες μεταξύ των ενδιαφερομένων του κλάδου, των παρόχων τεχνολογίας και των ρυθμιστικών φορέων είναι απαραίτητες για την αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων και την αξιοποίηση των οφελών του ψηφιακού μετασχηματισμού για μια πιο βιώσιμη ναυτιλιακή βιομηχανία.

4 Ψηφιοποίηση της εφοδιαστικής αλυσίδας

4.1 Ορισμός και στοιχεία της ψηφιακής εφοδιαστικής αλυσίδας

Η εξέλιξη της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας, η μετάβαση από τα παραδοσιακά στα ψηφιακά μοντέλα, αντανακλά μια σημαντική αλλαγή παραδείγματος επηρεασμένη από τις τεχνολογικές εξελίξεις και τη μεταβαλλόμενη δυναμική της αγοράς. Στη συνέχεια διερευνάται αυτός ο μετασχηματισμός, δίνοντας ιδιαίτερο βάρος στον ορισμό και τα βασικά στοιχεία λειτουργίας των ψηφιακών αλυσίδων εφοδιασμού σε αντίθεση με τους παραδοσιακούς προκατόχους τους.

Μια ψηφιακή εφοδιαστική αλυσίδα ενσωματώνει προηγμένες τεχνολογικές λύσεις στο παραδοσιακό πλαίσιο λειτουργίας της εφοδιαστικής αλυσίδας, ενισχύοντας την αποτελεσματικότητα, τη διαφάνεια και την ανταποκρισιμότητα. Σύμφωνα με τον Pettey, (2019), μια ψηφιακή εφοδιαστική αλυσίδα χαρακτηρίζεται από την ικανότητά της να αξιοποιεί τις γνώσεις που βασίζονται σε δεδομένα, χρησιμοποιώντας τεχνολογίες όπως το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT), το cloud computing, την τεχνητή νοημοσύνη (AI) και το blockchain. Τα βασικά στοιχεία λειτουργίας της περιλαμβάνουν τα ακόλουθα, όπως αναλύονται στο σχήμα που παρατίθεται στη συνέχεια:



Σχήμα 5: Βασικά στοιχεία λειτουργίας της ψηφιακής εφοδιαστικής αλυσίδας (Ίδια επεξεργασία από Sanders & Ganeshan, 2018; Kalluru, 2018)

Η χρήση μεγάλων δεδομένων και προγνωστικών αναλύσεων έχει γίνει ο ακρογωνιαίος λίθος για τις σύγχρονες ψηφιακές εφοδιαστικές αλυσίδες. Όπως τονίστηκε σε μια μελέτη των Sanders & Ganeshan, (2018), η ενσωμάτωση των αναλυτικών στοιχείων στη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας επιτρέπει τη λήψη πιο ενημερωμένων αποφάσεων. Τα μεγάλα δεδομένα, που προέρχονται από διάφορες πηγές, όπως αρχεία συναλλαγών, δεδομένα αισθητήρων και μέσα κοινωνικής δικτύωσης, προσφέρουν ολοκληρωμένες πληροφορίες για τις τάσεις της αγοράς, τις συμπεριφορές των καταναλωτών και τις λειτουργικές ανεπάρκειες. Η προγνωστική ανάλυση, η αξιοποίηση στατιστικών μοντέλων και η μηχανική μάθηση, μπορούν να προβλέψουν μελλοντικές τάσεις και πρότυπα ζήτησης, οδηγώντας στη διαμόρφωση πιο ορθολογικών στρατηγικών στο πλαίσιο της λειτουργίας της εφοδιαστικής αλυσίδας. Για παράδειγμα, μια μελέτη περίπτωσης έδειξε πως η προγνωστική ανάλυση θα μπορούσε να μειώσει το κόστος αποθεμάτων έως και 25% προβλέποντας τις διακυμάνσεις της ζήτησης (Kalluru, 2018).

Ο ρόλος των συσκευών IoT στη βελτίωση της παρακολούθησης αγαθών και διαδικασιών σε πραγματικό χρόνο είναι καθοριστικός στις ψηφιακές αλυσίδες εφοδιασμού. Μια έκθεση της Deloitte τόνισε πως το IoT γεφυρώνει τον φυσικό και τον ψηφιακό κόσμο, βελτιώνοντας την παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο, κάθε σταδίου της αλυσίδας εφοδιασμού (Parrott et al., 2019). Αυτή η συνδεσιμότητα επιτρέπει την παρακολούθηση της κατάστασης και της θέσης του προϊόντος, την παρακολούθηση των αποστολών και τη διαχείριση των περιουσιακών στοιχείων. Αυτή η δυνατότητα παρακολούθησης όχι μόνο βελτιώνει τη λειτουργική αποτελεσματικότητα αλλά ενισχύει και τη διαχείριση κινδύνου. Για παράδειγμα, αισθητήρες με δυνατότητα IoT μπορούν να παρακολουθούν προϊόντα ευαίσθητα στη θερμοκρασία, διασφαλίζοντας τον ποιοτικό έλεγχο κατά τη μεταφορά.

Στη συνέχεια, η τεχνητή νοημοσύνη και η μηχανική μάθηση έχουν φέρει επανάσταση στις λειτουργίες της εφοδιαστικής αλυσίδας επιτρέποντας την επίτευξη υψηλότερων επιπέδων αυτοματισμού και αποτελεσματικότητας. Όπως συζητήθηκε σε ένα ερευνητικό άρθρο από τους Kumar et al., (2020) οι αλγόριθμοι AI μπορούν να βελτιστοποιήσουν τη δρομολόγηση, να διαχειριστούν το απόθεμα και ακόμη και να προβλέψουν τις απαιτήσεις συντήρησης για τον εξοπλισμό, μειώνοντας έτσι το κόστος χειροκίνητης επέμβασης και λειτουργίας. Η εφαρμογή της μηχανικής μάθησης στην πρόβλεψη ζήτησης, δείχνει σημαντικές βελτιώσεις στην ακρίβεια σε σύγκριση με τις παραδοσιακές μεθόδους, βελτιστοποιώντας τα επίπεδα αποθεμάτων και μειώνοντας τα απόβλητα.

Ύστερα, οι πλατφόρμες που βασίζονται στο cloud διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στη διευκόλυνση της απρόσκοπτης ροής πληροφοριών μεταξύ των ενδιαφερόμενων μερών σε μια ψηφιακή εφοδιαστική αλυσίδα. Μια μελέτη από τους Aivazidou et al., (2012) τόνισε πως οι τεχνολογίες cloud επιτρέπουν την ανταλλαγή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο και τη συνεργασία σε όλο το δίκτυο της εφοδιαστικής αλυσίδας, συμπεριλαμβανομένων των προμηθευτών, των κατασκευαστών, των διανομέων και των λιανοπωλητών. Η ενοποίηση αυτή διασφαλίζει ότι όλα τα μέρη έχουν πρόσβαση σε συνεπείς και έγκυρες πληροφορίες, οδηγώντας σε καλύτερο συντονισμό και λήψη αποφάσεων. Η επεκτασιμότητα και η ευελιξία των πλατφορμών cloud υποστηρίζουν επίσης τη δυναμική φύση των αλυσίδων εφοδιασμού, που εξυπηρετούν την ανάπτυξη των επιχειρήσεων και τις μεταβαλλόμενες συνθήκες της αγοράς.

Παρακάτω, οι ψηφιακές αλυσίδες εφοδιασμού επιδεικνύουν υψηλό βαθμό ευελιξίας και είναι πελατοκεντρικές, απαραίτητα στοιχεία στη σημερινή αγορά η οποία αλλάζει με γρήγορο ρυθμό και με γνώμονα τους καταναλωτές. Σύμφωνα με τους Agrawal and Narain, (2021), οι ψηφιακές τεχνολογίες επιτρέπουν στις αλυσίδες εφοδιασμού να ανταποκρίνονται γρήγορα στις αλλαγές της αγοράς, στις προτιμήσεις των πελατών και στις απροσδόκητες κρίσεις. Αυτή η ευελιξία επιτυγχάνεται μέσω αναλύσεων δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, μοντελοποίησης πρόβλεψης και ευέλικτων διαδικασιών στο πλαίσιο της λειτουργίας της εφοδιαστικής αλυσίδας. Επιπλέον, η πελατοκεντρική προσέγγιση ενισχύεται από ψηφιακές λύσεις που προσφέρουν εξατομικευμένες εμπειρίες, αποτελεσματικά μοντέλα παράδοσης και βελτιωμένη εξυπηρέτηση πελατών.

4.1.1 Ιστορικό πλαίσιο: Από τις παραδοσιακές ψηφιακές αλυσίδες εφοδιασμού

Η μετάβαση από τις παραδοσιακές στις ψηφιακές αλυσίδες εφοδιασμού ήταν σταδιακή και εξελικτική. Οι παραδοσιακές αλυσίδες εφοδιασμού, που συχνά χαρακτηρίζονται από μη αυτόματες διαδικασίες και περιορισμένες δυνατότητες όσον αφορά στην ανάλυση δεδομένων αντιμετώπισαν προκλήσεις ως προς την επεκτασιμότητα, την δυνατότητα παρακολούθησης των προϊόντων και την ευελιξία. Μια κομβική στιγμή σε αυτή την εξέλιξη ήταν η εισαγωγή των συστημάτων διαχείρισης των πόρων (ERP), τα οποία άρχισαν να ενσωματώνουν διαφορετικά στοιχεία της εφοδιαστικής αλυσίδας. Ωστόσο, η πραγματική αλλαγή προέκυψε με την εμφάνιση του διαδικτύου και του ηλεκτρονικού εμπορίου.

Ύστερα, η υιοθέτηση της τεχνολογίας RFID, έφερε επανάσταση στη διαχείριση αποθεμάτων. Ομοίως, η εμφάνιση του υπολογιστικού νέφους επέτρεψε περισσότερα συνεργατικά και ολοκληρωμένα μοντέλα στο πλαίσιο της εφοδιαστικής αλυσίδας. Μια έρευνα αποκάλυψε ότι οι εταιρείες που χρησιμοποιούν λύσεις εφοδιαστικής αλυσίδας που βασίζονται σε cloud παρουσίασαν αύξηση της αποτελεσματικότητας κατά 20% (Data Dynamics, 2023).

Η μετάβαση από τις παραδοσιακές στις ψηφιακές αλυσίδες εφοδιασμού μπορεί να γίνει καλύτερα κατανοητή μέσω μιας συγκριτικής ανάλυσης όπως αυτή που γίνεται στον πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 1: Μετάβαση από τις παραδοσιακές στις ψηφιακές αλυσίδες εφοδιασμού (ίδια επεξεργασία από Agrawal and Narain, 2021)

Αποδοτικότητα	Οι παραδοσιακές εφοδιαστικές αλυσίδες συχνά εμφάνιζαν αναποτελεσματικότητα λόγω των μη αυτοματοποιημένων διαδικασιών και της έλλειψης δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Οι ψηφιακές αλυσίδες εφοδιασμού, από την άλλη πλευρά, αξιοποιούν την αυτοματοποίηση και τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο για βέλτιστη απόδοση.
Δυνατότητα παρακολούθησης και διαφάνεια	Ενώ τα παραδοσιακά μοντέλα είχαν περιορισμένη δυνατότητα παρακολούθησης, οι ψηφιακές αλυσίδες εφοδιασμού προσφέρουν διαφάνεια από άκρο σε άκρο που είναι ζωτικής σημασίας για τη διαχείριση πολύπλοκων παγκόσμιων δικτύων.
Προσαρμοστικότητα	Οι ψηφιακές αλυσίδες εφοδιασμού είναι πιο προσαρμόσιμες στις αλλαγές και τις κρίσεις της αγοράς.
Οικονομική απόδοση	Αν και οι ψηφιακές αλυσίδες εφοδιασμού απαιτούν μεγάλη αρχική επένδυση, είναι πιο αποδοτικές μακροπρόθεσμα λόγω της

Ο μετασχηματιστικός αντίκτυπος των ψηφιακών αλυσίδων εφοδιασμού σε σχέση με τα παραδοσιακά μοντέλα είναι εμφανής κυρίως σε τέσσερις βασικούς τομείς: αποτελεσματικότητα, διαφάνεια, προσαρμοστικότητα και σχέση κόστους-αποτελεσματικότητας. Στη συνέχεια, γίνεται αναφορά στις διαστάσεις αυτές.

Αρχικά, αναφορικά με την αποδοτικότητα, οι παραδοσιακές αλυσίδες εφοδιασμού, στις οποίες συχνά εφαρμόζονται χειροκίνητες διαδικασίες, είναι επιρρεπείς σε καθυστερήσεις και λάθη. Η έλλειψη δεδομένων σε πραγματικό χρόνο επιδεινώνει περαιτέρω την αναποτελεσματικότητα, οδηγώντας σε προκλήσεις στη διαχείριση αποθεμάτων, την πρόβλεψη και τον συνολικό συντονισμό της αλυσίδας εφοδιασμού. Μια μελέτη από τον Frazelle (2002) υπογραμμίζει πως οι χειροκίνητες διαδικασίες στις παραδοσιακές αλυσίδες εφοδιασμού είχαν ως αποτέλεσμα σημαντικές αναποτελεσματικότητες και υψηλό λειτουργικό κόστος.

Αντίθετα, οι ψηφιακές αλυσίδες εφοδιασμού αξιοποιούν προηγμένες τεχνολογίες όπως η τεχνητή νοημοσύνη και η μηχανική μάθηση για να αυτοματοποιήσουν τις διαδικασίες, βελτιώνοντας σημαντικά την αποτελεσματικότητα. Μια έκθεση της Deloitte τονίζει πως η αυτοματοποίηση στις ψηφιακές αλυσίδες εφοδιασμού ελαχιστοποιεί το ανθρώπινο λάθος και επιταχύνει τις λειτουργίες. Επιπλέον, η ανάλυση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο στην προγνωστική ανάλυση, την πρόβλεψη της ζήτησης και τη βελτιστοποίηση των αποθεμάτων, οδηγώντας σε μια πιο βελτιωμένη και αποτελεσματική εφοδιαστική αλυσίδα (Sanders & Ganeshan, 2018).

Υστέρα οι παραδοσιακές αλυσίδες εφοδιασμού αντιμετώπιζαν συχνά θέματα που είχαν να κάνουν με την έλλειψη δυνατότητας παρακολούθησης και διαφάνειας, ιδιαίτερα σε πολύπλοκα παγκόσμια δίκτυα. Αυτή η αδιαφάνεια οδήγησε σε προκλήσεις για την αποτελεσματική παρακολούθηση και διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας, όπως σημειώθηκε από τον Christopher (2016).

Ωστόσο, οι ψηφιακές αλυσίδες εφοδιασμού προσφέρουν διαφάνεια από άκρο σε άκρο μέσω τεχνολογιών IoT και blockchain. Μια μελέτη περίπτωσης από τους Bai και Sarkis (2010) δείχνει πως οι τεχνολογία IoT ενισχύει τη δυνατότητα παρακολούθησης των αγαθών και διαδικασιών σε πραγματικό χρόνο, ενώ το blockchain εξασφαλίζει ασφαλή και διαφανή τεκμηρίωση. Αυτό το επίπεδο παρακολούθησης είναι ζωτικής σημασίας για τη διαχείριση

πολύπλοκων παγκόσμιων δικτύων, τη διασφάλιση της συμμόρφωσης και την ενίσχυση της εμπιστοσύνης μεταξύ των ενδιαφερομένων.

Τέλος, η προσαρμοστικότητα είναι χαρακτηριστικό γνώρισμα των ψηφιακών αλυσίδων εφοδιασμού, στοιχείο του οποίου η σημασία γίνεται ιδιαίτερα αντιληπτή κατά τις αλλαγές της αγοράς και τις κρίσεις, όπως αυτή που δημιουργήθηκε από την πανδημία COVID-19. Οι παραδοσιακές αλυσίδες εφοδιασμού συχνά δυσκολεύονταν να προσαρμοστούν γρήγορα στις μεταβαλλόμενες συνθήκες της αγοράς λόγω των άκαμπτων δομών τους και των αργών χρόνων απόκρισης. Μια μελέτη του Musella, (2023) συζητά τον αντίκτυπο της πανδημίας COVID-19 στις παραδοσιακές δομές της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Οι ψηφιακές αλυσίδες εφοδιασμού, εξοπλισμένες με ευέλικτα ψηφιακά εργαλεία, έχουν επιδείξει αξιοσημείωτη προσαρμοστικότητα σε τέτοια σενάρια. Τεχνολογίες όπως η τεχνητή νοημοσύνη και το cloud computing επιτρέπουν την ταχεία απόκριση στις μεταβαλλόμενες δυναμικές, όπως περιγράφεται σε μια σχετική μελέτη του Attaran, (2020). Η ευελιξία των ψηφιακών αλυσίδων εφοδιασμού στην προσαρμογή στις μη αναμενόμενες διακοπές λειτουργίας, τη διατήρηση της συνέχειας και ακόμη και την αξιοποίηση νέων ευκαιριών αποτελεί σημαντικό πλεονέκτημα έναντι των παραδοσιακών μοντέλων.

Ολοκληρώνοντας, ενώ οι ψηφιακές αλυσίδες εφοδιασμού απαιτούν μια αρχική επένδυση στην τεχνολογία και τις υποδομές, αποδεικνύονται πιο αποδοτικές μακροπρόθεσμα. Οι παραδοσιακές αλυσίδες εφοδιασμού συχνά επιβαρύνονταν με υψηλότερο κόστος λόγω αναποτελεσματικότητας, σπατάλης και αδυναμίας γρήγορης ανταπόκρισης στις αλλαγές της αγοράς. Μια συγκριτική ανάλυση από τον Sheffi (2021) καταδεικνύει αυτές τις ανισότητες κόστους.

Οι ψηφιακές αλυσίδες εφοδιασμού, μέσω της βελτιωμένης απόδοσης και της μειωμένης σπατάλης, προσφέρουν καλύτερη απόδοση της επένδυσης. Μια μελέτη από τους Srai και Lorentz (2019) υπογραμμίζει τον τρόπο με τον οποίο οι ψηφιακές αλυσίδες εφοδιασμού επιτυγχάνουν εξοικονόμηση κόστους μέσω βελτιστοποιημένης χρήσης πόρων, μειωμένων επιπέδων αποθεμάτων και βελτιστοποιημένης λειτουργίας της εφοδιαστικής. Επιπλέον, τα προγνωστικά αναλυτικά στοιχεία στις ψηφιακές αλυσίδες εφοδιασμού μπορούν να μειώσουν σημαντικά το κόστος που σχετίζεται με την υπερβάλλουσα παραγωγή, τα αποθέματα και την ταχεία αποστολή.

Η μετάβαση από τις παραδοσιακές στις ψηφιακές αλυσίδες εφοδιασμού αντιπροσωπεύει ένα σημαντικό άλμα στη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας. Η ενισχυμένη απόδοση, η

αυξημένη διαφάνεια, η μεγαλύτερη προσαρμοστικότητα και η βελτιωμένη σχέση κόστους-αποτελεσματικότητας είναι οι πυλώνες πάνω στους οποίους οι ψηφιακές αλυσίδες εφοδιασμού χτίζουν την υπεροχή τους έναντι των παραδοσιακών μοντέλων.

