



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΠΜΣ ΣΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ
ΕΙΔΙΚΕΥΣΗ: ΔΙΟΙΚΗΣΗ LOGISTICS

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ INTERNET OF THINGS ΣΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ

ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ ΓΙΟΤΣΙΔΗΣ (TML2108)

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΙΩΑΝΝΗΣ ΓΙΑΝΝΑΤΣΗΣ

ΠΕΙΡΑΙΑΣ, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2024

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας, θα ήθελα καταρχάς να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Γιαννατσή Ιωάννη για την επιστημονική καθοδήγηση και τις υποδείξεις του, καθώς και για το εξαιρετικό επίπεδο επικοινωνίας που είχαμε.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω θερμά τον κύριο Ντάσιο Αθανάσιο, ιδιοκτήτη της εταιρείας εμπορίας εξοπλισμού συστημάτων ελέγχου, L.F.Globalsat, για τον χρόνο που αφιέρωσε και για τις πολύτιμες πληροφορίες που μου έδωσε.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω το Πανεπιστήμιο Πειραιώς και το τμήμα Βιομηχανικής Διοίκησης και Τεχνολογίας για την ευκαιρία που μου έδωσαν να παρακολουθήσω το μεταπτυχιακό πρόγραμμα στη Διοίκηση Logistics.

Περίληψη

Η έλευση της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης έφερε στο προσκήνιο νέες τεχνολογίες οι οποίες άλλαξαν και εξακολουθούν να αλλάζουν ριζικά τον τρόπο με τον οποίο ζούμε, εργαζόμαστε και αλληλοεπιδρούμε μεταξύ μας. Τεχνολογίες όπως το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of Things - IoT), η Αλυσίδα Μπλοκ/Συστοιχιών (Blockchain), τα Μεγάλα Δεδομένα κ.α. διακρίνονται για την ταχύτητα, την ασφάλεια και τη διαφάνειά τους και οδηγούν σε λύσεις οι οποίες παλιότερα φαίνονταν σχεδόν αδύνατες.

Ειδικότερα, το Διαδίκτυο των Πραγμάτων παρατηρούμε καθημερινά πόσο πολύ επηρεάζει τη ζωή μας, αφού πλέον μπορούμε να συνδεθούμε με το μικρότερο οικιακό αντικείμενο μέχρι με μεγάλες βιομηχανικές μηχανές και μεταφορικά μέσα. Η εφαρμογή του έχει ως αποτέλεσμα διάφοροι τομείς να επαναπροσδιορίσουν τον τρόπο λειτουργία τους και πιο συγκεκριμένα πολλές επιχειρήσεις να αλλάξουν τον τρόπο της παραγωγικότητάς τους μέσω της διαχείρισης της Εφοδιαστικής τους Αλυσίδας.

Ο στόχος της παρούσας διπλωματικής είναι να γίνει μια εκ βάθους μελέτη, μέσω βιβλιογραφίας και παραδειγμάτων, της διασύνδεσης των εφαρμογών της τεχνολογίας του Διαδικτύου των Πραγμάτων, με τη διαχείριση της Εφοδιαστικής Αλυσίδας. Να αναδειχθούν δηλαδή οι λύσεις που προσφέρει το IoT σε έναν διαχειριστή, ο οποίος παρακολουθεί ένα προϊόν από το στάδιο της πρώτης ύλης μέχρι την αγορά του από τον τελικό καταναλωτή, ώστε να μπορέσει να βελτιώσει την κινητικότητα, τη διαφάνεια και την αποτελεσματικότητα.

Παρουσιάζονται και αναλύονται οι έννοιες και διάφορα στοιχεία του IoT και της διαχείρισης της Εφοδιαστικής Αλυσίδας καθώς και τα οφέλη και οι αδυναμίες αυτών. Στη συνέχεια αναφέρονται και περιγράφονται τα αποτελέσματα της μίξης αυτών των δύο.

Τέλος παρατίθενται παραδείγματα από εταιρείες του εξωτερικού και εγχώριες που μέσω του ΙοΤ κατάφεραν να ξεπεράσουν τα προβλήματα διαχείρισης που αντιμετώπιζαν.

Abstract

The advent of the fourth industrial revolution brought new technologies that have changed and continue to radically change the way we live, work and interact with each other. Technologies such as the Internet of Things, Blockchain, Big Data, etc. are distinguished by their speed, security and transparency and lead to solutions that previously seemed almost impossible.

In particular, the Internet of Things (IoT) we observe every day how much it affects our lives, since we can now connect with the smallest household object to large industrial machines and means of transport. Its implementation has resulted in various sectors redefining the way they operate and more specifically many businesses changing the way they are productive through the management of their Supply Chain.

The objective of this thesis is to make an in-depth study, through literature and examples, of the interconnection of Internet of Things technology applications with Supply Chain Management. That is, to highlight the solutions that IoT offers to a manager who monitors a product from the raw material stage to its purchase by the final consumer, in order to be able to improve mobility, transparency and efficiency.

The concepts and various elements of IoT and Supply Chain Management are presented and analyzed, as well as their benefits and weaknesses. Then the results of mixing these two are mentioned and described. Finally, examples are given of foreign and domestic companies that through IoT have managed to overcome the management problems they faced.

Πίνακας Περιεχομένων

| | |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Ευχαριστίες..... | 1 |
| Περίληψη..... | 2 |
| Abstract..... | 4 |
| Πίνακας Εικόνων..... | 7 |
| Πίνακας Διαγραμμάτων..... | 8 |
| Εισαγωγή..... | 9 |
| Κεφάλαιο 1: Διαδίκτυο των Πραγμάτων..... | 12 |
| 1.1 Ορισμός..... | 12 |
| 1.2 Ιστορική Αναδρομή..... | 13 |
| 1.3 Τρόπος Λειτουργίας..... | 15 |
| 1.4 Αρχιτεκτονική..... | 20 |
| 1.5 Οφέλη και κίνδυνοι..... | 26 |
| 1.5.1 Οφέλη..... | 26 |
| 1.5.2 Κίνδυνοι..... | 28 |
| Κεφάλαιο 2: Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας..... | 30 |
| 2.1 Ορισμός..... | 30 |
| 2.2 Το περιεχόμενο της Διαχείρισης της Εφοδιαστικής Αλυσίδας..... | 30 |
| 2.3 Σημασία..... | 34 |
| 2.4 Αδυναμίες..... | 36 |
| Κεφάλαιο 3: IoT και Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας..... | 43 |

| | | |
|--------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.1 | Λύσεις IoT στη Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας | 43 |
| 3.2 | Μειονεκτήματα..... | 53 |
| Κεφάλαιο 4: Εφαρμογές του IoT στη Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας..... | | 56 |
| 4.1 | Μελέτες περίπτωσης στο εξωτερικό | 58 |
| 4.1.1 | Golden State Foods | 59 |
| 4.1.2 | Volvo..... | 62 |
| 4.1.3 | Amazon | 66 |
| 4.1.4 | UPS | 69 |
| 4.1.5 | Kroger | 72 |
| 4.2 | Μελέτες περίπτωσης στην Ελλάδα..... | 77 |
| 4.2.1 | Αλυσίδα λιανικής πώλησης..... | 77 |
| 4.2.2 | Εταιρεία logistics A..... | 79 |
| 4.2.3 | Εταιρείες τροφίμων, φαρμάκων και γαλακτοκομικών προϊόντων..... | 80 |
| 4.2.4 | Εταιρεία logistics B | 83 |
| Συμπεράσματα..... | | 85 |
| Βιβλιογραφία | | 87 |

Πίνακας Εικόνων

| | |
|-----------------------------------------------------------|----|
| Εικόνα 1: Στάδια λειτουργίας IoT..... | 20 |
| Εικόνα 2: Στάδια Διαχείρισης Εφοδιαστικής Αλυσίδας..... | 34 |
| Εικόνα 3: Παρακολούθηση μέσω της συσκευής εντοπισμού..... | 64 |
| Εικόνα 4: AGV και ο αισθητήρας LoRaWAN..... | 65 |
| Εικόνα 5: Μετακίνηση των pods από τα ρομπότ..... | 68 |
| Εικόνα 6: Έξυπνες πόρτες..... | 74 |
| Εικόνα 7: Ασύρματοι σαρωτές Scan, Bag, Go..... | 76 |
| Εικόνα 8: Έξυπνη κλειδαριά K211L..... | 78 |
| Εικόνα 9: Συσκευή εντοπισμού TA255..... | 80 |
| Εικόνα 10: Συσκευή εντοπισμού FMC150 & eye sensors..... | 82 |
| Εικόνα 11: Howen AI Dashcam V8 series..... | 84 |

Πίνακας Διαγραμμάτων

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| Διάγραμμα 1: Συνδέσεις με IoT παγκοσμίως (Statista, 2024)..... | 56 |
| Διάγραμμα 2: Συνδεδεμένες συσκευές στο IoT ανά κλάδο (Statista, 2024) | 57 |
| Διάγραμμα 3: Συνδέσεις με IoT στην Ελλάδα (Statista, 2024) | 58 |

Εισαγωγή

Η βιομηχανική επανάσταση είναι η περίοδος που κατά μια έννοια άλλαξε και εξακολουθεί να αλλάζει ριζικά την κοινωνία και την οικονομία μας. Σηματοδοτεί το πέρασμα από την χειρωνακτική εργασία, σε ένα σύστημα βιοτεχνικής παραγωγής που βασιζόταν στον άνθρακα, και τις ατμομηχανές (Πρώτη Βιομηχανική Επανάσταση), στη συνέχεια στην εκμετάλλευση του ηλεκτρισμού, του πετρελαίου και της χημείας (Δεύτερη Βιομηχανική Επανάσταση), έπειτα στην δυναμική που προέρχεται από τα ηλεκτρονικά κυκλώματα, τους υπολογιστές, το διαδίκτυο και την πυρηνική ενέργεια (Τρίτη Βιομηχανική Επανάσταση) και τέλος στις έξυπνες συσκευές, την Τεχνητή Νοημοσύνη και την ρομποτική (Τέταρτη Βιομηχανική Επανάσταση ή Industry 4.0).

Έννοιες σαν το Διαδίκτυο των Πραγμάτων, τα Μεγάλα Δεδομένα (Big Data), το Υπολογιστικό Νέφος (Cloud Computing) και η Αλυσίδα Μπλοκ/Συστοιχιών (Blockchain) είναι μεταξύ των βασικών τεχνολογιών του Industry 4.0. Οι εταιρείες σε όλο τον κόσμο, αν θέλουν να πρωτοπορήσουν, καλούνται να προσαρμοστούν στις νέες αυτές προκλήσεις και να αναδιαρθρώσουν τη δομή τους ώστε να μπορέσουν να εκμεταλλευτούν στοιχεία όπως τη μαζική διαχείριση των δεδομένων, τη διασύνδεση των μηχανών, τη μετατροπή σε ασύρματα των καναλιών επικοινωνίας και διανομής και τελικά να επιτύχουν μια ευέλικτη παραγωγή (Chang, et al., 2021). Στην εργασία αυτή, θα εστιάσουμε στο Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of Things - IoT) και τον τρόπο με τον οποίο έγινε μέρος της ζωής των εταιρειών.

Το IoT είναι ένα δίκτυο φυσικών αντικειμένων ή ανθρώπων που είναι εξοπλισμένα με λογισμικό, ηλεκτρονικά εξαρτήματα, δίκτυα και αισθητήρες για τη συλλογή και ανταλλαγή δεδομένων. Το IoT στοχεύει στην επέκταση της συνδεσιμότητας στο Διαδίκτυο πέρα από τις παραδοσιακές συσκευές όπως οι υπολογιστές, τα

smartphones και τα tablets σε πιο καθημερινά προϊόντα όπως διάφορα οικιακά είδη. Ως αποτέλεσμα αυτού, σχεδόν τα πάντα μπορούν να γίνουν "έξυπνα", αξιοποιώντας τη δύναμη της συλλογής δεδομένων, των αλγορίθμων τεχνητής νοημοσύνης και των δικτύων για τη βελτίωση των πτυχών της ζωής μας. Έτσι μπορούμε να το δούμε ακόμα και σε ανθρώπους με εμφυτεύματα παρακολούθησης διαβήτη, ζώα με συσκευές παρακολούθησης κ.ο.κ.

Στις επιχειρήσεις, η τεχνολογία IoT δίνει τη δυνατότητα στα μέλη της εφοδιαστικής αλυσίδας να μεγιστοποιήσουν το ανταγωνιστικό τους πλεονέκτημα, επιτυγχάνοντας οπτική και έξυπνη διαχείριση σε όλη το μήκος της, ενισχύοντας τη διαφάνειά της και διευκολύνοντας την ανταλλαγή πληροφοριών. Καθημερινά, τα φορτηγά, τα πλοία και οι άνθρωποι πρέπει να παραδίδουν, να παρακολουθούν και να λογοδοτούν για εκατομμύρια εμπορεύματα. Το IoT συνδέει αυτά τα προϊόντα, τα μέσα μεταφοράς και τους ανθρώπους σε ολόκληρη την εφοδιαστική αλυσίδα, επιτρέποντας την αποτελεσματική παρέμβαση για τη βελτιστοποίηση των λειτουργιών με σκοπό την εξοικονόμηση χρόνου και χρήματος στις εταιρείες. Οι συνδεδεμένες συσκευές με το IoT έχουν τη δυνατότητα να έχουν σημαντικό αντίκτυπο σε όλες τις πτυχές της εφοδιαστικής αλυσίδας, συμπεριλαμβανομένης της διαχείρισης των αποθηκών, της μεταφοράς και της παράδοσης του τελευταίου μιλίου στον τελικό καταναλωτή. Με αυτόν τον τρόπο, επιτρέπεται σε έναν κατασκευαστή να επιβλέπει ο ίδιος ολόκληρη την εφοδιαστική του αλυσίδα σε πραγματικό χρόνο χωρίς να χρειάζεται να βασίζεται σε τρίτα μέρη για να ελέγξουν τη συσκευασία σε οποιοδήποτε σημείο της διαδρομής. Χάρης στη βοήθεια του διαδικτύου και διάφορων ηλεκτρονικών μέσων μπορούν πλέον να αυξήσουν τη λειτουργική αποδοτικότητα, να μειώσουν τα λάθη και να παρέχουν σωστή εξυπηρέτηση στους πελάτες τους ανταποκρινόμενοι στα δεδομένα που λαμβάνουν (Kumar, et al., 2023).

Σκοπός αυτής της διπλωματικής εργασίας, όπως είπαμε, είναι η ανάδειξη της σημασίας της τεχνολογίας του IoT στη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας, σε τι βαθμό μπορεί να την κάνει αποτελεσματικότερη και αν τελικά χρειάζεται κάποιος να επενδύσει σε αυτή. Αναδεικνύονται πολλά από τα προβλήματα που υπάρχουν μέχρι σήμερα στον συγκεκριμένο κλάδο και μέσω παραδειγμάτων καταγράφονται διάφορες λύσεις που υιοθέτησαν ελληνικές και ξένες επιχειρήσεις για την αντιμετώπιση των προκλήσεων αυτών.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται ανάλυση της τεχνολογίας IoT. Παρουσιάζεται αρχικά ο ορισμός και η ιστορική αναδρομή της και στη συνέχεια περιγράφεται ένας γενικός τρόπος λειτουργίας της και όλα τα είδη αρχιτεκτονικής της που έχουν εμφανιστεί μέχρι σήμερα. Στο τέλος καταγράφονται διάφορα οφέλη και μειονεκτήματα που έχουν εμφανιστεί ή ενδεχομένως εμφανιστούν στο μέλλον. Στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύεται η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας. Δίνεται ο ορισμός της και περιγράφονται τα βασικά συστατικά που την αποτελούν. Στη συνέχεια βλέπουμε πόσο σημαντική είναι αλλά και τις αδυναμίες που εμφανίζει σε κάθε στάδιο της στις σύγχρονες επιχειρήσεις.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται πώς οι δύο έννοιες, αυτές του IoT και της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας, συνδέονται τελικά μεταξύ τους. Εξετάζονται διάφορα οφέλη που προκύπτουν από αυτή την σχέση αλλά και οι σημαντικότεροι προβληματισμοί. Το τέταρτο κεφάλαιο περιλαμβάνει αρχικά κάποια ενδιαφέροντα στατιστικά στοιχεία για τον βαθμό που το IoT έχει μπει στην καθημερινότητα των επιχειρήσεων. Έπειτα δίνονται μελέτες περιπτώσεων επιχειρήσεων τόσο από την Ελλάδα, όσο και από το εξωτερικό για το πώς έχουν πρακτικά εφαρμόσει αυτή την νέα τεχνολογία και πόσο τους έχει βοηθήσει να λύσουν τα προβλήματά τους. Τέλος παρουσιάζεται μια σύνοψη των βασικών συμπερασμάτων της εργασίας.

Κεφάλαιο 1: Διαδίκτυο των Πραγμάτων

1.1 Ορισμός

Αν θέλουμε να είμαστε ακριβείς θα μπορούσαμε να πούμε ότι δεν υπάρχει κάποιος συγκεκριμένος ορισμός για το IoT καθώς πολλές ομάδες όπως ακαδημαϊκοί, ερευνητές και άνθρωποι εταιρειών, δίνουν η κάθε μία τον δικό της. Ωστόσο όλοι συμφωνούν ότι η πρώτη έκδοση του Διαδικτύου αφορούσε δεδομένα που δημιουργήθηκαν από ανθρώπους, ενώ η επόμενη αφορά δεδομένα που δημιουργήθηκαν από πράγματα.

Γενικά θα μπορούσαμε να πούμε ότι το IoT είναι ένα ανοικτό και ολοκληρωμένο δίκτυο ευφών αντικειμένων που έχουν την ικανότητα να αυτο-οργανώνονται, να μοιράζονται πληροφορίες, δεδομένα και πόρους, να αντιδρούν και να ενεργούν μπροστά σε καταστάσεις και αλλαγές στο περιβάλλον. Επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω αισθητήρων (sensors) και ενεργοποιητών (activators), ενσωματωμένοι σε φυσικά αντικείμενα όπως βηματοδότες και δρόμους οι οποίοι συνδέονται με το ίδιο Πρωτόκολλο Διαδικτύου (Internet Protocol - IP). Από αυτά τα δίκτυα παράγονται τεράστιες ποσότητες δεδομένων που αποστέλλονται σε υπολογιστές για ανάλυση.

Όταν ένα αντικείμενο έχει την ικανότητα να αντιλαμβάνεται το περιβάλλον του και να επικοινωνεί, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εργαλείο για τη γρήγορη και αποτελεσματική κατανόηση της πολυπλοκότητας. Η επαναστατική πτυχή όλων αυτών είναι ότι αυτά τα φυσικά συστήματα πληροφοριών εφαρμόζονται ήδη – ορισμένα μάλιστα λειτουργούν κυρίως χωρίς την ανάγκη ανθρώπινης αλληλεπίδρασης (Madakam, et al., 2015).

