



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Σχολή Τεχνολογίας

Τμήμα Ψηφιακών Συστημάτων

Εφοδιαστική Αλυσίδα και Τεχνητή Νοημοσύνη

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μαρία Χατζηευθυμίου (ΑΜ: 3119038)

Επιβλέπων: Αβραμούλη Δήμητρα, Λέκτορας

ΛΑΡΙΣΑ, Φεβρουάριος 2025



UNIVERSITY OF THESSALY

School of Technology

Digital Systems Department

Supply Chain and Artificial Intelligence

BACHELOR THESIS

Maria Chatziefthimiou (RN: 3119038)

Supervisor: *Avramouli Dimitra, Lecturer*

LARISSA, September 2024

Υπεύθυνη Δήλωση περί Ακαδημαϊκής Δεοντολογίας και Πνευματικών Δικαιωμάτων

Με πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικών δικαιωμάτων, δηλώνω ρητά ότι η παρούσα πτυχιακή εργασία, καθώς και τα ηλεκτρονικά αρχεία και πηγαίοι κώδικες που αναπτύχθηκαν ή τροποποιήθηκαν στα πλαίσια αυτής της εργασίας, αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής μου εργασίας, δεν προσβάλλει κάθε μορφής δικαιώματα διανοητικής ιδιοκτησίας, προσωπικότητας και προσωπικών δεδομένων τρίτων, δεν περιέχει έργα/εισφορές τρίτων για τα οποία απαιτείται άδεια των δημιουργών/δικαιούχων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον, και πληρούν τους κανόνες της επιστημονικής παράθεσης. Τα σημεία όπου έχω χρησιμοποιήσει ιδέες, κείμενο, αρχεία ή/και πηγές άλλων συγγραφέων, αναφέρονται ευδιάκριτα στο κείμενο με την κατάλληλη παραπομπή και η σχετική αναφορά περιλαμβάνεται στο τμήμα των βιβλιογραφικών αναφορών με πλήρη περιγραφή.

Αναλαμβάνω πλήρως, ατομικά και προσωπικά, όλες τις νομικές και διοικητικές συνέπειες που δύναται να προκύψουν στην περίπτωση κατά την οποία αποδειχθεί, διαχρονικά, ότι η εργασία αυτή ή τμήμα της δεν μου ανήκει διότι είναι προϊόν λογοκλοπής.

Η Δηλούσα

Μαρία Χατζηευθυμίου

03/03/2025

Εγκρίνεται από την Επιτροπή Εξέτασης:

Επιβλέπουσα	Αβραμούλη Δήμητρα, Λέκτορας, Τμήμα Ψηφιακών Συστημάτων, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Μέλος	Βασιλική Κουτσονικόλα Εργαστηριακό Διδακτικό Προσωπικό (Ε.ΔΙ.Π), Τμήμα Ψηφιακών Συστημάτων, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Μέλος	Ελένη Λαϊτσου Εργαστηριακό Διδακτικό Προσωπικό (Ε.ΔΙ.Π), Τμήμα Ψηφιακών Συστημάτων, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Ημερομηνία έγκρισης: 05-03-2025

Περίληψη

Ο ανατρεπτικός ρόλος που διαδραματίζει η τεχνητή νοημοσύνη (AI) στον τομέα της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι το αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής, η οποία παρέχει μια κριτική ανάλυση του θέματος. Η παρούσα διπλωματική διερευνά τον τεράστιο αντίκτυπο που έχει η τεχνητή νοημοσύνη στον επαναπροσδιορισμό των καθιερωμένων προτύπων στο πλαίσιο της εφοδιαστικής αλυσίδας. Η έρευνα επικεντρώνεται σε βασικές εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης, όπως η πρόβλεψη ζήτησης, η βελτιστοποίηση αποθεμάτων και ο σχεδιασμός δρομολογίων. Χρησιμοποιώντας γνώσεις που αντλήθηκαν από εμπειρική έρευνα και μελέτες περιπτώσεων, η περίληψη υπογραμμίζει πώς η τεχνητή νοημοσύνη όχι μόνο βελτιώνει την επιχειρησιακή αποδοτικότητα, αλλά οδηγεί επίσης σε σημαντική μείωση του κόστους και υποστηρίζει την οργανωτική προσαρμοστικότητα. Εκτός από τα θετικά στοιχεία, η παρούσα διπλωματική διεξάγει επίσης μια εις βάθος διερεύνηση των πολυάριθμων προκλήσεων που συνδέονται με την ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης στις λειτουργίες της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας. Οι προκλήσεις αυτές κυμαίνονται από την επίλυση των ανησυχιών σχετικά με την ασφάλεια των δεδομένων έως την πλοήγηση στο δαιδαλώδες περιβάλλον της εγγύησης της προσαρμογής των εργαζομένων στα συστήματα που καθοδηγούνται από την τεχνητή νοημοσύνη. Εξετάζονται επίσης οι ηθικοί προβληματισμοί που περιβάλλουν τους αλγορίθμους λήψης αποφάσεων και οι πιθανές προκαταλήψεις που ενυπάρχουν στα μοντέλα TN, γεγονός που συμβάλλει στην εμπεριστατωμένη γνώση των ηθικών στοιχείων που εμπλέκονται στη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας με γνώμονα την TN. Σκοπός της παρούσας διπλωματικής είναι να παρουσιάσει μια πλήρη και διορατική προοπτική του δυναμικού τοπίου όπου η τεχνητή νοημοσύνη διασταυρώνεται με τη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Abstract

This thesis examines the disruptive function of artificial intelligence (AI) in supply chain management, providing a critical examination of the topic. The thesis describes the unprecedented impact of AI on habitual practices in the supply chain. The study addresses the key problems of AI applications such as demand planning, inventory control, and route scheduling. The abstract demonstrates how AI improves productivity while, at the same time, reduces operation costs and helps the organization in further transformation based on qualitative research and case studies. The thesis, however, goes further than the previously discussed issues, and attempts to analyze in depth some of the most important barriers to deployment of AI technologies in business processes of supply chain management. These barriers include addressing the issues of information security as well as the complexities of fostering employee acceptance of AI technologies. The ethical considerations surrounding decision-making algorithms and the potential biases inherent in AI models are also examined, which contributes to a thorough understanding of the ethical elements involved in AI-driven supply chain management. The purpose of this thesis is to present a comprehensive and insightful perspective of the dynamic landscape where AI intersects with supply chain management.. The ethical considerations surrounding decision-making algorithms and the potential biases inherent in AI models are also examined, which contributes to a thorough understanding of the ethical elements involved in AI-driven supply chain management. The purpose of this thesis is to present a comprehensive and insightful perspective of the dynamic landscape where AI intersects with supply chain management.

Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	7
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ	10
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΑΚΡΩΝΥΜΙΩΝ	11
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗ ΑΛΥΣΙΔΑ.....	13
2. ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ	18
2.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΠΕΔΙΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΗΣ ΤΝ	18
2.2 ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΜΑΘΗΣΗ ΣΤΗΝ ΤΝ	19
2.3 ΣΥΝΔΕΣΗ ΤΟΥ NLP ΜΕ ΤΗΝ ΤΝ ΚΑΙ ΤΗ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗ.....	21
2.4 ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΜΕ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥΣ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ.....	22
3. ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ	24
4. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΜΕΘΟΔΩΝ ΤΕΧΝΗΤΗΣ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗΣ ΣΤΗΝ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗ ΑΛΥΣΙΔΑ	29
4.1 ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΖΗΤΗΣΗΣ ΚΑΙ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ	30
4.2 Βελτιστοποίηση διανομής και μεταφορών	32
4.3 Αυτοματοποίηση αποθηκών.....	35
4.4 Επιλογή προμηθευτών και διαχείριση κινδύνων.....	37
4.5 Εξυπηρέτηση πελατών και εκτέλεση παραγγελιών	40
5. ΜΕΛΕΤΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΩΝ	42
6. ΗΘΙΚΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ	45
7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	49
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	51

Περιεχόμενα Εικόνων

Εικόνα 1: Διαμορφώσεις εφοδιαστικής Αλυσίδας	14
Εικόνα 2 Η διαδικασία της αλυσίδας εφοδιασμού	16
Εικόνα 3 : Τύποι μηχανικής μάθησης	20
Εικόνα 4: Τύποι & Δομή Συστήματος Λήψης Αποφάσεων	24

Ευρετήριο ακρωνυμίων

Ακρωνύμιο	Αγγλική Ορολογία	Προσδιορισμός
3PL	Third-Party Logistics	Πάροχος Υπηρεσιών Logistics Τρίτου Μέρους
AI	Artificial Intelligence	Τεχνητή Νοημοσύνη
AIoT	Artificial Intelligence of Things	Τεχνητή Νοημοσύνη του Διαδικτύου των Πραγμάτων
BI	Business Intelligence	Επιχειρησιακή Ευφυΐα
B2B	Business-to-Business	Επιχειρηματική Συναλλαγή μεταξύ Επιχειρήσεων
B2C	Business-to-Consumer	Επιχειρηματική Συναλλαγή μεταξύ Επιχείρησης και Καταναλωτή
DSS	Decision Support System	Σύστημα Υποστήριξης Αποφάσεων
DOM	Distributed Order Management	Διανεμημένη Διαχείριση Παραγγελιών
ERP	Enterprise Resource Planning	Σχεδιασμός Επιχειρησιακών Πόρων
FIS	Fuzzy Inference System	Σύστημα Συμπερασμάτων Fuzzy
FWGP	Fuzzy Weighted Goal Programming	Σταθμισμένος Προγραμματισμός Στόχων Fuzzy
GDPR	General Data Protection Regulation	Γενικός Κανονισμός Προστασίας Δεδομένων
HFCVs	Hydrogen Fuel Cell Vehicles	Οχήματα Κυψελών Καυσίμου Υδρογόνου
HRS	Hydrogen Refueling Stations	Σταθμοί Ανεφοδιασμού Υδρογόνου
IoT	Internet of Things	Διαδίκτυο των Πραγμάτων
LSTM	Long Short-Term Memory	Νευρωνικό Δίκτυο Μνήμης Μακροπρόθεσμης και Βραχυπρόθεσμης Διάρκειας
MILP	Mixed-Integer Linear Programming	Μικτά Ακέραια Γραμμικά Προγράμματα
ML	Machine Learning	Μηχανική Μάθηση

MCDM	Multi-Criteria Decision Making	Πολυκριτηριακή Λήψη Αποφάσεων
NLP	Natural Language Processing	Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας
PPC	Production Planning and Control	Προγραμματισμός και Έλεγχος Παραγωγής
RFID	Radio Frequency Identification	Ταυτοποίηση μέσω Ραδιοσυχνοτήτων
RPA	Robotic Process Automation	Ρομποτική Αυτοματοποίηση Διαδικασιών
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition	Σύστημα Ελέγχου και Συλλογής Δεδομένων
SCM	Supply Chain Management	Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας
SCRM	Supply Chain Risk Management	Διαχείριση Κινδύνων Εφοδιαστικής Αλυσίδας
SEM	Structural Equation Modeling	Δομικό Μοντέλο Εξισώσεων
TDOM	Transportation and Distribution Optimization Model	Μοντέλο Βελτιστοποίησης Μεταφορών και Διανομής
VRP	Vehicle Routing Problem	Πρόβλημα Δρομολόγησης Οχημάτων
XAI	Explainable Artificial Intelligence	Εξηγήσιμη Τεχνητή Νοημοσύνη

1. Εισαγωγή στην εφοδιαστική αλυσίδα

Η Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας έχει αναδειχθεί σε ζωτικό συστατικό των σύγχρονων επιχειρηματικών πρακτικών, αντιπροσωπεύοντας μια ολοκληρωμένη προσέγγιση για τη διαχείριση της ροής αγαθών, υπηρεσιών, πληροφοριών και χρηματοοικονομικών πόρων σε ολόκληρη την αλυσίδα αξίας. Η έννοια της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας (SCM) βασίζεται στις πρώιμες θεωρίες δυναμικής συστημάτων, όπως αυτές που εισήγαγε ο Forrester (Forrester, 2012), υπογραμμίζοντας τη διασύνδεση των οργανωτικών διαδικασιών και την συλλογική τους επίδραση στην επιχειρησιακή επιτυχία.

Η σημασία της Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας (SCM) έχει αυξηθεί εκθετικά τις τελευταίες δεκαετίες, ενισχυόμενη από τη παγκοσμιοποίηση, τις τεχνολογικές εξελίξεις και την αυξανόμενη πολυπλοκότητα των εφοδιαστικών δικτύων. Οι επιχειρήσεις σήμερα βασίζονται σε αποδοτικές λειτουργίες εφοδιαστικής αλυσίδας όχι μόνο για να ανταποκρίνονται στις προσδοκίες των πελατών για ποιότητα και ταχύτητα, αλλά και για να παραμείνουν ανταγωνιστικές στις ταχέως εξελισσόμενες αγορές. Αυτή η αλλαγή χαρακτηρίζεται από τη μετάβαση από απομονωμένες λογιστικές λειτουργίες σε ολοκληρωμένες φιλοσοφίες διαχείρισης που αποσκοπούν στη δημιουργία άψογης συνεργασίας μεταξύ των ενδιαφερόμενων μερών. (Mentzer et al., 2001)

Η Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας (SCM) ορίζεται ως μια ολιστική στρατηγική που ενσωματώνει τις διαδικασίες προμήθειας, παραγωγής και διανομής, διασφαλίζοντας την παροχή αξίας από τους προμηθευτές πρώτων υλών έως τους τελικούς καταναλωτές. Σύμφωνα με τον Christopher (Christopher, 1992), η εφοδιαστική αλυσίδα περιλαμβάνει το δίκτυο οργανισμών που εμπλέκονται σε συνδέσμους ανωφερής και κατωφερής, συμβάλλοντας στη δημιουργία και παροχή προϊόντων ή υπηρεσιών. Αυτός ο ευρύς ορισμός υπογραμμίζει τη διασύνδεση των εφοδιαστικών αλυσίδων και την ανάγκη συγχρονισμένης συνεργασίας μεταξύ των συνεργατών

Παρά τις δυνατότητές της, η αποτελεσματική εφαρμογή της Διαχείρισης Εφοδιαστικής Αλυσίδας (SCM) αντιμετωπίζει προκλήσεις όπως η αβεβαιότητα της ζήτησης, οι διακοπές στην εφοδιαστική αλυσίδα και οι αυξανόμενες απαιτήσεις των πελατών για ταχύτερες και πιο βιώσιμες υπηρεσίες. Η δυναμική φύση των παγκόσμιων αγορών περιπλέκει περαιτέρω τις λειτουργίες της εφοδιαστικής αλυσίδας, απαιτώντας προσαρμοστικές στρατηγικές και καινοτόμα εργαλεία για τη διασφάλιση ανθεκτικότητας και ευελιξίας. Η αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων απαιτεί ένα συνδυασμό προηγμένης τεχνολογίας, στρατηγικού σχεδιασμού και ισχυρής διαχείρισης σχέσεων σε ολόκληρο το δίκτυο.

Η Εικόνα 1 παρέχει μια οπτική αναπαράσταση των διαφορετικών επιπέδων πολυπλοκότητας των εφοδιαστικών αλυσίδων, αναδεικνύοντας τρεις ξεχωριστές διαμορφώσεις: την άμεση, την επεκτεταμένη και την απόλυτη εφοδιαστική αλυσίδα. Η **άμεση εφοδιαστική αλυσίδα (1a)** περιλαμβάνει μια απλή ροή μεταξύ μιας εταιρείας, του άμεσου προμηθευτή της και ενός πελάτη. Η **επεκτεταμένη εφοδιαστική αλυσίδα(1b)** διευρύνεται ενσωματώνοντας τους προμηθευτές των προμηθευτών και τους πελάτες των πελατών στο δίκτυο. Τέλος, η **απόλυτη εφοδιαστική αλυσίδα (1c)** αντιπροσωπεύει τη μέγιστη πολυπλοκότητα, περιλαμβάνοντας όλους τους οργανισμούς που συμβάλλουν στη ροή προϊόντων, υπηρεσιών, χρηματοοικονομικών πόρων και

TYPES OF CHANNEL RELATIONSHIPS

SUPPLIER ↔ ORGANIZATION ↔ CUSTOMER

FIGURE 1a - DIRECT SUPPLY CHAIN

SUPPLIER'S SUPPLIER ↔ SUPPLIER ↔ ORGANIZATION ↔ CUSTOMER ↔ CUSTOMER'S CUSTOMER

FIGURE 1b - EXTENDED SUPPLY CHAIN

ULTIMATE SUPPLIER ↔ SUPPLIER ↔ ORGANIZATION ↔ CUSTOMER ↔ ULTIMATE CUSTOMER
 THIRD PARTY LOGISTICS SUPPLIER
 FINANCIAL PROVIDER
 MARKET RESEARCH FIRM

FIGURE 1c - ULTIMATE SUPPLY CHAIN

πληροφοριών, από τον αρχικό προμηθευτή έως τον τελικό καταναλωτή. Αυτή η διαμόρφωση ενσωματώνει επίσης τρίτους φορείς, όπως παρόχους χρηματοοικονομικών

Εικόνα 1: Διαμορφώσεις εφοδιαστικής Αλυσίδας

υπηρεσιών, παρόχους υπηρεσιών logistics (3PL) και εταιρείες έρευνας αγοράς, αναδεικνύοντας τη σύνθετη και αλληλεξαρτώμενη φύση των σύγχρονων εφοδιαστικών αλυσίδων. (Mentzer et al., 2001)

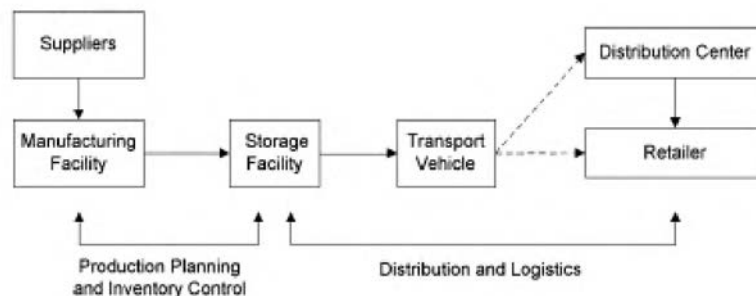
Η Τεχνητή Νοημοσύνη (Artificial Intelligence - AI) έχει αναδειχθεί ως κρίσιμος παράγοντας καινοτομίας στη Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας (SCM), προσφέροντας λύσεις σε μακροχρόνιες προκλήσεις μέσω δυνατοτήτων όπως η προγνωστική ανάλυση, η αυτόνομη λήψη αποφάσεων και η βελτιστοποίηση σε πραγματικό χρόνο. Τα συστήματα με βάση την τεχνητή νοημοσύνη (AI) ενισχύουν την ικανότητα των επιχειρήσεων να αναλύουν τεράστια σύνολα δεδομένων, να προβλέπουν τις τάσεις της αγοράς και να βελτιστοποιούν τις λειτουργίες αποθέματος και λογιστικής με απaráμιλλη ακρίβεια. Ως αποτέλεσμα, η τεχνητή νοημοσύνη (AI) όχι μόνο βελτίωσε την επιχειρησιακή αποτελεσματικότητα αλλά άνοιξε τον δρόμο για ένα πιο ευέλικτο και πελατοκεντρικό πλαίσιο εφοδιαστικής αλυσίδας, καθιστώντας την θεμέλιο λίθο των σύγχρονων πρακτικών της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας (SCM) (Min, 2010).