4.1.3 Θεωρητικές βάσεις των μοντέλων ψηφιακής εφοδιαστικής αλυσίδας

Η εννοιολογική θεμελίωση των μοντέλων της ψηφιακής αλυσίδας εφοδιασμού γίνεται στη βάση διαφόρων θεωριών στην τεχνολογία των πληροφοριών, την εφοδιαστική αλυσίδα και τη διαχείριση επιχειρήσεων. Παρακάτω, αναλύονται αυτά τα θεωρητικά θεμέλια, απεικονίζοντας το πως καθοδηγούν την ανάπτυξη και την εφαρμογή μοντέλων ψηφιακής αλυσίδας εφοδιασμού.

Αρχικά, η θεωρία συστημάτων, η οποία αντιλαμβάνεται τον οργανισμό ως ένα σύνθετο σύνολο αλληλένδετων στοιχείων, είναι θεμελιώδης για την κατανόηση των ψηφιακών αλυσίδων εφοδιασμού. Σύμφωνα με τον von Bertalanffy (1968), η θεωρία συστημάτων υποστηρίζει ότι η απόδοση του συνόλου επηρεάζεται από την αλληλεπίδραση των μερών του. Στο πλαίσιο της λειτουργίας των ψηφιακών αλυσίδων εφοδιασμού, η προοπτική αυτή είναι καίριας σημασίας. Κάθε στοιχείο, από την προμήθεια έως τη διανομή, είναι διασυνδεδεμένο και οι ψηφιακές τεχνολογίες επιτρέπουν την απρόσκοπτη ενοποίηση. Για παράδειγμα, η τεχνολογία RFID ενσωματώνεται στα συστήματα διαχείρισης αποθεμάτων για τη βελτιστοποίηση των επιπέδων αποθεμάτων, αντανακλώντας την προσέγγιση της θεωρίας των συστημάτων στην πράξη (Want, 2006).

Παρακάτω, μία ακόμη συναφής θεωρία είναι η θεωρία επεξεργασίας πληροφοριών, όπως προτάθηκε από τον Galbraith (1974), και υποστηρίζει ότι η αποτελεσματική λήψη αποφάσεων στους οργανισμούς εξαρτάται από την επεξεργασία των σχετικών πληροφοριών. Οι ψηφιακές αλυσίδες εφοδιασμού αποτελούν την επιτομή αυτής της θεωρίας, καθώς βασίζονται σε μεγάλο βαθμό στην ανάλυση δεδομένων και τη ροή πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο. Η χρήση Big Data και προηγμένων αναλυτικών στοιχείων στη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας, όπως υποστηρίχθηκε από τους Sanders & Ganeshan, (2018), αποτελεί παράδειγμα του τρόπου με τον οποίο τα ψηφιακά συστήματα μετατρέπουν τα ακατέργαστα δεδομένα σε πρακτικές πληροφορίες, επιτρέποντας έτσι τη λήψη πιο ενημερωμένων αποφάσεων.

Ύστερα, η προσέγγιση της επιχείρησης με βάση τους πόρους, όπως διατυπώθηκε από τον Barney (1991), εστιάζει στους εσωτερικούς πόρους ως πηγή ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος. Στις ψηφιακές αλυσίδες εφοδιασμού, οι τεχνολογικοί πόροι, όπως το ΑΙ, το

IoT και το cloud computing, είναι ζωτικής σημασίας. Αυτές οι τεχνολογίες δεν είναι απλώς εργαλεία αλλά στρατηγικά πλεονεκτήματα που προσφέρουν ανταγωνιστική διαφοροποίηση, όπως τονίζεται από τους De Vass et al., (2018) στη μελέτη τους για την ενσωμάτωση των τεχνολογιών IoT στη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Ύστερα, οι αρχές της «λιτής» διαχείρισης, που έχουν εφαρμοστεί και στο Σύστημα Παραγωγής της Toyota, δίνουν έμφαση στη μείωση των απορριμμάτων και την αποτελεσματικότητα. Οι ψηφιακές αλυσίδες εφοδιασμού ενσωματώνουν αυτές τις αρχές μέσω τεχνολογιών που εξορθολογίζουν τις λειτουργίες και ελαχιστοποιούν τα απόβλητα. Για παράδειγμα, η πρόβλεψη ζήτησης με γνώμονα την τεχνητή νοημοσύνη μειώνει την υπερπαραγωγή, ευθυγραμμίζοντας την παραγωγή στενά με τις ανάγκες της αγοράς (Liker, 2004).

Στη συνέχεια, η θεωρία του δικτύου, ιδιαίτερα συναφής με το ψηφιακό πλαίσιο λειτουργίας της εφοδιαστικής, αντιλαμβάνεται την εφοδιαστική αλυσίδα ως ένα δίκτυο διασυνδεδεμένων κόμβων (εταιρείες, προμηθευτές, διανομείς). Αυτή η θεωρία υπογραμμίζει τη σημασία της διαχείρισης σχέσεων και της ανταλλαγής πληροφοριών. Η εφαρμογή της τεχνολογίας blockchain στις αλυσίδες εφοδιασμού, η οποία ενισχύει τη διαφάνεια και την εμπιστοσύνη μεταξύ των συμμετεχόντων στο δίκτυο, είναι μια πρακτική εφαρμογή αυτής της θεωρίας (Kshetri, 2018).

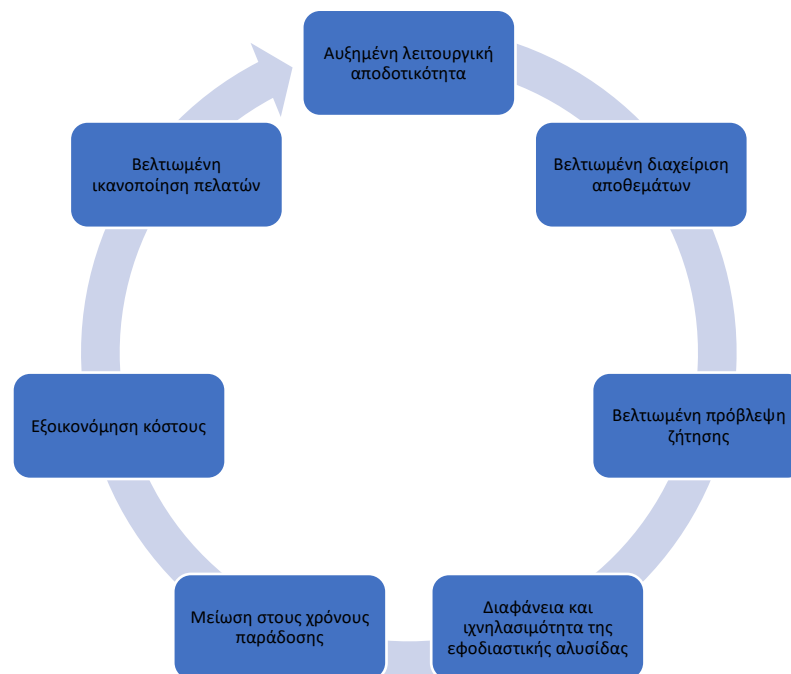
Όπως γίνεται αντιληπτό από τα προαναφερθέντα, τα θεωρητικά θεμέλια των μοντέλων της ψηφιακής αλυσίδας εφοδιασμού είναι ποικίλα, προερχόμενα από διάφορους κλάδους. Η θεωρία συστημάτων παρέχει μια ολιστική άποψη της διασύνδεσης των στοιχείων της εφοδιαστικής αλυσίδας, ενώ η θεωρία επεξεργασίας πληροφοριών δίνει έμφαση στο ρόλο των δεδομένων και των αναλυτικών στοιχείων. Το μοντέλο των πόρων υπογραμμίζει τη στρατηγική σημασία των τεχνολογικών πόρων και οι αρχές «λιτής» διαχείρισης υπογραμμίζουν την εστίαση στην αποδοτικότητα και τη μείωση των απορριμμάτων. Τέλος, η θεωρία δικτύου σχετίζεται με τη διασυνδεδεμένη και συνεργατική φύση των αλυσίδων εφοδιασμού σε μια ψηφιακή εποχή. Αυτές οι θεωρίες αποτελούν συλλογικά το θεμέλιο πάνω στο οποίο χτίζονται τα μοντέλα ψηφιακής αλυσίδας εφοδιασμού, καθοδηγώντας το σχεδιασμό και την εφαρμογή τους.

4.2 Οφέλη από την ψηφιοποίηση στην εφοδιαστική αλυσίδα

4.2.1 Βελτίωση στα ποσοτικά χαρακτηριστικά των υπηρεσιών

Η ψηφιοποίηση της εφοδιαστικής αλυσίδας αντιπροσωπεύει ένα επαναστατικό βήμα στην εξέλιξη των logistics και της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας. Στη συνέχεια, μελετώνται τα ποσοτικά μετρήσιμα οφέλη αυτού του μετασχηματισμού, αξιοποιώντας τη σχετική βιβλιογραφία και παραδείγματα από τον πραγματικό κόσμο για την επεξήγηση του αντικτύπου.

Αρχικά, στο σχήμα που ακολουθεί παρατίθενται τα οφέλη αυτά, ενώ στη συνέχεια του κειμένου αναλύονται περαιτέρω, έχοντας σαν γνώμονα τις σχετικές έρευνες και τη βιβλιογραφία.



Σχήμα 6: Ποσοτικά οφέλη των υπηρεσιών (Ίδια επεξεργασία από Kshetri, 2018)

Αρχικά, ένα από τα πιο σημαντικά ποσοτικοποιήσιμα οφέλη της ψηφιοποίησης είναι η αξιοσημείωτη αύξηση της λειτουργικής αποτελεσματικότητας. Οι ψηφιακές τεχνολογίες όπως το AI, το IoT και η μηχανική μάθηση επιτρέπουν την αυτοματοποιημένη λήψη αποφάσεων, τη βελτιστοποίηση των λειτουργιών εφοδιαστικής και τη βελτίωση της διαχείρισης αποθεμάτων. Μια μελέτη από τους Srαι και Gregory (2008) διαπίστωσε ότι οι εταιρείες που χρησιμοποιούν ψηφιακές τεχνολογίες στις αλυσίδες εφοδιασμού τους ανέφεραν μείωση έως και 15% στο λειτουργικό τους κόστος.

Στη συνέχεια, οι ψηφιακές αλυσίδες εφοδιασμού επωφελούνται σημαντικά από τη βελτιωμένη διαχείριση αποθεμάτων μέσω παρακολούθησης σε πραγματικό χρόνο και προγνωστικών αναλύσεων. Τεχνολογίες όπως οι αισθητήρες RFID και IoT παρέχουν ακριβείς, έγκυρες πληροφορίες για τα επίπεδα αποθέματος, μειώνοντας τη συχνότητα υπερφόρτωσης ή εξάντλησης των αποθεμάτων. Μια έρευνα του Lukic, (2017) έδειξε ότι οι εταιρείες που χρησιμοποιούν συστήματα διαχείρισης ψηφιακών αποθεμάτων παρουσίασαν μείωση 20-30% στο κόστος διατήρησης αποθεμάτων.

Παρακάτω, η εφαρμογή της ανάλυσης μεγάλων δεδομένων στις ψηφιακές αλυσίδες εφοδιασμού έχει φέρει επανάσταση στην πρόβλεψη της ζήτησης. Αναλύοντας μεγάλα δεδομένα, οι εταιρείες μπορούν να προβλέψουν τη ζήτηση των πελατών με μεγαλύτερη ακρίβεια, οδηγώντας σε πιο αποτελεσματικό σχεδιασμό παραγωγής και βελτιστοποίηση της αλυσίδας εφοδιασμού. Σύμφωνα με έρευνα των Xu, Pero and Fabbri, (2023), η προηγμένη πρόβλεψη ζήτησης μπορεί να αυξήσει την ακρίβεια των προβλέψεων κατά 10-20%.

Η ψηφιοποίηση ενισχύει τη διαφάνεια και την ιχνηλασιμότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας, τα οποία είναι ζωτικής σημασίας στη σημερινή παγκοσμιοποιημένη αγορά. Η τεχνολογία Blockchain, για παράδειγμα, παρέχει ένα ασφαλές και αμετάβλητο πλαίσιο, επιτρέποντας την ιχνηλασιμότητα από τον κατασκευαστή στον τελικό καταναλωτή. Μια μελέτη του Kshetri (2018) τονίζει πως η τεχνολογία blockchain ενισχύει την ιχνηλασιμότητα και μειώνει τους κινδύνους πλαστών προϊόντων στις αλυσίδες εφοδιασμού.

Οι ψηφιακές αλυσίδες εφοδιασμού χαρακτηρίζονται από μειωμένους χρόνους παράδοσης λόγω της πιο αποτελεσματικής επεξεργασίας και ροής πληροφοριών. Οι αυτοματοποιημένες διαδικασίες και τα βελτιωμένα κανάλια επικοινωνίας επιτρέπουν ταχύτερους χρόνους από την παραγωγή έως την παράδοση. Έρευνα των Baryannis et al. (2019) έδειξε ότι η ψηφιοποίηση θα μπορούσε να μειώσει τους χρόνους παράδοσης έως και 40%, ενισχύοντας την ικανοποίηση των πελατών και το ανταγωνιστικό πλεονέκτημα.

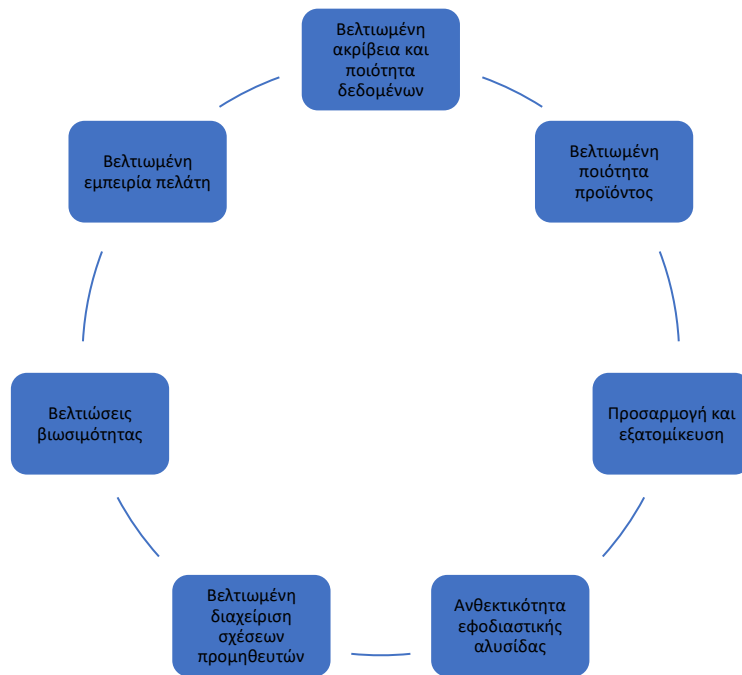
Ύστερα, τα κέρδη αποδοτικότητας από την ψηφιοποίηση μεταφράζονται σε σημαντική εξοικονόμηση κόστους. Οι αυτοματοποιημένες διαδικασίες μειώνουν το κόστος εργασίας, η προγνωστική συντήρηση μειώνει το χρόνο διακοπής λειτουργίας και η βελτιστοποιημένη εφοδιαστική οδηγεί σε χαμηλότερο κόστος μεταφοράς. Οι εταιρείες που εφαρμόζουν λύσεις ψηφιακής αλυσίδας εφοδιασμού ανέφεραν κατά μέσο όρο μείωση 10% στο συνολικό κόστος της εφοδιαστικής αλυσίδας (Kern, 2021).

Τέλος, οι ψηφιακές αλυσίδες εφοδιασμού προσφέρουν βελτιωμένη εξυπηρέτηση πελατών μέσω ταχύτερων χρόνων παράδοσης, παρακολούθησης σε πραγματικό χρόνο και εξατομικευμένων υπηρεσιών. Οι γίγαντες του ηλεκτρονικού εμπορίου όπως η Amazon έχουν θέσει νέα πρότυπα στις προσδοκίες των πελατών για τους χρόνους παράδοσης και την εξυπηρέτηση, που κατέστησαν δυνατή μέσω ψηφιοποιημένων αλυσίδων εφοδιασμού. Μια μελέτη του Chaffey (2019) διαπίστωσε ότι η βελτιωμένη εξυπηρέτηση πελατών μέσω ψηφιακών αλυσίδων εφοδιασμού οδήγησε σε αύξηση των ποσοστών διατήρησης πελατών κατά 5-10%.

Τα ποσοτικοποιήσιμα οφέλη από την ψηφιοποίηση της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι σημαντικά και ποικίλα. Από την αυξημένη λειτουργική αποτελεσματικότητα και την εξοικονόμηση κόστους έως τη βελτιωμένη διαχείριση αποθεμάτων και την ικανοποίηση των πελατών, ο αντίκτυπος είναι βαθύς και πολύπλευρος. Καθώς η τεχνολογία συνεχίζει να προοδεύει, αυτά τα οφέλη αναμένεται να αυξηθούν, ενισχύοντας περαιτέρω τη σημασία του ψηφιακού μετασχηματισμού στη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας.

4.2.2 Βελτίωση στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των υπηρεσιών

Η ψηφιοποίηση των αλυσίδων εφοδιασμού έχει οδηγήσει σε μια νέα εποχή βελτιωμένης ποιότητας στις λειτουργίες και την εξυπηρέτηση πελατών. Στη συνέχεια, αναλύονται τα οφέλη στο πεδίο της βελτίωσης της ποιότητας που επιφέρει ο ψηφιακός μετασχηματισμός στις αλυσίδες εφοδιασμού. Τα οφέλη αυτά περιγράφονται στο σχήμα που ακολουθεί και στη συνέχεια αναλύονται περαιτέρω.



Σχήμα 7: Ποιοτικά οφέλη των υπηρεσιών (Ίδια επεξεργασία από Hallikas et al., 2021; Cui et al., 2021)

Η εφαρμογή της ψηφιακής τεχνολογίας στις αλυσίδες εφοδιασμού έχει οδηγήσει σε σημαντικές βελτιώσεις στην ακρίβεια και την ποιότητα των δεδομένων. Η αυτοματοποιημένη συλλογή και επεξεργασία δεδομένων, που διευκολύνεται από τεχνολογίες όπως το IoT και η AI, ελαχιστοποιεί τα ανθρώπινα λάθη και ενισχύει την αξιοπιστία των δεδομένων της εφοδιαστικής αλυσίδας. Μια μελέτη από τους Hallikas et al., (2021), αποκάλυψε ότι η εφαρμογή ψηφιακών εργαλείων στις αλυσίδες εφοδιασμού οδήγησε σε 30% βελτίωση στην ακρίβεια των δεδομένων, ενισχύοντας τις διαδικασίες λήψης αποφάσεων.