1.2 Ιστορική Αναδρομή

Ο όρος του IoT εμφανίστηκε περίπου πριν από δύο δεκαετίες αλλά οι τεχνολογίες πίσω από αυτό υπήρχαν ήδη και αναπτύσσονταν για αρκετά χρόνια. Μερικά ιστορικά ορόσημα είναι:

- 1969: Αναπτύσσεται το πρώτο δίκτυο, το ARPANET (Advanced Research Project Agency Network), το οποίο χρησιμοποιήθηκε κυρίως από ακαδημαϊκούς και ερευνητές για ανταλλαγή ερευνητικών πορισμάτων, την ανάπτυξη νέων τεχνικών για τη διασύνδεση συσκευών και τη σύνδεση υπολογιστών με πολυάριθμα κέντρα υπολογιστών γενικής χρήσης του Υπουργείου Άμυνας των ΗΠΑ, καθώς και με κέντρα του δημοσίου και ιδιωτικού τομέα. Μέσω αυτού γεννιέται το Διαδίκτυο (Internet) το 1983, η κύρια τεχνολογία πίσω από το IoT.
- 1973: Η τεχνολογία RFID (Radio Frequency Identification) είναι άλλο ένα κρίσιμο στοιχείο του IoT. Ενώ χρονολογείται από τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο και παρά το γεγονός ότι συνέχισε να εξελίσσεται κατά τις δεκαετίες του 1950 και 1960, ο Mario W. Cardullo ήταν ο πρώτος που έλαβε το δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για ετικέτα RFID με επανεγγραψίμη μνήμη. Την ίδια χρονιά ο επιχειρηματίας Charles Walton, έλαβε επίσης δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για έναν παθητικό αναμεταδότη, που του επέτρεπε να ξεκλειδώνει πόρτες από απόσταση.
- 1974: Αναπτύσσεται μια άλλη χρήσιμη τεχνολογία για το IoT, τα ενσωματωμένα υπολογιστικά συστήματα. Αυτά ενσωματώνονται στο ευρύτερο σύστημα ως βασικό στοιχείο και υλοποιούνται με την χρήση μικροελεγκτών και υπολογιστών μιας πλακέτας (Balas, et al., 2019).
- 1982: Η ιδέα του IoT ξεκινάει εδώ. Φοιτητές στο Πανεπιστήμιο Carnegie Mellon, θέλουν να ξέρουν πόσα μπουκάλια Coca-Cola έχει ο αυτόματος πωλητής της

σχολής τους και για πόσο διάστημα είναι μέσα αυτά. Έτσι λοιπόν ενσωματώνουν μικροδιακόπτες και συσκευή για σύνδεση στο διαδίκτυο ώστε να παρακολουθούν από απόσταση τη διαθεσιμότητα και τη θερμοκρασία των μπουκαλιών. Πολλοί προγραμματιστές και εταιρείες εμπνεύστηκαν από το πείραμα αυτό ώστε να δημιουργήσουν τις δικές τους συνδεδεμένες συσκευές (Clements, 2022).

- 1990s: Στις αρχές αυτής της δεκαετίας κατασκευάζονται τα πρώτα “πράγματα”, όπως μια τοστιέρα και μια καφετιέρα που λειτουργούν μέσω του διαδικτύου, υλοποιώντας έτσι την ιδέα που είχε δώσει ο επιστήμονας Mark Weiser περί πανταχού παρούσας πληροφορικής (Balas, et al., 2019).
- 1999: Είναι η χρονιά που παρουσιάστηκε για πρώτη φορά ο όρος Internet of Things, από τον ειδικό στην τεχνολογία Kevin Ashton, σε μια παρουσίαση των RFID για την εταιρεία Procter & Gamble και το πώς μπορούν να συνδεθούν με την Εφοδιαστική Αλυσίδα. Λέει χαρακτηριστικά ότι οι υπολογιστές και επομένως το διαδίκτυο, εξαρτώνται σχεδόν εξ ολοκλήρου από τον άνθρωπο για την παροχή πληροφοριών. Το πρόβλημα είναι ότι επειδή οι άνθρωποι έχουν περιορισμένο χρόνο, προσοχή και ακρίβεια, δεν είναι πολύ καλοί να στο να καταγράφουν δεδομένα σχετικά με τα πράγματα σε πραγματικό κόσμο. Αν υπήρχαν υπολογιστές που γνωρίζουν τα πάντα για τα πράγματα, χωρίς ανθρώπινη βοήθεια, θα μπορούσε να μειωθεί η σπατάλη, οι απώλειες και το κόστος αφού θα ξέραμε πότε χρειάζεται μια αντικατάσταση, μια επισκευή ή μια ανάκληση (Ashton, 2009).
- 2000s: Αυτή τη δεκαετία αρχίζουν να παράγονται οι πρώτες ηλεκτρικές συσκευές από εταιρείες όπως η LG, με ενσωματωμένες ετικέτες RFID.
- 2008: Πραγματοποιείται το 1^ο Διεθνές Συνέδριο για το Διαδίκτυο των Πραγμάτων στη Ζυρίχη της Ελβετίας. Εκεί καλύπτονται θέματα της ανάπτυξής του, όπως οι

ασύρματες επικοινωνίες μικρής εμβέλειας, ο εντοπισμός σε πραγματικό χρόνο και τα δίκτυα αισθητήρων.

- 2011: Μια πρόσθετη και σημαντική συνιστώσα για την ανάπτυξη του IoT λαμβάνει χώρα, καθώς οι μεγαλύτεροι πάροχοι υπηρεσιών διαδικτύου και οι εταιρείες διαδικτύου συμφωνούν να αυξήσουν το χώρο διευθύνσεων στο παγκόσμιο διαδίκτυο ενεργοποιώντας το IPv6 για την κάλυψη των διευθύνσεων των υπηρεσιών τους (Vardomatski, 2018).
- 2012: Η General Electric σκεπτόμενη ότι σε κλάδους όπως η παραγωγή ενέργειας και η υγειονομική περίθαλψη, όπου η οποιαδήποτε δυσλειτουργία του συστήματος μπορεί να οδηγήσει σε καταστάσεις υψηλού κινδύνου σε σχέση με συσκευές σε επίπεδο καταναλωτών, όπως έξυπνες οικιακές συσκευές, επινόησε τον όρο Βιομηχανικό Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Industrial IoT) και προωθεί το δικό της ψηφιακό βιομηχανικό μετασχηματισμό (Parris, 2021).
- 2010s: Από αυτή τη δεκαετία έως και σήμερα, εταιρείες όπως η Apple και η Samsung κυριαρχούν στην αγορά με την παραγωγή των smartphones. Παράλληλα, οι προσωπικοί βοηθοί με τεχνητή νοημοσύνη όπως είναι η Amazon Alexa και το Google Home, έχουν αναπτυχθεί και πλέον μπορούμε να αλληλοεπιδράμε μέσω του διαδικτύου με πολλές οικιακές συσκευές (Vardomatski, 2018).

1.3 Τρόπος Λειτουργίας

Η λειτουργία των συσκευών IoT μπορεί να συνοψιστεί σε τέσσερα στάδια: Η αρχή γίνεται από τη Συλλογή Δεδομένων, ακολουθεί η Μετάδοση των Δεδομένων, γίνεται η Επεξεργασία Δεδομένων και τέλος εμφανίζονται τα αποτελέσματα μέσω Διεπαφής στον χρήστη.

Συλλογή Δεδομένων

Όπως τα αισθητήρια όργανα του ανθρώπινου σώματος, έτσι και οι αισθητήρες που είναι η κύρια πηγή συλλογής δεδομένων, είναι ενσωματωμένοι σε συσκευές IoT όπως κινητά τηλέφωνα, καφετιέρες, κλιματιστικά, συναγερμούς πυρκαγιάς, οχήματα κ.ο.κ. Έχουν την ικανότητα να μετατρέπουν τα δεδομένα που συλλέγονται για ανάλυση στον εξωτερικό κόσμο σε πληροφορίες. Για παράδειγμα, σε ένα δωμάτιο το φως μπορεί να σβήσει με αποτέλεσμα η θερμοκρασία πιθανόν να αλλάξει. Έτσι, το στάδιο ανίχνευσης και ενεργοποίησης καλύπτει και αλλάζει οτιδήποτε απαιτείται για περαιτέρω μελέτη στον φυσικό κόσμο, ώστε να αποκτηθούν οι απαραίτητες γνώσεις (Gururaj, et al., 2021).

Οι αισθητήρες αποτελούνται συνήθως από τρία βασικά εξαρτήματα που συνεργάζονται για να διασφαλίσουν την αποτελεσματική συλλογή και μετάδοση δεδομένων:

- Στοιχεία αισθητήρα: Ο αισθητήριος πυρήνας είναι υπεύθυνος για τον εντοπισμό των περιβαλλοντικών αλλαγών. Τα στοιχεία αισθητήρων μετατρέπουν τις αλλαγές στη θερμοκρασία, την υγρασία, την πίεση, το φως ή τα επίπεδα ήχου σε ηλεκτρικά σήματα που μπορούν να υποστούν περαιτέρω επεξεργασία.

- Κυκλώματα επεξεργασίας σήματος: Τα ακατέργαστα σήματα που παράγονται από τα στοιχεία αισθητήρων, περνούν από κυκλώματα επεξεργασίας σήματος για λειτουργίες όπως ενίσχυση, φιλτράρισμα, μετατροπή από αναλογικό σε ψηφιακό και άλλες τροποποιήσεις.

- Βοηθητική ισχύς: Η βοηθητική ισχύς απαιτείται ως πηγή ενέργειας για τα στοιχεία αισθητήρων και τα κυκλώματα επεξεργασίας σήματος. Η ισχύς αυτή μπορεί να προέρχεται από μπαταρίες, εξωτερικούς προσαρμογείς ισχύος ή άλλες πηγές.

Η επιλογή των αισθητήρων εξαρτάται από τις ιδιαίτερες λειτουργίες που χρειάζονται οι διάφορες συσκευές του Διαδικτύου των Πραγμάτων. Για παράδειγμα, οι αισθητήρες θερμοκρασίας και υγρασίας στη γεωργία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την έξυπνη άρδευση, ενώ οι αισθητήρες πίεσης και στάθμης υγρών χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία για την παρακολούθηση της ροής υγρών και τη διαχείριση διαδικασιών (Techsparks, 2023).

Μετάδοση Δεδομένων

Τα δεδομένα των αισθητήρων υποβάλλονται σε επεξεργασία από διακομιστές νέφους (cloud) που συνδέονται με πλατφόρμες. Ο σύνδεσμος μεταξύ των αισθητήρων, των δρομολογητών, των πυλών, των εφαρμογών χρήστη και των πλατφορμών κάθε συγκεκριμένου οικοσυστήματος IoT είναι γνωστός ως συνδεσιμότητα.

Αρχικά, το πρώιμο IoT βασιζόταν στην τεχνολογία WLAN μέσω του Wi-Fi για την επικοινωνία, πράγμα που σήμαινε ότι οι τερματικές συσκευές έπρεπε να συνδεθούν σε ασύρματους δρομολογητές ή σε ειδικές συσκευές πύλης.

Στη συνέχεια τα δίκτυα IoT λειτουργούσαν με διάφορους τρόπους χάρη στην ανάπτυξη νέων πρωτόκολλων επικοινωνίας που βασιζόνταν στην τεχνολογία των ραδιοσυχνοτήτων, όπως το Bluetooth και το ZigBee. Όμως, οι τεχνολογίες αυτές έχουν και μειονεκτήματα που δυσκόλεψαν την ευρεία υιοθέτηση και προώθηση του IoT. Για παράδειγμα:

- Προκειμένου οι συσκευές IoT να συνδεθούν στο Wi-Fi, απαιτούσαν μονάδες Wi-Fi, οι οποίες αύξαναν την κατανάλωση ενέργειας και προσέθεταν έξοδα για τη λήψη και τη μετάδοση του σήματος.

- Το Bluetooth είναι μια τεχνική για ασύρματη σύνδεση μικρής εμβέλειας που έχει ξεπεράσει τις οικονομικές προκλήσεις. Δυστυχώς, έχει συνήθως μόνο μερικά μέτρα

εμβέλειας επικοινωνίας, γεγονός που καθιστά δύσκολη την ικανοποίηση των απαιτήσεων του IoT για μεγάλες αποστάσεις. Επιπλέον, κατά τη λειτουργία των συσκευών IoT, πολλές συνδεδεμένες συσκευές ενδέχεται να παρεμβάλλονται μεταξύ τους.

- ZigBee: Παρόλο που η εμβέλειά του ήταν μεγαλύτερη από αυτή του Bluetooth, εξακολουθούσε να μην μπορεί να ικανοποιήσει τις ανάγκες των βιομηχανικών συσκευών IoT. Επίσης παρά το γεγονός ότι είναι λιγότερο ακριβό και λιγότερο ενεργοβόρο από το Wi-Fi, το ZigBee θεωρείται ότι είναι πιο περίπλοκο από τους καταναλωτές για τη δημιουργία και τη συντήρηση των δικτύων τους (Techsparks, 2023).

Σήμερα οι τεχνολογίες ασύρματης επικοινωνίας χαμηλής ισχύος σε δίκτυα ευρείας περιοχής LPWAN (Low Power Wide Area Network) όπως το NB-IoT (Narrow Band IoT) εξελίχθηκαν γρήγορα για να ξεπεράσουν τα προβλήματα που αντιμετωπίζει το WLAN στις λειτουργίες IoT. Αυτές οι τεχνολογίες που είναι μέρος του 5G, αντιμετώπισαν τα μειονεκτήματα του Bluetooth και του ZigBee για τη μετάδοση δεδομένων σε μεγάλες αποστάσεις, καθώς και το υψηλό κόστος και την κατανάλωση ενέργειας του Wi-Fi. Το εύρος κάλυψης των νέων τεχνολογιών μπορεί να φτάσει και τα 35 χιλιόμετρα (Popli, et al., 2019).

Επεξεργασία Δεδομένων

Το πιο κρίσιμο στάδιο στις τεχνολογίες IoT είναι αυτό. Αφού έχουν συλλεχθεί τα δεδομένα, στέλνονται μέσω Wi-Fi ή LTE (Long Term Evolution), χρησιμοποιώντας ένα πρωτόκολλο διακομιστή που ονομάζεται MQTT (Message Queuing Telemetry Transport), σε μηχανές λήψης αποφάσεων, οι οποίες βρίσκονται κυρίως σε ιδιωτικό ή δημόσιο νέφος.

Το MQTT είναι πρωτόκολλο ειδικά σχεδιασμένο για την επικοινωνία "από μηχανή σε μηχανή" και εκτελείται μέσω TCP/IP. Σε αντίθεση με το HTTP, απαιτεί

μικρότερο εύρος ζώνης, αποκρίνεται σε πραγματικό χρόνο και έχει χαμηλή χρήση ενέργειας, επειδή χρησιμοποιείται συνήθως για μικρές συσκευές. Σε αυτόν τον διακομιστή, συνήθως τίθενται κανόνες που επιτρέπουν το φιλτράρισμα των δεδομένων κατά την είσοδό τους (Atmoko, et al., 2017).

Η θεμελιώδης αρχή του μοντέλου IoT είναι ότι τα ευφυή συστήματα ξεκινούν την επεξεργασία δεδομένων όσο το δυνατόν νωρίτερα και όσο το δυνατόν πιο κοντά στην άκρη του δικτύου, αντί να βασίζονται στο νέφος για να κάνουν όλη τη δουλειά. Συχνά αποκαλείται ως Edge ή Fog Computing. Αφού γίνει το φιλτράρισμα, η επιθεώρηση, ο καθαρισμός και η συγκέντρωση των δεδομένων στη συνέχεια στο νέφος γίνεται η υψηλότερου επιπέδου επεξεργασία, η κωδικοποίηση και η αξιολόγηση. Τα δεδομένα μετατρέπονται και αποθηκεύονται τελικά σε πληροφορίες που είναι χρήσιμες για τους τελικούς χρήστες (Mishra & Kertesz, 2020).

Διεπαφή

Αυτή είναι η τελευταία φάση. Οι χρήστες χρειάζονται έναν τρόπο προβολής και κατανόησης των δεδομένων που συλλέγονται από το IoT. Εδώ έρχεται η διεπαφή χρήστη (User Interface) που είναι το μέσο με το οποίο ένας χρήστης και ένα υπολογιστικό σύστημα αλληλοεπιδρούν. Μπορεί να είναι από μια γραφική απεικόνιση σε έναν υπολογιστή με παράθυρα και εικονίδια μέχρι εφαρμογές στο smartphone και πλέον φωνητικά ελεγχόμενες συσκευές όπως η Alexa της Amazon (Leverege, 2018).

Οι πληροφορίες των IoT στέλνονται συνήθως μέσω ειδοποιήσεων στα ταμπλό και ο χρήστης αλληλοεπιδράει ανάλογα. Παράδειγμα αυτής της φάσης μπορούμε να δούμε με τον οικιακό αυτοματισμό, όπου η διεπαφή βοηθάει τον χρήστη να ενεργοποιήσει ή να απενεργοποιήσει τα φώτα ή τον κλιματισμό σε ένα καθορισμένο δωμάτιο. Αντίστοιχα, με βάση τα δεδομένα που εισάγονται, ένας υπεύθυνος

καταστήματος σε μια βιομηχανική εφαρμογή μπορεί να ελέγξει απευθείας την λειτουργία ενός μηχανήματος (Quicsolv, 2023).



Εικόνα 1: Στάδια λειτουργίας IoT

1.4 Αρχιτεκτονική

Επιγραμματικά μπορούμε να πούμε ότι η αρχιτεκτονική του IoT είναι ένας συνδυασμός πολλαπλών τεχνολογιών που λειτουργούν συντονισμένα και όχι μια ενιαία τεχνολογία. Είναι ένα σύστημα δηλαδή που συνδέει συσκευές, αισθητήρες και ανθρώπους για τη λήψη αποφάσεων βάσει δεδομένων, με ασφάλεια και αποτελεσματικότητα.

Αναλυτικότερα, αποτελείται από ασύρματα δίκτυα, συσκευές με ενσωματωμένους αισθητήρες, ενεργοποιητές, επεξεργαστές και πομποδέκτες, υπηρεσίες νέφους και εφαρμογές που χρησιμοποιούνται για τη συλλογή δεδομένων. Μια σωστά εφαρμοσμένη αρχιτεκτονική επιτρέπει στις συσκευές να επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω του διαδικτύου, να ανταλλάσσουν δεδομένα και να πραγματοποιούν ενέργειες (Fox., et al., 2012).

Αν πρέπει να μελετηθεί πιο διεξοδικά η αρχιτεκτονική ενός IoT, φαίνεται ότι αποτελείται από πολλά στρώματα (layers) που το καθένα εξυπηρετεί έναν σημαντικό σκοπό. Ωστόσο δεν υπάρχει μια ευρέως αποδεκτή αρχιτεκτονική καθώς διάφοροι ερευνητές έχουν προτείνει διαφορετικούς τύπους που απαρτίζονται από 3 έως 7

στρώματα. Στη συνέχεια αναλύονται τα στρώματα και οι τεχνολογίες της κάθε αρχιτεκτονικής:

Αρχιτεκτονική 3 στρωμάτων

Η θεμελιώδης αρχιτεκτονική του IoT είναι αυτή με τη δομή των τριών στρωμάτων και παρουσιάστηκε για πρώτη φορά στα αρχικά στάδια της έρευνας αυτού. Χωρίζεται σε τρία στρώματα: το στρώμα αντίληψης (Perception layer), το στρώμα δικτύου (Network layer) και το στρώμα εφαρμογής (Application layer) (Said & Masud, 2013).

- Στρώμα Αντίληψης (Perception Layer)

Μια άλλη ονομασία γι' αυτό είναι στρώμα αισθητήρα. Δουλειά του είναι η αναγνώριση αντικειμένων σε κοντινή απόσταση και η συλλογή δεδομένων από αυτά. Είναι εξοπλισμένο με κάμερες, αισθητήρες, ετικέτες RFID και δισδιάστατους γραμμωτούς κώδικες (barcodes) που τοποθετούνται σε αντικείμενα προκειμένου να συλλέγουν δεδομένα και οι φυσικές συνδέσεις μεταξύ αυτών διαχειρίζονται από το στρώμα αυτό. Οι αισθητήρες επιλέγονται με βάση τις ανάγκες και μπορούν να συλλέγουν δεδομένα για μια ποικιλία δεδομένων, όπως της θέσης, της κίνησης, της δόνησης και των αλλαγών στο περιβάλλον ή στον αέρα. Για παράδειγμα οι αισθητήρες θερμοκρασίας που βοηθούν στη διαχείριση της θέρμανσης του σπιτιού. Κάποιοι κίνδυνοι ασφάλειας που μπορεί να παρατηρηθούν σε αυτό το στρώμα είναι οι υποκλοπές μέσω ενός δικτύου και η επίθεση χρονισμού μέσω της παρακολούθησης του χρόνου απόκρισης σε διάφορες εισόδους, ερωτήματα ή κρυπτογραφικούς αλγορίθμους (Burhan, et al., 2018).