Ο σχεδιασμός της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι ένα κρίσιμο στοιχείο της διαχείρισης εφοδιαστικής αλυσίδας (SCM) που επικεντρώνεται στη δομή και την οργάνωση της εφοδιαστικής αλυσίδας για να διασφαλίσει την αποδοτικότητα, την οικονομική βιωσιμότητα και την ανταπόκριση στις απαιτήσεις της αγοράς. Περιλαμβάνει τον καθορισμό της δομής του δικτύου, την επιλογή προμηθευτών, τη βελτιστοποίηση της εφοδιαστικής και την ενσωμάτωση τεχνολογίας για απρόσκοπτες λειτουργίες. Ο κύριος στόχος είναι η δημιουργία μιας εφοδιαστικής αλυσίδας που ευθυγραμμίζεται με τους επιχειρηματικούς στόχους, μεγιστοποιώντας την ικανοποίηση των πελατών και ελαχιστοποιώντας το κόστος. (Kumar Shukla et al., n.d.)

Η διαδικασία της εφοδιαστικής αλυσίδας αποτελείται από διάφορα διασυνδεδεμένα στάδια που διευκολύνουν τη ροή αγαθών, υπηρεσιών και πληροφοριών από τους προμηθευτές στους πελάτες. Ξεκινά με την προμήθεια και την απόκτηση πρώτων υλών ή εξαρτημάτων από τους προμηθευτές. Αυτό το στάδιο διασφαλίζει ότι λαμβάνονται ποιοτικά υλικά με το βέλτιστο κόστος. Στη συνέχεια, η παραγωγή και η κατασκευή

μετατρέπουν αυτές τις πρώτες ύλες σε τελικά προϊόντα μέσω αποδοτικών διαδικασιών και διαχείρισης πόρων. Η διαχείριση αποθεμάτων διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο στην εξισορρόπηση της προσφοράς και της ζήτησης, διασφαλίζοντας ότι τα προϊόντα είναι διαθέσιμα όταν χρειάζονται χωρίς υπερβολική αποθήκευση.

Μόλις κατασκευαστούν τα προϊόντα, μεταφέρονται στη φάση διανομής, όπου οι στρατηγικές εφοδιαστικής και μεταφοράς καθορίζουν πώς θα φτάσουν τα αγαθά στις αποθήκες, στους λιανοπωλητές ή στους πελάτες. Αυτή η διαδικασία παρουσιάζεται στην εικόνα 2 (Beamon, 1998). Η αποτελεσματική διαχείριση της εφοδιαστικής διασφαλίζει έγκαιρες παραδόσεις και οικονομική αποδοτικότητα. Η εξυπηρέτηση πελατών και η εκπλήρωση παραγγελιών ολοκληρώνουν τη διαδικασία της εφοδιαστικής αλυσίδας, αντιμετωπίζοντας τις απαιτήσεις των καταναλωτών, διαχειριζόμενες επιστροφές και διατηρώντας την ικανοποίηση των πελατών. Σε όλη τη διαδικασία, η ροή πληροφοριών και η ανάλυση δεδομένων υποστηρίζουν τη λήψη αποφάσεων, επιτρέποντας την παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο, την πρόβλεψη και τη βελτιστοποίηση των διαδικασιών.



Εικόνα 2 Η διαδικασία της αλυσίδας εφοδιασμού

Ο σχεδιασμός της εφοδιαστικής αλυσίδας περιλαμβάνει διάφορες κρίσιμες πτυχές που συμβάλλουν στη συνολική απόδοση και επιτυχία μιας επιχείρησης. Αυτές περιλαμβάνουν τη διαμόρφωση του δικτύου, τη δομή των προμηθευτών, των κατασκευαστών, των αποθηκών, των κέντρων διανομής και των λιανοπωλητών. Ο σχεδιασμός παραγωγής και αποθεμάτων περιλαμβάνει την εξισορρόπηση της προσφοράς με τη ζήτηση ενώ ελαχιστοποιεί το κόστος. Η επιλογή προμηθευτών και συνεργατών επικεντρώνεται στην επιλογή αξιόπιστων προμηθευτών με ποιότητα και οικονομική αποδοτικότητα. Τα τεχνολογικά και πληροφοριακά συστήματα χρησιμοποιούν προηγμένες τεχνολογίες για ανταλλαγή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο και

αυτοματοποίηση διαδικασιών. Η μεταφορά και η εφοδιαστική βελτιστοποιούν τις μεθόδους μεταφοράς και τις διαδρομές για τη μείωση του κόστους και των χρόνων παράδοσης. Η διαχείριση κινδύνων εντοπίζει πιθανούς κινδύνους και αναπτύσσει στρατηγικές για την αποφυγή διακοπών στην εφοδιαστική αλυσίδα.

Μια καλά σχεδιασμένη εφοδιαστική αλυσίδα συμβάλλει σε ένα ανταγωνιστικό πλεονέκτημα βελτιώνοντας την επιχειρησιακή αποδοτικότητα και την εξυπηρέτηση πελατών. Ο (Stevens, n.d.) υπογραμμίζει ότι η ενσωμάτωση των δραστηριοτήτων της εφοδιαστικής αλυσίδας - από την προμήθεια έως την παράδοση - μπορεί να ενισχύσει τον συντονισμό και να μειώσει τις αναποτελεσματικότητες. Επιπλέον, οι επιχειρήσεις πρέπει να υιοθετήσουν μια ολιστική προσέγγιση που να ευθυγραμμίζει τις στρατηγικές εφοδιαστικής αλυσίδας με τους εταιρικούς στόχους.

Η αποτελεσματική σχεδίαση της εφοδιαστικής αλυσίδας απαιτεί απρόσκοπτη ενσωμάτωση μεταξύ διαφορετικών ενδιαφερομένων, συμπεριλαμβανομένων των προμηθευτών, των κατασκευαστών, των διανομέων και των λιανοπωλητών. Σύμφωνα με τον (Power, 2005), η επιτυχής ενσωμάτωση της εφοδιαστικής αλυσίδας εξαρτάται από τη βελτίωση της επικοινωνίας και της συνεργασίας μεταξύ των εταίρων, τη χρήση κοινών τεχνολογιών για ενίσχυση της διαφάνειας και του συντονισμού και τη δημιουργία στρατηγικών συνεργασιών και συμμαχιών.

Ο σχεδιασμός της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι ένα δυναμικό και αναπόσπαστο μέρος της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας, επηρεάζοντας τη συνολική επιχειρησιακή απόδοση και την ικανοποίηση των πελατών. Οι οργανισμοί πρέπει να υιοθετήσουν στρατηγικές προσεγγίσεις που βασίζονται σε δεδομένα και να επιδιώξουν ολοκληρωμένες λύσεις για να δημιουργήσουν ανθεκτικές και αποδοτικές εφοδιαστικές αλυσίδες. Με τη χρήση προηγμένων τεχνολογιών και την ευθυγράμμιση του σχεδιασμού της εφοδιαστικής αλυσίδας με τους επιχειρηματικούς στόχους, οι επιχειρήσεις μπορούν να αποκτήσουν ανταγωνιστικό πλεονέκτημα στην παγκόσμια αγορά.

2. Τεχνητή Νοημοσύνη

2.1 Ορισμός και πεδίο εφαρμογής της ΤΝ

Η Τεχνητή Νοημοσύνη (ΑΙ) μετασχηματίζει τον τρόπο που ζούμε, εργαζόμαστε και επιλύουμε προβλήματα. Στον πυρήνα της, η Τεχνητή Νοημοσύνη (ΑΙ) είναι η ικανότητα των μηχανών να προσομοιώνουν την ανθρώπινη νοημοσύνη, συμπεριλαμβανομένης της μάθησης, της λογικής, της επίλυσης προβλημάτων και της κατανόησης φυσικής γλώσσας. Επεξεργαζόμενα τεράστια σύνολα δεδομένων και εντοπίζοντας πρότυπα, τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης (ΑΙ) μπορούν να κάνουν προβλέψεις, να αυτοματοποιούν εργασίες και να βελτιστοποιούν διαδικασίες με πρωτοφανή ακρίβεια και ταχύτητα. Αυτή η τεχνολογία δεν περιορίζεται πλέον σε θεωρητικές συζητήσεις· αναδιαμορφώνει ενεργά τις βιομηχανίες και δημιουργεί νέες ευκαιρίες παγκοσμίως (Oke, 2008; Toorajipour et al., 2021).

Οι εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης (ΑΙ) είναι εξαιρετικά ποικίλες, από τη διάγνωση ασθενειών στην υγειονομική περίθαλψη μέχρι την ανίχνευση απάτης στα χρηματοοικονομικά. Στο μάρκετινγκ, η τεχνητή νοημοσύνη (ΑΙ) δίνει τη δυνατότητα στις επιχειρήσεις να προσωποποιούν την εμπειρία των πελατών, ενώ στην εκπαίδευση, υποστηρίζει συστήματα προσαρμοστικής μάθησης προσαρμοσμένα στις ανάγκες των μαθητών. Αυτοματοποιώντας επαναλαμβανόμενες εργασίες και ενισχύοντας τη λήψη αποφάσεων, η τεχνητή νοημοσύνη (ΑΙ) έχει γίνει καταλύτης καινοτομίας, οδηγώντας σε αποδοτικότητα και ακρίβεια σε τομείς όπως τα αυτόνομα οχήματα, η ρομποτική και η περιβαλλοντική διαχείριση (Das et al., 2015; Oke, 2008).

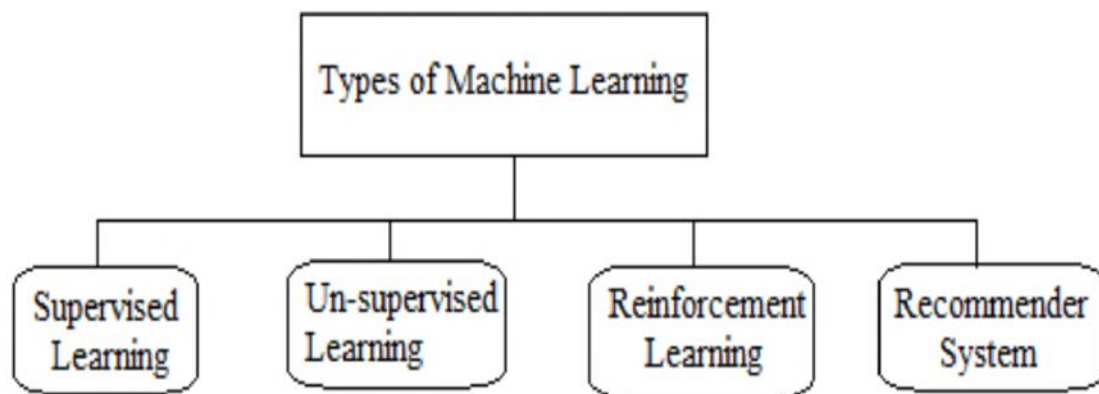
Μεταξύ των πολλών βιομηχανιών που επωφελούνται από την τεχνητή νοημοσύνη (AI), η διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας (SCM) ξεχωρίζει ως ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα του πώς αυτή η τεχνολογία μπορεί να φέρει επανάσταση στις λειτουργίες. Η τεχνητή νοημοσύνη (AI) έχει εισάγει πιο έξυπνα logistics, πιο ακριβείς προβλέψεις ζήτησης και καλύτερη διαχείριση αποθεμάτων. Για παράδειγμα, η προβλεπτική ανάλυση αξιολογεί τους κινδύνους των προμηθευτών και προβλέπει πιθανές διαταραχές, εξασφαλίζοντας ομαλότερες διαδικασίες εφοδιαστικής αλυσίδας. Τα συστήματα παρακολούθησης σε πραγματικό χρόνο που υποστηρίζονται από την τεχνητή νοημοσύνη (AI) επιτρέπουν επίσης στις επιχειρήσεις να παρακολουθούν αποστολές και παραδόσεις με εξαιρετική αξιοπιστία (Das et al., 2015; Toorajipour et al., 2021).

Ο ρόλος της τεχνητής νοημοσύνης (AI) στη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας (SCM) υπερβαίνει την απλή βελτιστοποίηση, εισάγοντας προληπτικές στρατηγικές που μεταμορφώνουν τις παραδοσιακές λειτουργίες. Η διαχείριση αποθηκών, για παράδειγμα, χρησιμοποιεί πλέον ρομποτική που υποστηρίζεται από τεχνητή νοημοσύνη (AI) για τη βελτίωση των διαδικασιών αποθήκευσης και ανάκτησης. Οι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης αναλύουν ιστορικά και πραγματικά δεδομένα, επιτρέποντας στις εταιρείες να προβλέπουν ζήτηση, να μειώνουν τα απόβλητα και να επιτυγχάνουν εξοικονόμηση κόστους. Διασφαλίζοντας έγκαιρες παραδόσεις και ελαχιστοποιώντας τα σφάλματα, η τεχνητή νοημοσύνη (AI) ενισχύει τόσο την επιχειρησιακή αποδοτικότητα όσο και την ικανοποίηση των πελατών (Toorajipour et al., 2021).

2.2 Μηχανική μάθηση στην ΤΝ

Η μηχανική μάθηση, ένα βασικό υποσύνολο της τεχνητής νοημοσύνης (AI), διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο σε αυτές τις εξελίξεις. Εξοπλίζει τις μηχανές με την ικανότητα να μαθαίνουν από δεδομένα και να βελτιώνουν την απόδοσή τους χωρίς ρητό προγραμματισμό. Μέσω τεχνικών όπως η εποπτευόμενη μάθηση, η μη εποπτευόμενη μάθηση και η ενισχυτική μάθηση, η μηχανική μάθηση επιτρέπει στα συστήματα να εντοπίζουν πρότυπα, να λαμβάνουν αποφάσεις και ακόμη και να προβλέπουν μελλοντικά αποτελέσματα. Αυτή η ικανότητα φαίνεται σε καθημερινές εφαρμογές όπως οι εξατομικευμένες προτάσεις, η ανίχνευση απάτης και η αναγνώριση φωνής (Das et al., 2015).

Υπάρχουν διάφοροι τύποι μηχανικής μάθησης (Εικόνα 3), καθένας από τους οποίους είναι κατάλληλος για διαφορετικές εργασίες. Η εποπτευόμενη μάθηση (supervised learning) βασίζεται σε δεδομένα με ετικέτες για την πρόβλεψη αποτελεσμάτων, όπως η πρόβλεψη τιμών. Η μη εποπτευόμενη μάθηση (un-supervised learning) εντοπίζει κρυφά πρότυπα σε μη επισημασμένα δεδομένα, όπως η ομαδοποίηση σε τμήματα. Η ενισχυτική μάθηση (reinforcement learning) είναι μια διαδραστική προσέγγιση όπου ένας πράκτορας μαθαίνει να λαμβάνει αποφάσεις λαμβάνοντας ανταμοιβές ή ποινές, που χρησιμοποιείται συχνά στη ρομποτική. Τέλος, τα συστήματα σύστασης (recommender systems) χρησιμοποιούν τεχνικές όπως το φιλτράρισμα για την παροχή εξατομικευμένων προτάσεων, όπως προτάσεις προϊόντων. Στις εφοδιαστικές αλυσίδες, οι εφαρμογές μηχανικής μάθησης είναι τεράστιες και με μεγάλο αντίκτυπο. Η εποπτευόμενη μάθηση, για παράδειγμα, χρησιμοποιείται για την ταξινόμηση προϊόντων και την πρόβλεψη ζήτησης, ενώ η μη εποπτευόμενη μάθηση ανιχνεύει ανωμαλίες στις λειτουργίες logistics. Η ενισχυτική μάθηση βελτιστοποιεί τη λήψη αποφάσεων σε δυναμικά σενάρια, όπως η δρομολόγηση οχημάτων παράδοσης ή ο συντονισμός ρομποτικών συστημάτων αποθήκης. Αυτές οι τεχνολογίες διασφαλίζουν ότι οι εφοδιαστικές αλυσίδες είναι ευέλικτες και ανταποκρίνονται στις συνεχώς μεταβαλλόμενες απαιτήσεις της αγοράς (Das et al., 2015).



Εικόνα 3 : Τύποι μηχανικής μάθησης

Η μηχανική μάθηση όχι μόνο ενισχύει τα υπάρχοντα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης (AI) αλλά χρησιμεύει και ως βάση για την ανάπτυξη καινοτόμων λύσεων. Στις λειτουργίες της εφοδιαστικής αλυσίδας, τα προβλεπτικά μοντέλα που βασίζονται σε ιστορικά δεδομένα επιτρέπουν στις εταιρείες να προβλέπουν προκλήσεις και να σχεδιάζουν ανάλογα. Τα νευρωνικά δίκτυα βοηθούν περαιτέρω στην πρόβλεψη ζήτησης

και στη βελτιστοποίηση διαδρομών, διασφαλίζοντας αποδοτικότητα και αξιοπιστία. Χρησιμοποιώντας αυτά τα προηγμένα εργαλεία, οι επιχειρήσεις μπορούν να παραμένουν ανταγωνιστικές και να ικανοποιούν τις προσδοκίες των πελατών σε έναν ταχύτατα εξελισσόμενο κόσμο (Toorajipour et al., 2021).

Παρόλο που η μηχανική μάθηση και η τεχνητή νοημοσύνη (AI) έχουν τεράστιες δυνατότητες, αντιμετωπίζουν προκλήσεις όπως η ποιότητα δεδομένων, ανησυχίες για την ασφάλεια και η ανάγκη για διαφάνεια στη λήψη αποφάσεων. Ωστόσο, καθώς ο όγκος των δεδομένων συνεχίζει να αυξάνεται εκθετικά, οι ευκαιρίες για την τεχνητή νοημοσύνη (AI) και τη μηχανική μάθηση να δημιουργήσουν αξία είναι απεριόριστες. Αντιμετωπίζοντας αυτές τις προκλήσεις, μπορούμε να ξεκλειδώσουμε ακόμα μεγαλύτερες δυνατότητες, επαναστατώντας τις βιομηχανίες και ανοίγοντας το δρόμο για ένα εξυπνότερο, πιο συνδεδεμένο μέλλον (Das et al., 2015).