Η ψηφιοποίηση επιτρέπει πιο αυστηρό έλεγχο ποιότητας σε όλη την αλυσίδα εφοδιασμού. Τεχνολογίες όπως η μηχανική μάθηση και η προγνωστική ανάλυση μπορούν να εντοπίσουν πιθανά ζητήματα ποιότητας πριν τα προϊόντα φύγουν από το εργοστάσιο. Για παράδειγμα, η Cisco Systems εφάρμοσε ένα ψηφιακό σύστημα ποιοτικού ελέγχου που μείωσε αξιοσημείωτα τα ελαττώματα των προϊόντων της.

Η ψηφιοποίηση στις αλυσίδες εφοδιασμού οδηγεί σε υψηλότερο βαθμό προσαρμογής και εξατομίκευσης στις προσφορές προϊόντων. Με προηγμένα αναλυτικά στοιχεία και ευέλικτα συστήματα παραγωγής, οι εταιρείες μπορούν να ανταποκριθούν αποτελεσματικότερα στις εξατομικευμένες προτιμήσεις των πελατών. Μια μελέτη περίπτωσης για την αυτοκινητοβιομηχανία έδειξε πως οι ψηφιακές αλυσίδες εφοδιασμού επέτρεψαν στους κατασκευαστές να προσφέρουν ένα ευρύτερο φάσμα προσαρμοσμένων στις ανάγκες των καταναλωτών επιλογών, βελτιώνοντας την ικανοποίησή τους (Cui et al., 2021).

Οι ψηφιακές αλυσίδες εφοδιασμού είναι εγγενώς πιο ανθεκτικές, ικανές να ανταποκρίνονται γρήγορα σε κρίσεις και αναταράξεις. Τεχνολογίες όπως το AI και το cloud computing παρέχουν την ευελιξία που απαιτείται για την προσαρμογή σε απρόβλεπτα γεγονότα, όπως φυσικές καταστροφές ή διακυμάνσεις της αγοράς. Η πανδημία COVID-19 ανέδειξε την ανθεκτικότητα των ψηφιακών αλυσίδων εφοδιασμού, με τις εταιρείες που είχαν ψηφιοποιήσει τις λειτουργίες να ανακάμπτουν ταχύτερα από τις υπόλοιπες, όπως σημειώθηκε σε μελέτη των Ivanov και Dolgui (2020).

Η ψηφιοποίηση προωθεί τη βελτίωση της συνεργασίας και επικοινωνίας με τους προμηθευτές, ενισχύοντας τη συνολική διαχείριση των σχέσεων της εφοδιαστικής αλυσίδας. Οι ψηφιακές πλατφόρμες επιτρέπουν πιο αποτελεσματικές και διαφανείς αλληλεπιδράσεις μεταξύ των εταιρειών και των προμηθευτών τους, οδηγώντας σε καλύτερη ευθυγράμμιση και βελτιωμένη απόδοση. Μια έρευνα από το Capgemini (2019) διαπίστωσε ότι οι εταιρείες με ψηφιακά εργαλεία συνεργασίας με τους προμηθευτές ανέφεραν 15% βελτίωση στην ποιότητα των σχέσεων με αυτούς.

Επιπροσθέτως, οι ψηφιακές αλυσίδες εφοδιασμού συμβάλλουν σημαντικά στη βιωσιμότητα. Τεχνολογίες όπως το blockchain και η AI επιτρέπουν την καλύτερη παρακολούθηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των δραστηριοτήτων της εφοδιαστικής αλυσίδας, διευκολύνοντας την ενσωμάτωση πιο φιλικών προς τον περιβάλλον πρακτικών. Μια έκθεση των Park & Li, (2021), τόνισε πως η ψηφιοποίηση βοηθά στη μείωση των εκπομπών άνθρακα και των αποβλήτων στις αλυσίδες εφοδιασμού.

Οι ψηφιακές αλυσίδες εφοδιασμού βελτιώνουν σημαντικά την εμπειρία των πελατών παρέχοντας μεγαλύτερη διαφάνεια, ταχύτερους χρόνους παράδοσης και πιο ανταποκρινόμενη εξυπηρέτηση. Οι πλατφόρμες ηλεκτρονικού εμπορίου, για παράδειγμα, χρησιμοποιούν ψηφιακές αλυσίδες εφοδιασμού για να προσφέρουν παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο, ενισχύοντας σημαντικά την ικανοποίηση των πελατών. Οι επιχειρήσεις με ψηφιοποιημένες αλυσίδες εφοδιασμού σημείωσαν αύξηση 25% στις αξιολογήσεις ικανοποίησης πελατών (Terpezidis, 2019).

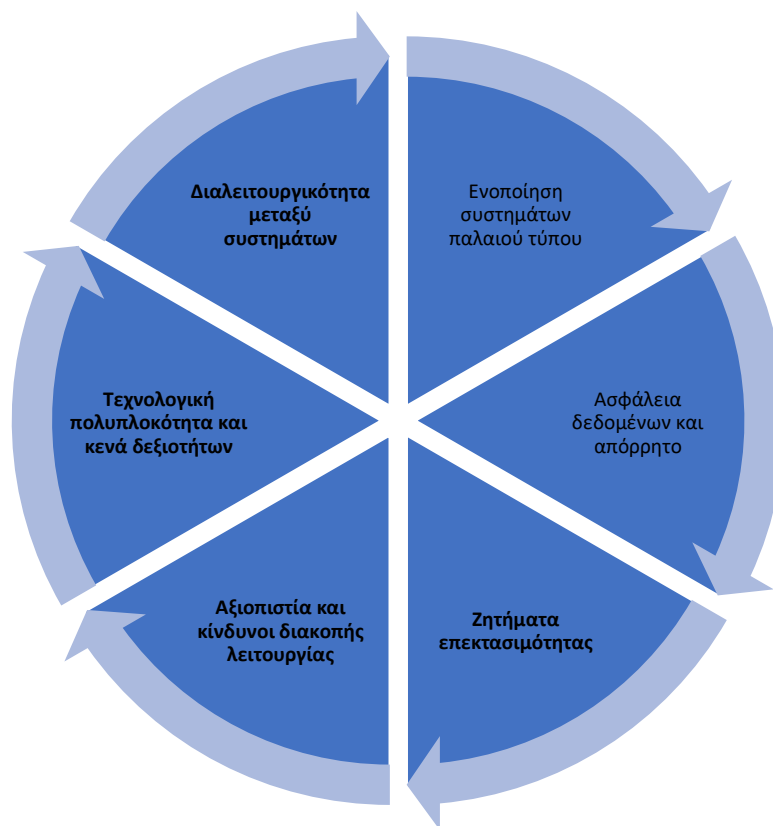
Όπως μπορεί να γίνει αντιληπτό από τα αναλυθέντα προηγούμενως στοιχεία, τα ποιοτικά οφέλη από την ψηφιοποίηση στην εφοδιαστική αλυσίδα είναι πολύπλευρα, που κυμαίνονται από τη βελτιωμένη ακρίβεια δεδομένων και την ποιότητα των προϊόντων έως τη βελτίωση της ανθεκτικότητας και της βιωσιμότητας. Αυτές οι εξελίξεις όχι μόνο ενισχύουν τη λειτουργική

αποτελεσματικότητα, αλλά συμβάλλουν σημαντικά στην ικανοποίηση των πελατών και στην περιβαλλοντική βιωσιμότητα.

4.3 Προκλήσεις και περιορισμοί

4.3.1 Τεχνικές προκλήσεις

Ενώ η ψηφιοποίηση των αλυσίδων εφοδιασμού προσφέρει πολλά οφέλη, παρουσιάζει επίσης διάφορες τεχνικές προκλήσεις που μπορούν να εμποδίσουν την αποτελεσματική εφαρμογή της. Παρακάτω διερευνώνται οι προκλήσεις αυτές. Στο σχήμα που ακολουθεί απεικονίζονται οι προκλήσεις αυτές ενώ στη συνέχεια γίνεται μια πιο αναλυτική περιγραφή τους.



Σχήμα 8: Τεχνικές προκλήσεις (Ίδια επεξεργασία από Bain, 2023; Herbane, 2010)

Ξεκινώντας με την ανάλυση των προκλήσεων, μία από τις σημαντικότερες τεχνικές προκλήσεις που εντοπίζεται στην ψηφιοποίηση των αλυσίδων εφοδιασμού είναι η ενοποίηση των παλαιών συστημάτων με τις νέες ψηφιακές τεχνολογίες. Πολλοί οργανισμοί έχουν παλαιότερα συστήματα που συχνά δεν είναι συμβατά με τις σύγχρονες ψηφιακές τεχνολογίες. Σύμφωνα με μια μελέτη των Legner και Eymann (2020) η ενοποίηση των παλαιών συστημάτων δημιουργεί σημαντικές τεχνικές δυσκολίες λόγω των διαφορετικών μορφών δεδομένων και αρχιτεκτονικών συστήματος. Αυτά τα ζητήματα ολοκλήρωσης μπορούν να

οδηγήσουν σε αναταράξεις στην αλυσίδα εφοδιασμού, αυξημένο κόστος και καθυστερήσεις στον ψηφιακό μετασχηματισμό.

Στη συνέχεια, η ψηφιοποίηση της εφοδιαστικής αλυσίδας περιλαμβάνει τη διαχείριση τεράστιων ποσοτήτων δεδομένων, εγείροντας ανησυχίες σχετικά με την ασφάλεια των δεδομένων και το απόρρητο. Οι απειλές για την ασφάλεια στον κυβερνοχώρο, όπως η πειρατεία και οι παραβιάσεις δεδομένων, ενέχουν σημαντικούς κινδύνους. Μια σχετική έρευνα των Hammi et al., (2023) τόνισε ότι οι επιθέσεις στην εφοδιαστική αλυσίδα αυξήθηκαν κατά 42% το πρώτο τρίμηνο του 2021, τονίζοντας την ανάγκη για ισχυρά μέτρα κυβερνοασφάλειας. Η διασφάλιση του απορρήτου των δεδομένων, ιδιαίτερα σε συμμόρφωση με κανονισμούς όπως ο Γενικός Κανονισμός για την Προστασία Δεδομένων (GDPR), προσθέτει ένα ακόμα επίπεδο πολυπλοκότητας στις ψηφιακές αλυσίδες εφοδιασμού.

Υστερα, είναι γεγονός πως καθώς οι αλυσίδες εφοδιασμού επεκτείνονται παγκοσμίως, η επεκτασιμότητα συνιστά μια κρίσιμη τεχνική πρόκληση. Τα ψηφιακά συστήματα πρέπει να είναι σε θέση να εξελίσσονται και να αναπτύσσονται έτσι ώστε να μπορούν να φιλοξενήσουν έναν όλο και αυξανόμενο όγκο δεδομένων και όλο και πιο πολύπλοκες λειτουργίες. Μια σχετική έρευνα αποκάλυψε ότι το 37% των εταιρειών αντιμετώπισε προβλήματα επεκτασιμότητας κατά την εφαρμογή λύσεων ψηφιακής αλυσίδας εφοδιασμού. Αυτή η πρόκληση επιδεινώνεται όταν μια εταιρεία επεκτείνεται σε διεθνείς αγορές με ποικίλους κανονισμούς και πρότυπα (Bain, 2023).

Η αξιοπιστία συνιστά μια σημαντική ανησυχία στις ψηφιακές αλυσίδες εφοδιασμού, ιδιαίτερα όσον αφορά την αξιοπιστία της τεχνολογίας και τον κίνδυνο διακοπής της λειτουργίας των συστημάτων. Μια μελέτη του Herbane, (2010) συζήτησε πως ο χρόνος διακοπής λειτουργίας στα ψηφιακά συστήματα μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικές λειτουργικές διακοπές και οικονομικές απώλειες. Η διασφάλιση της συνεχούς λειτουργίας και η ύπαρξη σχεδίων έκτακτης ανάγκης είναι απαραίτητα για τον μετριασμό αυτών των κινδύνων.

Η πολυπλοκότητα των ψηφιακών τεχνολογιών που χρησιμοποιούνται στις αλυσίδες εφοδιασμού μπορεί να είναι τεράστια, απαιτώντας συχνά εξειδικευμένες δεξιότητες και γνώσεις. Ένα κενό δεξιοτήτων στην κατανόηση και διαχείριση αυτών των τεχνολογιών μπορεί να αποτελέσει σημαντικό εμπόδιο για την επιτυχή ψηφιοποίηση. Το World Economic Forum, (2023) αναφέρθηκε στο αυξανόμενο χάσμα δεξιοτήτων σε τομείς όπως η τεχνητή νοημοσύνη, η μηχανική μάθηση και η ανάλυση δεδομένων, τα οποία είναι ζωτικής σημασίας για τη διαχείριση των ψηφιακών αλυσίδων εφοδιασμού.

Τέλος, η διαλειτουργικότητα μεταξύ διαφορετικών ψηφιακών συστημάτων και πλατφορμών συνιστά μία ακόμα τεχνική πρόκληση. Οι αλυσίδες εφοδιασμού συχνά εμπλέκουν πολλούς ενδιαφερόμενους φορείς που χρησιμοποιούν διαφορετικά συστήματα και η διασφάλιση απρόσκοπτης ανταλλαγής δεδομένων και επικοινωνίας μεταξύ αυτών των συστημάτων είναι ζωτικής σημασίας. Η έλλειψη τυποποίησης στις ψηφιακές τεχνολογίες μπορεί να εμποδίσει τη διαλειτουργικότητα (Pan et al., 2021).

Όπως γίνεται κατανοητό από τα προηγούμενα δεδομένα, οι τεχνικές προκλήσεις της ψηφιοποίησης των αλυσίδων εφοδιασμού είναι ποικίλες και πολύπλοκες. Κυμαίνονται από την ενσωμάτωση παλαιών συστημάτων και τη διασφάλιση της ασφάλειας των δεδομένων έως τη διαχείριση της επεκτασιμότητας, της αξιοπιστίας, της τεχνολογικής πολυπλοκότητας και της διαλειτουργικότητας. Η αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων απαιτεί στρατηγική προσέγγιση, που περιλαμβάνει επενδύσεις στις κατάλληλες τεχνολογίες, εξειδικευμένο προσωπικό και ισχυρά μέτρα κυβερνοασφάλειας.

4.3.2 Οργανωτικές και Ανθρώπινες Προκλήσεις

Η διαδικασία της ψηφιοποίησης της αλυσίδας εφοδιασμού αν και είναι τεχνικά εφικτή, αντιμετωπίζει πολλές προκλήσεις σε επίπεδο οργάνωσης και ανθρωπίνων πόρων. Αυτές οι προκλήσεις πηγάζουν από την ανάγκη προσαρμογής στις νέες τεχνολογίες, την ανάγκη αναδιάρθρωσης των οργανωτικών διαδικασιών και διαχείρισης των ανθρωπίνων πόρων που εμπλέκονται σε αυτόν τον μετασχηματισμό. Στη συνέχεια αναλύονται οι προκλήσεις αυτές.

Αρχικά, μία από τις κύριες προκλήσεις του οργανισμού είναι η αντίσταση στην αλλαγή, ειδικά μεταξύ των εργαζομένων που είναι συνηθισμένοι στις παραδοσιακές πρακτικές της εφοδιαστικής αλυσίδας. Σύμφωνα με τους Kotter και Schlesinger (2008) η αντίσταση στην αλλαγή μπορεί να προέρχεται από φόβο για το άγνωστο, τις αντιληπτές απειλές για την ασφάλεια της εργασίας ή από διαταραχή της καθιερωμένης εργασιακής ρουτίνας. Η υπέρβαση αυτής της αντίστασης απαιτεί αποτελεσματικές στρατηγικές διαχείρισης αλλαγών, συμπεριλαμβανομένης της επικοινωνίας, της εκπαίδευσης και της συμμετοχής των εργαζομένων στη διαδικασία μετάβασης.

Συνεχίζοντας με την ανάλυση των οργανωτικών προκλήσεων, η ψηφιοποίηση των αλυσίδων εφοδιασμού απαιτεί νέες δεξιότητες και γνώσεις, ιδιαίτερα σε τομείς όπως η ανάλυση δεδομένων, η τεχνητή νοημοσύνη και η διαχείριση του IoT. Συχνά υπάρχει ένα κενό δεξιοτήτων σε οργανισμούς που κινούνται προς την ψηφιοποίηση. Μια μελέτη των Bughin et al. (2018) στο πεδίο αυτό τόνισε ότι η αναβάθμιση των δεξιοτήτων του εργατικού δυναμικού

είναι μια σημαντική πρόκληση, που απαιτεί σημαντικές επενδύσεις σε προγράμματα κατάρτισης και ανάπτυξης.

Παρακάτω, παρατηρείται ότι η ψηφιοποίηση συχνά απαιτεί αλλαγή της κουλτούρας εντός του οργανισμού. Αυτή η αλλαγή στην περίπτωση αυτή περιλαμβάνει την υιοθέτηση μιας ψηφιακής νοοτροπίας, η οποία δεν αφορά μόνο τη χρήση της τεχνολογίας αλλά και την υιοθέτηση νέων τρόπων εργασίας, σκέψης και λήψης αποφάσεων. Μια έκθεση της Deloitte τονίζει τη σημασία της καλλιέργειας μιας κουλτούρας καινοτομίας, ευελιξίας και συνεχούς μάθησης για την επιτυχή πλοήγηση στο ταξίδι του ψηφιακού μετασχηματισμού (Deloitte Insights, 2019).

Προχωρώντας με την ανάλυση, η αποτελεσματική ηγεσία είναι κρίσιμη για την καθοδήγηση του οργανισμού και την επιβίωσή του λαμβάνοντας υπόψη την πολυπλοκότητα του ψηφιακού μετασχηματισμού. Οι ηγέτες του κάθε οργανισμού πρέπει να παρέχουν ένα σαφές όραμα, να διατυπώνουν τα οφέλη της ψηφιοποίησης και να αντιμετωπίζουν τις προκλήσεις. Η έλλειψη ηγεσίας και του κατάλληλου οράματος μπορεί να εμποδίσει την υιοθέτηση ψηφιακών τεχνολογιών (Herold et al., 2017).

Στη συνέχεια παρατηρείται ότι η ψηφιοποίηση της εφοδιαστικής αλυσίδας μπορεί να απαιτεί ανασχεδιασμό των οργανωτικών δομών και διαδικασιών για την ευθυγράμμιση με τις νέες ψηφιακές δομές. Αυτή η αναδιάρθρωση μπορεί να είναι μια πολύπλοκη και χρονοβόρα διαδικασία. Σύμφωνα με μια μελέτη του Hammer (1990) ο επανασχεδιασμός διαδικασιών περιλαμβάνει θεμελιώδη επανεξέταση και ριζικό επανασχεδιασμό των επιχειρηματικών διαδικασιών για την επίτευξη δραματικών βελτιώσεων σε κρίσιμα μέτρα όπως το κόστος, η ποιότητα, η εξυπηρέτηση και η ταχύτητα.