- Στρώμα Δικτύου (Network Layer)

Το στρώμα δικτύου ή αλλιώς μετάδοσης, αποτελεί το δεύτερο στρώμα και είναι υπεύθυνο για τη δημιουργία συνδέσεων με διακομιστές, συσκευές δικτύου και άλλα

ευφυή αντικείμενα (Sethi & Sarangi, 2017) αποστέλλοντας με ομαλό τρόπο τα δεδομένα που έχει συλλέξει το στρώμα αντίληψης. Χρησιμοποιεί δηλαδή ως σύνδεσμος μεταξύ των επιπέδων εφαρμογής και αντίληψης και η μετάδοση των πληροφοριών μπορεί να γίνει είτε ενσύρματα είτε ασύρματα, όπως είναι το Ethernet και το Wi-Fi. Υπάρχουν και εδώ κάποια προβλήματα ασφαλείας που επηρεάζουν την αυθεντικότητα και την ακεραιότητα των δεδομένων που μεταφέρονται μέσω του δικτύου, όπως είναι η αποθήκευση καθώς τα δεδομένα των χρηστών φυλάσσονται σε νέφος ή σε συσκευές αποθήκευσης και ένας επιτιθέμενος μπορεί να στοχεύσει εκεί.

- Στρώμα Εφαρμογής (Application Layer)

Το στρώμα εφαρμογής είναι το τρίτο στρώμα και το πιο ορατό. Μπορεί να θεωρηθεί ως το στρώμα που είναι υπεύθυνο για την παροχή στον χρήστη υπηρεσιών μέσω εφαρμογών όπως είναι τα έξυπνα σπίτια, οι έξυπνες πόλεις και η έξυπνη υγεία. κτλ. (Sethi & Sarangi, 2017) και που μπορούν να ικανοποιήσουν τις ανθρώπινες ανάγκες (Said & Masud, 2013). Οι υπηρεσίες μπορεί να διαφέρουν για κάθε εφαρμογή, επειδή εξαρτώνται από τις πληροφορίες που συλλέγονται από τους αισθητήρες (Burhan, et al., 2018).

Αρχιτεκτονική 4 στρωμάτων

- Στρώμα υποστήριξης (Support Layer)

Όπως φάνηκε στην αρχιτεκτονική 3 στρωμάτων, τα στρώματα μπορούν να δεχθούν διαδικτυακές επιθέσεις ασφαλείας. Ως αποτέλεσμα, οι ερευνητές πρότειναν ένα τέταρτο στρώμα αρχιτεκτονικής που ονομάζεται στρώμα υποστήριξης και κατατάσσεται ανάμεσα στο στρώμα αισθητήρα και στο στρώμα δικτύου. Είναι υπεύθυνο για τη διαχείριση των συσκευών, τη συλλογή σημαντικής ποσότητας δεδομένων και την εξαγωγή σχετικών πληροφοριών (Soumyalatha & Shruti, 2016) καθώς και για την επαλήθευση ότι τα δεδομένα μεταδίδονται από πραγματικούς χρήστες και είναι ασφαλή

από εισβολές. Η επαλήθευση χρηστών γίνεται με τον έλεγχο ταυτότητας και χρησιμοποιούνται κωδικοί πρόσβασης και κλειδιά (Burhan, et al., 2018).

Αρχιτεκτονική 5 στρωμάτων

Η ανάπτυξη του IoT βοηθήθηκε σημαντικά από το σχεδιασμό των τεσσάρων στρωμάτων, όμως όσον αφορά την ασφάλεια και την αποθήκευση, υπήρχαν και εδώ ορισμένα προβλήματα. Για να καταστήσουν το IoT ασφαλές, οι ερευνητές πρότειναν μια αρχιτεκτονική πέντε στρωμάτων. Παρόμοια με τα προηγούμενα συστήματα, αποτελείται από τρία στρώματα: το στρώμα αντίληψης, το στρώμα δικτύου και το στρώμα εφαρμογής αλλά υπάρχουν και δύο ακόμη σε αυτό. Αυτά τα δύο πρόσφατα προτεινόμενα στρώματα αναφέρονται ως το στρώμα επεξεργασίας και το επιχειρηματικό στρώμα. Η πρόσφατα προτεινόμενη αρχιτεκτονική θεωρείται ότι μπορεί να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις του IoT. Στη συνέχεια περιγράφεται ο τρόπος λειτουργίας αυτών:

- Στρώμα Επεξεργασίας (Processing Layer)

Το στρώμα επεξεργασίας, γνωστό και ως στρώμα ενδιάμεσου λογισμικού, αποτελεί κρίσιμο μέρος του σχεδιασμού ενός συστήματος IoT. Χρησιμοποιεί το νέφος, το οποίο αποτελείται από ένα δίκτυο συνδεδεμένων υπολογιστών, για να παρέχει καλύτερες επιδόσεις δικτύωσης, υπολογισμού, αποθήκευσης και ασφάλειας. Είναι υπεύθυνο για την αξιολόγηση των εισερχόμενων δεδομένων ώστε να παράγει νέες πληροφορίες, πρακτικές προβλέψεις και έγκαιρες ειδοποιήσεις. Για να το κάνει αυτό ακολουθεί μια διαδικασία τριών βημάτων:

- Συσσώρευση δεδομένων: Τα διάφορα είδη δεδομένων ταξινομούνται στον αντίστοιχο αποθηκευτικό χώρο. Τα μη δομημένα δεδομένα όπως φωτογραφίες και οι ροές ήχου και βίντεο αποθηκεύονται σε λίμνες δεδομένων και συνήθως απαιτούν πρόσθετη χωρητικότητα αποθήκευσης. Από την άλλη πλευρά, τα

δομημένα δεδομένα -τα οποία φυλάσσονται σε αποθήκες δεδομένων- είναι πιο αποδοτικά σε χώρο και αποτελούνται από μετρήσεις, τιμές καταγραφής και ενδείξεις οργάνων (δεδομένα τηλεμετρίας).

- Αφαίρεση δεδομένων: είναι η διαδικασία συνδυασμού πληροφοριών από διάφορες πηγές και η διασφάλιση της μορφοποίησής τους έτσι ώστε το λογισμικό του επιπέδου εφαρμογής να μπορεί να τα "διαβάσει".
- Ανάλυση δεδομένων: κάνει χρήση αλγορίθμων, οι οποίοι είναι ικανοί να βρίσκουν μοτίβα σε τεράστια, φαινομενικά τυχαία σύνολα δεδομένων (Simmons, 2022).
- Επιχειρηματικό Στρώμα (Business Layer)

Το επιχειρηματικό στρώμα λειτουργεί ως διαχειριστής συστήματος ως προς την προβλεπόμενη συμπεριφορά μιας εφαρμογής και γι' αυτό τοποθετείται μετά από το στρώμα αυτής. Στα καθήκοντά του περιλαμβάνεται η εποπτεία και η διαχείριση των εφαρμογών, της επιχειρηματικής λογικής και των μοντέλων κέρδους του IoT (Burhan, et al., 2018). Το στρώμα αυτό είναι ζωτικής σημασίας και για τη διασφάλιση της ιδιωτικότητας αφού εγγυάται ότι οι άνθρωποι έχουν τον έλεγχο του τρόπου χρήσης των δεδομένων τους και ότι οι πληροφορίες που συλλέγονται διατηρούνται ασφαλείς. Προσφέροντας εξατομικευμένες υπηρεσίες με βάση τα προφίλ και τα ενδιαφέροντα των χρηστών, το στρώμα αυτό μπορεί επίσης να βελτιώσει την εμπειρία του χρήστη (Said & Masud, 2013).

Αρχιτεκτονική 6 στρωμάτων

Οι (Zhang, et al., 2012) πρότειναν μια αρχιτεκτονική 6 στρωμάτων. Σε αυτήν εισάγεται σαν βασικό εναρκτήριο στρώμα η κωδικοποίηση. Κάθε αντικείμενο έρχεται με έναν μοναδικό κωδικό που διευκολύνει στη διάκριση των αντικειμένων.

Αρχιτεκτονική 7 στρωμάτων

Η πιο πρόσφατη και πιο χρησιμοποιούμενη αρχιτεκτονική είναι αυτή των 7 στρωμάτων. Στηριζόμενη σε αυτή των 5, προσθέτει το στρώμα του άκρου ανάμεσα σ' αυτό της μεταφοράς και της επεξεργασίας και το στρώμα της επεξεργασίας και αποθήκευσης των δεδομένων.

- Στρώμα Άκρου (Edge Layer)

Καθώς τα δίκτυα IoT αυξάνονται σε κλίμακα, η καθυστέρηση γίνεται μία από τις κύριες προκλήσεις απόδοσης, καθώς πολλές συσκευές που συνδέονται σε έναν κόμβο καταλήγουν να συμφορούν το δίκτυο (Simmons, 2022). Η εταιρεία Cisco εισήγαγε ένα δικό της στρώμα, το υπολογιστικό στρώμα άκρου/ομίχλης. Το υπολογιστικό στρώμα άκρου/ομίχλης είναι ένα αποκεντρωμένο σύστημα επεξεργασίας και αποθήκευσης δεδομένων κοντά στην προέλευσή τους, βελτιώνοντας το χρόνο απόκρισης και ενισχύοντας τη συνολική λειτουργία των δικτυακών συσκευών. Αυτό το κατανεμημένο μοντέλο παίζει ιδιαίτερα καθοριστικό ρόλο για τα συστήματα IoT που απαιτούν αντίδραση σε πραγματικό χρόνο, δηλαδή, εάν οι αισθητήρες εντοπίσουν κάτι ανεπιθύμητο εντός των συλλεγόμενων πακέτων δεδομένων που αποστέλλονται από τις συσκευές άκρου, μπορούν να τεθούν άμεσα σε εφαρμογή μέτρα όπως διορθωτικές ενέργειες ή διακοπή της εκτέλεσης χωρίς να απαιτείται χρόνος αναμονής (Banu & Sujatha, 2017).

- Στρώμα αποθήκευσης (Data accumulation/storage Layer)

Αυτό το στρώμα υλοποιεί μηχανισμούς για να καταστήσει τα δεδομένα του δικτύου αξιοποιήσιμα από τις εφαρμογές. Τοποθετείται ανάμεσα στα στρώματα του άκρου και της επεξεργασίας. Τα δεδομένα όταν παραλαμβάνονται βρίσκονται σε “κίνηση”, όμως συνήθως, η απαιτούμενη επεξεργασία δεν μπορεί να γίνει με ταχύτητες δικτύου. Κατά

συνέπεια, αυτό το στρώμα μετατρέπει και αποθηκεύει τα δεδομένα σε κίνηση σε δεδομένα σε “ηρεμία” (Smith, et al., 2020). Επίσης περιλαμβάνει τη μορφοποίηση των πακέτων δικτύου σε πίνακες σχεσιακής βάσης δεδομένων, τη μετάβαση από υπολογισμούς βασισμένους σε γεγονότα σε υπολογισμούς βασισμένους σε ερωτήματα και τη μείωση των δεδομένων μέσω της κατανομής και της επιλεκτικής αποθήκευσης (Mishra & Kertesz, 2020).

1.5 Οφέλη και κίνδυνοι

1.5.1 Οφέλη

Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων έχει περάσει από πολλές σημαντικές μεταμορφώσεις και έχει αναβαθμιστεί με τον καιρό. Μερικά από τα σημαντικότερα οφέλη του που μπορούν να βοηθήσουν τις επιχειρήσεις είναι τα εξής:

Αυτοματισμός

Όταν χρησιμοποιείται στον βιομηχανικό αυτοματισμό, το IoT προσφέρει τεράστια οφέλη. Η αυτοματοποίηση πολλών κουραστικών και χρονοβόρων εργασιών μπορεί να ενισχύσει την παραγωγικότητα και την αποδοτικότητα, ενώ παράλληλα εξοικονομεί χρήματα, χρόνο και πόρους. Οι αισθητήρες παρακολουθούν τη λειτουργία των μηχανημάτων και ειδοποιούν τους χρήστες σε περίπτωση που υπάρχει κάποιο πρόβλημα. Επιπλέον, με την πρόβλεψη κάθε αναγκαίας επισκευής ή βλάβης, συμβάλλει στην ελαχιστοποίηση του χρόνου διακοπής λειτουργίας.

Απλή χρήση

Η καθημερινότητα των χρηστών γίνεται πιο βολική χάρη στις συσκευές και τις εφαρμογές που υποστηρίζουν το IoT. Δεδομένου ότι η πρόσβαση στις συσκευές είναι δυνατή από απόσταση, ο έλεγχος και η διαχείριση των συνδεδεμένων συσκευών στο σπίτι ή στον επαγγελματικό χώρο μπορεί να γίνει ακόμα και μέσω ενός smartphone.

Επιχειρηματικές ευκαιρίες

Το IoT επιτρέπει την χρησιμοποίηση δειγμάτων δεδομένων από τους καλύτερους πελάτες μια εταιρείας για την διερεύνηση νέων επιχειρηματικών προοπτικών. Συγκεντρώνει δεδομένα δικτύου και εφαρμόζει εξελιγμένες αναλύσεις για την εξεύρεση εμπορικών δυνατοτήτων και διορατικότητας. Οδηγεί στη διερεύνηση νέων επαγγελματικών μονοπατιών και στη δημιουργία νέων πηγών εσόδων.

Βελτιωμένη παραγωγικότητα

Για να είναι κερδοφόρα κάθε επιχείρηση, η παραγωγικότητα είναι απαραίτητη. Το IoT παρέχει άμεση εκπαίδευση για το προσωπικό, ενισχύει την παραγωγικότητα της εργασίας, μειώνει τις αναντιστοιχίες δεξιοτήτων και αυξάνει την οργανωτική αποδοτικότητα με αποτέλεσμα να προσφέρεται πολύ περισσότερος ελεύθερος χρόνος (Brous, et al., 2020).

Ενισχυμένη ασφάλεια

Οι συνδεδεμένες συσκευές συγκεντρώνουν πολλά ευαίσθητα δεδομένα, τα οποία πρέπει να προστατεύονται. Το IoT προστατεύει τα συγκεντρωμένα δεδομένα από απειλές κάθε είδους με τη χρήση εξελιγμένων αλγορίθμων και τεχνολογιών όπως η Αλυσίδα Μπλοκ/Συστοιχιών (Taherdoost, 2023).

1.5.2 Κίνδυνοι

Υπάρχουν ωστόσο και ορισμένοι κίνδυνοι του IoT που ενδέχεται να επηρεάσουν την επιχείρηση:

Πολυπλοκότητα

Το IoT εξακολουθεί να είναι μια σχετικά νέα τεχνολογία, τόσο για τους προγραμματιστές όσο και για τους χρήστες. Το σύστημα γίνεται δύσκολο και περίπλοκο επειδή υπάρχουν τόσες πολλές συσκευές που είναι συνδεδεμένες και έχουν διαφορετικές ρυθμίσεις. Οποιοδήποτε μικρό σφάλμα στο σύστημα θα μπορούσε να προκαλέσει τη διακοπή της λειτουργίας του και η διόρθωσή του θα ήταν πρόκληση. Επίσης σε σύγκριση με άλλες τεχνολογίες που προσφέρουν πληθώρα σεμιναρίων και υλικών, το IoT έχει μια πιο σύνθετη εκμάθηση.

Ασφάλεια και ιδιωτικότητα

Ένα από τα κύρια μειονεκτήματα του IoT είναι ότι, επειδή λειτουργεί εξ ολοκλήρου μέσω συνδεδεμένων δικτύων, υπάρχει ένας συνεχής κίνδυνος για το σύστημα, λόγω της αύξησης του αριθμού των κυβερνοεπιθέσεων. Η συνεχής συλλογή δεδομένων γίνεται από αισθητήρες που είναι ενσωματωμένοι με συσκευές του IoT. Στα δεδομένα αυτά περιλαμβάνονται ευαίσθητες πληροφορίες σχετικά με την υγεία, τα οικονομικά και άλλα προσωπικά στοιχεία. Εάν αυτές οι πληροφορίες χρησιμοποιηθούν με ακατάλληλο τρόπο, θα μπορούσαν να βλάψουν σοβαρά την ιδιωτική ζωή του χρήστη και να προκαλέσουν σημαντικά προβλήματα (Brous, et al., 2020).

Ανεργία

Ένα πλεονέκτημα είναι ο αυτοματισμός των εργασιών από τις συσκευές, ωστόσο αν αυτό γίνει σε μεγάλο βαθμό αποτελεί απειλή για πολλούς ήδη υπάρχοντες επαγγελματικούς ρόλους. Αυτό θα δημιουργήσει ανεργία καθώς θα υπάρχουν λιγότερες απαιτήσεις για ανθρώπινους πόρους και λιγότερο εκπαιδευμένο προσωπικό. Στην περίπτωση των εφαρμογών του IoT, η εκμάθηση νέων τρόπων εργασίας θα αυξήσει ή θα σταθεροποιήσει τις ευκαιρίες απασχόλησης για εξειδικευμένους πόρους.

Εξάρτηση

Είναι μία από τις σημαντικές επιπτώσεις της τεχνολογίας γενικά. Η εξάρτηση από τις μηχανές αυξάνεται δραματικά με κάθε νέα εφεύρεση και τεχνική εξέλιξη. Το ανθρώπινο είδος επηρεάζεται από αυτή την εξάρτηση με κάποιους τρόπους. Για παράδειγμα, η εξάρτηση από συσκευές που υποστηρίζουν το IoT για καθημερινές εργασίες μπορεί να μειώσει την παραγωγικότητά μας.

Συμβατότητα

Οι προδιαγραφές και οι κατασκευαστές των δικτυακών συσκευών διαφέρουν μεταξύ τους. Για τις συσκευές IoT, δεν υπάρχει ένα ενιαίο παγκόσμιο πρότυπο που θα αντιμετώπιζε ζητήματα συμβατότητας συστημάτων και αυτό καθιστά συχνά δύσκολη τη διαχείριση και τη δημιουργία συνδέσεων μεταξύ διαφόρων συσκευών. Επίσης αν και το Bluetooth μπορεί να συνδέσει διαφορετικές συσκευές, αντιμετωπίζει αρκετά ζητήματα συμβατότητας όσον αφορά τη βέλτιστη εφαρμογή συσκευών IoT. Αυτό το ζήτημα μπορεί να αναγκάσει τους αγοραστές ή τους χρήστες να αγοράζουν συσκευές από έναν συγκεκριμένο κατασκευαστή, γεγονός που μπορεί να δημιουργήσει μονοπώλιο στην αγορά (Bhagat, 2022).

Κεφάλαιο 2: Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας

2.1 Ορισμός

Ξεκινώντας με τον ορισμό της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας (χάριν συντομίας ΔΕΑ), σύμφωνα με μελέτη του (Mentzer, 2004) είναι ο συστημικός, στρατηγικός συντονισμός των παραδοσιακών επιχειρηματικών λειτουργιών και των τακτικών μεταξύ αυτών των λειτουργιών εντός μιας συγκεκριμένης εταιρείας καθώς και μεταξύ των επιχειρήσεων εντός της εφοδιαστικής αλυσίδας, που έχουν σκοπό τη βελτίωση της μακροπρόθεσμης απόδοσης των επιμέρους εταιρειών και της εφοδιαστικής αλυσίδας στο σύνολό της. Με πιο απλά λόγια, είναι ο πιο αποτελεσματικός τρόπος μεταφοράς και αποθήκευσης των αγαθών από την αρχή της εφοδιαστικής αλυσίδας, σε στάδιο ακατέργαστων αγαθών και παραγωγής, μέχρι την παράδοση των τελικών προϊόντων σε καταστήματα ή πελάτες - όπως και στην εξυπηρέτηση του προϊόντος, τις επιστροφές και την ανακύκλωση (SAP, 2022). Συχνά ο όρος συγχέεται με αυτόν της Εφοδιαστικής Αλυσίδας η οποία απλώς περιγράφει την πορεία του προϊόντος από την πρώτη ύλη μέχρι την παράδοση στον πελάτη ενώ ακόμα και αν δεν υπάρχει Διαχείριση, η Εφοδιαστική Αλυσίδα συνεχίζει να υφίσταται (Mentzer, et al., 2001).

