



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Διπλωματική Εργασία

**Έξυπνα συστήματα διαχείρισης εφοδιαστικής αλυσίδας βασισμένα
στο βιομηχανικό Διαδίκτυο των Πραγμάτων.**

Συγγραφέας: Μερλίνο Λέκο

ΑΜ: 18389194

Επιβλέπων: Μιχαήλ Παπουτσιδάκης

Συνεπιβλέπουσα: Ελένη Συμεωνάκη

Αθήνα, Ιούλιος 2023



**UNIVERSITY OF WEST ATTICA
SCHOOL OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF INDUSTRIAL DESIGN AND PRODUCTION ENGINEERING**

Diploma Thesis

Smart logistics systems based on the industrial Internet of Things (IIoT)

Student:

Merlino Leko

Registration Number: 18389194

Supervisor: Michail Papoutsidakis

Co-Supervisor: Eleni Symeonaki

Athens, July 2023



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

**Τίτλος εργασίας: Έξυπνα συστήματα διαχείρισης εφοδιαστικής αλυσίδας
βασισμένα στο βιομηχανικό Διαδίκτυο των Πραγμάτων.**

Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής συμπεριλαμβανομένου και του Εισηγητή

Η πτυχιακή/διπλωματική εργασία εξετάστηκε επιτυχώς από την κάτωθι Εξεταστική Επιτροπή:

A/α	ΟΝΟΜΑ ΕΠΩΝΥΜΟ	ΒΑΘΜΙΔΑ/ΙΔΙΟΤΗΤΑ	ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ
1	ΜΙΧΑΗΛ ΠΑΠΟΥΤΣΙΔΑΚΗΣ	ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ	
2	ΘΕΟΔΩΡΟΣ ΓΚΑΝΕΤΣΟΣ	ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ	
3	ΕΛΕΝΗ ΣΥΜΕΩΝΑΚΗ	ΕΔΙΠ Α΄	

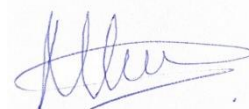
ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ/ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο/η κάτωθι υπογεγραμμένος/ηΜερλίνο.....Λέκο..... του...Νίκο....., με αριθμό μητρώου ...18389194... φοιτητής/τρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του Τμήματος Μηχανικών Βιομηχανικής Σχεδίασης και Παραγωγής, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

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

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

Ο/Η Δηλών/ούσα



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα έξυπνα συστήματα εφοδιαστικής αλυσίδας που βασίζονται στο βιομηχανικό Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT) είναι συστήματα εφοδιαστικής αλυσίδας που χρησιμοποιούν την τεχνολογία IoT για την ενίσχυση της αποδοτικότητας και της αποτελεσματικότητας των λειτουργιών logistics. Η τεχνολογία IoT αναφέρεται στο διασυνδεδεμένο δίκτυο φυσικών συσκευών, οχημάτων και άλλων αντικειμένων ενσωματωμένα με αισθητήρες, λογισμικό και συνδεσιμότητα δικτύου που τους επιτρέπει να συλλέγουν και να ανταλλάσσουν δεδομένα.

Στο πλαίσιο των logistics, η τεχνολογία IoT μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παρακολούθηση της θέσης, της κίνησης και της κατάστασης των αγαθών σε πραγματικό χρόνο, επιτρέποντας την αποδοτικότερη και αποτελεσματικότερη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας. Για παράδειγμα, οι αισθητήρες IoT μπορούν να συνδεθούν με containers, παλέτες ή μεμονωμένα αντικείμενα για να παρακολουθούν τη θέση και την κατάστασή τους κατά τη μεταφορά. Αυτά τα δεδομένα μπορούν στη συνέχεια να χρησιμοποιηθούν για τη βελτιστοποίηση των διαδρομών αποστολής, τη μείωση του κόστους μεταφοράς και την ελαχιστοποίηση των διαταραχών της αλυσίδας εφοδιασμού.

Επιπλέον, η τεχνολογία IoT μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για τη βελτίωση της διαχείρισης αποθήκης, επιτρέποντας την παρακολούθηση των επιπέδων αποθεμάτων σε πραγματικό χρόνο και την αποτελεσματικότερη χρήση του αποθηκευτικού χώρου. Επιπλέον, το IoT μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για τη συντήρηση της πρόβλεψης, επιτρέποντας την προληπτική αναγνώριση των αποτυχιών του εξοπλισμού και τη μείωση της πιθανότητας μη προγραμματισμένου χρόνου διακοπής. Συνολικά, η ενσωμάτωση της τεχνολογίας IoT στις λειτουργίες εφοδιαστικής έχει τη δυνατότητα να φέρει επανάσταση στον κλάδο των logistics, προσφέροντας αυξημένη αποτελεσματικότητα, εξοικονόμηση κόστους και βελτιωμένες εμπειρίες πελατών.

ABSTRACT

Smart logistics systems based on the Industrial Internet of Things (IIoT) are supply chain systems that use IIoT technology to enhance the efficiency and effectiveness of logistics operations. IIoT technology refers to the interconnected network of physical devices, vehicles and other objects embedded with sensors, software and network connectivity that allows them to collect and exchange data.

In the context of logistics, IIoT technology can be used to monitor the location, movement and status of goods in real time, enabling more efficient and effective supply chain management. For example, IIoT sensors can be connected to containers, pallets or individual items to monitor their location and status during transport. This data can then be used to optimize shipping routes, reduce transportation costs and minimize supply chain disruptions.

In addition, IIoT technology can also be used to improve warehouse management, enabling real-time monitoring of inventory levels and more efficient use of storage space. In addition, IIoT can also be used for predictive maintenance, enabling proactive identification of equipment failures and reducing the likelihood of unplanned downtime. Overall, the integration of IIoT technology into logistics operations has the potential to revolutionise the logistics industry, offering increased efficiency, cost savings and improved customer experiences.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Μέρος 1^ο Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT)

1. Ανάλυση του δυαδικτού των πραγμάτων (IoT)
 - 1.1. Ορισμός του Internet of things
 - 1.2. Ιστορία
 - 1.3. Προέλευση ονομασίας
 - 1.4. Προυποθέσεις για την επιτυχημένη εφαρμογή του IoT
 - 1.5. Gartner hype cycle
2. Η αρχιτεκτονική του IoT
 - 2.1. Ευρωπαϊκό ερευνητικό πρόγραμμα FP7
 - 2.2. Αρχιτεκτονική ITU
 - 2.3. Αρχιτεκτονική του παγκόσμιου φόρουμ IoT
3. Οι τεχνολογίες του ίντερνετ των πραγμάτων
 - 3.1. Αναγνώριση ραδιοσυχνότητας (RFID)
 - 3.2. Πρωτόκολλο διαδικτύου (IP)
 - 3.3. Ηλεκτρονικός κωδικός προϊόντος (EPC)
 - 3.4. Ραβδοκώδικας (barcode)
 - 3.5. Ασύρματη πιστότητα (Wi-Fi)
 - 3.6. Bluetooth
 - 3.7. Δίκτυο ZigBee
 - 3.8. Επικοινωνία κοντινού πεδίου (NFC)
 - 3.9. Ενεργοποιητές
 - 3.10. Ασύρματο δίκτυο αισθητήρων (WSN)
 - 3.11. Τεχνητή νοημοσύνη (AI)

Μέρος 2^ο Εφοδιαστική αλυσίδα (logistics)

4. Βασικές εργασίες και πτυχές των logistics
 - 4.1. Εργασίες και στόχοι των logistics
 - 4.2. Συστήματα και δικτυώσεις
 - 4.3. Δομές και διαδικασίες
 - 4.3.1. Δομική πτυχή
 - 4.3.2. Πτυχή διαδικασίας
 - 4.3.3. Δυναμική πτυχή δικτύου
 - 4.4. Επιδράσεις των κέντρων εφοδιαστικής αλυσίδας
 - 4.5. Δομές δικτύων των logistics
 - 4.6. Διαχείριση δικτύου
 - 4.6.1. Προσωρινά δίκτυα εφοδιαστικής αλυσίδας
 - 4.6.2. Μόνιμα και ευέλικτα δίκτυα
 - 4.6.3. Καθήκοντα της διαχείρισης δικτύου
 - 4.6.4. Μελλοντικά καθήκοντα της εφοδιαστικής αλυσίδας

5. Οργάνωση, προγραμματισμός και έλεγχος
 - 5.1. Παραγγελίες
 - 5.2. Διαχείριση παραγγελιών και χρονοπρογραμματισμού των logistics
 - 5.3. Διαδικασία και δομή οργάνωσης
 - 5.3.1. Επίπεδο στρατηγικής
 - 5.3.2. Επίπεδο τακτικής
 - 5.3.3. Επιχειρησιακό επίπεδο
 - 5.4. Οργάνωση των εταιρειών εφοδιαστικής αλυσίδας
 - 5.4.1. Έλεγχος εφοδιαστικής αλυσίδας
 - 5.4.2. Προγραμματισμός εφοδιαστικής αλυσίδας
 - 5.4.3. Χρονοπρογραμματισμός εφοδιαστικής αλυσίδας
 - 5.4.4. Λειτουργίες εφοδιαστικής αλυσίδας
 - 5.5. Οργάνωση του χρονοπρογραμματισμού
 - 5.6. Φυσικός εντοπισμός και εικονική συγκέντρωση

Μέρος 3^ο Έξυπνα συστήματα διαχείρισης εφοδιαστικής αλυσίδας βασισμένα στο βιομηχανικό Διαδίκτυο των Πραγμάτων.

6. Εισαγωγή
7. Έξυπνη διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας βασισμένη στο IoT
 - 7.1. Έξυπνη μεταφορά φορτίων
 - 7.2. Έξυπνη αποθήκευση προϊόντων
 - 7.3. Έξυπνη μεταφορά προϊόντων
8. Αντιμετώπιση τεχνικών προβλημάτων
 - 8.1. Προβλήματα του RFID
 - 8.2. Προβλήματα των WSNs
 - 8.3. Περιορισμένη επέκταση του IoT
 - 8.4. Περιορισμένη τεχνολογική χωρητικότητα του IoT
 - 8.5. Δυσκολίες τυποποίησης του IoT
 - 8.6. Θέματα απόκτησης και επεξεργασίας δεδομένων του IoT
 - 8.7. Ασφάλεια και θέματα ιδιωτικότητας του IoT
9. Ανάγκες για έρευνα
 - 9.1. Ανάπτυξη τεχνολογίας IoT
 - 9.2. Συνεργατική ανάπτυξη διαφόρων τεχνολογιών και προηγμένη διαχείριση
 - 9.2.1. Υπολογιστικό νέφος (Cloud computing)
 - 9.2.2. Μεγάλα δεδομένα (Big data)
 - 9.2.3. Τεχνητή νοημοσύνη (AI)
 - 9.2.4. Προηγμένη διαχείριση
 - 9.3. Ανάπτυξη έξυπνης εφοδιαστικής αλυσίδας
 - 9.3.1. Επέκταση του IoT που εφαρμόζεται στα logistics
 - 9.3.2. Συνεργατική ανάπτυξη των ICTs στα logistics
 - 9.3.3. Ενσωμάτωση συστημάτων logistics με προηγμένη διαχείριση

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα έξυπνα συστήματα logistics που βασίζονται στο βιομηχανικό Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT) επαναστατούν στον τρόπο με τον οποίο οι επιχειρήσεις διαχειρίζονται τις αλυσίδες εφοδιασμού τους. Με την τεχνολογία IoT, οι επιχειρήσεις μπορούν να παρακολουθούν τα προϊόντα και τις αποστολές τους σε πραγματικό χρόνο, να παρακολουθούν τα επίπεδα αποθεμάτων και να βελτιστοποιήσουν τις διαδικασίες της εφοδιαστικής αλυσίδας τους για να αυξήσουν την αποτελεσματικότητα και να μειώσουν το κόστος.

Το βιομηχανικό IoT περιλαμβάνει τη χρήση συνδεδεμένων συσκευών, αισθητήρων και άλλων προηγμένων τεχνολογιών για την αυτοματοποίηση και τον εξορθολογισμό των διαφόρων πτυχών λειτουργιών των logistics. Αυτές οι συσκευές μπορούν να ενσωματωθούν σε προϊόντα, οχήματα και εγκαταστάσεις για τη λήψη και τη μετάδοση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο.

Για παράδειγμα, οι αισθητήρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παρακολούθηση των επιπέδων θερμοκρασίας και υγρασίας των φαρτών αγαθών κατά τη διάρκεια της διαμετακόμισης, εξασφαλίζοντας ότι διατηρούνται εντός του βέλτιστου εύρους. Οι συσκευές παρακολούθησης GPS μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παρακολούθηση της θέσης των αποστολών, επιτρέποντας στους διαχειριστές της εφοδιαστικής αλυσίδας να λαμβάνουν καλύτερες αποφάσεις σχετικά με τη δρομολόγηση και τον προγραμματισμό.

Τα έξυπνα συστήματα εφοδιαστικής αλυσίδας που βασίζονται στο βιομηχανικό IoT μπορούν επίσης να βοηθήσουν τις επιχειρήσεις να βελτιστοποιήσουν τις εργασίες αποθήκευσης. Χρησιμοποιώντας αισθητήρες και άλλες συνδεδεμένες συσκευές, οι επιχειρήσεις μπορούν να παρακολουθούν τα επίπεδα αποθεμάτων, να παρακολουθούν τη θέση των αγαθών μέσα στην αποθήκη και να αυτοματοποιήσουν τη διαδικασία συλλογής και συσκευασίας.

Εκτός από τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας, τα έξυπνα συστήματα logistics που βασίζονται στο βιομηχανικό IoT μπορούν επίσης να βελτιώσουν την ασφάλεια. Για παράδειγμα, οι αισθητήρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανίχνευση επικίνδυνων υλικών και στους εργαζόμενους για την ειδοποίηση σε πιθανούς κινδύνους ασφάλειας.

Συνολικά, τα έξυπνα συστήματα εφοδιαστικής αλυσίδας που βασίζονται στο βιομηχανικό IoT προσφέρουν μια σειρά από οφέλη για τις επιχειρήσεις, συμπεριλαμβανομένης της αυξημένης αποτελεσματικότητας, της βελτίωσης της ασφάλειας και του μειωμένου κόστους. Καθώς η τεχνολογία συνεχίζει να εξελίσσεται, μπορούμε να περιμένουμε να δούμε ακόμα πιο προηγμένες εφαρμογές και δυνατότητες τα επόμενα χρόνια.

Μέρος 1^ο Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT)

1. Ανάλυση του δυαδικού των πραγμάτων (IoT)

Το Διαδίκτυο των πραγμάτων είναι ένα παράδειγμα μίας νέας καινοτομίας στο IT arena. Η φράση "Internet of Things", το οποίο είναι επίσης εν συντομία γνωστό ως IoT έχει δημιουργηθεί από δύο λέξεις, δηλαδή η πρώτη λέξη είναι το "Διαδίκτυο" και η δεύτερη λέξη είναι τα "πράγματα". Το Διαδίκτυο είναι ένα παγκόσμιο σύστημα διασυνδεδεμένων δικτύων υπολογιστών που χρησιμοποιούν το τυπικό πρωτόκολλο του Internet (TCP/IP) για να εξυπηρετούν δισεκατομμύρια χρήστες παγκοσμίως [3].

Πρόκειται για ένα δίκτυο δικτύων που αποτελείται από εκατομμύρια ιδιωτικά, δημόσια, ακαδημαϊκά, επιχειρηματικά και κυβερνητικά δίκτυα, τοπικών έως παγκόσμιων πεδίων, που συνδέονται με ένα ευρύ φάσμα ηλεκτρονικών, ασύρματων και οπτικών τεχνολογικής δικτύωσης [3]. Σήμερα περισσότερες από 100 χώρες είναι συνδεδεμένες σε ανταλλαγές δεδομένων, ειδήσεων και απόψεων μέσω του Διαδικτύου. Σύμφωνα με τα στατιστικά στοιχεία του Παγκόσμιου Διαδικτύου, από τις 31 Δεκεμβρίου 2011 υπήρχαν περίπου 2.267.233.742 χρήστες του Διαδικτύου παγκοσμίως (πρόσβαση σε δεδομένα που χρονολογούνται στις 06/06/2013: Από την καθολική τοποθεσία πόρων <http://www.webopedia.com/term/i/internet.html>). Αυτό σημαίνει ότι το 32,7% του συνολικού πληθυσμού του κόσμου χρησιμοποιεί το Διαδίκτυο[3],[4].

Ενώ αναφερόντας στη λέξη πράγματα που μπορεί να είναι οποιοδήποτε αντικείμενο ή άτομο που μπορεί να είναι διακριτό από τον πραγματικό κόσμο. Καθημερινά αντικείμενα περιλαμβανομένου όχι μόνο ηλεκτρονικών συσκευών που συναντάμε και χρησιμοποιούμε καθημερινά και τεχνολογικά προηγμένα προϊόντα όπως εξοπλισμός και gadgets, αλλά "πράγματα" τα οποία δεν τα θεωρούμε ως κανονικά ηλεκτρονικά, όπως τα τρόφιμα, τα ρούχα και τα έπιπλα, τα υλικά, τα κομμάτια και τον εξοπλισμό, τα εμπορεύματα και τα εξειδικευμένα αντικείμενα, τα ορόσημα, τα μνημεία και τα έργα τέχνης και όλα τα διάφορα του εμπορίου, του πολιτισμού και της πολυπλοκότητας [4]. Αυτό σημαίνει ότι τα πράγματα μπορούν να είναι και τα δύο ζωντανά πράγματα όπως το άτομο, τα ζώα (αγελάδα, σκύλος, περιστέρια, κουνέλι κλπ.), φυτά (δέντρα, λουλούδια, κλπ) και σε μη ζωντανούς οργανισμούς όπως καρέκλα, ψηγείο, κουρτίνα, πλάκα κ.λπ. Οποιαδήποτε συσκευή στο σπίτι ή σε βιομηχανικό σύστημα. Έτσι, σε αυτό το σημείο, τα πράγματα είναι πραγματικά αντικείμενα σε αυτόν τον φυσικό ή υλικό κόσμο.

1.1. Ορισμός του Internet of things

Δεν υπάρχει ένας μοναδικός ορισμός για το Διαδίκτυο των πραγμάτων που είναι αποδεκτός από την παγκόσμια κοινότητα χρηστών. Στην πραγματικότητα, υπάρχουν πολλές διαφορετικές ομάδες, συμπεριλαμβανομένων των ακαδημαϊκών, ερευνητών, επαγγελματιών, καινοτόμων, αναπτυσσόμενων και εταιρικών ανθρώπων που έχουν καθορίσει τον όρο, αν και η αρχική του χρήση έχει αποδοθεί στον Kevin Ashton, ειδικό για την ψηφιακή καινοτομία. Αυτό που έχουν όλοι οι ορισμοί είναι η ιδέα ότι η πρώτη έκδοση του Διαδικτύου αφορούσε τα δεδομένα που δημιουργήθηκαν από τους ανθρώπους, ενώ η επόμενη έκδοση αφορά τα δεδομένα που δημιουργούνται από τα πράγματα. Ο καλύτερος ορισμός για το Διαδίκτυο των πραγμάτων θα ήταν:

"Ένα ανοιχτό και ολοκληρωμένο δίκτυο ευφυών αντικειμένων που έχουν την ικανότητα να αυτο-οργανωθούν, να μοιράζονται πληροφορίες, δεδομένα και πόρους, να αντιδρούν και να ενεργούν ενόψει των καταστάσεων και των αλλαγών στο περιβάλλον"

Το διαδίκτυο των πραγμάτων ωριμάζει και εξακολουθεί να είναι η τελευταία, πιο hyped ιδέα στον IT κόσμο. Κατά την τελευταία δεκαετία ο όρος Internet of Things (IoT) έχει προσελκύσει την προσοχή προβάλλοντας το όραμα μιας παγκόσμιας υποδομής δικτυωμένων φυσικών αντικειμένων, επιτρέποντας οποιαδήποτε στιγμή, οπουδήποτε συνδεσιμότητα για οτιδήποτε και όχι μόνο για οποιονδήποτε [4],[5].

Το Διαδίκτυο των πραγμάτων μπορεί επίσης να θεωρηθεί ως ένα παγκόσμιο δίκτυο το οποίο επιτρέπει την επικοινωνία μεταξύ ανθρώπου με άνθρωπο, ανθρώπων και πραγμάτων και πράγματα με πράγματα, που μπορεί να είναι οτιδήποτε στον κόσμο παρέχοντας μοναδική ταυτότητα σε κάθε αντικείμενο [5]. Το IoT περιγράφει έναν κόσμο όπου σχεδόν οτιδήποτε μπορεί να συνδεθεί και να επικοινωνεί με έξυπνο τρόπο κάτι που δεν υπήρχε πριν. Οι περισσότεροι από εμάς σκέφτονται να "συνδέονται" όσον αφορά τις ηλεκτρονικές συσκευές όπως οι διακομιστές, οι υπολογιστές, τα τάμπλετ, τα τηλέφωνα και τα έξυπνα τηλέφωνα. Σε αυτό που ονομάζεται Διαδίκτυο των πραγμάτων, οι αισθητήρες και οι ενεργοποιητές που είναι ενσωματωμένοι σε φυσικά αντικείμενα - από δρόμους έως βηματοδότες - συνδέονται με ενσύρματα και ασύρματα δίκτυα, συχνά χρησιμοποιώντας το ίδιο Διαδίκτυο IP που συνδέει το Διαδίκτυο. Αυτά τα δίκτυα εξαλείφουν τεράστιους όγκους δεδομένων που ρέουν στους υπολογιστές για ανάλυση. Όταν τα αντικείμενα μπορούν να αισθανθούν τόσο το περιβάλλον όσο και να επικοινωνήσουν, γίνονται εργαλεία για την κατανόηση της πολυπλοκότητας και την απόκριση σε αυτό γρήγορα. Αυτό που είναι επαναστατικό σε όλα αυτά είναι ότι αυτά τα φυσικά συστήματα πληροφόρησης αρχίζουν τώρα να αναπτύσσονται και ορισμένα από αυτά λειτουργούν ακόμη και σε μεγάλο βαθμό χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση. Το "Διαδίκτυο των πραγμάτων" αναφέρεται στην κωδικοποίηση και τη δικτύωση των καθημερινών αντικειμένων και των πραγμάτων που θα τους καθιστούν μεμονωμένα μηχανικά αναγνώσιμα και ανιχνεύσιμα στο Διαδίκτυο [6]-[11]. Πολύ υπάρχον περιεχόμενο στο Διαδίκτυο των πραγμάτων έχει δημιουργηθεί μέσω

κωδικοποιημένων ετικετών RFID και διευθύνσεων IP που συνδέονται με ένα δίκτυο EPC (ηλεκτρονικός κωδικός προϊόντος) [12].

1.2. Ιστορία

Το Διαδίκτυο των πραγμάτων είναι μια τεχνολογική επανάσταση που αντιπροσωπεύει το μέλλον της πληροφορικής και των επικοινωνιών, και η ανάπτυξη της εξαρτάται από τη δυναμική τεχνική καινοτομία σε διάφορους σημαντικούς τομείς, από ασύρματους αισθητήρες έως νανοτεχνολογία (από τη διεύθυνση URL: HTTP : //www.ieccr.net/comsoc/ijcis/).

Η πρώτη συσκευή με Internet ήταν μια μηχανή αυτόματου πωλητή στο Πανεπιστήμιο Carnegie Mellon στις αρχές της δεκαετίας του 1980. Οι προγραμματιστές που εργάζονταν σε αρκετούς ορόφους πάνω από το μηχάνημα αυτόματης πώλησης έγραψαν ένα πρόγραμμα διακομιστή που μετρούσε πόσο ήταν χρονική διάρκεια από τη στιγμή που μια στήλη αποθήκευσης στο μηχάνημα είχε αδιάσει. Οι προγραμματιστές θα μπορούσαν να συνδεθούν με το μηχάνημα μέσω του Διαδικτύου, να ελέγξουν την κατάσταση του μηχανήματος και να καθορίσουν εάν υπήρχε ένα κρύο ρόφημα που να περισσεύει, ώστε να κατέβουν κάτω στο μηχάνημα για να αγοράσουν ένα [28].

Αν και η εκτέλεση σε πραγματικό παράδειγμα του όρου "Internet of Things" έγινε με έναν τρόπο από τη δεκαετία του 1980 με την μηχανή αυτόματης πώλησης καφέ, ο αρχικός όρος εφευρέθηκε από τον Kevin Austin, εκτελεστικό διευθυντή των Auto-ID Labs στο MIT το 1999. Η έννοια του IoT έγινε για πρώτη φορά πολύ δημοφιλής μέσω του Auto-ID Center το 2003 και σε σχετικές δημοσιεύσεις αναλυτών της αγοράς. Από την αρχή που ξεκίνησε η εξέλιξη του Διαδικτύου των πραγμάτων, υπήρχαν πολλά αντικείμενα που συνδέονταν με το Διαδίκτυο για τις διάφορες εφαρμογές μέσω διαφορετικών τεχνολογιών ανάλογα με τον τύπο αντικειμένου για την ικανοποίηση της ανθρώπινης άνεσης [28].

1.3. Προέλευση ονομασίας

Πολλοί άνθρωποι ονοματίζουν το Διαδίκτυο των πραγμάτων με διαφορετικά ονόματα, αλλά ο στόχος του IoT είναι ο ίδιος με την ευρεία έννοια. Τα ψευδώνυμα του Διαδικτύου των πραγμάτων που έχουν ειπωθεί είναι τα εξής: Web of Things, Internet of Objects, Embedded Intelligence, Connected Devices and Technology Omnipotent, Omniscient and Omnipresent. Εκτός από αυτά, κάποιος μπορεί να αναφερθεί στο IoT και ως [29],[30]:

(1) Cyber Physical Systems "ενσωματώσεις υπολογισμών και φυσικών διαδικασιών", όπου εννώνουν τον πραγματικό και τον εικονικό κόσμο.

(2) Pervasive Computing με ασύρματες ή ενσύρματες συνδέσεις σε ένα παγκόσμιο δίκτυο.

(3) Ubiquitous Computing or Calm technology, όπου η τεχνολογία γίνεται ουσιαστικά ψηφιακά αόρατη στη ζωή μας.

(4) Machine-to-Machine Interaction σημαίνει καμία ανθρώπινη παρέμβαση ενώ οι συσκευές επικοινωνούν από την αρχή μέχρι το τέλος.

(5) Human-Computer Interaction περιλαμβάνει τη μελέτη, τον προγραμματισμό και το σχεδιασμό της αλληλεπίδρασης μεταξύ ανθρώπων και υπολογιστών.

(6) Ambient Intelligence είναι μια αναπτυσσόμενη τεχνολογία που θα βελτιώνει όλο και περισσότερο τα ηλεκτρονικά περιβάλλοντα που είναι ευαίσθητα και ανταποκρίνονται στην παρουσία ανθρώπων.

1.4. Προυποθέσεις για την επιτυχημένη εφαρμογή του IoT

Για την επιτυχή εφαρμογή του Διαδικτύου των πραγμάτων (IoT), οι προϋποθέσεις είναι [31],[32],[33]:

- (α) Η δυναμική ζήτηση πόρων
- (β) Οι ανάγκες σε πραγματικό χρόνο
- (γ) Η εκθετική ανάπτυξη της ζήτησης
- (δ) Η διαθεσιμότητα εφαρμογών
- (ε) Η προστασία δεδομένων και το ιδιωτικό απόρρητο των χρηστών
- (ζ) Η αποτελεσματική κατανάλωση ενέργειας των εφαρμογών
- (η) Η εκτέλεση των εφαρμογών κοντά στους τελικούς χρήστες
- (θ) Η πρόσβαση σε ένα ανοιχτό και ενδιάμεσο λειτουργικό σύστημα cloud.

Σύμφωνα με έναν άλλο συγγραφέα [34], υπάρχουν τρία στοιχεία, τα οποία απαιτούνται για την άριστη λειτουργία του internet of things (IoT) :

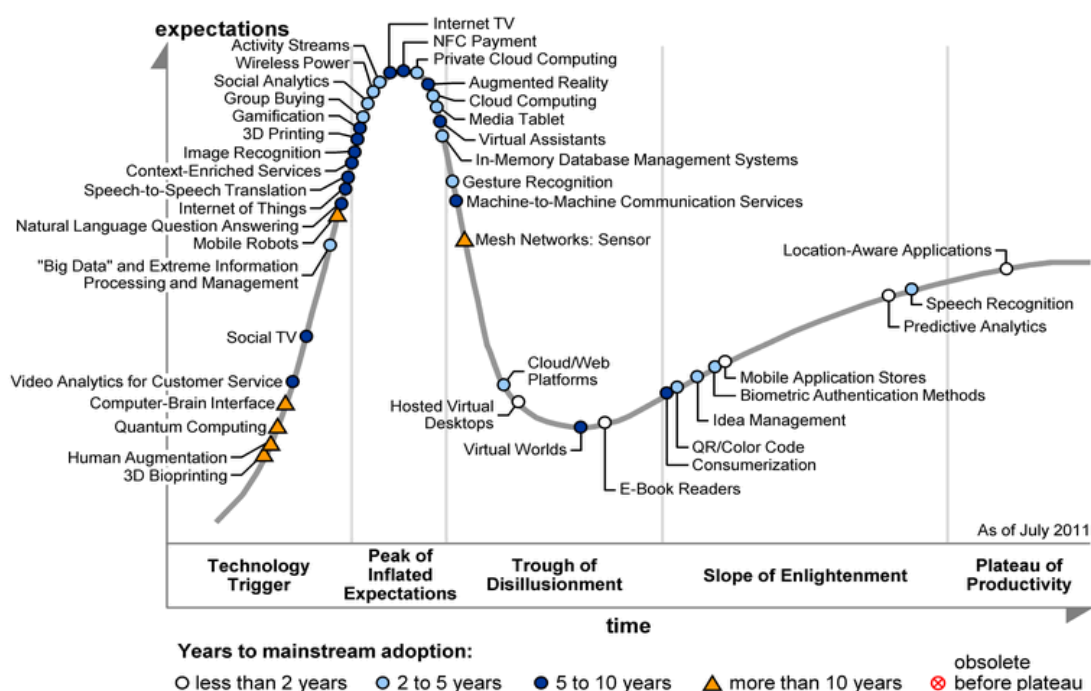
- (α) Hardware, που περιλαμβάνεται σε αισθητήρες, ενεργοποιητές, κάμερες IP, CCTV και ενσωματωμένο hardware επικοινωνίας.
- (β) Middleware, κατά παραγγελία χώρος αποθήκευσης και εργαλεία υπολογιστών για ανάλυση δεδομένων με cloud και Big data Analytics.
- (γ) Παρουσίαση, εύκολα κατανοητά εργαλεία οπτικοποίησης και ερμηνείας που μπορούν να σχεδιαστούν για διαφορετικές εφαρμογές.

1.5. Gartner's hype cycle

Ο Gartner Hype Cycle [13] είναι ένας τρόπος για να αντιπροσωπεύουμε την εμφάνιση, την υιοθέτηση, την ωριμότητα και τον αντίκτυπο στις εφαρμογές συγκεκριμένων τεχνολογιών.

Στο παρακάτω γράφημα, ο Χ-άξονας υποδηλώνει τις προσδοκίες και τον άξονα γ υποδηλώνει τους παράγοντες χρόνου

Το Internet of Things έχει αναγνωριστεί ως μία από τις αναδυόμενες τεχνολογίες, όπως σημειώνεται στον Gartner's IT Hype Cycle. Έχει προβλεφθεί ότι το IoT θα πάρει περίπου 5-10 χρόνια για την υιοθέτησή του στην αγορά από το 2012. Δείτε την εικόνα για δεδομένα.



Γεγονότα που προέκυψαν αληθεί καθώς η τεχνολογία όλο και περισσότερο προσπαθεί να υιοθετήσει τις εφαρμογές του IoT σε πολλούς τομείς και τα έχει καταφέρει.

2. Η αρχιτεκτονική του IoT

Ένα από τα κύρια προβλήματα με το IoT είναι ότι είναι τόσο τεράστιο και μια τόσο ευρεία ιδέα που δεν υπάρχει προτεινόμενη, ομοιόμορφη αρχιτεκτονική.

Προκειμένου να λειτουργήσει η ιδέα του IoT, πρέπει να αποτελείται από μια ποικιλία τεχνολογιών αισθητήρων, δικτύου, επικοινωνιών και υπολογιστών, μεταξύ άλλων [14]. Στην περίπτωση αυτή, μερικές από τις αρχιτεκτονικές ή τα μοντέλα του IoT δίνονται από αρκετούς ερευνητές, συγγραφείς και επαγγελματίες.

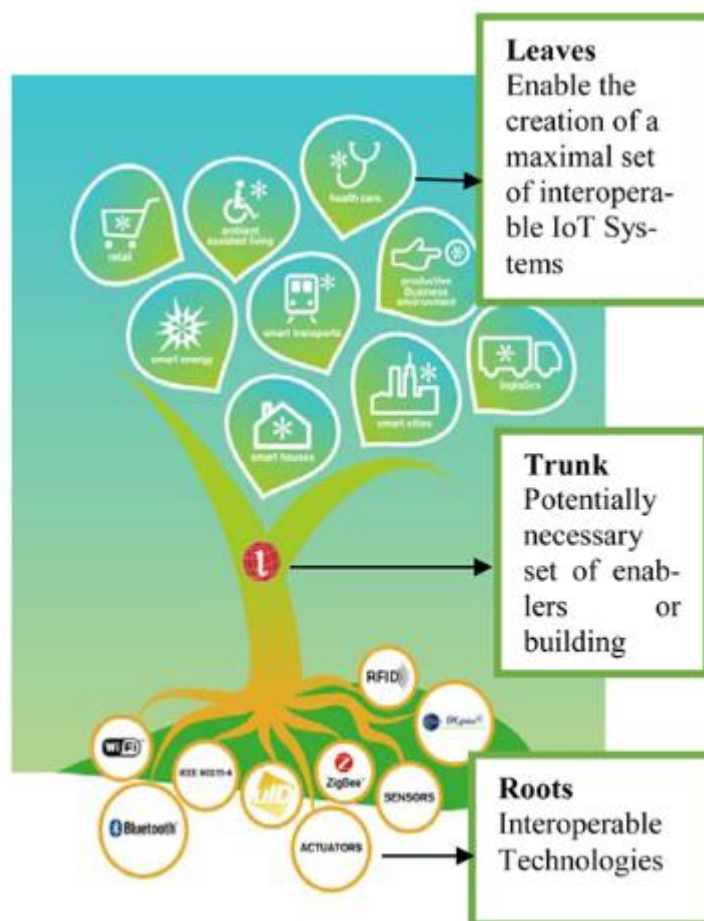
2.1. Ευρωπαϊκό ερευνητικό πρόγραμμα FP7

Αυτό πρόκειται να χρησιμοποιηθεί ως blueprint για το σχεδιασμό αρχιτεκτονικής του IoT [35].

(1) Μοντέλο: Αρχιτεκτονικό Μοντέλο Αναφοράς (ARM).

(2) Αναπτύχθηκε από: Εταίρους έργου του ευρωπαϊκού ερευνητικού προγράμματος FP7 IoT.