2.3 Σύνδεση του NLP με την TN και τη ρομποτική

Η Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας (NLP), ένα βασικό υποσύνολο της Τεχνητής Νοημοσύνης (AI), επιτρέπει στις μηχανές να κατανοούν, να ερμηνεύουν και να ανταποκρίνονται στη φυσική γλώσσα των ανθρώπων. Στον τομέα της ρομποτικής, η επεξεργασία φυσικής γλώσσας (NLP) αποτελεί θεμέλιο για την ενίσχυση της αλληλεπίδρασης ανθρώπου-ρομπότ, καθώς επιτρέπει στα ρομπότ να επεξεργάζονται φυσικές γλωσσικές εντολές, να αναλύουν κείμενα και να δημιουργούν ουσιαστικές απαντήσεις. Διευκολύνει την ικανότητα των ρομπότ να κατανοούν και να μιμούνται τα ανθρώπινα πρότυπα συνομιλίας, γεφυρώνοντας το χάσμα ανάμεσα σε πολύπλοκες ρομποτικές λειτουργίες και στη φιλική προς τον χρήστη αλληλεπίδραση. Για παράδειγμα, όπως αναφέρεται στο έργο του Hameed, οι τεχνικές επεξεργασίας φυσικής γλώσσας (NLP) χρησιμοποιούνται σε κοινωνικά ρομπότ για την εξαγωγή πληροφοριών χρηστών και την ανάπτυξη προσαρμοστικών συστημάτων διαλόγου, επιτρέποντας μια βαθύτερη, εμπιστευτική αλληλεπίδραση με τους χρήστες (Ibrahim A. Hameed, 2016; Saini & Joseph, 2022).

Η ρομποτική, ενισχυμένη με τη επεξεργασία φυσικής γλώσσας (NLP), προοδεύει πέρα από τα δομημένα περιβάλλοντα σε κοινωνικά πλαίσια, όπως η υγειονομική περίθαλψη, η εκπαίδευση και η καθημερινή βοήθεια. Τα ρομπότ που σχεδιάζονται με δυνατότητες επεξεργασίας φυσικής γλώσσας (NLP) όχι μόνο ερμηνεύουν λεκτικές εντολές αλλά και

αξιολογούν συναισθήματα, χάρη σε αναλύσεις συναισθήματος και άλλες προηγμένες τεχνικές. Η έρευνα του Hameed αναδεικνύει την ικανότητα των ρομπότ που βασίζονται σε Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας (NLP) να προσαρμόζουν τους διαλόγους με βάση τα προφίλ χρηστών, δημιουργώντας μακροχρόνιες σχέσεις μέσω εξατομικευμένων απαντήσεων. Παρομοίως, η επεξεργασία φυσικής γλώσσας (NLP) επιτρέπει στα ρομπότ να εκτελούν λεπτομερείς εργασίες, όπως η ανάλυση προφορικής γλώσσας σε πραγματικό χρόνο, συμβάλλοντας σε συναισθηματικά ευφυείς αλληλεπιδράσεις (Ibrahim A. Hameed, 2016).

Στη διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας (SCM), η ενσωμάτωση της Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας (NLP) προσφέρει μετασχηματιστικά πλεονεκτήματα, ερμηνεύοντας μη δομημένα δεδομένα κειμένου, όπως τα σχόλια πελατών και τα επιχειρησιακά αρχεία, για τη βελτιστοποίηση ροών εργασίας και τη βελτίωση διαδικασιών λήψης αποφάσεων. Τεχνικές όπως η ανάλυση συναισθήματος και η μοντελοποίηση θεμάτων επιτρέπουν στις επιχειρήσεις να εντοπίζουν επιχειρησιακές αναποτελεσματικότητες, να ανιχνεύουν αναδυόμενες τάσεις και να βελτιώνουν την ικανοποίηση των ενδιαφερομένων (Aslam & Calghan, 2023). Η συνέργεια μεταξύ Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας (NLP), ρομποτικής και διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας (SCM) υπογραμμίζει την ευελιξία του στην επίλυση πραγματικών προβλημάτων. Ενώ το NLP στη ρομποτική επικεντρώνεται στη δημιουργία διαισθητικών και κοινωνικά ευφών συστημάτων, η εφαρμογή του στη SCM αξιοποιεί παρόμοιες τεχνικές για τη λειτουργική αποδοτικότητα και τις βελτιώσεις που επικεντρώνονται στον πελάτη. Συνδυάζοντας την ικανότητα ερμηνείας φυσικής γλώσσας με την αυτοματοποίηση της ρομποτικής και τις ανάγκες δεδομένων της διαχείρισης εφοδιαστικής αλυσίδας (SCM), τη Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας (NLP) ανοίγει τον δρόμο για καινοτομίες στην αλληλεπίδραση με πελάτες, τις επιχειρησιακές πληροφορίες και τις προσαρμοστικές τεχνολογίες σε διάφορες βιομηχανίες (Ibrahim A. Hameed, 2016).

2.4 Λήψη αποφάσεων με αλγόριθμους βελτιστοποίησης και τεχνητή νοημοσύνη

Ένα σύστημα υποστήριξης αποφάσεων (Decision Support System - DSS) είναι ένα πληροφοριακό σύστημα που λειτουργεί με τη βοήθεια υπολογιστή και έχει ως στόχο να

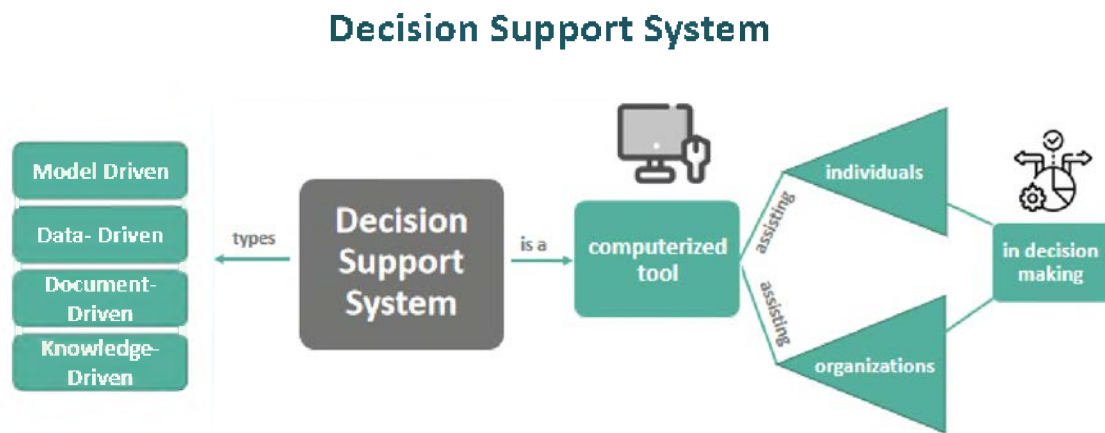
υποστηρίζει τους διαχειριστές και άλλους επαγγελματίες στη διαδικασία λήψης αποφάσεων. Τα σύστημα υποστήριξης αποφάσεων (DSS) έχουν σχεδιαστεί για να βοηθούν τους χρήστες στην ανάλυση δεδομένων και στη διαμόρφωση στρατηγικών αποφάσεων. Τα περισσότερα συστήματα υποστήριξης αποφάσεων περιλαμβάνουν εργαλεία για ανάλυση δεδομένων, μοντελοποίηση και προσομοίωση, ενώ διαθέτουν φιλικές προς τον χρήστη διεπαφές που επιτρέπουν την αλληλεπίδραση με το σύστημα και την ανάκτηση δεδομένων σε διάφορες μορφές (Keen, 1980).

Η ανάπτυξη των πρώτων συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων (DSS) ξεκίνησε στα τέλη της δεκαετίας του 1950 και στις αρχές της δεκαετίας του 1960. Αυτά τα πρώτα συστήματα δημιουργήθηκαν για να υποστηρίξουν τη λήψη αποφάσεων σε μη δομημένες και σύνθετες συνθήκες. Κατά τις δεκαετίες του 1970 και του 1980, τα σύστημα υποστήριξης αποφάσεων (DSS) εμπλουτίστηκαν με προηγμένα χαρακτηριστικά, όπως βελτιωμένες δυνατότητες ανάλυσης δεδομένων και μοντελοποίησης. Η έλευση του Διαδικτύου τη δεκαετία του 1990 βελτίωσε περαιτέρω τη διαθεσιμότητα και τη χρηστικότητα αυτών των συστημάτων, δίνοντας στους χρήστες τη δυνατότητα να αποκτούν πληροφορίες και να λαμβάνουν αποφάσεις από οποιοδήποτε σημείο (S.K. Singh, 2009).

Σήμερα, τα σύστημα υποστήριξης αποφάσεων (DSS) χρησιμοποιούνται ευρέως σε διάφορους τομείς, όπως η βιομηχανία, οι μεταφορές, η υγειονομική περίθαλψη και τα χρηματοοικονομικά. Έχουν σχεδιαστεί για να υποστηρίζουν τη λήψη αποφάσεων σε όλα τα επίπεδα μιας επιχείρησης, από τους εργαζόμενους πρώτης γραμμής έως τα ανώτερα διευθυντικά στελέχη. Σε ένα περιβάλλον επιχειρήσεων που γίνεται ολοένα και πιο σύνθετο, τα σύστημα υποστήριξης αποφάσεων (DSS) αποτελούν αναπόσπαστο εργαλείο για τη λήψη τεκμηριωμένων και βασισμένων στα δεδομένα αποφάσεων.

Η Εικόνα 4 παρέχει μια επισκόπηση του **Συστήματος Υποστήριξης Αποφάσεων**, ενός μηχανογραφημένου εργαλείου που υποστηρίζει τη λήψη αποφάσεων μέσω της ανάλυσης και οργάνωσης δεδομένων. Αναδεικνύει τέσσερις κύριους τύπους DSS: **Model-Driven** (που εστιάζει σε προσομοιώσεις και μοντέλα βελτιστοποίησης), **Data-Driven** (που βασίζεται σε βάσεις δεδομένων και αναλύσεις), **Document-Driven** (που αξιοποιεί μη δομημένα δεδομένα όπως έγγραφα) και **Knowledge-Driven** (που χρησιμοποιεί εξειδίκευση ή συστήματα τεχνητής νοημοσύνης) (Aqel et al., 2019). Το σύστημα είναι σχεδιασμένο να υποστηρίζει τόσο **άτομα** όσο και **οργανισμούς** στη λήψη

τεκμηριωμένων αποφάσεων, επεξεργαζόμενο πολύπλοκα δεδομένα και παρέχοντας χρήσιμες πληροφορίες.



Εικόνα 4: Τύποι & Δομή Συστήματος Λήψης Αποφάσεων

3. Προκλήσεις και προβλήματα της εφοδιαστικής αλυσίδας

Η έννοια της διαχείρισης εφοδιαστικής αλυσίδας έχει εξελιχθεί σημαντικά, λόγω της ανάγκης ενσωμάτωσης των λειτουργιών μεταξύ παραγωγών, διανομέων και πελατών μέσα σε όλο και πιο περίπλοκα παγκόσμια δίκτυα. Οι σύγχρονες εφοδιαστικές αλυσίδες αντιμετωπίζουν προκλήσεις όπως η ανάπτυξη συνεκτικών στρατηγικών για τη διαχείριση ροών υλικών, πληροφοριών και οικονομικών, ενώ ταυτόχρονα ισορροπούν τα συμφέροντα πολλαπλών ληπτών αποφάσεων. Ο συντονισμός μεταξύ αυτών των

παραγόντων είναι κρίσιμος για την επίλυση συγκρούσεων μεταξύ των ατομικών στόχων και της συνολικής απόδοσης της αλυσίδας εφοδιασμού. Επιπλέον, ο παγκόσμιος ανταγωνισμός, η επιλογή προμηθευτών και οι στρατηγικές που αφορούν συγκεκριμένα προϊόντα περιπλέκουν περαιτέρω τη διαχείριση. Οι τεχνολογικές εξελίξεις, όπως η επιχειρηματική συναλλαγή μεταξύ επιχειρήσεων (B2B) e-commerce, προσφέρουν ευκαιρίες για αυξημένη ενσωμάτωση, αλλά απαιτούν νέες προσεγγίσεις για τυποποιημένα πρωτόκολλα και επιχειρησιακή συνοχή. Ο συντονισμός των λειτουργικών αποφάσεων σε διάφορα στάδια της εφοδιαστικής αλυσίδας, όπως σε συστήματα πολλαπλών επιπέδων, π.χ. στην παραγωγή χάλυβα για την αυτοκινητοβιομηχανία, υπογραμμίζει τη σημασία ενός ολοκληρωμένου σχεδιασμού για την επίτευξη αποδοτικότητας και κερδοφορίας. Αυτές οι προκλήσεις απαιτούν καινοτόμες προσεγγίσεις στον σχεδιασμό και τη διαχείριση των εφοδιαστικών αλυσίδων, ώστε να καλύπτουν τις δυναμικές ανάγκες της αγοράς και να ενισχύουν τα ανταγωνιστικά πλεονεκτήματα.(Villa, 2001)

Αναπτύσσοντας αυτές τις βάσεις, η εγγενής πολυπλοκότητα των σύγχρονων εφοδιαστικών αλυσίδων αναδεικνύει επιπλέον προκλήσεις και νέες ανάγκες. Οι εφοδιαστικές αλυσίδες περιγράφονται καλύτερα ως διασυνδεδεμένα δίκτυα παρά ως απλά γραμμικά συστήματα, περιλαμβάνοντας διάφορες οντότητες και ροές. Αυτή η δικτυακή φύση απαιτεί την επανεξέταση των παραδοσιακών εννοιών της εφοδιαστικής για να συμπεριλάβουν πιο ευρύ πεδίο, όπως η ενσωμάτωση παραγωγής, διανομής και διαδικασιών ανάκτησης. Κύρια ζητήματα περιλαμβάνουν την έλλειψη συναίνεσης στους ορισμούς, η οποία δημιουργεί σύγχυση και εμποδίζει την πρόοδο στην ανάπτυξη τυποποιημένων εργαλείων και μεθοδολογιών. Επιπλέον, η αβεβαιότητα στις παγκόσμιες συνθήκες, όπως η έλλειψη πόρων, η αστάθεια στις τιμές ενέργειας και οι δημογραφικές αλλαγές, προκαλεί κινδύνους που απαιτούν ανθεκτικά και προσαρμοστικά σχέδια εφοδιαστικών αλυσίδων. Τα συστήματα κλειστού βρόχου και οι βιώσιμες πρακτικές γίνονται απαραίτητα για την αντιμετώπιση περιβαλλοντικών ανησυχιών και τη βελτιστοποίηση της ανάστροφης εφοδιαστικής, προσθέτοντας περαιτέρω στην πολυπλοκότητα.

Η μελέτη υπογραμμίζει επίσης την ανάγκη για ολοκληρωμένα εργαλεία μέτρησης της απόδοσης και στρατηγικές για τη διαχείριση της αλληλεπίδρασης των διαφόρων στόχων μεταξύ των συμμετεχόντων στην εφοδιαστική αλυσίδα. Καθώς οι εφοδιαστικές αλυσίδες

επεκτείνονται σε τομείς υπηρεσιών και προσαρμόζονται σε νέα πεδία, όπως η αντιμετώπιση καταστροφών και η ανθρωπιστική εφοδιαστική, η ζήτηση για καινοτόμες έρευνες και πρακτικά πλαίσια αυξάνεται. Για την αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων, τόσο η ακαδημαϊκή κοινότητα όσο και η βιομηχανία πρέπει να δώσουν προτεραιότητα σε μια συστηματική προσέγγιση στην εκπαίδευση, αναθεωρώντας τα προγράμματα σπουδών ώστε να ευθυγραμμίζονται με τις σύνθετες πραγματικότητες της διαχείρισης εφοδιαστικής αλυσίδας. Αυτή η εξέλιξη, που στοχεύει στην αντιμετώπιση της πολυδιάστατης φύσης των σύγχρονων εφοδιαστικών αλυσίδων, είναι απαραίτητη για την ενίσχυση βιώσιμων και αποδοτικών παγκόσμιων δικτύων (Corominas, 2013).

Η εργασία εξετάζει τις πολυπλοκότητες της διαχείρισης εφοδιαστικής αλυσίδας (SCM), τονίζοντας τη διασύνδεση των ζητημάτων της εφοδιαστικής αλυσίδας και την ανάγκη για ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο για την αποτελεσματική αντιμετώπισή τους. Οι εφοδιαστικές αλυσίδες, ως σύνθετα συστήματα που περιλαμβάνουν τα στάδια της προμήθειας, της παραγωγής και της διανομής, διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στον καθορισμό της ανταγωνιστικότητας των επιχειρήσεων και της ικανοποίησης των ενδιαφερομένων μερών. Ωστόσο, η αποτελεσματικότητά τους συχνά αμφισβητείται από τις εξελισσόμενες απαιτήσεις των πελατών, τις παγκόσμιες οικονομικές διακυμάνσεις και τις αυξανόμενες απαιτήσεις απόδοσης.

Ένα από τα κύρια ζητήματα είναι η απουσία τυποποιημένων πλαισίων για την αναγνώριση και επίλυση προβλημάτων της εφοδιαστικής αλυσίδας. Αυτό το κενό όχι μόνο εμποδίζει τη μέτρηση της απόδοσης, αλλά περιορίζει και την ανάπτυξη λύσεων που μπορούν να βελτιώσουν την αποτελεσματικότητα του συστήματος στο σύνολό του. Αυτές οι προκλήσεις κατηγοριοποιούνται σε τρία επίπεδα λήψης αποφάσεων: στρατηγικό, τακτικό και λειτουργικό. Τα στρατηγικά προβλήματα αφορούν γενικές αποφάσεις για την πολιτική των επιχειρήσεων και την επίτευξη ανταγωνιστικότητας, ενώ οι τακτικές προκλήσεις επικεντρώνονται στην κατανομή πόρων και στην ευθυγράμμιση των δράσεων με τους στρατηγικούς στόχους. Τα λειτουργικά ζητήματα απαιτούν λεπτομερή και ακριβή δεδομένα για την αξιολόγηση του αντίκτυπου των καθημερινών διοικητικών αποφάσεων.

Μεταξύ των βασικών προκλήσεων είναι η βελτίωση της ικανοποίησης των πελατών, η βελτιστοποίηση της διαχείρισης παραδόσεων και η επίτευξη οικονομικής αποδοτικότητας. Εξίσου σημαντικές, αλλά λιγότερο εξερευνημένες, είναι περιοχές όπως

η προσαρμογή στις δυναμικές της αγοράς και η βελτίωση των διαδικασιών παραγωγής. Η δυνατότητα εξασφάλισης ευελιξίας στον όγκο παραγωγής και στα χρονοδιαγράμματα παραδόσεων, η βελτίωση των εσωτερικών επιχειρησιακών διαδικασιών και η προώθηση απρόσκοπτης επικοινωνίας με πελάτες και προμηθευτές προσθέτουν περαιτέρω πολυπλοκότητα στη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας. Επιπλέον, η ενσωμάτωση βασικών στοιχείων όπως η διαχείριση αποθεμάτων, ο προγραμματισμός παραγωγής, οι μεταφορές και οι διαδικασίες προμηθειών σε ένα συνεκτικό λειτουργικό πλαίσιο παραμένει σημαντικό εμπόδιο.