2.2 Το περιεχόμενο της Διαχείρισης της Εφοδιαστικής Αλυσίδας

Μια αλυσίδα εφοδιασμού αποτελείται από πολλά κινούμενα μέρη. Υπάρχουν φυσικά αγαθά που μεταφέρονται συνεχώς, με πολλές κρίσιμες πληροφορίες που πρέπει να μοιράζονται μεταξύ πολλών ενδιαφερομένων μερών. Η τυπική Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας περιλαμβάνει τα εξής στάδια:

Προγραμματισμός (Planning)

Το πρώτο βήμα στη διαδικασία διαχείρισης της αλυσίδας εφοδιασμού είναι ο σχεδιασμός του τρόπου ικανοποίησης των καταναλωτικών αναγκών για αγαθά ή υπηρεσίες. Μόλις λάβουν μια παραγγελία, οι διαχειριστές της εφοδιαστικής αλυσίδας κάνουν το σχέδιο πραγματοποίησης της.

Αυτό περιλαμβάνει τη λήψη αποφάσεων σχετικά με τα κριτήρια για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας, της αποδοτικότητας και της ικανότητας της αλυσίδας εφοδιασμού να ικανοποιεί τους επιχειρηματικούς στόχους, παρέχοντας παράλληλα αξία στους πελάτες.

Γενικά βοηθάει, προκειμένου να μην υπάρχει έλλειψη ή υπερβολικά μεγάλο πλεόνασμα αποθέματος και άρα μεγαλύτερο κόστος συντήρησης, η αναζήτηση τάσεων σε προηγούμενα δεδομένα πωλήσεων που ενδέχεται να επαναληφθούν, για πιο ακριβείς εκτιμήσεις ζήτησης. Θα πρέπει επίσης να λαμβάνονται υπόψη η εποχικότητα και οι περιφερειακές αξίες ή ανάγκες, καθώς αυτά μπορούν να επηρεάσουν τη ζήτηση (Stadtler & Kilger, 2005).

Προμήθεια (Sourcing)

Αφού ολοκληρωθεί ο σχεδιασμός, το επόμενο βήμα είναι η επιλογή των προμηθευτών και ο αριθμός τους που θα προμηθεύσουν τα προϊόντα, τις υπηρεσίες ή τις πρώτες ύλες που απαιτούνται για την παραγωγή του τελικού προϊόντος. Πρέπει να εντοπιστεί ένας προμηθευτής που μπορεί να παράγει τα αγαθά εγκαίρως, με ασφάλεια και οικονομικά.

Ο προγραμματισμός της ζήτησης βοηθά στην αποφυγή της δέσμευσης χρημάτων σε επιπλέον αποθέματα και βοηθά στην πρόβλεψη των διακυμάνσεων του όγκου, διασφαλίζοντας ότι οι παραγγελίες εκδίδονται στον κατάλληλο χρόνο. Με αυτόν τον τρόπο, δεν παρουσιάζει ποτέ έλλειμμα το απόθεμα. Είναι επίσης σημαντικό να

ενσωματωθεί η διαχείριση κινδύνου στην αλυσίδα εφοδιασμού για περιόδους όπως συνέβη με την πανδημία COVID-19.

Οι διαχειριστές της εφοδιαστικής αλυσίδας αναφέρονται στην εποπτεία της αγοράς, της παραλαβής, της διαχείρισης των αποθεμάτων και της έγκρισης των πληρωμών των τιμολογίων των προμηθευτών ως "στρατηγική προμήθεια" (Frederico, et al., 2021).

Κατασκευή/Παραγωγή (Manufacturing)

Στη συνέχεια, η παραγωγική διαδικασία ξεκινάει όταν συγκεντρώνονται τα ακατέργαστα συστατικά που απαιτούνται για την παρασκευή ενός προϊόντος. Είναι απαραίτητο για τους διαχειριστές της αλυσίδας εφοδιασμού να παρακολουθούν κάθε στάδιο της διαδικασίας παραγωγής του προϊόντος. Αυτά περιλαμβάνουν την επιθεώρηση και την αποδοχή των πρώτων υλών, καθώς και τις δοκιμές ποιοτικού ελέγχου και τη συσκευασία.

Οι επιχειρήσεις μπορούν να αξιολογούν την παραγωγή προϊόντων, την παραγωγικότητα των εργαζομένων και την ποιότητα συντονίζοντας τη διαδικασία παραγωγής. Μια αποτελεσματική παραγωγή διασφαλίζει ότι τα αγαθά παράγονται έγκαιρα, ελαχιστοποιώντας τα απόβλητα και βελτιστοποιώντας τους πόρους. Όπως θα δούμε και στη συνέχεια, οι σύγχρονες τεχνολογίες, συμπεριλαμβανομένου του Διαδικτύου των Πραγμάτων, είναι εξαιρετικής σημασίας για τον τομέα της μεταποίησης (Stadtler & Kilger, 2005).

Αποστολή (Delivery)

Μετά την παραγωγή του, το προϊόν πρέπει να φτάσει στον τελικό πελάτη. Αξίζει εδώ να σημειωθεί ότι προτού συμβεί αυτό, τα προϊόντα αποστέλλονται από τον κατασκευαστή ή τον προμηθευτή σε κάποια αποθήκη ή σε ένα κέντρο συγκέντρωσης. Εκεί η ίδια εταιρεία ή κάποια 3PL διαχειρίζεται τις παραγγελίες. Αφού επιλεγούν τα απαραίτητα για

τις παραγγελίες προϊόντα, στέλνονται σε σταθμούς συσκευασίας και τοποθετούνται μέσα σε κουτιά ή πολυμερείς συσκευασίες.

Στη συνέχεια ο διαχειριστής της εφοδιαστικής αλυσίδας κανονίζει την αποστολή των φορτίων, προγραμματίζει την παράδοση με κάποιον αξιόπιστο μεταφορέα, εκδίδει τιμολόγια και εισπράττει τις πληρωμές από τους πελάτες. Η συνεργασία με κάποιον συνεργάτη logistics για τη στρατηγική διανομή των εμπορευμάτων και τη διαπραγμάτευση εκπτώσεων μπορεί να επιτύχει γρήγορη αποστολή σε ανταγωνιστική τιμή.

Γενικά, η διαδικασία παράδοσης περιλαμβάνει έναν στόλο οχημάτων, από βυτιοφόρα που φέρνουν προϊόντα που κατασκευάζονται στο εξωτερικό μέχρι φορτηγά και υπηρεσίες δεμάτων που αναλαμβάνουν την παράδοση του τελευταίου μιλίου. Στο τέλος οι ταχυμεταφορείς θα παραδώσουν τα πακέτα στον τελικό παραλήπτη όσο το δυνατόν χωρίς ζημιά καθώς θα προκαλέσει αρνητικό αντίκτυπο για την εταιρεία. Και εδώ αρκετές επιχειρήσεις αναθέτουν την παράδοση σε άλλες επιχειρήσεις που ειδικεύονται στην ειδική διακίνηση και την παράδοση στο σπίτι (Castillo, et al., 2022).

Επιστροφές (Returning)

Μετά την παράδοση του προϊόντος, οι διαχειριστές της αλυσίδας εφοδιασμού εξακολουθούν να έχουν υποχρεώσεις. Πρέπει να δημιουργήσουν ένα δίκτυο για τη διευκόλυνση των επιστροφών των εμπορευμάτων.

Η επιστροφή ενός προϊόντος μπορεί να περιλαμβάνει την επιστροφή του στην αποθήκη ή την απόσυρση και την κατασκευή ενός νέου σε περίπτωση που είναι ελαττωματικό. Βέβαια, ένα προϊόν μπορεί να μην επιστρέφεται μόνο από τον πελάτη αλλά και από το κέντρο διαλογής και από τον κατασκευαστή σε περίπτωση που υπάρχει

ζημιά. Το δίκτυο πρέπει να είναι προσαρμόσιμο και υπεύθυνο για την ικανοποίηση των απαιτήσεων όλων των χρηστών (Shaharudin, et al., 2015).

Supply Chain Management Process



Εικόνα 2: Στάδια Διαχείρισης Εφοδιαστικής Αλυσίδας

Σε μια αλυσίδα εφοδιασμού ανταλλάσσονται πολλά δεδομένα - μεταξύ προμηθευτών και αγοραστών, πωλητών και πελατών, μεταφορέων και πωλητών - τα οποία πρέπει να καταγράφονται, να αναλύονται και να κοινοποιούνται εγκαίρως στα κατάλληλα μέρη. Όπως θα δούμε κα στη συνέχεια, από την παρακολούθηση παραγγελιών έως την παρακολούθηση αποθεμάτων, πρέπει να υπάρχει η κατάλληλη τεχνολογία για να διατηρούνται οι πληροφορίες οργανωμένες, καθαρές και προσβάσιμες.

2.3 Σημασία

Είναι γεγονός ότι χωρίς τη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας, πολλές επιχειρήσεις θα έπαιναν να υπάρχουν και επομένως αυτό και μόνο αποτελεί σημαντικό όφελος της ΔΕΑ. Πολλοί σύγχρονοι οργανισμοί αντιμετωπίζουν το δίλημμα αν θα πρέπει να διατηρήσουν και να υποστηρίξουν τα απαρχαιωμένα συστήματά τους ή να προχωρήσουν

μπροστά με την αναπόφευκτα ταχεία εξέλιξη της τεχνολογίας και της κοινωνίας, δημιουργώντας μια πρωτοποριακή, ψηφιακά βελτιστοποιημένη αλυσίδα εφοδιασμού που θα μπορεί να επεκτείνεται και να αλλάζει μαζί με την εποχή.

Τα προγράμματα προληπτικής συντήρησης και διαχείρισης επιχειρησιακών περιουσιακών στοιχείων κάνουν τα μηχανήματα και τα συστήματα να λειτουργούν πιο αποτελεσματικά. Αυτό μπορεί να αυξήσει την παραγωγικότητα, να εξορθολογήσει τις διαδικασίες και να εξαλείψει τα σημεία συμφόρησης. Έτσι, οι ταχύτεροι χρόνοι αποστολής και παράδοσης είναι αποτέλεσμα των αυτοματοποιημένων διαδικασιών και της ευέλικτης ανάλυσης δεδομένων.

Επιπλέον αυτών, αφαιρώντας τις δαπανηρές "εκτιμήσεις", η προγνωστική ανάλυση συμβάλλει στη μείωση των άσκοπων αποθεμάτων και των δυνητικά επικίνδυνων ελλείψεων. Όπως θα αναλυθεί και στη συνέχεια, το IoT επιτρέπει στα τρέχοντα περιουσιακά στοιχεία να γίνουν πιο προσαρμόσιμα και να παρέχουν τις πιο αποτελεσματικές και πρακτικές διαδικασίες για όλα τα σενάρια. Παρέχεται επίσης ακριβέστερη πρόβλεψη, η οποία συμβάλλει στη μείωση του αριθμού των φορτηγών παράδοσης που είναι μόνο μερικώς φορτωμένα, των ανοργάνωτων διαδρομών παράδοσης και της αναποτελεσματικής διαχείρισης του στόλου.

Είναι επίσης γνωστό ότι αλλαγές και οι τάσεις της αγοράς μπορεί να συμβούν απροσδόκητα. Ένα σύστημα ΔΕΑ που είναι ανθεκτικό μπορεί να προσαρμοστεί γρήγορα σε κάθε περίπτωση. Οι διαχειριστές της αλυσίδας εφοδιασμού μπορούν να αναδιοργανώσουν τους εργαζόμενους και τον εξοπλισμό σε πιο αποδοτικές διαδικασίες με τη χρήση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο και οξυδερκείς γνώσεις. Είναι δυνατόν να ακούσουν άμεσα και να ανταποκριθούν στα σχόλια των πελατών. Η προσφορά και η ζήτηση εξισορροπούνται με έξυπνες διαδικασίες αποθήκης και εικονικά αποθέματα.

Ακούγοντας τους πελάτες όμως μπορούν να βελτιώσουν και την ποιότητα των προϊόντων: Οι ομάδες δηλαδή έρευνας και ανάπτυξης και παραγωγής μπορούν να χρησιμοποιήσουν τις γνώσεις από τη μηχανική μάθηση και την ανάλυση για να ανταποκριθούν στις τάσεις και τις επιθυμίες των πελατών με ουσιαστικές βελτιώσεις στο σχεδιασμό των προϊόντων, όταν συνδέουν τα σχόλια των πελατών απευθείας με τις ομάδες τους. Έτσι διασφαλίζεται ότι ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη προϊόντων ενημερώνονται πλήρως από τις ανάγκες των πελατών.

Αυτά έχουν σαν αποτέλεσμα την καλύτερη εξυπηρέτηση πελατών. Οι πιο αποτελεσματικές στρατηγικές διαχείρισης της αλυσίδας εφοδιασμού είναι ευέλικτες, προσαρμόσιμες και πελατοκεντρικές. Η σύγχρονη ΔΕΑ επιτρέπει στις επιχειρήσεις να εφαρμόζουν τα σχόλια και τις τάσεις των πελατών, καθιστώντας δυνατή τη μικρο-εκπλήρωση και την προσαρμογή σε κλίμακα και κάνοντας τις επιπλέον να βρίσκονται ένα βήμα μπροστά από τους ανταγωνιστές τους.

Τέλος η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας επιτρέπει την πλήρη διαφάνεια από τον σχεδιασμό και την κατασκευή έως τη μεταφορά, την παράδοση και τις επιστροφές στο τελευταίο μίλι. Οι εταιρείες μπορούν να μειώσουν σημαντικά τις περιβαλλοντικές τους επιπτώσεις έχοντας τη δυνατότητα να βλέπουν όλες τις εισροές και τις εκροές κατά μήκος της αλυσίδας εφοδιασμού. Για να το επιτύχουν αυτό, συχνά συνεργάζονται απευθείας με τους κατασκευαστές και τους προμηθευτές (SAP, 2022).

2.4 Αδυναμίες

Όπως φάνηκε, η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι πολύ σημαντική στη ζωή μιας επιχείρησης. Ωστόσο υπάρχουν πάντα δυσκολίες και αδυναμίες ως προς την εφαρμογή της με αποτέλεσμα να τίθεται σε κίνδυνο η πορεία του προϊόντος μέχρι τον

τελικό πελάτη. Στη συνέχεια αναλύονται αυτές οι πιθανές δυσκολίες που παρουσιάζονται στην καθημερινότητα, σε 5 διαφορετικά στάδια της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Προμήθεια πρώτων υλών

Η καθημερινότητά ενός συντονιστή πρώτων υλών βασίζεται σε μεγάλο βαθμό σε χειροκίνητες διαδικασίες και στρατηγικές αντίδρασης. Χρειάζεται κάθε μέρα να υπάρχει ενημέρωση και επανεξέταση των επιπέδων αποθεμάτων στο σύστημα λογισμικού της εταιρείας. Και παρόλο που το σύστημα είναι ψηφιακό, η εισαγωγή δεδομένων γίνεται χειροκίνητα, το οποίο μπορεί να οδηγήσει συχνά σε καθυστερήσεις και ανακρίβειες.

Η επικοινωνία με τους κατασκευαστές γίνεται κυρίως μέσω τηλεφωνικών κλήσεων ή ηλεκτρονικών μηνυμάτων και υπάρχει ο κίνδυνος να βρίσκονται συχνά καταστάσεις όπου δεν μπορούν να παρέχονται άμεσες ενημερώσεις σχετικά με τη διαθεσιμότητα ή την ποιότητα των υλικών, καθώς δεν έχουν ληφθεί ακόμα πληροφορίες από τον τομέα ή την αποθήκη.

Επίσης ο ποιοτικός έλεγχος είναι ένας άλλος τομέας που μπορεί να εμφανίσει αδυναμίες. Οι αναφορές από τους επιθεωρητές ποιότητας μπορεί να καθυστερήσουν και δεν υπάρχει ορατότητα σε πραγματικό χρόνο για τις συνθήκες των αποθηκευμένων υλικών. Οποιαδήποτε ζητήματα που ανακαλύπτονται αργότερα στην αλυσίδα εφοδιασμού μπορεί να οδηγήσουν σε σημαντικές διαταραχές και τεταμένες σχέσεις με τους κατασκευαστές.

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι καταναλώνεται περισσότερος χρόνος στο να αντιμετωπίζονται καταστάσεις που προκύπτουν εκείνη την στιγμή παρά να υπάρχει προληπτική διαχείριση.

Κατασκευή

Σε ένα εργοστάσιο παραγωγής η ευθύνη ενός διευθυντή αφορά την επίβλεψη της γραμμής παραγωγής. Ωστόσο, η όλη επίβλεψη βασίζεται σε περιοδικές χειροκίνητες αναφορές από τον χώρο παραγωγής. Κάθε φορά που παρατηρείται αύξηση της ζήτησης, ο διευθυντής πρέπει να συλλέγει και να αναλύει αυτές τις αναφορές από την παραγωγή, τα αποθέματα και τις προμήθειες για να προσαρμόσει τους ρυθμούς παραγωγής, πράγμα που σημαίνει ότι θα υπάρξει καθυστέρηση.

Ο συντονισμός με τους προμηθευτές για τις πρώτες ύλες είναι επίσης μια δύσκολη διαδικασία. Αντιμετωπίζονται συχνά καταστάσεις στις οποίες το εργοστάσιο πρέπει να αρκестεί σε ό,τι είναι διαθέσιμο και όχι σε ό,τι είναι βέλτιστο, λόγω της έλλειψης επικοινωνίας και δεδομένων σε πραγματικό χρόνο από τους προμηθευτές.

Η συντήρηση του εξοπλισμού γίνεται με βάση ένα πρόγραμμα ρουτίνας, το οποίο δεν βασίζεται στην πραγματική χρήση ή κατάσταση. Αυτό οδηγεί συχνά σε απροσδόκητες βλάβες, προκαλώντας δαπανηρές προγραμματιστές διακοπές λειτουργίας.

Τέλος για την εφαρμογή βιώσιμων πρακτικών στην παραγωγή ώστε να πληρούνται τα περιβαλλοντικά πρότυπα παρατηρούνται και εδώ δυσκολίες. Αυτές μπορεί να εμφανιστούν γιατί υπάρχει η πιθανότητα να μην γνωρίζουν μέσα στο εργοστάσιο την περιβαλλοντική εικόνα ώστε να βελτιστοποιήσουν την χρήση των πόρων ή να μειώσουν τα απόβλητα.

Φαίνεται λοιπόν και σ' αυτό το στάδιο ότι δεν διατίθενται έγκαιρα τα απαραίτητα δεδομένα ώστε να βελτιστοποιηθεί η αποδοτικότητα της παραγωγής.

Αποθήκευση

Ένας διευθυντής αποθήκης ξεκινά την ημέρα του ελέγχοντας το σύστημα διαχείρισης της αποθήκης (Warehouse Management System – WMS), το οποίο βασίζεται σε μεγάλο βαθμό σε ανθρώπινες καταχωρήσεις. Αυτή η εξάρτηση οδηγεί συχνά σε χρονικές καθυστερήσεις και πιθανές ανακρίβειες στην παρακολούθηση των αποθεμάτων. Όπως φάνηκε και στις προμήθειες, η έλλειψη ενημερώσεων σε πραγματικό χρόνο αυτού του συστήματος καθιστά δύσκολη την ανταπόκριση στις αλλαγές των αποθεμάτων ή στο να διαχειριστεί αποτελεσματικά και γρήγορα τα επίπεδα των αποθεμάτων.