(3) Προέρχονται από: επιχειρηματικές εκτιμήσεις, απαιτήσεις βάσει εφαρμογών και τρέχουσες τεχνολογίες.



2.2. Αρχιτεκτονική ITU

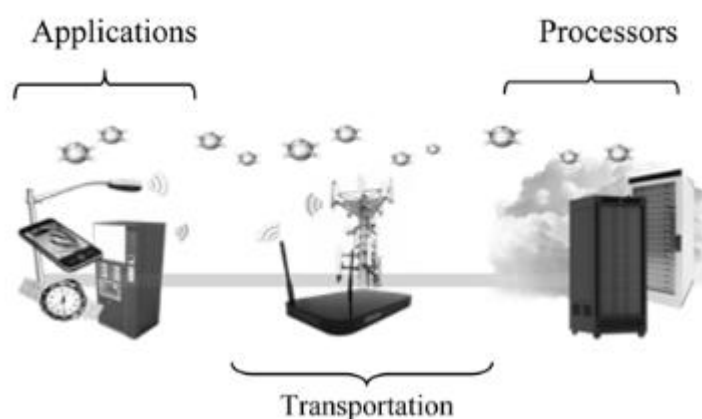
Σύμφωνα με τις συστάσεις της Διεθνούς Ένωσης Τηλεπικοινωνιών (ITU), το δίκτυο, η αρχιτεκτονική του Διαδικτύου των πραγμάτων αποτελείται από [36], [37]

- (α) Το στρώμα ανίχνευσης
- (β) Το στρώμα πρόσβασης
- (γ) Το στρώμα δικτύου
- (d) Το στρώμα middleware
- (e) Τα στρώματα εφαρμογών

Αυτά είναι σαν το μοντέλο αναφοράς Open Systems Interconnection (OSI) στην επικοινωνία δικτύου και δεδομένων.

2.3. Αρχιτεκτονική του παγκόσμιου φόρουμ IoT

Το φόρουμ του IoT λέει ότι η αρχιτεκτονική του Διαδικτύου των πραγμάτων βασικά κατηγοριοποιείται σε 3 τύπους, συμπεριλαμβανομένων των εφαρμογών, των επεξεργαστών και της μεταφοράς [38],[39].



Απο: <http://iotaforum.com/>.

3. Οι τεχνολογίες του ίντερνετ των πραγμάτων

Το Διαδίκτυο των πραγμάτων [15] ήταν αρχικά εμπνευσμένο από μέλη της κοινότητας RFID, οι οποίοι αναφέρθηκαν στη δυνατότητα ανακάλυψης πληροφοριών σχετικά με ένα αντικείμενο με ετικέτα περιηγώντας σε μια διεύθυνση Internet ή μια καταχώρηση βάσης δεδομένων που αντιστοιχεί σε ένα συγκεκριμένο RFID ή στην Near Field Communication [16]. Στο ερευνητικό έγγραφο "Έρευνα και Εφαρμογή στο Smart Home με βάση τις τεχνολογίες των εξαρτημάτων και το Διαδίκτυο των πραγμάτων", οι βασικές τεχνολογίες του IoT είναι η RFID, η τεχνολογία των αισθητήρων, η νανοτεχνολογία και η ενσωματωμένη τεχνολογία νοημοσύνης. Μεταξύ αυτών, το RFID είναι το θεμέλιο και ο πυρήνας δικτύωσης της κατασκευής του Διαδικτύου των πραγμάτων [17].

Το Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT) επέτρεψε στους χρήστες να φέρουν φυσικά αντικείμενα στη σφαίρα του ψηφιακού κόσμου. Αυτό έγινε δυνατόν με διαφορετικές τεχνολογίες ετικετών όπως το NFC, το RFID και το 2D γραμμωτό κώδικα που επέτρεψαν την ταυτοποίηση και την αναφορά των φυσικών αντικειμένων μέσω του Διαδικτύου [18].

Το IoT, το οποίο είναι ενσωματωμένο στην τεχνολογία των αισθητήρων και στην τεχνολογία ραδιοσυχνότητας, είναι το δίκτυο που βασίζεται στους πανταχού παρόντες πόρους υλικού του Διαδικτύου. Είναι επίσης ένα νέο κύμα της βιομηχανίας πληροφορικής, καθώς εφαρμόστηκε σε εφαρμογές πεδίων υπολογιστών, σε δίκτυα επικοινωνίας και στην παγκόσμια τεχνολογία περιαγωγής. Περιλαμβάνει επιπλέον τις εξελιγμένες τεχνολογίες του δικτύου υπολογιστών και επικοινωνιών εκτός, συμπεριλαμβανομένων πολλών νέων τεχνολογιών υποστήριξης του Διαδικτύου των πραγμάτων, όπως η συλλογή της τεχνολογίας των πληροφοριών, η απομακρυσμένη τεχνολογία επικοινωνίας, η τεχνολογία απομακρυσμένης πληροφόρησης, οι αναλύσεις πληροφοριών [19].

3.1. Αναγνώριση ραδιοσυχνότητας (RFID)

Η αναγνώριση ραδιοσυχνότητας (RFID) είναι ένα σύστημα που μεταδίδει την ταυτότητα ενός αντικειμένου ή ενός ατόμου που χρησιμοποιεί ασύρματα ραδιοκύματα με τη μορφή ενός σειριακού αριθμού [20]. Η πρώτη χρήση της συσκευής RFID συνέβη στον 2ο Παγκόσμιο Πόλεμο στο Brittan και χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του φίλου ή του εχθρού το 1948. Η μεταγενέστερη τεχνολογία RFID βασίζεται στο Auto-ID Center στο MIT το έτος 1999. Η τεχνολογία RFID διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στο IoT για την επίλυση ζητημάτων αναγνώρισης αντικειμένων γύρω μας με οικονομικά αποδοτικό τρόπο [5]. Η τεχνολογία ταξινομείται σε τρεις κατηγορίες με βάση τη μέθοδο παροχής τροφοδοσίας σε ετικέτες: ενεργό RFID, παθητικό RFID και ημι-παθητικό RFID. Τα κύρια στοιχεία του RFID είναι ετικέτα, αναγνώστης, κεραία, ελεγκτής πρόσβασης, λογισμικό και διακομιστής. Είναι πιο αξιόπιστο, αποτελεσματικό, ασφαλές, φθινό και ακριβές. Το

RFID διαθέτει εκτεταμένο φάσμα ασύρματων εφαρμογών όπως διανομή, ανίχνευση, παρακολούθηση ασθενών, στρατιωτικές εφαρμογές κλπ. [21].

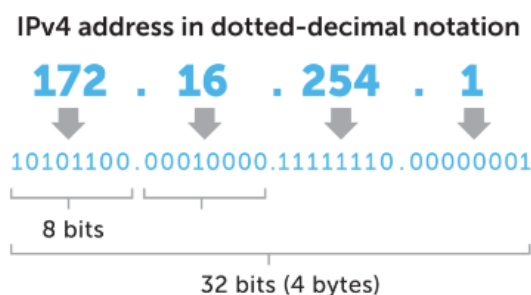


Απο: <https://coolweb.gr/ti-einai-rfid/>

3.2. Πρωτόκολλο διαδικτύου (IP)

Το πρωτόκολλο Internet (IP) είναι το πρωτόκολλο πρωτοβάθμιου δικτύου που χρησιμοποιείται στο Διαδίκτυο, που αναπτύχθηκε τη δεκαετία του 1970. Το IP είναι το κύριο πρωτόκολλο επικοινωνιών στο πρωτόκολλο ελέγχου μετάδοσης για την αναμετάδοση δεδομένων σε όλα τα όρια του δικτύου. Οι δύο εκδόσεις του πρωτοκόλλου Internet (IP) που χρησιμοποιούνται είναι το IPv4 και το IPv6. Κάθε έκδοση ορίζει μια διεύθυνση IP διαφορετικά. Λόγω του επιπολασμού της, ο γενικός όρος διεύθυνση IP συνήθως αναφέρεται στις διευθύνσεις που ορίζονται από το IPv4. Υπάρχουν πέντε κατηγορίες διαθέσιμων περιοχών IP στο IPv4: Κατηγορία A, Κατηγορία B, Κατηγορία C, Κατηγορία D και Κατηγορία E, ενώ μόνο A, B και C χρησιμοποιούνται συνήθως. Το πραγματικό πρωτόκολλο προβλέπει 4,3 δισεκατομμύρια διευθύνσεις IPv4, ενώ το IPv6 θα αυξήσει σημαντικά τη διαθεσιμότητα σε διευθύνσεις στα 85.000 τρισεκατομμυρίων [22]. Το IPv6 είναι το πρωτόκολλο Internet του 21ου αιώνα. Αυτό υποστηρίζει περίπου 2^{128} διευθύνσεις.

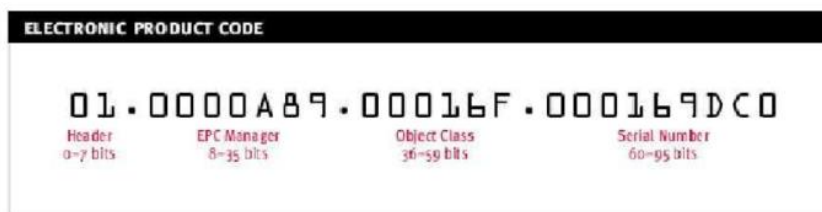
Παράδειγμα από μια IPv4 διεύθυνση



Από: <https://bluecatnetworks.com/blog/is-an-ip-address-pii-the-answer-is-nuanced/>

3.3. Ηλεκτρονικός κωδικός προϊόντος (EPC)

Ο ηλεκτρονικός κωδικός προϊόντος (EPC) [40] είναι ένας κωδικός 64 bit ή 96 bit που καταγράφεται ηλεκτρονικά σε μια ετικέτα RFID και προορίζεται να σχεδιάσει μια βελτίωση στο EPC ραβδοκώδικα σύστημα. Ο κώδικας EPC μπορεί να αποθηκεύσει πληροφορίες σχετικά με τον τύπο του EPC, τον μοναδικό σειριακό αριθμό προϊόντων, τις προδιαγραφές του, τις πληροφορίες του κατασκευαστή κλπ. Ενώ το RFID είναι στην πραγματικότητα μια παλιά τεχνολογία, το τρέχον ενδιαφέρον για την πρακτική χρήση του καθοδηγείται κυρίως από το Auto-ID Center του MIT, που ιδρύθηκε το 1999, και τον εμπορικό διάδοχό του EPCglobal, που έχουν αναπτύξει μια οικογένεια προτύπων με την ονομασία «ηλεκτρονικός κωδικός προϊόντος (EPC)». Η ιδέα πίσω από την τεχνολογία EPC είναι να δημιουργηθεί ένα «internet of things» που αποτελείται από διάφορα στοιχεία hardware και software, συμπεριλαμβανομένων χαμηλού κόστους, παθητικών ετικετών RFID που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για να εξοπλίσουν σχεδόν οποιοδήποτε είδος φυσικού αντικείμενου και έτσι να το συνδέσουν απευθείας με την εταιρικά πληροφοριακά συστήματα (Sarma et al., 2001). Στα λίγα χρόνια από την ανάπτυξή της, η τεχνολογία EPC έχει υιοθετηθεί από ένα ευρύ φάσμα βιομηχανιών.



Από: https://www.researchgate.net/figure/The-Electronic-Product-Code-EPC-example-of-a-96-bit-EPC-tag-13_fig3_228773070

3.4. Ραβδοκώδικας (barcode)

Ο ραβδοκώδικας είναι απλώς ένας διαφορετικός τρόπος κωδικοποίησης αριθμών και γραμμάτων χρησιμοποιώντας συνδυασμό ράβδων και κενών ποικίλου πλάτους. Πίσω από τα μπαρ [23] εξυπηρετεί την αρχική του πρόθεση να είναι περιγραφική, αλλά δεν είναι κρίσιμη. Στο βιβλίο γραμμωτού κώδικα, ο Palmer (1995) αναγνωρίζει ότι υπάρχουν εναλλακτικές μέθοδοι τεχνικών εισαγωγής δεδομένων. Η γρήγορη απάντηση (QR) κωδικών, το εμπορικό σήμα για έναν τύπο γραμμωτού κώδικα Matrix που σχεδιάστηκε για πρώτη φορά για την αυτοκινητοβιομηχανία στην Ιαπωνία. Οι γραμμωτοί κώδικες είναι οπτικές ετικέτες αναγνώσιμες με μηχανές που συνδέονται με στοιχεία που καταγράφουν πληροφορίες που σχετίζονται με το στοιχείο. Πρόσφατα, το σύστημα κώδικα QR έχει γίνει δημοφιλές εκτός της αυτοκινητοβιομηχανίας λόγω της γρήγορης αναγνωσιμότητας και της μεγαλύτερης χωρητικότητας αποθήκευσης σε σύγκριση με το πρότυπο. Υπάρχουν 3 τύποι γραμμωτών κωδικών: αλφαριθμητικοί χαρακτήρες, αριθμητικοί και 2 διαστάσεων. Οι barcodes έχουν σχεδιαστεί για να είναι αναγνώσιμοι από μηχανές. Συνήθως διαβάζονται από σαρωτές με λέιζερ, μπορούν επίσης να διαβαστούν χρησιμοποιώντας κάμερες.



3.5. Ασύρματη πιστότητα (Wi-Fi)

Η ασύρματη πιστότητα (Wi-Fi) είναι μια τεχνολογία δικτύωσης που επιτρέπει στους υπολογιστές και άλλες συσκευές να επικοινωνούν μέσω ασύρματου σήματος. Ο Vic Hayes ονομάστηκε πατέρας της ασύρματης πιστότητας. Ο πρόδρομος του Wi-Fi εφευρέθηκε το 1991 από την NCR Corporation στο Nieuwege στην Ολλανδία. Τα πρώτα ασύρματα προϊόντα εισήχθησαν στην αγορά με το όνομα Wavelan με ταχύτητες 1 Mbps σε 2 Mbps. Στις μέρες μας, υπάρχουν σχεδόν παντού διαδεδομένα Wi-Fi που παρέχουν συνδεσιμότητα υψηλής ταχύτητας ασύρματης τοπικής περιοχής (WLAN) σε εκατομμύρια γραφεία, σπίτια και δημόσιες τοποθεσίες όπως ξενοδοχεία, καφετέριες και αεροδρόμια. Η ενσωμάτωση του Wi-Fi σε φορητούς υπολογιστές και καταναλωτικές ηλεκτρονικές (CE) συσκευές έχουν επιταχύνει την υιοθέτηση του Wi-Fi στο σημείο όπου είναι σχεδόν απαραίτητο για την λειτουργία τους [24]. Η τεχνολογία περιέχει οποιοδήποτε τύπο προϊόντος WLAN υποστηρίζοντας οποιοδήποτε από τα IEEE 802.11 μαζί με το dual-band, 802.11a, 802.11b, 802.11g και 802.11n. Σήμερα, ολόκληρες πόλεις γίνονται διάδρομοι Wi-Fi μέσω των ασύρματων router.



3.6. Bluetooth

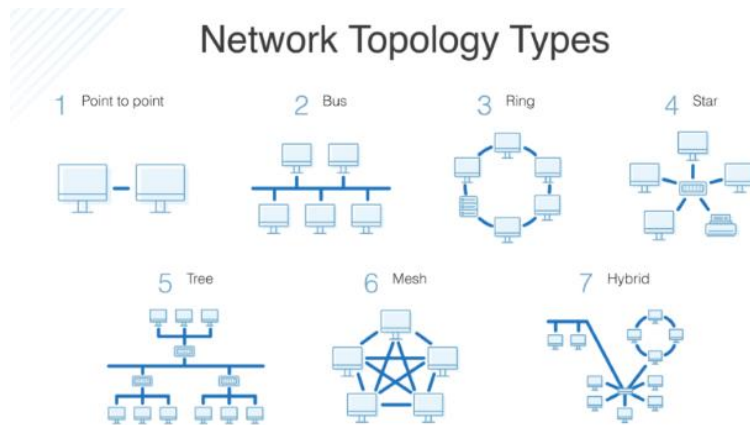
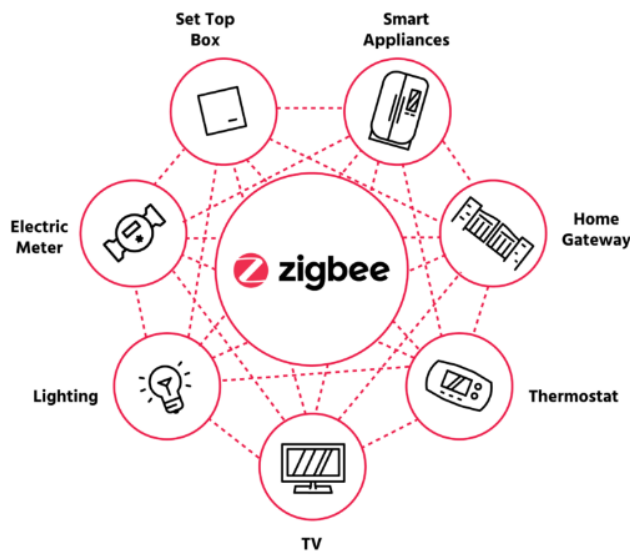
Η ασύρματη τεχνολογία Bluetooth είναι μια φθηνή ραδιοφωνική τεχνολογία μικρής εμβέλειας που εξαλείφει την ανάγκη για καλωδίωση μεταξύ συσκευών όπως υπολογιστών, φορητών υπολογιστών, προσωπικών ψηφιακών βοηθών, κάμερες και εκτυπωτές σε αποτελεσματική εμβέλεια από 10 - 100 μέτρων. Και γενικά επικοινωνούν με λιγότερο από 1 Mbps και το Bluetooth χρησιμοποιεί το πρότυπο IEEE 802.15.1. Στις αρχές του 1994 η Ericsson Mobile Communication Company ξεκίνησε το έργο με το όνομα "Bluetooth". Χρησιμοποιείται για τη δημιουργία δικτύων προσωπικού χώρου (PAN) [41]. Ένα σύνολο συσκευών Bluetooth που μοιράζονται ένα κοινό κανάλι για την επικοινωνία ονομάζεται Piconet. Αυτό το Piconet είναι ικανό για την κοινή χρήση δεδομένων ανάμεσα σε 2 - 8 συσκευές κάθε φορά και τα δεδομένα αυτά μπορεί να είναι κείμενα, εικόνες, βίντεο και ήχοι. Η Ομάδα Ειδικού Ενδιαφέροντος Bluetooth αποτελείται από 1000 εταιρείες με βασικότερες τις Intel, Cisco, HP, Aruba, Intel, Ericson, IBM, Motorola και Toshiba.



3.7. Δίκτυο ZigBee

Το ZigBee είναι ένα από τα πρωτόκολλα που αναπτύχθηκαν για την ενίσχυση των χαρακτηριστικών των ασύρματων αισθητήρων δικτύου. Η τεχνολογία Zigbee δημιουργήθηκε από τη συμμαχία Zigbee που ιδρύθηκε το έτος 2001. Τα χαρακτηριστικά του Zigbee είναι το χαμηλό κόστος, το χαμηλό ποσοστό δεδομένων, η σχετικά μικρή εμβέλεια μετάδοσης, η επεκτασιμότητα, η αξιοπιστία, ο ευέλικτος σχεδιασμός του πρωτοκόλλου. Πρόκειται για ένα πρωτόκολλο ασύρματου δικτύου χαμηλής ισχύος που βασίζεται στο πρότυπο IEEE 802.15.4 [25]. Το Zigbee έχει εμβέλεια περίπου 100 μέτρων, ένα εύρος ζώνης 250 kbps και οι τοπολογίες που λειτουργεί είναι αστέρι, το δέντρο συμπλέγματος και το πλέγμα. Χρησιμοποιείται ευρέως στον οικιακό αυτοματισμό, την ψηφιακή γεωργία, τους βιομηχανικούς ελέγχους, την ιατρική παρακολούθηση και τα συστήματα ενέργειας.

Απο: <https://csa-iot.org/all-solutions/zigbee/>

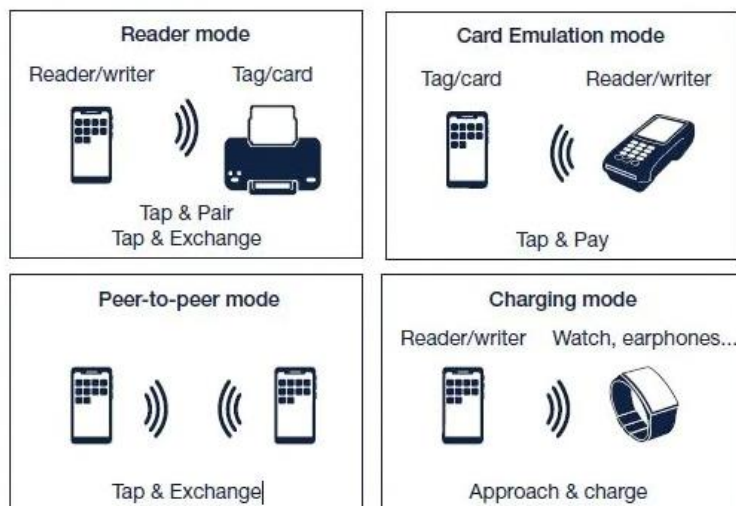


Απο: <https://www.dnsstuff.com/what-is-network-topology>

3.8. Επικοινωνία κοντινού πεδίου (NFC)

Το Near Field Communication (NFC) είναι ένα σύνολο μίας ασύρματης τεχνολογίας μικρής εμβέλειας στα 13,56 MHz, που συνήθως απαιτεί απόσταση 4 cm. Η τεχνολογία NFC καθιστά τη ζωή ευκολότερη και πιο βολική για τους καταναλωτές σε όλο τον κόσμο, καθιστώντας απλούστερη τη δημιουργία συναλλαγών, την ανταλλαγή ψηφιακού περιεχομένου και τη σύνδεση ηλεκτρονικών συσκευών με ένα άγγιγμα. Επιτρέπει την διαισθητική αρχικοποίηση των ασύρματων δικτύων και το NFC είναι συμπληρωματικό ως προς το Bluetooth και το 802.11 με τις δυνατότητες μεγάλων αποστάσεων τους σε απόσταση γύρω από 10 cm. Λειτουργεί επίσης σε μη καθαρό περιβάλλον, δεν απαιτεί την οπτική γωνία, εύκολη και απλή μέθοδος σύνδεσης [42],[43]. Αρχικά αναπτύχθηκε από τις εταιρείες Philips και Sony. Η

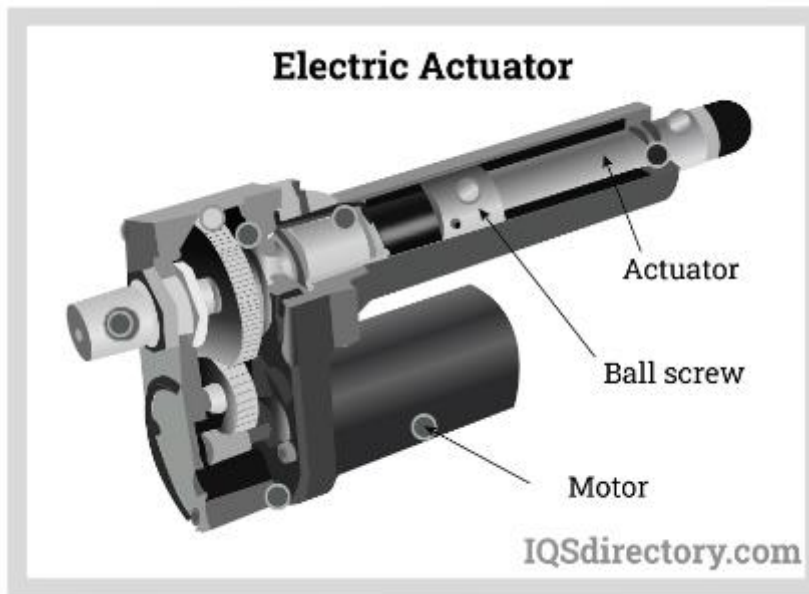
συναλλαγματική ισοτιμία δεδομένων αυτές τις μέρες είναι περίπου 424 kbps. Η κατανάλωση ενέργειας κατά τη διάρκεια της ανάγνωσης δεδομένων στο NFC είναι κάτω των 15mA.



Απο: https://www.st.com/content/st_com/en/support/learning/essentials-and-insights/connectivity/nfc/nfc-chips.html

3.9. Ενεργοποιητές

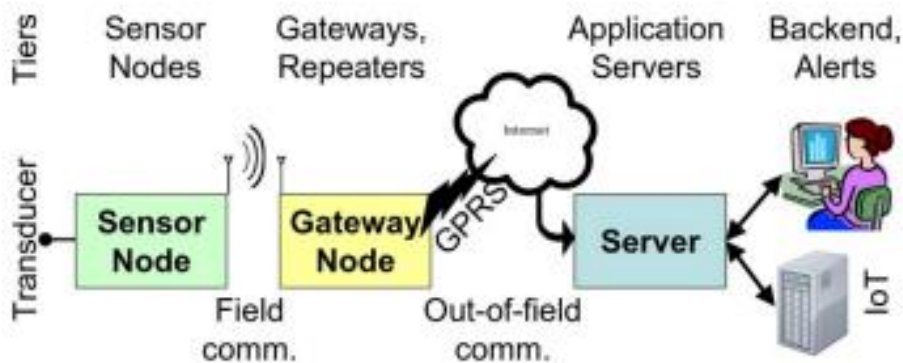
Ένας ενεργοποιητής είναι κάτι που μετατρέπει την ενέργεια σε κίνηση, πράγμα που σημαίνει ότι οι ενεργοποιητές οδηγούν κινήσεις σε μηχανικά συστήματα. Χρησιμοποιεί το υδραυλικό υγρό, το ηλεκτρικό ρεύμα ή κάποια άλλη πηγή ισχύος. Οι ενεργοποιητές μπορούν να δημιουργήσουν γραμμική κίνηση, περιστροφική κίνηση ή ταλαντευόμενη κίνηση. Καλύπτει μικρές αποστάσεις, συνήθως μέχρι 30 πόδια και γενικά επικοινωνούν σε λιγότερο από 1 Mbps. Οι ενεργοποιητές χρησιμοποιούνται συνήθως για τις κατασκευές ή τις βιομηχανικές εφαρμογές. Υπάρχουν τρεις τύποι ενεργοποιητών είναι οι: (1) ηλεκτρικοί: κινητήρες AC και DC, βηματικοί κινητήρες, σωληνοειδής (2) υδραυλικά: Χρησιμοποιείται υδραυλικό υγρό για να ενεργοποιήσει την κίνηση (3) Πνευματικά: Χρησιμοποιήστε συμπιεσμένο αέρα για να ενεργοποιήσει την κίνηση. Όλοι αυτοί οι τρεις τύποι ενεργοποιητών χρησιμοποιούνται πολύ σήμερα. Μεταξύ αυτών, οι ηλεκτρικοί ενεργοποιητές είναι ο πιο συχνά χρησιμοποιούμενος τύπος. Τα υδραυλικά και τα πνευματικά συστήματα επιτρέπουν αυξημένη δύναμη και ροπή από μικρότερο κινητήρα [44],[45].



Απο: <https://www.iqsdirectory.com/articles/linear-actuator/electric-actuators.html>

3.10. Ασύρματο δίκτυο αισθητήρων (WSN)

Ένα WSN είναι ένα ασύρματο δίκτυο που αποτελείται από χωρικά καταναμημένες αυτόνομες συσκευές που χρησιμοποιούν αισθητήρες για να παρατηρούν τα περιβαλλοντικά φαινόμενα, για παράδειγμα, η θερμοκρασία, οι ήχοι, η δόνηση, η πίεση, η κίνηση ή οι ρύποι, σε διαφορετικές τοποθεσίες. Το δίκτυο αυτό σχηματίζεται από εκατοντάδες ή χιλιάδες συσκευές που επικοινωνούν μεταξύ τους και μεταδίδουν δεδομένα από το ένα στο άλλο. Ένα ασύρματο δίκτυο αισθητήρων είναι ένα σημαντικό στοιχείο για το πρότυπο IoT. Οι κόμβοι των αισθητήρων μπορεί να μην έχουν παγκόσμια ID λόγω της μεγάλης ποσότητας γενικών πληροφοριών και μεγάλου αριθμού αισθητήρων. Το WSN με βάση το IoT έχει λάβει αξιοσημείωτη προσοχή σε πολλούς τομείς, όπως ο στρατός, η εθνική ασφάλεια, η υγειονομική περίθαλψη, η παρακολούθηση της γεωργίας, η παραγωγή, η παρακολούθηση των οικοτόπων, η ανίχνευση δασικών πυρκαγιών και των πλημμυρών κ.λπ. [26]. Οι αισθητήρες που είναι τοποθετημένοι στο σώμα ενός ασθενούς παρακολουθούν τις αντιδράσεις του στο εκάστοτε φάρμακο, έτσι ώστε οι γιατροί να μπορούν να μετρήσουν τα αποτελέσματα των φαρμάκων [27].



Απο:

<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6472115>

3.11. Τεχνητή νοημοσύνη (AI)

Η τεχνητή νοημοσύνη αναφέρεται σε ηλεκτρονικά περιβάλλοντα που είναι ευαίσθητα και ανταποκρίνονται στην παρουσία ανθρώπων. Σε ένα τέτοιο κόσμο της τεχνητής νοημοσύνης, οι συσκευές συνεργάζονται και λειτουργούν για να υποστηρίξουν τους ανθρώπους στην εκτέλεση των δραστηριοτήτων τους για την καθημερινή ζωή τους με εύκολο και φυσικό τρόπο χρησιμοποιώντας πληροφορίες και νοημοσύνη που είναι κρυμμένες στις συσκευές που συνδέονται με το δίκτυο, οι οποίες χωρίζονται στα ακόλουθα συστήματα χαρακτηριστικών[46]:

- Ένσωματωμένα: Πολλές συσκευές δικτύωσης ενσωματώνονται στο περιβάλλον
- Επίγνωση του πλαισίου: αυτές οι συσκευές μπορούν να αναγνωρίσουν εσένα και το πλαίσιο της κατάστασης σου
- Εξατομικευμένα: μπορούν να προσαρμοστούν στις ανάγκες σας
- Προσαρμοστικές: Μπορούν να αλλάξουν σε αντίδραση σου
- Προληπτικές: Μπορούν να προβλέψουν τις επιθυμίες σου χωρίς συνειδητή διαμεσολάβηση.

Μέρος 2^ο Εφοδιαστική αλυσίδα (logistics)

4. Βασικές εργασίες και πτυχές των logistics

Οι καταναλωτές και οι εταιρείες χρειάζονται προϊόντα, υλικά και άλλα φυσικά αντικείμενα σε μια στιγμή και σε ένα μέρος όπου γενικά δεν παράγονται. Αυτό οδηγεί στο έργο της επιχειρησιακής επιμελητείας ή των τεσσάρων δικαιωμάτων της εφοδιαστικής (4R):

- Τα Logistics πρέπει να παρέχουν τις σωστές ποσότητες αγαθών με τον πιο αποτελεσματικό τρόπο στο σωστό μέρος με τη σωστή σειρά εντός του κατάλληλου χρόνου.

Τα καθήκοντα της αναλυτικής εφοδιαστικής αλυσίδας είναι η ανάπτυξη και η οργάνωση βέλτιστων διαδικασιών, δομών, συστημάτων και δικτύων για την βέλτιστη λειτουργία της [47],[48]. Τα κύρια καθήκοντα της διαχείρισης των logistics είναι η εκτέλεση των παραγγελιών και η εκπλήρωση των απαιτήσεων των καταναλωτών και των εταιρειών με το χαμηλότερο κόστος και σε μια επαρκή ποιότητα.

Αντικείμενα της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι φυσικά αγαθά όπως πρώτες ύλες, προκαταρκτικά προϊόντα, ημιτελή και τελικά προϊόντα, συσκευασίες, δέματα και εμπορευματοκιβώτια ή απόβλητα και απορριπτόμενα αγαθά. Επίσης, ζώα, ακόμη και άνθρωποι μπορεί να είναι αντικείμενα logistic, τα οποία χρειάζονται ιδιαίτερη φροντίδα και εξυπηρέτηση.

Οι πηγές, δηλαδή οι προμηθευτές ή οι αποστολείς αντικειμένων, είναι εργοστάσια, αποθήκες και αποθήκες παραγωγών, χονδρεμπόρων και παρόχων υπηρεσιών logistics. Οι προορισμοί ή οι αποδέκτες στο τέλος των εφοδιαστικών αλυσίδων, είναι τα πολυκαταστήματα, οι αγορές και τα σημεία πώλησης των λιανοπωλητών και τα σημεία κατανάλωσης. Όχι μόνο οι τελικοί πελάτες, αλλά και οι προμηθευτές τους είναι παραλήπτες αγαθών και προϊόντων από τους πρώτους προμηθευτές/παραγωγούς.

Η τεχνολογία και οι εγγενείς διαδικασίες εξόρυξης, καλλιέργειας, παραγωγής, κατασκευής, συναρμολόγησης και εμφιάλωσης δεν αποτελούν μέρος της εφοδιαστικής αλυσίδας. Τα Logistics πρέπει να προμηθεύουν αυτές τις διαδικασίες με υλικά και εξαρτήματα, να διανέμει τα παραγόμενα αγαθά και να απομακρύνει τα προκύπτοντα απόβλητα και υπολειμματικά υλικά. Αυτό συνεπάγεται με κάτι περισσότερο από απλή μεταφορά, αποθήκευση και χειρισμό προϊόντων. Σημαίνει ότι τα logistics πρέπει να διαχειρίζονται φυσικά αγαθά στο χώρο και στο χρόνο προκειμένου να εκτελεί εντολές. Τα συστήματα εφοδιαστικής αλυσίδας που εκτελούν μόνο τις βασικές εργασίες είναι συστήματα ειδικών επιδόσεων. Άλλα συστήματα επιδόσεων που εκτελούν επιπλέον εργασίες εκτός των logistics

αποτελούν αντικείμενο της εφοδιαστικής αλυσίδας σε μια γενικευμένη έννοια. Υπό αυτή την έννοια, τα logistics πρέπει να σχεδιάζουν, να δημιουργούν, να λειτουργούν και να βελτιστοποιούν συστήματα, τα οποία παράγουν φυσικά αγαθά και άυλες υπηρεσίες. Αυτές οι εργασίες επικαλύπτονται με τον προγραμματισμό παραγωγής, την τεχνολογία διεργασιών, τη μηχανική βιομηχανίας, την επιχειρησιακή έρευνα, την πληροφορική και άλλους τομείς της τεχνολογίας και της οικονομίας[47].

Τα logistics με την ευρεία έννοια περιλαμβάνουν επίσης αγορές και πωλήσεις. Οι αντιπρόσωποι πωλήσεων και οι διευθυντές αγορών διαπραγματεύονται τους όρους της επιχείρησης και τις τιμές των αγαθών και των υπηρεσιών. Ξεκινούν τις διαδικασίες εφοδιασμού και συνδέουν τις εφοδιαστικές αλυσίδες μεταξύ εταιρειών, πελατών και καταναλωτών.