Για την αντιμετώπιση αυτών των πολυπλοκοτήτων, η εργασία προτείνει ένα δομημένο πλαίσιο που συνδέει τις λογιστικές μονάδες, τα επίπεδα λήψης αποφάσεων και τους λειτουργικούς τομείς της εφοδιαστικής αλυσίδας. Αυτή η ολιστική προσέγγιση στοχεύει στη διευκόλυνση της τεκμηριωμένης λήψης αποφάσεων και στον εντοπισμό κενών στη υπάρχουσα έρευνα, δημιουργώντας ευκαιρίες για καινοτόμες λύσεις. Ένα πρακτικό παράδειγμα αυτού του πλαισίου παρουσιάζεται μέσω της ανάλυσης του προγραμματισμού παραγωγής, τονίζοντας τη χρησιμότητά του για την αντιμετώπιση συγκεκριμένων προκλήσεων της εφοδιαστικής αλυσίδας. Παρέχοντας μια συστηματική μεθοδολογία για τη χαρακτηριστική αποτύπωση των προβλημάτων, αυτό το πλαίσιο όχι μόνο υποστηρίζει τη βελτιωμένη λήψη αποφάσεων, αλλά και θέτει τα θεμέλια για μελλοντική έρευνα και την ανάπτυξη συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων. Τελικά, η μελέτη υπογραμμίζει τη σημασία της προώθησης της αποτελεσματικότητας και της βιωσιμότητας της εφοδιαστικής αλυσίδας για την ικανοποίηση των απαιτήσεων των σύγχρονων αγορών (García-Cáceres & Escobar, 2016).

Η αυξανόμενη πολυπλοκότητα των εφοδιαστικών αλυσίδων επιδεινώνεται από τον κατακερματισμό, ιδιαίτερα στα παγκόσμια δίκτυα, όπως η θαλάσσια μεταφορά εμπορευματοκιβωτίων. Η έλλειψη ενσωμάτωσης μεταξύ ενδιαφερόμενων μερών, όπως αποστολείς, διαμεταφορείς, διαχειριστές τερματικών και μεταφορείς εσωτερικών μεταφορών, δημιουργεί αναποτελεσματικότητες στη διοικητική μέριμνα, καθυστερήσεις στις λειτουργίες και προκλήσεις στη διατήρηση του συνεργατικού σχεδιασμού. Επιπλέον, η απουσία ενιαίων πρωτοκόλλων δεδομένων και εργαλείων ανάλυσης ενισχύει τη δυσκολία συντονισμού. Αυτός ο κατακερματισμός υπογραμμίζει την ανάγκη για προηγμένες τεχνολογικές λύσεις που να διευκολύνουν την επικοινωνία και την επιχειρησιακή ευθυγράμμιση σε ολόκληρη την εφοδιαστική αλυσίδα (Song, 2021).

Ο ψηφιακός μετασχηματισμός, παρότι προσφέρει τεράστιες δυνατότητες, παραμένει μια πρόκληση. Η υιοθέτηση τεχνολογιών όπως η τεχνητή νοημοσύνη (AI) υπόσχεται μεγαλύτερη διαφάνεια και λήψη αποφάσεων σε πραγματικό χρόνο, αλλά αντιμετωπίζει εμπόδια όπως το υψηλό κόστος υλοποίησης, η αντίσταση στην αλλαγή και η έλλειψη δεξιοτήτων. Επιπλέον, η έλλειψη ψηφιακής κουλτούρας και προσαρμογής μεταξύ των ενδιαφερομένων μερών δυσχεραίνει την ενσωμάτωση αυτών των τεχνολογιών. Πολλοί οργανισμοί εξακολουθούν να βασίζονται σε παλαιά συστήματα που δεν είναι συμβατά με σύγχρονες πλατφόρμες, δημιουργώντας σιλό που περιορίζουν τη ροή δεδομένων και εμποδίζουν την καινοτομία. Παράλληλα, η διαχείριση των ανησυχιών για την ασφάλεια των δεδομένων γίνεται όλο και πιο επιτακτική, με αποτέλεσμα να απαιτούνται σημαντικές επενδύσεις σε τεχνολογίες ασφάλειας και πρωτόκολλα κυβερνοπροστασίας. Η αντιμετώπιση αυτών των εμποδίων απαιτεί όχι μόνο επενδύσεις σε υποδομές, αλλά και ευρύτερη πολιτιστική αλλαγή και εκπαίδευση για την ενίσχυση της αποδοχής του ψηφιακού μετασχηματισμού (Goswami et al., 2024)

Η αποανθρακοποίηση αποτελεί άλλη μία σημαντική πρόκληση για την επίτευξη βιώσιμων εφοδιαστικών αλυσίδων, ιδιαίτερα σε βιομηχανίες με μεγάλη εξάρτηση από τις μεταφορές και ενεργοβόρες λειτουργίες. Για παράδειγμα, η ναυτιλιακή βιομηχανία πρέπει να μεταβεί σε καθαρότερες ενεργειακές πηγές, όπως βιοκαύσιμα, υδρογόνο ή ηλεκτροκίνηση, κάτι που απαιτεί εκτεταμένη έρευνα, υψηλό αρχικό κόστος και παγκόσμια κανονιστική συνεργασία. Επιπλέον, η αβεβαιότητα σχετικά με την αποδοτικότητα αυτών των τεχνολογιών και οι διαφοροποιήσεις στα παγκόσμια ρυθμιστικά πλαίσια δυσχεραίνουν την προσαρμογή. Μια ολιστική προσέγγιση που περιλαμβάνει τόσο τεχνολογικές προόδους όσο και αλλαγές στις επιχειρησιακές πρακτικές είναι απαραίτητη για την επίτευξη περιβαλλοντικών στόχων. Παράλληλα, η αυξανόμενη πίεση από τους καταναλωτές για βιώσιμες πρακτικές απαιτεί τη βελτίωση της διαφάνειας στις διαδικασίες εφοδιασμού και την παροχή πληροφοριών σχετικά με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των προϊόντων (Song, 2021).

Η ενσωμάτωση της Τεχνητής Νοημοσύνης στις εφοδιαστικές αλυσίδες προσφέρει τεράστιες δυνατότητες για τη βελτίωση της αποδοτικότητας και της λήψης αποφάσεων, αλλά συνοδεύεται από σημαντικές προκλήσεις. Ζητήματα όπως η κακή ποιότητα δεδομένων, οι ανησυχίες για την ασφάλεια και η έλλειψη εξειδικευμένων επαγγελματιών ικανών να διαχειριστούν συστήματα τεχνητής νοημοσύνης (AI) μπορεί να

παρεμποδίζουν την εφαρμογή της. Επιπλέον, η εξάρτηση από λύσεις που βασίζονται στην τεχνητή νοημοσύνη (AI) απαιτεί δεδομένα υψηλής ποιότητας σε πραγματικό χρόνο για να παρέχουν αξιόπιστες πληροφορίες. Παράλληλα, η ηθική διάσταση της χρήσης τεχνητής νοημοσύνης (AI), όπως η αποφυγή αλγοριθμικών προκαταλήψεων και η διασφάλιση της δικαιοσύνης στη λήψη αποφάσεων, αναδεικνύεται ως κρίσιμος τομέας. Οι οργανισμοί πρέπει να αντιμετωπίσουν αυτά τα εμπόδια για να αξιοποιήσουν πλήρως τις δυνατότητες της τεχνητής νοημοσύνης (AI) για διαχείριση αποθεμάτων, πρόβλεψη ζήτησης και επιχειρησιακή αποδοτικότητα (Fosso Wamba et al., 2022).

Η διαχείριση αποθεμάτων παραμένει ένα διαρκές ζήτημα στις εφοδιαστικές αλυσίδες, ειδικά στην εξισορρόπηση προσφοράς και ζήτησης. Η ικανότητα ακριβούς πρόβλεψης απαιτήσεων αποθεμάτων συχνά περιορίζεται από την έλλειψη ποιοτικών δεδομένων. Ενώ τα εργαλεία που βασίζονται στην τεχνητή νοημοσύνη (AI) δείχνουν δυναμική στην αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων μέσω προηγμένων προβλέψεων και βελτιστοποίησης, η αποτελεσματικότητά τους εξαρτάται από ισχυρά συστήματα συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων. Επιπλέον, οι αλλαγές στις καταναλωτικές τάσεις και οι απρόβλεπτες διαταραχές της αγοράς απαιτούν ευελιξία και δυναμικές λύσεις που μπορούν να ενσωματωθούν γρήγορα. Για να εξασφαλιστεί μια ολοκληρωμένη προσέγγιση, οι επιχειρήσεις χρειάζεται να συνδυάσουν τεχνολογικές και στρατηγικές λύσεις που θα ανταποκρίνονται στις ιδιαίτερες ανάγκες της αγοράς (Goswami et al., 2024).

4. Εφαρμογές μεθόδων τεχνητής νοημοσύνης στην εφοδιαστική αλυσίδα

Η ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης (AI) και της μηχανικής μάθησης (ML) στη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας (SCM) έχει μεταμορφώσει θεμελιωδώς τον τρόπο

με τον οποίο οι οργανισμοί προσεγγίζουν τη λογιστική, την πρόβλεψη και την επιχειρησιακή αποτελεσματικότητα. Οι παραδοσιακές εφοδιαστικές αλυσίδες βασίζονταν σε μεγάλο βαθμό σε χειροκίνητες διαδικασίες και άκαμπτα συστήματα που δυσκολεύονταν να προσαρμοστούν στις μεταβαλλόμενες απαιτήσεις ή απρόβλεπτες διαταραχές. Η τεχνητή νοημοσύνη (AI), με την ικανότητά της να προσομοιώνει την ανθρώπινη νοημοσύνη, έχει επιτρέψει στις εφοδιαστικές αλυσίδες να μετακινηθούν από αντιδραστικά σε προληπτικά μοντέλα, προβλέποντας προκλήσεις και παρέχοντας εφαρμόσιμες λύσεις. Αυτά τα ευφυή συστήματα επεξεργάζονται τεράστια σύνολα δεδομένων, αναγνωρίζοντας πρότυπα και παρέχοντας πληροφορίες που καθοδηγούν τα πάντα, από την προμήθεια έως την παράδοση του τελευταίου μιλίου. Για παράδειγμα, η τεχνητή νοημοσύνη (AI) μπορεί να προβλέψει εμπόδια που προκαλούνται από εξωτερικούς παράγοντες, όπως ο καιρός ή οι γεωπολιτικές εντάσεις, επιτρέποντας έγκαιρες διορθώσεις πορείας. Αυτή η εξέλιξη έχει κάνει τις εφοδιαστικές αλυσίδες πιο ευέλικτες, ανταγωνιστικές και ικανές να διαχειρίζονται την πολυπλοκότητα των παγκόσμιων αγορών (Akbari & Do, 2021; Kalasani, 2023).

4.1 Πρόβλεψη Ζήτησης και Προγραμματισμός Αποθεμάτων

Η αποτελεσματική πρόβλεψη ζήτησης και ο σχεδιασμός αποθεμάτων είναι ζωτικής σημασίας για τη διατήρηση της αποδοτικότητας της εφοδιαστικής αλυσίδας και τη μείωση του κόστους. Οι παραδοσιακές μέθοδοι βασίζονται σε ιστορικά δεδομένα πωλήσεων και στατιστικά μοντέλα, αλλά η τεχνητή νοημοσύνη (AI) βελτιώνει αυτή τη διαδικασία ενσωματώνοντας δεδομένα σε πραγματικό χρόνο, εξωτερικές τάσεις της αγοράς και προγνωστικές αναλύσεις. Οι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης μπορούν να εντοπίσουν πολύπλοκα μοτίβα, να προβλέψουν διακυμάνσεις στη ζήτηση και να βελτιστοποιήσουν τα επίπεδα αποθεμάτων, μειώνοντας τον κίνδυνο υπερβολικού αποθέματος ή ελλείψεων. Τα συστήματα διαχείρισης αποθεμάτων που βασίζονται στην τεχνητή νοημοσύνη (AI) προσαρμόζονται επίσης δυναμικά στις αλλαγές στη συμπεριφορά των καταναλωτών, βελτιώνοντας τη συνολική ανταπόκριση και αποδοτικότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Η ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης και της μηχανικής μάθησης στη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας έχει μεταμορφώσει θεμελιωδώς τον τρόπο με τον οποίο οι οργανισμοί προσεγγίζουν την πρόβλεψη και την επιχειρησιακή αποτελεσματικότητα. Πέρα από την ανάλυση ιστορικών δεδομένων, η τεχνητή νοημοσύνη (AI) μπορεί να

προβλέπει διαταραχές που προκαλούνται από εξωτερικούς παράγοντες, όπως καιρικές συνθήκες ή γεωπολιτικές εντάσεις, επιτρέποντας στις επιχειρήσεις να εφαρμόσουν έγκαιρα διορθωτικές ενέργειες (Akbari & Do, 2021); (Kalasani, 2023). Αυτή η προγνωστική ικανότητα διασφαλίζει μεγαλύτερη ανθεκτικότητα στις λειτουργίες της εφοδιαστικής αλυσίδας, αντιμετωπίζοντας προληπτικά πιθανά εμπόδια.

Πρόσφατες έρευνες αναδεικνύουν τον μετασχηματιστικό ρόλο της τεχνητής νοημοσύνης (AI) στη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας. Τα εργαλεία που βασίζονται στην τεχνητή νοημοσύνη (AI) αξιοποιούν ιστορικά δεδομένα, τάσεις της αγοράς και εξωτερικούς παράγοντες, όπως οικονομικές μεταβολές και καιρικές συνθήκες, για να παρέχουν πιο ακριβείς προβλέψεις ζήτησης (Uche Nweje & Moyosore Taiwo, 2025). Αυτά τα προγνωστικά μοντέλα που βασίζονται στην τεχνητή νοημοσύνη (AI) βελτιώνουν σημαντικά την αποδοτικότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας, μειώνοντας τις αβεβαιότητες και βελτιώνοντας τη λήψη αποφάσεων μέσω αυτοματοποιημένης επεξεργασίας δεδομένων και προηγμένων αλγορίθμων μηχανικής μάθησης. Με την ενσωμάτωση εξωτερικών μεταβλητών στα μοντέλα πρόβλεψης, οι επιχειρήσεις μπορούν να προβλέψουν καλύτερα τις διακυμάνσεις της ζήτησης και να βελτιστοποιήσουν τη διαχείριση των πόρων τους.

Οι λύσεις που βασίζονται στην τεχνητή νοημοσύνη (AI), όπως η μηχανική μάθηση και τα ψηφιακά δίδυμα, βελτιώνουν περαιτέρω την ακρίβεια των αποθεμάτων, μειώνουν το κόστος εφοδιαστικής και βελτιώνουν την παροχή υπηρεσιών (Agilent & Verma, n.d.). Αυτά τα προηγμένα συστήματα επιτρέπουν στις επιχειρήσεις να προβλέπουν τις τάσεις των καταναλωτών με μεγαλύτερη ακρίβεια, διευκολύνοντας τις προσαρμογές αποθεμάτων σε πραγματικό χρόνο και βελτιώνοντας τον συντονισμό της εφοδιαστικής αλυσίδας. Ως αποτέλεσμα, οι επιχειρήσεις που υιοθετούν συστήματα πρόβλεψης ζήτησης που βασίζονται στην τεχνητή νοημοσύνη (AI) επωφελούνται από αυξημένη ανθεκτικότητα και προσαρμοστικότητα στις δυναμικές αλλαγές της αγοράς, διασφαλίζοντας ότι τα επίπεδα αποθεμάτων είναι ευθυγραμμισμένα με τις εξελισσόμενες ανάγκες των καταναλωτών.

Η ενσωμάτωση της πρόβλεψης ζήτησης που βασίζεται στην τεχνητή νοημοσύνη (AI) με μεθοδολογίες επιχειρηματικής ευφυΐας (Business Intelligence -BI) διαδραματίζει επίσης κρίσιμο ρόλο στη βελτίωση της ακρίβειας πρόβλεψης. Ο(Khan et al., 2020) διερευνούν πώς τα εργαλεία επιχειρησιακής ευφυΐας (BI) ενισχύουν την πρόβλεψη, συνδυάζοντας παραδοσιακές στατιστικές τεχνικές με πληροφορίες που προέρχονται από την τεχνητή

νοημοσύνη (AI). Αυτός ο συνδυασμός οδηγεί σε πιο αξιόπιστες στρατηγικές διαχείρισης αποθεμάτων και βελτιστοποίηση της κατανομής των πόρων. Τα εργαλεία επιχειρησιακής ευφυΐας (BI) υποστηρίζουν επίσης τη λήψη αποφάσεων βάσει δεδομένων, επιτρέποντας στις επιχειρήσεις να ευθυγραμμίζουν τις στρατηγικές αποθεμάτων με τις μεταβαλλόμενες συμπεριφορές και τάσεις των καταναλωτών.

Επιπλέον, η τεχνητή νοημοσύνη (TN) ανανεώνει συνεχώς τα προγνωστικά μοντέλα με βάση δεδομένα σε πραγματικό χρόνο, καθιστώντας τα πολύ πιο αποτελεσματικά από τις στατικές μεθόδους πρόβλεψης (Praveen Kumar et al., 2024). Ενσωματώνοντας εξωτερικούς δείκτες όπως οικονομικές τάσεις, γεωπολιτικές επιρροές και δεδομένα πωλήσεων σε πραγματικό χρόνο, η πρόβλεψη που βασίζεται στην τεχνητή νοημοσύνη (TN) διασφαλίζει μια πιο δυναμική και προσαρμοστική στρατηγική εφοδιαστικής αλυσίδας. Αυτή η συνεχής ενημέρωση των μοντέλων επιτρέπει στις επιχειρήσεις να προλαμβάνουν τις διακυμάνσεις της ζήτησης και να βελτιστοποιούν τα επίπεδα αποθεμάτων αποδοτικά.

Ο αντίκτυπος της τεχνητής νοημοσύνης (TN) επεκτείνεται επίσης στη διαχείριση εποχικών και αγοραίων διακυμάνσεων δυναμικά. Ο (Colin D Lewis, 1997) εξετάζει πώς τα μοντέλα ενισχυτικής μάθησης επιτρέπουν την αυτόματη προσαρμογή των επιπέδων αποθεμάτων σε απρόβλεπτες αυξήσεις ζήτησης ή διαταραχές της εφοδιαστικής αλυσίδας. Αυτά τα προσαρμοστικά συστήματα διασφαλίζουν τη συνεχή διαθεσιμότητα προϊόντων, ελαχιστοποιούν τις απώλειες και βελτιώνουν τη συνολική αποδοτικότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας. Οι επιχειρήσεις που ενσωματώνουν την τεχνητή νοημοσύνη (TN) στις στρατηγικές πρόβλεψης ζήτησης αποκτούν ανταγωνιστικό πλεονέκτημα, ανταποκρινόμενες γρήγορα και αποτελεσματικά στις απαιτήσεις της αγοράς, διασφαλίζοντας τόσο την κερδοφορία όσο και την ικανοποίηση των πελατών.