Επίσης η παραλαβή και η αποστολή εμπορευμάτων είναι μια διαδικασία με μεγάλη γραφειοκρατία, επιρρεπής σε καθυστερήσεις και λάθη. Διαπιστώνονται συχνά αποκλίσεις μεταξύ του καταγεγραμμένου και του πραγματικού αποθέματος, οδηγώντας σε σύγχυση και αναποτελεσματικότητα. Η ομάδα που είναι υπεύθυνη χρησιμοποιεί φορητούς σαρωτές και συστήματα βασισμένα στο χαρτί για την παραγγελιοληψία, μια μέθοδο που είναι επιρρεπής σε λάθη και αναποτελεσματική. Οι λανθασμένες επιλογές και τα λανθασμένα αντικείμενα είναι συνηθισμένα, οδηγώντας σε καθυστερήσεις και δυσαρέσκεια των πελατών.

Επιπλέον υπάρχει ο κίνδυνος αντιμετώπισης προκλήσεων όσον αφορά τη βελτιστοποίηση του χώρου της αποθήκης και την αποτελεσματική οργάνωση των εμπορευμάτων. Πρέπει να σχεδιαστεί στρατηγικά η τοποθέτηση των εμπορευμάτων, εξισορροπώντας την προσβασιμότητα με τη χρήση του χώρου, μια διαδικασία που είναι συχνά πιο αργή και λιγότερο αποτελεσματική σε σύγκριση με τις αυτοματοποιημένες λύσεις.

Στους χώρους ψυχρής αποθήκευσης, πρέπει να πραγματοποιούνται περιοδικοί χειροκίνητοι έλεγχοι για την παρακολούθηση των θερμοκρασιών, διασφαλίζοντας ότι τα

αγαθά αποθηκεύονται στις βέλτιστες συνθήκες. Όμως, αυτοί οι έλεγχοι δεν επαρκούν για την άμεση αντιμετώπιση των διακυμάνσεων στις συνθήκες αποθήκευσης, με αποτέλεσμα να τίθεται ενδεχομένως σε κίνδυνο η ποιότητα των εμπορευμάτων.

Το συμπέρασμα είναι ότι τα πεπαλαιωμένα συστήματα και η έλλειψη τεχνολογικής υποστήριξης περιορίζουν την αποτελεσματικότητα της αποθήκης.

Διανομή / Logistics

Σε ένα παραδοσιακό περιβάλλον διανομής, ένας συντονιστής logistics ασχολείται με μια χειροκίνητη επισκόπηση των προγραμμάτων αποστολής και την παρακολούθηση των αποστολών μέσω τηλεφωνικών κλήσεων ή βασικών online συστημάτων με χειροκίνητες ενημερώσεις της κατάστασης αποστολής. Διαδικασίες δηλαδή που είναι πολύ αργές.

Ο συντονιστής ασχολείται επίσης συχνά με ερωτήματα πελατών σχετικά με την κατάσταση των αποστολών, αλλά χωρίς να έχει δεδομένα σε πραγματικό χρόνο, δεν μπορεί να παρέχει άμεσες και ακριβείς ενημερώσεις, με την κατάσταση αυτή να έχει αντίκτυπο στην ικανοποίηση των πελατών.

Ακόμα αν προκύψουν έκτακτα περιστατικά ή απροσδόκητες καθυστερήσεις, όπως η κίνηση ή οι καιρικές συνθήκες, ο χειρισμός τους αποτελεί δοκιμασία. Ο συντονιστής των διανομών συχνά μαθαίνει για αυτά τα ζητήματα πολύ αργά, γεγονός που δυσκολεύει την αλλαγή δρομολόγησης ή τη γρήγορη προσαρμογή των σχεδίων.

Λόγω μη χρησιμοποίησης προηγμένης τεχνολογίας ο σχεδιασμός της διαδρομής για τις αποστολές γίνεται με τη χρήση απλού λογισμικού χαρτογράφησης χωρίς δεδομένα κυκλοφορίας ή καιρικών συνθηκών σε πραγματικό χρόνο. Αυτό συχνά οδηγεί σε μη βέλτιστη δρομολόγηση, οδηγώντας σε καθυστερήσεις και αυξημένο κόστος καυσίμων.

Επίσης και η περιβαλλοντική παρακολούθηση των ευπαθών προϊόντων, όπως για παράδειγμα είναι τα φρούτα, κατά τη διάρκεια της διαμετακόμισης περιλαμβάνει

συνήθως χειροκίνητους ελέγχους σε προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα. Περιστασιακά, οι οδηγοί μπορεί να αντιληφθούν τις ακατάλληλες συνθήκες αποθήκευσης πολύ αργά, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται διαφωνίες με τους πελάτες και να επιστρέφονται ενδεχομένως τα προϊόντα που έχουν υποστεί κίνδυνο.

Από όλα αυτά φαίνεται ότι υπάρχει αδυναμία βελτιστοποίησης των λειτουργιών των logistics και των χειροκίνητων εργασιών ρουτίνας.

Πωλήσεις

Έστω ότι ένα κατάστημα λιανικής πώλησης βασίζεται σε χειροκίνητες και λιγότερο τεχνολογικές μεθόδους για τη διαχείριση των εργασιών του καταστήματός της. Ο έλεγχος στα επίπεδα των αποθεμάτων γίνεται χειροκίνητα και καμιά φορά βασιζόμενος σε περιοδικές αναφορές για να προσδιοριστούν οι ανάγκες ανανέωσης. Αυτό συχνά οδηγεί είτε σε μεγάλο πλεόνασμα είτε σε εξαντλήσεις αποθεμάτων, καθώς τα δεδομένα που λαμβάνονται δεν είναι σε πραγματικό χρόνο.

Ένα άλλο πρόβλημα είναι ότι κατά τη διάρκεια της εκφόρτωσης, οι υπάλληλοι του καταστήματος θα πρέπει να ελέγχουν χειροκίνητα το περιεχόμενο κάθε δέματος. Πρόκειται για μια επικρατούσα αλλά και πάλι χρονοβόρα διαδικασία που απαιτεί αρκετές ώρες κατά τη διάρκεια της ημέρας της.

Οι διαδικασίες ταμείου είναι παραδοσιακές, με τους ταμίες να σαρώνουν χειροκίνητα τα αντικείμενα και να χειρίζονται τις πληρωμές. Αυτό έχει συχνά ως αποτέλεσμα μεγάλες ουρές κατά τις ώρες αιχμής, επηρεάζοντας την αγοραστική εμπειρία των πελατών.

Επίσης η ασφάλεια και η πρόληψη των απωλειών πάντα αποτελούν συνεχείς ανησυχίες, με τα καταστήματα να βασίζονται σε βασικές κάμερες παρακολούθησης και προσωπικό ασφαλείας για την αντιμετώπιση κλοπών ή ασυμφωνιών απογραφής.

Και το τελευταίο στάδιο της εφοδιαστικής αλυσίδας δείχνει να αντιμετωπίζει προκλήσεις.

Οι παραπάνω περιπτώσεις δηλώνουν ότι η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας, προκειμένου να αντιμετωπίσει όλους τους κινδύνους που αναφέρθηκαν, θα πρέπει να εκσυγχρονιστεί και να ακολουθήσει τις τεχνολογικές εξελίξεις. Στο επόμενο κεφάλαιο θα αναλυθεί πώς μπορούν να λυθούν τα προαναφερθέντα προβλήματα, με την χρήση του IoT (Kanoika, 2024).

Κεφάλαιο 3: IoT και Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας

Η πανταχού παρούσα ύπαρξη του Διαδικτύου των Πραγμάτων έχει επηρεάσει σημαντικά τον τρόπο με τον οποίο οι πολιτισμοί μοιράζονται και έχουν πρόσβαση σε πληροφορίες, καθώς και να αλληλοεπιδρούν με το περιβάλλον τους. Σε αυτό βέβαια, η αλυσίδα εφοδιασμού δεν αποτελεί εξαίρεση. Οι τεχνολογίες IoT έχουν εισχωρήσει σιγά σιγά στις λειτουργίες της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας και στη συνολική αποτελεσματικότητα του τομέα των Logistics και χρησιμεύουν ως μια βελτιωμένη γέφυρα μεταξύ του πραγματικού και του ψηφιακού κόσμου χωρίς την ανάγκη ανθρώπινης συμμετοχής.

Το IoT στην εφοδιαστική αλυσίδα, θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως μια πλατφόρμα διάχυτων έξυπνων αντικειμένων, συνδεδεμένων στο διαδίκτυο που μπορούν να ανιχνεύουν, να αντιλαμβάνονται, να επεξεργάζονται, να ενεργοποιούν, να δικτυώνονται και να μοιράζονται δεδομένα για τον έγκαιρο σχεδιασμό και συντονισμό των δραστηριοτήτων τόσο εντός και μεταξύ των εταιρών όσο και εντός των οργανισμών. Η ψηφιακή διασύνδεση αντικειμένων και οργανισμών, η καταγραφή δεδομένων, η εσωτερική και εξωτερική ανταλλαγή με προμηθευτές και καταναλωτές και η ικανότητα ενσωμάτωσης των πάντων σε μια αλυσίδα εφοδιασμού είναι μερικές από τις σημαντικές πτυχές του (de Vass, et al., 2020).

3.1 Λύσεις IoT στη Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας

Στο προηγούμενο κεφάλαιο περιεγράφηκαν προβλήματα που παρουσιάζονται στην καθημερινή διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας. Στη συνέχεια ακολουθούν οι λύσεις που προσφέρει το «πάντρεμα» του IoT με τη ΔΕΑ.

Διαχείριση αποθεμάτων

Ένα σημαντικό στοιχείο της διαχείρισης της αλυσίδας εφοδιασμού είναι η διαχείριση των αποθεμάτων, όπου η ικανοποίηση των αιτημάτων των πελατών με ταυτόχρονη μείωση του κόστους απαιτεί ακρίβεια και αποτελεσματικότητα. Οι ετικέτες RFID, οι συνδεδεμένες συσκευές και μια πληθώρα αισθητήρων χρησιμοποιούνται από τα συστήματα διαχείρισης αποθεμάτων με δυνατότητα IoT για τη συνεχή παρακολούθηση της θέσης, της κατάστασης και της κίνησης των ειδών σε ολόκληρη την αλυσίδα εφοδιασμού (Sallam, et al., 2023).

Ένα από τα κύρια πλεονεκτήματα του IoT στη διαχείριση αποθεμάτων είναι πως ενώ στο παρελθόν, πολλά αντικείμενα σχεδόν εξαφανίζονταν καθώς προχωρούσαν μέσω της αλυσίδας εφοδιασμού, καθιστώντας δύσκολη την παρακολούθηση και τον έλεγχο σε πραγματικό χρόνο, πλέον κάθε ένα απ' αυτά που είναι συνδεδεμένο με ετικέτα RFID ή αισθητήρα IoT, δίνουν στις επιχειρήσεις μια σαφή εικόνα του ταξιδιού τους. Τα δεδομένα από αυτούς τους αισθητήρες προσφέρουν σημαντικές πληροφορίες σχετικά με την τοποθεσία, την ποιότητα, ακόμη και τον ρυθμό με τον οποίο τα πράγματα πωλούνται καθώς ταξιδεύουν από τις εγκαταστάσεις παραγωγής στους κόμβους διανομής και τελικά στα ράφια του λιανεμπορίου. Οι οργανισμοί είναι σε θέση να βελτιστοποιήσουν τα επίπεδα των αποθεμάτων τους, να χειριστούν καταστάσεις εξαντλήσεων ή πλεονάσματος και να αντιδράσουν γρήγορα στις αλλαγές της ζήτησης λόγω αυτών των πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο.

Η χρήση του IoT στη διαχείριση αποθεμάτων προσφέρει επίσης καλύτερη πρόβλεψη, χαμηλότερο κόστος, μεγαλύτερη ακρίβεια και ορατότητα σε πραγματικό χρόνο. Η βελτιωμένη πρόβλεψη της ζήτησης και η εκπλήρωση των παραγγελιών καθίστανται δυνατές από τα συστήματα διαχείρισης αποθεμάτων που βασίζονται στο

IoT. Αυτοί οι αλγόριθμοι μπορούν να προβλέπουν τη ζήτηση με μεγαλύτερη ακρίβεια εξετάζοντας τόσο τα ιστορικά δεδομένα όσο και τα τρέχοντα μοτίβα. Αυτό βοηθά τις εταιρείες να διατηρούν ιδανικά επίπεδα αποθεμάτων, μειώνοντας τα έξοδα που σχετίζονται με τη μεταφορά αποθεμάτων, ενώ εγγυάται ότι τα αγαθά είναι διαθέσιμα για την εκπλήρωση των παραγγελιών των πελατών (Rejeb, et al., 2019).

Εντοπισμός και διαχείριση περιουσιακών στοιχείων

Η διαχείριση και ο εντοπισμός των περιουσιακών στοιχείων -είτε πρόκειται για προϊόντα, αυτοκίνητα ή εξοπλισμό- είναι βασικά στοιχεία μιας αποτελεσματικής αλυσίδας εφοδιασμού και από την εισαγωγή του IoT έχουν υποστεί μια επαναστατική αλλαγή. Οι οργανισμοί μπορούν πλέον να βλέπουν τη θέση και την κατάσταση των περιουσιακών τους στοιχείων σε πραγματικό χρόνο χάρη σε τεχνολογίες όπως το RFID και το GPS (Global Positioning System). Αυτό έχει αυξήσει τη λειτουργική αποδοτικότητα και έχει μειώσει το κόστος.

Η διαχείριση στόλου είναι ένας από τους κύριους κλάδους στους οποίους χρησιμοποιείται το IoT για την παρακολούθηση των περιουσιακών στοιχείων. Οι συνδεδεμένες στο IoT συσκευές μπορούν πλέον να χρησιμοποιηθούν από εταιρείες των οποίων οι λειτουργίες της εφοδιαστικής αλυσίδας εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τις μεταφορές για την παρακολούθηση της ακριβούς θέσης των αυτοκινήτων καθώς και της ταχύτητας και της κατανάλωσης καυσίμων. Τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο από συσκευές εντοπισμού με δυνατότητα GPS μπορούν να αξιοποιηθούν για τη βελτιστοποίηση των διαδρομών και τη μείωση των χρόνων παράδοσης και των δαπανών καυσίμων. Επιπλέον, βελτιώνουν την ασφάλεια, επιτρέποντας στις επιχειρήσεις να παρακολουθούν τη συμπεριφορά των οδηγών και να προσφέρουν διορθώσεις ή βοήθεια όταν χρειάζεται. Εκτός από τη μείωση της πιθανότητας κλοπής και τη διασφάλιση της

έγκαιρης παράδοσης των εμπορευμάτων, αυτή η παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο αυξάνει την προστασία των περιουσιακών στοιχείων και ενισχύει την ικανοποίηση των πελατών (Sallam, et al., 2023).

Το IoT καθιστά δυνατή την παρακολούθηση και άλλων πολύτιμων περιουσιακών στοιχείων στην αλυσίδα εφοδιασμού εκτός από τη διαχείριση του στόλου. Για παράδειγμα, τα ακριβά προϊόντα, τα μηχανήματα, ακόμη και τα εμπορευματοκιβώτια μεταφοράς μπορούν να έχουν ετικέτες RFID ή αισθητήρες. Με τη συνεχή μετάδοση δεδομένων σχετικά με τη θέση και την κατάστασή τους, οι συσκευές αυτές βοηθούν τις εταιρείες να ελαχιστοποιήσουν την ανάγκη για χειροκίνητους ελέγχους απογραφής, να μεγιστοποιήσουν τη χρήση των περιουσιακών στοιχείων και να αποφύγουν την απώλεια περιουσιακών στοιχείων (Haddud, et al., 2017).

Παρακολούθηση Ψυχρής Αλυσίδας

Μία από τις σημαντικότερες χρήσεις του IoT στη ΔΕΑ, είναι η παρακολούθηση της ψυχρής αλυσίδας (Cold Chain), ιδίως σε τομείς όπως η υγειονομική περίθαλψη, τα τρόφιμα και τα φαρμακευτικά προϊόντα, όπου είναι ζωτικής σημασίας η διατήρηση της ποιότητας και της ασφάλειας των ευαίσθητων στη θερμοκρασία προϊόντων. Ο όρος "Ψυχρή Αλυσίδα" περιγράφει τη συνεχή, ρυθμιζόμενη διακίνηση και αποθήκευση προϊόντων που είναι ευαίσθητα στη θερμοκρασία, όπως φάρμακα, εμβόλια, φρέσκα λαχανικά και ευπαθή γεύματα. Όταν ένα προϊόν μεταφέρεται ή αποθηκεύεται εκτός του καθορισμένου εύρους θερμοκρασίας, μπορεί να αλλοιωθεί, να χάσει την αποτελεσματικότητά του ή ακόμη και να δημιουργήσει κινδύνους για την υγεία.

Η τεχνολογία IoT έχει μεταμορφώσει την παρακολούθηση της ψυχρής αλυσίδας, παρέχοντας πληροφορίες βάσει δεδομένων και ορατότητα σε πραγματικό χρόνο σε διαδικασίες της αλυσίδας εφοδιασμού που είναι ευαίσθητες στη θερμοκρασία. Οι

καταγραφείς δεδομένων και οι συσκευές IoT είναι απαραίτητες για την παρακολούθηση της ψυκτικής αλυσίδας. Αυτοί οι αισθητήρες τοποθετούνται προσεκτικά μέσα σε εγκαταστάσεις αποθήκευσης, φορητά ψυγεία και εμπορευματοκιβώτια για να ελέγχουν συνεχώς την υγρασία, τη θερμοκρασία και άλλους περιβαλλοντικούς παράγοντες. Ένα κεντρικό σύστημα παρακολούθησης ή μια πλατφόρμα νέφους λαμβάνει δεδομένα σε πραγματικό χρόνο, τα οποία επιτρέπουν στους ενδιαφερόμενους να παρακολουθούν συνεχώς την κατάσταση των εμπορευμάτων που είναι ευαίσθητα στη θερμοκρασία. Τυχόν αποκλίσεις από το καθορισμένο εύρος θερμοκρασίας έχουν ως αποτέλεσμα άμεσες ειδοποιήσεις, επιτρέποντας την άμεση αντιμετώπιση προβλημάτων. Με τη λήψη αυτού του προληπτικού μέτρου, μειώνεται η πιθανότητα αλλοίωσης των προϊόντων και διασφαλίζεται ότι τα ευαίσθητα στη θερμοκρασία προϊόντα, όπως τα νωπά προϊόντα ή τα εμβόλια, διατηρούν την ποιότητα και την αποτελεσματικότητά τους καθ' όλη τη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας.

Επιπλέον, οι πληροφορίες που συλλέγονται μέσω της παρακολούθησης της ψυχρής αλυσίδας με βάση το IoT προσφέρουν διορατικά δεδομένα για τη συμμόρφωση και τη βελτίωση της λειτουργίας. Οι επιχειρήσεις μπορούν να χρησιμοποιήσουν την ανάλυση δεδομένων θερμοκρασίας του παρελθόντος για να εντοπίσουν τάσεις, να αξιολογήσουν την απόδοση του εξοπλισμού και να αποφασίσουν για τη δρομολόγηση και τις συνθήκες αποθήκευσης με γνώση. Τέλος αυτά τα δεδομένα μπορούν να χρησιμοποιηθούν να δείξουν τη συμμόρφωση των επιχειρήσεων σε κανόνες όπως ο εκσυγχρονισμός της ασφάλειας των τροφίμων (Food Safety Modernization Act) και οι ορθές πρακτικές διανομής (Good Distribution Practise), οι οποίοι απαιτούν αυστηρό έλεγχο της θερμοκρασίας και τήρηση αρχείων για συγκεκριμένα αγαθά (Sallam, et al., 2023).