Ολοκληρώνοντας την ανάλυση των ζητημάτων που έχουν να κάνουν με τη διαχείριση των οργανωτικών προκλήσεων, παρατηρείται ότι η αποτελεσματική διαχείριση των αλλαγών είναι απαραίτητη για τη διαχείριση της μετάβασης στις ψηφιακές αλυσίδες εφοδιασμού. Περιλαμβάνει όχι μόνο την τεχνολογική εφαρμογή αλλά και την αντιμετώπιση των ανθρώπινων και οργανωτικών πτυχών της αλλαγής. Σχετικά ο Prosci (2020) υπογραμμίζει τη σημασία της υιοθέτησης μιας δομημένης προσέγγισης για τη διαχείριση της πλευράς των ανθρώπων της αλλαγής, συμπεριλαμβανομένων των συστημάτων επικοινωνίας, εκπαίδευσης και υποστήριξης.

4.3.3 Ευρύτερες προκλήσεις

Η ψηφιοποίηση των αλυσίδων εφοδιασμού, ενώ προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα, παρουσιάζει επίσης ορισμένες επιπτώσεις που εκτείνονται πέρα από τις τεχνικές και οργανωτικές προκλήσεις. Αυτές οι επιπτώσεις επηρεάζουν τις οικονομικές, κοινωνικές, ρυθμιστικές και ηθικές διαστάσεις της λειτουργίας της εκάστοτε επιχείρησης και αναλύονται στη συνέχεια.

Αρχικά, λαμβάνοντας υπόψη τις οικονομικές επιπτώσεις, παρατηρείται ότι η ψηφιοποίηση μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικές οικονομικές αλλαγές στη βιομηχανία και τις αγορές. Τα κέρδη που προέρχονται από τη βελτίωση της αυτοματοποίησης και αποτελεσματικότητας από τις ψηφιακές αλυσίδες εφοδιασμού μπορούν να μετασχηματίσουν τα παραδοσιακά επιχειρηματικά μοντέλα και τις αγορές εργασίας. Μια έκθεση του World Economic Forum, (2017) υπογραμμίζει πως η ψηφιοποίηση στις αλυσίδες εφοδιασμού θα μπορούσε να οδηγήσει σε μετατόπιση θέσεων εργασίας σε ορισμένους τομείς λόγω αυτοματοποίησης. Ωστόσο, δημιουργεί επίσης νέες ευκαιρίες σε τομείς όπως η ανάλυση δεδομένων, η διαχείριση συστημάτων και η ψηφιακή εφοδιαστική. Από οικονομικής άποψης, ενώ υπάρχουν κέρδη που προέρχονται από τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας και την παραγωγικότητα, υπάρχει ανάγκη για την εφαρμογή στρατηγικών για τη διαχείριση της μετάβασης για τους εργαζόμενους και τις βιομηχανίες που επηρεάζονται.

Στη συνέχεια, οι κοινωνικές επιπτώσεις της ψηφιοποίησης της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι ιδιαίτερα σημαντικές. Από τη μία πλευρά, μπορεί να οδηγήσει σε βελτίωση της εμπειρίας και της ικανοποίησης των καταναλωτών και βελτιωμένη πρόσβαση σε αγαθά και υπηρεσίες. Από την άλλη πλευρά, υπάρχουν ανησυχίες σχετικά με το ψηφιακό χάσμα και τις ανισότητες, καθώς δεν έχουν όλες οι περιφέρειες ή οι πληθυσμοί ίση πρόσβαση στις ψηφιακές τεχνολογίες (Graham και Dutton, 2019).

Παρακάτω, παρατηρείται ότι η ψηφιοποίηση επιφέρει πολύπλοκες προκλήσεις στο πεδίο των κανονιστικών ρυθμίσεων και της συμμόρφωσης. Οι αλυσίδες εφοδιασμού που λειτουργούν σε διαφορετικές χώρες πρέπει να εφαρμόζουν διαφορετικούς κανονισμούς σχετικά με το απόρρητο δεδομένων, την ασφάλεια στον κυβερνοχώρο και τις ψηφιακές λειτουργίες. Η επιβολή του GDPR στην Ευρώπη, για παράδειγμα, έχει σημαντικές επιπτώσεις στη διαχείριση των προσωπικών δεδομένων και το απόρρητο στις αλυσίδες εφοδιασμού (Voigt και Bussche, 2018). Η συμμόρφωση με τέτοιους κανονισμούς απαιτεί προσεκτικό σχεδιασμό και προσαρμογή των ψηφιακών στρατηγικών.

Εκτός των προαναφερθέντων, προκύπτουν ζητήματα δεοντολογίας, ιδίως όσον αφορά το απόρρητο των δεδομένων, την επιτήρηση και τη χρήση της τεχνητής νοημοσύνης στη λήψη αποφάσεων εντός των αλυσίδων εφοδιασμού. Η ηθική χρήση των δεδομένων, η διασφάλιση του απορρήτου και η διαφάνεια στις αποφάσεις που βασίζονται στην τεχνητή νοημοσύνη αποτελούν κρίσιμα ζητήματα. Έρευνα του Martin (2020) υπογραμμίζει την ανάγκη για τις ηθικές κατευθυντήριες γραμμές και τα πλαίσια που θα διέπουν την ανάπτυξη της τεχνητής νοημοσύνης και των αναλύσεων δεδομένων στις αλυσίδες εφοδιασμού.

Παράλληλα, ενώ οι ψηφιακές αλυσίδες εφοδιασμού μπορούν να οδηγήσουν στη βελτίωση της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας μέσω της βελτιστοποίησης της λειτουργίας των logistics και της μείωση των αποβλήτων, υπάρχουν επίσης περιβαλλοντικά κόστη που σχετίζονται με την παραγωγή και τη διάθεση ψηφιακών τεχνολογιών. Το αποτύπωμα άνθρακα της ψηφιακής υποδομής και τα ηλεκτρονικά απόβλητα αποτελούν τομείς ανησυχίας (Sharma & Dash, 2022). Η εξισορρόπηση των περιβαλλοντικών οφελών και του κόστους της ψηφιοποίησης είναι ένα κρίσιμο ζήτημα.

Ολοκληρώνοντας με την ανάλυση, παρατηρείται επίσης ότι η επέκταση των ψηφιακών δικτύων αυξάνει τον κίνδυνο κυβερνοεπιθέσεων και παραβιάσεων της ασφάλειας, που μπορεί να έχουν εκτεταμένες επιπτώσεις στις αλυσίδες εφοδιασμού. Η προστασία της ψηφιακής υποδομής από τέτοιες απειλές είναι μια μεγάλη πρόκληση (Kshetri, 2017).

Οι ευρύτερες επιπτώσεις της ψηφιοποίησης των αλυσίδων εφοδιασμού είναι πολύπλευρες, καλύπτοντας οικονομικές, κοινωνικές, ρυθμιστικές, ηθικές, περιβαλλοντικές και διαστάσεις ασφάλειας. Η αντιμετώπιση αυτών των επιπτώσεων απαιτεί μια ολιστική προσέγγιση, με τη συμμετοχή διαφόρων φορέων, συμπεριλαμβανομένης της κυβέρνησης, της βιομηχανίας και της κοινωνίας των πολιτών.

5 Ψηφιακή καινοτομία στον τομέα της ναυτιλίας

5.1 Μελέτες περίπτωσης

Ο ναυτιλιακός τομέας έχει υποστεί πολλαπλούς μετασχηματισμούς λόγω της ψηφιακής καινοτομίας. Στα πλαίσια της παρούσας ενότητας αναλύονται ορισμένες μελέτες περίπτωσης που δείχνουν πως οι ψηφιακές τεχνολογίες έχουν φέρει επανάσταση στις ναυτιλιακές δραστηριότητες, επισημαίνοντας τόσο τα οφέλη όσο και τις προκλήσεις που συνοδεύουν τη λειτουργία τους.

Ξεκινώντας με την περίπτωση της Maersk Line, η εταιρεία είναι μία από τις μεγαλύτερες ναυτιλιακές εταιρείες στον κόσμο, η οποία ξεκίνησε τον ψηφιακό μετασχηματισμό της, ενσωματώνοντας τεχνολογίες IoT, το blockchain και τεχνητής νοημοσύνης στις δραστηριότητές της. Ένα κομβικό στη διαδικασία προς τον ψηφιακό μετασχηματισμό της ήταν η εφαρμογή του συστήματος Remote Container Management (RCM), με χρήση της τεχνολογίας IoT. Αυτό το σύστημα επιτρέπει την παρακολούθηση και διαχείριση σε πραγματικό χρόνο των συνθηκών μεταφοράς και της κατάστασης των εμπορευματοκιβωτίων, βελτιώνοντας σημαντικά την ποιότητα και την αξιοπιστία των υπηρεσιών αποστολής. Μια μελέτη των Ravi and Raman, (2022) υποστήριξε ότι το σύστημα RCM της Maersk οδήγησε σε μείωση κατά 30% των αλλοιωμένων προϊόντων, βελτιώνοντας σημαντικά την ικανοποίηση των πελατών. Ωστόσο, η πρόκληση εντοπίζεται στην ενσωμάτωση αυτής της τεχνολογίας σε όλα τα πλοία και τα εμπορευματοκιβώτια, απαιτώντας εκτεταμένες υποδομές και επενδύσεις.

Παρακάτω, μελετάται η περίπτωση της CMA CGM η οποία ενσωμάτωσε την τεχνολογία Blockchain. Ο γαλλικός ναυτιλιακός γίγαντας CMA CGM ενσωμάτωσε στη λειτουργία του μια πλατφόρμα που βασίζεται σε blockchain που ονομάζεται TradeLens, η οποία αναπτύχθηκε σε συνεργασία με την IBM. Αυτή η πλατφόρμα στόχευε στην ψηφιοποίηση ολόκληρης της διαδικασίας αποστολής, ενισχύοντας τη διαφάνεια και την αποτελεσματικότητα. Η τεχνολογία blockchain βοήθησε στη μείωση των χρόνων επεξεργασίας τεκμηρίωσης κατά 40%, εκσυγχρονίζοντας σημαντικά τις λειτουργίες. Ωστόσο, η εφαρμογή αντιμετώπισε προκλήσεις που είχαν να κάνουν με τη συμμετοχή ολόκληρης της βιομηχανίας, υπογραμμίζοντας την ανάγκη για συλλογικές προσπάθειες στον ναυτιλιακό τομέα προκειμένου οι ψηφιακές καινοτομίες να αξιοποιηθούν πλήρως τις δυνατότητές τους (Jovanovic et al., 2022).

Παρακάτω, γίνεται αναφορά στην περίπτωση της Harag-Lloyd και της ενσωμάτωσης λογισμικού προβλέψεων που στηρίζονταν σε AI. Η Harag-Lloyd, μια ακόμα κορυφαία παγκόσμια ναυτιλιακή εταιρεία, εφάρμοσε στρατηγικές προγνωστικής συντήρησης

βασισμένες σε AI για τον στόλο της. Αυτή η προσέγγιση χρησιμοποίησε αλγόριθμους μηχανικής μάθησης για να προβλέψει τις αστοχίες του εξοπλισμού πριν αυτές συμβούν, μειώνοντας το χρόνο διακοπής λειτουργίας και το κόστος συντήρησης. Σχετική έρευνα των Tinga et al., (2017) έδειξε ότι η προγνωστική συντήρηση οδήγησε σε μείωση 20% στο κόστος συντήρησης και σημαντική βελτίωση της λειτουργικής αξιοπιστίας. Η πρόκληση, ωστόσο, ήταν η απαίτηση για συνεχή συλλογή και ανάλυση δεδομένων, απαιτώντας σημαντικούς υπολογιστικούς πόρους και τεχνική εμπειρογνομοσύνη.

Συνεχίζοντας με την ανάλυση των μελετών περίπτωσης, η επόμενη αφορά στην ενσωμάτωση της πλατφόρμας ηλεκτρονικού εμπορίου της APL. Η APL, μια ναυτιλιακή εταιρεία με έδρα τη Σιγκαπούρη, ενσωμάτωσε στις δραστηριότητές πλατφόρμες ηλεκτρονικού εμπορίου για να απλοποιήσει τη διαδικασία αποστολής του φορτίου. Αυτή η ενοποίηση επέτρεψε στους πελάτες να κάνουν απευθείας κράτηση του χώρου του φορτίου μέσω πλατφορμών ηλεκτρονικού εμπορίου, βελτιώνοντας την εμπειρία χρήστη και τη λειτουργική αποτελεσματικότητα. Μια ανάλυση από τους Straube, Baumgarten and Klinkner, (2018) αποκάλυψε ότι αυτή η ενσωμάτωση είχε ως αποτέλεσμα 25% αύξηση στην αποτελεσματικότητα λειτουργίας και σημαντική μείωση των χειροκίνητων σφαλμάτων. Η κύρια πρόκληση που αντιμετωπίστηκε ήταν η διασφάλιση της ασφάλειας των δεδομένων και του απορρήτου στη διαδικασία ψηφιακής κράτησης.

Ολοκληρώνοντας με τις μελέτες περίπτωσης, γίνεται αναφορά στην MSC και στη βελτιστοποίηση της ενεργειακής της απόδοσης. Η Mediterranean Shipping Company (MSC) επικεντρώθηκε σε στρατηγικές ανάπτυξης και ενσωμάτωσης ψηφιακών λύσεων για τη βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης. Με την εφαρμογή προηγμένων συσκευών ανάλυσης και IoT στα πλοία, η MSC ήταν σε θέση να παρακολουθεί την κατανάλωση καυσίμου και να βελτιστοποιεί τις διαδρομές για καλύτερη ενεργειακή απόδοση. Μια μελέτη των Chen, Mélanie Despeisse and Johansson, (2020) έδειξε ότι οι ψηφιακές πρωτοβουλίες της MSC οδήγησαν σε μείωση κατά 15% στην κατανάλωση καυσίμου, συμβάλλοντας τόσο στην εξοικονόμηση κόστους όσο και στην περιβαλλοντική βιωσιμότητα. Η πρόκληση σε αυτή την περίπτωση ήταν η αρχική επένδυση σε τεχνολογία και εκπαίδευση του πληρώματος για προσαρμογή στα νέα ψηφιακά εργαλεία.

Οι μελέτες που αναλύθηκαν προηγουμένως, καταδεικνύουν τον μετασχηματιστικό αντίκτυπο της ψηφιακής καινοτομίας στον τομέα της ναυτιλίας. Παρουσιάζουν τα οφέλη της βελτιωμένης απόδοσης, του μειωμένου κόστους, της βελτιωμένης ποιότητας υπηρεσιών και

της αυξημένης βιωσιμότητας. Ωστόσο, οι καινοτομίες αυτές φέρνουν επίσης προκλήσεις, συμπεριλαμβανομένης της ανάγκης για σημαντικές επενδύσεις, τη συνεργασία στον κλάδο, την τεχνική εμπειρογνωμοσύνη και τη διαχείριση της ασφάλειας και του απορρήτου των δεδομένων.

5.2. Μέτρηση της αποδοτικότητας

5.2.1 Κρυφό κόστος του ψηφιακού μετασχηματισμού

Στον τομέα της ναυτιλίας και της εφοδιαστικής αλυσίδας, ο ψηφιακός μετασχηματισμός έχει συγκεντρώσει πολλές θετικές αξιολογήσεις αναφορικά με τις δυνατότητές του να βελτιώσει δραστικά την αποτελεσματικότητα της λειτουργίας στους τομείς αυτούς. Ωστόσο, μια πτυχή αυτής της μετάβασης που συχνά παραβλέπεται είναι το κρυφό κόστος που σχετίζεται με την εφαρμογή ψηφιακών τεχνολογιών.

Ένα από τα πιο σημαντικά κρυφά κόστη είναι η αρχική επένδυση κεφαλαίου που απαιτείται για την απόκτηση και την εφαρμογή της ψηφιακής τεχνολογίας. Τα προηγμένα συστήματα όπως οι πλατφόρμες ανάλυσης που βασίζονται στη λειτουργία τους στη τεχνητή νοημοσύνη, οι συσκευές IoT και η τεχνολογία blockchain απαιτούν υψηλή αρχική επένδυση. Σύμφωνα με μια μελέτη των Raza et al., (2023) το αρχικό κόστος για τη δημιουργία μιας ψηφιακής υποδομής μπορεί να είναι σημαντικό, ειδικά για τις μικρότερες ναυτιλιακές εταιρείες. Αυτή η επένδυση υπερβαίνει την αγορά λογισμικού και περιλαμβάνει δαπάνες που σχετίζονται με την ενοποίηση του συστήματος, την τροποποίηση των υποδομών και την ανάπτυξη τεχνολογίας.

Στη συνέχεια, η ενσωμάτωση νέων ψηφιακών τεχνολογιών, απαιτεί εξειδικευμένη εκπαίδευση των εργαζομένων. Όπως τονίζεται σε έκθεση, το κόστος εκπαίδευσης μπορεί να είναι σημαντικό, ιδιαίτερα όταν οι τεχνολογίες απαιτούν ειδική τεχνική εμπειρογνωμοσύνη. Αυτή η επένδυση σε ανθρώπινο κεφάλαιο είναι ζωτικής σημασίας για να διασφαλιστεί ότι οι εργαζόμενοι είναι ικανοί να χρησιμοποιήσουν τα νέα συστήματα και μπορούν να μεγιστοποιήσουν τις δυνατότητές τους (Deloitte Insights, 2023).

Παρακάτω, είναι γεγονός ότι τα ψηφιακά συστήματα απαιτούν συνεχή συντήρηση και περιοδικές αναβαθμίσεις, οι οποίες αυξάνουν το λειτουργικό κόστος. Οι αναβαθμίσεις λογισμικού είναι απαραίτητες για να συμβαδίζουν με τις τεχνολογικές εξελίξεις και να διατηρούν την ασφάλεια του συστήματος, όπως υποδεικνύεται από τους LeBaron & Lister, (2021). Αυτά τα κόστη συχνά υποτιμώνται κατά τη φάση σχεδιασμού και μπορούν να συσσωρευτούν σημαντικά με την πάροδο του χρόνου.

Επιπροσθέτως, η ενσωμάτωση νέων ψηφιακών τεχνολογιών με τα υπάρχοντα συστήματα μπορεί να οδηγήσει σε απροσδόκητα κόστη. Όπως διερευνήθηκε από τους Stevens & Johnson, (2016) τα ζητήματα συμβατότητας μεταξύ νέων και παλαιών συστημάτων μπορεί να απαιτούν πρόσθετες επενδύσεις σε ενδιάμεσο λογισμικό ή προσαρμοσμένες λύσεις, αυξάνοντας περαιτέρω το συνολικό κόστος.