4.2 Βελτιστοποίηση διανομής και μεταφορών

Το δίκτυο μεταφοράς και διανομής αποτελεί κρίσιμο στοιχείο της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας, επηρεάζοντας άμεσα το κόστος, την ταχύτητα παράδοσης και την ικανοποίηση των πελατών. Η ενσωμάτωση λύσεων τεχνητής νοημοσύνης (AI) έχει μεταμορφώσει τα logistics μέσω προηγμένων τεχνικών βελτιστοποίησης διαδρομών, παρακολούθησης σε πραγματικό χρόνο και προγνωστικής ανάλυσης. Αναλύοντας τις

συνθήκες κυκλοφορίας, την κατανάλωση καυσίμου και τους περιορισμούς παράδοσης, η τεχνητή νοημοσύνη επιτρέπει στις επιχειρήσεις να μειώσουν το κόστος μεταφοράς και να περιορίσουν τις καθυστερήσεις. Επιπλέον, τα συστήματα διαχείρισης στόλου που βασίζονται στην τεχνητή νοημοσύνη (AI) βελτιώνουν τη χρήση των οχημάτων, βελτιστοποιούν τα προγράμματα παράδοσης και διασφαλίζουν τη συμμόρφωση με τους κανονισμούς, συμβάλλοντας σε μια πιο ανθεκτική και οικονομικά αποδοτική εφοδιαστική αλυσίδα.

Ο (Helo & Hao, 2022) τονίζουν τον μετασχηματιστικό ρόλο της τεχνητής νοημοσύνης στη διαχείριση των λειτουργιών της εφοδιαστικής αλυσίδας, ειδικά στη δυνατότητα προσαρμογής των μεταφορών σε πραγματικό χρόνο. Τα συστήματα λήψης αποφάσεων που βασίζονται στην τεχνητή νοημοσύνη (AI) βελτιώνουν τη χρήση του στόλου και μειώνουν τις συμφόρησεις στα δίκτυα διανομής, οδηγώντας σε αυξημένα επίπεδα εξυπηρέτησης και εξοικονόμηση κόστους. Επιπλέον, οι αναλύσεις δεδομένων που καθοδηγούνται από την τεχνητή νοημοσύνη (AI) επιτρέπουν στις επιχειρήσεις να προβλέπουν και να αντιμετωπίζουν προληπτικά διαταραχές στα logistics, εξασφαλίζοντας σταθερή και αξιόπιστη απόδοση στις παραδόσεις.

Συνεχίζοντας προς αυτήν την κατεύθυνση, οι (Fahimnia et al., 2012) εξετάζουν πώς οι τεχνικές βελτιστοποίησης που βασίζονται στην τεχνητή νοημοσύνη (AI), όπως οι γενετικοί αλγόριθμοι, βελτιώνουν τον σχεδιασμό της παραγωγής και της διανομής. Με τον συγχρονισμό των προγραμμάτων παραγωγής και της μεταφοράς, οι εφοδιαστικές αλυσίδες μπορούν να διατηρούν μια ομαλή ροή προϊόντων, ενώ παράλληλα μειώνουν το κόστος και τις καθυστερήσεις. Αυτή η ευθυγράμμιση βελτιώνει τη συνολική απόδοση και μειώνει τις αναποτελεσματικότητες που σχετίζονται με τα πλεονάζοντα αποθέματα και τις μη βέλτιστες διαδρομές μεταφοράς.

Ένας βασικός τομέας όπου η τεχνητή νοημοσύνη συμβάλλει σημαντικά είναι η διαχείριση της κυκλοφορίας και ο έλεγχος της συμφόρησης. Οι (Abduljabbar et al., 2019) διερευνούν τις εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης (AI) στις μεταφορές, αναδεικνύοντας την αξία των προγνωστικών μοντέλων που παρέχουν πληροφορίες κυκλοφορίας σε πραγματικό χρόνο. Αυτές οι λύσεις επιτρέπουν στις εταιρείες να ανακατευθύνουν δυναμικά τις αποστολές τους, μειώνοντας τους χρόνους παράδοσης – κάτι ιδιαίτερα σημαντικό για τη μεταφορά ευπαθών προϊόντων και τις διαδικασίες just-in-time logistics. Επιπλέον, η βελτιστοποίηση των διαδρομών και η μείωση του χρόνου αδράνειας

συνεισφέρουν στη βιωσιμότητα, μειώνοντας την κατανάλωση καυσίμου και τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου.

Προχωρώντας ακόμη περισσότερο στις εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης (AI) στα logistics, οι (Nozari et al., 2025) εξετάζουν τον ρόλο της Τεχνητής Νοημοσύνης του Διαδικτύου των Πραγμάτων (AIoT) (Artificial Intelligence of Things) στη διαχείριση της ψυχρής εφοδιαστικής αλυσίδας. Τα συστήματα παρακολούθησης με τεχνητή νοημοσύνη, σε συνδυασμό με αισθητήρες διαδικτύου των πραγμάτων (IoT), βελτιώνουν την ορατότητα και τον έλεγχο των δικτύων διανομής που απαιτούν συγκεκριμένες θερμοκρασίες. Αυτή η τεχνολογική ολοκλήρωση μειώνει τα ποσοστά αλλοίωσης, διασφαλίζει τη συμμόρφωση με τους κανονισμούς και ενισχύει την αξιοπιστία της εφοδιαστικής αλυσίδας τροφίμων και φαρμακευτικών προϊόντων, διατηρώντας τις βέλτιστες συνθήκες αποθήκευσης και μεταφοράς.

Οι (Chuka Anthony Arinze et al., 2025) παρουσιάζουν ένα μοντέλο βελτιστοποίησης μεταφορών και διανομής με βάση την τεχνητή νοημοσύνη (AI) (TDOM), σχεδιασμένο ειδικά για τον τομέα των καυσίμων. Η έρευνά τους δείχνει πώς η προγνωστική ανάλυση και οι τεχνικές εποπτευόμενης μάθησης συμβάλλουν στη μείωση της κατανάλωσης καυσίμου, στη βελτιστοποίηση των διαδρομών διανομής και στη βελτίωση της βιωσιμότητας των μεταφορών. Με την ενσωμάτωση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο από διάφορες πηγές—όπως αποθέματα πρατηρίων καυσίμων, καιρικές συνθήκες και κυκλοφοριακά μοτίβα—το μοντέλο βελτιστοποίησης μεταφορών και διανομής (TDOM) επιτρέπει στις επιχειρήσεις να λαμβάνουν έξυπνες, βασισμένες σε δεδομένα αποφάσεις που ενισχύουν την επιχειρησιακή ανθεκτικότητα και την οικονομική αποδοτικότητα.

Ένα από τα πιο σημαντικά ζητήματα στη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι το «φαινόμενο μαστιγίου», όπου μικρές διακυμάνσεις στη ζήτηση μπορούν να προκαλέσουν μεγάλες στρεβλώσεις στα ανωγερής τμήματα της αλυσίδας. Η τεχνητή νοημοσύνη και η μηχανική μάθηση διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στην αντιμετώπιση αυτού του φαινομένου, προσφέροντας αναλύσεις δεδομένων σε πραγματικό χρόνο και προγνωστικά μοντέλα (Tirkolaee & Aydin, 2022) et . Αυτές οι τεχνολογίες εξασφαλίζουν τον αρμονικό συντονισμό μεταξύ των διανομέων, μειώνοντας τα πλεονάζοντα αποθέματα και δημιουργώντας μια πιο αποδοτική και αποτελεσματική εφοδιαστική αλυσίδα.

4.3 Αυτοματοποίηση αποθηκών

Οι αποθήκες αποτελούν τη ραχοκοκαλιά των λειτουργιών της εφοδιαστικής αλυσίδας και η αυτοματοποίηση που υποστηρίζεται από την τεχνητή νοημοσύνη (TN) μεταμορφώνει την αποδοτικότητα και την ακρίβειά τους. Η ρομποτική, η όραση υπολογιστή και τα συστήματα διαχείρισης αποθηκών που βασίζονται στην τεχνητή νοημοσύνη (TN) βελτιστοποιούν τη διαχείριση αποθεμάτων, τις διαδικασίες συλλογής, συσκευασίας και αποστολής. Οι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης αναλύουν τα μοτίβα παραγγελιών ώστε να βελτιώσουν τη διάταξη της αποθήκης, μειώνοντας τον χρόνο εκπλήρωσης και το λειτουργικό κόστος. Τα αυτόματα οχήματα καθοδήγησης (AGV) και οι ρομποτικοί βραχίονες ενισχύουν την ακρίβεια στις λειτουργίες αποθήκης, μειώνοντας τα ανθρώπινα λάθη και βελτιώνοντας τη δυνατότητα κλιμάκωσης. Οι αποθήκες που υποστηρίζονται από την τεχνητή νοημοσύνη (TN) οδηγούν τελικά σε ταχύτερη επεξεργασία παραγγελιών, χαμηλότερα λειτουργικά έξοδα και βελτιωμένη ικανοποίηση των πελατών (Nishar, 2024).

Η αυτοματοποίηση που υποστηρίζεται από την τεχνητή νοημοσύνη (TN) επεκτείνεται πέρα από την πρόβλεψη και τη βελτιστοποίηση, φτάνοντας έως και την επιχειρησιακή εκτέλεση. Η ρομποτική αυτοματοποίηση διεργασιών και τα αυτόνομα οχήματα χρησιμοποιούνται ολοένα και περισσότερο σε αποθήκες. Για παράδειγμα, εταιρείες όπως η KiwiBot χρησιμοποιούν αυτόνομα ρομποτικά συστήματα για την πλοήγηση σε αστικά περιβάλλοντα, προσφέροντας αποδοτικές και βιώσιμες παραδόσεις (Younis et al., 2022).

Η έρευνα έχει δείξει ότι η αυτοματοποίηση που βασίζεται στην τεχνητή νοημοσύνη (TN) βελτιώνει σημαντικά την αποδοτικότητα των αποθηκών σε διάφορους τομείς. Η τεχνητή νοημοσύνη (TN) ενισχύει την παρακολούθηση των αποθεμάτων σε πραγματικό χρόνο, βελτιστοποιεί τις διαδρομές συλλογής και επιτρέπει τον δυναμικό προγραμματισμό των παραδόσεων, βελτιώνοντας έτσι τη συνολική αποδοτικότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας (Enoch Oluwademilade Sodiya et al., 2024). Τα συστήματα διαχείρισης αποθηκών που υποστηρίζονται από την τεχνητή νοημοσύνη (TN) παρέχουν παρακολούθηση αποθεμάτων σε πραγματικό χρόνο, εξασφαλίζοντας τη μείωση της υπερβολικής αποθήκευσης και των ελλείψεων, ενώ παράλληλα βελτιώνουν τον προγραμματισμό και

μειώνουν τη σπατάλη (Nishar, 2024). Μια συγκριτική μελέτη αποκάλυψε ότι η αυτοματοποίηση μέσω τεχνητής νοημοσύνης (TN) έχει αυξήσει την ακρίβεια των αποθεμάτων κατά 92% σε κάθετα δομημένες αποθήκες, σε σύγκριση με μόνο 47% βελτίωση από την καταγραφή αποθεμάτων με χρήση drone. Επιπλέον, τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης (TN) βελτιστοποιούν την εκπλήρωση παραγγελιών αυξάνοντας την παραγωγικότητα των συλλεκτών κατά 35% και την ικανότητα εκπλήρωσης κατά 40%, ενώ τα drones έδειξαν μόνο 19% βελτίωση (Enoch Oluwademilade Sodiya et al., 2024).

Η εισαγωγή αυτόνομων κινητών ρομπότ, ρομποτικών βραχιόνων και αυτόματων οχημάτων καθοδήγησης έχει αλλάξει ριζικά τις λειτουργίες των αποθηκών. Αυτά τα συστήματα βελτιώνουν τη διαχείριση υλικών, ενισχύοντας την ακρίβεια στην αναγνώριση αντικειμένων, τη συλλογή και τη συσκευασία (Enoch Oluwademilade Sodiya et al., 2024). Οι ρομποτικοί βραχίονες που βασίζονται στην όραση υπολογιστή βοηθούν πλέον στην ταξινόμηση και τη συσκευασία αντικειμένων, μειώνοντας τα σφάλματα και αυξάνοντας την ταχύτητα λειτουργίας. Τα αυτόματα οχήματα καθοδήγησης που υποστηρίζονται από την τεχνητή νοημοσύνη (TN) πλοηγούνται αυτόνομα στις αποθήκες, βελτιστοποιώντας τις διαδρομές συλλογής και προσαρμόζοντας δυναμικά τη διάταξη της αποθήκης, μειώνοντας έτσι τον συνολικό χρόνο κύκλου εκπλήρωσης παραγγελιών (Egorov et al., 2022).

Η επιτάχυνση της εφοδιαστικής αλυσίδας μέσω της αυτοματοποίησης που βασίζεται στην τεχνητή νοημοσύνη (TN) έχει εξελιχθεί σε ανταγωνιστικό πλεονέκτημα στις σύγχρονες επιχειρήσεις. Εταιρείες όπως η Ocado και η Amazon έχουν εφαρμόσει με επιτυχία εκτεταμένα ρομποτικά συστήματα αυτοματοποίησης, μειώνοντας σημαντικά τους χρόνους επεξεργασίας παραγγελιών και αυξάνοντας τη ροή των αποθηκών. Οι πλήρως αυτοματοποιημένες αποθήκες της Ocado επεξεργάζονται πάνω από ένα εκατομμύριο παραγγελίες την ημέρα, με ρομποτικά συστήματα να διαχειρίζονται την αποθήκευση, τη συλλογή παραγγελιών και την αποστολή με ελάχιστη ανθρώπινη παρέμβαση. Στην περίπτωση της Amazon, τα ρομποτικά συστήματα αποθήκης έχουν βελτιστοποιήσει τη χρήση του αποθηκευτικού χώρου κατά 50% και έχουν μειώσει το λειτουργικό κόστος κατά 20% (Egorov et al., 2022). Αυτές οι εφαρμογές αποδεικνύουν τη μετασχηματιστική επίδραση της αυτοματοποίησης μέσω τεχνητή νοημοσύνη (TN) στη μείωση των ανθρώπινων σφαλμάτων, στη βελτίωση της δυνατότητας κλιμάκωσης και στην ενίσχυση της ακρίβειας των παραγγελιών (Ylä-Autio, n.d.).

Παρά τα οφέλη, εξακολουθούν να υπάρχουν προκλήσεις στην πλήρη αυτοματοποίηση των αποθηκών. Τα συστήματα αυτοματοποίησης που βασίζονται στην τεχνητή νοημοσύνη (TN) απαιτούν σημαντικές επενδύσεις σε υποδομές, δυνατότητες επεξεργασίας δεδομένων και εκπαίδευση του εργατικού δυναμικού. Η μετάβαση από ημι-αυτοματοποιημένες σε πλήρως αυτόνομες αποθήκες αποδεικνύεται περίπλοκη, καθώς τα ρομπότ πρέπει να αναπτύξουν προηγμένη επιδεξιότητα και ικανότητες λήψης αποφάσεων αντίστοιχες με εκείνες των ανθρώπινων εργαζομένων (Enoch Oluwademilade Sodiya et al., 2024). Ωστόσο, οι συνεχείς εξελίξεις στη μηχανική μάθηση, τη μάθηση ενισχύσεων και τις λύσεις edge computing αναμένεται να οδηγήσουν σε περαιτέρω καινοτομίες στην αυτοματοποίηση των αποθηκών. Καθώς η τεχνολογία τεχνητής νοημοσύνης (TN) συνεχίζει να εξελίσσεται, οι αποθήκες θα επιτύχουν ακόμη μεγαλύτερα επίπεδα αποδοτικότητας, ακρίβειας και προσαρμοστικότητας, καθιστώντας την αυτοματοποίηση μέσω τεχνητής νοημοσύνης (TN) θεμελιώδες στοιχείο της σύγχρονης εφοδιαστικής αλυσίδας (Nishar, 2024).

4.4 Επιλογή προμηθευτών και διαχείριση κινδύνων

Η επιλογή των κατάλληλων προμηθευτών και η αποτελεσματική διαχείριση των κινδύνων είναι ζωτικής σημασίας για τη διατήρηση μιας ανθεκτικής εφοδιαστικής αλυσίδας. Η τεχνητή νοημοσύνη βελτιώνει την αξιολόγηση των προμηθευτών αναλύοντας παράγοντες όπως οι τάσεις τιμολόγησης, η απόδοση παράδοσης, τα αρχεία συμμόρφωσης και οι γεωπολιτικοί κίνδυνοι. Τα μοντέλα μηχανικής μάθησης μπορούν να προβλέψουν πιθανούς κινδύνους παρακολουθώντας παγκόσμια γεγονότα, οικονομικές αναφορές και την κοινωνική ανάλυση συναισθήματος. Τα εργαλεία διαχείρισης κινδύνων που βασίζονται στην τεχνητή νοημοσύνη (TN) παρέχουν πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο, επιτρέποντας στις επιχειρήσεις να λαμβάνουν προληπτικά μέτρα για την αντιμετώπιση των διαταραχών. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ισχυρότερες σχέσεις με τους προμηθευτές, μειωμένους κινδύνους προμηθειών και πιο σταθερές λειτουργίες της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Η επιλογή προμηθευτών διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στη διασφάλιση της αποδοτικότητας, της οικονομικής βιωσιμότητας και της ανθεκτικότητας των εφοδιαστικών αλυσίδων. Στην εποχή της Βιομηχανίας 4.0, οι επιχειρήσεις στρέφονται

όλο και περισσότερο σε μεθόδους λήψης αποφάσεων πολλαπλών κριτηρίων (Multi-Criteria Decision Making- MCDM) για την αξιολόγηση των προμηθευτών βάσει παραγόντων όπως το κόστος, η ποιότητα, η βιωσιμότητα και η τεχνολογική ετοιμότητα. (Sahoo et al., 2024) Οι αναλύσεις που βασίζονται στην τεχνητή νοημοσύνη (TN) ενισχύουν αυτή τη διαδικασία ενσωματώνοντας big data, διαδίκτυο πραγμάτων (IoT) και προγνωστική μοντελοποίηση, προσφέροντας μια πιο δυναμική και ολοκληρωμένη αξιολόγηση της απόδοσης των προμηθευτών. Η ικανότητα ανάλυσης της έκθεσης των προμηθευτών σε κινδύνους, της ψηφιακής τους ωριμότητας και της συμμόρφωσής τους με τα πρότυπα βιωσιμότητας επιτρέπει στις οργανώσεις να λαμβάνουν τεκμηριωμένες αποφάσεις που ευθυγραμμίζονται με τους μακροπρόθεσμους στρατηγικούς στόχους τους. Επιπλέον, η τεχνητή νοημοσύνη (TN) ενισχύει τη διαφάνεια αξιοποιώντας την τεχνολογία blockchain για τη δημιουργία αμετάβλητων αρχείων συναλλαγών, διασφαλίζοντας τη λογοδοσία και μειώνοντας τους κινδύνους που σχετίζονται με την απάτη, τις ποιοτικές ασυνέπειες και τις ανήθικες πρακτικές.