Προληπτική συντήρηση

Το Διαδίκτυο των πραγμάτων πρωτοπορεί και έχει καταστήσει δυνατή την προληπτική συντήρηση στη διαχείριση περιουσιακών στοιχείων της αλυσίδας εφοδιασμού. Ενώ παλιότερα η συντήρηση συχνά εξαρτιόταν από καθορισμένα χρονοδιαγράμματα ή αντιδραστικές προσεγγίσεις σε δυσλειτουργίες του εξοπλισμού, πλέον χρησιμοποιεί αλγορίθμους μηχανικής μάθησης, ανάλυση δεδομένων και αισθητήρες του IoT για να προβλέψει πότε τα μηχανήματα ή ο εξοπλισμός μπορεί να χαλάσουν ή να παρουσιάσουν προβλήματα. Με τον τρόπο αυτό, οι επιχειρήσεις μπορούν να ελαχιστοποιήσουν τον χρόνο διακοπής λειτουργίας, να χειριστούν προληπτικά τις απαιτήσεις συντήρησης και να μεγιστοποιήσουν τη διάρκεια ζωής και την απόδοση του ζωτικού εξοπλισμού.

Οι αισθητήρες και οι συσκευές IoT, οι οποίες συλλέγουν συνεχώς δεδομένα για πολλά στοιχεία της υγείας του εξοπλισμού, όπως η θερμοκρασία, οι δονήσεις, η πίεση και η φθορά, αποτελούν τη βάση της προληπτικής συντήρησης. Αυτοί οι αισθητήρες στέλνουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο σε μια πλατφόρμα νέφους ή σε ένα κεντρικό σύστημα, όπου επεξεργάζονται για την ανεύρεση τάσεων ή ανωμαλιών που υποδεικνύουν μελλοντικές βλάβες. Προκειμένου να προβλεφθεί πότε απαιτείται συντήρηση, οι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης, οι οποίοι μαθαίνουν από δεδομένα του παρελθόντος, είναι απαραίτητοι σε αυτή τη διαδικασία. Οι ομάδες συντήρησης μπορούν να προγραμματίζουν εργασίες συντήρησης κατά τη διάρκεια προγραμματισμένων διακοπών λειτουργίας ή πριν από την εμφάνιση μιας καταστροφικής βλάβης, προγραμματίζοντας εργασίες συντήρησης όταν αναγνωρίζονται αποκλίσεις από τις κανονικές συνθήκες λειτουργίας και ειδοποιούνται γι' αυτές (Gayialis, et al., 2022).

Η προληπτική συντήρηση προσφέρει σημαντικά οφέλη. Μειώνει τον απρογραμμάτιστο χρόνο διακοπής λειτουργίας, ο οποίος μπορεί να είναι δαπανηρός και

αποδιοργανωτικός, ιδίως σε τομείς όπου η αποτελεσματικότητα της αλυσίδας εφοδιασμού είναι ζωτικής σημασίας. Οι οργανισμοί μπορούν να εξοικονομήσουν πολλά χρήματα παρατείνοντας τη διάρκεια ζωής των περιουσιακών τους στοιχείων και ελαχιστοποιώντας την ανάγκη για επείγουσες επισκευές. Επιπλέον, βελτιστοποιεί την κατανομή των πόρων συντήρησης επιτρέποντας στις ομάδες να επικεντρώσουν τις προσπάθειές τους στον εξοπλισμό που πραγματικά απαιτεί συντήρηση αντί να τις αναγκάζουν να ακολουθούν αυστηρές προθεσμίες (Sallam, et al., 2023).

Ιχνηλασιμότητα

Το IoT έχει καταστήσει δυνατή την ιχνηλασιμότητα και ορατότητα όλης της αλυσίδας εφοδιασμού, γεγονός που έχει αλλάξει εντελώς τον τρόπο με τον οποίο οι επιχειρήσεις παρακολουθούν και επιβλέπουν τις δραστηριότητές τους. Περιλαμβάνει τη δυνατότητα παρακολούθησης και εντοπισμού αγαθών, πόρων και δεδομένων σε πραγματικό χρόνο καθώς ταξιδεύουν κατά μήκος του δικτύου της εφοδιαστικής αλυσίδας. Τα συστήματα ορατότητας της εφοδιαστικής αλυσίδας βασίζονται σε τεχνολογίες IoT, όπως RFID, GPS καθώς και στην Αλυσίδα Μπλοκ/Συστοιχιών, τα οποία συνεργάζονται και διευκολύνουν τη δημιουργία αυτοματοποιημένων και αξιόπιστων συστημάτων. Προκειμένου να συλλέγουν δεδομένα σε διάφορα σημεία της εφοδιαστικής αλυσίδας, όπως εγκαταστάσεις παραγωγής, κόμβους διανομής, οχήματα διαμετακόμισης, ακόμη και καταστήματα λιανικής πώλησης, οι τεχνολογίες αυτές τοποθετούνται στρατηγικά σε όλο το δίκτυο. Τα δεδομένα που συλλέγονται, μεταφέρονται σε μια κεντρική πλατφόρμα, όπου επεξεργάζονται, συνδυάζονται και εμφανίζονται με εύχρηστο τρόπο.

Η ιχνηλασιμότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας έχει πολλά πλεονεκτήματα με κυριότερο το ότι παρέχει στις επιχειρήσεις διαφάνεια από άκρη σε άκρη, επιτρέποντάς τους να παρακολουθούν τη διαδρομή και την κατάσταση των εμπορευμάτων, από την

αρχική τους θέση έως τον προορισμό τους. Αυτή η διαφάνεια διευκολύνει τους οργανισμούς να λαμβάνουν αποφάσεις σε πραγματικό χρόνο, επιτρέποντάς τους να σχεδιάζουν εκ των προτέρων, να κατανέμουν αποτελεσματικά τους πόρους και να αντιδρούν γρήγορα σε διακοπές.

Επίσης, τηρώντας τις συμφωνίες επιπέδου εξυπηρέτησης των logistics, η ορατότητα της αλυσίδας εφοδιασμού αυξάνει την αφοσίωση και την εμπιστοσύνη των πελατών, παρέχοντας ακριβείς ενημερώσεις σε πραγματικό χρόνο σχετικά με την κατάσταση των παραγγελιών και των παραδόσεων.

Ακόμα, ενθαρρύνει την τήρηση των νομικών υποχρεώσεων, ιδίως σε τομείς όπως τα τρόφιμα και τα φάρμακα, διασφαλίζοντας ότι αυτά τα ευπαθή και ευαίσθητα εμπορεύματα φτάνουν στον προορισμό τους αλώβητα και ακέραια.

Τέλος, από τα δεδομένα ορατότητας μπορούν να προκύψουν ιδέες για βελτιστοποίηση των διαδικασιών, γεγονός που θα εξοικονομήσει κόστος και θα ενισχύσει την αποτελεσματικότητα της αλυσίδας εφοδιασμού γενικά. Η συνδεσιμότητα με το νέφος, εξοικονομεί επίσης χρήματα, χρόνο και απαιτήσεις προσωπικού (Ahmad & Bhutta, 2021).

Βελτιστοποίηση διαδρομής

Οι τεχνολογίες IoT και οι εξελιγμένες αναλύσεις δεδομένων έχουν αλλάξει εντελώς αυτό το στοιχείο της ΔΕΑ και των logistics. Ενώ στο παρελθόν, τα στατικά χρονοδιαγράμματα και οι ανθρώπινες διαδικασίες λήψης αποφάσεων είχαν ως αποτέλεσμα να επιλέγονται λιγότερο ιδανικές διαδρομές, υψηλότερη κατανάλωση καυσίμων και μεγαλύτεροι χρόνοι παράδοσης, η βελτιστοποίηση διαδρομών μέσω IoT παρέχει σημαντικά πλεονεκτήματα στις επιχειρήσεις που επιθυμούν να αυξήσουν την παραγωγικότητα, να μειώσουν τα έξοδα και να απλοποιήσουν τις διαδικασίες.

Χρησιμοποιώντας ένα δίκτυο αισθητήρων, τεχνολογία GPS και ροές δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, η βελτιστοποίηση διαδρομών μέσω IoT παρακολουθεί και αναλύει συνεχώς πολυάριθμες πτυχές που επηρεάζουν τις διαδρομές μεταφοράς. Αυτές οι μεταβλητές περιλαμβάνουν τον καιρό, την κυκλοφορία, τις συνήθειες οδήγησης, την απόδοση των αυτοκινήτων, ακόμη και την ποιότητα της οδικής υποδομής. Οι οργανισμοί είναι σε θέση να τροποποιούν δυναμικά τις διαδρομές ώστε να αποφεύγονται τα μποτιλιαρίσματα, οι κακές καιρικές συνθήκες και άλλα απρόβλεπτα προβλήματα, συλλέγοντας και αναλύοντας δεδομένα σε πραγματικό χρόνο. Εκτός από τη μείωση των καυσίμων και του χρόνου ταξιδιού, αυτή η δυναμική δρομολόγηση βελτιώνει συνολικά την αξιοπιστία της παράδοσης, εκπληρώνοντας τις υποχρεώσεις και τις προσδοκίες των πελατών.

Η βελτιστοποίηση της διαδρομής υποστηρίζει επίσης την περιβαλλοντική ευθύνη και τη βιωσιμότητα, εκτός από τη μείωση του κόστους και την αύξηση της αποδοτικότητας. Η βελτιστοποίηση διαδρομών, βοηθά τις επιχειρήσεις να μειώσουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και το αποτύπωμα άνθρακα, μειώνοντας τις αποστάσεις ταξιδιού και τον χρόνο αδράνειας. Αυτό συνάδει με τους γενικότερους στόχους βιωσιμότητας και τις νομικές εντολές που αφορούν τους περιορισμούς των εκπομπών και την οικολογική υπευθυνότητα.

Μείωση αποβλήτων και βιωσιμότητα

Η μείωση των αποβλήτων και η βιωσιμότητα έχουν αναδειχθεί σε βασικές αρχές της σύγχρονης διαχείρισης της αλυσίδας εφοδιασμού. Η βελτιστοποίηση των πόρων και η ελαχιστοποίηση των αποβλήτων έχουν γίνει κρίσιμα καθήκοντα μέσα στον περίπλοκο ιστό των λειτουργιών της αλυσίδας εφοδιασμού. Οι τεχνολογίες IoT, οι οποίες διαθέτουν αισθητήρες, ανάλυση δεδομένων και δυνατότητες παρακολούθησης σε πραγματικό

χρόνο, είναι απαραίτητες για την παροχή βοήθειας στις επιχειρήσεις στην επίτευξη αυτών των στόχων και την ενθάρρυνση βιώσιμων συμπεριφορών.

Η συνεχής παρακολούθηση και βελτιστοποίηση της κατανάλωσης πόρων είναι ένας από τους κύριους τρόπους με τους οποίους το IoT προωθεί τη βιωσιμότητα και τη μείωση των αποβλήτων. Οι αισθητήρες έχουν τη δυνατότητα να παρακολουθούν την κατανάλωση πρώτων υλών, ενέργειας και νερού σε κάθε επίπεδο της αλυσίδας εφοδιασμού, από την παραγωγή έως τη διανομή και πέραν αυτής. Η συλλογή και ανάλυση των δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, διευκολύνει τον εντοπισμό αναποτελεσματικών περιοχών και την εφαρμογή εστιασμένων πρωτοβουλιών μείωσης της σπατάλης εντός των επιχειρήσεων. Για παράδειγμα, η προληπτική συντήρηση με τη βοήθεια του IoT, μπορεί να βοηθήσει στην πρόληψη βλαβών του εξοπλισμού, οι οποίες αλλιώς θα οδηγούσαν σε σπατάλες υλικών και ενεργειακή αναποτελεσματικότητα. Έτσι, βελτιστοποιώντας τη χρήση των ενεργειακών πόρων, τα έξυπνα συστήματα διαχείρισης ενέργειας που τροφοδοτούνται από δεδομένα IoT μπορούν να μειώσουν τις τιμές και τις αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις τους.

Επιπλέον, μέσω της διαδικασίας εντοπισμού των προϊόντων από το σημείο προέλευσης έως τον τελικό προορισμό, οι εταιρείες μπορούν να εγγυηθούν την τήρηση των περιβαλλοντικών και ηθικών κατευθυντήριων γραμμών. Για παράδειγμα, η ορατότητα της αλυσίδας εφοδιασμού με βάση το IoT στη βιομηχανία τροφίμων καθιστά τα συστατικά ανιχνεύσιμα, γεγονός που βοηθά στον εντοπισμό της προέλευσης ενός προϊόντος σε περίπτωση ανάκλησης ή προβλήματος ποιότητας. Ομοίως, παρακολουθώντας τον κύκλο ζωής των αγαθών και των υλικών, το IoT εξασφαλίζει υπεύθυνες μεθόδους προμήθειας και διάθεσης σε τομείς όπως τα ηλεκτρονικά και τα ενδύματα (Sallam, et al., 2023).

3.2 Μειονεκτήματα

Μόνο το μέγεθος της αγοράς των εμπορευματικών μεταφορών και των logistics στις Ηνωμένες Πολιτείες εκτιμάται σε 1,29 τρισεκατομμύρια δολάρια για το 2024 και αναμένεται να φτάσει τα 1,57 τρισεκατομμύρια δολάρια μέχρι το 2029 (Mordorintelligence, 2023). Η εφαρμογή της χρήσης του IoT στη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας, αν και με πολλά οφέλη και υποσχόμενη, δεν έρχεται χωρίς τις δικές της δοκιμασίες. Η αντιμετώπιση αυτών είναι ζωτικής σημασίας για τη διασφάλιση μιας επιτυχημένης και αποτελεσματικής ενσωμάτωσης της τεχνολογίας IoT. Ακολουθούν οι σημαντικότεροι προβληματισμοί:

Έλλειψη εξειδικευμένων επαγγελματιών του IoT

Η ταχεία εξέλιξη της τεχνολογίας IoT έχει ξεπεράσει την ανάπτυξη εξειδικευμένου εργατικού δυναμικού. Η προσαρμογή στο σύστημα σύνδεσης διαχείρισης, απαιτεί εντατική εκπαίδευση των εργαζομένων της αποθήκης και των οδηγών οχημάτων στη νέα τεχνολογία και τις νέες διαδικασίες, η οποία όμως είναι μια χρονοβόρα διαδικασία και μπορεί να συναντήσει αντίσταση ή έλλειψη εξοικείωσης.

Τρωτά σημεία ασφαλείας

Με την αυξανόμενη επικράτηση του IoT, οι συσκευές παράγουν και μεταδίδουν τεράστιες ποσότητες ευαίσθητων δεδομένων, γεγονός που τις καθιστά πιθανούς στόχους για κυβερνοεπιθέσεις DDoS (Distributed Denial of Service) και παραβιάσεις δεδομένων. Τα ανεπαρκή μέτρα ασφαλείας στις συσκευές IoT της ΔΕΑ απαιτούν ισχυρά πρωτόκολλα ασφαλείας, τακτικές ενημερώσεις λογισμικού και κρυπτογράφηση ώστε να μετριάσουν τις απειλές.

Διαχείριση όγκου δεδομένων

Οι μεγάλες ποσότητες δεδομένων είναι ένα από τα πολλά πλεονεκτήματα που προσφέρει το IoT στους διαχειριστές της εφοδιαστικής αλυσίδας. Ταυτόχρονα, όμως αυτές οι ποσότητες μπορεί να υπερφορτώσουν τα υπάρχοντα συστήματα και γι' αυτό εμφανίζεται η ανάγκη απόκτησης ενός εξυπηρετητή (server) επαρκούς χωρητικότητας για την αποθήκευση και την επεξεργασία όλων των δεδομένων που συλλέγονται. Οι διευθυντές των εταιρειών καλούνται να προβούν σε λύσεις όπως είναι το υπολογιστικό νέφος υψηλής κλιμάκωσης και να αναπτύξουν πολιτικές διακυβέρνησης δεδομένων και να αναζητήσουν αναλυτές και επιστήμονες για την επεξεργασία και την εξαγωγή ουσιαστικών πληροφοριών από τα μεγάλα σύνολα δεδομένων.

Ζητήματα απορρήτου

Οι συσκευές IoT συχνά διαχειρίζονται ευαίσθητα δεδομένα, εγείροντας σημαντικές ανησυχίες για την προστασία της ιδιωτικής ζωής. Η διασφάλιση της ασφαλούς μεταφοράς δεδομένων και η αποτροπή της μη εξουσιοδοτημένης εξωτερικής πρόσβασης απαιτεί την τήρηση συγκεκριμένων κανονισμών και προτύπων του κλάδου όπως το GDPR όσον αφορά την προστασία των δεδομένων.

Αξιοπιστία συνδεσιμότητας

Το IoT, για την απρόσκοπτη μετάδοση δεδομένων, βασίζεται σε μεγάλο βαθμό σε μια σταθερή σύνδεση στο Διαδίκτυο και σε άλλες τεχνολογίες μικρών αποστάσεων, όπως το Bluetooth και το NFC. Έτσι η κακή συνδεσιμότητα ή οι διαταραχές του δικτύου μπορούν να εμποδίσουν για παράδειγμα τις δυνατότητες παρακολούθησης σε πραγματικό χρόνο των οδηγών του στόλου που μετακινούνται από τόπο σε τόπο. Αποτέλεσμα είναι οι

διαχειριστές να στηρίζονται αποκλειστικά στην κάλυψη και της επέκταση του δικτύου 5G.

Κατανάλωση ενέργειας

Τα μηχανήματα IoT, τα οποία έχουν σχεδιαστεί για συνεχή λειτουργία για μεγάλα χρονικά διαστήματα, δημιουργούν δυσκολίες όσον αφορά την κατανάλωση ενέργειας, ιδίως σε μεγάλης κλίμακας βιομηχανικές εγκαταστάσεις με χιλιάδες μικρές συσκευές IoT. Πολλές από αυτές λειτουργούν με μπαταρίες και η μακροζωία αυτών των μπαταριών επηρεάζει άμεσα τη λειτουργικότητα και τις απαιτήσεις συντήρησης.

Κόστος

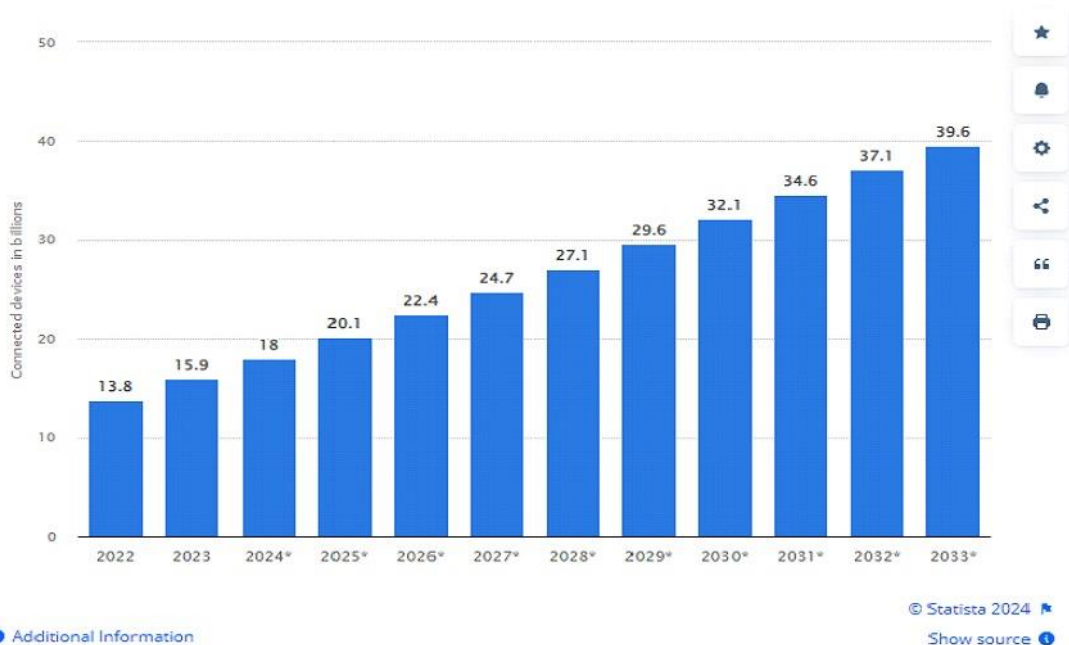
Η ενσωμάτωση του IoT με τα υπάρχοντα συστήματα διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας μιας επιχείρησης, όπως τα συστήματα προγραμματισμού επιχειρησιακών πόρων (Enterprise Resource Planning - ERP) ή τα συστήματα διαχείρισης αποθηκών (WMS), μπορεί να είναι πολύπλοκη. Επίσης ενδέχεται διαφορετικές συσκευές και πλατφόρμες IoT να μην είναι συμβατές στη σύνδεση μεταξύ τους, οδηγώντας σε προβλήματα επικοινωνίας. Αποτέλεσμα αυτών είναι, για τις μικρότερες κυρίως επιχειρήσεις που κρίνουν ότι η εγκατάσταση της υποδομής και της διαχείρισης του IoT καθίσταται απαραίτητη, το αρχικό κόστος της εφαρμογής αυτής της τεχνολογίας να υπάρχει η πιθανότητα να είναι υψηλό (Vela, 2024).