Ακόμα, η εξάρτηση από τα ψηφιακά συστήματα συνοδεύεται από ορισμένους κινδύνους για την ασφάλεια στον κυβερνοχώρο έχοντας αυτό σαν συνέπεια να απαιτούνται επιπλέον επενδύσεις σε ισχυρά μέτρα ασφαλείας. Το κόστος της κυβερνοασφάλειας, συμπεριλαμβανομένου του λογισμικού προστασίας, της διαμόρφωσης ασφαλούς υποδομής και των τακτικών ελέγχων ασφαλείας, είναι μια κρίσιμη κρυφή δαπάνη στον ψηφιακό μετασχηματισμό. Μια μελέτη των Vassilakos & Martin, (2023) τόνισε ότι οι δαπάνες για την ασφάλεια στον κυβερνοχώρο είναι αναπόσπαστο μέρος για την προστασία των ψηφιακών περιουσιακών στοιχείων και τη διατήρηση της ακεραιότητας της λειτουργίας της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Επιπλέον, η διαχείριση μεγάλων όγκων δεδομένων που παράγονται από ψηφιακές αλυσίδες εφοδιασμού απαιτεί σημαντικούς πόρους ενώ η συμμόρφωση με τους κανονισμούς προστασίας δεδομένων, όπως ο GDPR, οδηγεί σε πρόσθετα κόστη. Έρευνα των Voigt και von dem Bussche (2017) μελέτησε τις οικονομικές επιπτώσεις της διασφάλισης του απορρήτου των δεδομένων και της κανονιστικής συμμόρφωσης.

Ολοκληρώνοντας, παρατηρείται ότι ο αποτελεσματικός ψηφιακός μετασχηματισμός περιλαμβάνει όχι μόνο τις τεχνολογικές αλλαγές, αλλά και τις οργανωτικές αλλαγές. Το κόστος της διαχείρισης της αλλαγής, αν και συχνά άυλο, είναι κρίσιμο για την επιτυχημένη ψηφιοποίηση. Όπως περιγράφεται από τον Prosci (2020) αυτές οι δαπάνες περιλαμβάνουν την επικοινωνία, τη συμμετοχή των ενδιαφερομένων και τη διαχείριση της αντίστασης στην αλλαγή.

5.2.2 Μακροπρόθεσμη απόδοση επένδυσης (ROI)

Στον τομέα της ναυτιλίας, η αξιολόγηση της μακροπρόθεσμης απόδοσης της επένδυσης (ROI) για τον ψηφιακό μετασχηματισμό είναι ζωτικής σημασίας για την αξιολόγηση της οικονομικής βιωσιμότητας. Αυτή η ολοκληρωμένη ανάλυση περιλαμβάνει την κατανόηση των πολλαπλών πτυχών που επηρεάζουν την απόδοση επένδυσης (ROI) και τη χρήση ποσοτικών

και ποιοτικών μεθοδολογιών για τη μέτρηση του οικονομικού αντίκτυπου των ψηφιακών καινοτομιών.

Το ROI στον τομέα του ψηφιακού μετασχηματισμού επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες. Η εξοικονόμηση κόστους αποτελεί ένα πρωταρχικό στοιχείο, που περιλαμβάνει τη μείωση στο λειτουργικό κόστος, την κατανάλωση καυσίμου και τα έξοδα συντήρησης, καθώς οι ψηφιακές καινοτομίες εξορθολογίζουν τις λειτουργίες. Για παράδειγμα, οι τεχνολογίες πρόβλεψης συντήρησης, όπως μελετήθηκαν από τους Mohsen Elmdoost-gashti et al., (2023) μπορεί να μειώσουν σημαντικά το κόστος επισκευής και το χρόνο διακοπής λειτουργίας. Τα κέρδη αποδοτικότητας από τα ψηφιακά εργαλεία, όπως τα αυτοματοποιημένα συστήματα προγραμματισμού της λειτουργίας των λιμένων, ενισχύουν τη λειτουργική απόδοση, οδηγώντας σε ταχύτερους χρόνους διεκπεραίωσης και βελτιωμένη διαχείριση της αλυσίδας logistics. Επιπλέον, η ψηφιοποίηση μπορεί να ευνοήσει την αύξηση των εσόδων ξεκινώντας νέες ροές εσόδων, συμπεριλαμβανομένων των υπηρεσιών προστιθέμενης αξίας, όπως η παρακολούθηση φορτίου σε πραγματικό χρόνο. Τα περιβαλλοντικά οφέλη διαδραματίζουν επίσης κρίσιμο ρόλο, καθώς οι ψηφιακές λύσεις συμβάλλουν σε φιλικές προς το περιβάλλον λειτουργίες, οδηγώντας δυνητικά σε εξοικονόμηση πόρων μέσω της μείωσης των εκπομπών και της συμμόρφωσης με τους περιβαλλοντικούς κανονισμούς.

Ο υπολογισμός του ROI των ψηφιακών επενδύσεων στη ναυτιλία περιλαμβάνει τόσο ποσοτικές μετρήσεις, όπως την περίοδο απόσβεσης, την καθαρή παρούσα αξία (NPV) και τον εσωτερικό ρυθμό απόδοσης (IRR), όσο και ποιοτικές μεταβλητές όπως η ικανοποίηση των πελατών και η αξία του brand.

Η εξέταση ορισμένων μελετών περίπτωσης από τον κλάδο προσφέρει σημαντικές πληροφορίες σχετικά με την απόδοση επένδυσης (ROI) του ψηφιακού μετασχηματισμού. Η εφαρμογή τεχνολογιών IoT και blockchain από τη Maersk Line, για παράδειγμα οδήγησε σε σημαντική αύξηση της απόδοσης επένδυσης (ROI). Οι οικονομικές εκθέσεις της Maersk υποδεικνύουν ότι οι προσπάθειές της για ψηφιοποίηση οδήγησαν σε αύξηση της τάξεως του 20% στη λειτουργική αποτελεσματικότητα και αύξηση της τάξεως 10% στα έσοδα σε διάστημα πέντε ετών. Ένα άλλο παράδειγμα είναι η ενσωμάτωση πλατφορμών ηλεκτρονικού εμπορίου στη λειτουργία της APL, η οποία οδήγησε σε αύξηση 15% στις κρατήσεις πελατών, επηρεάζοντας άμεσα τα έσοδα. Ωστόσο, η μέτρηση της μακροπρόθεσμης απόδοσης επένδυσης (ROI) των ψηφιακών πρωτοβουλιών στη ναυτιλία συνοδεύεται από ορισμένες δυσκολίες όπως

είναι η δυσκολία στον ποσοτικό προσδιορισμό των άυλων πλεονεκτημάτων, όπως η φήμη της επωνυμίας ή η ικανοποίηση των πελατών (Yu et al., 2022).

Για τη μεγιστοποίηση της απόδοσης της επένδυσης, στρατηγικές όπως η σταδιακή εφαρμογή ψηφιακών λύσεων μπορούν να βοηθήσουν στη διαχείριση του κόστους και στην αξιολόγηση του αντίκτυπου σε κάθε στάδιο. Η επένδυση στην εκπαίδευση των εργαζομένων διασφαλίζει ότι το εργατικό δυναμικό μπορεί να αξιοποιηθεί σωστά και να βελτιστοποιήσει αποτελεσματικά τα ψηφιακά εργαλεία. Επιπλέον, η συνεχής βελτίωση και οι τακτικές ενημερώσεις στις ψηφιακές στρατηγικές με βάση τις τάσεις της αγοράς και τις τεχνολογικές εξελίξεις είναι ζωτικής σημασίας.

Συνοψίζοντας, ενώ τα οικονομικά οφέλη από την ψηφιοποίηση στον τομέα της ναυτιλίας είναι αξιοσημείωτα, η αξιολόγηση της μακροπρόθεσμης απόδοσης της επένδυσης θα πρέπει επίσης να λαμβάνει υπόψη τις βελτιώσεις στις λειτουργίες, την ικανοποίηση των πελατών και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

5.3 Προκλήσεις στην εφαρμογή ψηφιακών λύσεων στη ναυτιλία

5.3.1 Τεχνικά εμπόδια

Η εφαρμογή ψηφιακών τεχνολογιών και εργαλείων στον τομέα της ναυτιλίας, ενώ προσφέρει δυνατότητες ολοκληρωτικού μετασχηματισμού, μπορεί να παρουσιάσει και ορισμένα τεχνικά εμπόδια που συχνά εμποδίζουν την απρόσκοπτη ενοποίηση και λειτουργία. Αυτές οι τεχνικές προκλήσεις κυμαίνονται από ζητήματα συμβατότητας του συστήματος έως την πολυπλοκότητα της διαχείρισης δεδομένων.

Ξεκινώντας την ανάλυση παρατηρείται ότι μία από τις σημαντικότερες τεχνικές προκλήσεις στον ψηφιακό μετασχηματισμό είναι η συμβατότητα των νέων τεχνολογιών με τα υπάρχοντα συστήματα. Πολλές ναυτιλιακές εταιρείες λειτουργούν με παλαιού τύπου συστήματα που δεν έχουν σχεδιαστεί για να ενσωματώνουν απρόσκοπτα τις σύγχρονες ψηφιακές λύσεις. Τα ζητήματα αυτά συμβατότητας μπορούν να οδηγήσουν σε εκτεταμένο πρόσθετο κόστος για την ανάπτυξη λύσεων ενδιάμεσου λογισμικού ή προσαρμοσμένων λύσεων ενοποίησης. Αυτή η πρόκληση είναι ιδιαίτερα έντονη σε παλαιότερους στόλους ή σε εταιρείες που ιστορικά υστερούν σε τεχνολογικές αναβαθμίσεις. Η ενσωμάτωση προηγμένων τεχνολογιών όπως το AI, το blockchain ή το IoT με αυτά τα παλαιότερα συστήματα απαιτεί σημαντική μετασκευή, δοκιμές και επικύρωση για να διασφαλιστεί η ομαλή λειτουργία.

Η διαχείριση και η ανάλυση των μεγάλων όγκων δεδομένων που παράγονται από τις λειτουργίες της ψηφιακής αλυσίδας εφοδιασμού αποτελούν ένα σημαντικό τεχνικό εμπόδιο. Καθώς οι ψηφιακές λύσεις στη ναυτιλία περιλαμβάνουν την παρακολούθηση τεράστιων σειρών σημείων δεδομένων – από τις συνθήκες φορτίου έως την απόδοση του πλοίου – η αποτελεσματική αποθήκευση, επεξεργασία και ανάλυση αυτών των δεδομένων γίνεται πολύπλοκη εργασία. Σύμφωνα με τους Kyrgianidis and Dahlquist, (2020), η πρόκληση δεν είναι μόνο ο χειρισμός του τεράστιου όγκου δεδομένων αλλά και η εξαγωγή πρακτικών πληροφοριών από αυτά. Αυτή η πολυπλοκότητα απαιτεί προηγμένες δυνατότητες ανάλυσης δεδομένων και συχνά απαιτεί από τις ναυτιλιακές εταιρείες να επενδύσουν σε εξειδικευμένα εργαλεία διαχείρισης και ανάλυσης δεδομένων και προσωπικό.

Στη συνέχεια, η αξιοπιστία στη συνδεσιμότητα είναι απαραίτητη για την αποτελεσματική λειτουργία ψηφιακών τεχνολογιών στη ναυτιλία, ιδιαίτερα για τα πλοία. Ωστόσο, η διασφάλιση συνεπούς και υψηλής ποιότητας δικτυακής συνδεσιμότητας στις παγκόσμιες ναυτιλιακές διαδρομές αποτελεί σημαντική τεχνική πρόκληση. Σε απομακρυσμένες περιοχές ή σε διεθνή ύδατα, η συνδεσιμότητα μπορεί να είναι ασυνεπής, επηρεάζοντας την αξιοπιστία των ψηφιακών λύσεων. Έρευνα των Pelton, (2013) αναφέρθηκε σχετικά στις προόδους στις τεχνολογίες δορυφορικών επικοινωνιών για την αντιμετώπιση αυτού του ζητήματος, αλλά σημειώνει ότι η επίτευξη μιας καθολικής συνδεσιμότητας υψηλής ταχύτητας εξακολουθεί να αποτελεί μια σημαντική πρόκληση.

Συνεχίζοντας την ανάλυση, παρατηρείται ότι η επιτυχής εφαρμογή ψηφιακών λύσεων στη ναυτιλία απαιτεί εξειδικευμένο εργατικό δυναμικό. Ωστόσο, υπάρχει ένα κενό δεξιοτήτων στη ναυτιλιακή βιομηχανία, με έλλειψη προσωπικού εκπαιδευμένου στις πιο πρόσφατες ψηφιακές τεχνολογίες. Αυτό το κενό παρουσιάζει ένα τεχνικό εμπόδιο όπως αναφέρεται σε σχετική έκθεση της Eurofound, (2023) μέσα από την οποία αναδείχθηκε η ανάγκη για ολοκληρωμένα προγράμματα κατάρτισης και αναβάθμισης των επαγγελματιών της ναυτιλίας.

Τα τεχνικά εμπόδια στην εφαρμογή ψηφιακών λύσεων στον τομέα της ναυτιλίας είναι ποικίλα και πολύπλευρα, και περιλαμβάνουν θέματα συμβατότητας συστημάτων, πολυπλοκότητας διαχείρισης δεδομένων, συνδεσιμότητας δικτύου και εκπαίδευσης του εργατικού δυναμικού. Η αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων απαιτεί στρατηγικό σχεδιασμό, επενδύσεις σε τεχνολογία και ανθρώπινο κεφάλαιο και συνεργασία εντός του κλάδου για την ανάπτυξη τυποποιημένων λύσεων και βέλτιστων πρακτικών.

5.3.2 Οργανωτικά εμπόδια

Η πορεία προς την εφαρμογή ψηφιακών λύσεων στη ναυτιλιακή βιομηχανία δε συμπεριλαμβάνει μόνο τεχνικά εμπόδια, αλλά και οργανωτικά εμπόδια. Αυτές οι προκλήσεις συχνά πηγάζουν από την εσωτερική δυναμική των ναυτιλιακών εταιρειών με ζητήματα όπως η δομική αδράνεια και η έλλειψη σαφούς ψηφιακής στρατηγικής να θέτουν σημαντικά εμπόδια.

Πολλές ναυτιλιακές εταιρείες λειτουργούν με ιεραρχικές και άκαμπτες οργανωτικές δομές που μπορούν να εμποδίσουν την υιοθέτηση ευέλικτων και καινοτόμων ψηφιακών πρακτικών. Αυτή η δομική αδράνεια καθιστά δύσκολη την εφαρμογή νέων τεχνολογιών που απαιτούν ευελιξία και δια τμηματική συνεργασία. Όπως τονίστηκε από τους Hai et al., (2021) η έλλειψη δομικής προσαρμοστικότητας στους οργανισμούς μπορεί να επιβραδύνει σημαντικά τον ρυθμό του ψηφιακού μετασχηματισμού, οδηγώντας σε χαμένες ευκαιρίες και αναποτελεσματικότητα.

Μια σαφής και καλά καθορισμένη ψηφιακή στρατηγική είναι ζωτικής σημασίας για τον επιτυχημένο ψηφιακό μετασχηματισμό. Ωστόσο, ένα κοινό οργανωτικό εμπόδιο στις ναυτιλιακές εταιρείες είναι η απουσία ενός συνεκτικού ψηφιακού οράματος και στρατηγικής. Αυτή η έλλειψη κατεύθυνσης μπορεί να οδηγήσει σε μη εστιασμένες προσπάθειες, αναποτελεσματική κατανομή πόρων και πρωτοβουλίες που δεν ευθυγραμμίζονται με τους γενικούς στόχους της εταιρείας. Μια μελέτη σχετικά με την ψηφιακή ωριμότητα στη ναυτιλιακή βιομηχανία υπογραμμίζει την ανάγκη για μια στρατηγική προσέγγιση στην ψηφιοποίηση, που να περιλαμβάνει όχι μόνο την υιοθέτηση της τεχνολογίας αλλά και μια πολιτιστική στροφή προς την καινοτομία και την ψηφιακή σκέψη (Raza et al., 2023).

Εκτός των προηγούμενων, δομικών προβλημάτων, μπορεί να παρουσιαστούν επίσης ορισμένοι δημοσιονομικοί περιορισμοί που μπορεί να συνιστούν ένα σημαντικό οργανωτικό εμπόδιο, ειδικά για τις μικρότερες ναυτιλιακές εταιρείες. Η επένδυση που απαιτείται για τον ψηφιακό μετασχηματισμό δεν περιορίζεται στην απόκτηση τεχνολογίας. Περιλαμβάνει δαπάνες που σχετίζονται με την ενοποίηση του συστήματος, την εκπαίδευση των εργαζομένων και τις πρωτοβουλίες διαχείρισης αλλαγών. Όπως αναφέρθηκε από τους Tijan et al., (2021), οι οικονομικοί περιορισμοί μπορούν να εμποδίσουν την ικανότητα των εταιρειών να ενσωματώσουν πλήρως και να επενδύσουν σε ψηφιακές καινοτομίες.

Όπως μπορεί να γίνει αντιληπτό από τα προαναφερθέντα, τα οργανωτικά εμπόδια στην εφαρμογή ψηφιακών λύσεων στη ναυτιλία είναι πολύπλευρα και περιλαμβάνουν τη δομική

αδράνεια, την έλλειψη ψηφιακής στρατηγικής και τους δημοσιονομικούς περιορισμούς. Η υπέρβαση αυτών των προκλήσεων απαιτεί ολοκληρωμένη διαχείριση αλλαγών, στρατηγικό σχεδιασμό, επενδύσεις σε ανθρώπινο κεφάλαιο και μετατόπιση της οργανωτικής κουλτούρας προς την καινοτομία και την προσαρμοστικότητα.

6 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις της ψηφιοποιημένης εφοδιαστικής αλυσίδας

6.1 Μείωση αποτυπώματος άνθρακα

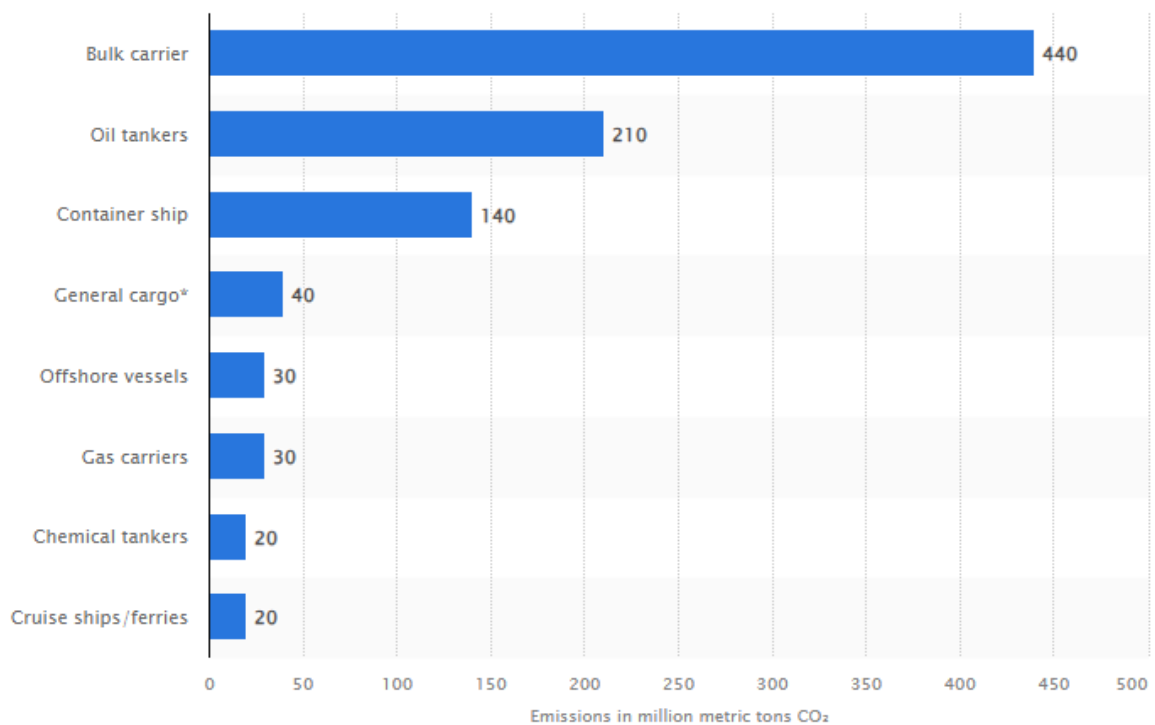
6.1.1 Το αποτύπωμα άνθρακα της παραδοσιακής ναυτιλίας

Η μεταφορά εμπορευματοκιβωτίων μέσω θαλάσσης γίνεται σε τεράστιο ποσοστό στις σύγχρονες μεταφορές και τα logistics, με εκατομμύρια από αυτά τα πλοία να μεταφέρουν εμπορεύματα σε όλο τον κόσμο κάθε χρόνο. Αν και είναι εξαιρετικά ανθεκτικά και αποτελεσματικά όσον αφορά τη χωρητικότητα του φορτίου και την ευκολία χειρισμού, συνοδεύονται επίσης από αυξανόμενες ανησυχίες για μόνιμες περιβαλλοντικές ζημιές.