Η υιοθέτηση των ψηφιακών δίδυμων ενισχύει περαιτέρω την επιλογή προμηθευτών και τη διαχείριση κινδύνων, επιτρέποντας στις επιχειρήσεις να προσομοιώνουν διαφορετικά σενάρια προμήθειας και να προβλέπουν τον αντίκτυπο των διαταραχών πριν αυτές συμβούν. Αυτή η προληπτική προσέγγιση βοηθά τις ομάδες προμηθειών να βελτιστοποιήσουν τις στρατηγικές διαφοροποίησης των προμηθευτών, διασφαλίζοντας τη συνέχεια των επιχειρήσεων ακόμη και σε συνθήκες αβεβαιότητας. Η τεχνητή νοημοσύνη (TN) επιτρέπει επίσης την ανάπτυξη ισχυρότερων συνεργασιών μεταξύ επιχειρήσεων και προμηθευτών, προωθώντας τη συνεργασία που βασίζεται σε δεδομένα, βελτιώνοντας την εμπιστοσύνη και διευκολύνοντας τις διαπραγματεύσεις συμβολαίων. Η μετάβαση σε έξυπνες διαδικασίες επιλογής προμηθευτών είναι ιδιαίτερα κρίσιμη σε βιομηχανίες όπου η σταθερότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι ζωτικής σημασίας, όπως η φαρμακευτική, η αυτοκινητοβιομηχανία και τα προϊόντα υψηλής τεχνολογίας.

Η διαχείριση κινδύνων στις εφοδιαστικές αλυσίδες έχει εξελιχθεί σημαντικά με την ενσωμάτωση της προγνωστικής ανάλυσης και των συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων που βασίζονται στην τεχνητή νοημοσύνη (TN). Οι παραδοσιακές προσεγγίσεις μετριασμού των κινδύνων βασίζονταν σε ιστορικά δεδομένα και στατικές αξιολογήσεις, ενώ η τεχνητή νοημοσύνη (TN) επιτρέπει την παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο και τη δυναμική μοντελοποίηση κινδύνων. Αναλύοντας μακροοικονομικούς δείκτες, οικονομικές αναφορές και γεγονότα που επηρεάζουν τις εφοδιαστικές αλυσίδες, τα

συστήματα που βασίζονται στην τεχνητή νοημοσύνη (TN) μπορούν να προβλέψουν πιθανές διαταραχές, όπως πτωχεύσεις προμηθευτών, αλλαγές στη νομοθεσία ή φυσικές καταστροφές. Η ικανότητα της τεχνητής νοημοσύνης (TN) να ανιχνεύει μοτίβα και ανωμαλίες σε τεράστια σύνολα δεδομένων την καθιστά ανεκτίμητο εργαλείο για την αναγνώριση πιθανών κινδύνων πριν αυτοί κλιμακωθούν σε μεγάλες κρίσεις.(Baryannis, Validi, et al., 2019)

Ένα από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα της τεχνητής νοημοσύνης (TN) στη διαχείριση κινδύνων είναι η δυνατότητά της να βελτιώνει την ανθεκτικότητα των εφοδιαστικών αλυσίδων μέσω προσομοιώσεων κινδύνων και αξιολόγησης των επιπτώσεών τους. Οι TN-driven προσομοιώσεις και τα stress tests βοηθούν τις επιχειρήσεις να εντοπίσουν αδυναμίες στα δίκτυα προμηθευτών τους, επιτρέποντάς τους να αναπτύξουν σχέδια έκτακτης ανάγκης, όπως η διαφοροποίηση των προμηθευτών, η εξασφάλιση εναλλακτικών διαδρομών μεταφοράς ή η αύξηση των αποθεμάτων ασφαλείας. Για παράδειγμα, κατά τον αποκλεισμό της Διώρυγας του Σουέζ, οι πλατφόρμες logistics που βασίζονται στην τεχνητή νοημοσύνη (TN) επέτρεψαν στις εταιρείες να αναδρομολογήσουν τις αποστολές τους σε πραγματικό χρόνο, αποφεύγοντας σημαντικές καθυστερήσεις και οικονομικές απώλειες.(Baryannis, Dani, et al., 2019) Ομοίως, τα μοντέλα ανάλυσης κινδύνου προμηθευτών που ενισχύονται από την τεχνητή νοημοσύνη (TN) έχουν βοηθήσει τις επιχειρήσεις να προβλέψουν οικονομική αστάθεια στους προμηθευτές, επιτρέποντάς τους να λάβουν διορθωτικά μέτρα πριν συμβούν διαταραχές.

Η ικανότητα πρόβλεψης κινδύνων και λήψης προληπτικών μέτρων μετασχηματίζει τη διαχείριση κινδύνων της εφοδιαστικής αλυσίδας από μια αντιδραστική σε μια προληπτική προσέγγιση. Τα εργαλεία που βασίζονται στην τεχνητή νοημοσύνη (TN) παρακολουθούν συνεχώς εξωτερικούς παράγοντες, όπως γεωπολιτικές εντάσεις, ακραία καιρικά φαινόμενα και οικονομικές διακυμάνσεις, παρέχοντας στους διαχειριστές της εφοδιαστικής αλυσίδας πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο που επιτρέπουν ευέλικτη λήψη αποφάσεων. Αυτή η δυναμική προσέγγιση στη διαχείριση κινδύνων βοηθά τις επιχειρήσεις να μειώσουν οικονομικές απώλειες, να διατηρήσουν τα χρονοδιαγράμματα παραγωγής και να διασφαλίσουν τη φήμη τους σε ένα όλο και πιο ασταθές επιχειρηματικό περιβάλλον.

Η ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης (TN) στην επιλογή προμηθευτών και τη διαχείριση κινδύνων σηματοδοτεί μια θεμελιώδη αλλαγή στον τρόπο λειτουργίας των εφοδιαστικών αλυσίδων. Με τη χρήση μηχανικής μάθησης, big data και αυτοματισμού,

οι επιχειρήσεις μπορούν να βελτιώσουν την αξιολόγηση των προμηθευτών, να προβλέψουν διαταραχές και να βελτιστοποιήσουν τις στρατηγικές προμηθειών. Αυτές οι εξελίξεις οδηγούν σε πιο ανθεκτικές και προσαρμοστικές εφοδιαστικές αλυσίδες, ικανές να αντεπεξέλθουν στις αβεβαιότητες και στις συνεχώς μεταβαλλόμενες συνθήκες της αγοράς (Deiva Ganesh & Kalpana, 2022). Καθώς η τεχνητή νοημοσύνη (TN) συνεχίζει να εξελίσσεται, ο ρόλος της στη λήψη αποφάσεων στην εφοδιαστική αλυσίδα θα γίνει ακόμη πιο προηγμένος, ενισχύοντας περαιτέρω την ικανότητα των επιχειρήσεων να διαχειρίζονται την πολυπλοκότητα και να εξασφαλίζουν τη μακροπρόθεσμη επιτυχία τους.

4.5 Εξυπηρέτηση πελατών και εκτέλεση παραγγελιών

Η ικανοποίηση των πελατών αποτελεί βασικό παράγοντα επιτυχίας της εφοδιαστικής αλυσίδας και η τεχνητή νοημοσύνη (AI) διαδραματίζει ολοένα και μεγαλύτερο ρόλο στη βελτίωση των επιπέδων εξυπηρέτησης και της εκτέλεσης παραγγελιών. Τα chatbots και οι εικονικοί βοηθοί που υποστηρίζονται από τεχνητή νοημοσύνη (AI) ενισχύουν τις αλληλεπιδράσεις με τους πελάτες, παρέχοντας υποστήριξη σε πραγματικό χρόνο, παρακολουθώντας παραγγελίες και διαχειριζόμενοι ερωτήσεις με αποδοτικότητα. Οι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης βελτιστοποιούν την επεξεργασία παραγγελιών, προβλέποντας αιχμές στη ζήτηση και αυτοματοποιώντας καθήκοντα εκπλήρωσης. Επιπλέον, τα συστήματα προτάσεων που βασίζονται στην τεχνητή νοημοσύνη (AI) βοηθούν στην εξατομίκευση των εμπειριών των πελατών, οδηγώντας σε υψηλότερα ποσοστά διατήρησης. Με την απλοποίηση της εξυπηρέτησης πελατών και των λειτουργιών εκπλήρωσης παραγγελιών, η τεχνητή νοημοσύνη (AI) συμβάλλει σε ταχύτερες παραδόσεις και αυξημένη αφοσίωση πελατών.

Η εφαρμογή λύσεων εξυπηρέτησης πελατών που βασίζονται στην τεχνητή νοημοσύνη (AI) έχει φέρει επανάσταση στον τρόπο με τον οποίο οι επιχειρήσεις αλληλεπιδρούν με τους πελάτες τους. Τα chatbots, εξοπλισμένα με δυνατότητες επεξεργασίας φυσικής γλώσσας (NLP), επιτρέπουν απρόσκοπτη επικοινωνία, μειώνοντας τους χρόνους απόκρισης και βελτιώνοντας την αποτελεσματικότητα της επίλυσης προβλημάτων (Echegu, 2024). Αυτά τα chatbots δεν απαντούν μόνο σε βασικές ερωτήσεις, αλλά παρέχουν και εξατομικευμένες προτάσεις, διευκολύνοντας τις τροποποιήσεις παραγγελιών. Οι εικονικοί βοηθοί ενισχύουν περαιτέρω αυτή τη διαδικασία,

ενσωματώνοντας επιχειρηματικά συστήματα που επιτρέπουν στους πελάτες να έχουν πρόσβαση σε ενημερώσεις αποθεμάτων, χρόνους παράδοσης και κατάσταση παραγγελίας σε πραγματικό χρόνο. Μέσω αυτών των εξελίξεων, οι εταιρείες διασφαλίζουν ότι οι προσδοκίες των πελατών ικανοποιούνται με ακρίβεια, ελαχιστοποιώντας τη δυσαρέσκεια και αυξάνοντας την αλληλεπίδραση.

Πέρα από την άμεση εξυπηρέτηση πελατών, η τεχνητή νοημοσύνη (AI) συμβάλλει σημαντικά στην εκπλήρωση των παραγγελιών βελτιώνοντας τα Συστήματα Διανεμημένης Διαχείρισης Παραγγελιών (DOM). Αυτά τα συστήματα, που καθοδηγούνται από την τεχνητή νοημοσύνη (AI), χρησιμοποιούν την ανάλυση προβλέψεων και την αυτοματοποίηση για τη διαχείριση παραγγελιών πολλαπλών καναλιών, τη βελτιστοποίηση στρατηγικών εκτέλεσης και τη μείωση των χρόνων παράδοσης (Bombardier et al., 2024). Τα παραδοσιακά συστήματα διαχείρισης παραγγελιών συχνά δυσκολεύονται να διαχειριστούν μεγάλους όγκους δεδομένων και να προσαρμοστούν σε πραγματικές μεταβολές της ζήτησης. Οι πλατφόρμες συστημάτων διανεμημένης διαχείρισης παραγγελιών (DOM) που υποστηρίζονται από τεχνητή νοημοσύνη (AI), ειδικά όσες είναι ενσωματωμένες σε περιβάλλοντα SAP, παρέχουν εξελιγμένη λογική επεξεργασίας παραγγελιών. Προσαρμόζουν δυναμικά τη δρομολόγηση των παραγγελιών, βελτιστοποιούν τη διανομή αποθεμάτων και μειώνουν το λειτουργικό κόστος, επιλέγοντας τα πιο αποδοτικά κέντρα εκπλήρωσης για την αποστολή προϊόντων. Η αυτοματοποίηση αυτών των διαδικασιών διασφαλίζει ότι οι πελάτες λαμβάνουν τα προϊόντα τους εγκαίρως, ενώ οι επιχειρήσεις διατηρούν χαμηλότερα κόστη εφοδιαστικής αλυσίδας και αυξημένη αποδοτικότητα.

Ο ρόλος των συνεργατικών chatbots AI εκτείνεται πέρα από την εξυπηρέτηση πελατών, ενισχύοντας τον συντονισμό της εφοδιαστικής αλυσίδας. Τα chatbots που υποστηρίζονται από τεχνητή νοημοσύνη (AI) διευκολύνουν την επικοινωνία σε πραγματικό χρόνο μεταξύ ενδιαφερόμενων μερών, όπως προμηθευτές, πάροχοι logistics και ομάδες αποθήκευσης (Jean, 2024). Με την ενσωμάτωσή τους στα συστήματα διαχείρισης παραγγελιών και αποθεμάτων, αυτά τα chatbots διασφαλίζουν την ομαλή ροή πληροφοριών, μειώνοντας τα εμπόδια και ενισχύοντας τη συνολική λειτουργική ευελιξία. Επιπλέον, η τεχνητή νοημοσύνη (AI) επιτρέπει την προληπτική επίλυση προβλημάτων, εντοπίζοντας πιθανές διαταραχές στην εφοδιαστική αλυσίδα—όπως ελλείψεις αποθεμάτων ή καθυστερημένες αποστολές—και παρέχοντας άμεσες λύσεις για την αποφυγή δυσαρέσκειας των πελατών.

Μια άλλη κρίσιμη εφαρμογή της τεχνητής νοημοσύνης (AI) στην εξυπηρέτηση πελατών είναι η ανάλυση συναισθήματος και η διαχείριση ανατροφοδότησης. Οι τεχνικές επεξεργασίας φυσικής γλώσσας (NLP) αναλύουν τις κριτικές των πελατών, τα email και τα αιτήματα υποστήριξης για να αξιολογήσουν τη συνολική ικανοποίηση και να εντοπίσουν προβλήματα πριν κλιμακωθούν. Η ανάλυση που καθοδηγείται από την τεχνητή νοημοσύνη (AI) παρέχει πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με τις προτιμήσεις των πελατών, επιτρέποντας στις επιχειρήσεις να βελτιώνουν τις υπηρεσίες τους και τις προσφορές προϊόντων τους με βάση τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο. Αυτά τα συστήματα αυτοματοποιούν επίσης τη συλλογή ανατροφοδότησης, διασφαλίζοντας ότι οι επιχειρήσεις προσαρμόζουν συνεχώς τις στρατηγικές εξυπηρέτησης πελατών τους.

Επιπλέον, η τεχνητή νοημοσύνη (AI) ενισχύει την εξατομίκευση των εμπειριών των πελατών, αξιοποιώντας ιστορικά δεδομένα αγορών, συμπεριφορές περιήγησης και μοτίβα αλληλεπίδρασης. Οι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης αναγνωρίζουν τάσεις και προτιμήσεις, επιτρέποντας στις επιχειρήσεις να προσαρμόζουν προωθητικές ενέργειες, προτάσεις προϊόντων και υπηρεσίες υποστήριξης σε κάθε πελάτη (Echegu, 2024). Αυτό το επίπεδο εξατομίκευσης όχι μόνο βελτιώνει την ικανοποίηση των πελατών αλλά και αυξάνει τα ποσοστά μετατροπής και την αφοσίωση στο brand.

5. Μελέτες περιπτώσεων

Η τεχνητή νοημοσύνη έχει γίνει ένας θεμελιώδης παράγοντας βελτίωσης της αποτελεσματικότητας στη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας, μεταμορφώνοντας τη λογιστική, τη διαχείριση αποθεμάτων και τον επιχειρησιακό σχεδιασμό. Εταιρείες όπως η Amazon, η Alibaba, η DHL και η Walmart έχουν ενσωματώσει την τεχνητή νοημοσύνη στις διαδικασίες εφοδιαστικής τους αλυσίδας για να βελτιστοποιήσουν την πρόβλεψη αποθεμάτων, να ενισχύσουν την αποδοτικότητα των logistics και να βελτιώσουν τις προσπάθειες βιωσιμότητας. Ο αντίκτυπος της τεχνητής νοημοσύνης σε αυτές τις εταιρείες είναι εμφανής στην ικανότητά τους να προβλέπουν τη ζήτηση, να αυτοματοποιούν αποθήκες και να βελτιστοποιούν τα δίκτυα διανομής.

Η Amazon ήταν πρωτοπόρος στη βελτιστοποίηση της εφοδιαστικής αλυσίδας με την τεχνητή νοημοσύνη, αξιοποιώντας αλγορίθμους μηχανικής μάθησης για την πρόβλεψη της ζήτησης. Αναλύοντας ιστορικά δεδομένα πωλήσεων, τάσεις της αγοράς και συμπεριφορά καταναλωτών, η Amazon μπορεί να προβλέπει τις ανάγκες αποθέματος και να προσαρμόζει τα επίπεδα των αποθεμάτων δυναμικά. Αυτή η ικανότητα πρόβλεψης έχει βοηθήσει την εταιρεία να μειώσει τα πλεονάζοντα αποθέματα κατά 20-30%, εξασφαλίζοντας ότι τα προϊόντα παραμένουν διαθέσιμα ενώ ελαχιστοποιείται η υπερπλήρωση (Lin, 2024). Τα ρομπότ που λειτουργούν με τεχνητή νοημοσύνη παίζουν κρίσιμο ρόλο στην αυτοματοποίηση των αποθηκών, με τα ρομπότ Kiva και τα αυτόματα οχήματα καθοδηγούμενης μεταφοράς (AGVs) να βελτιώνουν την επιχειρησιακή αποτελεσματικότητα. Αυτά τα ρομπότ είναι προγραμματισμένα με αλγορίθμους συντομότερης διαδρομής για να πλοηγούνται στα κέντρα εκπλήρωσης παραγγελιών, επιτρέποντάς τους να μεταφέρουν αντικείμενα απευθείας στους υπαλλήλους, μειώνοντας έτσι σημαντικά τον χρόνο επεξεργασίας παραγγελιών (Li, 2024). Η εισαγωγή του συστήματος Sparrow της Amazon βελτιώνει περαιτέρω την αποδοτικότητα, χρησιμοποιώντας όραση υπολογιστή για την αναγνώριση και μετακίνηση διαφόρων προϊόντων (Qiu, 2024). Η τεχνητή νοημοσύνη παίζει επίσης κρίσιμο ρόλο στη βελτιστοποίηση των logistics και των παραδόσεων. Αναλύοντας σε πραγματικό χρόνο δεδομένα σχετικά με τις συνθήκες κυκλοφορίας και τους όγκους παραγγελιών, τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης προσαρμόζουν δυναμικά τις διαδρομές, μειώνοντας το κόστος μεταφοράς και βελτιώνοντας την ταχύτητα παράδοσης. Η επένδυση της Amazon σε τεχνολογία drone, όπως το Prime Air, αποτελεί επέκταση αυτής της στρατηγικής, με στόχο τη μείωση του χρόνου παράδοσης τελευταίου χιλιομέτρου και τη μείωση των εκπομπών άνθρακα. Η εταιρεία ενσωματώνει επίσης την τεχνητή νοημοσύνη στις προσπάθειες βιωσιμότητας, αναλύοντας την κατανάλωση καυσίμων και βελτιστοποιώντας τις διαδρομές παράδοσης για να ελαχιστοποιήσει το περιβαλλοντικό της αποτύπωμα (Lin, 2024).