Κεφάλαιο 4: Εφαρμογές του ΙοΤ στη Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας

Αφού είδαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο, με μια θεωρητική προσέγγιση, τον τρόπο με τον οποίο εφαρμόζεται το ΙοΤ στη Διαχείριση της Εφοδιαστικής Αλυσίδας, στη συνέχεια παρουσιάζονται στατιστικά από διάφορες έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί, οι οποίες δείχνουν κατά πόσο αυτό έχει υιοθετηθεί στην καθημερινότητα αλλά και ρεαλιστικά παραδείγματα τόσο από το εξωτερικό όσο και από την Ελλάδα.

Στο Διάγραμμα 1 παρουσιάζεται το πλήθος των συνδέσεων, ανεξαρτήτως κλάδου, που έχουν γίνει παγκοσμίως και η πρόβλεψη για τα επόμενα χρόνια. Φαίνεται ότι μέσα στα επόμενα 4 χρόνια, ο κόσμος να βάζει όλο και περισσότερο το ΙοΤ στη ζωή του και οι συνδέσεις να υπερδιπλασιάζονται απ' όσες είναι σήμερα.

Number of Internet of Things (IoT) connections worldwide from 2022 to 2023, with forecasts from 2024 to 2033
(in billions)

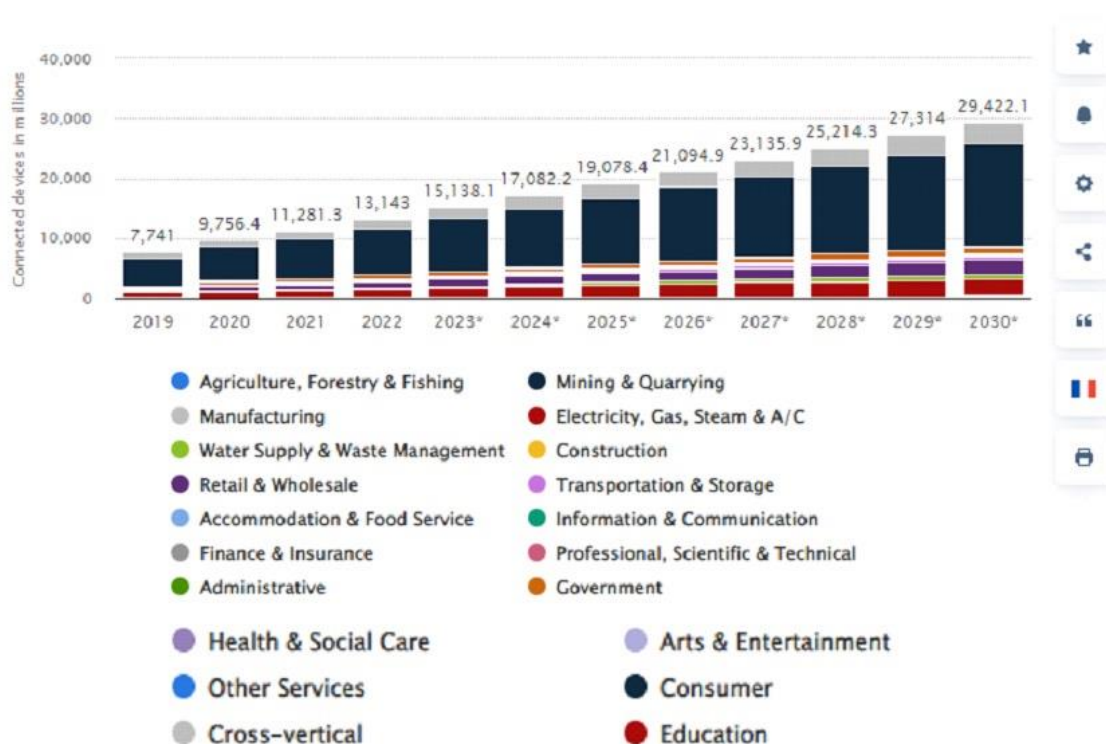


Διάγραμμα 1: Συνδέσεις με ΙοΤ παγκοσμίως (Statista, 2024)

Στο Διάγραμμα 2 δίνονται πιο αναλυτικά οι αριθμοί των συνδέσεων IoT ανά κλάδο και οι προβλέψεις για τα επόμενα χρόνια. Η πλειοψηφία ανήκει στους καταναλωτές και ακολουθούν κλάδοι όπως οι κατασκευές, το λιανεμπόριο και υπηρεσίες σαν τον ηλεκτρισμό και τα αέριο.

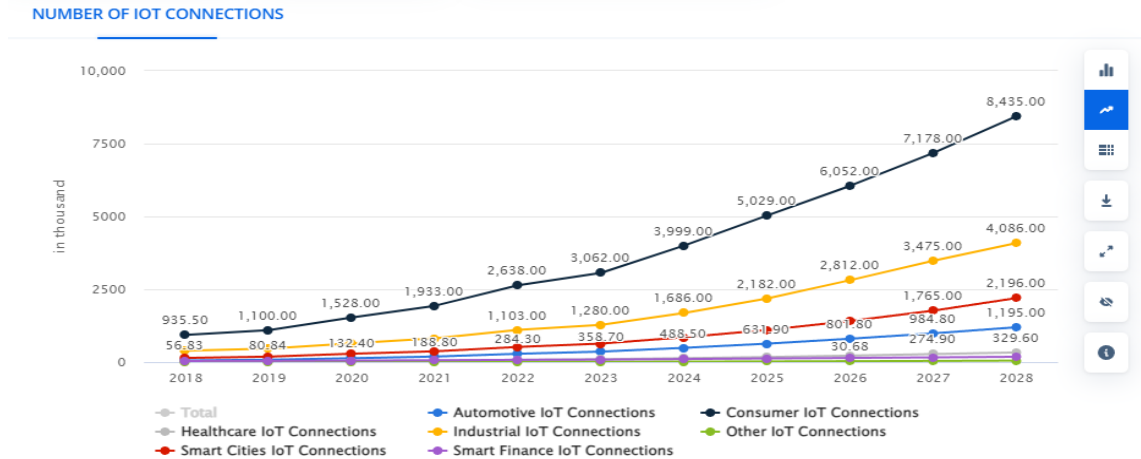
Number of Internet of Things (IoT) connected devices worldwide from 2019 to 2030, by vertical

(in millions)



Διάγραμμα 2: Συνδεδεμένες συσκευές στο IoT ανά κλάδο (Statista, 2024)

Τέλος στο Διάγραμμα 3 παρουσιάζονται και οι συνδέσεις με το IoT στην Ελλάδα και η πρόβλεψη για τα επόμενα χρόνια. Και η Ελλάδα φαίνεται να ακολουθεί την παγκόσμια τάση, ειδικά από το 2024 και μετά, οι καταναλωτές να είναι οι κύριοι χρήστες και να ακολουθούν οι εταιρείες.



Most recent update: Mar 2024

Source: Statista Market Insights

Διάγραμμα 3: Συνδέσεις με IoT στην Ελλάδα (Statista, 2024)

Επίσης κάποια άλλα ενδιαφέροντα στατιστικά για τις ελληνικές επιχειρήσεις που εξήχθησαν ύστερα από έρευνα του 2023 που διενέργησε ο Σύνδεσμος Επιχειρήσεων και Βιομηχανιών (ΣΕΒ, Deloitte, 2023) είναι τα εξής:

- Το 30% των ερωτηθέντων επιχειρήσεων απάντησε ότι χρησιμοποιεί το IoT
- Το 53% των ερωτηθέντων επιχειρήσεων απάντησε ότι έχει αναπτυγμένη στρατηγική αξιοποίησης εφαρμογών IoT ή μερική αξιοποίηση, ενώ το 47% απάντησε καμία
- Το 61,3% των ερωτηθέντων επιχειρήσεων απάντησε ότι σχεδιάζει σε βάθος τριετίας να επενδύσει σε λύσεις IoT.

4.1 Μελέτες περίπτωσης στο εξωτερικό

Στη συνέχεια παρουσιάζεται ο τρόπος που εφαρμόστηκε το IoT στη Διαχείριση της Εφοδιαστικής Αλυσίδας, μέσα από πέντε πραγματικά παραδείγματα, κάθε ένα σε διαφορετικό στάδιο της Εφοδιαστικής Αλυσίδας.

4.1.1 Golden State Foods

Η Golden State Foods (GSF) είναι ένας από τους μεγαλύτερους προμηθευτές τροφίμων και ειδικότερα βόειου κρέατος σε τυποποιημένη μορφή, στον κλάδο της εστίασης και εξυπηρετεί περίπου 125.000 εστιατόρια (πχ McDonald's) σε περισσότερες από 50 χώρες στις πέντε ηπείρους.

Το 2016 στην GSF οραματίστηκαν τη δυνατότητα να μπορούν να παρακολουθούν ψηφιακά την πορεία των κιβωτίων με το κρέας κατά μήκος της διαδρομής τους από τις φάρμες, τις κτηνοτροφικές μονάδες, τα συσκευαστήρια, τους μεταποιητές, τα κέντρα διανομής έως τα εστιατόρια. Μέχρι εκείνη την στιγμή τα συστήματα λογισμικού που χρησιμοποιούνταν για τη σύνδεσή όλων αυτών, συνήθως απαιτούσαν πολλές χειροκίνητες εισαγωγές και ήταν επιρρεπή σε σφάλματα και καθυστερήσεις. Επιπλέον, αυτά τα συστήματα δεν ήταν σχεδιασμένα για να παρακολουθούν ένα από τα πιο βασικά στοιχεία στο ταξίδι - τη θερμοκρασία στην οποία διατηρείται το περιεχόμενο.

Προκειμένου λοιπόν να υλοποιήσουν την ιδέα τους, ξεκίνησαν τη συνεργασία με την IBM. Αρχικά χρησιμοποιώντας το IBM IoT for Automotive, το οποίο ενσωματώνει δεδομένα καιρού, κυκλοφορίας και τηλεματικής, η GSF είναι σε θέση να βελτιστοποιήσει και να μετασχηματίσει τη διανομή τροφίμων, διασφαλίζοντας ότι οι παραγγελίες θα φτάνουν φρέσκες και στον χρόνο που έχει υποσχεθεί. Επιπλέον, συνδυάζοντας φορητές συσκευές IoT και προγνωστικές αναλύσεις, μπορεί να βελτιώσει την ασφάλεια των οδηγών (Green, 2017).

Στη συνέχεια η IBM και η GSF, άρχισαν να δοκιμάζουν πιλοτικά μια λύση που συνδυάζει την τεχνολογία RFID για την αυτόματη παρακολούθηση της κίνησης του φρέσκου βοδινού κρέατος, συσκευές IoT για την παρακολούθηση της θερμοκρασίας του

και τεχνικές Αλυσίδας Μπλοκ/Συστοιχιών για τη διαφάνεια της σχέσης μεταξύ των μερών της αλυσίδας εφοδιασμού. Στο εργοστάσιο της GSF στην Opelika της Alabama, ένα νέο μηχάνημα άρχισε να εφαρμόζει ετικέτες RFID σε έναν επιλεγμένο αριθμό κιβωτίων. Εγκαταστάθηκε μια σειρά από αναγνώστες για την αυτόματη καταγραφή της θέσης των κιβωτίων καθώς αυτά μετακινούνται μέσω των εγκαταστάσεων προς την αποβάθρα φόρτωσης και πάνω στα φορτηγά μεταφοράς. Οι ετικέτες RFID που ενεργοποιήθηκαν από το πρότυπο GS1 Electronic Product Code (EPC), περιλάμβαναν πληροφορίες για το προϊόν που αφορούσαν τον Διεθνή Κωδικό Μονάδων Εμπορίας (Global Trade Item Number - GTIN), την ημερομηνία παραγωγής και τον σειριακό αριθμό. Τα δεδομένα αυτά στέλνονται μέσω διαδικτύου σε νέφος. Τα μαρκαρισμένα κιβώτια μπορούσαν τώρα να σαρωθούν χωρίς να απαιτείται οπτική επαφή, ένα τεράστιο πλεονέκτημα για την αποτελεσματικότητα.

Αξίζει να σημειωθεί ότι μετά το στάδιο της παραγωγής, η ετικέτα θα κλειδωνόταν μόνιμα για να αποτραπεί οποιαδήποτε παραποίηση. Από τα κιβώτια που μετρήθηκαν στο πλαίσιο του πιλοτικού προγράμματος, στο 100 τοις εκατό από αυτά οι ημερομηνίες παραγωγής είχαν οριστεί επιτυχώς και οι ετικέτες είχαν κλειδωθεί μόνιμα. Επίσης η GSF πέτυχε μια καινοτομία για ολόκληρο τον κλάδο της εστίασης. Ιστορικά, ο κλάδος χρησιμοποιούσε γραμμωτούς κώδικες GS1-128 (Global Standards 1) που όμως δεν κωδικοποιούσαν το RFID. Η ενημέρωση του προτύπου GS1 Tag Data Standard (TDS) αντιμετώπισε αυτή την πρόκληση, και η Golden State Foods ήταν από τους πρώτους που το δοκίμασαν σε αυτό το πρόγραμμα χωρίς να επηρεαστεί η επιχειρησιακή ταχύτητα και βοήθησε στην προώθηση της τεχνολογίας RFID. Το TDS επικαιροποιήθηκε το 2022 για τη βελτιστοποίηση της ετικέτας για τα ευπαθή προϊόντα (GS1 US, 2023).

Εν τω μεταξύ, αισθητήρες IoT τοποθετήθηκαν σε στρατηγικά σημεία παραγωγής για να παρέχουν άμεσες αναφορές σχετικά με τις θερμοκρασίες περιβάλλοντος. Καθώς

οι επιλεγμένες αποστολές βοδινού κρέατος ταξίδευαν από την Opelika στο κέντρο διανομής της GSF και τελικά στα εστιατόρια στη Βόρεια Καρολίνα, οι εργαζόμενοι καθώς και οι συνάδελφοί τους σε όλο το μήκος της αλυσίδας εφοδιασμού μπορούσαν απλώς να ανοίξουν ένα ταμπλό για να δουν πού είχαν πάει οι αποστολές, τη θερμοκρασία στην οποία είχαν διατηρηθεί κατά τη διάρκεια της διαδρομής και τη διάρκεια ζωής τους. Λόγω της αμετάβλητης φύσης της Αλυσίδας Μπλοκ/Συστοιχιών, κανένα μέρος δεν μπορούσε να αλλάξει τους αριθμούς (IBM, 2019).

Η GSF διατήρησε την ταχύτητα της γραμμής με ταυτόχρονη προσθήκη ευελιξίας στην κωδικοποίηση των δεδομένων ιχνηλασιμότητας και επέτρεψε την παρακολούθηση και τον έλεγχο της φρεσκάδας των προϊόντων και των επιπέδων των αποθεμάτων όχι μόνο για την ίδια, αλλά και για όλους τους εμπορικούς εταίρους της εφοδιαστικής αλυσίδας. Τις ημέρες μετά από μια παράδοση, όλοι οι συμμετέχοντες στο πρόγραμμα μπορούν να συνεχίσουν να παρακολουθούν το βόειο κρέας. Οι υπεύθυνοι εστιατορίων με τη δυνατότητα "Connected Restaurant", η οποία συλλέγει δεδομένα σε πραγματικό χρόνο από ένα σύνολο αισθητήρων και, συνδυάζοντάς τα με προγνωστική ανάλυση και μηχανική μάθηση, μπορούν πλέον να παρακολουθούν τα αποθέματά τους και τη διάρκεια ζωής τους επιτρέποντάς τους να διασφαλίζουν ότι χρησιμοποιούν ένα προϊόν την καλύτερη στιγμή. Έτσι απελευθερώνονται και οι υπάλληλοι από το να σπαταλούν τον χρόνο τους στο πίσω μέρος του εστιατορίου έναντι του μπροστινού όπου χρειάζονται περισσότερο. Μπορούν επίσης να λάβουν αποφάσεις σχετικά με την συντήρηση του εξοπλισμού και τη διαχείριση της ευεξίας στο εστιατόριο. Συμβουλευόμενοι τα ίδια δεδομένα, οι κατασκευαστές και τα κέντρα διανομής μπορούν να ξεκινήσουν άμεσα τον προγραμματισμό των προγραμμάτων παραγωγής και αποστολής τους, αντίστοιχα (Green, 2017).

4.1.2 Volvo

Ο όμιλος Volvo Group είναι από τους κορυφαίους κατασκευαστές φορτηγών, λεωφορείων, κατασκευαστικού εξοπλισμού, θαλάσσιων και βιομηχανικών κινητήρων στον κόσμο. Η συναρμολόγηση των οχημάτων γίνεται σε 14 χώρες σε όλο τον κόσμο. Η υποστήριξη πελατών εξασφαλίζεται μέσω ενός παγκόσμιου δικτύου αντιπροσώπων με 2.100 σημεία εξυπηρέτησης σε περισσότερες από 130 χώρες. Το εργοστάσιο στο Blainville-sur-Orne της βόρειας Γαλλίας είναι ένα από τα κύρια εργοστάσια παραγωγής και συναρμολόγησης του ομίλου και το οποίο παράγει μεσαία φορτηγά για τις μάρκες Renault Trucks και Volvo Trucks.

Το 2020 στο εργοστάσιο αυτό, συνειδητοποίησαν ότι οι εργαζόμενοι σπαταλούσαν καθημερινά ώρες από το χρόνο τους αναζητώντας οχήματα στους τεράστιους χώρους στάθμευσης του εργοστασίου, έχοντας να εντοπίσουν περίπου 250 φορτηγά σε ένα μέρος που παράγει 72 οχήματα και συναρμολογεί καθημερινά πάνω από 230 καμπίνες για ολόκληρη τη σειρά Renault Trucks και τη μεσαία σειρά Volvo Trucks. Λαμβάνοντας υπόψη ότι τα φορτηγά μπορούν να μετακινηθούν αρκετές φορές κατά τη διάρκεια της ημέρας και ότι η θέση κάθε φορτηγού γινόταν χειροκίνητα σε χαρτί, οι εργασίες επιβραδύνονταν σημαντικά.

Αφού δοκίμασε δεκάδες διαθέσιμες λύσεις και συσκευές, ο όμιλος εφάρμοσε μια νέα γενιά λύσης εντοπισμού IoT στο εργοστάσιο, για την παρακολούθηση και τον εντοπισμό των φορτηγών κατά τη διάρκεια της διαδικασίας παραγωγής και προσαρμογής με αποτέλεσμα να βελτιωθούν σημαντικά οι λειτουργίες της εφοδιαστικής αλυσίδας του εργοστασίου. Η λύση βασίζεται σε ένα ιδιωτικό δίκτυο LoRaWAN (Long Range Wide Area Network), το οποίο αναπτύχθηκε και διαχειρίζεται με τη χρήση της πλατφόρμας ThingPark IoT Platform της Actility, παγκόσμιου ηγέτη στις λύσεις συνδεσιμότητας

βιομηχανικού επιπέδου LPWAN (Low Power Wide Area Networks) για το Διαδίκτυο των Πραγμάτων, και με τη χρήση συσκευών εντοπισμού (trackers) από την Abeeway, που ειδικεύεται στον γεωγραφικό εντοπισμό χαμηλής ισχύος.