Το αποτύπωμα άνθρακα που προέρχεται από τη μεταφορά εμπορευματοκιβωτίων μπορεί είναι σημαντικό, καθώς η ναυτιλιακή βιομηχανία είναι υπεύθυνη για μεγάλο μέρος των παγκόσμιων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Σύμφωνα με τον Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό (IMO), η ναυτιλία αντιπροσωπεύει περίπου το 2,2% των παγκόσμιων εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂). Η ίδια η δραστηριότητα της μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων συμβάλει σε αυτό το αποτύπωμα άνθρακα, τόσο μέσω της παραγωγής τους όσο και μέσω της χρήσης τους (Sinay, 2023).

Σήμερα, τα περισσότερα υπερωκεάνια και πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων χρησιμοποιούν κινητήρες ντίζελ για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας για την πρόωση του σκάφους. Ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (IMO), ο οργανισμός των Ηνωμένων Εθνών που είναι αρμόδιος για τη ρύθμιση της ναυτιλίας, στοχεύουν στο να μειώσουν στο μισό τις εκπομπές των πλοίων των ωκεανών έως το 2050. Αυτό απαιτεί από τη βιομηχανία να χαράξει μια πορεία προς τη χρήση καθαρότερων καυσίμων (King, 2022).

Στο διάγραμμα που ακολουθεί απεικονίζονται δείχνει οι εκπομπές CO₂ στην παγκόσμια ναυτιλία σύμφωνα με τις εκτιμήσεις του 2020, ανά τύπο πλοίου.



Διάγραμμα 1: Εκπομπές CO₂ στην παγκόσμια ναυτιλία (Statista, 2023)

Όπως φαίνεται από το προηγούμενο διάγραμμα, τα φορτηγά χύδην εκπέμπουν κατά μέσο όρο 440 εκατομμύρια μετρικούς τόνους CO₂, ενώ τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων εκπέμπουν 140 εκατομμύρια μετρικούς τόνους CO₂ ετησίως (Statista, 2023).

6.1.2 Μηχανισμοί με τους οποίους οι ψηφιακές λύσεις μειώνουν τις εκπομπές προστασίας

Στο πλαίσιο της εφαρμογής των παγκόσμιων στρατηγικών για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής, ο ψηφιακός μετασχηματισμός της ναυτιλιακής βιομηχανίας διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο στη μείωση του αποτυπώματος άνθρακα. Οι ψηφιακές λύσεις στην εφοδιαστική αλυσίδα έχουν εισαγάγει καινοτόμους μηχανισμούς που μειώνουν σημαντικά τις εκπομπές άνθρακα, σηματοδοτώντας μια βιώσιμη αλλαγή στις θαλάσσιες δραστηριότητες. Η ανάλυση που ακολουθεί εμβαθύνει στις διάφορες ψηφιακές στρατηγικές που χρησιμοποιούνται για την επίτευξη αυτών των περιβαλλοντικών στόχων. Οι στρατηγικές αυτές παρουσιάζονται συμπεριλαμβάνουν τις ακόλουθες:

- Βελτιστοποιημένος σχεδιασμός διαδρομών και διαχείριση στόλου
- Αυτοματοποιημένες και έξυπνες λειτουργίες σκαφών
- Χρήση μεγάλων δεδομένων για προγνωστική συντήρηση

- Ενεργειακά αποδοτική διακίνηση φορτίου και λιμενικές λειτουργίες
- Blockchain για βελτιωμένες λειτουργίες εφοδιαστικής αλυσίδας

Οι ψηφιακές τεχνολογίες έχουν φέρει επανάσταση στον σχεδιασμό δρομολογίων και στη διαχείριση του στόλου στη ναυτιλία, οδηγώντας σε αξιοσημείωτες μειώσεις στην κατανάλωση καυσίμου και, κατά συνέπεια, στις εκπομπές άνθρακα. Οι προηγμένοι αλγόριθμοι και τα συστήματα παρακολούθησης που βασίζονται σε τεχνολογίες GPS επιτρέπουν στα σκάφη να πλοηγούνται στις πιο αποτελεσματικά από θέμα κόστους, αποφεύγοντας αντίξοες καιρικές συνθήκες και βελτιστοποιώντας τη χρήση καυσίμου. Μια μελέτη καταδεικνύει πως η ενσωμάτωση GPS και AI μπορεί να μειώσει τους χρόνους ταξιδιού και την κατανάλωση καυσίμου έως και 10-15%, μειώνοντας σημαντικά τις εκπομπές GHG (Neves & Brand, 2019).

Στη συνέχεια, η εφαρμογή αυτοματοποιημένων συστημάτων και τεχνολογιών έξυπνων σκαφών είναι ένας άλλος κρίσιμος μηχανισμός μέσω του οποίου οι ψηφιακές λύσεις μειώνουν τις εκπομπές. Αυτά τα συστήματα ενισχύουν τη λειτουργική απόδοση βελτιστοποιώντας την απόδοση του κινητήρα, μειώνοντας το χρόνο αδράνειας και διαχειρίζονται την ταχύτητα. Για παράδειγμα, οι αισθητήρες IoT παρακολουθούν τις συνθήκες του κινητήρα και την ποιότητα του καυσίμου, επιτρέποντας τις αναπροσαρμογές σε πραγματικό χρόνο που βελτιώνουν την απόδοση της καύσης και μειώνουν τις εκπομπές ρύπων. Όπως τονίζεται σε έρευνα των Durlík et al., (2023) στο αυτές οι έξυπνες τεχνολογίες μπορούν να οδηγήσουν σε μείωση κατά 20% των εκπομπών από τις λειτουργίες των πλοίων.

Η προγνωστική συντήρηση, που υποστηρίζεται στην ανάλυση μεγάλων δεδομένων, επιτρέπει την έγκαιρη συντήρηση των μηχανημάτων του πλοίου, αποτρέποντας την αναποτελεσματικότητα που μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένη κατανάλωση καυσίμου και εκπομπές ρύπων. Αναλύοντας δεδομένα από διάφορους αισθητήρες επί του σκάφους, οι χειριστές πλοίων μπορούν να προβλέψουν τις βλάβες του εξοπλισμού και να πραγματοποιήσουν την απαραίτητη συντήρηση πριν προκύψουν σημαντικά ζητήματα, διασφαλίζοντας τη βέλτιστη απόδοση του σκάφους. Οι στρατηγικές πρόβλεψης της συντήρησης έχουν ως αποτέλεσμα μια αξιοσημείωτη μείωση των μη προγραμματισμένων επισκευών και των σχετικών εκπομπών (Durlík et al., 2023).

Η ψηφιοποίηση εκτείνεται πέρα από τα πλοία στις λιμενικές λειτουργίες, όπου οι ψηφιακές λύσεις συμβάλλουν στη μείωση των εκπομπών μέσω ενεργειακά αποδοτικής διαχείρισης φορτίου και εφοδιαστικής αλυσίδας. Τα αυτοματοποιημένα συστήματα και ο

ηλεκτροκίνητος εξοπλισμός στα λιμάνια μειώνουν τον χρόνο που τα πλοία περνούν στις αποβάθρες χωρίς να έχουν σε λειτουργία τις μηχανές τους, μειώνοντας έτσι τις εκπομπές. Μια μελέτη περίπτωσης από το λιμάνι του Ρότερνταμ αποκάλυψε ότι ο ψηφιακός συγχρονισμός των λιμενικών λειτουργιών μείωσε τους χρόνους αδράνειας των πλοίων έως και 20%, συμβάλλοντας στη μείωση των εκπομπών (Wee, 2018).

Συνεχίζοντας την ανάλυση, παρατηρείται ότι η τεχνολογία Blockchain διευκολύνει την πιο αποτελεσματική διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας, συμβάλλοντας έμμεσα στη μείωση των εκπομπών. Παρέχοντας ένα ασφαλές πλαίσιο για τις μετακινήσεις φορτίου, η αλυσίδα blockchain μειώνει τη γραφειοκρατία και επιταχύνει τον εκτελωνισμό, μειώνοντας έτσι τον χρόνο που τα πλοία περνούν σε αναμονή στα λιμάνια. Έρευνα των Xia et al., (2023) υποδηλώνει ότι η ενσωμάτωση της τεχνολογίας blockchain μπορεί να βελτιώσει τη συνολική αποτελεσματικότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας, οδηγώντας σε χαμηλότερες εκπομπές από μειωμένες καθυστερήσεις και ταχύτερο κύκλο εργασιών.

Όπως μπορεί να γίνει αντιληπτό από τα παραπάνω, οι ψηφιακές λύσεις είναι καθοριστικές για τη μείωση του αποτυπώματος άνθρακα της ναυτιλιακής βιομηχανίας. Μέσω βελτιστοποιημένου σχεδιασμού διαδρομής, λειτουργιών έξυπνων πλοίων, έξυπνης συντήρησης, αποτελεσματικών λιμενικών λειτουργιών και τεχνολογίας blockchain, αυτές οι ψηφιακές στρατηγικές μειώνουν σημαντικά τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου.

6.2 Διαχείριση αποβλήτων και βελτιστοποίηση πόρων

6.2.1 Το προφίλ αποβλήτων των συμβατικών ναυτιλιακών εργασιών

Οι δραστηριότητες της ναυτιλιακής βιομηχανίας συνέβαλαν ιστορικά στη παραγωγή αποβλήτων, θέτοντας προκλήσεις στη διαχείριση των αποβλήτων και τη βελτιστοποίηση των πόρων.

Τα απόβλητα αυτά περιλαμβάνουν μια σειρά υλικών, από επιχειρησιακά απόβλητα όπως χρησιμοποιημένο λάδι και σκουπίδια που παράγονται από πλοία έως απόβλητα που σχετίζονται με το φορτίο, συμπεριλαμβανομένων των υλικών συσκευασίας και των κατεστραμμένων εμπορευμάτων. Η αντιμετώπιση αυτών των θεμάτων διαχείρισης αποβλήτων είναι απαραίτητη για την περιβαλλοντική βιωσιμότητα του ναυτιλιακού τομέα και η ψηφιοποίηση προσφέρει πολλά υποσχόμενες λύσεις για τη βελτιστοποίηση της χρήσης των πόρων και την ελαχιστοποίηση των αποβλήτων.

Αρχικά, οι συμβατικές ναυτιλιακές δραστηριότητες παράγουν διάφορους τύπους αποβλήτων, τα οποία κατηγοριοποιούνται ευρέως σε λειτουργικά απόβλητα και απόβλητα που σχετίζονται με το φορτίο. Τα λειτουργικά απόβλητα περιλαμβάνουν νερό υδροσυλλεκτών, χρησιμοποιημένο λάδι και απόβλητα συντήρησης από τα μηχανήματα των πλοίων. Αυτοί οι τύποι αποβλήτων, που συχνά μολύνονται με επικίνδυνες ουσίες, ενέχουν σημαντικούς περιβαλλοντικούς κινδύνους εάν δεν διαχειρίζονται σωστά. Σύμφωνα με μελέτη, τα επιχειρησιακά απόβλητα από πλοία, εάν δεν υποβληθούν σε επεξεργασία και δεν απορριφθούν σωστά, μπορούν να οδηγήσουν σε ρύπανση των ωκεανών και να βλάψουν τα θαλάσσια οικοσυστήματα (Ζαβαντίας, 2020).

Τα απόβλητα που σχετίζονται με το φορτίο αποτελούνται κυρίως από υλικά συσκευασίας και κατεστραμμένο φορτίο. Οι ανεπάρκειες στη διαχείριση και την αποθήκευση φορτίου συχνά οδηγούν σε σημαντική παραγωγή απορριμμάτων, τόσο όσον αφορά τα κατεστραμμένα αγαθά όσο και τα υλικά συσκευασίας.

Οι προκλήσεις στη διαχείριση των απορριμμάτων στις παραδοσιακές ναυτιλιακές δραστηριότητες είναι πολύπλευρες. Περιλαμβάνουν τον ανεπαρκή διαχωρισμό των απορριμμάτων επί του πλοίου, τις περιορισμένες εγκαταστάσεις ανακύκλωσης στα λιμάνια και τον αναποτελεσματικό χειρισμό του φορτίου που οδηγεί σε ζημιές και σπατάλη. Επιπλέον, η έλλειψη ολοκληρωμένων συστημάτων παρακολούθησης και αναφοράς αποβλήτων καθιστά δύσκολη την εφαρμογή αποτελεσματικών στρατηγικών διαχείρισης. Όπως συζητήθηκε από τους Bennett et al., (2019), η απουσία τυποποιημένων πρακτικών διαχείρισης αποβλήτων στην παγκόσμια ναυτιλιακή βιομηχανία περιπλέκει τις προσπάθειες ελαχιστοποίησης της παραγωγής αποβλήτων και προώθησης της ανακύκλωσης.

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των αποβλήτων τα οποίες προέρχονται από τις ναυτιλιακές δραστηριότητες είναι σημαντικές, με επιπτώσεις που κυμαίνονται από τη ρύπανση των ωκεανών έως τις εκπομπές άνθρακα που σχετίζονται με τη διαχείριση και την τελική απόρριψη των απορριμμάτων. Επιπλέον, οι κακές πρακτικές διαχείρισης απορριμμάτων στη ναυτιλία μπορεί να έχουν οικονομικές επιπτώσεις, συμπεριλαμβανομένων των δαπανών που σχετίζονται με τη διάθεση απορριμμάτων και των προστίμων για μη συμμόρφωση με τους περιβαλλοντικούς κανονισμούς.

6.2.2 Ψηφιακές καινοτομίες στη μείωση των απορριμμάτων και την αποδοτικότητα των πόρων

Στη σύγχρονη ναυτιλιακή βιομηχανία, οι ψηφιακές καινοτομίες διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στην ενίσχυση της διαχείρισης αποβλήτων και της βελτιστοποίησης των πόρων, συμβάλλοντας σημαντικά στην περιβαλλοντική βιωσιμότητα. Αυτή η αλλαγή είναι κρίσιμη σε έναν κλάδο που ιστορικά επιβαρύνεται με σημαντικά ζητήματα που έχουν να κάνουν με τα απόβλητα, συμπεριλαμβανομένης της αναποτελεσματικής χρήσης των πόρων και της δημιουργίας επιχειρησιακών αποβλήτων. Η ενσωμάτωση των ψηφιακών τεχνολογιών στις λειτουργίες της εφοδιαστικής αλυσίδας έχει εισαγάγει καινοτόμες προσεγγίσεις για τη μείωση της σπατάλης και τη βελτιστοποίηση της χρήσης των πόρων

Η έλευση της ψηφιακής τεχνολογίας και η εφαρμογή της ακολούθως στη διαχείριση απορριμμάτων έχει μεταμορφώσει τις παραδοσιακές πρακτικές, οδηγώντας σε πιο αποτελεσματικές και βιώσιμες λειτουργίες. Οι ψηφιακές πλατφόρμες έχουν σήμερα δώσει τη δυνατότητα της καλύτερης παρακολούθησης και του διαχωρισμού των απορριμμάτων, διασφαλίζοντας τη σωστή διάθεση και ανακύκλωση. Για παράδειγμα, τα συστήματα διαχείρισης απορριμμάτων που βασίζονται στο IoT επιτρέπουν στις ναυτιλιακές εταιρείες να παρακολουθούν την παραγωγή απορριμμάτων στα πλοία σε πραγματικό χρόνο, βελτιώνοντας την αποτελεσματικότητα της διαχείρισης και της διάθεσης απορριμμάτων. Οι εφαρμογές IoT στη διαχείριση απορριμμάτων μειώνουν σημαντικά τον όγκο των μη επεξεργασμένων απορριμμάτων, συμβάλλοντας στην προστασία του περιβάλλοντος (Liyakat and Kazi, 2023).

Εν συνεχεία, η ανάλυση μεγάλων δεδομένων συνιστά ένα ανεκτίμητο εργαλείο για τη βελτιστοποίηση των πόρων στις ναυτιλιακές εργασίες. Αναλύοντας μεγάλα σύνολα δεδομένων, οι ναυτιλιακές εταιρείες μπορούν να εντοπίσουν πρότυπα και αναποτελεσματικότητα στη χρήση των πόρων, δίνοντάς τους τη δυνατότητα να εφαρμόσουν πιο βιώσιμες πρακτικές. Η προγνωστική ανάλυση, για παράδειγμα, μπορεί να προβλέψει τις ανάγκες σε πόρους, ελαχιστοποιώντας τις υπερβολικές προμήθειες και μειώνοντας τη σπατάλη. Η λήψη αποφάσεων βάσει δεδομένων στη διαχείριση πόρων οδηγεί σε σημαντική μείωση της περιττής κατανάλωσης πόρων (Durlík et al., 2023).

Παρακάτω, ο αυτοματισμός στη διαχείριση του φορτίου αποτελεί μια σημαντική καινοτομία με αξιοσημείωτη συνεισφορά στη μείωση των απορριμμάτων και στη βελτιστοποίηση της χρήσης των πόρων. Τα αυτοματοποιημένα συστήματα ενισχύουν την απόδοση της διαδικασίας φόρτωσης και εκφόρτωσης, μειώνοντας τη ζημιά στο φορτίο και τα

συναφή απόβλητα. Για παράδειγμα, οι αυτοματοποιημένοι γερανοί και τα συστήματα μεταφοράς στα λιμάνια εξασφαλίζουν ακριβή και προσεκτικό χειρισμό του φορτίου, ελαχιστοποιώντας τη θραύση και τη διαρροή (Carlan et al., 2023).