Η σύγχρονη εφοδιαστική αλυσίδα είναι μια διεπιστημονική εφαρμοσμένη επιστήμη. Χρησιμοποιεί τη γνώση άλλων επιστημών για τις οποίες τα logistics με τη σειρά τους είναι μια βοηθητική επιστήμη. Αυτό ισχύει επίσης για την πληροφορική, η οποία ασχολείται με την αποθήκευση, την επεξεργασία, τη μεταφορά και την παροχή δεδομένων και πληροφοριών. Μολονότι η πληροφορική διαδραματίζει σημαντικό ρόλο για ολόκληρη την οικονομία, έτσι και για τα logistics, όπως και για άλλους κλάδους, είναι ένα μέσο για την επίτευξη ενός σκοπού.

4.1. Εργασίες και στόχοι των logistics

Κάθε εργασία των logistics έχει ορισμένους στόχους, αφορά μια περιορισμένη περιοχή και ασχολείται με καθορισμένες πτυχές, που αντιστοιχούν στη μακροοικονομία και τη μικροοικονομία [49],[50]. Οι πιο γενικές πτυχές της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι τα “μακροlogistics” και “μικροlogistics”.

Σκοπός των “μακροlogistics” είναι να εξασφαλίσει την αποτελεσματική αποστολή σε καταναλωτές, εταιρείες και κρατικούς φορείς με αγαθά και να οργανώσει τις ροές κυκλοφορίας μεταξύ πηγών και προορισμών σε μια περιοχή, μια χώρα και σε όλο τον κόσμο. Αυτό παραγματοποιείται ανεξάρτητα από την κύρια ιδιοκτησία των αγαθών, των πηγών και των συστημάτων απόρριψης. Προκειμένου να επιτευχθεί η βέλτιστη οικονομική ανάπτυξη μιας χώρας, εκτός από τους ικανούς θεσμούς και τους κατάλληλους νόμους μια αποτελεσματική υποδομή εφοδιαστικής αλυσίδας είναι απαραίτητη.

Σκοπός των “μικροlogistics” είναι να προμηθεύσει - με βάση τις ιδιωτικές παραγγελίες, τις συμφωνίες και τις συμβάσεις - εταιρείες και καταναλωτές με τα απαιτούμενα αγαθά πιο αποτελεσματικά και να καλύψουν την ζήτηση κινητικότητας των ατόμων. Για το σκοπό αυτό, οι εταιρείες και οι πάροχοι υπηρεσιών της εφοδιαστικής αλυσίδας, σχεδιάζουν, ιδρύουν και διευθύνουν συστήματα και δίκτυα της εφοδιαστικής αλυσίδας. Το καθήκον των “μικροlogistics” είναι να συνειδητοποιήσει και να εκμεταλλευτεί τα συστήματα logistics, να διαχειρίζεται τις αλυσίδες μεταφορών και τα δίκτυα προμήθειας προκειμένου να

εκπληρώσουν τις προσδοκίες των πελατών και να εξασφαλίσουν τη βέλτιστη ανάπτυξη μιας εταιρείας.

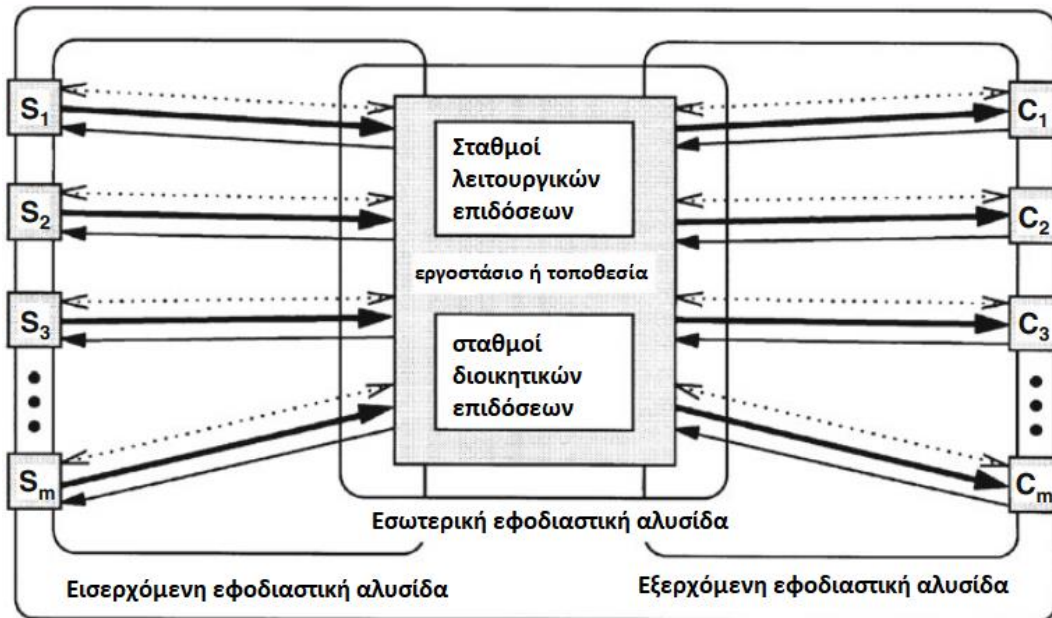
Ο κύριος τομέας των “μικροlogistics” είναι η ίδια εταιρία εφοδιαστικής αλυσίδας. Όπως φαίνεται στο σχήμα 1.1, περιλαμβάνει την εσωτερική και εξωτερική εφοδιαστική αλυσίδα. Η εσωτερική συνδέει τις αποβάθρες φόρτωσης, τις εσωτερικές πηγές και τις αποβάθρες αποστολής του ίδιου χώρου, που μπορεί να είναι ένα κέντρο εφοδιαστικής αλυσίδας, ένα σημείο μεταφοράς, ένα εργοστάσιο ή μια αγορά. Η εξωτερική εφοδιαστική αλυσίδα συνδέει τις αποβάθρες αποστολής μιας ή περισσότερων τοποθεσιών με τις αποβάθρες φόρτωσης άλλων τοποθεσιών[51].

Ανάλογα με την κατεύθυνση των ροών υλικών, συνηθίζεται να γίνεται διάκριση μεταξύ εισερχόμενης εφοδιαστικής αλυσίδας, εξερχόμενης εφοδιαστικής αλυσίδας και αντίστροφης εφοδιαστικής αλυσίδας. Η εισερχόμενη επικεντρώνεται στην προμήθεια αγαθών από τις πηγές στις επιχειρήσεις. Η εξερχόμενη ασχολείται με την παράδοση των αγαθών από τις εταιρείες στους παραλήπτες. Ως εκ τούτου, η προμήθεια και η διανομή είναι δύο διαφορετικές πτυχές του ίδιου έργου. Οι στόχοι τους καθορίζονται είτε από τον πελάτη είτε από τον προμηθευτή. Από τη σκοπιά του πελάτη, το σύστημα διανομής του προμηθευτή αποτελεί μέρος του δικού του συστήματος προμηθειών. Ομοίως, για τον προμηθευτή, το σύστημα προμηθειών του πελάτη αποτελεί μέρος του συστήματος διανομής του.

Η αντίστροφη είναι η χρονολογική αναστροφή της προσφοράς. Τα καθήκοντα είναι η συλλογή, μεταφορά, αποθήκευση και ανακύκλωση ή απόρριψη υπολειμμάτων παραγωγής, καταναλωτικών αποβλήτων, υλικών συσκευασίας, κενών, εξαντλημένων αγαθών και φθαρμένων υλικών. Ειδικοί τομείς της αντίστροφης εφοδιαστικής αλυσίδας είναι η αποκομιδή απορριμμάτων και η διαχείριση αποβλήτων [52],[53].

Τα δίκτυα κυκλοφορίας και τα συστήματα μεταφορών μεταφέρουν φυσικά αγαθά και ανθρώπους από σημεία αναχώρησης σε προορισμούς. Οι κόμβοι ή οι σταθμοί ενός δικτύου κυκλοφορίας δεν διατηρούν αποθέματα. Οι λειτουργίες τους είναι η διασταύρωση και η εκτροπή, αντίστοιχα η απομόνωση, η διαλογή, η αποστολή και άλλες υπηρεσίες μεταφόρτωσης. Οι πρωταρχικοί στόχοι της εφοδιαστικής της επιχείρησης είναι η:

- Απόδοση
- Ποιότητα υπηρεσιών
- Αποδοτικότητα κόστους



Σχήμα 1.1 - Τομείς μιας εταιρείας εφοδιαστικής αλυσίδας

Ροές εφοδιασμού
 Ροές επιστροφής
 Ροές πληροφοριών

4.2. Συστήματα και δικτυώσεις

Ένα σύστημα είναι ένα σύνολο στοιχείων που συνδέονται με ορισμένες σχέσεις. Τα δίκτυα είναι συστήματα, όπου τα στοιχεία είναι σταθμοί ή κόμβοι και οι σχέσεις είναι ροές υλικού ή πληροφοριών μεταξύ αυτών των στοιχείων. Ένα σύστημα εφοδιαστικής αλυσίδας ονομάζεται δίκτυο εφοδιαστικής αλυσίδας, εάν οι αποστάσεις μεταξύ των στοιχείων είναι πολύ μεγαλύτερες από την έκταση των στοιχείων. Αυτό ισχύει γενικά για τα εξωτερικά συστήματα εφοδιασμού. Για τα εσωτερικά συστήματα εξαρτάται από την απόσταση του παρατηρητή.

Ο όρος σύστημα επιδόσεων είναι μια γενίκευση του όρου σύστημα μηχανής. Ως εκ τούτου, πολλοί ορισμοί και αρχές της θεωρίας των συστημάτων μηχανών και της ανάλυσης συστημάτων μπορούν να μεταφερθούν στα συστήματα επιδόσεων και στα συστήματα εφοδιαστικής αλυσίδας [54],[55]. Ένα σύστημα μηχανών εκτελεί εντολές παραγωγής. Επεξεργάζεται, μετασχηματίζει, χειρίζεται και μετακινεί φυσικά αντικείμενα με μια συγκεκριμένη τεχνική. Τα αυτόματα συστήματα μηχανών λειτουργούν ανεξάρτητα από τα άτομα με ντετερμινιστικό τρόπο. Έχουν μόνο περιορισμένους βαθμούς ελευθερίας. Παραδείγματα τέτοιων μηχανικών συστημάτων είναι οι εκτυπωτικές μηχανές, τα χημικά εργοστάσια και οι πλήρως αυτόματες γραμμές συναρμολόγησης. Ειδικά συστήματα μηχανών εφοδιασμού είναι οι αυτόματες αποθήκες υψηλών επιπέδων (HBS), τα συστήματα διαλογής και τα συστήματα αυτόματης καθοδήγησης οχημάτων (AGV).

Εκτός από πολλές αναλογίες, υπάρχουν θεμελιώδεις διαφορές μεταξύ των συστημάτων μηχανών και των συστημάτων επιδόσεων. Τα συστήματα επιδόσεων εξαρτώνται από τους ανθρώπους και εκτελούν ποικίλες παραγγελίες πελατών και εντολές εξυπηρέτησης. Παραδείγματα τεχνικών συστημάτων απόδοσης είναι τα εργοστάσια αλλά και τα κέντρα εφοδιασμού και τα δίκτυα κυκλοφορίας.

Ένα σύστημα επιδόσεων, το οποίο εκκινείται από τυχαία εισερχόμενες παραγγελίες με διαφορετικό περιεχόμενο, λειτουργεί με διαδικασίες, αποδόσεις και χρόνους παράδοσης, οι οποίοι ποικίλλουν στοχαστικά και εξαρτώνται γενικά από την παραγγελία[56],[57]. Προκειμένου να αντιμετωπίσουν μια μεταβαλλόμενη ζήτηση, τα συστήματα επιδόσεων έχουν διάφορους τρόπους λειτουργίας και είναι εν μέρει αποκεντρωτικά οργανωμένα. Ενώ οι κινητικές αλυσίδες ενός μηχανικού συστήματος καθορίζονται από τη δομή, οι αλυσίδες απόδοσης συστημάτων και δικτύων της εφοδιαστικής αλυσίδας εξαρτώνται από τη δομή και τις στρατηγικές. Ως εκ τούτου, κεντρικό καθήκον της αναλυτικής εφοδιαστικής αλυσίδας είναι η ανάπτυξη στρατηγικής για το σχεδιασμό και τη λειτουργία των συστημάτων επιδόσεων.

Οι λειτουργίες ενός συστήματος επιδόσεων καθορίζονται από τις απαιτήσεις. Ο σχεδιασμός, οι διαστάσεις και η βελτιστοποίηση ενός συστήματος εξαρτώνται από τον πελάτη, ο οποίος καθορίζει τις επιδόσεις, τις εκροές και τους στόχους, ορίζει τις διεπαφές και τις συνθήκες πλαισίου και απαιτεί την ποιότητα και την ποσότητα. Για τον σκοπό αυτό, ο πελάτης μπορεί να επιλέξει μεταξύ των προδιαγραφών του αποτελέσματος, λειτουργικών προδιαγραφών και τεχνικών προδιαγραφών:

- Μια προδιαγραφή του αποτελέσματος ορίζει μόνο την έξοδο του συστήματος και επιτρέπει μια ποικιλία λύσεων. Οι μέθοδοι, η τεχνολογία, οι δομές και οι διαδικασίες παραμένουν ανοικτές.
- Μια λειτουργική προδιαγραφή καθορίζει τις διαδικασίες και τις μεθόδους, περιορίζοντας έτσι τον αριθμό των δυνατοτήτων και των λύσεων.
- Μια τεχνική προδιαγραφή προδιαγράφει τα υλικά, τα στοιχεία και τη δομή του συστήματος εκτός από τις μεθόδους και τις διαδικασίες.

Οι στόχοι, οι ικανότητες του πελάτη και ο τύπος του συστήματος καθορίζουν το είδος των προδιαγραφών. Για συστήματα μηχανών, η λειτουργική προδιαγραφή ενισχύεται από μια τεχνική προδιαγραφή. Για συστήματα εσωτερικής εφοδιαστικής αλυσίδας και απόδοσης, μια προδιαγραφή αποτελέσματος συνδυάζεται με μια λειτουργική προδιαγραφή συμπεριλαμβανομένου κρίσιμων διεργασιών.

4.3. Δομές και διαδικασίες

Τα συστήματα επιδόσεων είναι δίκτυα σταθμών που παράγουν ορισμένες υπηρεσίες και επιδόσεις. Όπως σκιαγραφείται στο Σχήμα 1.2, οι ροές υλικών και δεδομένων διέρχονται από αυτό το δίκτυο. Εκτός από τις παραγωγικές και διοικητικές διαδικασίες εντός των σταθμών, κάθε σύστημα επιδόσεων είναι ένα σύστημα εφοδιασμού.

Όπως και στην υδροδυναμική, τα συστήματα απόδοσης και εφοδιασμού μπορούν να εξεταστούν από μια σταθερή οπτική γωνία υπό την άποψη της δομής ή από μια δυναμική οπτική γωνία υπό την άποψη της διεργασίας. Ορισμένα προβλήματα, όπως η βελτιστοποίηση διεργασιών, μπορούν να επιλυθούν ευκολότερα από τη δυναμική άποψη. Για άλλα προβλήματα, όπως ο σχεδιασμός συστημάτων ή δικτύων, η στατική άποψη είναι κατάλληλη. Για τα καθήκοντα της σύγχρονης εφοδιαστικής αλυσίδας, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και οι δύο πτυχές. Ως εκ τούτου, ένας "ειδικός" των logistics πρέπει να σκέφτεται σε διαδικασίες, δομές και συστήματα[58],[59].

Σχήμα 1.2 - Γενική δομή ενός συστήματος απόδοσης ή λογιστικής

ΣΕ: Σταθμοί Επιδόσεων

ΕΣχ: Εισερχόμενοι Σταθμοί

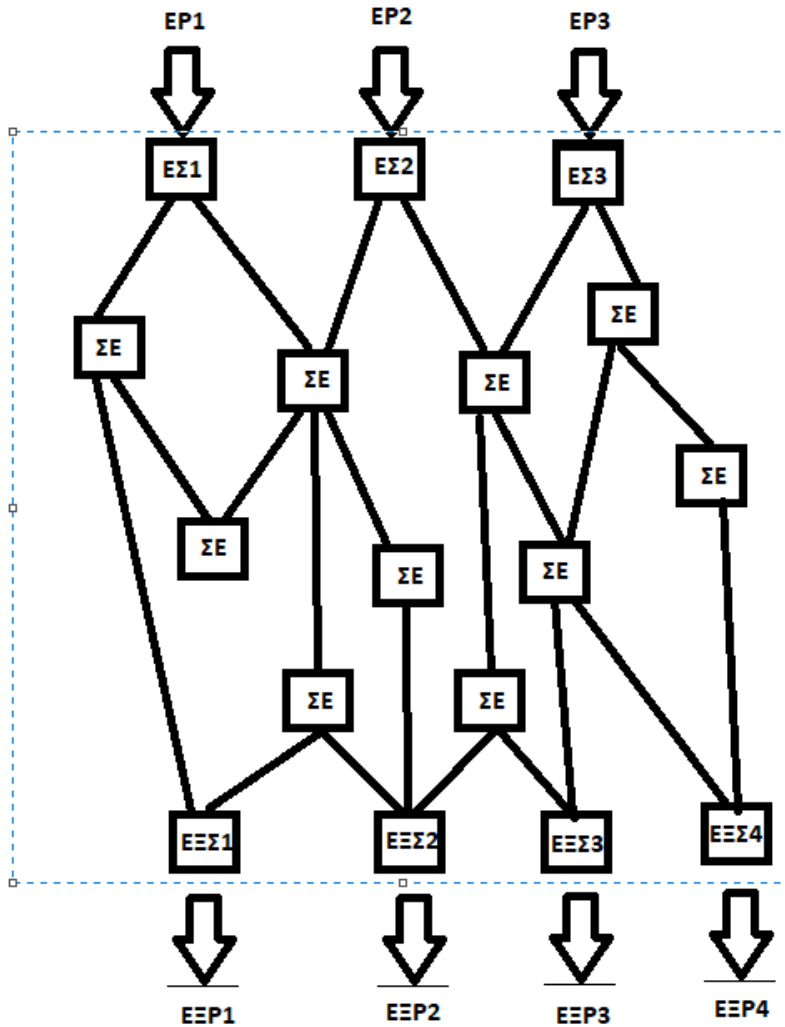
ΕΞΣχ: Εξερχόμενοι Σταθμοί

ΕΡχ: Εισερχόμενες Ροές

ΕΞΡχ: Εξερχόμενες Ροές

—— Ροές υλικών ή δεδομένων

----- Σύνορα του συστήματος



4.3.1. Δομική πτυχή

Στο πλαίσιο της δομικής πτυχής, ένας σταθερός παρατηρητής αναλύει τη δομή, τις λειτουργίες, τις ικανότητες και τις επιδόσεις ενός συστήματος ή δικτύου. Από αυτή την άποψη, το καθήκον της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι η βελτιστοποίηση του συστήματος [60],[61]:

Το εφοδιαστικό σύστημα ή δίκτυο πρέπει να σχεδιαστεί, να διαστασιολογηθεί, να οργανωθεί και να λειτουργήσει έτσι ώστε να εκπληρώνει τις απαιτήσεις με τον πιο αποτελεσματικό τρόπο υπό συγκεκριμένους περιορισμούς.

Το πρώτο βήμα της βελτιστοποίησης του συστήματος είναι η ανάλυση δομής ή η ανάλυση δυνατοτήτων. Με την ανάλυση αυτή εξετάζονται εξονυχιστικά οι σταθμοί και η διαμόρφωση του συστήματος προκειμένου να διαπιστωθεί πόσο καλά

εκτελούν τις παραγγελίες και κατά πόσο λειτουργούν αποδοτικά. Η αξιολόγηση περιλαμβάνει τις ροές υλικών και δεδομένων μεταξύ των σταθμών και τα αποθέματα εντός των σταθμών.

Ωστόσο, εξετάζοντας ένα σύστημα εφοδιασμού μόνο από μια στάσιμη σκοπιά ενέχει τον κίνδυνο να χάσουμε από τα μάτια μας τις διεργασίες. Αυτό αποφεύγεται με την αρχή Chandle [62]:

Η δομή ακολουθεί τις διαδικασίες.

Αυτό σημαίνει ότι οι διαδικασίες και οι στρατηγικές θα πρέπει να αναπτυχθούν πριν από το σχεδιασμό της δομής. Ωστόσο, αυτό είναι μόνο εν μέρει εφικτό, δεδομένου ότι οι διαδικασίες εξαρτώνται από τις δομή του συστήματος.

4.3.2. Πτυχή διαδικασίας

Στο πλαίσιο της πτυχής της διαδικασίας, ένας παρατηρητής παρακολουθεί τις ροές αγαθών και δεδομένων κατά τη διαδρομή τους μέσα στο σύστημα. Ο παρατηρητής εξετάζει τις ακολουθίες των δραστηριοτήτων στις εφοδιαστικές αλυσίδες και την κατανάλωση χρόνου εντός των σταθμών. Το έργο της εφοδιαστικής αλυσίδας από δυναμική άποψη είναι η βελτιστοποίηση της διαδικασίας:

Από μια ποικιλία δυνατοτήτων, οι πιο αποτελεσματικές διαδικασίες και εφοδιαστικές αλυσίδες που ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις πρέπει να επιλεγούν, να σχεδιαστούν και να συνδυαστούν.

Το πρώτο βήμα είναι η ανάλυση της διαδικασίας με στόχο την αναγνώριση της αποτελεσματικότητας των σταθμών στις αλυσίδες επιδόσεων [63]. Η ανάλυση αυτή αξιολογεί κατά πόσον το σύστημα ανταποκρίνεται στους στόχους των πελατών, στις προδιαγραφές των παραγγελιών και στις προσδοκίες των παραληπτών.

Η βασική αρχή για το σχεδιασμό διεργασιών είναι:

- Μόνο αν είναι γνωστές όλες οι σχετικές διεργασίες σε ένα σύστημα ή δίκτυο, είναι δυνατόν να διαστασιολογηθούν οι σταθμοί, να καθοριστούν οι συνδέσεις, να υπολογιστεί το κόστος και να επιτευχθεί το συνολικό βέλτιστο.

4.3.3. Δυναμική πτυχή δικτύου

Υπό την επίδραση της επιχειρησιακής έρευνας, ο θεωρητικός τομέας της εφοδιαστικής αλυσίδας ασχολήθηκε για μεγάλο χρονικό διάστημα κυρίως με τη βελτιστοποίηση δομών και δικτύων για σταθερές και στοχαστικές ροές [47],[64].

Η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας (SCM) επικεντρώνεται στις διαδικασίες στις εφοδιαστικές αλυσίδες από πρώτους προμηθευτές έως και των τελευταίων προμηθευτών, ακόμη και μέχρι τον τελικό πελάτη [65],[66],[67]. Η καθαρά διαδικαστική πτυχή της SCM, ωστόσο, παραμελεί τις δομές και τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ανταγωνιστικών αλυσίδων εφοδιασμού. Ως εκ τούτου, η SCM χάνει συχνά τις συνέργειες που προκύπτουν από την πολλαπλή χρήση των δικτύων και των πόρων [68].

Οι απαιτήσεις επιδόσεων είναι γενικά στοχαστικές και μεταβάλλονται στο χρόνο. Ως εκ τούτου, το κεντρικό καθήκον της εφοδιαστικής αλυσίδας και της διαχείρισης δικτύων των επιχειρήσεων είναι ο σχεδιασμός και η βελτιστοποίηση των διαδικασιών και των δομών ώστε να επιτευχθεί το βέλτιστο σύστημα για μια στοχαστικά κυμαινόμενη και δυναμικά μεταβαλλόμενη ζήτηση. Για να υποστηρίξει τη διαχείριση του δικτύου σε αυτό το έργο, η αναλυτική εφοδιαστική αλυσίδα πρέπει να αναπτύξει στρατηγικές για το σχεδιασμό, τον προγραμματισμό και τη λειτουργία δυναμικών συστημάτων.

4.4. Επιδράσεις των κέντρων εφοδιαστικής αλυσίδας

Το συνολικό κόστος για την παράδοση αγαθών μέσω ενός κέντρου εφοδιασμού προκύπτει από τα ακόλουθα επιμέρους κόστη [69]:

- το κόστος μεταφοράς για την αποστολή από τις πηγές στο κέντρο
- κόστος τόκων για το κεφάλαιο των αποθεμάτων
- κόστος απόδοσης για τις λειτουργίες εντός του κέντρου εφοδιασμού
- κόστος διανομής για την παράδοση από το κέντρο στους παραλήπτες

Αυτά τα επιμέρους κόστη εξαρτώνται από το βαθμό ενοποίησης των προμηθειών, των αποθεμάτων, των λειτουργιών και της διανομής. Ένας περαιτέρω παράγοντας επιρροής είναι ο αριθμός των κέντρων εφοδιασμού μεταξύ των σημείων παράδοσης και των τόπων παραλαβής.

Οι εν μέρει αντίθετες επιρροές των μερικών δαπανών οδηγούν στον κανόνα βελτιστοποίησης:

Για κάθε δεδομένο σύνολο απαιτήσεων και περιορισμών υπάρχει ένας βέλτιστος αριθμός κέντρων εφοδιασμού.

4.5. Δομές δικτύων των logistics

Τα συστήματα και δίκτυα της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι σταθμοί επιδόσεων που συνδέονται με συνδέσεις οι οποίες μεταφέρουν αγαθά και ροές πληροφοριών. Οι λειτουργικοί σταθμοί επεξεργάζονται, αποθηκεύουν και διαχειρίζονται τις εισερχόμενες ροές αγαθών και τις μετατρέπουν σε εξερχόμενες ροές. Οι διοικητικοί σταθμοί παράγουν και επεξεργάζονται πληροφορίες και δεδομένα που δρομολογούν ή συνοδεύουν τις υλικές ροές αγαθών μέσω του δικτύου και εντός των επιχειρησιακών σταθμών [70].

Τα συστήματα αποθήκευσης, τα συστήματα θέσης σε λειτουργία και οι σταθμοί διακίνησης είναι ειδικά συστήματα εφοδιασμού που εκτελούν μία ή δύο μόνο από τις βασικές λειτουργίες εφοδιασμού. Τα συστήματα μεταφορών και τα δίκτυα κυκλοφορίας γεφυρώνουν τις χωρικές αποστάσεις. Αποτελούνται από μεταφορικές συνδέσεις και μεταφορικούς κόμβους. Μια μεταφορική σύνδεση συνδέει απευθείας έναν σταθμό αναχώρησης με έναν σταθμό άφιξης. Μέσω ενός κόμβου μεταφοράς οι εισερχόμενες ροές μεταφοράς ενώνονται ή/και διακλαδώνονται σε εξερχόμενες ροές [71].

Ο αριθμός των ενδιάμεσων σταθμών καθορίζει τον βαθμό σταδίου μιας εφοδιαστικής αλυσίδας:

- Μια εφοδιαστική αλυσίδα N σταδίων αποτελείται από N τμήματα μεταφοράς που συνδέονται με $N-1$ ενδιάμεσους σταθμούς.

Ορισμένες από τις παραμέτρους της δομής, όπως οι τοποθεσίες των προμηθευτών και των πελατών, είναι σταθερά σημεία που δεν μπορούν να αλλάξουν σε σύντομο χρονικό διάστημα. Άλλες παράμετροι, π.χ. ο αριθμός και οι θέσεις των ενδιάμεσων σταθμών, είναι μεταβλητές και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως παράμετροι σχεδιασμού. Για γνωστές απαιτήσεις απόδοσης και περιορισμούς, είναι δυνατή η βελτιστοποίηση ενός συστήματος ή δικτύου εφοδιασμού μεταβάλλοντας αυτές τις παραμέτρους.

4.6. Διαχείριση δικτύου

Το εύρος και η επιτυχία των επιχειρηματικών δραστηριοτήτων εξαρτώνται κρίσιμα από το τι μπορεί να επιτευχθεί στον χώρο της εφοδιαστικής αλυσίδας. Αυτό καθορίζεται κυρίως από την ποιότητα της διαχείρισης του δικτύου.

Τα logistics μιας εταιρείας, ενός ιδρύματος αποτελεί μέρος ενός εκτεταμένου δικτύου που υπερβαίνει κατά πολύ την άμεση επιρροή τους. Ως εκ τούτου, πρέπει πρώτα να αποφασιστεί πού θα τεθούν τα όρια του δικού του δικτύου εφοδιασμού. Οι στόχοι της διαχείρισης δικτύου προκύπτουν από το είδος της επιχείρησης και τον τύπο του δικτύου εφοδιαστικής αλυσίδας στο οποίο δραστηριοποιείται μια

επιχείρηση. Αυτό μπορεί να είναι προσωρινό, μόνιμο, ευέλικτο και συνδυασμένο δίκτυο [72].

4.6.1. Προσωρινά δίκτυα εφοδιαστικής αλυσίδας

Τα προσωρινά δίκτυα δημιουργούνται για περιορισμένο χρονικό διάστημα προκειμένου να εξυπηρετήσουν μια προσωρινή ζήτηση. Παραδείγματα χρονικά και χωρικά περιορισμένων δικτύων είναι τα δίκτυα εφοδιασμού των εργοταξίων, των εκθέσεων, των πανηγυριών, των εκδηλώσεων και των αναπτυξιακών έργων:

Η διαχείριση των προσωρινών δικτύων εφοδιαστικής είναι καθήκον της εφοδιαστικής του έργου

Η εφοδιαστική αλυσίδα έργων είναι η βασική αρμοδιότητα των εταιρειών που ειδικεύονται στην εκτέλεση μεγάλων έργων σε εναλλασσόμενες τοποθεσίες. Παραδείγματα είναι η εφοδιαστική εργοταξίου των εταιρικών κατασκευαστικών ομίλων [73], η εφοδιαστική εγκαταστάσεων των τεχνικών εταιρειών, η εφοδιαστική αντικειμένων των διοργανωτών εκδηλώσεων και η εφοδιαστική διάθεσης των εταιρειών κατεδάφισης και διάσωσης. Τα κεντρικά καθήκοντα της εφοδιαστικής αλυσίδας έργων είναι η ανάπτυξη ενός προσωρινού δικτύου εφοδιασμού, η ανάθεση εξειδικευμένων παρόχων υπηρεσιών, π.χ. για έπιπλα, βαρέα φορτία ή χύδην εμπορεύματα.

Εάν τα έργα είναι μη επαναλαμβανόμενα γεγονότα, όπως η μετεγκατάσταση ενός γραφείου, η συμμετοχή σε εμπορικές εκθέσεις ή ένα οικοδομικό έργο, δεν έχει νόημα για την εταιρεία να διαθέτει δικό της τμήμα εφοδιασμού έργων. Για αυτούς τους ειδικούς σκοπούς, στην αγορά διατίθενται εξειδικευμένοι πάροχοι εφοδιασμού έργων, όπως μεταφορικές εταιρείες ή πάροχοι εργοταξίων.

4.6.2. Μόνιμα και ευέλικτα δίκτυα

Τα μόνιμα δίκτυα δημιουργούνται για απεριόριστο χρονικό διάστημα προκειμένου να εξυπηρετούν μια μακροχρόνια ζήτηση. Η συνέχεια της ζήτησης και η συχνότητα και το μέγεθος των παραγγελιών καθορίζουν το δίκτυο.

Τα μόνιμα ή σταθερά δίκτυα εφοδιασμού αποτελούνται από σταθμούς εφοδιασμού σε σταθερές τοποθεσίες, όπως σταθμούς παραλαβής, σημεία μεταφόρτωσης και κέντρα εφοδιασμού, οι οποίοι συνδέονται μεταξύ τους με ένα μόνιμο δίκτυο μεταφοράς.

Πολλοί πάροχοι δικτύων εφοδιαστικής αλυσίδας, π.χ. ταχυδρομεία, μεταφορείς εμπορευμάτων, σιδηρόδρομοι, ταχυμεταφορές, υπηρεσίες ταχυμεταφορών και

δεμάτων και αεροπορικές εταιρείες, είναι ιδιοκτήτες ενός μόνιμου δικτύου εφοδιαστικής αλυσίδας. Τα δίκτυα προμηθειών των εταιρειών λιανικού εμπορίου με ειδικά κέντρα εφοδιασμού και περιφερειακές αποθήκες αποτελούν επίσης μόνιμα δίκτυα εφοδιασμού [74],[75].

Όπως και στη βιομηχανία ηλεκτρικής ενέργειας, ένα μόνιμο δίκτυο εφοδιασμού είναι κατάλληλο για μια συνεχή βασική ζήτηση, δεδομένου ότι με τη μόνιμη υψηλή χρησιμοποίηση των εγκατεστημένων οριακών επιδόσεων και ικανοτήτων το κόστος απόδοσης ενός σταθερού δικτύου γίνεται ελάχιστο. Ωστόσο, η ευελιξία ενός σταθερού δικτύου είναι γενικά μάλλον χαμηλή. Ως εκ τούτου, για εποχιακή ή στοχαστική ζήτηση αιχμής που υπερβαίνει κατά πολύ τη βασική ζήτηση, ένα ευέλικτο δίκτυο είναι κατάλληλο.

Τα ευέλικτα ή εικονικά εφοδιαστικά δίκτυα είναι δίκτυα με μεταβαλλόμενους σταθμούς, ποικίλες μεταφορικές συνδέσεις και μεταβαλλόμενους εταίρους.

Το λειτουργικό κόστος ενός ευέλικτου δικτύου είναι γενικά υψηλότερο από αυτό ενός σταθερού δικτύου. Οι φορείς εκμετάλλευσης ευέλικτων δικτύων, οι οποίοι δεν διαθέτουν μεταφορικά μέσα και δεν έχουν μόνιμη τόπους λειτουργίας, είναι οι λεγόμενοι πάροχοι υπηρεσιών εφοδιαστικής 4PL (Fourth Party Logistic Service Providers) [76],[77].

Ανάλογα με τη ζήτηση, ένα σταθερό περιφερειακό ή εθνικό δίκτυο μπορεί να συνδεθεί με ευέλικτα τοπικά ή παγκόσμια δίκτυα, δημιουργώντας έτσι συνδυασμένα δίκτυα.

Τα συνδυασμένα δίκτυα αποτελούνται από έναν αριθμό σταθερών σταθμών που συνδέονται με τακτικές κύριες μεταφορές σε συνδυασμό με ευέλικτα τοπικά δίκτυα και αυθόρμητες μεταφορές σχέσεων.

Τα δίκτυα προμηθειών και διανομής των μεγάλων αυτοκινητοβιομηχανιών, των χημικών εταιρειών και τους παραγωγούς καταναλωτικών αγαθών με εργοστάσια και προμηθευτές σε όλη την παγκόσμια κοινότητα είναι τέτοια συνδυασμένα δίκτυα.