Η Alibaba έχει υιοθετήσει ένα διαφορετικό μοντέλο χρήσης της τεχνητής νοημοσύνης στη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας, επικεντρώνοντας σε ένα συνεργατικό δίκτυο logistics. Το έξυπνο δίκτυο logistics Cainiao λειτουργεί ως η ραχοκοκαλιά της εφοδιαστικής αλυσίδας της Alibaba που βασίζεται στην τεχνητή νοημοσύνη, ενσωματώνοντας δεδομένα από πολλαπλούς παρόχους logistics για να βελτιστοποιήσει τις διαδρομές παράδοσης και να βελτιώσει την αποδοτικότητα (Qiu, 2024). Οι αλγόριθμοι τεχνητής νοημοσύνης αναλύουν τον όγκο των πακέτων, τα μοτίβα

κυκλοφορίας και τις καιρικές συνθήκες σε πραγματικό χρόνο, επιτρέποντας στο σύστημα να προσαρμόζει δυναμικά τις διαδρομές και να μειώνει τους χρόνους παράδοσης. Η βελτιστοποίηση αποθεμάτων μέσω τεχνητής νοημοσύνης επιτρέπει στην Alibaba να τοποθετεί στρατηγικά τα αποθέματα βάσει αγοραστικών προτύπων ανά περιοχή, μειώνοντας έτσι την υπερπλήρωση και τις καθυστερήσεις. Η στρατηγική New Retail της Alibaba χρησιμοποιεί τεχνητή νοημοσύνη για την ανάλυση της καταναλωτικής συμπεριφοράς σε φυσικά καταστήματα και ηλεκτρονικές πλατφόρμες, επιτρέποντας την προσαρμογή των επιπέδων αποθεμάτων σε πραγματικό χρόνο, μειώνοντας τη σπατάλη και αυξάνοντας την ικανοποίηση των πελατών. Η εταιρεία χρησιμοποιεί επίσης την τεχνητή νοημοσύνη για τη μείωση του περιβαλλοντικού αντίκτυπου των logistics, βελτιστοποιώντας τις διαδρομές μεταφοράς μέσω της ανάλυσης των διαστάσεων των πακέτων και των τοποθεσιών παράδοσης (Qiu, 2024).

Η DHL έχει αξιοποιήσει την τεχνητή νοημοσύνη για τη βελτίωση της βελτιστοποίησης των διαδρομών logistics. Με την εφαρμογή αλγορίθμων vehicle routing problem (VRP), η DHL αυξάνει την αποδοτικότητα των παραδόσεων, ελαχιστοποιώντας τις περιττές διαδρομές και βελτιώνοντας τη χρήση του στόλου (Du et al., 2024). Τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης αναθέτουν δυναμικά παραδόσεις με βάση το βάρος των πακέτων, την τοποθεσία και τους εκτιμώμενους χρόνους παράδοσης, διασφαλίζοντας τη μέγιστη αποδοτικότητα των οχημάτων και μειώνοντας το κόστος μεταφοράς. Οι τεχνολογίες πρόβλεψης της DHL βελτιώνουν τον προγραμματισμό logistics μέσω της πρόβλεψης των όγκων παράδοσης, επιτρέποντας στην εταιρεία να διαχειρίζεται καλύτερα τους πόρους της. Η τεχνητή νοημοσύνη χρησιμοποιείται επίσης για την ανάλυση της κατανάλωσης καυσίμων και της χωρητικότητας των οχημάτων, συμβάλλοντας στη μείωση του κόστους λειτουργίας και στη βελτίωση των πρακτικών βιωσιμότητας (Du et al., 2024).

Η Walmart εφαρμόζει την τεχνητή νοημοσύνη για τη διαχείριση αποθεμάτων, την αλληλεπίδραση με τους προμηθευτές και την αυτοματοποίηση λιανικής. Τα αυτοματοποιημένα συστήματα παραγγελιών και τα μοντέλα πρόβλεψης ζήτησης επιτρέπουν στην εταιρεία να προβλέπει με ακρίβεια τις τάσεις πωλήσεων, μειώνοντας τις ελλείψεις αποθεμάτων και την υπερπλήρωση (Will Stevens, 2023).

6. Ηθική και τεχνητή νοημοσύνη

Η ταχεία ανάπτυξη της τεχνητής νοημοσύνης (AI) παρουσιάζει τόσο πρωτοφανείς ευκαιρίες όσο και προκλήσεις για την ανθρωπότητα. Καθώς τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης (AI) γίνονται ολοένα και πιο προηγμένα και ενσωματώνονται σε διάφορες πτυχές της ζωής — από την υγειονομική περίθαλψη και τα οικονομικά έως τις κοινωνικές αλληλεπιδράσεις και τη λήψη αποφάσεων — οι ηθικές ανησυχίες έχουν έρθει στο προσκήνιο. Αυτές οι ανησυχίες αγγίζουν ζητήματα όπως η δικαιοσύνη, η διαφάνεια, η ιδιωτικότητα και η λογοδοσία, αντανακλώντας τον βαθύ αντίκτυπο που έχει η τεχνητή νοημοσύνη (AI) στα άτομα και την κοινωνία. Η αντιμετώπιση αυτών των ζητημάτων απαιτεί μια διεπιστημονική προσέγγιση που να ευθυγραμμίζει τις τεχνολογικές εξελίξεις με ηθικές εκτιμήσεις ώστε να διασφαλιστεί η κοινωνική ευημερία και εμπιστοσύνη. Αυτή η ανάλυση εμβαθύνει στην ηθική της τεχνητής νοημοσύνης (AI) εξετάζοντας τις αρχές της, τους κινδύνους, τις προκλήσεις εφαρμογής και τις παγκόσμιες προσεγγίσεις, ενώ

αξιοποιεί αναφορές τόσο από τα παρεχόμενα άρθρα όσο και από τα έργα που αναφέρονται σε αυτά.

Η ηθική της τεχνητής νοημοσύνης (AI) βασίζεται σε αρχές όπως η διαφάνεια, η δικαιοσύνη, η λογοδοσία και η ιδιωτικότητα. Η διαφάνεια είναι κρίσιμη για την καλλιέργεια εμπιστοσύνης, καθώς επιτρέπει στους χρήστες να κατανοήσουν πώς τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης (AI) λαμβάνουν αποφάσεις, ειδικά σε τομείς όπως η υγειονομική περίθαλψη, όπου οι αποφάσεις μπορούν να έχουν καθοριστικές συνέπειες για τη ζωή (Brendel et al., 2021a). Η δικαιοσύνη διασφαλίζει ότι οι εφαρμογές τεχνητής νοημοσύνης (AI) δεν διαιωνίζουν υπάρχουσες προκαταλήψεις ή διακρίσεις, ένα ζήτημα που εμφανίζεται συχνά σε συστήματα τεχνητής νοημοσύνης (AI) που έχουν εκπαιδευτεί με ιστορικά δεδομένα που αντικατοπτρίζουν κοινωνικές προκαταλήψεις (Mehrabi et al., 2021). Η λογοδοσία απαιτεί την καθιέρωση σαφών μηχανισμών για τον προσδιορισμό ευθυνών όταν τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης (AI) αποτυγχάνουν ή παράγουν επιβλαβή αποτελέσματα. Οι ανησυχίες για την ιδιωτικότητα ενισχύονται από τη φύση της τεχνητής νοημοσύνης (AI) που βασίζεται σε δεδομένα, τα οποία συχνά περιλαμβάνουν ευαίσθητες προσωπικές πληροφορίες (Kazim & Koshiyama, 2021).

Μία από τις πιο πιεστικές προκλήσεις της τεχνητής νοημοσύνης (AI) έγκειται στην αυτονομία της. Τα αυτόνομα συστήματα συχνά παρουσιάζουν απρόβλεπτες συμπεριφορές λόγω της ικανότητάς τους να μαθαίνουν και να προσαρμόζονται, όπως φαίνεται στο περιστατικό με το chatbot Tay της Microsoft, όπου οι αλληλεπιδράσεις με τους χρήστες το οδήγησαν να υιοθετήσει προσβλητική γλώσσα. Αυτό το περιστατικό καταδεικνύει τη δυσκολία πρόβλεψης επιβλαβών αποτελεσμάτων σε συστήματα με υψηλό βαθμό αυτονομίας (Brendel et al., 2021a). Αυτή η απρόβλεπτη συμπεριφορά όχι μόνο περιπλέκει τη λογοδοσία αλλά και εγείρει ερωτήματα σχετικά με την ηθική ευθύνη, όπως έχουν συζητήσει μελετητές στη φιλοσοφία της τεχνολογίας (Floridi, 2014).

Οι επιπτώσεις της τεχνητής νοημοσύνης (AI) επεκτείνονται πολύ πέρα από τεχνικές προκλήσεις, επηρεάζοντας βαθιά τις κοινωνικές δομές. Παρόλο που η τεχνητή νοημοσύνη (AI) δημιουργεί νέες ευκαιρίες αυτοματοποιώντας καθημερινές εργασίες και βελτιστοποιώντας την αποδοτικότητα, απειλεί επίσης να αντικαταστήσει εκατομμύρια εργαζόμενους, ειδικά σε θέσεις χαμηλής εξειδίκευσης. Αυτή η αντικατάσταση κινδυνεύει να επιδεινώσει τις υπάρχουσες ανισότητες, ιδίως σε περιοχές με περιορισμένα κοινωνικά δίκτυα ασφάλειας (Huang et al., 2023). Από την άλλη, η τεχνητή νοημοσύνη (AI) μπορεί να δημιουργήσει νέες, εξειδικευμένες θέσεις εργασίας, υποδεικνύοντας την ανάγκη για

προληπτικές στρατηγικές αναβάθμισης δεξιοτήτων ώστε να διασφαλιστεί δίκαιη οικονομική μετάβαση (Brendel et al., 2021b).

Οι ηθικοί κανόνες που διέπουν την τεχνητή νοημοσύνη (AI) διαφέρουν σημαντικά ανά περιοχές λόγω πολιτισμικών, νομικών και κανονιστικών διαφορών. Για παράδειγμα, η Ευρωπαϊκή Ένωση δίνει έμφαση στις προληπτικές αρχές, εστιάζοντας στην προστασία δεδομένων και στα ανθρώπινα δικαιώματα μέσω κανονισμών όπως ο Γενικός Κανονισμός για την Προστασία Δεδομένων (GDPR). Αντίθετα, οι Ηνωμένες Πολιτείες προτεραιοποιούν την καινοτομία, συχνά εις βάρος αυστηρής ηθικής εποπτείας (Amina Catherine Ijiga et al., 2024). Εν τω μεταξύ, η Ινδία αντιμετωπίζει ζητήματα δίκαιης πρόσβασης και συμμετοχικότητας, αντανακλώντας την κοινωνικοοικονομική της ποικιλομορφία. Αυτές οι περιφερειακές διαφορές υπογραμμίζουν τη σημασία πλαισίων ηθικής που είναι προσαρμοσμένα στις ιδιαίτερες προκλήσεις που θέτει η AI σε διαφορετικά μέρη του κόσμου (Hao & Demir, 2024).

Η διαφάνεια των αλγορίθμων είναι ένα από τα πιο πολυσυζητημένα ζητήματα στην ηθική της τεχνητής νοημοσύνης. Η «μαύρη κουτί» φύση πολλών συστημάτων τεχνητής νοημοσύνης (AI), ιδίως αυτών που χρησιμοποιούν βαθιά μάθηση, καθιστά δύσκολη την εξήγηση του πώς λαμβάνονται οι αποφάσεις. Αυτή η αδιαφάνεια μπορεί να διαιωνίσει κρυφές προκαταλήψεις και να υπονομεύσει τη δημόσια εμπιστοσύνη. Η έρευνα για εξηγήσιμη τεχνητή νοημοσύνη (XAI) είναι ένας αναπτυσσόμενος τομέας που στοχεύει στην ανάπτυξη συστημάτων που μπορούν να εξηγούν με σαφήνεια τις διαδικασίες λήψης αποφάσεων με όρους κατανοητούς από τον άνθρωπο (Arrieta et al., 2020). Για παράδειγμα, η εξηγήσιμη τεχνητή νοημοσύνη (XAI) έχει ενσωματωθεί ολόένα και περισσότερο στην υγειονομική περίθαλψη για την ενίσχυση της αξιοπιστίας των διαγνώσεων, ενώ παράλληλα διασφαλίζει τη συμμόρφωση με κανονιστικά (Ning et al., 2023).

Οι ανησυχίες για την ιδιωτικότητα και την ασφάλεια είναι καίρια ζητήματα λόγω της εξάρτησης της τεχνητής νοημοσύνης (AI) από δεδομένα. Η γενεσιουργός τεχνητής νοημοσύνης (AI), για παράδειγμα, εγείρει μοναδικές προκλήσεις για την προστασία ευαίσθητων δεδομένων υγειονομικής περίθαλψης, διατηρώντας παράλληλα την ακρίβεια και την αποδοτικότητα. Τα ηθικά πλαίσια πρέπει να δίνουν έμφαση στην ισχυρή κρυπτογράφηση, στην ηθική προέλευση δεδομένων και στους μηχανισμούς ρητής συγκατάθεσης για την αντιμετώπιση αυτών των ζητημάτων. Επιπλέον, η κακή χρήση δεδομένων και η μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση έχουν αναφερθεί ως σημαντικοί ηθικοί

κίνδυνοι που απαιτούν αυστηρότερα ρυθμιστικά πλαίσια (Amina Catherine Ijiga et al., 2024).

Η πολυπλοκότητα της ηθικής της τεχνητής νοημοσύνης (AI) εκτείνεται πέρα από τα μεμονωμένα συστήματα στις συστημικές τους επιπτώσεις στην κοινωνία. Αυτόνομα συστήματα λήψης αποφάσεων σε τομείς όπως η υγειονομική περίθαλψη, η επιβολή του νόμου και η εκπαίδευση μπορούν να ενισχύσουν τις υπάρχουσες ανισότητες αν δεν σχεδιαστούν με προσοχή. Για παράδειγμα, οι αλγόριθμοι πρόβλεψης εγκλημάτων έχουν επικριθεί ότι διαιωνίζουν φυλετικές προκαταλήψεις λόγω της εξάρτησής τους από ιστορικά προκατειλημμένα δεδομένα (Mehrabi et al., 2021). Ομοίως, η τεχνητή νοημοσύνη (AI) στην εκπαίδευση μπορεί να μειονεκτεί τις περιθωριοποιημένες κοινότητες αν η πρόσβαση σε αυτές τις τεχνολογίες είναι άνιση ή αν δεν λαμβάνονται υπόψη οι διαφορετικές μαθησιακές ανάγκες (Floridi, 2014). Αυτά τα παραδείγματα υπογραμμίζουν τη σημασία της ενσωμάτωσης της δικαιοσύνης και της συμμετοχικότητας στις διαδικασίες ανάπτυξης της AI για την αποφυγή συστημικών βλαβών.

Η υλοποίηση της ηθικής τεχνητής νοημοσύνης (AI) απαιτεί επίσης μια λεπτομερή κατανόηση της συνεργασίας ανθρώπου και τεχνητής νοημοσύνης (AI). Καθώς οι βιομηχανίες μεταβαίνουν από μοντέλα που εστιάζουν στον αυτοματισμό σε μοντέλα που δίνουν έμφαση στη συνεργασία μεταξύ ανθρώπων και AI (Industry 5.0), οι ηθικές εκτιμήσεις διευρύνονται για να συμπεριλάβουν τη δυναμική της κοινής λήψης αποφάσεων και της λογοδοσίας (Brendel et al., 2021a). Για παράδειγμα, στην υγειονομική περίθαλψη, οι διαγνώσεις που υποβοηθούνται από την τεχνητή νοημοσύνη (AI) απαιτούν από τους ιατρούς να ερμηνεύουν και να επικυρώνουν τα αποτελέσματα των αλγορίθμων, διασφαλίζοντας ότι η ανθρώπινη εποπτεία παραμένει κρίσιμη στις διαδικασίες λήψης αποφάσεων (Kazim & Koshiyama, 2021). Αυτή η συνεργατική προσέγγιση δίνει έμφαση στην ανάγκη για ηθικά πλαίσια που υποστηρίζουν τη διαφάνεια και την επεξηγησιμότητα, ενώ παράλληλα ενισχύουν τους χρήστες με τη γνώση να αλληλεπιδρούν αποτελεσματικά με τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης (AI).

Η ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης (AI) στην υγειονομική περίθαλψη έχει υπογραμμίσει τη σημασία της δίκαιης πρόσβασης και των πολιτισμικά ευαίσθητων υλοποιήσεων. Η γενεσιουργός τεχνητής νοημοσύνης (AI), η οποία βελτιστοποιεί τη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας και ενισχύει τις διαγνωστικές ικανότητες,

καταδεικνύει τεράστιες δυνατότητες για τη μεταμόρφωση της υγειονομικής περίθαλψης. Ωστόσο, η άνιση κατανομή αυτών των τεχνολογιών κινδυνεύει να επιδεινώσει τις παγκόσμιες υγειονομικές ανισότητες (Amina Catherine Ijiga et al., 2024). Πρωτοβουλίες όπως προγράμματα δημόσιας ευαισθητοποίησης και διεπιστημονικές συνεργασίες είναι απαραίτητες για την αντιμετώπιση αυτών των κενών. Επιπλέον, η δημιουργία περιεκτικών ηθικών κατευθυντήριων γραμμών που λαμβάνουν υπόψη πολιτισμικές, νομικές και κοινωνικοοικονομικές διαφορές μπορεί να προάγει πιο δίκαια αποτελέσματα (Ning et al., 2023).

Τέλος, το μέλλον της ηθικής της τεχνητής νοημοσύνης (AI) έγκειται στην προληπτική διακυβέρνηση και στα προσαρμοστικά ρυθμιστικά πλαίσια. Καθώς η τεχνητή νοημοσύνη (AI) συνεχίζει να εξελίσσεται, οι ηθικές προκλήσεις θα γίνονται πιο πολύπλοκες, απαιτώντας τη συνεργασία κυβερνήσεων, βιομηχανιών και ακαδημαϊκών ιδρυμάτων για την πρόβλεψη και την αντιμετώπιση πιθανών κινδύνων. Η προληπτική ηθική, μια έννοια που εστιάζει στην αξιολόγηση των μακροπρόθεσμων κοινωνικών επιπτώσεων, προσφέρει έναν δρόμο για την ευθυγράμμιση της ανάπτυξης της τεχνητής νοημοσύνης (AI) με τις ανθρώπινες αξίες (Floridi, 2014). Με την ενσωμάτωση ηθικών εκτιμήσεων στον κύκλο ζωής της τεχνητής νοημοσύνης (AI) — από τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη έως την εφαρμογή και την παρακολούθηση — τα ενδιαφερόμενα μέρη μπορούν να διασφαλίσουν ότι οι τεχνολογικές εξελίξεις εξυπηρετούν τους ευρύτερους στόχους της ανθρώπινης ευημερίας και της κοινωνικής δικαιοσύνης.