Η Τεχνητή Νοημοσύνη (AI) συνεισφέρει με τη σειρά της σε μεγάλο βαθμό στη βελτιστοποίηση της διαδρομής και όχι μόνο μειώνει την κατανάλωση καυσίμου αλλά και ελαχιστοποιεί τα σχετικά περιβαλλοντικά απόβλητα. Οι αλγόριθμοι AI μπορούν να υπολογίσουν τις πιο αποτελεσματικές διαδρομές, λαμβάνοντας υπόψη διάφορους παράγοντες όπως οι καιρικές συνθήκες, τα θαλάσσια ρεύματα και η ταχύτητα του σκάφους. Αυτή η βελτιστοποίηση οδηγεί σε σημαντικές μειώσεις στη χρήση καυσίμου, μειώνοντας έτσι τα περιβαλλοντικά απόβλητα που σχετίζονται με την καύση καυσίμου (Takyar, 2023).

Παρακάτω, η τεχνολογία Blockchain υιοθετείται όλο και περισσότερο στη ναυτιλιακή βιομηχανία έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η πιο αποτελεσματική διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας, η τεχνολογία blockchain ελαχιστοποιεί τη γραφειοκρατία στις ναυτιλιακές εργασίες, οδηγώντας σε αποδοτικότητα των πόρων. Μια μελέτη από τους Zhao και Tan (2020) έδειξε ότι η εφαρμογή blockchain εξορθολογίζει τις διαδικασίες της εφοδιαστικής αλυσίδας, μειώνοντας τη σπατάλη πόρων που σχετίζεται με την τεκμηρίωση και την επαλήθευση.

Ολοκληρώνοντας, γίνεται κατανοητό ότι οι ψηφιακές καινοτομίες έχουν επηρεάσει σημαντικά τη διαχείριση απορριμμάτων και τη βελτιστοποίηση των πόρων στη ναυτιλιακή βιομηχανία. Τεχνολογίες όπως το IoT, τα big data analytics, οι αυτοματισμοί, η τεχνητή νοημοσύνη και το blockchain έχουν διαμορφώσει πιο αποτελεσματικές λειτουργίες, μειώνοντας τη δημιουργία αποβλήτων και βελτιστοποιώντας τη χρήση των πόρων. Αυτές οι εξελίξεις όχι μόνο συμβάλλουν στην περιβαλλοντική βιωσιμότητα αλλά και ενισχύουν τη λειτουργική απόδοση και τη σχέση κόστους-αποτελεσματικότητας.

6.3 Μελέτες περίπτωσης: Πρωτοβουλίες Green Shipping

Η αλλαγή κατεύθυνσης προς την ενσωμάτωση μιας ψηφιοποιημένης εφοδιαστικής αλυσίδας στη ναυτιλιακή βιομηχανία όχι μόνο έφερε επανάσταση στη λειτουργική αποτελεσματικότητα, αλλά επίσης ενίσχυσε σημαντικά την περιβαλλοντική βιωσιμότητα. Έχουν προκύψει διάφορες πρωτοβουλίες στον τομέα της πράσινης ναυτιλίας, που υποστηρίζονται από την ψηφιακή καινοτομία, αποδεικνύοντας τη δυνατότητα μείωσης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των θαλάσσιων δραστηριοτήτων. Στη συνέχεια, γίνεται αναφορά σε ορισμένες βασικές περιπτώσιολογικές μελέτες που υπογραμμίζουν την επιτυχία των πρωτοβουλιών πράσινης ναυτιλίας.

Αρχικά, γίνεται αναφορά στο λιμάνι του Ρότερνταμ, το οποίο είναι ένα από τα πιο πολυσύχναστα λιμάνια στον κόσμο και ξεκίνησε την πρωτοβουλία «Smart Port», η οποία ενσωματώνει ψηφιακές τεχνολογίες όπως το IoT και η τεχνητή νοημοσύνη για τον εξορθολογισμό των λιμενικών λειτουργιών και την ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Η πρωτοβουλία περιλαμβάνει την αυτοματοποίηση των τερματικών σταθμών, τα έξυπνα συστήματα διαχείρισης της κυκλοφορίας και τον ενεργειακά αποδοτικό χειρισμό φορτίου (Boyles, 2019).

Η NYK Line, μια ιαπωνική ναυτιλιακή εταιρεία, έχει εφαρμόσει ένα ολοκληρωμένο ψηφιακό σύστημα διαχείρισης στόλου για τη βελτίωση της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας. Το σύστημα χρησιμοποιεί μεγάλα δεδομένα και τεχνητή νοημοσύνη για την παρακολούθηση της απόδοσης του σκάφους, τη βελτιστοποίηση της απόδοσης καυσίμου και την πρόβλεψη των αναγκών συντήρησης. Όπως τονίστηκε σε μια μελέτη αυτό το σύστημα οδήγησε σε μείωση της κατανάλωσης καυσίμου κατά 20% σε όλο τον στόλο της NYK Line, που μεταφράζεται σε χαμηλότερες εκπομπές αερίων θερμοκηπίου (Tanaka, 2017).

Οι αναφερθείσες μελέτες περίπτωσης, καταδεικνύουν πως ο ψηφιακός μετασχηματισμός στη ναυτιλιακή βιομηχανία παίζει καθοριστικό ρόλο στην προώθηση των πράσινων ναυτιλιακών πρωτοβουλιών. Από φιλικά προς το περιβάλλον σχέδια πλοίων και έξυπνες λιμενικές λειτουργίες έως ψηφιακή διαχείριση στόλου και χρήση εναλλακτικών καυσίμων, οι πρωτοβουλίες αυτές επιδεικνύουν την ενοποίηση της τεχνολογίας με την περιβαλλοντική συνείδηση.

Συμπεράσματα

Η εργασία αυτή εστίασε στην ανάλυση των στρατηγικών ψηφιοποίησης της εφοδιαστικής αλυσίδας και τον αντίκτυπό τους στη ναυτιλία, τα logistics και το περιβάλλον. Όπως έγινε αντιληπτό από την ανάλυση των ευρημάτων της παρούσας μελέτης, η ψηφιοποίηση έχει μεταμορφώσει βαθιά τη ναυτιλιακή βιομηχανία, ενισχύοντας τη λειτουργική αποτελεσματικότητα και συμβάλλοντας στην περιβαλλοντική βιωσιμότητα. Η ενσωμάτωση τεχνολογιών όπως το AI, το IoT και το blockchain έχει εξορθολογίσει τις διαδικασίες της εφοδιαστικής αλυσίδας, με αποτέλεσμα να προκύψουν ορισμένα αξιοσημείωτα και μετρήσιμα οφέλη όπως μειωμένο λειτουργικό κόστος και η βελτιωμένη ποιότητα των υπηρεσιών. Επιπλέον, ο ψηφιακός μετασχηματισμός έχει διαδραματίσει καθοριστικό ρόλο στη μείωση του αποτυπώματος άνθρακα των ναυτιλιακών εργασιών, κυρίως μέσω της βελτιστοποίησης του σχεδιασμού για την κάθε διαδρομή, της βελτιωμένης απόδοσης του καυσίμου και πιο έξυπνων πρακτικών διαχείρισης απορριμμάτων.

Επιπροσθέτως, όπως έγινε αντιληπτό, η εξέλιξη από τις παραδοσιακές σε ψηφιακές αλυσίδες εφοδιασμού σηματοδότησε ένα σημαντικό ορόσημο στην ιστορία της ναυτιλιακής βιομηχανίας. Αυτή η εξέλιξη όχι μόνο κατάφερε να αντιστρέψει τις λειτουργικές ανεπάρκειες, αλλά ανταποκρίθηκε επίσης στην ανάγκη για περιβαλλοντική διαχείριση σε μια εποχή αυξημένης που η έννοια της βιωσιμότητας είναι βαρυσήμαντη. Η υιοθέτηση ψηφιακών συστημάτων έχει αποδείξει τη δυνατότητα μετριασμού των δυσμενών περιβαλλοντικών επιπτώσεων που συνδέονται παραδοσιακά με τη ναυτιλία, ιδίως όσον αφορά τις εκπομπές άνθρακα και την παραγωγή αποβλήτων. Ωστόσο, η μετάβαση στις ψηφιακές λειτουργίες περιλαμβάνει πολυπλοκότητες, συμπεριλαμβανομένης της ενσωμάτωσης νέων τεχνολογιών με τα υπάρχοντα συστήματα και της ανάγκης για εξειδικευμένο προσωπικό για τη διαχείριση αυτών των εξελίξεων.

Ενώ αυτή η παρούσα έρευνα παρείχε ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο αναφορά με την ψηφιοποίηση της ναυτιλιακής βιομηχανίας, πρέπει να αναγνωριστούν ορισμένοι περιορισμοί. Πρώτον, ο γρήγορος ρυθμός της τεχνολογικής προόδου σημαίνει ότι τα ευρήματα μπορεί γρήγορα να καταστούν ξεπερασμένα, εφόσον απαιτείται συνεχής έρευνα. Δεύτερον, το πεδίο εφαρμογής της μελέτης περιορίζεται από τη διαθεσιμότητα των τρεχόντων δεδομένων και της δημοσιευμένης έρευνας, η οποία ενδέχεται να μην καλύπτει τις πιο πρόσφατες καινοτομίες και τις επιπτώσεις τους. Τέλος, η έρευνα εστιάζει κυρίως σε ναυτιλιακές δραστηριότητες μεγάλης

κλίμακας, παραβλέποντας ενδεχομένως τις εμπειρίες και τις προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι μικρότερες ναυτιλιακές εταιρείες στην υιοθέτηση ψηφιακών λύσεων.

Με βάση τα ευρήματα και τους περιορισμούς αυτής της έρευνας, διατυπώνονται στη συνέχεια ορισμένες προτάσεις για μελλοντική έρευνα:

Η μελλοντική έρευνα θα πρέπει να στοχεύει στη συμπερίληψη ενός ευρύτερου φάσματος ναυτιλιακών δραστηριοτήτων, συμπεριλαμβανομένων των δραστηριοτήτων μικρών και μεσαίων επιχειρήσεων (ΜΜΕ), για να παρέχει μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα του ψηφιακού μετασχηματισμού του κλάδου.

Κλείνοντας, από την παρούσα μελέτη έγινε αντιληπτό ότι η ψηφιοποίηση της εφοδιαστικής αλυσίδας στα πλαίσια της λειτουργίας της στη ναυτιλιακή βιομηχανία αντιπροσωπεύει ένα σημαντικό άλμα προς τα εμπρός προς την επίτευξη της λειτουργικής αποτελεσματικότητας και της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας. Ωστόσο, η υιοθέτηση αυτών των ψηφιακών τεχνολογιών απαιτεί συνεχή έρευνα, συνεχή εστίαση στις οικολογικές επιπτώσεις, ανάπτυξη δεξιοτήτων και συλλογικές προσπάθειες τυποποίησης.

Βιβλιογραφία

- Accelerating digital innovation inside and out.* (2019). Deloitte Insights.
<https://www2.deloitte.com/uk/en/insights/focus/digital-maturity/digital-innovation-ecosystems-organizational-agility.html>
- Agrawal, P., & Narain, R. (2021, July 15). *Analysis of enablers for the digitalization of supply chain using an interpretive structural modelling...* ResearchGate; Emerald.
https://www.researchgate.net/publication/353271728_Analysis_of_enablers_for_the_digitalization_of_supply_chain_using_an_interpretive_structural_modelling_approach
- Aivazidou, E., Antoniou, A., Konstantinos Arvanitopoulos-Darginis, & Agorasti Toka. (2012, October 5). *Using Cloud Computing in Supply Chain Management: Third-Party Logistics on the Cloud.* ResearchGate; unknown.
https://www.researchgate.net/publication/322676734_Using_Cloud_Computing_in_Supply_Chain_Management_Third-Party_Logistics_on_the_Cloud
- Attaran, M. (2020). Digital technology enablers and their implications for supply chain management. *Supply Chain Forum: An International Journal*, 21(3), 1–15.
<https://doi.org/10.1080/16258312.2020.1751568>
- Bai, C., & Sarkis, J. (2010). Integrating sustainability into supplier selection with grey system and rough set methodologies. *International Journal of Production Economics*, 124(1), 252–264. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2009.11.023>
- Bain & Company: Digital disruption will maintain pace and/or accelerate over next 5 years, according to survey.* (2023). Bain. <https://www.bain.com/about/media-center/press-releases/2022/bain--company-digital-disruption-will-maintain-pace-andor-accelerate-over-next-5-years-according-to-survey/>
- Barney, J. (1991). Firm Resources and Sustained Competitive Advantage. *Journal of Management*, 17(1), 99-120.

- Barney, J. (1991). Firm Resources and Sustained Competitive Advantage. *Journal of Management*, 17(1), 99-120.
- Baryannis, G., Dani, S., & Antoniou, G. (2019). Predictive Analytics and AI-Driven Processes in the Supply Chain. *International Journal of Production Economics*, 208, 495-506.
- Ben-Daya, M., Hassini, E., & Bahroun, Z. (2019). Internet of things and supply chain management: a literature review. *International Journal of Production Research*, 57(15-16), 4719-4742.
- Bennett, N. J., Blythe, J., Cisneros-Montemayor, A. M., Singh, G. G., & Sumaila, U. R. (2019). Just Transformations to Sustainability. *Sustainability*, 11(14), 3881. <https://doi.org/10.3390/su11143881>
- Bowersox, D. J., Closs, D. J., & Cooper, M. B. (2002). *Supply Chain Logistics Management*. McGraw-Hill/Irwin.
- Boyles, R. (2019, August 29). *How the Port of Rotterdam is using IBM digital twin technology to transform itself from the biggest to the smartest*. IBM Blog; Security Intelligence. <https://www.ibm.com/blog/iot-digital-twin-rotterdam/>
- Bughin, J., et al. (2018). *Skill Shift: Automation and the Future of the Workforce*. McKinsey Global Institute Report.
- Capgemini . (2019). *DIGITAL TWINS: ADDING INTELLIGENCE TO THE REAL WORLD #GetTheFutureYouWant*. https://www.capgemini.com/gb-en/wp-content/uploads/sites/5/2022/11/DigitalTwins_adding-intelligence-to-the-real-world.pdf
- Carlan, V., Ceulemans, D., Edwin van Hassel, Stijn Derammelaere, & Thierry Vanelslander. (2023). Automation in cargo loading/unloading processes: do unmanned loading technologies bring benefits when both purchase and operational cost are considered? *Journal of Shipping and Trade*, 8(1). <https://doi.org/10.1186/s41072-023-00146-9>

- Castells, M. (1996). *The Rise of the Network Society*. Blackwell Publishers.
- Chaffey, D. (2019). *Digital Marketing: Strategy, Implementation, and Practice*. Pearson Education.
- Chen, X., Mélanie Despeisse, & Johansson, B. (2020). Environmental Sustainability of Digitalization in Manufacturing: A Review. *Sustainability*, 12(24), 10298–10298. <https://doi.org/10.3390/su122410298>
- Choi, T. M., Wallace, S. W., & Wang, Y. (2018). Big data analytics in operations management. *Production and Operations Management*, 27(10), 1868-1883.
- Chopra, S., & Meindl, P. (2007). *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation*. Pearson Prentice Hall.
- Christopher, M. (2016). *Logistics & Supply Chain Management*. Pearson UK.
- Christopher, M. (2016). *Logistics & Supply Chain Management*. Pearson Education.
- Cilliers, P. (1998). *Complexity and Postmodernism: Understanding Complex Systems*. Routledge.
- Cooper, M. C., Lambert, D. M., & Pagh, J. D. (1997). Supply Chain Management: More Than a New Name for Logistics. *The International Journal of Logistics Management*, 8(1), 1-14.
- Cui, W., Yang, Y., Di, L., & Dababneh, F. (2021). Additive manufacturing-enabled supply chain: Modeling and case studies on local, integrated production-inventory-transportation structure. *Additive Manufacturing*, 48, 102471. <https://doi.org/10.1016/j.addma.2021.102471>
- Data Dynamics. (2023, September 27). *Cloud-Based Supply Chain Transformation in Manufacturing*. Data Dynamics, Inc. - Intelligent Data Management. Transforming Organizations into Better Data Custodians.; Data Dynamics, Inc.

<https://www.datadynamicsinc.com/quick-bytes-from-factory-floors-to-cloud-soars-how-cloud-based-supply-chain-management-is-revolutionizing-manufacturing/>

Davis, F. D. (1989). Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319-340.

De Vass, T., Shee, H., & Miah, S. J. (2018). The effect of “Internet of Things” on supply chain integration and performance: An organisational capability perspective. *Australasian Journal of Information Systems*, 22. <https://doi.org/10.3127/ajis.v22i0.1734>

DiMaggio, P. J., & Powell, W. W. (1983). The Iron Cage Revisited: Institutional Isomorphism and Collective Rationality in Organizational Fields. *American Sociological Review*, 48(2), 147-160.

Durlik, I., Miller, T., Cembrowska-Lech, D., Krzemińska, A., Złoczowska, E., & Nowak, A. (2023). Navigating the Sea of Data: A Comprehensive Review on Data Analysis in Maritime IoT Applications. *Applied Sciences*, 13(17), 9742. <https://doi.org/10.3390/app13179742>

Elkington, J. (1997). *Cannibals with Forks: The Triple Bottom Line of 21st Century Business*. Capstone.

Ellen MacArthur Foundation. (2020). *The circular economy: a transformative Covid-19 recovery strategy*. [Ellenmacarthurfoundation.org. https://www.ellenmacarthurfoundation.org/a-transformative-covid-19-recovery-strategy](https://www.ellenmacarthurfoundation.org/a-transformative-covid-19-recovery-strategy)

Eurofound. (2023). *Employment impact of digitalisation | European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions*. [Www.eurofound.europa.eu. https://www.eurofound.europa.eu/en/employment-impact-digitalisation](https://www.eurofound.europa.eu/en/employment-impact-digitalisation)

Forrester, J. W. (1961). *Industrial Dynamics*. MIT Press.

Frazelle, E. (2002). *Supply Chain Strategy*. McGraw-Hill.