Για παράδειγμα, στο δίκτυο εφοδιασμού ενός κατασκευαστή αυτοκινήτων, του οποίου οι προμηθευτές μονάδων βρίσκονται κοντά στο εργοστάσιο συναρμολόγησης. Το δίκτυο προμηθειών του εργοστασίου εκτείνεται από τους προμηθευτές 2ου και 3ου επιπέδου εξαρτημάτων και συστατικών μέχρι το 1ο επίπεδο των προμηθευτών των μονάδων. Και στο τέλος της γραμμής συναρμολόγησης μια κεντρική αποθήκη με τα αξεσουάρ και τα ανταλλακτικά μέσω των σημείων μεταφόρτωσης μοιράζονται στους εμπόρους αυτοκινήτων σε όλο τον κόσμο.

Στις μεσαίου μεγέθους εταιρείες με εγκαταστάσεις σε μία ήπειρο, π.χ. στην Ευρώπη, χρειάζονται ένα σταθερό ηπειρωτικό δίκτυο, π.χ. μια εφοδιαστική αλυσίδα της Ευρώπης σε συνδυασμό με ένα ευέλικτο διεθνές δίκτυο στα άλλα μέρη του κόσμου.

Επίσης, παγκόσμιοι πάροχοι υπηρεσιών εφοδιασμού, όπως διεθνείς διαμεταφορείς, αεροπορικές και ναυτιλιακές εταιρείες, λειτουργούν με συνδυασμένα δίκτυα εφοδιασμού. Συνδέουν το δικό τους σταθερό παγκόσμιο δίκτυο με ευέλικτα τοπικά δίκτυα συμβεβλημένων συνεργατών ή υπεργολάβων. Με αυτόν τον τρόπο μπορούν να προσφέρουν ένα πλήρες δίκτυο εφοδιασμού που καλύπτει ολόκληρη την υδρόγειο.

4.6.3. Καθήκοντα της διαχείρισης δικτύου

Τα logistics είναι ένας υπερογκώδης τομέας. Επομένως, είναι απαραίτητο να καθοριστούν τα σύνορα, οι σύνδεσμοι και οι διεπαφές, να τεθούν στόχοι εντός του περιορισμένου δικτύου, να κατανεμηθεί η εκτέλεση των παραγγελιών και να ελεγχθούν τα αποτελέσματα. Αυτά είναι τα καθήκοντα της διαχείρισης δικτύου. Όποιος θέλει να λύσει τα προβλήματα της εφοδιαστικής αλυσίδας πρέπει να κοιτάξει πέρα από τα όρια του δικού του δικτύου εφοδιασμού. Προκειμένου να αποφύγει τα εμπόδια, ο υπεύθυνος των logistics πρέπει να γνωρίζει τουλάχιστον τα στάδια εφοδιασμού των πελατών όταν το προϊόν είναι έτοιμο για αποστολή και τα στάδια εφοδιασμών των κατασκευαστών για τις πρώτες ύλες που προμηθεύονται. Τα εμπόδια πρέπει να μετατραπούν σε συνδέσεις που επιτρέπουν την αδιάλειπτη ροή αγαθών και πληροφοριών.

Οι εταιρίες εφοδιαστικής αλυσίδας περιλαμβάνουν τη διαχείριση της αλυσίδας εφοδιασμού και τη διαχείριση του δικτύου. Ανάλογα με τους εταιρικούς στόχους και το δίκτυο εφοδιασμού, τα γενικά καθήκοντα της είναι τα εξής [78],[79]:

- προγραμματισμός και πρόβλεψη της ζήτησης
- ανάπτυξη στρατηγικών
- σχεδιασμός της δομής του δικτύου και των τυποποιημένων αλυσίδων εφοδιασμού
- σχεδιασμός και εφαρμογή των συστημάτων εφοδιασμού
- συγχρονισμός και προσαρμογή των διεπαφών και των συνδέσμων
- προγραμματισμός παραγγελιών και αποθεμάτων
- έλεγχος και παροχή συμβουλών για το ήδη υπάρχων σύστημα εφοδιασμού

Τα ειδικά καθήκοντα της εφοδιαστικής αλυσίδας διαφέρουν από εταιρεία σε εταιρεία. Στην περίπτωση που τα logistics αποτελούν βασική αρμοδιότητα, τα logistics της εταιρείας θα πρέπει να οργανώνονται ως ανεξάρτητη εταιρική μονάδα στο ίδιο επίπεδο με την παραγωγή, τα οικονομικά, τη διοίκηση, τις αγορές και τις πωλήσεις. Προσωρινά καθήκοντα, όπως η ανάπτυξη στρατηγικών, η διαμόρφωση

του δικτύου ή ο σχεδιασμός ενός έργου, μπορούν να ανατεθούν εν μέρει σε έναν έμπειρο σύμβουλο.

4.6.4. Μελλοντικά καθήκοντα της εφοδιαστικής αλυσίδας

Αφού η εκβιομηχάνιση της παραγωγής και της κατασκευής, η οποία ξεκίνησε στις αρχές του 19ου αιώνα, έχει ολοκληρωθεί ευρέως σήμερα, η πρόκληση του 21ου αιώνα είναι η εκβιομηχάνιση των διαδικασιών απόδοσης. Η υλοποίηση σταθερών δικτύων μεταφορών και η κατασκευή μεγάλων κέντρων εφοδιασμού θα τελειώσει στο επόμενο μέλλον. Στις πυκνοκατοικημένες και υψηλά βιομηχανοποιημένες χώρες ο χώρος για νέους δρόμους, σιδηροδρόμους, αεροδρόμια και λειτουργίες εφοδιασμού σπανίζει. Ως εκ τούτου, ο στόχος του μέλλοντος είναι η διαχείριση ευέλικτων δικτύων με την καλύτερη δυνατή χρήση των υφιστάμενων περιορισμένων πόρων. Η έρευνα στον τομέα της εφοδιαστικής αλυσίδας θα πρέπει να διερευνήσει τις αναγκαίες νομικές συνθήκες-πλαίσιο και να αναπτύξει κατάλληλες στρατηγικές για την πρόκληση αυτή. Η έρευνα αυτή αποτελεί σημαντικό πεδίο για τους διεθνείς οργανισμούς όπως η ΕΕ και ο ΟΟΣΑ [80].

5. Οργάνωση, προγραμματισμός και έλεγχος

Η οργάνωση των σταθμών απόδοσης και των δικτύων, ο προγραμματισμός των παραγγελιών, των αποθεμάτων και των πόρων και ο έλεγχος των διαδικασιών καθορίζουν την παραγωγικότητα και την αποδοτικότητα των εταιρειών και των συστημάτων εφοδιασμού. Οι κοινοί όροι οργάνωση, σχεδιασμός, προγραμματισμός και έλεγχος έχουν διαφορετικές έννοιες στις επιχειρήσεις και στη μηχανική, στην παραγωγή, στην εφοδιαστική αλυσίδα και στην πληροφορική, καθώς και στη θεωρία και στην πράξη. Το ίδιο ισχύει και για τον όρο διοίκηση, ο οποίος περιλαμβάνει το σχεδιασμό, τον προγραμματισμό και τον έλεγχο, αλλά στην πράξη περιλαμβάνει πολύ περισσότερα [66],[81],[82].

Ο προγραμματισμός γενικά αντιμετωπίζει ανακριβείς πληροφορίες, μέσες τιμές και αβέβαιες προσδοκίες. Ο προγραμματισμός παραγωγής φροντίζει για τις ικανότητες και τις επιδόσεις των πόρων προκειμένου να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις και η ζήτηση των μελλοντικών περιόδων. Ο επιχειρηματικός προγραμματισμός πραγματοποιείται περιοδικά σε μηνιαία, τριμηνιαία ή ετήσια βάση. Ο στρατηγικός σχεδιασμός καλύπτει πενταετείς, δεκαετείς ή και μεγαλύτερες χρονικές περιόδους. Άλλα είδη προγραμματισμού είναι ο προγραμματισμός έργου για ένα συγκεκριμένο

έργο και ο προγραμματισμός μάρκετινγκ των προωθητικών ενεργειών πωλήσεων [83].

Ο χρονοπρογραμματισμός είναι η διάθεση των παραγγελιών και των ποσοτήτων για τις τρέχουσες ανάγκες και η χρονική κατανομή των εσωτερικών παραγγελιών. Οι παραγγελίες είναι είτε εξωτερικές παραγγελίες από πελάτες είτε εσωτερικές παραγγελίες. Οι εσωτερικές παραγγελίες προέρχονται από εξωτερικές παραγγελίες και βραχυπρόθεσμες προβλέψεις ζήτησης, παράγονται από τον προγραμματισμό έργων ή προέρχονται από άλλα τμήματα της ίδιας εταιρείας. Ο χρονοπρογραμματισμός απαιτεί αξιόπιστα δεδομένα και ακριβείς πληροφορίες. Η διαδικασία χρονοπρογραμματισμού είτε ενεργοποιείται από ένα σχετικό γεγονός, π.χ. από μια εισερχόμενη παραγγελία ή μια αλλαγή ενός πόρου, είτε ξεκινά περιοδικά σε σύντομες χρονικές περιόδους, π.χ. ωριαία, ημερήσια ή εβδομαδιαία [84],[85].

Ο χρονοπρογραμματισμός ονομάζεται επίσης λεπτομερής προγραμματισμός, βραχυπρόθεσμος προγραμματισμός, προγραμματισμός παραγγελιών ή διαχείριση συμβάντων της αλυσίδας εφοδιασμού. Ωστόσο, οι όροι αυτοί είναι παραπλανητικοί, καθώς δεν υπάρχει σαφής διάκριση από τον προγραμματισμό και τον έλεγχο.

Ο έλεγχος είναι η καθοδήγηση και η προσαρμογή των σταθμών απόδοσης και των μεταφορικών μέσων με στόχο την εκτέλεση συγκεκριμένων εντολών εντός των προβλεπόμενων ημερομηνιών. Ο έλεγχος διεργασιών ενεργοποιεί, καθοδηγεί και ρυθμίζει τις διεργασίες των συστημάτων μηχανών, για παράδειγμα ενός συστήματος αυτόματης καθοδήγησης οχημάτων (AGV) ή μιας αυτόματης αποθήκης υψηλών επιπέδων (HBS). Ο επιχειρησιακός έλεγχος καθοδηγεί και ελέγχει τις διαδικασίες και τις ενέργειες στους σταθμούς απόδοσης και στις επιχειρησιακές μονάδες όπου εμπλέκονται άνθρωποι.

Ο όρος οργάνωση αντιπροσωπεύει τόσο την ενέργεια της οργάνωσης όσο και το αποτέλεσμα αυτής της ενέργειας [86],[87]:

- Η οργάνωση ως δράση είναι η ανάλυση και ο σχεδιασμός των δομών σχέσεων και των διαδοχικών διαδικασιών μέσα σε ένα σύστημα ανθρώπων, σταθμών και άλλων στοιχείων με στόχο την επίτευξη ορισμένων καθηκόντων.

- Η οργάνωση ως αποτέλεσμα είναι επίσημοι κανονισμοί, συμβουλές και άτυποι κανόνες για τους ανθρώπους, για τη λειτουργία των στοιχείων του συστήματος και για τις σχέσεις μεταξύ των στοιχείων.

Η οργάνωση αποτελεί κεντρικό καθήκον του προγραμματισμού. Η οργάνωση ενός συστήματος απόδοσης ή εφοδιασμού προκύπτει από τις ακόλουθες οργανωτικές επιλογές δράσης:

- Σχεδιασμός διαδικασιών και δομών
- Αριθμός και λειτουργίες των επιπέδων οργάνωσης

- Συγκέντρωση ή αποκέντρωση
- Οργάνωση διαδικασιών και οργάνωση δομών
- Διαμόρφωση του υλισμικού και του λογισμικού
- Τυποποιημένο λογισμικό ή ατομικό λογισμικό
- Οργάνωση των διαδικασιών χρονοπρογραμματισμού

5.1. Παραγγελίες

Όλες οι επιχειρηματικές συναλλαγές και διεργασίες σε μια μονάδα παραγωγής, ένα σύστημα εφοδιαστικής αλυσίδας ή ένα δίκτυο εφοδιασμού ξεκινούν από παραγγελίες. Κάθε παραγγελία περιλαμβάνει απαιτήσεις παράδοσης και επιχειρησιακές οδηγίες [88]:

- Οι απαιτήσεις παράδοσης δίνονται από τις γραμμές ή τις θέσεις παραγγελίας. Δείχνουν ποια ποσότητα από ποιο είδος, προϊόν ή υπηρεσία απαιτείται.
- Οι επιχειρησιακές οδηγίες καθορίζουν τι και πώς πρέπει να παραχθεί, να παραδοθεί και να πραγματοποιηθεί. Είναι οδηγίες για την παραγωγή, τη συναρμολόγηση και το χειρισμό.
- Οι προϋποθέσεις των logistics καθορίζουν τους χρόνους και τις θέσεις όπου θα παραλαμβάνονται, θα παραδίδονται και θα παρέχονται οι απαιτούμενες ποσότητες.

Προκειμένου να διασφαλιστεί η ορθή και έγκαιρη εκτέλεση της παραγγελίας, οι απαιτήσεις παράδοσης και οι προδιαγραφές εφοδιασμού πρέπει να παρέχουν τις ακόλουθες πληροφορίες [89]:

- Γραμμές ή θέσεις παραγγελίας που προσδιορίζουν το είδος ή το προϊόν
- Ποσότητα παραγγελίας που δίνει την απαιτούμενη ποσότητα ή τον αριθμό των μονάδων του προϊόντος
- Διευθύνσεις του σταθμού παραλαβής ή/και του σταθμού παράδοσης
- Χρονικές πληροφορίες σχετικά με τις ημερομηνίες παραλαβής, αποστολής και παράδοσης.

Οι εξωτερικές ή εσωτερικές εντολές, οι οποίες καθορίζουν τα γεγονότα εντός ενός συστήματος απόδοσης, παραγωγής ή εφοδιασμού, είναι: εντολές παράδοσης, εντολές παραγωγής, εντολές διαχείρισης, εντολές αποστολής, εντολές μεταφοράς, εντολές προμήθειας.

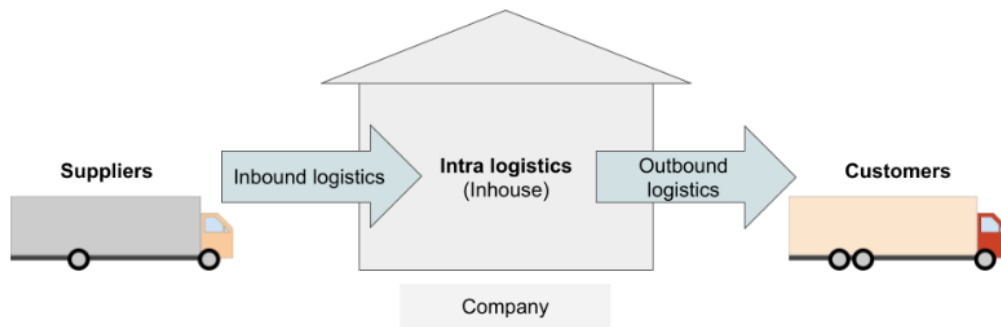
Για τον χρονοπρογραμματισμό των παραγγελιών είναι απαραίτητο να γίνεται διάκριση μεταξύ:

- παραγγελίες μίας θέσης που αφορούν μόνο ένα είδος.
- εντολές πολλαπλών θέσεων που αναφέρονται σε διάφορα είδη.
- παραγγελίες ενός τεμαχίου που απαιτούν μόνο μία μονάδα αντικειμένου.
- παραγγελίες πολλαπλών τεμαχίων που απαιτούν περισσότερες από μία μονάδες αντικειμένων.

Οι εξωτερικές παραγγελίες πραγματοποιούνται από πελάτες και προγραμματιστές άλλων εταιρειών. Ο χρονοπρογραμματισμός παραγγελιών μετατρέπει, ομαδοποιεί και διαιρεί τις εξωτερικές παραγγελίες σε εσωτερικές παραγγελίες, οι οποίες δρομολογούν τις διεργασίες εντός των επιχειρησιακών σταθμών απόδοσης και τις μεταφορές μεταξύ τους. Οι εσωτερικές παραγγελίες που απευθύνονται στους σταθμούς ενός συστήματος εφοδιασμού είναι [90]:

- Εντολές αναπλήρωσης
- Εντολές παραλαβής και παράδοσης
- Παραγγελίες αποθήκευσης και εξόδου από την αποθήκη
- Εντολές εφοδιασμού και ανάκτησης
- Παραγγελίες χειρισμού και ταξινόμησης
- Παραγγελίες συσκευασίας και εμφιάλωσης
- Εντολές φόρτωσης και εκφόρτωσης
- Έλεγχος των παραγγελιών

Inbound, intra (internal) and outbound logistics



The material flow through the company is divided into inbound, intra and outbound logistics

Inbound, intra and outbound logistics.

Απο: <https://www.logistiikanmaailma.fi/en/logistics/logistics-and-supply-chain/inbound-inhouse-and-outbound-logistics/>

5.2. Διαχείριση παραγγελιών και χρονοπρογραμματισμού των logistics

Κάθε εταιρεία και επιχειρησιακή μονάδα χρειάζεται διαχείριση παραγγελιών. Πρέπει να εντοπίζει, να ελέγχει και να προετοιμάζει τις εισερχόμενες παραγγελίες, να τις επεξεργάζεται και να τις μετατρέπει σε εσωτερικές παραγγελίες με βάση το χρόνο και να ελέγχει την ορθή εκτέλεσή τους. Η διαχείριση παραγγελιών περιλαμβάνει εμπορικά, τεχνικά και λογιστικά καθήκοντα [91]:

- Η εμπορική επεξεργασία παραγγελιών δέχεται, ελέγχει και επιβεβαιώνει τις εισερχόμενες εξωτερικές παραγγελίες, τιμολογεί τις εκτελεσθείσες παραγγελίες και εκτελεί πρόσθετες διοικητικές δραστηριότητες.
- Η επεξεργασία παραγγελιών εφοδιασμού, που ονομάζεται επίσης χρονοπρογραμματισμός παραγγελιών, διαχειρίζεται τις εμπορικές παραγγελίες σε διαχωρισμό, ομαδοποίηση, καταγραφή μερών και άλλες στρατηγικές προγραμματισμού σε εσωτερικές παραγγελίες, οι οποίες μεταφέρονται στους σταθμούς εκτέλεσης, και ελέγχει την εκτέλεσή τους.
- Η τεχνική επεξεργασία παραγγελιών, που ονομάζεται επίσης χρονοπρογραμματισμός παραγωγής, προετοιμάζει την τεχνική εκτέλεση των παραγγελιών και τις αναθέτει σε μηχανήματα, θέσεις εργασίας ή άλλους σταθμούς του δικτύου απόδοσης.

Μετά την εκτέλεση της παραγγελίας, τα προκύπτοντα προϊόντα, τα παραδοθέντα αγαθά και οι εκτελεσθείσες υπηρεσίες χρεώνονται στο λογαριασμό του πελάτη [92]. Πρόσθετες διοικητικές υπηρεσίες σε σχέση με τη διεκπεραίωση των παραγγελιών είναι:

- παροχή πληροφοριών σχετικά με την ικανότητα παράδοσης, την κατάσταση και τις ημερομηνίες παράδοσης
- παρακολούθηση και εντοπισμός αντικειμένων και αποστολών
- διαχείριση αποθεμάτων και προγραμματισμός προμηθειών
- τιμολόγηση, είσπραξη και υπενθύμιση

Όλο και περισσότεροι πάροχοι συστημάτων εφοδιασμού εκτελούν αυτές τις διοικητικές υπηρεσίες για τους πελάτες τους. Η διεκπεραίωση των εμπορικών παραγγελιών είναι συνήθως καθήκον του back office πωλήσεων. Η επεξεργασία τεχνικών παραγγελιών αποτελεί στις περισσότερες επιχειρήσεις μέρος του σχεδιασμού και του ελέγχου παραγωγής. Η ευθύνη για τον υλικοτεχνικό προγραμματισμό δεν είναι πάντα σαφώς καθορισμένη και κατανεμημένη με διαφορετικό τρόπο.

Η επεξεργασία παραγγελιών εφοδιασμού είναι είτε συγκεντρωτική είτε αποκεντρωτική. Μπορεί να είναι δουλειά του τμήματος πωλήσεων, της διεύθυνσης παραγωγής ή ενός ξεχωριστού κέντρου παραγγελιών. Δεν υπάρχει καθολικός κανόνας για την οργάνωση της εταιρίας εφοδιασμού και της επεξεργασίας παραγγελιών. Εξαρτάται από το μέγεθος, τον αριθμό των τοποθεσιών, το είδος των προϊόντων και των υπηρεσιών και από τα κανάλια διανομής μιας εταιρείας. Παρ' όλα αυτά υπάρχουν γενικοί οργανωτικοί κανόνες και στρατηγικές, οι οποίοι ισχύουν για την οργάνωση των logistics, της επεξεργασίας παραγγελιών και άλλων λειτουργιών [93].

Στόχος του προγραμματισμού παραγγελιών είναι να διασφαλιστεί η ακριβής και αποτελεσματική εκτέλεση των των τρεχουσών παραγγελιών από τους διαθέσιμους σταθμούς απόδοσης και πηγών. Αυτό μπορεί να είναι επιτυγχάνεται με [94]:

- Στρατηγικές προμήθειας όπως make-or-buy, source-to-order, source-to-stock, maketo-order ή make-to-stock
- Στρατηγικές χρόνου, προκειμένου να τηρούνται οι απαιτούμενες ημερομηνίες και χρόνοι παράδοσης, και ταυτόχρονα, να αφήνουν επαρκή χρόνο αποθέματος για τις στρατηγικές λειτουργίας.

- Στρατηγικές κατανομής για την αποδοτική κατανομή των παραγγελιών στους διαθέσιμους σταθμούς απόδοσης και τους πόρων, διατηρώντας τις ζητούμενες ημερομηνίες παράδοσης.
- Στρατηγικές αποθεμάτων για την αποθήκευση ειδών ώστε να εξασφαλίζεται η απαιτούμενη ικανότητα παράδοσης με το χαμηλότερο κόστος.

5.3. Διαδικασία και δομή οργάνωσης

Αντίστοιχα με την πτυχή της διαδικασίας και της δομής, η οργάνωση της διαδικασίας και της δομής διασφαλίζουν την αποτελεσματική, ορθή, πλήρη και έγκαιρη εκτέλεση των παραγγελιών [95],[96]:

- Η οργάνωση των διαδικασιών ρυθμίζει τις διαδοχικές λειτουργίες και δραστηριότητες σχετικά με τις παραγγελίες, τις πληροφορίες και τα υλικά που διέρχονται από τις αλυσίδες απόδοσης. Κατευθύνει και ελέγχει τις ροές των παραγγελιών, των δεδομένων, των υλικών και των προϊόντων.
- Η οργάνωση δομής ρυθμίζει τις σχέσεις μεταξύ των ανθρώπων, των σταθμών απόδοσης και των στοιχείων του συστήματος. Καθορίζει τις λειτουργίες, τα καθήκοντα και τις εξαρτήσεις των στοιχείων και καθορίζει την οργανωτική δομή του συστήματος.

Προκειμένου να καταστεί ελεγχόμενη, η δομή οργάνωσης ενός πολύπλοκου συστήματος πρέπει να είναι ιεραρχική [97]. Σε μια ιεραρχική οργάνωση τα καθήκοντα, οι ευθύνες και οι στόχοι κατανέμονται σε διαφορετικά επίπεδα οργάνωσης. Κάθε επίπεδο αναφέρεται στο αμέσως ανώτερο επίπεδο και λαμβάνει οδηγίες από εκεί. Δίνει εσωτερικές εντολές και οδηγίες στο αμέσως κατώτερο επίπεδο. Τα γενικά καθήκοντα και τα χαρακτηριστικά μιας τυπικής ιεραρχικής οργάνωσης με τρία επίπεδα παρουσιάζονται στην σελίδα 42.

5.3.1. Επίπεδο στρατηγικής

Το στρατηγικό επίπεδο, το επίπεδο σχεδιασμού ή το διοικητικό επίπεδο του οργανισμού είναι υπεύθυνο για την επιχειρηματική πολιτική, την ανάπτυξη στρατηγικών, τον καθορισμό των προϊόντων και των υπηρεσιών, τον επιχειρηματικό σχεδιασμό και τις κεντρικές υπηρεσίες. Σε αυτό το επίπεδο διαπραγματεύονται οι γενικές συμφωνίες με τους πελάτες και οι συμβάσεις προμηθειών με τους προμηθευτές. Στόχος του στρατηγικού επιπέδου είναι η εξασφάλιση της ικανότητας

της επιχείρησης ή του συστήματος να εκπληρώνει τις απαιτήσεις του μέλλοντος. Ο προγραμματισμός και άλλες δραστηριότητες σε στρατηγικό επίπεδο βασίζονται σε αβέβαιες πληροφορίες, σε προσδοκίες και σε μεσοπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες προβλέψεις. Για την επίτευξη των εταιρικών στόχων απαιτούνται κατάλληλες στρατηγικές σχεδιασμού, χρονοπρογραμματισμού και λειτουργίας [83].

5.3.2. Επίπεδο τακτικής

Στο τακτικό επίπεδο ή στο επίπεδο χρονοπρογραμματισμού οι εξωτερικές παραγγελίες πελατών μετατρέπονται σε εσωτερικές παραγγελίες για τις επιχειρησιακές μονάδες, εφαρμόζοντας τους κανόνες και τις οδηγίες του στρατηγικού επιπέδου. Το τακτικό επίπεδο παράγει και μεταφέρει επίσης παραγγελίες προμηθειών στους προμηθευτές. Το τακτικό επίπεδο διαχειρίζεται και ελέγχει τις παραγγελίες, τα αποθέματα και τους πόρους.

Χειρίζεται τις τρέχουσες παραγγελίες και απαιτήσεις ακολουθώντας στρατηγικές χρονοπρογραμματισμού. Ο χρονοπρογραμματισμός βασίζεται σε οριστικές πληροφορίες και βραχυπρόθεσμες προβλέψεις. Το τακτικό επίπεδο είναι υπεύθυνο για την αποτελεσματική χρήση των διαθέσιμων πόρων[98].

5.3.3. Επιχειρησιακό επίπεδο

Το επιχειρησιακό επίπεδο ή το επίπεδο εκτέλεσης είναι υπεύθυνο για την αποτελεσματική εκτέλεση των εντολών και αφορά την ασφαλή και ορθή λειτουργία των πόρων. Για το σκοπό αυτό, πρέπει να συντονίζει τους επιμέρους σταθμούς εκτέλεσης. Το επιχειρησιακό επίπεδο διαχειρίζεται και ελέγχει την εκτέλεση των παραγγελιών που μεταφέρονται από το επίπεδο χρονοπρογραμματισμού ή τοποθετούνται απευθείας από εξωτερικούς πελάτες. Τόσο ο έλεγχος των επιχειρήσεων όσο και ο έλεγχος των διαδικασιών χρειάζονται στρατηγικές λειτουργίας που εξασφαλίζουν την αποτελεσματική και ορθή εκτέλεση των εντολών και την υψηλή διαθεσιμότητα των πόρων. Οι δραστηριότητες στο επιχειρησιακό επίπεδο βασίζονται σε σαφώς καθορισμένες εντολές και ακριβείς πληροφορίες.

Στο πλαίσιο μιας ευέλικτης οργάνωσης οι ιεραρχίες δεν διαχωρίζονται αυστηρά και δεν υλοποιούνται με αυστηρό τρόπο. Σε πολύπλοκα συστήματα και μεγαλύτερες επιχειρήσεις είναι σκόπιμο να υποδιαιρούνται περαιτέρω τα τρία οργανωτικά επίπεδα ή να εγκαθίστανται παράλληλα σε διαφορετικές επιχειρηματικές μονάδες.



Απο: <https://www.futurecioclub.com/blog/organizational-planning-and-execution-in-three-levels-strategic-tactical-operational>

Παρακάτω εμφανίζεται μια περιληπτική ανάλυση των τριών επιπέδων με στόχο να γίνουν πιο κατανοητές οι βασικές πτυχές του κάθε επιπέδου.

Επίπεδο τακτικής

Χαρακτηριστικά:

- Εξωτερικές παραγγελίες
- Κανόνες και οδηγίες από το διοικητικό επίπεδο
- Εφαρμογή στρατηγικών χρονοπρογραμματισμού
- Μεσαίοι χρόνοι επεξεργασίας (ώρες ή ημέρες)

Εργασίες:

- Προγραμματισμός παραγγελιών
- Διαχείριση παραγγελιών
- Προγραμματισμός παραγωγής
- Προετοιμασία εργασιών/προγραμματισμός διαδικασιών
- Διαχείριση αποθεμάτων
- Προγραμματισμός εφοδιασμού
- Προγραμματισμός πόρων παραγωγής

- Παρακολούθηση και εντοπισμός παραγγελιών
- Έλεγχος λειτουργικών διαδικασιών

Επίπεδο στρατηγικής

Χαρακτηριστικά:

- Εντολές της ανώτατης διοίκησης
- Απαιτήσεις της αγοράς
- Εφαρμογή στρατηγικών σχεδιασμού
- Αβέβαιες πληροφορίες
- Μεγάλοι χρόνοι λήψης αποφάσεων (ημέρες ή εβδομάδες)

Εργασίες:

- Εταιρικός σχεδιασμός
- Ανάπτυξη στρατηγικής
- Σχεδιασμός προγραμμάτων
- Μάρκετινγκ, αγορές, πωλήσεις
- Εταιρικά οικονομικά και λογιστική
- Ανθρώπινοι πόροι
- Έλεγχος

Επιχειρησιακό επίπεδο

Χαρακτηριστικά:

- Εσωτερικές ή άμεσες παραγγελίες πελατών
- Οδηγίες από το επίπεδο χρονοπρογραμματισμού
- Εφαρμογή επιχειρησιακών στρατηγικών
- Καθορισμένες εντολές, ακριβείς πληροφορίες
- Σύντομοι χρόνοι αντίδρασης (δευτερόλεπτα, λεπτά ή ώρες)

Εργασίες:

- Έναρξη διαδικασιών
- Έλεγχος μεμονωμένων δραστηριοτήτων
- Έλεγχος διαδικασιών
- Διασφάλιση της εκτέλεσης

5.4. Οργάνωση των εταιρειών εφοδιαστικής αλυσίδας

Λόγω του διαλειτουργικού χαρακτήρα της, η εταιρία εφοδιαστικής αλυσίδας θα πρέπει να αποτελεί ξεχωριστή οργανωτική μονάδα η οποία συνεργάζεται στενά με τις πωλήσεις, την παραγωγή, τις αγορές και άλλα τμήματα της επιχείρησης [101]. Οι δύο κεντρικές αρμοδιότητες των εταιριών logistics είναι τα στρατηγικά των logistics και τα λειτουργικά logistics. Τα στρατηγικά logistics με μεσοπρόθεσμο και μακροπρόθεσμο προσανατολισμό, που ονομάζονται επίσης διαχείριση συστήματος ή διαχείριση δικτύου, περιλαμβάνουν τον έλεγχο και τον σχεδιασμό της εφοδιαστικής αλυσίδας. Τα βραχυπρόθεσμα προσανατολισμένα λειτουργικά logistics, που ονομάζεται επίσης λειτουργία συστήματος ή λειτουργία δικτύου, αποτελείται από τον προγραμματισμό και τις λειτουργίες της εφοδιαστικής αλυσίδας [100].

Μια εγκεκριμένη οργανωτική δομή για την εταιρεία εφοδιαστικής αλυσίδας θα μπορούσε να είναι η εξής: στις μικρές και μεσαίες επιχειρήσεις τα καθήκοντα εφοδιασμού είναι πιο συγκεντρωμένα και ορισμένα ιεραρχικά επίπεδα δεν υπάρχουν. Σε μεγάλες εταιρείες με πολλές τοποθεσίες είναι σκόπιμη η περαιτέρω διαφοροποίηση, η εξειδίκευση και η αποκέντρωση. Σε κάθε οργανισμό πρέπει κανείς να έχει κατά νου: Όλοι οι σταθμοί απόδοσης της εταιρείας της εφοδιαστικής αλυσίδας θα πρέπει να είναι πρωτίστως σταθμοί εξυπηρέτησης με επίκεντρο τις απαιτήσεις των πελατών και τα οφέλη της επιχείρησης.

5.4.1. Έλεγχος εφοδιαστικής αλυσίδας

Ο τομέας ελέγχου εφοδιαστικής αλυσίδας παρακολουθεί την αποτελεσματική εκτέλεση των υπηρεσιών εφοδιασμού εντός των προκαθορισμένων προϋπολογισμών. Ενημερώνει το τμήμα προγραμματισμού, τον χρονοπρογραμματισμό παραγγελιών, τις λειτουργίες της εφοδιαστικής αλυσίδας και άλλες επιχειρηματικές μονάδες σχετικά με τις εκτελούμενες υπηρεσίες και το

κόστος και τις τιμές εφοδιασμού [102],[103]. Εάν οι υπηρεσίες εφοδιασμού έχουν ανατεθεί σε τρίτους, ο έλεγχος εφοδιαστικής αλυσίδας πρέπει να αναπτύξει το σύστημα αμοιβής του παρόχου υπηρεσιών εφοδιασμού. Επίσης, η παρακολούθηση των τιμών της αγοράς για τις υπηρεσίες εφοδιασμού και ο έλεγχος της ορθής τιμολόγησης αποτελούν καθήκοντα του ελέγχου της εφοδιαστικής αλυσίδας.

5.4.2. Προγραμματισμός εφοδιαστικής αλυσίδας

Ο γενικός στόχος του τομέα προγραμματισμού της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι να διασφαλιστεί η ανταγωνιστικότητα της επιχείρησης μέσω αποτελεσματικών υπηρεσιών εφοδιασμού. Αυτό περιλαμβάνει [104]:

- Ανάπτυξη των logistics της εταιρείας.
- Οριοθέτηση και σχεδιασμός του δικτύου εφοδιαστικής αλυσίδας της εταιρείας.
- Σχεδιασμός και βελτιστοποίηση των αλυσίδων εφοδιασμού και παράδοσης.
- Σχεδιασμός και υλοποίηση κέντρων και συστημάτων εφοδιασμού.
- Σχεδιασμός και βελτιστοποίηση των εσωτερικών διαδικασιών εφοδιασμού.
- Επιλογή εξειδικευμένων παρόχων υπηρεσιών εφοδιασμού.
- Οργάνωση των διαδικασιών χρονοπρογραμματισμού.
- Καθορισμός των επιπέδων ποιότητας της εφοδιαστικής αλυσίδας.
- Επιλογή και εφαρμογή της πρόβλεψης της ζήτησης.

Για τα καθήκοντα αυτά, ο προγραμματισμός εφοδιαστικής αλυσίδας πρέπει να συμμετέχει στο σχεδιασμό των συστημάτων πληροφοριών και επικοινωνιών και στην επεξεργασία δεδομένων της εταιρείας. Τόσο ο έλεγχος όσο και ο προγραμματισμός της εφοδιαστικής αλυσίδας, συμβουλεύονται άλλα τμήματα της επιχείρησης, σε ορισμένες περιπτώσεις επίσης πελάτες και προμηθευτές, σε όλα τα ζητήματα εφοδιασμού. Ειδικότερα, το τμήμα πωλήσεων και το τμήμα αγορών πρέπει να ενημερώνονται για τις δυνατότητες, τις υπηρεσίες και το κόστος των logistics.