7. Συμπεράσματα

Η διπλωματική εργασία ανέδειξε τον ανατρεπτικό ρόλο της τεχνητής νοημοσύνης (TN) στον τομέα της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας, εστιάζοντας τόσο στις θετικές επιδράσεις όσο και στις προκλήσεις που προκύπτουν από την ενσωμάτωσή της. Η κριτική ανάλυση έδειξε πως οι εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης (TN), όπως η πρόβλεψη ζήτησης, η βελτιστοποίηση αποθεμάτων και ο σχεδιασμός δρομολογίων, προσφέρουν

ουσιαστικά πλεονεκτήματα στις επιχειρήσεις, βελτιώνοντας την αποτελεσματικότητα και μειώνοντας σημαντικά το λειτουργικό κόστος.

Παρά την πρόοδο, οι προκλήσεις παραμένουν ιδιαίτερα έντονες. Η ενσωμάτωση συστημάτων τεχνητής νοημοσύνης (TN) απαιτεί την επίλυση ζητημάτων ασφάλειας δεδομένων και τη διαχείριση των ανησυχιών σχετικά με την προστασία της ιδιωτικότητας. Επίσης, η προσαρμογή του ανθρώπινου δυναμικού στις νέες τεχνολογίες αποτελεί σημαντική πρόκληση, καθώς η χρήση αλγορίθμων τεχνητής νοημοσύνης (TN) συχνά συνεπάγεται αλλαγές στις καθιερωμένες εργασιακές πρακτικές.

Ένα σημαντικό σημείο που αναδείχθηκε είναι οι ηθικές ανησυχίες που περιβάλλουν τους αλγορίθμους λήψης αποφάσεων. Η πιθανότητα προκαταλήψεων στους αλγορίθμους τεχνητής νοημοσύνης (TN) θέτει προκλήσεις για τη διαφάνεια και τη δικαιοσύνη στη διαδικασία λήψης αποφάσεων. Ως εκ τούτου, η αποτελεσματική διαχείριση αυτών των ζητημάτων είναι κρίσιμη για την ευρύτερη αποδοχή και αξιοποίηση της τεχνητής νοημοσύνης (TN) στον τομέα της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Η διπλωματική εργασία υπογράμμισε επίσης την ανάγκη για συνεχή έρευνα και ανάπτυξη για τη βελτίωση των συστημάτων τεχνητής νοημοσύνης (TN). Τα ευρήματα δείχνουν πως η προσεκτική ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης (TN) στις επιχειρηματικές διαδικασίες, σε συνδυασμό με την αντιμετώπιση ηθικών και λειτουργικών ζητημάτων, μπορεί να διασφαλίσει τη βιώσιμη χρήση της τεχνολογίας στο μέλλον.

Συμπερασματικά, η παρούσα μελέτη προσφέρει μια ολοκληρωμένη εικόνα του πώς η τεχνητή νοημοσύνη (TN) επαναπροσδιορίζει τη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας. Ενώ οι ευκαιρίες που δημιουργούνται είναι σημαντικές, οι προκλήσεις απαιτούν μια ισορροπημένη προσέγγιση για την εξασφάλιση τόσο της αποτελεσματικότητας όσο και της ηθικής συμμόρφωσης. Η επιτυχής υιοθέτηση της τεχνητής νοημοσύνης (TN) στον τομέα αυτό θα καθορίσει το μέλλον της διαχείρισης εφοδιαστικής αλυσίδας σε έναν συνεχώς εξελισσόμενο κόσμο.

Βιβλιογραφία

Abduljabbar, R., Dia, H., Liyanage, S., & Bagloee, S. A. (2019). Applications of artificial intelligence in transport: An overview. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 11, Issue 1). MDPI. <https://doi.org/10.3390/su11010189>

- Agilent, P. V., & Verma, P. (n.d.). *Transforming Supply Chains Through AI: Demand Forecasting, Inventory Management, and Dynamic Optimization*.
<https://ijstindex.com/index.php/ijst>
- Akbari, M., & Do, T. N. A. (2021). A systematic review of machine learning in logistics and supply chain management: current trends and future directions. In *Benchmarking* (Vol. 28, Issue 10, pp. 2977–3005). Emerald Group Holdings Ltd.
<https://doi.org/10.1108/BIJ-10-2020-0514>
- Amina Catherine Ijiga, Ehi Peace Abutu, Idoko Peter Idoko, Daniel Obekpa Agbo, Kimberly D. Harry, Chijioke Ifakandu Ezebuka, & Esther Ene Umama. (2024). Ethical considerations in implementing generative AI for healthcare supply chain optimization: A cross-country analysis across India, the United Kingdom, and the United States of America. *International Journal of Biological and Pharmaceutical Sciences Archive*, 7(1), 048–063. <https://doi.org/10.53771/ijbpsa.2024.7.1.0015>
- Aqel, M., Nakshabandi, O., Adeniyi, A., Firstauthor, M., & Aqel. (2019). Decision Support Systems Classification in Industry. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences (PEN)*, 7, 774–785. <https://doi.org/10.21533/pen.v7i2.550>
- Arrieta, A. B., Díaz-Rodríguez, N., Del Ser, J., Benetot, A., Tabik, S., Barbado, A., García, S., Gil-López, S., Molina, D., & Benjamins, R. (2020). Explainable Artificial Intelligence (XAI): Concepts, taxonomies, opportunities and challenges toward responsible AI. *Information Fusion*, 58, 82–115.
- Aslam, F., & Calghan, J. (2023). Using NLP to Enhance Supply Chain Management Systems. *Journal of Engineering Research and Reports*, 25(9), 211–219.
<https://doi.org/10.9734/jerr/2023/v25i9994>
- Baryannis, G., Dani, S., Validi, S., & Antoniou, G. (2019). Decision Support Systems and Artificial Intelligence in Supply Chain Risk Management. In *Springer Series in Supply Chain Management* (Vol. 7, pp. 53–71). Springer Nature.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-03813-7_4
- Baryannis, G., Validi, S., Dani, S., & Antoniou, G. (2019). Supply chain risk management and artificial intelligence: state of the art and future research directions. In *International Journal of Production Research* (Vol. 57, Issue 7, pp. 2179–2202). Taylor and Francis Ltd. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1530476>

- Beamon, B. M. (1998). Supply chain design and analysis: Models and methods. In *Int. J. Production Economics* (Vol. 55).
- Bombardier, S. S., Products, R., & Shekhar, S. (2024). *Applied Research in Artificial Intelligence and Cloud Computing 2024 Applied Research in Artificial Intelligence and Cloud Computing*. <https://www.researchgate.net/publication/388028497>
- Brendel, A. B., Mirbabaie, M., Lembcke, T. B., & Hofeditz, L. (2021a). Ethical management of artificial intelligence. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 13, Issue 4, pp. 1–18). MDPI. <https://doi.org/10.3390/su13041974>
- Brendel, A. B., Mirbabaie, M., Lembcke, T. B., & Hofeditz, L. (2021b). Ethical management of artificial intelligence. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 13, Issue 4, pp. 1–18). MDPI. <https://doi.org/10.3390/su13041974>
- Christopher, M. (1992). *Logistics and supply chain management*. Pitman Publishing.
- Chuka Anthony Arinze, Mercy Odochi Agho, Nsiong Louis Eyo-Udo, Anate Benoit Nicaise Abbey, & Ekene Cynthia Onukwulu. (2025). AI-Driven Transport and Distribution Optimization Model (TDOM) for the downstream petroleum sector: enhancing sme supply chains and sustainability. *Magna Scientia Advanced Research and Reviews*, 13(1), 137–153. <https://doi.org/10.30574/msarr.2025.13.1.0019>
- Corominas, A. (2013). Supply chains: What they are and the new problems they raise. *International Journal of Production Research*, 51(23–24), 6828–6835. <https://doi.org/10.1080/00207543.2013.852700>
- Das, S., Dey, A., & Roy, N. (2015). Applications of Artificial Intelligence in Machine Learning: Review and Prospect. In *International Journal of Computer Applications* (Vol. 115, Issue 9).
- Deiva Ganesh, A., & Kalpana, P. (2022). Future of artificial intelligence and its influence on supply chain risk management – A systematic review. *Computers and Industrial Engineering*, 169. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108206>
- Du, W., Zhang, X., & Wu, Y. (2024). DHL Logistics Distribution Path Optimization Analysis. *Advances in Transdisciplinary Engineering*, 48, 402–413. <https://doi.org/10.3233/ATDE231351>
- Echegu, D. A. (2024). Artificial Intelligence (AI) in Customer Service: Revolutionising Support and Engagement. *IAA Journal of Scientific Research*, 11(2), 33–39. <https://doi.org/10.59298/IAAJSR/2024/112.3339>

- Egorov, D., Shaban, A., Levina, A., Schuur, P., Gerrits, B., & Levin, I. (2022). Digital Methods of Warehouse Logistics as a Tool to Accelerate Supply Chains. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 246, 609–618. https://doi.org/10.1007/978-3-030-81619-3_68
- Enoch Oluwademilade Sodiya, Uchenna Joseph Umoga, Olukunle Oladipupo Amoo, & Akoh Atadoga. (2024). AI-driven warehouse automation: A comprehensive review of systems. *GSC Advanced Research and Reviews*, 18(2), 272–282. <https://doi.org/10.30574/gscarr.2024.18.2.0063>
- Fahimnia, B., Luong, L., & Marian, R. (2012). Genetic algorithm optimisation of an integrated aggregate production-distribution plan in supply chains. *International Journal of Production Research*, 50(1), 81–96. <https://doi.org/10.1080/00207543.2011.571447>
- Floridi, L. (2014). *The 4th Revolution: How the Infosphere is Reshaping Human Reality*. Oxford: Oxford University Press.
- Forrester, J. W. (2012). Industrial dynamics: a major breakthrough for decision makers. In *The Roots of Logistics* (pp. 141–172). Springer.
- Fosso Wamba, S., Queiroz, M. M., Guthrie, C., & Braganza, A. (2022). Industry experiences of artificial intelligence (AI): benefits and challenges in operations and supply chain management. *Production Planning and Control*, 33(16), 1493–1497. <https://doi.org/10.1080/09537287.2021.1882695>
- García-Cáceres, R. G., & Escobar, J. W. (2016). Caracterización de las problemáticas de la cadena de abastecimiento. *DYNA (Colombia)*, 83(198), 68–78. <https://doi.org/10.15446/dyna.v83n198.44532>
- Goswami, S. S., Mondal, S., Sarkar, S., Gupta, K. K., Sahoo, S. K., & Halder, R. (2024). Artificial Intelligence-Enabled Supply Chain Management: Unlocking New Opportunities and Challenges. *Artificial Intelligence and Applications*, 3(1), 110–121. <https://doi.org/10.47852/bonviewAIA42021814>
- Hao, X., & Demir, E. (2024). Artificial intelligence in supply chain decision-making: an environmental, social, and governance triggering and technological inhibiting protocol. In *Journal of Modelling in Management* (Vol. 19, Issue 2, pp. 605–629). Emerald Publishing. <https://doi.org/10.1108/JM2-01-2023-0009>

- Helo, P., & Hao, Y. (2022). Artificial intelligence in operations management and supply chain management: an exploratory case study. *Production Planning and Control*, 33(16), 1573–1590. <https://doi.org/10.1080/09537287.2021.1882690>
- Huang, C., Zhang, Z., Mao, B., & Yao, X. (2023). An Overview of Artificial Intelligence Ethics. *IEEE Transactions on Artificial Intelligence*, 4(4), 799–819. <https://doi.org/10.1109/TAI.2022.3194503>
- Ibrahim A. Hameed. (2016). *USING NATURAL LANGUAGE PROCESSING (NLP) FOR DESIGNING SOCIALLY INTELLIGENT ROBOTS*. IEEE.
- Jean, G. (2024). *Role of Collaborative AI Chatbots in Enhancing E-supply Chain Coordination and Customer Support*. <https://www.researchgate.net/publication/384882842>
- Kalasani, R. R. (2023). *IMPACTS OF AI AND ML ON SUPPLY CHAIN & OPERATIONS I An Exploratory Study of the Impacts of Artificial Intelligence and Machine Learning Technologies in the Supply Chain and Operations Field*.
- Kazim, E., & Koshiyama, A. S. (2021). A high-level overview of AI ethics. In *Patterns* (Vol. 2, Issue 9). Cell Press. <https://doi.org/10.1016/j.patter.2021.100314>
- Keen, P. G. W. (1980). Decision support systems: a research perspective. *Decision Support Systems: Issues and Challenges, International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA) Proceedings Series*, 11, 23–27.
- Khan, M. A., Saqib, S., Alyas, T., Ur Rehman, A., Saeed, Y., Zeb, A., Zareei, M., & Mohamed, E. M. (2020). Effective Demand Forecasting Model Using Business Intelligence Empowered with Machine Learning. *IEEE Access*, 8, 116013–116023. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3003790>
- Kumar Shukla, R., Garg, D., & Agarwal, A. (n.d.). *UNDERSTANDING OF SUPPLY CHAIN: A LITERATURE REVIEW*.
- Li, Z. (2024). *Review of Application of AI in Amazon Warehouse Management*. <https://doi.org/10.54254/2754-1169/144/2024.GA18980>
- Lin, Z. (2024). Big Data Analytics in Supply Chain Optimization and Risk Management: A case study of Amazon. *SHS Web of Conferences*, 208, 04024. <https://doi.org/10.1051/shsconf/202420804024>

- Mehrabi, N., Morstatter, F., Saxena, N., Lerman, K., & Galstyan, A. (2021). A survey on bias and fairness in machine learning. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 54(6), 1–35.
- Mentzer, J. T., DeWitt, W., Keebler, J. S., Min, S., Nix, N. W., Smith, C. D., & Zacharia, Z. G. (2001). DEFINING SUPPLY CHAIN MANAGEMENT. *Journal of Business Logistics*, 22(2), 1–25. <https://doi.org/10.1002/j.2158-1592.2001.tb00001.x>
- Min, H. (2010). Artificial intelligence in supply chain management: Theory and applications. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 13(1), 13–39. <https://doi.org/10.1080/13675560902736537>
- Ning, Y., Teixayavong, S., Shang, Y., Savulescu, J., Nagaraj, V., Miao, D., Mertens, M., Ting, D. S. W., Ong, J. C. L., & Liu, M. (2023). Generative artificial intelligence in healthcare: ethical considerations and assessment checklist. *ArXiv Preprint ArXiv:2311.02107*.
- Nishar, S. (2024). Intelligent Decision-Making in Warehouse Management: How AI Automation Improves Inventory Tracking, Order Fulfillment, and Logistics Efficiency Compared to Drone Technology. *Intelligent Control and Automation*, 15(01), 1–8. <https://doi.org/10.4236/ica.2024.151001>
- Nozari, H., Rahmaty, M., Foukolaei, P. Z., Movahed, H., & Bayanati, M. (2025). Optimizing Cold Chain Logistics with Artificial Intelligence of Things (AIoT): A Model for Reducing Operational and Transportation Costs. *Future Transportation*, 5(1), 1. <https://doi.org/10.3390/futuretransp5010001>
- Oke, S. A. (2008). A Literature Review on Artificial Intelligence. In *International Journal of Information and Management Sciences* (Vol. 19, Issue 4).
- Power, D. (2005). Supply chain management integration and implementation: A literature review. In *Supply Chain Management* (Vol. 10, Issue 4, pp. 252–263). <https://doi.org/10.1108/13598540510612721>
- Praveen Kumar, Divya Choubey, Olamide Raimat Amosu, & Yewande Mariam Ogunsuji. (2024). AI-enhanced inventory and demand forecasting: Using AI to optimize inventory management and predict customer demand. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 23(1), 1931–1944. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2024.23.1.2173>

- Qiu, T. (2024). Analysis and Research on Supply Chain Optimization of e-Commerce Platform: Taking Amazon and Alibaba as Examples. *Proceedings of the 1st International Conference on Engineering Management, Information Technology and Intelligence*, 590–596. <https://doi.org/10.5220/0012959800004508>
- Sahoo, S. K., Goswami, S. S., & Halder, R. (2024). Supplier Selection in the Age of Industry 4.0: A Review on MCDM Applications and Trends. *Decision Making Advances*, 2(1), 32–47. <https://doi.org/10.31181/dma21202420>
- Saini, V., & Joseph, N. (2022). *Artificial Intelligence in Robotics Using NLP*. <https://www.researchgate.net/publication/366313247>
- S.K. Singh. (2009). *Database systems: concepts, design and applications*. Pearson Education India.
- Song, D. (2021). A Literature Review, Container Shipping Supply Chain: Planning Problems and Research Opportunities. In *Logistics* (Vol. 5, Issue 2). MDPI. <https://doi.org/10.3390/logistics5020041>
- Stevens, G. C. (n.d.). *Integrating the Supply Chain*.
- Tirkolaei, E. B., & Aydin, N. S. (2022). Integrated design of sustainable supply chain and transportation network using a fuzzy bi-level decision support system for perishable products. *Expert Systems with Applications*, 195. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.116628>
- Toorajipour, R., Sohrabpour, V., Nazarpour, A., Oghazi, P., & Fischl, M. (2021). Artificial intelligence in supply chain management: A systematic literature review. *Journal of Business Research*, 122, 502–517. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.09.009>
- Uche Nweje, & Moyosore Taiwo. (2025). Leveraging Artificial Intelligence for predictive supply chain management, focus on how AI- driven tools are revolutionizing demand forecasting and inventory optimization. *International Journal of Science and Research Archive*, 14(1), 230–250. <https://doi.org/10.30574/ijrsra.2025.14.1.0027>
- Villa, A. (2001). Introducing some Supply Chain Management problems. In *Int. J. Production Economics* (Vol. 73).
- Colin D Lewis. (1997). *Demand forecasting and inventory control*. Woodhead.

- Will Stevens. (2023). Robotic Process Automation in Supply Chain. *European Journal of Supply Chain Management, Volume 1 Issue 1*.
- Ylä-Autio, N. (n.d.). *Optimizing warehouse operations using automation and artificial intelligence* Title of thesis *Optimizing supply chains through automation and artificial intelligence*.
- Younis, H., Sundarakani, B., & Alsharairi, M. (2022). Applications of artificial intelligence and machine learning within supply chains:systematic review and future research directions. In *Journal of Modelling in Management* (Vol. 17, Issue 3, pp. 916–940). Emerald Group Holdings Ltd. <https://doi.org/10.1108/JM2-12-2020-0322>