- Freeman, R. E. (1984). *Strategic Management: A Stakeholder Approach*. Pitman.
- Galbraith, J. R. (1974). *Organization Design: An Information Processing View*. *Interfaces*, 4(3),
- Graham, M., & Dutton, W. H. (2019). *Society and the Internet: How Networks of Information and Communication are Changing Our Lives*. Oxford University Press.
- Hai, T. N., Van, Q. N., & Thi Tuyet, M. N. (2021). Digital Transformation: Opportunities and Challenges for Leaders in the Emerging Countries in Response to Covid-19 Pandemic. *Emerging Science Journal*, 5(2610-9182), 21–36. <https://doi.org/10.28991/esj-2021-sper-03>
- Hallikas, J., Immonen, M., & Brax, S. (2021). Digitalizing procurement: the impact of data analytics on supply chain performance. *Supply Chain Management: An International Journal*, ahead-of-print(ahead-of-print). <https://doi.org/10.1108/scm-05-2020-0201>
- Hammer, M. (1990). Reengineering Work: Don't Automate, Obliterate. *Harvard Business Review*.
- Hammi, B., Zeadally, S., & Nebhen, J. (2023). Security threats, countermeasures, and challenges of digital supply chains. *ACM Computing Surveys*. <https://doi.org/10.1145/3588999>
- Handfield, R. B., & Nichols, E. L. (1999). *Introduction to Supply Chain Management*. Prentice Hall.
- Hardin, G. (1968). The Tragedy of the Commons. *Science*, 162(3859), 1243-1248.
- Heikkilä, J., Jouni Saarni, & Antti Saurama. (2022). Innovation in Smart Ports: Future Directions of Digitalization in Container Ports. *Journal of Marine Science and Engineering*, 10(12), 1925–1925. <https://doi.org/10.3390/jmse10121925>

- Heilig, L., Voss, S., & Schwarze, S. (2017). An analysis of digital transformation in the history and future of modern ports. *International Journal of Information Management*, 37(6), 503-515.
- Herbane, B. (2010). The evolution of business continuity management: A historical review of practices and drivers. *Business History*, 52(6), 978–1002.
<https://doi.org/10.1080/00076791.2010.511185>
- Holmström, J., Partanen, J., Tuomi, J., & Walter, M. (2010). Rapid manufacturing in the spare parts supply chain: Alternative approaches to capacity deployment. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 21(6), 687-697.
- How Much Does the Shipping Industry Contribute to Global CO2 Emissions?* (2023, September 22). Sinay. <https://sinay.ai/en/how-much-does-the-shipping-industry-contribute-to-global-co2-emissions/>
- International Maritime Organization. (2020). *International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL)*. Imo.org;
[https://www.imo.org/en/about/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-\(MARPOL\).aspx](https://www.imo.org/en/about/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-(MARPOL).aspx)
- International shipping: CO2 emissions by ship type | Statista*. (2023a). Statista; Statista.
<https://www.statista.com/statistics/216048/worldwide-co2-emissions-by-ship-type/>
- International shipping: CO2 emissions by ship type | Statista*. (2023b). Statista; Statista.
<https://www.statista.com/statistics/216048/worldwide-co2-emissions-by-ship-type/>
- International Transport Forum. (2018, May 24). *ITF Transport Outlook 2019*. ITF.
<https://www.itf-oecd.org/itf-transport-outlook-2019>
- International Transport Forum. (2021, April). *ITF Transport Outlook 2021*. ITF.
<https://www.itf-oecd.org/itf-transport-outlook-2021>

1. Ivanov, D., & Dolgui, A. (2020). Viability of Supply Chain Networks: A Review of the State-of-the-Art and Research Agenda. *International Journal of Production Research*, 58(7), 2139-2160.
- Ivanov, D., Dolgui, A., & Sokolov, B. (2019). The impact of digital technology and Industry 4.0 on the ripple effect and supply chain risk analytics. *International Journal of Production Research*, 57(3), 829-846.
- Jacobs, C., Pfaff, H., Lehner, B., Driller, E., Nitzsche, A., Stieler-Lorenz, B., Wasem, J., & Jung, J. (2013). The influence of transformational leadership on employee well-being: results from a survey of companies in the information and communication technology sector in Germany. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 55(7), 772–778. <https://doi.org/10.1097/JOM.0b013e3182972ee5>
- Jeevan, J., Chen, S. L., & Cahoon, S. (2019). The impact of digitalization on the management of global supply chains. *Maritime Policy & Management*, 46(7), 861-876.
- Jensen, T. (2019). The Impact of IoT on Shipping and Logistics. *Journal of International Logistics and Trade*, 17(2), 65-72.
- Johnson, L., & Watson, N. (2019). The Impact of the Internet of Things on Sustainability in Shipping. *Journal of Maritime Studies*, 35(4), 567-579.
- Jovanovic, M., Kostić, N., Sebastian, I. M., & Sedej, T. (2022). Managing a blockchain-based platform ecosystem for industry-wide adoption: The case of TradeLens. *Technological Forecasting and Social Change*, 184, 121981. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121981>
- Kalluru, V. (2018, November 2). *Predictive Analytics: Reducing the Cost of Supply Chain and Inventory Management - 7T, Inc. | Dallas*. 7T, Inc. | Dallas. <https://7t.co/blog/predictive-analytics-reducing-the-cost-of-supply-chain-and-inventory-management/>

- Kern, J. (2021). The Digital Transformation of Logistics. *The Digital Transformation of Logistics*, 361–403. <https://doi.org/10.1002/9781119646495.ch25>
- King, A. (2022, September 6). *Emissions-free sailing is full steam ahead for ocean-going shipping*. Horizon Magazine. <https://projects.research-and-innovation.ec.europa.eu/en/horizon-magazine/emissions-free-sailing-full-steam-ahead-ocean-going-shipping>
- Kotter, J. P., & Schlesinger, L. A. (2008). Choosing Strategies for Change. *Harvard Business Review*.
- Kshetri, N. (2016). The economics of the Internet of Things in the Global South. *Third World Quarterly*, 38(2), 311–339. <https://doi.org/10.1080/01436597.2016.1191942>
- Kshetri, N. (2018). Blockchain's roles in meeting key supply chain management objectives. *International Journal of Information Management*, 39, 80-89.
- Kshetri, N. (2018). Blockchain's Roles in Meeting Key Supply Chain Management Objectives. *International Journal of Information Management*, 39, 80-89.
- Kshetri, N. (2018). Blockchain's Roles in Strengthening Cybersecurity and Protecting Privacy. *Journal of Business Ethics*, 160(4), 835-850.
- Kumar, M., Naoum Tsolakis, Agarwal, A., & Jagjit Singh Srari. (2020). Developing distributed manufacturing strategies from the perspective of a product-process matrix. *International Journal of Production Economics*, 219, 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.05.005>
- Kyprianidis, K., & Dahlquist, E. (2020). *AI and Learning Systems Industrial Applications and Future Directions Edited by Konstantinos Kyprianidis and Erik Dahlquist*. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1534915/FULLTEXT01.pdf>
- LeBaron, G., & Lister, J. (2021). The Hidden Costs of Global Supply Chain Solutions. *Review of International Political Economy*, 29(3), 1–27. <https://doi.org/10.1080/09692290.2021.1956993>

1. Legner, C., & Eymann, T. (2020). Challenges of Integrating Legacy Systems into Digital Platforms. *Journal of Information Technology*, 35(1), 59-70.
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. McGraw-Hill.
- Liyakat, K. S., & Kazi, K. (2023, September 26). *Implementation and Recognition of Waste Management System with Mobility Solution in Smart Cities using...* ResearchGate; unknown.
- https://www.researchgate.net/publication/374169437_Implementation_and_Recognition_of_Waste_Management_System_with_Mobility_Solution_in_Smart_Cities_using_Internet_of_Things
- Lukić, J. (2017). THE IMPACT OF BIG DATA TECHNOLOGIES ON COMPETITIVE ADVANTAGE OF COMPANIES. *Facta Universitatis, Series: Economics and Organization*, 255. <https://doi.org/10.22190/fueo17032551>
- Martin, K. (2020). Ethical Implications and Accountability of Algorithms. *Journal of Business Ethics*, 160(4), 835-850.
- Mohsen Elmdoost-gashti, Mahmood Shafiee, & Bozorgi-Amiri, A. (2023). Enhancing resilience in marine propulsion systems by adopting machine learning technology for predicting failures and prioritising maintenance activities. *Journal of Marine Engineering and Technology*, 1–15. <https://doi.org/10.1080/20464177.2023.2243748>
- Mol, A. P. J., & Spaargaren, G. (2000). Ecological Modernisation Theory in Debate: A Review. *Environmental Politics*, 9(1), 17-49.
- Murphy, P. R., & Knemeyer, A. M. (2018). *Contemporary logistics* (12th ed.). New York, Ny Pearson.

- Musella, L. (2023). *The impact of Covid-19 on the supply chain Review of the effects of a pandemic crisis on the global supply system and analysis of its fragilities*.
<https://kth.diva-portal.org/smash/get/diva2:1751221/FULLTEXT01.pdf>
- Neves, A., & Brand, C. (2019). Assessing the potential for carbon emissions savings from replacing short car trips with walking and cycling using a mixed GPS-travel diary approach. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 123, 130–146.
<https://doi.org/10.1016/j.tra.2018.08.022>
- Opportunity marketplaces*. (2023). Deloitte Insights.
<https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/technology-and-the-future-of-work/importance-of-investing-in-employees.html>
- Pallis, A. A., Vitsounis, T. K., de Langen, P. W., & Notteboom, T. E. (2011). Port economics, policy and management: Review of an emerging research field. *Transport Reviews*, 31(1), 115-161.
- Pan, S., Trentesaux, D., McFarlane, D., Montreuil, B., Ballot, E., & Huang, G. Q. (2021). Digital interoperability in logistics and supply chain management: state-of-the-art and research avenues towards Physical Internet. *Computers in Industry*, 128, 103435.
<https://doi.org/10.1016/j.compind.2021.103435>
- Park, A., & Li, H. (2021). The Effect of Blockchain Technology on Supply Chain Sustainability Performances. *Sustainability*, 13(4), 1726.
<https://doi.org/10.3390/su13041726>
- Parrott, A., Umbenhauer, B., & Warshaw, L. (2019). *Digital twins*. Deloitte Insights.
<https://www2.deloitte.com/xe/en/insights/focus/tech-trends/2020/digital-twin-applications-bridging-the-physical-and-digital.html>
- Pelton, J. N. (2013). Trends and Future of Satellite Communications. *Handbook of Satellite Applications*, 533–557. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-7671-0_24

- Pettey, C. (2019). *Gartner Top 8 Supply Chain Technology Trends For 2019*. Gartner.
<https://www.gartner.com/smarterwithgartner/gartner-top-8-supply-chain-technology-trends-for-2019>
- Portney, K. E. (2022). *Sustainability*. The Mit Press.
- Prosci. (2020). Best Practices in Change Management.
- Queiroz, M. M., Telles, R., & Bonilla, S. H. (2020). Blockchain and supply chain management integration: a systematic review of the literature. *Supply Chain Management: An International Journal*, 25(2), 241-254.
- Ravi, N., & A Seetha Raman. (2022, August 6). *The Impact of IoT on Smart Logistics*. ResearchGate; unknown.
https://www.researchgate.net/publication/362529553_The_Impact_of_IoT_on_Smart_Logistics
- Raza, Z., Woxenius, J., Vural, C. A., & Lind, M. (2023). Digital transformation of maritime logistics: Exploring trends in the liner shipping segment. *Computers in Industry*, 145, 103811. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2022.103811>
- Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of Innovations*, 5th Edition. Free Press.
- Sanchez-Gonzalez, P.-L., Díaz-Gutiérrez, D., & Núñez-Rivas, L. R. (2022). Digitalizing Maritime Containers Shipping Companies: Impacts on Their Processes. *Applied Sciences*, 12(5), 2532–2532. <https://doi.org/10.3390/app12052532>
- Sandaka, B. P., & Kumar, J. (2023). Alternative vehicular fuels for environmental decarbonization: A critical review of challenges in using electricity, hydrogen, and biofuels as a sustainable vehicular fuel. *Chemical Engineering Journal Advances*, 14, 100442–100442. <https://doi.org/10.1016/j.ceja.2022.100442>
- Sanders, N. R., & Ganeshan, R. (2018). Big Data in Supply Chain Management. *Production and Operations Management*, 27(10), 1745–1748. <https://doi.org/10.1111/poms.12892>

- Sarkis, J. (2003). A strategic decision framework for green supply chain management. *Journal of Cleaner Production*, 11(4), 397-409.
- Sharma, P., & Dash, B. (2022). The Digital Carbon Footprint: Threat to an Environmentally Sustainable Future. *International Journal of Computer Science and Information Technology*, 14(03), 19–29. <https://doi.org/10.5121/ijcsit.2022.14302>
- Sheffi, Y. (2021, December 22). *The New (Ab)Normal: Reshaping Business and Supply Chain Strategy Beyond Covid-19*. The OECD Forum Network. <https://www.oecd-forum.org/posts/the-new-ab-normal-reshaping-business-and-supply-chain-strategy-beyond-covid-19>
- Song, D.-W., & Panayides, P. (2015). *Maritime Logistics*. Kogan Page Publishers.
- Srai, J. S., & Gregory, M. (2008). A Supply Chain Configuration Perspective on International Supply Chain Performance Management. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 29(4), 684-710.
- Srai, J. S., & Lorentz, H. (2019). Developing Design Principles for the Digitalisation of Purchasing and Supply Management. *Journal of Operations Management*.
- Stevens, G. C., & Johnson, M. (2016). Integrating the Supply Chain ... 25 years on. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 46(1), 19–42. <https://doi.org/10.1108/ijpdlm-07-2015-0175>
- Straube, F., Baumgarten, H., & Klinkner, R. (2018). *Developing E-commerce Logistics in Cross-border Relation*. <https://d-nb.info/1160301654/34>
- Takyar, A. (2023, April 17). *The role of AI in logistics and supply chain*. LeewayHertz - AI Development Company. <https://www.leewayhertz.com/ai-in-logistics-and-supply-chain/>
- Tanaka, Y. (2017, June 19). *NYK: Learning from Big Data*. The Maritime Executive; The Maritime Executive. <https://maritime-executive.com/editorials/nyk-learning-from-big-data>

- Teece, D. J., Pisano, G., & Shuen, A. (1997). Dynamic Capabilities and Strategic Management. *Strategic Management Journal*, 18(7), 509-533.
- Terpezidis, S. (2019). *A Study of Digital Transformation in Supply Chain: A Systematic Literature Review Approach SCHOOL OF ECONOMICS M.Sc. of "LOGISTICS AND SUPPLY CHAIN MANAGEMENT."* <https://ikee.lib.auth.gr/record/310867/files/GRI-2020-26523.pdf>
- The Future of Jobs Report 2023.* (2023). World Economic Forum. <https://www.weforum.org/publications/the-future-of-jobs-report-2023/digest/>
- Tijan, E., Jović, M., Aksentijević, S., & Pucihar, A. (2021). Digital transformation in the maritime transport sector. *Technological Forecasting and Social Change*, 170(0040-1625), 120879. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120879>
- Tinga, T., Tiddens, W. W., Amoiralis, F., & Politis, M. (2017). Predictive maintenance of maritime systems: Models and challenges. *Data Archiving and Networked Services (DANS)*. <https://doi.org/10.1201/9781315210469-56>
- Trist, E. L., & Bamforth, K. W. (1951). Some Social and Psychological Consequences of the Longwall Method of Coal-Getting. *Human Relations*, 4(1), 3-38.
- U.S. Environmental Protection Agency. (2019, August 3). *Energy Efficiency at EPA / US EPA.* US EPA. <https://www.epa.gov/greeningepa/energy-efficiency-epa>
- Vassilakos, A., & Martin, R. L. (2023). A Phenomenological Study of the Lived Experiences of it and Cybersecurity Professionals in Botswana: Investigating the Perceived Leadership Effect on Supply Chain Cybersecurity. *Revista Academiei Forțelor Terestre*, 28(3), 179–191. <https://doi.org/10.2478/raft-2023-0022>
- Voigt, P., & Bussche, A. V. (2017). *The EU General Data Protection Regulation (GDPR)*. Springer.

- Voigt, P., & von dem Bussche, A. (2017). *The EU General Data Protection Regulation (GDPR)*. Springer.
- von Bertalanffy, L. (1968). *General System Theory: Foundations, Development, Applications*. George Braziller.
- von Bertalanffy, L. (1968). *General System Theory: Foundations, Development, Applications*. New York: George Braziller.
- Wafaa A.H. Ahmed, & MacCarthy, B. L. (2022). Blockchain in the supply chain – A comprehensive framework for theory-driven research. *Digital Business*, 2(2), 100043–100043. <https://doi.org/10.1016/j.digbus.2022.100043>
- Wamba, S. F., Gunasekaran, A., Akter, S., Ren, S. J. F., Dubey, R., & Childe, S. J. (2017). Big data analytics and firm performance: Effects of dynamic capabilities. *Journal of Business Research*, 70, 356-365.
- Wang, Y., & Byrd, T. A. (2017). Business analytics-enabled decision-making effectiveness through knowledge absorptive capacity in health care. *Journal of Knowledge Management*, 21(3), 517–539. Emerald. <https://doi.org/10.1108/jkm-08-2015-0301>
- Wang, Y., Gunasekaran, A., Ngai, E. W. T., & Papadopoulos, T. (2016). Big data analytics in logistics and supply chain management: Certain investigations for research and applications. *International Journal of Production Economics*, 176, 98-110.
- Wang, Y., Wang, S., & Dai, J. (2019). A blockchain-based framework for data sharing with fine-grained access control in decentralized storage systems. *IEEE Access*, 7, 38437-38450.
- Want, R. (2006). An Introduction to RFID Technology. *IEEE Pervasive Computing*, 5(1), 25-33.

- Wee, V. (2018, May 23). *New Port of Rotterdam app cuts waiting time by 20%, reduces CO2 emissions*. Seatrade Maritime. <https://www.seatrade-maritime.com/europe/new-port-rotterdam-app-cuts-waiting-time-20-reduces-co2-emissions>
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Simon & Schuster.
- World Economic Forum. (2017). *System Initiative on Shaping the Future of Production Impact of the Fourth Industrial Revolution on Supply Chains*. https://www3.weforum.org/docs/WEF_Impact_of_the_Fourth_Industrial_Revolution_on_Supply_Chains_.pdf
- World Economic Forum. (2023). *Accelerating Digital Transformation for Long Term Growth - World Economic Forum*. Weforum.org. <https://initiatives.weforum.org/digital-transformation/home>
- Xia, J., Li, H., & He, Z. (2023). The Effect of Blockchain Technology on Supply Chain Collaboration: A Case Study of Lenovo. *Systems*, 11(6), 299. <https://doi.org/10.3390/systems11060299>
- Xu, J., Pero, M., & Fabbri, M. (2023). Unfolding the link between big data analytics and supply chain planning. *Technological Forecasting and Social Change*, 196, 122805–122805. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122805>
- Yu, J., Zhao, J., Zhou, C., & Ren, Y. (2022). Strategic Business Mode Choices for E-Commerce Platforms under Brand Competition. *Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research*, 17(4), 1769–1790. <https://doi.org/10.3390/jtaer17040089>
- Zhao, J., & Tan, Y. (2020). Blockchain Applications in Shipping. *Journal of Maritime Logistics*, 36(2), 295-310.
- Ζαβαντιάς, Α. (2020). ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ.

<https://hellenicus.lib.aegean.gr/bitstream/handle/11610/22242/%CE%94%CE%B9%CE%B1%CF%87%CE%B5%CE%AF%CF%81%CE%B9%CF%83%CE%B7%20%CE%91%CF%80%CE%BF%CE%B2%CE%BB%CE%AE%CF%84%CF%89%CE%BD%20%CE%A0%CE%BB%CE%BF%CE%AF%CF%89%CE%BD%20%CE%A4%CE%B5%CE%BB%CE%B9%CE%BA%CF%8C%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