5.4.3. Χρονοπρογραμματισμός εφοδιαστικής αλυσίδας

Ο τομέας του χρονοπρογραμματισμού της εφοδιαστικής αλυσίδας (ή ο χρονοπρογραμματισμός παραγγελιών) ιεραρχεί τις εμπορικά αποδεκτές παραγγελίες και τις μετατρέπει σε εσωτερικές παραγγελίες. Οι εσωτερικές παραγγελίες μεταφέρονται στους αντίστοιχους σταθμούς λειτουργίας και απόδοσης [93]. Περαιτέρω καθήκοντα είναι η διαχείριση του χρόνου και ο χρονοπρογραμματισμός των αναπληρώσεων, των αποθεμάτων και των πόρων εντός των λειτουργικών σταθμών εφοδιασμού της εταιρείας. Αυτό περιλαμβάνει τις προβλέψεις ζήτησης, τον έλεγχο αποθεμάτων, την ενημέρωση των σημείων αναπαραγγελίας και των αποθεμάτων ασφαλείας [105],[100]. Ο χρονοπρογραμματισμός εφοδιαστικής αλυσίδας παρακολουθεί επίσης κατά πόσον οι εμπλεκόμενοι επιχειρησιακοί σταθμοί απόδοσης εκτελούν τις παραγγελίες πλήρως και σωστά στον κατάλληλο χρόνο. Αυτό απαιτεί στενή συνεργασία με τις πωλήσεις, την παραγωγή, τις αγορές και τους εξωτερικούς προμηθευτές.

Πολλοί χρονοπρογραμματιστές που είναι σε χαμηλότερη ιεραρχική θέση είναι υπάλληλοι του τμήματος πωλήσεων ή υφιστάμενοι της παραγωγής. Λόγω έλλειψης ικανοτήτων ή θάρρους ορισμένοι χρονοπρογραμματιστές προσπαθούν να ικανοποιήσουν τους πάντες. Οι αποφάσεις τους συχνά δεν ανταποκρίνονται στις προσδοκίες, καθώς είναι διχασμένοι ανάμεσα στις πρώτες γραμμές. Άλλοι λόγοι για τον κακό χρονοπρογραμματισμό είναι η έλλειψη ενδιαφέροντος της ανώτατης διοίκησης για τον χρονοπρογραμματισμό και η έλλειψη εκτίμησης για τους εξειδικευμένους χρονοπρογραμματιστές.

Οι χρονοπρογραμματιστές και οι ελεγκτές κυκλοφορίας είναι οι στρατηγικοί σχεδιαστές της καθημερινής επιχείρησης, καθώς αποφασίζουν για την αποτελεσματική χρήση των πόρων και καθορίζουν την απόδοση μιας επιχείρησης. Ωστόσο, μπορούν επίσης να προκαλέσουν περιττές δαπάνες και απώλειες. Κατά συνέπεια, η ανώτατη διοίκηση πρέπει να εφαρμόσει και να διασφαλίσει έναν ανεξάρτητο, ισχυρό και ικανό χρονοπρογραμματισμό.



5.4.4. Λειτουργίες εφοδιαστικής αλυσίδας

Ο τομέας της λειτουργίας της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι υπεύθυνη για την αποτελεσματική ανταγωνιστικότητα σε όλες τις δραστηριότητες στην εφοδιαστική αλυσίδα της εταιρείας. Αυτό περιλαμβάνει τη διαχείριση του ανθρώπινου δυναμικού και των εγκαταστάσεων παραγωγής στο πλαίσιο των λειτουργιών της εφοδιαστικής αλυσίδας της εταιρείας, όπως οι εσωτερικές μεταφορές και οι αποθήκες, τα κέντρα διανομής και ο δικός της στόλος φορτηγών.

Εάν ορισμένες λειτουργίες του εφοδιασμού, όπως η αποθήκευση τελικών προϊόντων, η λειτουργία ενός κέντρου εφοδιαστικής αλυσίδας, η εξωτερική μεταφορά ή η πλήρης διανομή, έχουν ανατεθεί σε εξωτερικούς συνεργάτες, οι δραστηριότητες του τομέα των λειτουργιών της εφοδιαστικής αλυσίδας περιορίζονται στη διαχείριση του συστήματος, το συντονισμό και την παρακολούθηση των επιδόσεων των παρόχων υπηρεσιών εφοδιασμού [106].

5.5. Οργάνωση του χρονοπρογραμματισμού

Από τις πηγές πρώτων υλών έως τους τελικούς χρήστες, οι διάφορες αλυσίδες εφοδιασμού ανταγωνίζονται η μία την άλλη [107],[108]. Μέσα σε αυτές τις αλυσίδες εφοδιασμού, επιβιώνουν μόνο οι εταιρείες που εκτελούν τις παραγγελίες των πελατών σε σύντομους χρόνους παράδοσης με ελάχιστο κόστος. Αυτό απαιτεί αποτελεσματικό προγραμματισμό. Οι αλυσίδες εφοδιασμού πρέπει να προσαρμόζονται διαρκώς καθώς αλλάζει ο ανταγωνισμός και λανσάρονται νέα προϊόντα. Οι ροές των αγαθών πρέπει να προσαρμόζονται στη μεταβαλλόμενη ζήτηση των επιχειρήσεων και των πελατών. Τα εισερχόμενα ερωτήματα και οι παραγγελίες πρέπει να διεκπεραιώνονται άμεσα. Η άμεση αντίδραση στις μεταβαλλόμενες απαιτήσεις μπορεί να επιτευχθεί με τον δυναμικό προγραμματισμό. Συνεπώς, ο δυναμικός προγραμματισμός των παραγγελιών και των αποθεμάτων στις αλυσίδες εφοδιασμού και παράδοσης αποτελεί τον θεμέλιο λίθο της διαχείρισης δικτύων.

Με βάση μια μεσοπρόθεσμη πρόβλεψη, ο χρονοπρογραμματιστής αποφασίζει ποια είδη θα πρέπει γενικά να παραδίδονται από το απόθεμα. Τα κριτήρια για αυτή τη βασική απόφαση είναι η εξυπηρέτηση, ο χρόνος παράδοσης και το κόστος ευκαιρίας. Με τα ίδια κριτήρια ο χρονοπρογραμματιστής αποφασίζει αν μια παραγγελία θα πρέπει να εκτελεστεί - πλήρης ή σε μέρη - από ένα ανώνυμο απόθεμα ή αν θα πρέπει να παραχθεί απευθείας στο δικό του εργοστάσιο ή να αγοραστεί ειδικά από έναν προμηθευτή.

Τα σημεία αναπαραγγελίας των ειδών αποθήκευσης υπολογίζονται δυναμικά, ώστε να επιτυγχάνεται το ελάχιστο κόστος με αυτορυθμιζόμενο τρόπο. Ο δυναμικός χρονοπρογραμματισμός εξασφαλίζει σταθερούς χρόνους παράδοσης στην αγορά και αποδοτική ικανότητα παράδοσης. Αποφεύγονται τα πολύ υψηλά καθώς και τα ανεπαρκή αποθέματα. Τα χαρακτηριστικά, οι αρχές και τα βήματα του δυναμικού χρονοπρογραμματισμού είναι [109]:

Βραχυπρόθεσμη δυναμική πρόβλεψη και μεσοπρόθεσμη κυλιόμενη πρόβλεψη

- Δυναμική πρόβλεψη βραχυπρόθεσμης ζήτησης
- Κυλιόμενη πρόβλεψη μεσοπρόθεσμης και μακροπρόθεσμης ζήτησης

Εξαρτώμενες από την υπηρεσία αποφάσεις σχετικά με τα είδη αποθήκευσης και τα είδη παραγγελίας

- Ευκαιρία χρόνου αποθήκευσης
- Ευκαιρία κόστους αποθήκευσης
- Απόφαση αποθήκευσης για τα τελικά προϊόντα και τα προκαταρκτικά προϊόντα
- Τακτική ενημέρωση τις αποφάσεις αποθήκευσης

Σωστή οργάνωση του χρονοπρογραμματισμού

- Τοπικός χρονοπρογραμματισμός των μεμονωμένων σταθμών απόδοσης
- Κεντρικός χρονοπρογραμματισμός για αλυσίδες και δίκτυα παράδοσης
- Συντονισμός μεταξύ ενδοεπιχειρησιακού και διεπιχειρησιακού προγραμματισμού
- Τήρηση των αρχών της διοίκησης

Σωστή κατανομή εργασιών μεταξύ χρονοπρογραμματισμού και προγραμματισμού

- Χρονοπρογραμματισμός σε μικρά χρονικά διαστήματα για σύντομες χρονικές περιόδους

- Προγραμματισμός σε μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα για μεσοπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες προθεσμίες
- Χρονοπρογραμματισμός της τρέχουσας ζήτησης
- Χρονοπρογραμματισμός της μακροπρόθεσμης ζήτησης και της ζήτησης του έργου

Διαμοιρασμός εργασιών μεταξύ χρονοπρογραμματιστή και προγράμματος

- Χρονοπρογραμματισμός κανονικής ζήτησης από το πρόγραμμα χρονοπρογραμματισμού
- Χρονοπρογραμματισμός μη κανονικής ζήτησης και κρίσιμων παραγγελιών από άτομα

Σωστά και πλήρη κύρια δεδομένα και συντελεστές κόστους

- Ρύθμιση της ευθύνης για την παροχή των κύριων δεδομένων
- Υπολογισμός των κατάλληλων συντελεστών κόστους για τις εφοδιαστικές υπηρεσίες
- Παροχή των τρεχουσών τιμών της αγοράς για τις εφοδιαστικές υπηρεσίες
- Δεσμευτική ευθύνη για την εισαγωγή και την επικαιροποίηση των δεδομένων

Δυναμικός χρονοπρογραμματισμός αποθεμάτων

- Επιλογή της βέλτιστης στρατηγικής αναπλήρωσης
- Τρέχων υπολογισμός των σημείων αναπαραγγελίας
- Αυτορρυθμιζόμενη διασφάλιση της απαιτούμενης διαθεσιμότητας αποθεμάτων
- Ορθή διαδικασία χρονοπρογραμματισμού αποθεμάτων

Τρέχων χρονοπρογραμματισμός παραγγελιών

- Απόφαση για παράδοση από απόθεμα ή παραγωγή/προμήθεια κατόπιν παραγγελίας
- Συγχρονισμένος χρονοπρογραμματισμός εφοδιασμού και παραγωγής

Για ένα ευρύ φάσμα ειδών και μεγάλο αριθμό εισερχόμενων παραγγελιών είναι απαραίτητο να βοηθηθούν και να αποφορτιστούν από μεγάλο όγκο φορτίων οι χρονοπρογραμματιστές με ένα προηγμένο λογισμικό χρονοπρογραμματισμού. Ο χρονοπρογραμματισμός των κανονικών παραγγελιών και των τακτικών αναπληρώσεων μπορεί να πραγματοποιηθεί με πρόγραμμα. Ο υπεύθυνος χρονοπρογραμματισμού έχει τότε χρόνο να επικεντρωθεί στις παράτυπες παραγγελίες και τις παραγγελίες εξπρές, στην εφαρμογή και την ενημέρωση των κύριων δεδομένων καθώς και στην παρακολούθηση των ημερομηνιών παράδοσης και την τήρηση των απαιτήσεων [110].

Η αποτελεσματική, ορθή και αυτοελεγχόμενη υποστήριξη ενός χρονοπρογραμματιστή ή ενός αποστολέα από ένα πρόγραμμα είναι δυνατή μόνο εάν το πρόγραμμα λειτουργεί με τις σωστές στρατηγικές, μεθόδους πρόβλεψης και αλγόριθμους. Οι παράμετροι προγραμματισμού, όπως οι συντελεστές εξομάλυνσης, η τρέχουσα ζήτηση, τα σημεία αναπαραγγελίας, τα αποθέματα ασφαλείας και οι ποσότητες αναπλήρωσης, πρέπει να υπολογίζονται από το πρόγραμμα δυναμικά από τις εισερχόμενες παραγγελίες και τα πραγματικά αποθέματα ειδών. Οι στρατηγικές αγορών, αποθεμάτων και αναπλήρωσης και η επιλογή των μονάδων φόρτωσης και μεταφοράς πρέπει να προσαρμόζονται τακτικά στην τρέχουσα ζήτηση.

Όσο περισσότερες τυπικές διαδικασίες εκτελούνται από υπολογιστή, τόσο περισσότερο οι υπεύθυνοι χρονοπρογραμματισμού μπορούν να επικεντρωθούν σε άλλες δραστηριότητες. Ως εκ τούτου, όσο μεγαλύτερος είναι ο σημερινός αριθμός των εργαζομένων που ασχολούνται με τον χρονοπρογραμματισμό, τόσο μεγαλύτερη είναι η πιθανή εξοικονόμηση πόρων από τον αυτοματοποιημένο χρονοπρογραμματισμό. Όπου είναι δυνατός ο εξ αποστάσεως χρονοπρογραμματισμός μέσω υπολογιστή, όπως σε τοπικές εγκαταστάσεις παραγωγής, τμήματα αγορών, τμήματα πωλήσεων ή καταστήματα λιανικής πώλησης, ο χρονοπρογραμματισμός πλήρους απασχόλησης από άτομα δεν είναι πλέον απαραίτητος. Οι ειδικευμένοι υπάλληλοι και τα στελέχη μπορούν να εκτελούν τα υπόλοιπα καθήκοντα χρονοπρογραμματισμού επιπλέον των άλλων δραστηριοτήτων τους [111].

Μόνο σε μεγαλύτερες επιχειρηματικές μονάδες είναι απαραίτητο ένα κέντρο παραγγελιών με μικρό αριθμό χρονοπρογραμματιστών υψηλής εξειδίκευσης εκτός από τον τοπικό χρονοπρογραμματισμό. Η δουλειά τους είναι να βοηθούν τον απομακρυσμένο χρονοπρογραμματισμό, να ελέγχουν κρίσιμες παραμέτρους και να προσαρμόζουν τα προγράμματα προγραμματισμού. Εναρμονίζουν τις διαδικασίες και τα αποτελέσματα του τοπικού χρονοπρογραμματισμού με τον προγραμματισμό παραγωγής, τους πελάτες και τους προμηθευτές. Επίσης, για τη διαχείριση της διεπιχειρησιακής αλυσίδας εφοδιασμού μπορεί να είναι απαραίτητη μια κεντρική μονάδα σχεδιασμού και προγραμματισμού. Αυτή μπορεί να δημιουργηθεί με τη συνεργασία μεταξύ των τμημάτων σχεδιασμού και των κέντρων παραγγελιών των ανεξάρτητων εταιρειών ή με τη δημιουργία ενός διεπιχειρησιακού κέντρου σχεδιασμού και προγραμματισμού.

Ωστόσο, σε πολλές περιπτώσεις, οι πληροφορίες για τον ενδοεπιχειρησιακό προγραμματισμό και τον χρονοπρογραμματισμό δεν είναι διαθέσιμες. Μόνο λίγες επιχειρήσεις είναι πρόθυμες να παραδώσουν απεριόριστες πληροφορίες σχετικά με τις πωλήσεις, τις παραγγελίες, τα αποθέματα και τους πόρους σε προμηθευτές ή πελάτες [65]. Η ετοιμότητα για ανταλλαγή πληροφοριών εξαρτάται από την πρόσθετη αξία του διεταιρικού χρονοπρογραμματισμού σε σύγκριση με τον ανεξάρτητο χρονοπρογραμματισμό των μεμονωμένων εταιρειών. Αυτό σημαίνει ότι: Ο κεντρικός προγραμματισμός μπορεί να υλοποιηθεί μόνο εάν το κόστος για όλους τους συμμετέχοντες μειωθεί ή τουλάχιστον διατηρηθεί.

Ένα παράδειγμα, προγράμματος software που θα μπορούσε να βοηθήσει χρονοπρογραμματιστές είναι το Magaya Supply Chain. Είναι ένα πρόγραμμα που κάποια από τα χαρακτηριστικά είναι τα εξής (<https://www.magaya.com/>):

ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΣ

Από τις καταθέσεις και τα έντυπα έως την παρακολούθηση και την εξυπηρέτηση πελατών, η αυτοματοποίηση απαλλάσσει από τη γραφειοκρατική απασχόληση. Θα φτάσετε σε νέα ύψη παραγωγικότητας και θα αποφύγετε τα λάθη που μπορεί να εισέλθουν με τη χειροκίνητη καταχώρηση δεδομένων.

ΤΑΧΥΤΗΤΑ

Οι προσδοκίες για την ταχύτητα αποστολής είναι υψηλότερες από ποτέ. Επιταχύνει όλες τις ροές εργασίας με καλύτερη ορατότητα δεδομένων, περισσότερη συνεργασία και το λογισμικό logistics που χρειάζεστε για να είστε υπερ-παραγωγικοί.

ΑΝΑΠΤΥΞΗ

Βελτιστοποίηση στις διαδικασίες σε ολόκληρη την αλυσίδα εφοδιασμού από την έναρξη έως τον προορισμό. Με την τεχνολογία Magaya, θα δημιουργήσετε μια πιστή πελατειακή βάση και ένα ισχυρό θεμέλιο για βιώσιμη ανάπτυξη.

Magaya

Magaya Supply Chain

A single, powerful platform for logistics and supply chain management

Magaya Supply Chain is complete solution that addresses all your logistics, freight management, and warehousing needs.

As the centralized foundation of your business, Magaya Supply Chain acts as a single system of record while delivering robust functionality for operations, accounting, visibility and tracking, connectivity, and compliance.

The solution comes complete with hundreds of document templates as well as freight forwarding and warehouse management workflows built to meet industry-specific needs for domestic and cross-border logistics.

Plus, you can leverage the collection of apps and extensions specifically for the logistics industry, enabling you to scale the Magaya Supply Chain solution to your changing needs and reducing costs for customization or integration.

The flexible and scalable solution allows you to use the modules you need to automate and optimize your business, with the ability to adopt more functionality as your business grows.

Magaya Supply Chain is a flexible solution for each link in the supply chain, ideal for:

- **Freight Forwarding**
- **NVOCC**
- **3PL**

BENEFITS



One Platform

Our single platform eliminates data silos, enables real-time visibility, and provides you with a holistic view of your business with unparalleled functionality. Magaya features a powerful WMS core with cross-border logistics and serves as a single system of record for your operations.



Highly Scalable

Our robust and highly scalable software platform easily adapts to your changing demands, supporting your growth. Our open API framework gives you the flexibility to integrate with other platforms, allowing you to accomplish more.



Increased Efficiency

Magaya enables you to eliminate double data entry and allows you to stay in compliance with U.S. and international customs integrations, which connect directly with the rest of your transactions and workflows.



Deployment Options

The choice of an on-premises or cloud-based deployment allows you to decide which option is best for your business.

5.6. Φυσικός εντοπισμός και εικονική συγκέντρωση

Η επικοινωνία στο εσωτερικό μιας εταιρείας μέσω ενδοδικτύου, η σύνδεση δεδομένων πολλών εταιρειών μέσω EDI και το παγκόσμιο Διαδίκτυο επιτρέπουν την εικονική συγκέντρωση λειτουργιών, καθηκόντων και ανθρώπων. Όλοι οι υπεύθυνοι λήψης αποφάσεων που συμβάλλουν σε μια συγκεκριμένη εργασία, έργο ή παραγγελία μπορούν να συνδεθούν μέσω μιας ηλεκτρονικής πλατφόρμας υπηρεσιών και χρονοπρογραμματισμού, η οποία είναι κατάλληλα δομημένη και προγραμματισμένη. Με αυτόν τον τρόπο είναι σε θέση να επικοινωνούν χωρίς καθυστέρηση από ευρείες τοποθεσίες, σαν να κάθονται μαζί στο ίδιο γραφείο. Μπορούν να χρησιμοποιούν όλα τα δεδομένα και τις πληροφορίες που απαιτούνται για το δικό τους μέρος της συνολικής εργασίας, ακόμη και αν αυτά είναι αποθηκευμένα τοπικά.

Σήμερα δεν είναι πλέον απαραίτητο να συγκεντρωθούν φυσικά τοπικά αποθέματα, χώροι παραγωγής και σταθμοί απόδοσης προκειμένου να επιτευχθούν ορισμένοι στόχοι. Επίσης, χωρίς φυσικό συγκεντρωτισμό είναι δυνατή η σημαντική μείωση του κόστους, η υψηλή αποδοτικότητα και οι καλύτερες υπηρεσίες. Παραδείγματα είναι η στρατηγική ενός εικονικού κεντρικού καταστήματος, όπου ο πελάτης μπορεί να αναζητήσει αυτό που επιθυμεί από απόσταση χωρίς να πιασθεί κάπου φυσικά, η έννοια του εικονικού κέντρου παραγγελιών, όπου όλοι οι εμπλεκόμενοι στη διαδικασία παραγγελίας συνδέονται μέσω ενός συστήματος διαχείρισης παραγγελιών ή μιας ηλεκτρονικής πλατφόρμας προγραμματισμού [112], και η ενδοεπιχειρησιακή διαχείριση της αλυσίδας εφοδιασμού μέσω EDI και διαδικτύου.

Με τον εικονικό συγκεντρωτισμό είναι δυνατόν να επιτευχθούν πολλά από τα πλεονεκτήματα του συγκεντρωτισμού, όπως η μεγαλύτερη διαφάνεια, η βελτίωση των προβλέψεων, η αποτελεσματική ομαδοποίηση, η οικονομία κλίμακας και η πολυμερής επικοινωνία, να αποφευχθούν τα μειονεκτήματά του, π.χ. μεγαλύτεροι χρόνοι αντίδρασης, υψηλότερη ευθύνη σε περίπτωση βλάβης και μειωμένη συμμετοχή των ανθρώπων, και να διατηρηθούν τα πλεονεκτήματα του εντοπισμού, τα οποία είναι ο πλεονασμός, η γρήγορη αντίδραση, η καλύτερη γνώση των πελατών και της τρέχουσας κατάστασης και η μεγαλύτερη κινητοποίηση των ανθρώπων. Επιπλέον, μπορούν να υλοποιηθούν στρατηγικές συστήματος, οι οποίες χρησιμοποιούν τις τρέχουσες πληροφορίες από τους τοπικούς σταθμούς και εφαρμόζουν εξελιγμένους κανόνες, αλγόριθμους και τύπους [113].

Οι μεγάλες εταιρείες μπορούν να επιλύσουν τα πολύπλοκα κεντρικά τμήματα και να τα οργανώσουν τοπικά στα σημεία πωλήσεων και απόδοσης χωρίς να χάσουν τα πλεονεκτήματα της συγκέντρωσης. Οι μικρότερες εταιρείες επιτυγχάνουν αυτά τα πλεονεκτήματα χωρίς τη δημιουργία νέων κεντρικών μονάδων. Αυτές οι εκτιμήσεις οδηγούν σε μια πρόσθετη στρατηγική για τη διακυβέρνηση της πολυπλοκότητας [114].

Μέρος 3^ο Έξυπνα συστήματα διαχείρισης εφοδιαστικής αλυσίδας βασισμένα στο βιομηχανικό Διαδίκτυο των Πραγμάτων.

6. Εισαγωγή

Η νέα τεχνολογία, οι νεοεισερχόμενοι στην αγορά, τα νέα επιχειρηματικά μοντέλα και οι νέες προσδοκίες των πελατών προκαλούν σήμερα στον κλάδο των logistics τεράστιες αλλαγές, οι οποίες συνεπάγονται κινδύνους και ευκαιρίες [115]. Οι νέες τεχνολογίες, όπως το διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT), το cloud computing, τα μεγάλα δεδομένα και το blockchain, εξορθολογίζουν σε μεγάλο βαθμό τη διαδικασία των logistics και βελτιώνουν την αποτελεσματικότητά της. Οι νεοεισερχόμενοι καταλαμβάνουν μερίδιο αγοράς από τους κατεστημένους μέσω νέων επιχειρηματικών μοντέλων που βασίζονται σε νέες τεχνολογίες.

Για παράδειγμα, η Uber Freight (<https://www.uberfreight.com>) συνδέει τους μεταφορείς με τις καταλληλότερες διαθέσιμες αποστολές και δημιουργεί ένα δίκτυο εφοδιαστικής αλυσίδας κατά παραγγελία με την εφαρμογή και την πλατφόρμα της, το οποίο έχει επηρεάσει αρνητικά τον αμερικανικό κλάδο των εμπορευματικών μεταφορών. Οι πελάτες αναμένουν να αποκτήσουν τα αγαθά ταχύτερα και ασφαλέστερα, καθώς και με μεγαλύτερη ευελιξία με χαμηλό ή καθόλου κόστος παράδοσης. Τα παραπάνω νέα πράγματα αυξάνουν την αποτελεσματικότητα και την ικανοποίηση των πελατών, αλλά παράγουν εντονότερο ανταγωνισμό. Ορισμένες εταιρείες εφοδιαστικής ενδέχεται να βγουν εκτός λειτουργίας εάν δεν καταφέρουν να αναπτύξουν τα τρέχοντα συστήματα εφοδιαστικής [116]. Η δημιουργία έξυπνων logistics με βάση τις νέες τεχνολογίες είναι μια αποτελεσματική λύση για να συμβαδίσουν με τα νέα πράγματα.

Ο ορισμός της έξυπνης εφοδιαστικής αλυσίδας (smart logistics) αποκλίνει σε μεγάλο βαθμό και δεν υπάρχουν μέχρι στιγμής ομόφωνα συμπεράσματα. Ωστόσο, η έξυπνη εφοδιαστική αναφέρεται συνήθως σε διάφορες λειτουργίες εφοδιαστικής, όπως η μεταφορά, η αποθήκευση και η εξυπηρέτηση πελατών, οι οποίες σχεδιάζονται, διαχειρίζονται και ελέγχονται με πιο έξυπνο τρόπο από τις συμβατικές λύσεις. Ο τύπος και το επίπεδο ευφυΐας ποικίλλουν ανάλογα με τις εφαρμογές και τις προτεραιότητες. Η αυτόνομη εφοδιαστική [117], το ευφυές σύστημα μεταφορών (ITS) [118], το Φυσικό Διαδίκτυο (PI, π) [119], οι έξυπνες εμπορευματικές μεταφορές [120] και η ευφυής εφοδιαστική με γνώμονα τον πελάτη [121] είναι τυπικοί τύποι έξυπνης εφοδιαστικής. Συνοψίζονται στον πίνακα 1.

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 1, αν και τα έξυπνα logistics έχουν διάφορους τύπους λόγω των αντίστοιχων προτεραιοτήτων τους, όλες εξαρτώνται από την εφαρμογή

των ICTs. Τα στοιχεία της εφοδιαστικής που αντικατοπτρίζουν τη ροή των αγαθών περιλαμβάνουν κυρίως τη μεταφορά εμπορευμάτων, την αποθήκευση και την παράδοση.

Οι διαδικασίες εφοδιαστικής αλυσίδας, δηλαδή η μεταφορά εμπορευμάτων, η αποθήκευση και η παράδοση, στα έξυπνα logistics μπορούν να γίνουν ανταλλαγή πληροφοριών, ταχεία απόκριση και ολοκλήρωση πόρων μέσω της συνεργατικής εφαρμογής του IoT, των μεγάλων δεδομένων (big data), του υπολογιστικού νέφους (cloud computing) και της τεχνητής νοημοσύνης (AI), καθώς και της προηγμένης διαχείρισης. Η συνεργατική ανάπτυξη καθιστά τα έξυπνα logistics ένα συνεργατικό και ολοκληρωμένο σύστημα. Κάνει επίσης τις λειτουργίες εφοδιασμού πιο έξυπνες από τον παραδοσιακό τρόπο. Συμπερασματικά, τα έξυπνα logistics καθιστούν το σύστημα logistics συνεργατικό, ευφυές και ολοκληρωμένο και επιτυγχάνουν την ανταλλαγή πληροφοριών, την ταχεία απόκριση, την ενσωμάτωση πόρων στη διαδικασία logistics με την υιοθέτηση προηγμένων ICTs και τη διαχείριση από την άποψη των πελατών. Τα έξυπνα logistics παρέχουν πιο αποτελεσματικές, ευέλικτες, ακριβείς και ασφαλέστερες υπηρεσίες logistics.

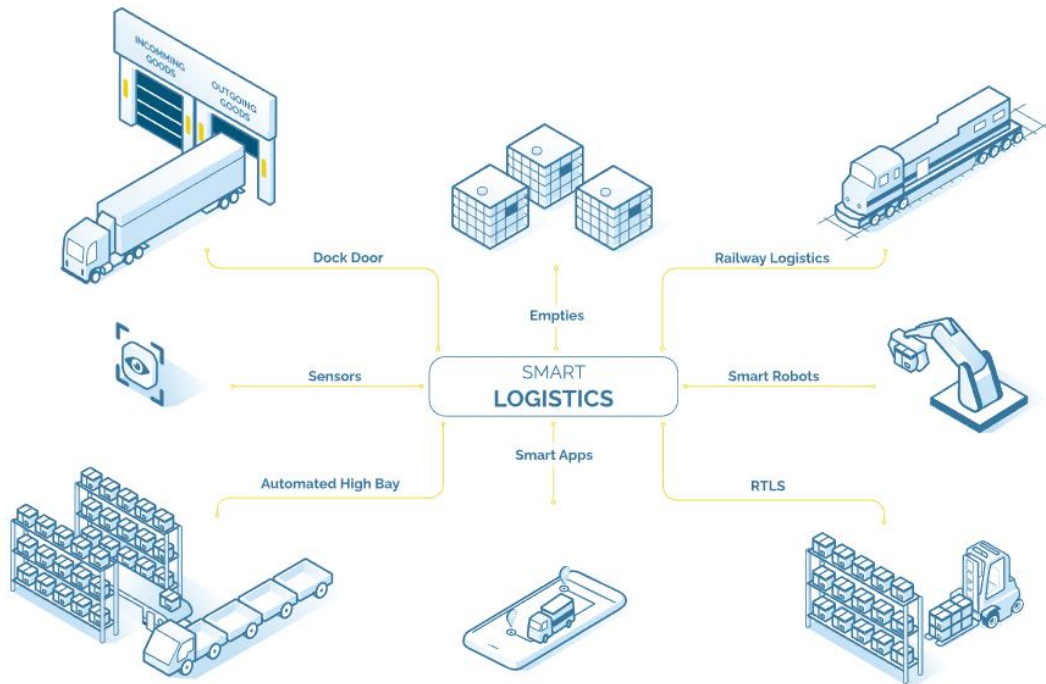
Το κλειδί για την ανάπτυξη έξυπνων logistics είναι η αποτελεσματική αξιοποίηση των τεχνολογιών αιχμής. Μεταξύ αυτών, η τεχνολογία IoT έχει εφαρμοστεί ευρύτερα στο σύστημα εφοδιαστικής αλυσίδας [122],[123],[124]. Το IoT είναι μια τεχνολογία πληροφοριών και επικοινωνιών που βασίζεται στο διαδίκτυο [125],[126],[127]. Εφαρμόζει μια ποικιλία τεχνολογιών ανίχνευσης πληροφοριών, όπως RFID, ασύρματο δίκτυο αισθητήρων (WSN) και μηχανή προς μηχανή (M2M), και υιοθετεί το ενσωματωμένο σύστημα καθώς και συνδυάζει την τεχνολογία επικοινωνίας δικτύου για να επιτύχει την επικοινωνία δεδομένων, την ανταλλαγή και τον έλεγχο με μοναδικά αναγνωριστικά μεταξύ των αντικειμένων. Το IoT δεσμεύεται να επεκταθεί από το εικονικό διαδίκτυο στον φυσικό κόσμο [128] και ο βασικός πυλώνας ανάπτυξής του είναι ο αυτοπροσδιορισμός, η μεταφορά πληροφοριών και η διαδραστική επεξεργασία μεταξύ αντικειμένων [129]. Οι εφαρμογές του IoT επιτρέπουν τις αλληλεπιδράσεις M2M και ανθρώπου-μηχανής [130].

Πίνακας 1

Είδη	Περιγραφές	Προτεραιότητες
Ευφυή συστήματα μεταφορών	Τα Ευφυή συστήματα μεταφορών (ITS) χρησιμοποιούνται για να καταστήσουν τις μεταφορές ασφαλέστερες, αποδοτικότερες και πιο βιώσιμες, εφαρμόζοντας	Οι μεταφορές και η διαχείριση του μανταζμέντ

	<p>διάφορες τεχνολογίες πληροφοριών και επικοινωνιών (ICTs) σε όλους τους τρόπους μεταφοράς επιβατών και εμπορευμάτων (Ευρωπαϊκή Επιτροπή 2019).</p>	
<p>Φυσικό Διαδίκτυο</p>	<p>Το ΡΙ είναι ένα ανοικτό παγκόσμιο σύστημα εφοδιαστικής που βασίζεται στη φυσική, ψηφιακή και επιχειρησιακή διασυνδεσιμότητα μέσω ενθυλάκωσης, διεπαφών και πρωτοκόλλων (Montreuil, Meller, and Ballot 2013). Η πολυεπίπεδη διασυνδεσιμότητα, τελικά οπουδήποτε και οποτεδήποτε, οδηγεί σε μια νέα εποχή υπερσυνδεδεμένων logistics, αλυσίδων εφοδιασμού και μεταφορών (Crainic and Montreuil 2016).</p>	<p>Η διασυνδεσιμότητα των εμπορευματοκιβωτίων για την ενθυλάκωση εμπορευμάτων</p>
<p>Έξυπνες εμπορευματικές μεταφορές</p>	<p>Οι έξυπνες εμπορευματικές μεταφορές ενσωματώνουν τη διαχείριση των μεταφορών και τις πλέον σύγχρονες τεχνολογίες για την παρακολούθηση των εμπορευματικών μεταφορών και την παρακολούθηση των οχημάτων, γεγονός που επιτρέπει τη βελτίωση της διαχείρισης και της λογοδοσίας των εμπορευματικών μεταφορών (Sternberg et al. 2010).</p>	<p>Η εφαρμογή των ICTs στα συστήματα εμπορευματικών μεταφορών</p>

<p>Αυτόνομη εφοδιαστική αλυσίδα</p>	<p>Η αυτόνομη εφοδιαστική αναφέρεται στην αυτόνομη συνεργασία και τον αυτόνομο έλεγχο των διαδικασιών εφοδιαστικής και βασίζεται στην τεχνολογία IoT, όπως η αναγνώριση ραδιοσυχνοτήτων (RFID), και στα ενσωματωμένα συστήματα για τη λήψη αποκεντρωμένων αποφάσεων (Windt και Hülsmann 2007).</p>	<p>Η αποκεντρωμένη λήψη αποφάσεων των αντικειμένων logistics</p>
<p>Έξυπνη εφοδιαστική αλυσίδα με γνώμονα τον πελάτη</p>	<p>Η ευφυής εφοδιαστική αλυσίδα με γνώμονα τον πελάτη αποσκοπεί στην επίτευξη μεγαλύτερου προσανατολισμού στον πελάτη από την άποψη της εγγύτητας, της ευελιξίας και της προσβασιμότητας στη διαχείριση αποθεμάτων, στο σύστημα μεταφορών και στη διαχείριση παραγγελιών (Mcfarlane, Giannikas, and Lu 2016).</p>	<p>Λειτουργίες εφοδιαστικής αλυσίδας με γνώμονα τον πελάτη</p>



Απο: <https://leogistics.com/en/internet-of-things/>

Παρόλο που η τεχνολογία IoT έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως για την υποστήριξη των έξυπνων logistics, ιδίως στις εμπορευματικές μεταφορές, την αποθήκευση και την παράδοση, εξ όσων γνωρίζουμε, λίγες εργασίες περιγράφουν συστηματικά και εκτενώς την έρευνα και τις εφαρμογές των έξυπνων logistics με βάση το IoT. Οι Dabo και Musa [131] εξέτασαν τις εφαρμογές της RFID στη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας από το 2000 έως το 2015. Οι Basu, Naskar και Sen [132] εξέτασαν επίσης τις εφαρμογές της RFID στον τομέα της διαχείρισης της αλυσίδας εφοδιασμού. Οι Bendaya, Bahrour και Hassini [133] διερεύνησαν τον αντίκτυπο του IoT στη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας, η οποία περιλαμβάνει εν μέρει τα logistics.

7. Έξυπνη διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας βασισμένη στο IoT

7.1. Έξυπνη μεταφορά φορτίων

Οι εμπορευματικές μεταφορές είναι η φυσική ροή εμπορευμάτων και φορτίων με πλοίο, αεροσκάφος, τρένο ή μηχανοκίνητο όχημα. Αντιμετωπίζει τη σπατάλη της χωρητικότητας φόρτωσης, τα σφάλματα στις εργασίες φόρτωσης, τις χαμηλές αποδοτικότητες λειτουργίες και την ασφάλεια των μεταφορών και των εμπορευμάτων [134],[135]. Οι έξυπνες εμπορευματικές μεταφορές με βάση το IoT

είναι ένα πλαίσιο για την ενσωμάτωση ICTs στις εγκαταστάσεις μεταφοράς και τα εμπορεύματα για την άμβλυση αυτών των προβλημάτων.

Η τεχνολογία IoT καθιστά τις εμπορευματικές μεταφορές πιο αποτελεσματικές, βολικές και οπτικοποιημένες. Η τεχνολογία RFID εφαρμόζεται ευρέως στις μεταφορές και χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό και την παρακολούθηση των πληροφοριών των εμπορευμάτων και των οχημάτων. Συγκεκριμένα, κατά τη διάρκεια της μεταφοράς, η RFID μπορεί να συλλέξει και να παρακολουθήσει τις πληροφορίες των πόρων εφοδιαστικής κατά τη φόρτωση και εκφόρτωση των εργασιών [135], τη θέση του εμπορευματοκιβωτίου και τις πληροφορίες για το φορτίο [136], καθώς και τα δεδομένα της παραγγελίας του πελάτη, όπως η ταυτότητα, ο όγκος και οι τύποι των μονάδων διατήρησης αποθεμάτων (SKU) [137]. Τα δεδομένα αυτά χρησιμοποιούνται για τη βελτιστοποίηση της διαμόρφωσης των οχημάτων και τον προγραμματισμό διαδρομής [135] και τη βελτιστοποίηση της δρομολόγησης των οχημάτων [138]. Ο ηλεκτρονικός κωδικός προϊόντος (EPC) που φέρει η ετικέτα RFID περιλαμβάνει πληροφορίες για το προϊόν και μπορεί να παρακολουθεί τη διαδικασία μεταφοράς [138]. Οι ετικέτες RFID, οι οποίες είναι ενσωματωμένες σε εμπορευματοκιβώτια [139], φορτηγά [140] και ιατρικά δοχεία [141], θα διαβάζονται κατά μήκος της διαδρομής.

Άλλες βοηθητικές τεχνολογίες, όπως το παγκόσμιο σύστημα εντοπισμού θέσης (GPS) και ένα γεωγραφικό σύστημα πληροφοριών (GIS), συνδυάζονται συνήθως με την τεχνολογία RFID για την παροχή πλοήγησης, σχεδιασμού διαδρομής και παρακολούθησης της διαδικασίας μεταφοράς [135],[140],[137]. Το GPS χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό και την παρακολούθηση της θέσης ενός οχήματος σε πραγματικό χρόνο- το GIS παρέχει μια χωρική κατανομή των δρόμων και των σχετικών εγκαταστάσεων, τις οδικές συνθήκες και τις βέλτιστες υπηρεσίες πλοήγησης δρομολόγησης για τους οδηγούς.

Η τεχνολογία του IoT, ιδίως το WSN, βελτιώνει το επίπεδο παρακολούθησης και ασφάλειας κατά τη μεταφορά. Η εξ αποστάσεως μέτρηση της θερμοκρασίας του προϊόντος με WSN είναι σημαντική για τη διασφάλιση της ποιότητας των τροφίμων και τη μείωση των απωλειών για τα ευάλωτα προϊόντα [142]. Αυτό συμβαίνει επειδή η φθαρτότητα των ευάλωτων προϊόντων σχετίζεται πάντα με το περιβάλλον αποθήκευσης. Οι αισθητήρες περιβάλλοντος αξιοποιούνται για τη λήψη δεδομένων της θερμοκρασίας και της ατμόσφαιρας (οξυγόνο και διοξείδιο του άνθρακα), οι οποίοι παρακολουθούν το περιβάλλον αποθήκευσης των αγαθών κατά τη μεταφορά [138].

Με την παραπάνω παρακολούθηση επιτυγχάνεται μη επεμβατική μέτρηση και λήψη με μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα και ασφάλεια. Κατά τη διάρκεια της παρακολούθησης με WSN, η τεχνολογία RFID μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανίχνευση αλλαγών στο φορτίο, τον εντοπισμό των οδηγών, την αποθήκευση της διαμόρφωσης του WSN και τη διατήρηση των επιθυμητών περιβαλλοντικών απαιτήσεων [143]. Ως αποτέλεσμα, τα εμπορεύματα μπορούν να παρακολουθούνται και να εντοπίζονται κατά τη διάρκεια της μεταφοράς. Αξίζει να

αναφερθεί ότι το WSN για την παρακολούθηση της κατάστασης στους σιδηροδρόμους βελτιώνει την ασφάλεια, την προστασία και την αξιοπιστία των σιδηροδρομικών εμπορευματικών μεταφορών [144],[145],[146]. Τα WSN μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παρακολούθηση και την αξιολόγηση της κατάστασης των σιδηροδρομικών υποδομών, όπως οι γραμμές, οι ράβδοι τροχιάς, οι γέφυρες και ο εξοπλισμός που τοποθετείται στις γραμμές. Αυτή η παρακολούθηση της κατάστασης επιτυγχάνει την ειδοποίηση για βλάβες σε πραγματικό χρόνο των εμπορευματικών σιδηροδρομικών βαγονιών.

Στον πίνακα 2, συνοψίζεται και ταξινομείται οι έξυπνες εμπορευματικές μεταφορές με βάση το IoT σύμφωνα με τον κύριο τρόπο μεταφοράς. Οι τεχνολογίες RFID και WSNs αξιοποιούνται ευρέως στις οδικές, πλωτές και σιδηροδρομικές εμπορευματικές μεταφορές. Υπάρχουν κοινές επιδράσεις του IoT σε αυτούς τους τρεις τρόπους μεταφοράς, συμπεριλαμβανομένου του εντοπισμού και παρακολούθησης των εγκαταστάσεων μεταφοράς και των εμπορευμάτων σε πραγματικό χρόνο. Οι συγκεκριμένες επιδράσεις του στις οδικές εμπορευματικές μεταφορές είναι η υποστήριξη της βελτιστοποίησης της διαδρομής των οχημάτων και της διαχείρισης του στόλου.

Τα εμπορευματοκιβώτια στις πλωτές μεταφορές δεν είναι βολικό να ανοίγουν για επιθεώρηση. Ευτυχώς, η τεχνολογία RFID μπορεί να παρέχει μοναδικά αναγνωριστικά και ηλεκτρονικές σφραγίδες εμπορευματοκιβωτίων, τα WSN μπορούν να διεξάγουν μη επεμβατική παρακολούθηση και μέτρηση. Ο αντίκτυπος του IoT στις σιδηροδρομικές εμπορευματικές μεταφορές επικεντρώνεται στην παρακολούθηση της κατάστασης και στον έλεγχο διαφόρων σιδηροδρομικών υποδομών. Ωστόσο, δεν μπορούμε να βρούμε μελέτες που να εξετάζουν τις επιπτώσεις του IoT σε στρατηγικό επίπεδο στις εμπορευματικές μεταφορές, όπως ο σχεδιασμός του δικτύου μεταφορών και η επιλογή τρόπου μεταφοράς.

Πίνακας 2

Τρόπος μεταφοράς	Επίδραση του IoT	Τεχνολογία IoT	Πηγή
Οδική μεταφορά	Εντοπισμός και παρακολούθηση των πόρων μεταφοράς σε πραγματικό χρόνο, βελτίωση της αποτελεσματικότητας των μεταφορών, βελτιστοποίηση της διαμόρφωσης των οχημάτων και του	RFID, EPC, WSNs, M2M, 4G, QR codes, barcodes, ZigBee, και άλλα ασύρματα δίκτυα επικοινωνίας	[138], [137]

	<p>σχεδιασμού των διαδρομών, ανταλλαγή και κοινή χρήση πληροφοριών ιχνηλασιμότητας και τέλος, διαχείριση και βελτιστοποίηση του στόλου.</p>		
<p>Πλωτή μεταφορά</p>	<p>Εντοπισμός και παρακολούθηση με γνώμονα την ποιότητα, ανταλλαγή πληροφοριών και τέλος, παροχή μοναδικών αναγνωριστικών και ηλεκτρονικών σφραγίδων εμπορευματοκιβωτίων</p>	<p>WSNs, RFID, GPRS/3G/4G, και άλλα ασύρματα δίκτυα επικοινωνίας</p>	<p>[142], [136]</p>
<p>Σιδηροδρομική μεταφορά</p>	<p>Εντοπισμός, παρακολούθηση και ειδοποίηση σφάλματος των σιδηροδρομικών εγκαταστάσεων σε πραγματικό χρόνο-ορατότητα των αποστολών σε πραγματικό χρόνο-μείωση των απαιτήσεων ανθρώπινης επιθεώρησης και των σφαλμάτων στην καταγραφή των εμπορευμάτων.</p>	<p>WSNs, RFID, Wi-Fi, Wi-Fi, ZigBee, WSNs, RFID, ZigBee, και άλλα ασύρματα δίκτυα επικοινωνίας</p>	<p>[144], [146]</p>

7.2. Έξυπνη αποθήκευση προϊόντων

Η αποθήκευση αναφέρεται σε δραστηριότητες αποθήκευσης και εκπλήρωσης παραγγελιών, συμπεριλαμβανομένων της παραλαβής, της κατανομής των αποθηκευτικών χώρων, της συλλογής παραγγελιών και της φόρτωσης φορτηγών. Έχουν καταβληθεί προσπάθειες για την αντιμετώπιση των προκλήσεων που απορρέουν από την πολυπλοκότητα και την ποικιλία των παραγγελιών των πελατών, όπως η χαμηλή αποδοτικότητα της λειτουργίας, η κακή χρήση του αποθηκευτικού χώρου, τα λανθασμένα αποθέματα και τα λάθη στα αρχεία απογραφής [147],[149],[150]. Η έξυπνη αποθήκευση στο πλαίσιο του IoT έχει συμβάλει σημαντικά σε αυτές τις προσπάθειες.

Η τεχνολογία IoT συνδέει αντικείμενα με αντικείμενα και χειριστές με αντικείμενα σε μια αποθήκη. Συνδεδεμένα αντικείμενα, όπως ράφια, καρότσια, προϊόντα και ανθρώπινοι χειριστές, μπορούν να παρακολουθούνται με κόμβους WSN που ενσωματώνουν αισθητήρες περιβάλλοντος, παρέχοντας αποκεντρωμένη υποστήριξη αποφάσεων σε ένα κεντρικό σύστημα διαχείρισης αποθήκης (WMS). Το αποκεντρωμένο σύστημα λήψης αποφάσεων μπορεί να ανταποκριθεί γρήγορα σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης, όπως βλάβες περονοφόρων και αλλαγές στην εκτέλεση παραγγελιών. Μειώνει τις καθυστερήσεις στη λήψη αποφάσεων και αυξάνει την αποτελεσματικότητα της επίλυσης των διαταραχών, γεγονός που εγγυάται την ασφάλεια της αποθήκης [151].

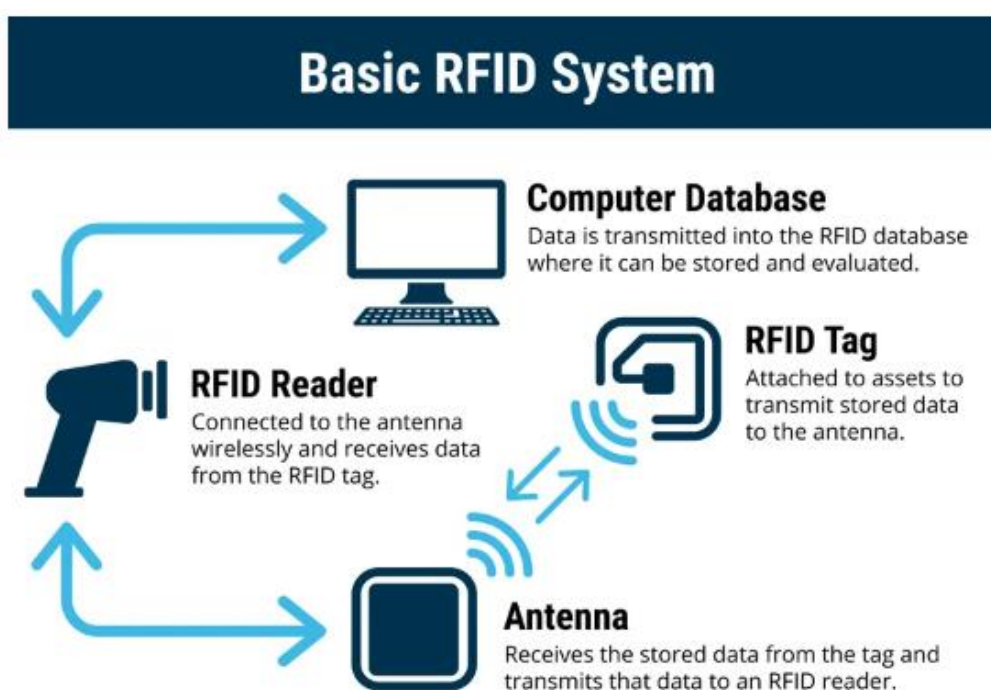
Η συμπεριφορά αυτοοργάνωσης και τα δίκτυα διασύνδεσης μεταξύ των οντοτήτων της αποθήκης, όπως οι παλέτες, τα ράφια και τα καρότσια, μπορούν να επιτευχθούν με τη συσχέτιση της RFID, της περιβάλλουσας νοημοσύνης και ενός συστήματος πολλαπλών πρακτόρων [152]. Αναπτύσσεται το αποκεντρωμένο σύστημα διαχείρισης της αποθήκης, το οποίο βελτιώνει τις δυνατότητες αντίδρασης της λήψης αποφάσεων και μειώνει τις καθυστερήσεις και το κόστος της αποθήκης.

Η τεχνολογία RFID χρησιμοποιείται συχνά για τον εντοπισμό και την παρακολούθηση αγαθών για τη διαχείριση αποθεμάτων [153],[154],[155] και για την τοποθεσία σε εσωτερικούς χώρους [156]. Μπορεί επίσης να συλλέγει δεδομένα αποθήκης σε πραγματικό χρόνο [157],[150]. Οι ετικέτες RFID μπορούν να τοποθετηθούν σε SKU, παλέτες και στο δάπεδο της αποθήκης [175]. Κάθε μία από αυτές περιέχει δεδομένα που σχετίζονται με τα εμπορεύματα, όπως τύπους εμπορευμάτων, ποσότητες, θέσεις εμπορευμάτων και συνθήκες αποθήκευσης.

Οι αναγνώστες RFID με κεραίες τοποθετούνται σε οντότητες της αποθήκης, όπως η κύρια είσοδος, τα περονοφόρα οχήματα, τα ράφια αποθήκευσης και τα ράφια, για τον εντοπισμό και την ανταλλαγή δεδομένων από τις ετικέτες RFID [157],[152],[158]. Αυτές οι ευφυείς οντότητες θα ενσωματωθούν σε ένα δίκτυο M2M για να επικοινωνούν και να μοιράζονται πληροφορίες αποθήκευσης. Η τεχνολογία παρακολούθησης σε πραγματικό χρόνο με βάση την τεχνολογία RFID συγκεντρώνει και ενημερώνει τις πληροφορίες απογραφής ώστε να είναι ακριβείς και οπτικές [153], γεγονός που συμβάλλει στον εξορθολογισμό της διαδικασίας

διαχείρισης αποθεμάτων, στη βελτίωση της αποτελεσματικότητας της αποθήκης και στη μείωση των ανθρώπινων σφαλμάτων που προκαλούνται από τη χειροκίνητη εισαγωγή δεδομένων.

Η ανάκτηση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο που παρέχεται από την τεχνολογία RFID παρέχει ένα αποτελεσματικό σύστημα εντοπισμού θέσης για τον προσδιορισμό των ακριβών θέσεων των πόρων της αποθήκης, όπως SKU, περονοφόρα οχήματα και ράφια [150],[159], το οποίο κατανέμει αποτελεσματικά τους πόρους της αποθήκης και ενισχύει αποτελεσματικά την παραγωγικότητα της αποθήκης. Η τεχνολογία RFID εφαρμόζεται επίσης για τη συλλογή των συνθηκών λειτουργίας σε πραγματικό χρόνο και των θέσεων του εξοπλισμού χειρισμού υλικών (MHE) για την παροχή καθοδήγησης για τον MHE και τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας της συλλογής παραγγελιών.



Απο: <https://blog.ttelectronics.com/rfid-technology>

Τα WSN και άλλες τεχνολογίες ανίχνευσης καθιστούν την αποθήκη πιο ασφαλή και διαφανή. Οι αισθητήρες περιβάλλοντος που είναι ενσωματωμένοι σε κόμβους WSN παρακολουθούν και επιβλέπουν τις αλλαγές των περιβαλλοντικών συνθηκών, όπως η θερμοκρασία, η υγρασία και η φωτεινότητα, σε μια αποθήκη [160],[157]. Η παρακολούθηση μπορεί να αποστέλλεται στο κέντρο ελέγχου με μηνύματα ειδοποίησης. Έχει υιοθετηθεί ικανοποιητικά σε αποθήκες αποθήκευσης χημικών προϊόντων [151] και αναλώσιμων προϊόντων [161]. Οι αισθητήρες περιβάλλοντος μπορούν να τοποθετηθούν σε ένα ράφι, ένα καροτσάκι, ένα προϊόν, ακόμη και σε έναν ανθρώπινο χειριστή και να μετατραπούν σε αντικείμενα επικοινωνίας, τα οποία παρέχουν αποκεντρωμένη διαχείριση αποθήκης για να εξασφαλίσουν υψηλού επιπέδου ασφάλεια για τα προϊόντα και τους εργαζόμενους [151],[152].

Επιπλέον, οι αισθητήρες που είναι προσαρτημένοι με το ΜΗΕ μπορούν να παρακολουθούν και να διαγιγνώσκουν την απόδοση και τη λειτουργία του εξοπλισμού [175].



Απο: <https://www.biz4group.com/blog/wireless-sensor-network-an-add-on-to-logistics>

Συνοψίζεται και ταξινομείται η έξυπνη αποθήκευση με βάση το IoT σύμφωνα με το είδος των δραστηριοτήτων αποθήκευσης, όπως φαίνεται στον πίνακα 3. Οι δραστηριότητες περιλαμβάνουν εισερχόμενες (παραλαβή και κατανομή αποθήκευσης) και εξερχόμενες (συλλογή παραγγελιών και φόρτωση φορτηγών) δραστηριότητες. Η τεχνολογία IoT όχι μόνο συνδέει τις πηγές της αποθήκης, όπως SKUs, παλέτες, ράφια και χειριστές, για την παροχή αποκεντρωμένης υποστήριξης αποφάσεων και στη συνέχεια για τον εξορθολογισμό της διαδικασίας αποθήκευσης, αλλά επίσης ενσωματώνει τις εισερχόμενες με τις εξερχόμενες δραστηριότητες μέσω ακριβέστερων και οπτικότερων δεδομένων αποθήκης. Το IoT διασφαλίζει την ασφάλεια εισερχομένων και εξερχομένων με την παρακολούθηση των οντοτήτων και των περιβαλλόντων της αποθήκης. Ωστόσο, το IoT δεν μπορεί να λύσει αποτελεσματικά το πρόβλημα της επιλογής στρατηγικής κατανομής της αποθήκευσης και της βελτιστοποίησης της δρομολόγησης σε εσωτερικούς χώρους.

Τύπος δραστηριοτήτων αποθήκευσης	Επίδραση του IoT	Τεχνολογία IoT	Πηγή
Εισερχόμενες δραστηριότητες (συμπεριλαμβανομένης της παραλαβής και της κατανομής αποθήκευσης)	Παροχή αποκεντρωμένης υποστήριξης αποφάσεων, βελτιστοποίηση της διαδικασίας εισερχομένων, διασφάλιση της ασφάλειας εισερχομένων, ενίσχυση της αποδοτικότητας της λειτουργίας της αποθήκευσης, προσομοίωση της διαδικασίας εισερχομένων και αύξηση της χρήσης της χωρητικότητας της αποθήκης.	RFID, EPC, WSN, M2M, ambient intelligence, ZigBee, BLE, GPRS και άλλα ασύρματα δίκτυα επικοινωνίας	[151], [175]
Εξερχόμενες δραστηριότητες (συμπεριλαμβανομένης της συλλογής παραγγελιών και της φόρτωσης φορτηγών)	Παροχή αποκεντρωμένης υποστήριξης αποφάσεων-βελτιστοποίηση της εισερχόμενης διαδικασίας- διασφάλιση της ασφάλειας της εξερχόμενης διαδικασίας- βελτίωση της αποδοτικότητας και της αποτελεσματικότητας της συλλογής παραγγελιών- παρουσίαση της εξερχόμενης διαδικασίας- επίλυση προβλημάτων χειρισμού υλικών- μείωση του ανθρώπινου	RFID, EPC, WSN, M2M, ambient intelligence, ZigBee και άλλα ασύρματα δίκτυα επικοινωνίας	[151], [157]

	δυναμικού και του χρόνου φόρτωσης.		
--	------------------------------------	--	--

7.3. Έξυπνη μεταφορά προϊόντων

Η μεταφορά αναφέρεται στην έγκαιρη παράδοση αγαθών από μια αποθήκη ή ένα κέντρο διανομής στον καθορισμένο τόπο. Είναι απαραίτητο να υπάρχει η ταχύτερη, ασφαλέστερη και ακριβέστερη υπηρεσία παράδοσης. Ωστόσο, υπάρχουν πολλά προβλήματα, όπως η χαμηλή λειτουργική αποτελεσματικότητα [162], η αποτυχία παράδοσης [163], η κλοπή φορτίου και η αλλοίωση των ευάλωτων προϊόντων, στο σημερινό σύστημα παράδοσης. Η έρευνα βρίσκεται σε εξέλιξη για τη μείωση των παραπάνω προβλημάτων με την έξυπνη παράδοση με βάση το IoT.

Η τεχνολογία IoT έχει χρησιμοποιηθεί για την ανίχνευση και την παρακολούθηση της διαδικασίας παράδοσης και καθιστά τις πληροφορίες παράδοσης κοινόχρηστες και διαδραστικές. Οι τεχνολογίες IoT, όπως οι τεχνολογίες RFID, οι τεχνολογίες αισθητήρων και οι τεχνολογίες ασύρματης ad-hoc δικτύωσης, καθώς και τα ενσωματωμένα συστήματα υποστηρίζουν την εικονική μετάδοση πληροφοριών και διευκολύνουν τη ροή και την ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των παρόχων υπηρεσιών παράδοσης [164].

Η κοινή ή από κοινού παράδοση υποστηρίζεται από τη διασύνδεση των φυσικών πόρων της εφοδιαστικής αλυσίδας μέσω του IoT, βελτιώνοντας την αποτελεσματικότητα της παράδοσης και τη βελτιστοποίηση των πόρων. Διάφοροι έξυπνοι αισθητήρες, ετικέτες RFID και συσκευές GPS εγκαθίστανται στα οχήματα παράδοσης και συνδέονται με διακομιστές και έξυπνες συσκευές άλλων χρηστών, γεγονός που διασφαλίζει την επικοινωνία και την κοινή χρήση των πληροφοριών ανίχνευσης [165]. Εκτός από τα οχήματα διανομής, ένας διανομέας που φέρει ένα κινητό τερματικό που ενσωματώνει δέκτη GPS και μια ενεργή ετικέτα RFID μπορεί να παρακολουθείται με τη θέση του σε πραγματικό χρόνο τόσο σε εσωτερικούς όσο και σε εξωτερικούς χώρους. Εδώ, το GPS παρέχει τις εξωτερικές γεωγραφικές συντεταγμένες και το RFID χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό θέσης σε εσωτερικούς χώρους. Η ορατότητα του φορτίου και του περιβάλλοντος αποθήκευσης, κατά τη διάρκεια της παράδοσης, μπορεί να επιτευχθεί μέσω GIS που βασίζονται σε cloudbased, GPS και έξυπνων συσκευών μέτρησης που συνδέονται με διάφορους αισθητήρες [166].

Η τεχνολογία IoT συμβάλλει στη διασφάλιση της αξιοπιστίας της παράδοσης και στη μείωση της αποτυχημένης παράδοσης. Η τεχνολογία RFID θεωρείται πάντα ως εργαλείο αναγνώρισης και παρακολούθησης της κατάστασης των εμπορευμάτων

και των οχημάτων για την αύξηση της αξιοπιστίας της παράδοσης, όπως οι σωστές παραγγελίες και η έγκαιρη παράδοση. Οι απώλειες εμπορευμάτων και οι λανθασμένοι προορισμοί μπορούν να μειωθούν δραματικά με την εισαγωγή της τεχνολογίας RFID [163]. Η κλοπή φορτίων μπορεί να μειωθεί σημαντικά με τη χρήση μεθόδων απόδειξης πολυεπίπεδης ομαδοποίησης RFID ή με την έγκριση προσβάσιμων κινητών συσκευών, RFID και τεχνικών Geofencing [167].

Ο επανασχεδιασμός οχημάτων κατά τη διάρκεια ενός ατυχήματος μπορεί να υποστηριχθεί με την ενσωμάτωση του GPS, των ηλεκτρονικών σφραγίδων με βάση το RFID και των τεχνολογιών κινητών δικτύων [168]. Η απώλεια αγαθών κατά την παράδοση μπορεί επίσης να αποτραπεί με την παρακολούθηση της κατάστασης των φορτηγών με WSN. Για παράδειγμα, ο αισθητήρας φωτισμού περιβάλλοντος μπορεί να παρέχει πληροφορίες για συμβάντα, όπως φόρτωση και εκφόρτωση, και να ανιχνεύσει ένα μη εξουσιοδοτημένο άνοιγμα των θυρών του φορτηγού. Η ασφαλής οδήγηση μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση πληροφοριών αισθητήρων, όπως η ταχύτητα του οχήματος, η ταχύτητα του κινητήρα, και η υπνηλία στην οδήγηση μπορεί να ανιχνευθεί με έναν φορητό αισθητήρα ανίχνευσης της κόπωσης σε περίπτωση που νυστάζει ο οδηγός. Επιπλέον, ένας κωδικός QR χρησιμοποιείται για την παροχή υπηρεσιών παράδοσης με διατήρηση της ιδιωτικότητας των πελατών και την εφαρμογή της πιστοποίησης της ταυτότητας των κούριερ [169].

Οι τεχνολογίες IoT, ιδίως τα WSN και τα RFID με αισθητήρες, μπορούν να εγγυηθούν την ασφάλεια και την ποιότητα των εμπορευμάτων, ιδίως των ευπαθών προϊόντων, συλλέγοντας, παρακολουθώντας και εντοπίζοντας τις περιβαλλοντικές συνθήκες του περιβάλλοντος κατά τη διάρκεια της παράδοσης. Οι περιβαλλοντικές περιβαλλοντικές πληροφορίες, όπως η θερμοκρασία και η υγρασία, μπορούν να συλλέγονται αυτόματα με WSN, παρακολουθώντας τα προϊόντα καθ' όλη τη διάρκεια της διανομής [170]. Οι πληροφορίες αυτές μπορούν να ελέγχονται από τους πελάτες και να παρέχουν ανατροφοδότηση και οδηγίες στο προσωπικό. Οι αισθητήρες θερμοκρασίας χρησιμοποιούνται ευρέως στη διαδικασία παράδοσης στην ψυκτική αλυσίδα νωπών ψαριών, ψυχόμενων λαχανικών και φαρμάκων [171], όπου η θερμοκρασία πρέπει να ελέγχεται αυστηρά. Οι πληροφορίες ανίχνευσης από το WSN μπορούν να μετρήσουν και να συλλέξουν περιβαλλοντικούς δείκτες και την κατάσταση των αγαθών, να προβλέψουν τη φθορά των αγαθών και να παρακολουθήσουν τον περιβαλλοντικό έλεγχο [166]. Ο έλεγχος ανατροφοδότησης πραγματοποιείται μέσω ενεργοποιητών σύμφωνα με μια προκαθορισμένη συνάρτηση κριτηρίου. Ορισμένοι ερευνητές ενσωμάτωσαν την τεχνολογία RFID και WSN για να εγγυηθούν ότι τα αντικείμενα παράδοσης διατηρούνται υπό κατάλληλες περιβαλλοντικές συνθήκες [172].

Το IoT καθιστά την υπηρεσία παράδοσης ασφαλέστερη και ακριβέστερη. Η διαδικασία παράδοσης και οι πληροφορίες μπορούν να παρακολουθούνται, να απεικονίζονται και να κοινοποιούνται. Η έξυπνη παράδοση εγγυάται αποτελεσματικά την αξιοπιστία και μειώνει τις αποτυχίες. Στον πίνακα 4 συνοψίζεται και ταξινομείται την έξυπνη παράδοση με βάση το IoT ανάλογα με τον τύπο των αγαθών που παραδίδονται. Η τεχνολογία IoT διαδραματίζει ελαφρώς διαφορετικό ρόλο σε διαφορετικούς τύπους αγαθών που παραδίδονται. Η έξυπνη παράδοση γενικού φορτίου επικεντρώνεται στην κατάσταση της παράδοσης και διασφαλίζει ότι τα εμπορεύματα παραδίδονται με ασφάλεια και ακρίβεια. Λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά των ευαλλοίωτων προϊόντων, θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στη φθαρτότητα των εμπορευμάτων κατά την παράδοση. Ως εκ τούτου, οι περιβαλλοντικές συνθήκες των ευπαθών προϊόντων είναι απαραίτητο να παρακολουθούνται, να μετρώνται και να συλλέγονται. Εν τω μεταξύ, θα πρέπει να διεξάγεται έλεγχος του περιβάλλοντος. Ωστόσο, σε σύγκριση με τον έλεγχο των διαδικασιών παράδοσης, δεν υπάρχουν πολλές μελέτες που να διερευνούν τον τρόπο με τον οποίο μπορεί να γίνει η παράδοση ταχύτερη και να βελτιστοποιηθούν οι πόροι παράδοσης με το IoT.

Πίνακας 4

Τύπος των παραδοτέων αγαθών	Επίδραση του IoT	Τεχνολογία IoT	Πηγή
Γενικό φορτίο για παράδοση	Παρακολούθηση και εντοπισμός των εμπορευμάτων, των φορτηγών και του προσωπικού παράδοσης σε πραγματικό χρόνο. Ανταλλαγή πληροφοριών. Ορατότητα της διαδικασίας παράδοσης. Παρακολούθηση της κατάστασης του φορτίου και των συνθηκών του φορτηγού. Πρόληψη της κλοπής του φορτίου. Αναφορά ατυχημάτων παράδοσης. Προγραμματισμός και	RFID, EPC, WSNs, ZigBee, QR codes, WLAN, GPRS, 3G, 4G και άλλα ασύρματα δίκτυα επικοινωνίας.	[195], [167]

	επαναπρογραμματισμός των οχημάτων. Προστασία της ιδιωτικότητας.		
Εύθραυστα προϊόντα για παράδοση	Επίτευξη ορατότητας και ανιχνευσιμότητας των πληροφοριών για τα προϊόντα και τα φορτηγά. Μέτρηση και συλλογή των περιβαλλοντικών συνθηκών των ευπαθών προϊόντων. Παρακολούθηση και ανίχνευση της φθορότητας και της ποιότητας των εμπορευμάτων σε πραγματικό χρόνο. Ανάπτυξη συστημάτων συναγερμού σε πραγματικό χρόνο.	RFID, EPC, WSNs, ZigBee, NFC, WLAN, GPRS, 3G, 4G και άλλα ασύρματα δίκτυα επικοινωνίας	[170], [166]

8. Αντιμετώπιση τεχνικών προβλημάτων

8.1. Προβλήματα του RFID

Η τεχνολογία RFID είναι ευαίσθητη σε ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές ακόμη και υπό κανονικές συνθήκες εργασίας (Aviles Gonzalez, Smith, and Vargas-Rosales 2015). Για παράδειγμα, η RFID υπόκειται σε ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές και ζημιές από συγκρούσεις κατά τη μεταφορά εμπορευματοκιβωτίων λόγω στοιβαγμένων μεταλλικών κοντέινερ, επηρεάζοντας έτσι τον εντοπισμό και την ταυτοποίηση (Hidalgo Fort et al. 2018).

Η RFID αντιμετωπίζει επίσης τα προβλήματα της σύγκρουσης των ετικετών και της απώλειας αναγνώρισης των ετικετών [173]. Παρόλο που η RFID καθιστά τη διαχείριση αποθεμάτων και εμπορευμάτων πιο αποτελεσματική, τα στατιστικά στοιχεία ταξινόμησης των μαζικών ετικετών γίνονται ένα ενοχλητικό πρόβλημα. Τα σφάλματα πολλαπλής ανάγνωσης και παράλειψης είναι τα σημαντικότερα τεχνικά

προβλήματα της αξιοποίησης της RFID σε ένα περιβάλλον αποθήκευσης [153]. Τα σφάλματα λήψης θα προκληθούν όταν η συχνότητα από την ετικέτα RFID αποδυναμώνεται ή εμποδίζεται από την αποθήκευση των εμπορευμάτων ή των μεταλλικών υλικών συσκευασίας.

Επιπλέον, οι Pereira et al. [174] επεσήμαναν ότι οι ετικέτες και οι αισθητήρες RFID υπόκεινται σε κόστος, κατανάλωση ενέργειας και ανάπτυξη δικτύου. Για παράδειγμα, τα δεδομένα που αποθηκεύονται στα RFID μπορούν να συλλεχθούν μόνο εκεί όπου υπάρχουν αναγνώστες RFID, συνήθως σε σημεία διαμετακόμισης όπως λιμάνια ή αποθήκες, γεγονός που περιορίζει την ευρεία υιοθέτηση των RFID και επηρεάζει την ανάλυση εντοπισμού.

8.2. Προβλήματα των WSNs

Η παρακολούθηση της κατάστασης ή της ποιότητας των WSN στις εμπορευματικές μεταφορές αντιμετωπίζει τεχνικές προκλήσεις, δηλαδή την υψηλή εξασθένιση του σήματος από τα προϊόντα που περιέχουν νερό, τη συμβατότητα των πρωτοκόλλων επικοινωνίας, την περιορισμένη διάρκεια ζωής των μπαταριών των αισθητήρων και το περιορισμένο εύρος ζώνης και το κόστος όγκου των δικτύων επικοινωνίας [142]. Το σύστημα παρακολούθησης αποθηκών θα επηρεαζόταν από την αποτυχία μετάδοσης επικοινωνίας που προκαλείται από μεγάλο αριθμό αισθητήρων [175].

Τα δεδομένα παρακολούθησης είναι επιρρεπή σε συμφόρηση, η οποία προκαλεί την καθυστέρηση και την απώλεια δεδομένων και στη συνέχεια καθυστερεί τη μετάδοση συναγερμών [144]. Το ZigBee, ως κοινή τεχνολογία μετάδοσης δεδομένων στα WSNs, αντιμετωπίζει τις προκλήσεις της υψηλής κατανάλωσης ενέργειας, της χαμηλής απόδοσης και της μεγάλης καθυστέρησης της μετάδοσης δεδομένων, των διασταυρούμενων τεχνολογικών παρεμβολών και των ανησυχιών για την ασφάλεια και την ιδιωτικότητα. Επιπλέον, η διαμόρφωση των κόμβων WSN πρέπει να βελτιστοποιηθεί ώστε να είναι αποδοτική και φθηνή [151].

8.3. Περιορισμένη επέκταση του IoT

Προς το παρόν, τα RFID και τα WSN έχουν υιοθετηθεί συνήθως στον κλάδο της εφοδιαστικής αλυσίδας, αλλά άλλες τεχνολογίες IoT, όπως το Z-Wave, το BLE και το M2M, δεν έχουν ακόμη επικρατήσει. Οι περισσότερες πρακτικές των έξυπνων logistics που βασίζονται στο IoT περιορίζονται στη μερική ενσωμάτωση συστημάτων logistics και στην ευφυή υποστήριξη.

Επιπλέον, υπάρχουν δυναμικές καθυστερήσεις και προβλήματα σύνδεσης στη μετάδοση δεδομένων μεταφοράς/παράδοσης στο πλαίσιο των σημερινών

ασύρματων δικτύων επικοινωνίας, όπως το GPRS/GSM [140]. Αυτό δεν ευνοεί την ταχεία ανταπόκριση και λήψη αποφάσεων σε περιστατικά, όπως ο έλεγχος της θερμοκρασίας και η μετάδοση ειδοποιήσεων, κατά τη μεταφορά/παράδοση.

8.4. Περιορισμένη τεχνολογική χωρητικότητα του IoT

Η περιορισμένη υπολογιστική ισχύς και η ικανότητα επεξεργασίας δεδομένων καθιστούν το IoT ανεπαρκές σε πολύπλοκες εφαρμογές της εφοδιαστικής αλυσίδας. Το IoT παίζει περιορισμένο ρόλο στην επιλογή οχημάτων και στη βελτιστοποίηση του τρόπου φόρτωσης/εκφόρτωσης στις μεταφορές. Τα προβλήματα κατανομής αποθηκευτικών χώρων και τα προβλήματα φόρτωσης εμπορευματοκιβωτίων/φορτηγών είναι πολύ σύνθετα και δύσκολα επιλύονται από την τεχνολογία IoT [176]. Το ευέλικτο WMS δεν μπορεί επίσης να επιτευχθεί με την τεχνολογία IoT.

Στην παράδοση αλλοιώσιμων προϊόντων, η τεχνολογία IoT δεν μπορεί να παρέχει τη λήψη αποφάσεων βελτιστοποίησης των διαδρομών των οχημάτων χωρίς τη βοήθεια ενός ευφυούς αλγορίθμου [170]. Η τεχνολογία IoT μπορεί να συλλέξει τα μεγάλα δεδομένα των πόρων και των απαιτήσεων παράδοσης, αλλά δεν μπορεί να ασχοληθεί με τον τρόπο βελτιστοποίησης της μεθόδου προγραμματισμού και την ενίσχυση του επιπέδου αξιοποίησης των πόρων παράδοσης [177]. Στις παραδόσεις, δεν αρκεί να επιλυθούν τα προβλήματα της σπατάλης πόρων και του υψηλού κόστους.

8.5. Δυσκολίες τυποποίησης του IoT

Οι Atzori, Iera και Morabito [130] υποστηρίζουν ότι η κατασκευή του τυποποιημένου συστήματος IoT και η αντιμετώπιση των τερματικών αντιμετωπίζουν δυσκολίες. Για παράδειγμα, πρέπει να αναπτυχθεί ένα αποδεκτό πρότυπο RFID για την αποτελεσματική εφαρμογή του [139]. Ένα από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα του IoT είναι ότι επιτρέπει μεγαλύτερη ορατότητα των διαδικασιών των logistics, η οποία εξαρτάται από την τυποποίηση των φορμάτ δεδομένων, του λογισμικού και των πρωτοκόλλων.

Επιπλέον, το IoT αντιμετωπίζει τις προκλήσεις των ετερογενών εφαρμογών, περιβαλλόντων και συσκευών. Η ετερογένεια δεν προέρχεται μόνο από τις διαφορές στις δυνατότητες και τα χαρακτηριστικά των συσκευών, αλλά και από τις διαφορετικές απαιτήσεις για υπηρεσίες και εφαρμογές πολλών προμηθευτών. Αυτό έχει δημιουργήσει ένα τεράστιο εμπόδιο στην αντίληψη, την επικοινωνία και την ανατροφοδότηση των πληροφοριών. Οι Razzaque κ.ά. [178] πιστεύουν ότι η

ετερογένεια των συσκευών και των δικτύων θα καταστήσει την ανάπτυξη διαφόρων εφαρμογών και υπηρεσιών του IoT ένα δύσκολο έργο.

8.6. Θέματα απόκτησης και επεξεργασίας δεδομένων του IoT

Τα αντιληπτά και διαδραστικά δεδομένα της εφοδιαστικής αλυσίδας παρουσιάζουν τα εξής χαρακτηριστικά: αύξηση του όγκου των δεδομένων, συνύπαρξη δομημένων δεδομένων και αδόμητων δεδομένων, ελλιπή, ανακριβή ή περιττά θορυβώδη και διάσπαρτα δεδομένα με πολύτιμες πληροφορίες [179].

Συγκεκριμένα, τα δεδομένα που συλλαμβάνονται και συλλέγονται σχετίζονται στενά με την επιχείρηση της εφοδιαστικής αλυσίδας, αλλά είναι τόσο αφηρημένα που είναι δύσκολο να απεικονιστούν για την υποστήριξη αποφάσεων, ενώ η ταξινόμηση και η ανάλυση των δεδομένων είναι επίσης πολύ περίπλοκη. Παρόλο που ένας μεγάλος όγκος δεδομένων περιέχει πληθώρα πολύτιμων πληροφοριών, τα διαθέσιμα μέρη είναι πάντα περιορισμένα [179]. Εκτός από τα πολύπλοκα χαρακτηριστικά των μεγάλων δεδομένων, ο τρόπος διαχείρισης αυτών των δεδομένων αποτελεί τεράστια πρόκληση. Επιπλέον, απαιτούνται υψηλότερες απαιτήσεις για την ικανότητα αποθήκευσης δεδομένων και την υπολογιστική ισχύ των δεδομένων κατά τη συλλογή μακροπρόθεσμων και μεγάλων ποσοτήτων δεδομένων με υψηλό ρυθμό [180].

8.7. Ασφάλεια και θέματα ιδιωτικότητας του IoT

Οι ανησυχίες για την ασφάλεια και την προστασία της ιδιωτικότητας στο IoT περιορίζουν την ανάπτυξη των έξυπνων logistics με βάση το IoT, ιδίως για τις ανεπτυγμένες χώρες. Ο Weber [126] πιστεύει ότι το IoT ενέχει κινδύνους ασφάλειας και αποκάλυψης της ιδιωτικότητας και θεωρεί ότι πρέπει να ενισχυθούν οι ρυθμιστικές προσεγγίσεις, συμπεριλαμβανομένων της υποκλοπής επιθέσεων, της επαλήθευσης δεδομένων, του ελέγχου της πρόσβασης και της διασφάλισης της ιδιωτικότητας των χρηστών.

Οι Lin κ.ά. [181] επισημαίνουν ότι το IoT μπορεί να δεχθεί επιθέσεις με πολλούς τρόπους από το επίπεδο αντίληψης, το επίπεδο δικτύου και το επίπεδο εφαρμογής. Ο κίνδυνος προστασίας της ιδιωτικότητας των δεδομένων μπορεί να οδηγήσει σε αποκάλυψη πληροφοριών, η οποία προκαλεί την κατάχρηση της παρακολούθησης των προτιμήσεων και των χρονοδιαγραμμάτων των χρηστών.

Οι χρήστες, συμπεριλαμβανομένων των κούριερ και των πελατών, έχουν ανησυχίες σχετικά με την ασφάλεια των δεδομένων και τις παραβιάσεις της ιδιωτικότητας κατά την παρακολούθηση των διαδικασιών της εφοδιαστικής αλυσίδας. Οι

εταιρείες εφοδιασμού ανησυχούν επίσης για την κλοπή δεδομένων από ανταγωνιστές [181]. Οι ανησυχίες για την ασφάλεια και την προστασία της ιδιωτικότητας είναι ιδιαίτερα σοβαρές στο πλαίσιο της ανταλλαγής πληροφοριών. Για παράδειγμα, το ζήτημα της ιδιωτικότητας αποτελεί τη μεγαλύτερη ανησυχία για τις κοινές παραδόσεις (shared delivery), δεδομένης της φύσης της ανοικτής πρόσβασης και της κοινής χρήσης πόρων των συνδεδεμένων οχημάτων [138].

9. Ανάγκες για έρευνα

9.1. Ανάπτυξη τεχνολογίας IoT

Η τεχνολογία IoT αναπτύσσεται σε απόδοση και λειτουργία. Έχουν κατασκευαστεί πολλοί αλγόριθμοι κατά της σύγκρουσης για ετικέτες RFID για την αποφυγή συγκρούσεων ετικετών [182],[173] και έχουν προταθεί διάφορα νέα πρωτόκολλα για τον εντοπισμό των ετικετών που λείπουν [183]. Η διάρκεια ζωής της μπαταρίας του αισθητήρα μπορεί να παραταθεί με τη βελτιστοποίηση των πρωτοκόλλων επικοινωνίας και με την προεπεξεργασία των δεδομένων του αισθητήρα εντός του δικτύου [142].

Εκτός από τη βελτίωση του IoT, οι υποστηρικτικές τεχνολογίες του σημειώνουν μεγάλη πρόοδο. Η έκδοση 6 του πρωτοκόλλου διαδικτύου (IPv6) χρησιμοποιεί διευθύνσεις 128 bit (16 byte), ο χώρος των οποίων υποστηρίζει περίπου 340 undecillion διευθύνσεις [184]. Αυτές οι σχεδόν ανεξάντλητες διευθύνσεις παρέχουν τεράστια υποστήριξη για τη διευθυνσιοδότηση οποιουδήποτε αριθμού αντικειμένων που απαιτούνται στο IoT.

Η επερχόμενη πέμπτη γενιά κινητών δικτύων (5G) φέρνει μεγαλύτερη ταχύτητα (για να διακινούνται περισσότερα δεδομένα), χαμηλότερη καθυστέρηση (για να υπάρχει μεγαλύτερη ανταπόκριση) και χαμηλότερη ενέργεια και κόστος (για να είναι οικονομικότερο) από ποτέ άλλοτε [185]. Η αρχιτεκτονική 5G αναμένεται να φιλοξενήσει ένα ευρύ φάσμα περιπτώσεων χρήσης στο IoT με υψηλότερες απαιτήσεις για την καθυστέρηση, την ανθεκτικότητα, την κάλυψη και το εύρος ζώνης. Ωστόσο, η ανάπτυξη της τεχνολογίας και η πραγματική ζήτηση δεν έχουν τέλος.

9.2. Συνεργατική ανάπτυξη διαφόρων τεχνολογιών και προηγμένη διαχείριση

9.2.1. Υπολογιστικό νέφος (Cloud computing)

Το υπολογιστικό νέφος μεταφέρει την κρίσιμη υποδομή διαφόρων εφαρμογών και παρέχει βασική υποστήριξη για την ανάπτυξη τεχνολογιών, όπως το IoT, τα μεγάλα δεδομένα (Big data) και η τεχνητή νοημοσύνη (AI). Συγκεκριμένα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την επίλυση των βασικών ζητημάτων, όπως ο τρόπος αποθήκευσης, ανάκτησης και χρήσης των δεδομένων που γίνονται αντιληπτά από το IoT. Μπορεί επίσης να ενσωματώσει αποτελεσματικά διάφορους πόρους της εφοδιαστικής αλυσίδας και να προωθήσει την αποτελεσματική πρόσδεση και τη συνεργατική καινοτομία μεταξύ των στοιχείων των logistics.

Μια έξυπνη πλατφόρμα πληροφοριών εφοδιασμού με βάση το υπολογιστικό νέφος μπορεί να δώσει σε πραγματικό χρόνο δυναμικές απαντήσεις σύμφωνα με τις πληροφορίες που γίνονται αντιληπτές από το IoT. Μπορεί επίσης να αντιμετωπίσει τις απαιτήσεις κάθε στοιχείου και στη συνέχεια να παρέχει αποτελεσματικά συστήματα εφοδιασμού για την υλοποίηση της μεταφοράς και της ανταλλαγής πληροφοριών. Επιπλέον, τα σύννεφα ενισχύουν την αξιοπιστία των συσκευών επιτρέποντας την απαλλαγή από των βαρέων εργασιών, γεγονός που αυξάνει τη διάρκεια της μπαταρίας των συσκευών ή προσφέρει τη δυνατότητα δημιουργίας μιας αρθρωτής αρχιτεκτονικής [180].

Το Cloud-IoT (ή CoT) είναι μια ολοκλήρωση του cloud και του IoT. Αυτό το νέο παράδειγμα τεχνολογίας πληροφοριών (IT) λαμβάνει υπόψη τις περιορισμένες δυνατότητες αποθήκευσης και επεξεργασίας του IoT και τις σχεδόν απεριόριστες δυνατότητες του υπολογιστικού νέφους σε αυτούς τους τομείς [180]. Το cloud-IoT βοηθά το σύστημα της εφοδιαστικής αλυσίδας να εξελιχθεί σε ένα κοινόχρηστο σύστημα και παρέχει ισχυρή υπολογιστική ισχύ για την οικοδόμηση έξυπνων logistics με βάση το IoT, η οποία κάνει το σύστημα εφοδιασμού να χειρίζεται αυτόματα πολύπλοκες καταστάσεις και αλλαγές.

Για παράδειγμα, το σύστημα cold εφοδιαστικής αλυσίδας που βασίζεται στο υπολογιστικό νέφος παρέχει κοινές βάσεις δεδομένων και λογισμικό για τη διαχείριση των επιχειρήσεων εφοδιασμού και συνδέει τις εταιρείες με τους πελάτες. Ένα ευφυές σύστημα ολοκλήρωσης και διαχείρισης της αλυσίδας εφοδιασμού που βασίζεται στο CoT παρέχει ευέλικτες και ευκίνητες προσεγγίσεις για τη διευκόλυνση της κοινής χρήσης πόρων και της συνεργασίας των συμμετεχόντων σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής της αλυσίδας εφοδιασμού [159].

9.2.2. Μεγάλα δεδομένα (Big data)

Εάν τα μαζικά δεδομένα που συλλέγονται από το IoT επεξεργάζονταν έγκαιρα και με ακρίβεια, θα μετατρέπονταν η καταστροφή των δεδομένων και η σπατάλη πόρων σε ευημερία των δεδομένων και αξιοποίηση των πόρων. Η τεχνολογία των μεγάλων δεδομένων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μοντελοποίηση και την ανάλυση ιστορικών δεδομένων και την πρόβλεψη της μελλοντικής κατάστασης, όπως η καθυστέρηση παράδοσης [186]. Μπορεί επίσης να προεπεξεργαστεί και να αξιοποιήσει τα ετερογενή δεδομένα για την υποστήριξη της λήψης αποφάσεων. Όσον αφορά την εφαρμογή των μεγάλων δεδομένων στην εφοδιαστική αλυσίδα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη βελτιστοποίηση των διαδρομών των αεροσκαφών, των τρένων και των φορτηγών για τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και των αρνητικών επιπτώσεων στο περιβάλλον [187]. Μπορεί επίσης να καλύψει τις μεγαλύτερες εφοδιαστικές απαιτήσεις με τη μικρότερη κατανομή πόρων και να μειώσει το κόστος.

Για παράδειγμα, τα μεγάλα δεδομένα των απαιτήσεων παράδοσης από τις εταιρείες εφοδιασμού μπορούν να ληφθούν μέσω του IoT ή/και του διαδικτύου και στη συνέχεια μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επιλογή της διαδρομής παράδοσης που ταιριάζει με τις απαιτήσεις παράδοσης [177]. Αυτή η διαδρομή ενισχύει το επίπεδο αξιοποίησης των πόρων παράδοσης εφοδιασμού και επιπλέον μειώνει το κόστος του αντίστοιχα. Η τεχνολογία των μεγάλων δεδομένων μπορεί να παρέχει τις βέλτιστες διαδρομές και τα εναλλακτικά κυκλώματα για την όσο το δυνατόν πιο αποτελεσματική παράδοση δεμάτων με βάση ακριβή πληροφοριών, όπως η θέση του πελάτη, το χρονικό παράθυρο εξυπηρέτησης, η κυκλοφοριακή συμφόρηση και το φορτίο του φορτηγού [170]. Αυτό σημαίνει ότι η ολοκληρωμένη ανάλυση των σχετικών δεδομένων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την επιλογή του κατάλληλου μέσου μεταφοράς, τη βελτιστοποίηση του φορτίου και της διαδρομής παράδοσης.

Σε εφαρμογή, έχει υπάρξει ένα σύστημα παρακολούθησης οχημάτων σε πραγματικό χρόνο με βάση τα μεγάλα δεδομένα στην Ινδία [187]. Το σύστημα αυτό εκμεταλλεύεται αισθητήρες οχημάτων και συσκευές GPS για τη συλλογή δεδομένων σχετικά με τα καύσιμα, την ταχύτητα, την επιτάχυνση και τις συντεταγμένες θέσης GPS, τα οποία διαβιβάζονται με πακέτα μέσω GPRS σε συσσωρευμένους διακομιστές που εκτελούν Hadoop. Αυτά τα terabytes δεδομένων αναλύονται με τη χρήση ενός συστήματος ανάλυσης Hadoop σε εβδομαδιαία ή μηνιαία βάση για τη βελτίωση της παραγωγικότητας της εταιρείας μεταφορών και τη μείωση του κόστους.

Επιπλέον, ο μετασχηματισμός και η αναβάθμιση του συστήματος δημόσιων μεταφορών στο Δουβλίνο [187] έχουν πραγματοποιηθεί μέσω της συλλογής δεδομένων και πληροφοριών από τα συστήματα λεωφορείων, τη ροή της κυκλοφορίας, την παρακολούθηση κλειστών κυκλωμάτων τηλεόρασης, τις καιρικές συνθήκες του δρόμου, τα έργα και τη συντήρηση του δρόμου και τις εκδηλώσεις του Δουβλίνου. Στο Δουβλίνο δημιουργήθηκε ένας ψηφιακός χάρτης του κυκλοφοριακού δικτύου σε πραγματικό χρόνο, ο οποίος βελτιώνει το δίκτυο

δημόσιων λεωφορειακών μεταφορών και μειώνει τα αυξανόμενα προβλήματα κυκλοφοριακής συμφόρησης.

9.2.3. Τεχνητή νοημοσύνη (AI)

Η τεχνητή νοημοσύνη χρησιμοποιείται για την προσομοίωση, την εκμάθηση και την επέκταση της ανθρώπινης νοημοσύνης με μηχανές [188]. Η τεχνητή νοημοσύνη επιτρέπει στις μηχανές να μαθαίνουν από την εμπειρία, να προσαρμόζονται σε νέες εισροές και να εκτελούν εργασίες που μοιάζουν με τις ανθρώπινες. Οι υπολογιστές μπορούν να εκπαιδευτούν να εκτελούν συγκεκριμένες εργασίες με τη χρήση βαθιάς μάθησης και επεξεργασίας της φυσικής γλώσσας [189]. Συγκεκριμένα, μπορεί να προβλέπει μελλοντικές καταστάσεις και να κάνει ακριβείς κρίσεις με τη μάθηση μεγάλων ιστορικών δεδομένων και πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο. Μπορεί επίσης να κρίνει και να διακρίνει πολύτιμες και άκυρες πληροφορίες. Τα μαζικά δεδομένα που συλλέγονται από το IoT μπορούν να κάνουν την TN πιο ισχυρή, ακριβή και ευφυή και στη συνέχεια η απόφαση που λαμβάνει η TN μπορεί να εκτελεστεί από τις συσκευές IoT. Επιπλέον, το AI εμπλουτίζει την αντιληπτική λειτουργία του IoT. Για παράδειγμα, η μηχανική όραση [190] κάνει τα ρομπότ να συλλέγουν περισσότερα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο και να αναλαμβάνουν πιο αποτελεσματική και ακριβή αναγνώριση και ανίχνευση. Η βιομετρία, όπως η αναγνώριση δακτυλικών αποτυπωμάτων [191] και η αναγνώριση προσώπου, επιτυγχάνει καλύτερη αλληλεπίδραση μεταξύ ανθρώπων και μηχανών. Η έξυπνη εφοδιαστική αλυσίδα που υποστηρίζεται από την τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να παρέχει καλύτερη υποστήριξη αποφάσεων για τις δραστηριότητες εφοδιασμού και να κάνει τη βέλτιστη στρατηγική λειτουργίας. Ορισμένοι ευφυείς αλγόριθμοι έχουν χρησιμοποιηθεί για την επίλυση προβλημάτων βελτιστοποίησης διαδρομών στα logistics. Οι γενετικοί αλγόριθμοι έχουν υιοθετηθεί για τη βελτιστοποίηση των διαδρομών μεταφοράς και παράδοσης [170]. Ένας εξελικτικός αλγόριθμος αποικίας μυρμηγκιών έχει αξιοποιηθεί για την καθοδήγηση της δρομολόγησης αυτοματοποιημένων οχημάτων με οδηγό σε μια αυτοματοποιημένη αποθήκη [192]. Εκτός αυτού, ευφυείς αλγόριθμοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επίλυση προβλημάτων φόρτωσης φορτηγών ή πλοίων [153]. Ένας μηχανισμός CBR έχει χρησιμοποιηθεί για την παροχή υποστήριξης αποφάσεων σε εργασίες αποθήκευσης. Η CBR συνήθως υιοθετεί δεδομένα αποθήκης σε πραγματικό χρόνο, όπως ταυτότητες και τοποθεσίες, που συλλέγονται από RFID για την ανάπτυξη μιας στρατηγικής λειτουργίας αποθήκης όταν εμφανίζονται προβλήματα στην αποθήκη [157]. Η μηχανή CBR μπορεί να παράγει δραστηριότητες επιχειρησιακής ανάθεσης με την ανάκτηση και την ανάλυση της σχετικής γνώσης που είναι αποθηκευμένη στο αποθετήριο περιπτώσεων για την αντιμετώπιση των εργασιών παραλαβής στην αποθήκη, γεγονός που βελτιώνει τη λειτουργική αποτελεσματικότητα και την ικανοποίηση των πελατών. Η μηχανή μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την επιλογή του κατάλληλου ΜΧΕ για τη διαχείριση των εργασιών συλλογής

παραγγελιών [150]. Επιπλέον, η πρόβλεψη και η βελτιστοποίηση των δραστηριοτήτων εφοδιαστικής με βάση την ΤΝ μπορεί να προωθήσει σημαντικά την απόδοσή τους. Για παράδειγμα, η DHL έχει αναπτύξει ένα εργαλείο βασισμένο στη μηχανική μάθηση για την πρόβλεψη των καθυστερήσεων στο χρόνο διέλευσης των αεροπορικών εμπορευματικών μεταφορών για τον προληπτικό μετριασμό τους [193].

9.2.4. Προηγμένη διαχείριση

Εκτός από τη συλλογική ανάπτυξη και την αμοιβαία υποστήριξη των προαναφερόμενων τεχνολογιών, η προηγμένη διαχείριση είναι απαραίτητη για την οικοδόμηση έξυπνων logistics. Η προηγμένη διαχείριση χρησιμοποιείται για την εκτέλεση αποτελεσματικών σχεδίων, την οργάνωση, την ηγεσία και τον έλεγχο των δραστηριοτήτων των εφοδιασμών και διατρέχει ολόκληρη την ανάπτυξη της έξυπνης εφοδιαστικής. Απαιτείται ένα σύστημα πληροφοριών διαχείρισης για την επίτευξη της ανταλλαγής και του συντονισμού πληροφοριών στην έξυπνη μεταφορά και παράδοση. Ένα ευφυές WMS, το οποίο συνδυάζει το IoT, το υπολογιστικό νέφος και τα μεγάλα δεδομένα, μπορεί να εφαρμοστεί καλύτερα στην έξυπνη αποθήκευση [194].

Στα smart logistics, μεγάλος όγκος δεδομένων συλλέγεται από συσκευές IoT, όπως RFID και αισθητήρες, και επεξεργάζεται από τις ίδιες με υπολογιστές ακμής ή αναλύεται από την τεχνολογία μεγάλων δεδομένων με υπολογιστικό νέφος. Κάποια από αυτά τα δεδομένα μαθαίνονται σε βάθος από την ΤΝ με υπολογιστικό νέφος για περαιτέρω ανάλυση και πιο έξυπνες αποφάσεις. Στη συνέχεια, η λήψη αποφάσεων υλοποιείται από τις συσκευές IoT, όπως οι ενεργοποιητές. Η προηγμένη διαχείριση χρησιμοποιείται για τον σχεδιασμό, την οργάνωση και τον συντονισμό των εγκαταστάσεων και του εξοπλισμού στην έξυπνη εφοδιαστική αλυσίδα. Ενσωματώνεται επίσης με αυτές τις τεχνολογίες για την υποστήριξη του συστήματος εφοδιασμού. Αποτελεί ερευνητική ανάγκη το πώς θα αναπτυχθούν αυτές οι ICTs και η προηγμένη διαχείριση μαζί για την οικοδόμηση έξυπνων logistics.

9.3. Ανάπτυξη έξυπνης εφοδιαστικής αλυσίδας

Η έξυπνη εφοδιαστική αλυσίδα αποτελείται από την έξυπνη μεταφορά εμπορευμάτων, την αποθήκευση και την παράδοση. Κάνει το σύστημα εφοδιασμού ανταλλαγής πληροφοριών, ταχείας απόκρισης και ενσωμάτωσης πόρων μέσω της εφαρμογής και ενσωμάτωσης του IoT, των μεγάλων δεδομένων, του υπολογιστικού νέφους και της τεχνητής νοημοσύνης, καθώς και της προηγμένης διαχείρισης.

Στοχεύει στην οικοδόμηση ενός πιο ευέλικτου, ακριβούς, αποτελεσματικού και ασφαλούς συστήματος εφοδιασμού, το οποίο παρέχει στους πελάτες πιο ευέλικτες, ακριβείς, ταχύτερες και ασφαλέστερες υπηρεσίες.

9.3.1. Επέκταση του IoT που εφαρμόζεται στα logistics

Στην έξυπνη εφοδιαστική αλυσίδα με βάση το IoT, τα δεδομένα και οι πληροφορίες έχουν κοινοποιηθεί, διαμοιραστεί και οπτικοποιηθεί. Αυτό προωθεί την αλληλεπίδραση μεταξύ των παρόχων υπηρεσιών μεταφοράς-παράδοσης και των πελατών, καθιστώντας τη διαδικασία διαφανή και ανιχνεύσιμη και βελτιώνοντας την ικανοποίηση των πελατών. Αυτό παρέχει επίσης αποκεντρωμένη λήψη αποφάσεων και ταχεία ανταπόκριση στα περιστατικά που συμβαίνουν στις αποθήκες. Ωστόσο, το έξυπνο σύστημα εφοδιασμού που βασίζεται στο IoT δεν είναι αρκετά έξυπνο. Το IoT με περιορισμένη υπολογιστική ισχύ μπορεί να λάβει γρήγορες αλλά πρόχειρες αποφάσεις. Η τρέχουσα έρευνα και οι εφαρμογές έχουν επικεντρωθεί κυρίως στα RFID και τα WSN, τα οποία αποτελούν μέρος της τεχνολογίας IoT. Ως εκ τούτου, πρέπει να εμπλουτίσουμε περαιτέρω την έρευνα και τις εφαρμογές άλλων τεχνολογιών IoT που εφαρμόζονται στα logistics, όπως M2M, BLE και Z-Wave.

9.3.2. Συνεργατική ανάπτυξη των ICTs στα logistics

Άλλες τεχνολογίες, όπως τα μεγάλα δεδομένα, η υπολογιστική νέφος και η τεχνητή νοημοσύνη, ενισχύουν αποτελεσματικά την ευφυΐα των έξυπνων logistics που βασίζονται στο IoT. Ορισμένα δύσκολα προβλήματα, όπως προβλήματα φόρτωσης φορτηγών, προβλήματα βελτιστοποίησης δρομολόγησης, προβλήματα εντοπισμού σε εσωτερικούς χώρους και προβλήματα επιλογής ΜΗΕ, μπορούν να επιλυθούν μέσω της κοινής χρήσης αυτών των προηγμένων ICTs, γεγονός που καθιστά τις δραστηριότητες της εφοδιαστικής αλυσίδας πιο αποτελεσματικές, ευέλικτες και ακριβείς. Τα μαζικά δεδομένα που συλλέγονται από συσκευές IoT αναλύονται και επεξεργάζονται από μεγάλα δεδομένα και TN με υπολογιστικό νέφος, βοηθώντας το σύστημα εφοδιασμού στη λήψη βέλτιστων αποφάσεων. Η συνεργατική εφαρμογή μεταξύ IoT, υπολογιστικού νέφους, μεγάλων δεδομένων και AI μπορεί να ωθήσει τα έξυπνα logistics να γίνουν ένα συνεργατικό σύστημα. Ως εκ τούτου, είναι επίσης μια ερευνητική ανάγκη για την έξυπνη εφοδιαστική αλυσίδα που αφορά τον τρόπο προώθησης της συνεργατικής ανάπτυξης των προηγμένων ICTs. Ωστόσο, η συνεργατική εφαρμογή δεν μπορεί να αναπτύξει ένα ολοκληρωμένο σύστημα έξυπνης εφοδιαστικής αλυσίδας.

9.3.3. Ενσωμάτωση συστημάτων logistics με προηγμένη διαχείριση

Μια άλλη ερευνητική ανάγκη για την έξυπνη εφοδιαστική αλυσίδα είναι η υιοθέτηση προηγμένης διαχείρισης για την ολοκλήρωση του συστήματος εφοδιασμού. Διαφορετικές συνιστώσες της εφοδιαστικής αλυσίδας, συμπεριλαμβανομένων των εμπορευματικών μεταφορών, της αποθήκευσης και της παράδοσης, θα πρέπει να ενσωματωθούν μέσω ενός έξυπνου συστήματος διαχείρισης στην ανάπτυξη της έξυπνης εφοδιαστικής αλυσίδας. Επιπλέον, θα πρέπει να εξεταστεί η ενσωμάτωση ενός έξυπνου συστήματος εφοδιαστικής αλυσίδας, συμπεριλαμβανομένης της έξυπνης παραγωγής.

Βιβλιογραφία

1. Lianos, M. and Douglas, M. (2000) Dangerization and the End of Deviance: The Institutional Environment. *British Journal of Criminology*, 40, 261-278. <http://dx.doi.org/10.1093/bjc/40.2.261> [Citation Time(s):1]
2. Ferguson, T. (2002) Have Your Objects Call My Object. *Harvard Business Review*, June, 1-7. [Citation Time(s):1]
3. Nunberg, G. (2012) The Advent of the Internet: 12th April, Courses. [Citation Time(s):1]
4. Kosmatos, E.A., Tselikas, N.D. and Boucouvalas, A.C. (2011) Integrating RFIDs and Smart Objects into a Unified Internet of Things Architecture. *Advances in Internet of Things: Scientific Research*, 1, 5-12. <http://dx.doi.org/10.4236/ait.2011.11002> [Citation Time(s):2]
5. Aggarwal, R. and Lal Das, M. (2012) RFID Security in the Context of “Internet of Things”. *First International Conference on Security of Internet of Things, Kerala*, 17-19 August 2012, 51-56. <http://dx.doi.org/10.1145/2490428.2490435> [Citation Time(s):2]
6. Biddlecombe, E. (2009) UN Predicts “Internet of Things”. Retrieved July 6. [Citation Time(s):1]
7. Butler, D. (2020) Computing: Everything, Everywhere. *Nature*, 440, 402-405. <http://dx.doi.org/10.1038/440402a>
8. Dodson, S. (2008) The Net Shapes up to Get Physical. *Guardian*.
9. Gershenfeld, N., Krikorian, R. and Cohen, D. (2004) The Internet of Things. *Scientific American*, 291, 76-81. <http://dx.doi.org/10.1038/scientificamerican1004-76>
10. Lombreglia, R. (2010) The Internet of Things, *Boston Globe*. Retrieved October.

11. Reinhardt, A. (2004) A Machine-to-Machine Internet of Things. [Citation Time(s):1]

12. Graham, M. and Haarstad, H. (2011) Transparency and Development: Ethical Consumption through Web 2.0 and the Internet of Things. Research Article, 7. [Citation Time(s):1]

13. Jayavardhana, G., Rajkumar, B., Marusic, S. and Palaniswami, M. (2013) Internet of Things: A Vision, Architectural Elements, and Future Directions. Future Generation. [Citation Time(s):1]

14. Gigli, M. and Koo, S. (2011) Internet of Things, Services and Applications Categorization. Advances in Internet of Things, 1, 27-31. <http://dx.doi.org/10.4236/ait.2011.12004> [Citation Time(s):1]

15. (2005) ITU Internet Reports, International Telecommunication Union. The Internet of Things: 7th Edition. www.itu.int/internetofthings/on [Citation Time(s):1]

16. Want, R. (2006) An Introduction to RFID Technology. IEEE Pervasive Computing, 5, 25-33. [Citation Time(s):1]

17. Li, B.A. and Yu, J.J. (2011) Research and Application on the Smart Home Based on Component Technologies and Internet of Things. Procedia Engineering, 15, 2087-2092. <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2011.08.390> [Citation Time(s):1]

18. Razzak, F. (2012) Spamming the Internet of Things: A Possibility and its probable Solution. Procedia Computer Science, 10, 658-665. <http://dx.doi.org/10.1016/j.procs.2012.06.084> [Citation Time(s):1]

19. Shao, W. and Li, L. (2009) Analysis of the Development Route of IoT in China. Perking: China Science and Technology Information, 24, 330-331. [Citation Time(s):1]

20. Sun, C. (2012) Application of RFID Technology for Logistics on Internet of Things. [Citation Time(s):1]

21. Moeinfar, D., Shamsi, H. and Nafar, F. (2012) Design and Implementation of a Low-Power Active RFID for Container Tracking @ 2.4 GHz Frequency: Scientific Research. [Citation Time(s):1]

22. Bicknell, IPv6 Internet Broken, Verizon Route Prefix Length Policy, 2009. [Citation Time(s):1]

23. Grieco A., Occhipinti, E. and Colombini, D. (1989) Work Postures and Musculo-Skeletal Disorder in VDT Operators. *Bollettino de Oculistica*, Suppl. 7, 99-111. [Citation Time(s):1]

24. Pahlavan, K., Krishnamurthy, P., Hatami, A., Ylianttila, M., Makela, J.P., Pichna, R. and Vallstron, J. (2007) Handoff in Hybrid Mobile Data Networks. *Mobile and Wireless Communication Summit*, 7, 43-47. [Citation Time(s):1]

25. Chen, X.-Y. and Jin, Z.-G. (2012) Research on Key Technology and Applications for the Internet of Things. *Physics Procedia*, 33,561-566. <http://dx.doi.org/10.1016/j.phpro.2012.05.104> [Citation Time(s):1]

26. Arampatzis, T., et al. (2005) A Survey of Security Issues in Wireless Sensors Networks, in *Intelligent Control. Proceeding of the IEEE International Symposium on, Mediterrean Conference on Control and Automation*, 719-724. [Citation Time(s):1]

27. Chorost, M. (2008) The Networked Pill, *MIT Technology Review*, March. [Citation Time(s):1]

28. By Keith D. Foote on January 14, 2022, A Brief History of the Internet of Things – DATAVERSITY, <https://www.dataversity.net/brief-history-internet-things/>

29. Mohammad R. Khosravi & Varun G. Menon 20 October 2020, *Intelligent and pervasive computing for cyber-physical systems*, <https://link.springer.com/article/10.1007/s11227-020-03449-x>

30. Chao Liu, Xun Xu 11 July 2017, Cyber-physical Machine Tool – The Era of Machine Tool 4.0,
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221282711730224X>
31. Forbes Technology Council Aug 30, 2021, 15 Expert Tips For Ensuring A Successful IoT Project, <https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2021/08/30/15-expert-tips-for-ensuring-a-successful-iot-project/>
32. Stephen J. Bigelow, Senior Technology Editor 18 Apr 2022, Ultimate IoT implementation guide for businesses | TechTarget,
<https://www.techtarget.com/iotagenda/Ultimate-IoT-implementation-guide-for-businesses>
33. Cem Dilmegani NOVEMBER 25, 2020, IoT Implementation: Steps, Challenges, Best Practices in 2023, <https://research.aimultiple.com/iot-implementation/>
34. Johna Till Johnson, Nemertes Research 15 Mar 2022, 6 IoT architecture layers and components explained, <https://www.techtarget.com/iotagenda/tip/A-comprehensive-view-of-the-4-IoT-architecture-layers>
35. EU research results 1 August 2019, Internet of Things Architecture, <https://cordis.europa.eu/project/id/257521>
36. Mark D. Weiser 1991, ITU-T: Global Standards for the Internet of Things, <https://www.itu.int/en/ITU-T/techwatch/Pages/internetofthings.aspx>
37. International Telecommunication Union (06/2019), Internet of Things – ITU, <https://www.itu.int/en/ITU-T/techwatch/Pages/internetofthings.aspx> (PDF)
38. Pallavi Sethi and Smruti R. Sarangi 26 Jan 2017, Internet of Things: Architectures, Protocols, and Applications,
<https://www.hindawi.com/journals/jece/2017/9324035/>
39. Theo Lynn, Patricia Takako Endo, Andrea Maria N. C. Ribeiro, Gibson B. N. Barbosa & Pierangelo Rosati 08 July 2020, The Internet of Things: Definitions, Key

Concepts, and Reference Architectures,
<https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-41110-7>

40. Kevin Dean, Mark Harrison, Craig Repec, Ralph Tröger, Elizabeth Waldorf, Adrien Molines, Sue Schmid, Henri Barthel and Nadi Gray 2020 November 11, The Future Encoding Format of the Electronic Product Code,
https://www.gs1.org/sites/default/files/docs/architecture/2020-11_12_RFF_FutureEncodingFormatEPC.pdf

41. Bluetooth site, Specifications - The building blocks of all Bluetooth devices,
<https://www.bluetooth.com/specifications/>

42. Ciprian Brebu Dec 24, 2022, A Comprehensive Guide to NFC Technology: From History to Future Applications, <https://medium.com/@brebu.ciprian/a-comprehensive-guide-to-nfc-technology-from-history-to-future-applications-f8bd5f1b4123>

43. Matt Hamblen DEC 19, 2012, A short history of NFC Where Near Field Communication has come from,
<https://www.computerworld.com/article/2493888/a-short-history-of-nfc.html>

44. Louis N. Cattafesta III and Mark Sheplak 09/05/12, Actuators for Active Flow Control, <https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev-fluid-122109-160634>

45. GILBERT WELSFORD JR AUGUST 6, 2021, Actuators explained: Types of actuators, application choice, maintenance, <https://www.controleng.com/articles/actuators-explained-types-of-actuators-application-choice-maintenance/>

46. Ivy Wigmore October 2021, ambient intelligence (Aml),
<https://www.techtarget.com/searchenterpriseai/definition/ambient-intelligence-Aml>

47. Daganzo C.F., Logistic systems analysis, Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 3rd edition, 1999

48. Coyle J.J., Bardi E.J., Langley C.J.: The management of business logistics, A supply chain perspective, Thomson Learning, South Western, 2003

49. Mankiw N.G.: Macroeconomics, Deutsch: Makroökonomik, Schäfer-Poeschel, Stuttgart, 2003

50. Parkin, Michael. 2000. "The Principles of Macroeconomics at the Millennium." American Economic Review, 90 (2): 85-89.

51. Ihde G.B.: Transport, Verkehr, Logistik, Vahlen, München, 1991

52. Dekker R. et al., Reverse logistics, quantitative models for closed-loop supply chains, Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 2004

53. Murphy P.R., Wood D. F., Contemporary logistics, 8th edition, Pearson Prentice Hall, 1996/2004

54. Bertalanffy L.v.: General system theory: Foundations, development, applications, Braziller, New York, 1968

55. Churchman C.W., Einführung in die Systemanalyse, München, 1970

56. Hubka V., Theorie der Maschinensysteme, Grundlagen einer wissenschaftlichen Konstruktionslehre, Spinger, Berlin – Heidelberg – New York, 1973

57. Lenk H., Ropohl G. (Hrsg.), Systemtheorie als Wissenschaftsprogramm, Athenäum, Königstein/Taunus, 1978

58. Dian Prama Irfani, Dermawan Wibisono, Mursyid Hasan Basri 24 October 2019, Integrating performance measurement, system dynamics, and problem-solving methods, <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/IJPPM-12-2018-0456/full/html>

59. Tobias Rebs, Marcus Brandenburg, Stefan Seuring 20 January 2019, System dynamics modeling for sustainable supply chain management: A literature review and systems thinking approach,
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652618331147>
60. Gudehus T.: Transporttheorie, Programm einer neuen Forschungsrichtung, Industrie-Anzeiger Nr.64, S. 1379ff, 1975/II
61. Lenk H., Ropohl G. (Hrsg.), Systemtheorie als Wissenschaftsprogramm, Athenäum, Königstein/Taunus, 1978
62. Chandler A.: Strategy and structure: Chapters in the history of the industrial enterprise, Cambridge, MA, M.I.T. Press, 1962
63. Dahlgaard J., Kristensen K., Kanij G.P.: Fundamentals of total quality management, Process Analysis and Improvements, Nelson Thomas, 1997
64. Domschke W.: Logistik: Transport, R. Oldenbourg, München Wien, 1995
65. Murphy P.R., Wood D. F., Contemporary logistics, 8th edition, Pearson Prentice Hall, 1996/2004
66. Schönsleben P.: Integrales Logistikmanagement, Planung und Steuerung von umfassenden Geschäftsprozessen, Springer, Berlin Heidelberg New York, 1998
67. Kuhn A., Hellingrath H., Supply chain management, Optimierte Zusammenarbeit in der Wertschöpfungskette, Springer, Berlin Heidelberg New York, 2002
68. Bretzke W.-R.: Logistische Netzwerke, Springer, Berlin Heidelberg New York, 2008
69. Manik Aryapadi, Ashutosh Dekhne, Wolfgang Fleischer, Claudia Graf, and Tim Lange January 15, 2020, Supply chain of the future: Key principles in building an omnichannel distribution network,

<https://www.mckinsey.com/industries/retail/our-insights/supply-chain-of-the-future-key-principles-in-building-an-omnichannel-distribution-network#/>

70. Samir Saci Jul 27, 2022, Logistic Performance Management Using Data Analytics, <https://towardsdatascience.com/logistic-performance-management-using-data-analytics-82b2da978e5f>

71. Sunil Chopra 2001, Designing the Distribution Network in a Supply Chain, https://transportation.northwestern.edu/docs/research/core-topics/logistics-and-supply-chain-management/Chopra_DistributionSupplyChain.pdf

72. Gardiner I.: In the Service of the Sultan, A First Hand Account of the Dhofar Insurgency, Pen & Sword, Barnsley, 2006

73. Kulick R.: Logistische Aufgaben der Vorbereitung und Abwicklung von Auslandsbaustellen, Bauingenieur, 56, 6, 193, 198, 1981

74. Prümper W.: Logistiksysteme im Handel, die Organisation der Warenprozesse in Großbetrieben des Einzelhandels, Thun Verlag, Frankfurt a.M., 1998

75. Kotzab H., Bjerre M.: Retailing in a supply chain management perspective CBS Press, Copenhagen, 2005

76. Stölzle W., Weber J., Hofmann E., Wallenburg C.: Handbuch Kontraktlogistik: Management komplexer Logistikdienstleistungen, Wiley-VCH, Weinheim, 2007

77. Halldorsson A.: Third party logistics – A means to configure logistics resources and competencies. CBS Business School, Frederiksberg 2002

78. Chopra S., Meindl P.: Supply chain management, strategy, planning & operation, 3rd edition, Pearson/Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ, 2007

79. ADAM HAYES March 28, 2023, The Supply Chain: From Raw Materials to Order Fulfillment, <https://www.investopedia.com/terms/s/supplychain.asp>

80. Marco Mazzarino 08 January 2012, Strategic scenarios of global logistics: what lies ahead for Europe?, <https://etrr.springeropen.com/articles/10.1007/s12544-011-0069-y>

81. Fritsche B.: Advanced planning and scheduling (APS), Die Zukunft von PPS und Supply Chain, Logistik Heute, 50–55, 1999

82. Scheutwinkel W.: SCM-Marktübersicht, Anspruch und Wirklichkeit, Logistik Heute, 5, 60–62, 1999

83. Julia Martins October 6th, 2022, What is strategic planning? 5 steps and processes, <https://asana.com/resources/strategic-planning>

84. Park S., Narayan R.: Adaptive scheduling in dynamic flexible manufacturing systems: A dynamic rule selection approach. IEEE Transactions on Robotics & Automation, 13, 4, 486–502, 1997

85. Gudehus T.: Logistik, Grundlagen . Strategien. Anwendungen, Springer, Berlin Heidelberg New York, 1999/2000/2003/2005/2007/2010

86. Probst G.J.B.: Organisation, Strukturen, Lenkungsinstrumente, Entwicklungsperspektiven, Moderne Industrie (in French Les Edition d'organisation), 1992

87. Drucker P.: The coming of a new organization, Harvard Business Review, 66, 1, 45–53, 1988

88. Jingzhi November 2, 2011, Managing the Production Process in a Manufacturing Company, <https://open.lib.umn.edu/exploringbusiness/chapter/11-3-managing-the-production-process-in-a-manufacturing-company/>

89. Abby Jenkins December 14, 2020, Guide to Inbound and Outbound Logistics: Processes, Differences and How to Optimize, <https://www.netsuite.com/portal/resource/articles/inventory-management/inbound-outbound-logistics.shtml>

90. Lisa Schwarz August 22, 2022, What Is Order Fulfillment? 7 Step Process & Key Strategies, <https://www.netsuite.com/portal/resource/articles/erp/order-fulfillment.shtml>
91. Darr W.: Integrierte Marketing Logistik, Auftragsabwicklung als Element der marketinglogistischen Strukturplanung, DUV, Wiesbaden, 1992
92. Andraski J., Novack R.: Marketing logistics value: Managing the 5 P's, *Journal of Business Logistics*, 17, 1, 23–34, 1996
93. Gudehus T.: Dynamische Märkte, Praxis, Strategien und Nutzen für Wirtschaft und Gesellschaft, Springer, Berlin Heidelberg New York, see p. 259 ff, 284 ff, 288 ff, S. 290 ff, 2007
94. Baumgarten H.: Make-or-Buy entscheidet der Manager: Jahrbuch der Logistik, Verlagsgruppe Handelsblatt, Düsseldorf, 1992
95. Bowersox D., Closs D., Cooper B.: Supply chain logistics management. McGraw Hill, 2nd edition, 2007
96. Hammer M., Stanton S: How process enterprises, really work, *Harvard Business Review*, 77, 6, 108–117, 1999
97. Blau P.M., Schoenherr R.A.: The structure of organizations, Basic, New York, 1971
98. Oluwadare Badejo, Marianthi Ierapetritou May 2022, Integrating tactical planning, operational planning and scheduling using data-driven feasibility analysis, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0098135422001004>
99. Kate Eby October 11, 2019, Operational Excellence: Key Principles and How to Implement Them, <https://www.smartsheet.com/content/operational-excellence>
100. Chopra S., Meindl P.: Supply chain management, strategy, planning & operation, 3rd edition, Pearson/Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ, 2007

101. Wöhe G.: Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, 20th Edition, Vahlen, München 2000
102. Seuring S.: Supply chain controlling: Summarizing recent developments in German literature, Supply chain management, An International Journal, 11, 1, 10–14, 2006
103. Lambert D., Burduroglu R.: Measuring and selling the value of logistics. International Journal of Logistics Research 11, 1, 1–17, 2000
104. Inbound logistics December 2022, Logistics Planning: Definition, Types, Importance, and Strategies, <https://www.inboundlogistics.com/articles/logistics-planning/>
105. Hopp W., Spearman M.: Factory physics. McGraw-Hill, New York, 2000
106. Lisa Bigelow December 12, 2019, Logistics Outsourcing Trends in 2020, <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/logistics-outsourcing-trends-in-2020>
107. Christopher M., Peck H.: Marketing Logistics, Butterworth-Heinemann, UK, 2003
108. Kuhn A., Hellingrath H., Supply chain management, Optimierte Zusammenarbeit in der Wertschöpfungskette, Springer, Berlin Heidelberg New York, 2002
109. Gudehus T.: Dynamische Disposition, Strategien und Algorithmen zur optimalen Auftrags- und Bestandsdisposition, Springer, Berlin Heidelberg New York, 2002/2006/2011
110. Yuanyuan Li, Stefano Carabelli, Edoardo Fadda, Daniele Manerba, Roberto Tadei & Olivier Terzo 2020, Machine learning and optimization for production rescheduling in Industry 4.0, <https://link.springer.com/article/10.1007/s00170-020-05850-5>
111. Daniel Docherty 02-11-2021, The benefits of manufacturing scheduling software, <https://www.oneadvanced.com/news-and-opinion/the-benefits-of-manufacturing-scheduling-software/>

112. Gudehus T.: Dynamische Disposition, Strategien und Algorithmen zur optimalen Auftrags- und Bestandsdisposition, Springer, Berlin Heidelberg New York, 2002/2006/2011

113. CFI Team May 10, 2023, Centralization. An organizational setup wherein the decision-making authority is concentrated at the top, <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/management/centralization/>

114. Miebach J., Bühring D. (Editors): Supply Chain Engineering; Die Methodik integrierter Planung in der Logistik, Gabler, Wiesbaden, 2010

115. PwC. 2016. The Future of the Logistics Industry. <https://www.pwc.com/gx/en/transportation-logistics/pdf/the-futureof-the-logistics-industry.pdf>

116. Akgul, A. 2019. "Soon, Most Logistics Companies May Go out of Business Due to Technology." <https://www.morethanshipping.com/soon-most-logistics-companies-may-go-out-of-business-due-to-technology/>

117. Windt, K., and M. Hülsmann. 2007. "Changing Paradigms in Logistics— Understanding the Shift from Conventional Control to Autonomous Cooperation and Control. In Understanding Autonomous Cooperation and Control in Logistics: The Impact of Autonomy on Management, Information, Communication and Material Flow, edited by Michael Hülsmann, and Katja Windt, 1–16. Berlin/Heidelberg, Germany: Springer

118. European Commission. 2019. "Intelligent Transport Systems." https://ec.europa.eu/transport/themes/its_en

119. Montreuil, B., R. D. Meller, and E. Ballot. 2013. "Physical Internet Foundations." In Service Orientation in Holonic and Multi Agent Manufacturing and Robotics, edited by Theodor Borangiu, Andre Thomas, and Damien Trentesaux, 151–166. Berlin/Heidelberg, Germany: Springer

120. Sternberg, H., A. Hagen, P. Paganelli, and K. Lumsden. 2010. "Intelligent Cargo-enabling Future's Sustainable and Accountable Transportation System." *World Journal of Science Technology & Sustainable Development* 7 (3): 253–262
121. Mcfarlane, D., V. Giannikas, and W. Lu. 2016. "Intelligent Logistics: Involving the Customer." *Computers in Industry* 81: 105–115
122. Chow, H. K. H., K. L. Choy, W. B. Lee, and K. C. Lau. 2006. "Design of a RFID Case-based Resource Management System for Warehouse Operations." *Expert Systems with Applications* 30 (4): 561–576.
123. Xiao, X., Q. He, Z. Fu, M. Xu, and X. Zhang. 2016. "Applying CS and WSN Methods for Improving Efficiency of Frozen and Chilled Aquatic Products Monitoring System in Cold Chain Logistics." *Food Control* 60: 656–666.
124. Sharma, V., I. You, G. Pau, M. Collotta, J. D. Lim, and J. N. Kim. 2018. "LoRaWAN-Based Energy-Efficient Surveillance by Drones for Intelligent Transportation Systems." *Energies* 11 (3): 573
125. Ashton, K. 2009. "That 'Internet of Things'." *RFID Journal* 22 (7): 97–114
126. Weber, R. H., and R. Weber. 2010. *Internet of Things*. Berlin/Heidelberg, Germany: Springer
127. Feng, X., L. T. Yang, L. Wang, and A. Vinel. 2012. "Internet of Things." *International Journal of Communication Systems* 25 (9): 1101–1102
128. Uckelmann, D., M. Harrison, and F. Michahelles. 2011. "An Architectural Approach Towards the Future Internet of Things." In *Architecting the Internet of Things*, 1–24. Berlin: Springer.
129. Miorandi, D., S. Sicari, F. De Pellegrini, and I. Chlamtac. 2012. "Internet of Things: Vision, Applications and Research Challenges." *Ad Hoc Networks* 10 (7): 1497–1516.

130. Atzori, L., A. Iera, and G. Morabito. 2010. "The Internet of Things: A Survey." *Computer Networks* 54 (15): 2787–2805
131. Musa, A., and A. A. A. Dabo. 2016. "A Review of RFID in Supply Chain Management: 2000–2015." *Global Journal of Flexible Systems Management* 17 (2): 189–228
132. Naskar, S., P. Basu, and A. K. Sen. 2020. "A Literature Review of the Emerging Field of IoT Using RFID and Its Applications in Supply Chain Management." In *Securing the Internet of Things: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications*, 1664–1689. Hershey, PA: IGI Global
133. Bendaya, M., E. Hassini, and Z. Bahroun. 2019. "Internet of Things and Supply Chain Management: A Literature Review." *International Journal of Production Research* 57 (15–16): 4719–4742.
134. Hidalgo Fort, E., J. R. Garcia Oya, F. Munoz Chavero, and R. Gonzalez Carvajal. 2018. "Intelligent Containers Based on a Low-power Sensor Network and a Non-Invasive Acquisition System for Management and Tracking of Goods." *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems* 19 (8): 2734–2738.
135. Liu, S., Y. Zhang, Y. Liu, L. Wang, and X. V. Wang. 2019. "An 'Internet of Things' Enabled Dynamic Optimization Method for Smart Vehicles and Logistics Tasks." *Journal of Cleaner Production* 215: 806–820.
136. Zhang, R., J. C. Lu, and D. Wang. 2014. "Container Drayage Problem with Flexible Orders and its Near Real-time Solution Strategies." *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* 61: 235–251
137. Cheung, B. K. S., K. L. Choy, C. L. Li, W. Shi, and J. Tang. 2008. "Dynamic Routing Model and Solution Methods for Fleet Management with Mobile Technologies." *International Journal of Production Economics* 113 (2): 694–705
138. Zhang, Y., W. Wang, L. Yan, B. Glamuzina, and X. Zhang. 2019. "Development and Evaluation of an Intelligent Traceability System for Waterless Live Fish Transportation." *Food Control* 95: 283–297.

139. Lun, Y. H. V., C. W. Y. Wong, K. H. Lai, and T. C. E. Cheng. 2008. "Institutional Perspective on the Adoption of Technology for the Security Enhancement of Container Transport." *Transport Reviews* 28 (1): 21–33
140. Zacharewicz, G., J. C. Deschamps, and J. Francois. 2011. "Distributed Simulation Platform to Design Advanced RFID Based Freight Transportation Systems." *Computers in Industry* 62 (6): 597–612.
141. Garcia Zuazola, I. J., A. Moreno, H. Landaluce, I. Angulo, A. Perallos, U. Hernández-Jayo, N. Sainz, M. A. Ziai, J. C. Batchelor, and J. M. H. Elmirghani. 2013. "Telematics System for the Intelligent Transport and Distribution of Medicines." *IET Intelligent Transport Systems* 7 (1): 131–137
142. Jedermann, R., T. Pötsch, and C. Lloyd. 2014. "Communication Techniques and Challenges for Wireless Food Quality Monitoring." *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* 372 (2017): 1–18.
143. Santa, J., M. A. Zamora-Izquierdo, A. J. Jara, and A. F. Gómez-Skarmeta. 2012. "Telematic Platform for Integral Management of Agricultural/Perishable Goods in Terrestrial Logistics." *Computers and Electronics in Agriculture* 80: 31–40.
144. Shrestha, P. L., M. Hempel, H. Sharif, and H. H. Chen. 2013. "Modeling Latency and Reliability of Hybrid Technology Networking." *IEEE Sensors Journal* 13 (10): 3616–3624.
145. Fraga-Lamas, P., T. M. Fernández-Caramés, and L. Castedo. 2017. "Towards the Internet of Smart Trains: A Review on Industrial IoT-connected Railways." *Sensors* 17 (6): 1457
146. Hodge, V. J., S. O'Keefe, M. Weeks, and A. Moulds. 2015. "Wireless Sensor Networks for Condition Monitoring in the Railway Industry: A Survey." *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems* 16 (3): 1088–1106.
147. Lee, C. K. M., Y. Lv, K. K. H. Ng, W. Ho, and K. L. Choy. 2018. "Design and Application of Internet of Things-based Warehouse Management System for Smart Logistics." *International Journal of Production Research* 56 (8): 2753–2768

149. Lim, M. K., W. Bahr, and S. C. H. Leung. 2013. "RFID in the Warehouse: A Literature Analysis (1995–2010) of Its Applications, Benefits, Challenges and Future Trends." *International Journal of Production Economics* 145: 409–430.
150. Poon, T. C., K. L. Choy, H. K. H. Chow, H. C. W. Lau, F. T. S. Chan, and K. C. Ho. 2009. "A RFID Case-Based Logistics Resource Management System for Managing Order-Picking Operations in Warehouses." *Expert Systems with Applications* 36 (4): 8277–8301
151. Trab, S., E. Bajic, A. Zouinkhi, A. Thomas, M. N. Abdelkrim, H. Chekir, and R. H. Ltaief. 2017. "A Communicating Object's Approach for Smart Logistics and Safety Issues in Warehouses." *Concurrent Engineering Research and Applications* 25 (1): 53–67
152. Ready, P. J., A. Gunasekaran, and A. Spalanzani. 2015. "Bottom-up Approach Based on Internet of Things for Order Fulfillment in a Collaborative Warehousing Environment." *International Journal of Production Economics* 159: 29–40.
153. Kim, C., K. H. Yang, and J. Kim. 2008. "A Strategy for Third-party Logistics Systems: A Case Analysis Using the Blue Ocean Strategy." *Omega* 36 (4): 522–534
154. Wang, Q., R. McIntosh, and M. Brain. 2010. "A New-generation Automated Warehousing Capability." *International Journal of Computer Integrated Manufacturing* 23 (6): 565–573.
155. Garrido-Hidalgo, C., T. Olivares, F. J. Ramirez, and L. Roda-Sanchez. 2019. "An end-to-end Internet of Things Solution for Reverse Supply Chain Management in Industry 4.0." *Computers in Industry* 112: 103127
156. Dwiyasa, F., M. H. Lim, Y. S. Ong, and B. Panigrahi. 2017. "Extreme Learning Machine for Indoor Location Fingerprinting." *Multidimensional Systems and Signal Processing* 28 (3): 867–883.
157. Lam, H. Y., K. L. Choy, G. T. S. Ho, S. W. Y. Cheng, and C. K. M. Lee. 2015. "A Knowledge-based Logistics Operations Planning System for Mitigating Risk in

Warehouse Order Fulfillment.” *International Journal of Production Economics* 170: 763–779

158. Zhou, W., S. Piramuthu, F. Chu, and C. Chu. 2017. “RFID-enabled Flexible Warehousing.” *Decision Support Systems* 98: 99–112

159. Yan, J., S. Xin, Q. Liu, W. Xu, L. Yang, L. Fan, B. Chen, and Q. Wang. 2014. “Intelligent Supply Chain Integration and Management Based on Cloud of Things.” *International Journal of Distributed Sensor Networks* 10 (3): 1–15

160. Zouinkhi, A., K. Mekki, and M. N. Abdelkrim. 2014. “Application and Network Layers Design for Wireless Sensor Network to Supervise Chemical Active Product Warehouse.” *International Journal of Computer Science, Engineering and Applications* 4 (6): 53–72.

161. De Venuto, D., and G. Mezzina. 2018. “Spatio-Temporal Optimization of Perishable Goods’ Shelf Life by a pro-Active WSN-Based Architecture.” *Sensors* 18 (7): 2126.

162. Cagliano, A. C., A. De Marco, and C. Rafele. 2017. “E-Grocery Supply Chain Management Enabled by Mobile Tools.” *Business Process Management Journal* 23 (1): 47–70

163. Fu, H. Pi., T. H. Chang, A. Lin, Z. J. Du, and K. Y. Hsu. 2015. “Key Factors for the Adoption of RFID in the Logistics Industry in Taiwan.” *International Journal of Logistics Management* 26 (1): 61–81.

164. Yu, J., N. Subramanian, K. Ning, and D. Edwards. 2015. “Product Delivery Service Provider Selection and Customer Satisfaction in the Era of Internet of Things: A Chinese e-Retailers’ Perspective.” *International Journal of Production Economics* 159: 104–116.

165. Sivamani, S., K. Kwak, and Y. Cho. 2014. “A Study on Intelligent User-centric Logistics Service Model Using Ontology.” *Journal of Applied Mathematics* 2014: 1–10.

166. Bogataj, D., M. Bogataj, and D. Hudoklin. 2017. "Reprint of 'Mitigating Risks of Perishable Products in the Cyberphysical Systems Based on the Extended MRP Model'." *International Journal of Production Economics* 194: 113–125.
167. Oliveira, R. R., I. M. G. Cardoso, J. L. V. Barbosa, C. A. da Costa, and M. P. Prado. 2015. "An Intelligent Model for Logistics Management Based on Geofencing Algorithms and RFID Technology." *Expert Systems with Applications* 42 (15–16): 6082–6097.
168. Ngai, E. W. T., T. K. P. Leung, Y. H. Wong, M. C. M. Lee, P. Y. F. Chai, and Y. S. Choi. 2012. "Design and Development of a Context-aware Decision Support System for Real-time Accident Handling in Logistics." *Decision Support Systems* 52 (4): 816–827
169. Gao, Q., J. Zhang, J. Ma, C. Yang, J. Guo, and Y. Miao. 2018. "LIP-PA: A Logistics Information Privacy Protection Scheme with Position and Attribute-based Access Control on Mobile Devices." *Wireless Communications and Mobile Computing* 2018: 1–14.
170. Tsang, Y. P., K. L. Choy, C. H. Wu, G. T. S. Ho, H. Y. Lam, and V. Tang. 2018. "An Intelligent Model for Assuring Food Quality in Managing a Multi-Temperature Food Distribution Centre." *Food Control* 90: 81–97
171. Yang, H., L. Yang, and S. H. Yang. 2011. "Hybrid Zigbee RFID Sensor Network for Humanitarian Logistics Centre Management." *Journal of Network and Computer Applications* 34 (3): 938–948.
172. Kim, K., H. Kim, S. K. Kim, and J. Y. Jung. 2016. "I-RM: An Intelligent Risk Management Framework for Contextaware Ubiquitous Cold Chain Logistics." *Expert Systems with Applications* 46: 463–473.
173. Chen, J., and W. Zhao. 2019. "Logistics Automation Management Based on the Internet of Things." *Cluster Computing* 22 (6): 13627–13634.
174. Pereira, P. P., J. Eliasson, R. Kyusakov, J. Delsing, A. Raayatinezhad, and M. Johansson. 2013. "Enabling Cloud Connectivity for Mobile Internet of Things

Applications.” In 2013 IEEE Seventh International Symposium on Service-oriented System Engineering, 518–526. Redwood City, USA

175. Jabbar, S., M. Khan, B. N. Silva, and K. Han. 2018. “A REST-based Industrial Web of Things’ Framework for Smart Warehousing.” *Journal of Supercomputing* 74 (9): 4419–4433.

176. Vanderroost, M., P. Ragaert, J. Verwaeren, B. De Meulenaer, B. De Baets, and F. Devlieghere. 2017. “The Digitization of a Food Package’s Life Cycle: Existing and Emerging Computer Systems in the Logistics and Post-logistics Phase.” *Computers in Industry* 87: 15–30.

177. Zhu, D. 2018. “IOT and Big Data Based Cooperative Logistical Delivery Scheduling Method and Cloud Robot System.” *Future Generation Computer Systems* 86: 709–715.

178. Razzaque, M. A., M. Milojevic-Jevric, A. Palade, and S. Clarke. 2016. “Middleware for Internet of Things: A Survey.” *IEEE Internet of Things Journal* 3 (1): 70–95

179. Zhong, R. Y., G. Q. Huang, S. Lan, Q. Y. Dai, X. Chen, and T. Zhang. 2015. “A Big Data Approach for Logistics Trajectory Discovery from RFID-enabled Production Data.” *International Journal of Production Economics* 165: 260–272.

180. Botta, A., W. de Donato, V. Persico, and A. Pescape. 2016. “Integration of Cloud Computing and Internet of Things: A Survey.” *Future Generation Computer Systems* 56: 684–700.

181. Lin, J., W. Yu, N. Zhang, X. Yang, H. Zhang, and W. Zhao. 2017. “A Survey on Internet of Things: Architecture, Enabling Technologies, Security and Privacy, and Applications.” *IEEE Internet of Things Journal* 4 (5): 1125–1142.

182. Su, J., Z. Sheng, L. Xie, G. Li, and A. X. Liu. 2018. “Fast Splitting-based Tag Identification Algorithm for Anti-collision in UHF RFID System.” *IEEE Transactions on Communications* 67 (3): 2527–2538

183. Shahzad, M., and A. X. Liu. 2016. "Fast and Reliable Detection and Identification of Missing RFID Tags in the Wild." *IEEE/ACM Transactions on Networking* 24 (6): 3770–3784.

184. Wollschlaeger, M., T. Sauter, and J. Jasperneite. 2017. "The Future of Industrial Communication: Automation Networks in the Era of the Internet of Things and Industry 4.0." *IEEE Industrial Electronics Magazine* 11 (1): 17–27

185. Andrews, J. G., S. Buzzi, W. Choi, S. V. Hanly, A. Lozano, A. C. Soong, and J. C. Zhang. 2014. "What will 5G be?" *IEEE Journal on Selected Areas in Communications* 32 (6): 1065–1082.

186. AlShaer, M., Y. Taher, R. Haque, M. S. Hacid, and M. Dbouk. 2019. "IBRIDIA: A Hybrid Solution for Processing Big Logistics Data." *Future Generation Computer Systems* 97: 792–804.

187. Ben Ayed, A., M. Ben Halima, and A. M. Alimi. 2015. "Big Data Analytics for Logistics and Transportation." 2015 4th International Conference on Advanced Logistics and Transport (ICALT), 311–316. Valenciennes, France.

188. Russell, S. J., and P. Norvig. 2009. *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. 3rd ed. London, UK: Pearson.

189. Collobert, R., and J. Weston. 2008. "A Unified Architecture for Natural Language Processing." In *25th International Conference on Machine Learning*, 160–167. Helsinki, Finland.

190. Davies, E. R. 2012. *Computer and Machine Vision: Theory, Algorithms, Practicalities*. 4th ed. Cambridge, MA, USA: Academic Press

191. Maltoni, D., D. Maio, A. K. Jain, and S. Prabhakar. 2009. *Handbook of Fingerprint Recognition*. 2nd ed. Berlin/ Heidelberg, Germany: Springer.

192. Zhou, Y. C., Y. F. Dong, H. M. Xia, and J. H. Gu. 2014. "Routing Optimization of Intelligent Vehicle in Automated Warehouse." *Discrete Dynamics in Nature and Society* 2014: 1–14.

193. DHL and IBM. 2018. *Artificial Intelligence in Logistics*.
<https://www.logistics.dhl/content/dam/dhl/global/core/documents/pdf/glo-core-trend-report-artificial-intelligence.pdf>.

194. Zhong, R. Y., S. Lan, X. Chen, Q. Dai, and G. Q. Huang. 2016. "Visualization of RFID-enabled Shopfloor Logistics Big Data in Cloud Manufacturing." *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 84 (1–4): 5–16.

195. Wang, F., F. Wang, X. Ma, and J. Liu. 2019. "Demystifying the Crowd Intelligence in Last Mile Parcel Delivery for Smart Cities." *IEEE Network* 33 (2): 23–29