Πιο αναλυτικά, τοποθέτησε τα GPS Industrial Trackers της Abeeway μέσα σε κάθε φορτηγό που περνούσε από τη γραμμή συναρμολόγησης. Κάθε φορά που ένα φορτηγό κινείται ή σταματά, η κίνηση παρακολουθείται και η θέση αποστέλλεται στον διακομιστή δικτύου ThingPark LoRaWAN της Actility χρησιμοποιώντας το LoRaWAN, το οποίο είναι ένα παγκόσμιο πρότυπο επικοινωνίας και μία από τις κορυφαίες τεχνολογίες ασύρματων δικτύων που έχει σχεδιαστεί για να επιτρέπει την επικοινωνία μεγάλης εμβέλειας με χαμηλό ρυθμό δεδομένων, μειώνοντας την ισχύ και το κόστος μετάδοσης και στοχεύοντας σε βασικές απαιτήσεις του IoT, όπως η αμφίδρομη επικοινωνία, η ασφάλεια από άκρο σε άκρο, η κινητικότητα και οι υπηρεσίες εντοπισμού.

Οι ιχνηλάτες λειτούργησαν άψογα τόσο σε εξωτερικούς όσο και σε εσωτερικούς χώρους χάρη στο σύστημα γεωεντοπισμού πολλαπλών τεχνολογιών προσφέροντας ακρίβεια, ανθεκτικότητα, ασφάλεια των ανθρώπων αλλά και χαμηλό κόστος. Παράλληλα η πλατφόρμα ThingPark Location, αφού σταλούν σε νέφος, μετατρέπει τα δεδομένα θέσης σε αξιοποιήσιμες πληροφορίες. Στη συνέχεια, τα δεδομένα τοποθεσίας μπορούν εύκολα να ενσωματωθούν σε επιχειρηματικές εφαρμογές τρίτων. Η Volvo έχει εφαρμόσει την εφαρμογή ThingWorx, της εταιρείας λογισμικού PTC, η οποία είναι τέλεια προσαρμοσμένη στις λειτουργίες του εργοστασίου, καθιστώντας εξαιρετικά εύκολο για τους εργαζόμενους να εντοπίζουν κάθε φορτηγό από κινητές συσκευές.



Εικόνα 3: Παρακολούθηση μέσω της συσκευής εντοπισμού

Παρόλο που η εφαρμογή αυτής της λύσης σήμαινε την προσθήκη ενός νέου βήματος στη γραμμή συναρμολόγησης για να ενσωματωθούν και να διαμορφωθούν γρήγορα οι ανιχνευτές, ο χρόνος που δαπανήθηκε για να γίνει αυτό τελικά δεν ήταν τίποτα σε σύγκριση με τον χρόνο που χρησιμοποιούνταν πριν στην προσπάθεια να βρεθεί κάθε φορτηγό. Πρόσφερε επίσης σημαντική μείωση του κόστους, επιτρέποντας την εξοικονόμηση κατ' εκτίμηση πάνω από εκατό χιλιάδες ευρώ ετησίως μόνο για αυτό το εργοστάσιο. Αυτό βοήθησε στο να γίνει το έργο του Volvo Group πολύ πιο απλό, πιο γρήγορο στην ανάπτυξη, εύκολο στη λειτουργία και επεκτάσιμο στα άλλα εργοστάσια στις Ηνωμένες Πολιτείες, το Βέλγιο, την Ελβετία και τη Βραζιλία (Actility, 2020).

Η ενσωμάτωση του IoT στην Volvo, δεν τελειώνει όμως εδώ. Η παραγωγική διαδικασία των μεγάλων, βαρέων κινητήρων βασίζεται στη χρήση αυτόνομων καθοδηγούμενων οχημάτων (Autonomous Guided Vehicles - AGV). Τα AGV κάνουν πιο ευέλικτη ολόκληρη την αλυσίδα παραγωγής, αλλά μπορούν και να δημιουργήσουν προκλήσεις στη διαδικασία. Αυτό οφείλεται στο ότι αυτά τα αυτόνομα οχήματα τροφοδοτούνται από μια μπαταρία 24V, αλλά όταν η τάση πέσει κάτω από τα 22V, σταματούν και απλά μπλοκάρουν την αλυσίδα με αποτέλεσμα απώλεια παραγωγής περίπου δύο μηχανών την εβδομάδα.

Για την προληπτική παρακολούθηση της υγείας των AGV και την αποτροπή της διακοπής λειτουργίας τους, η ομάδα IoT της Volvo Group, που υποστηρίζει το

εργοστάσιο στη Λυών της Γαλλίας, οραματίστηκε ένα ασύρματο σύστημα για προληπτική συντήρηση. Αρχικά εξετάστηκε η τεχνολογία Wi-Fi, αλλά χρησιμοποιούνταν ήδη για άλλες κρίσιμες διαδικασίες στη γραμμή παραγωγής. Έτσι και αυτή η ομάδα IoT εξέτασε και κατέληξε στο LoRaWAN, της Multitech αυτή τη φορά, που είναι ιδανικό για τη διαδικασία παραγωγής, καθώς παρέχει δυνατότητα μεγάλης εμβέλειας, καλή αντοχή στις παρεμβολές και ασφαλή και ευέλικτη αρχιτεκτονική δικτύου. Η ομάδα εγκατέστησε επίσης έναν αισθητήρα LoRaWAN σε κάθε AVG για να λαμβάνουν περιοδικά δεδομένα της τάσης των επιπέδων της μπαταρίας (<23V) ή των βλαβών της μπαταρίας. Με το νέο σύστημα, η ομάδα συντήρησης λαμβάνει πια τακτικές ειδοποιήσεις, παρέχοντας περισσότερο χρόνο για τη μετακίνηση των AVGs στο σημείο φόρτισης, χωρίς να μπλοκάρει η γραμμή παραγωγής. Μπορούν επίσης να οργανώνουν επεμβάσεις σε περιπτώσεις βλάβης της μπαταρίας.



Εικόνα 4: AGV και ο αισθητήρας LoRaWAN

Έτσι το ολοκληρωμένο σύστημα IoT για την προληπτική συντήρηση περιλαμβάνει πλέον έναν αισθητήρα LoRaWAN εγκατεστημένο σε κάθε AVG, ένα ιδιωτικό δίκτυο LoRaWAN, την πλατφόρμα συντήρησης στο PTC ThingWorx με την εφαρμογή για κινητά, καθώς και ορισμένες οθόνες διασκορπισμένες σε όλο το εργοστάσιο για την προβολή της κατάστασης κάθε AVG σε πραγματικό χρόνο. Η

επιτυχία του συστήματος οδήγησε το εργοστάσιο να προσθέσει και άλλους νέους αισθητήρες για πρόσθετους σκοπούς, όπως κάποιους για μέτρηση της θερμοκρασίας και υγρασίας που δίνουν στοιχεία για τη βαφή και κάποιους αισθητήρες διαφοράς πίεσης για την παρακολούθηση της απόφραξης των φίλτρων. Αποτέλεσμα όλων αυτών στον όμιλο είναι η βελτίωση του λειτουργικού κόστους, της ταχύτητας και της αποδοτικότητας (Volvo Group, 2023).

4.1.3 Amazon

Το χαρακτηριστικότερο παράδειγμα χρήσης του Διαδικτύου των Πραγμάτων σε αποθήκη, είναι αυτό της Amazon στις ΗΠΑ όπου χρησιμοποιούνται χιλιάδες αυτόνομα ρομπότ (Autonomous Mobile Robots - AMR) για να συγκεντρώνουν εμπορεύματα για μεμονωμένες παραγγελίες. Η έμπνευση για αυτή τη λειτουργία ήρθε από μια ανερχόμενη επιχείρηση που ονομαζόταν Kiva Systems στο North Reading της Μασαχουσέτης και η οποία εξαγοράστηκε από την Amazon το 2012.

Η Kiva Systems είχε επινοήσει ένα σύστημα για την εταιρεία λιανικής πώλησης ειδών γραφείου Staples που εφάρμοζε μικρά ρομπότ, όπως αυτά που χρησιμοποιούνται για τον καθαρισμό των δαπέδων, για να μετακινούν ράφια με εμπορεύματα στην αποθήκη και να βοηθούν στην προετοιμασία των online παραγγελιών. Η Staples ξεκίνησε με 60 ρομπότ το 2006 και αυξήθηκε σε 500 τον επόμενο χρόνο. Από τότε τα ρομπότ στις εγκαταστάσεις της Staples λειτουργούσαν ασταμάτητα.

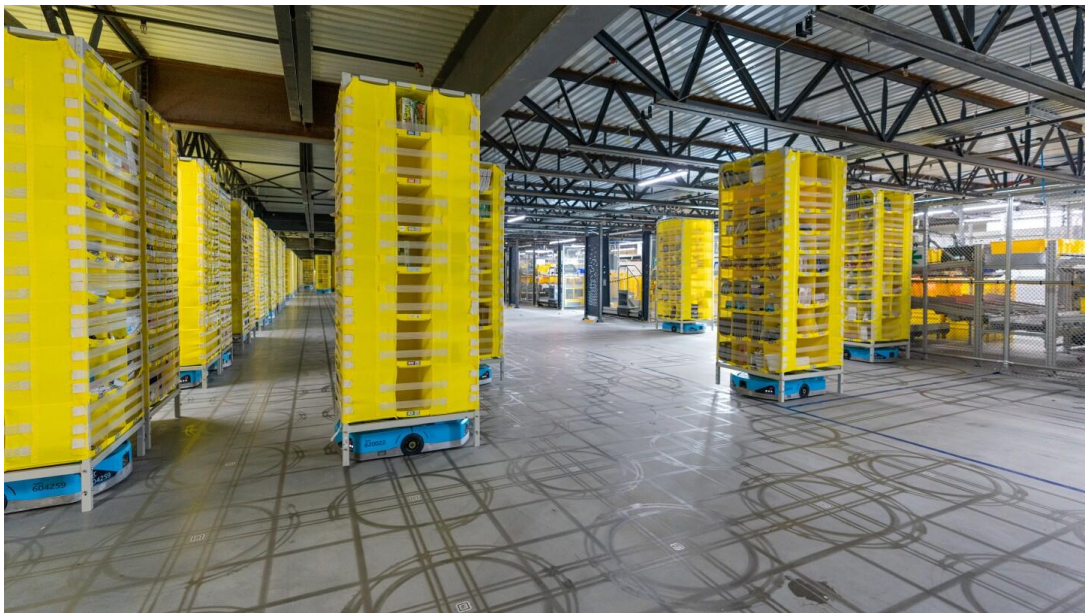
Παλαιότερα, για να εκτελέσουν μια παραγγελία οι εργαζόμενοι σε μια αποθήκη έπρεπε να περιφέρονται στο πάτωμα σαρώνοντας τα ράφια με τα εμπορεύματα αναζητώντας κάθε συγκεκριμένο προϊόν. Σε παγκόσμιους κολοσσούς όμως σαν την Amazon, όπως και σε άλλες επιχειρήσεις λιανικής πώλησης, κάθε ηλεκτρονική

παραγγελία είναι μοναδική. Οι διαδικτυακοί λιανοπωλητές διαχειρίζονται χιλιάδες, και μερικές φορές εκατομμύρια, διαφορετικά προϊόντα, όλα με διαφορετικό βάρος, μέγεθος και σχήμα.

Η Kiva Systems ανέπτυξε έναν τρόπο χρήσης ρομπότ για τη μετακίνηση των ραφιών, ή "rods", στα οποία αποθηκεύονται τα προϊόντα, αντί να ψάχνουν και να μετακινούν οι ίδιοι τα μεμονωμένα προϊόντα. Οι κάψουλες αποθήκευσης μπορούν να χωρέσουν εκατοντάδες διαφορετικού τύπου προϊόντα, αλλά το μέγεθος και το σχήμα κάθε κάψουλας είναι ακριβώς το ίδιο. Επίσης υπάρχουν δύο εκδόσεις των ρομπότ Kiva, αυτά για τα ελαφριά rods που ζυγίζουν έως 750 κιλά και αυτά για τα μεγαλύτερα ράφια και παλέτες που ζυγίζουν έως 3.000 κιλά. Και τα δύο μοντέλα έχουν σχεδιαστεί για να λειτουργούν με ένα εναλλασσόμενο πρόγραμμα 60 λεπτών εργασίας, το οποίο ακολουθείται από 5 λεπτά χρόνου φόρτισης (Valerio, 2015).

Τα ρομπότ ελέγχονται από έναν κεντρικό υπολογιστή που χρησιμοποιεί ένα ασφαλές δίκτυο Wi-Fi για επικοινωνία και τα δεδομένα που στέλνονται σ' αυτά είναι αποθηκευμένα στο νέφος της Amazon, το Amazon Web Services (AWS) (Brown, 2022). Όταν ο πελάτης πατήσει το τελικό κουμπί "Αγορά", η παραγγελία εισέρχεται σε ένα εξελιγμένο σύστημα εκτέλεσης, το οποίο εντοπίζει τα προϊόντα σε διάφορα κέντρα παράδοσης της Amazon. Μια παραγγελία πολλών προϊόντων μπορεί να αποσταλεί από διάφορα σημεία, ανάλογα με τον τύπο του προϊόντος και τη διαθεσιμότητα. Στη συνέχεια, το σύστημα αποδίδει προτεραιότητα ανάλογα με την προτίμηση παράδοσης του πελάτη (πχ. μια παραγγελία "Super Saver" μπορεί να περιμένει αρκετές ώρες, ενώ μια παραγγελία AmazonPrime πρέπει να αποσταλεί την ίδια ημέρα). Μόλις καθοριστεί η προτεραιότητα, τα ρομπότ σε συνεργασία με το IoT, αρχίζουν να εντοπίζουν και να μετακινούν τα rods στον καθορισμένο σταθμό συσκευασίας για να προετοιμάσουν την παραγγελία για αποστολή.

Τα ρομπότ διαθέτουν δύο ηλεκτροκίνητους τροχούς που τους επιτρέπουν να περιστρέφονται στη θέση τους, υπέρυθρες ακτίνες για την ανίχνευση εμποδίων και κάμερες δαπέδου για την ανάγνωση κωδικών QR στο έδαφος. Αυτοί οι κωδικοί χρησιμοποιούνται από τα ρομπότ για τον προσδιορισμό της θέσης και της κατεύθυνσής τους. Όταν τα ρομπότ εργάζονται για μια ώρα ή όταν η μπαταρία τους εξαντλείται, πηγαίνουν σε σταθμούς τροφοδοσίας και συνδέονται για μια γρήγορη φόρτιση.



Εικόνα 5: Μετακίνηση των pods από τα ρομπότ

Το κυριότερο πλεονέκτημα είναι ότι τα ρομπότ δεν πήραν τη δουλειά των εργαζομένων αλλά τους κρατούν στην αποθήκη πλήρως απασχολημένους. Το σύστημα έχει σχεδιαστεί για να βελτιστοποιεί τη λειτουργία των ρομπότ και το φόρτο των θέσεων εργασίας, έτσι ώστε όταν ένας εργαζόμενος δεν συσκευάζει μια παραγγελία, να έχει χρόνο για να αναπληρώσει τα ράφια ή να πραγματοποιήσει έλεγχο απογραφής μιας κάψουλας που φέρνει ένα ρομπότ.

4.1.4 UPS

Η United Parcel Service (UPS) είναι μια αμερικάνικη πολυεθνική εταιρεία μεταφορών και διαχείρισης εφοδιαστικής αλυσίδας. Συγκαταλέγεται στους κυρίαρχους «παίχτες» της αγοράς κάνοντας τζίρους δισεκατομμυρίων κάθε χρόνο. Έχοντας να ανταγωνιστεί και άλλους κολοσσούς όπως την FedEx, την DHL και την Amazon η οποία πέρα από την αποθήκευση μπήκε και στο χώρο των αποστολών, έπρεπε να βελτιώσει την ταχύτητα και την αξιοπιστία των παραδόσεών της. Γι' αυτό το λόγο επένδυσε νωρίς το 2018 στη χρήση του Διαδικτύου των Πραγμάτων για τη βελτίωση του στόλου της.

Τα σημερινά φορτηγά της UPS είναι εξοπλισμένα με περισσότερους από 200 αισθητήρες, οι οποίοι συλλέγουν δεδομένα σχετικά με την απόδοση του κινητήρα του φορτηγού μέχρι τα πακέτα που ρέουν μέσω του δικτύου. Τα δεδομένα μεταφέρονται στο λογισμικό ανάλυσης της UPS, το οποίο τα αναλύει για να καθορίσει αν χρειάζονται νέα ανταλλακτικά. Στο εσωτερικό επίσης, οι αισθητήρες παρακολουθούν τα διαφράγματα και ενημερώνουν τους οδηγούς εάν ανοίξει μια πόρτα διαφράγματος και τα πακέτα κινδυνεύουν να πέσουν έξω. Οι αισθητήρες οχημάτων επιπλέον έχουν μεγάλη σημασία και για τη βελτίωση της ασφάλειας των οδηγών, σημειώνοντας, για παράδειγμα, αν ένας οδηγός έχει βάλει τη ζώνη ασφαλείας του. Οι αισθητήρες «γνωρίζουν» όταν ένας οδηγός, για παράδειγμα, βγαίνει από μια σταθμευμένη θέση με ακατάλληλο τρόπο. Η UPS ζητά από τους οδηγούς της να μην κάνουν όπισθεν από θέσεις στάθμευσης, αλλά προσφέρει πέντε συγκεκριμένα βήματα σε περίπτωση που ένας οδηγός βρεθεί σε τέτοια θέση. Αξίζει να σημειωθεί ότι η UPS ήταν και από τις πρώτες εταιρείες μεταφορών που χρησιμοποίησαν αισθητήρες για προληπτική συντήρηση, αποσύροντας τα φορτηγά της με πακέτα από το δρόμο πριν από την αστοχία ενός κρίσιμου εξαρτήματος, η οποία

μπορεί να οδηγήσει σε βλάβη. Μια βλάβη η οποία θα ήταν πιο δαπανηρή από την αντικατάσταση του εξαρτήματος που δεν λειτουργούσε.

Μεταξύ των σημαντικότερων στοιχείων διαχείρισης δεδομένων της UPS είναι το ORION, συντομογραφία για την Ολοκληρωμένη Βελτιστοποίηση και Πλοήγηση στο Δρόμο (On-Road Integrated Optimization and Navigation), μια μηχανή ανάλυσης που περιλαμβάνει λεπτομέρειες σε επίπεδο πακέτων, προσαρμοσμένα δεδομένα online χαρτών, τηλεματική στόλου και προηγμένους αλγορίθμους για τον προσδιορισμό της πιο αποδοτικής διαδρομής παράδοσης για κάθε οδηγό κάθε μέρα. Το σύστημα αυτό υπολογίζει και τον χρόνο αδράνειας ενός οδηγού, το να αφήνει δηλαδή τον κινητήρα σε λειτουργία να καίει άσκοπα καύσιμα. Έτσι έχουν μειωθεί οι εκπομπές ρύπων κατά δεκάδες χιλιάδες τόνους.

Το ORION λαμβάνει βοήθεια από συσκευές χειρός με αισθητήρες, γνωστές ως Delivery Information Acquisition Devices (DIADs), τις οποίες χρησιμοποιούν οι οδηγοί για να ενημερώνουν τις διαδρομές τους. Η UPS χρησιμοποιεί την τηλεματική για να συλλέγει δεδομένα από υπολογιστές και αισθητήρες που είναι εγκατεστημένοι στα φορτηγά και από τις σαρώσεις πακέτων για να αποκτήσουν πληροφορίες σχετικά με το πού βρίσκονται τα πράγματα, πού πηγαίνουν, πότε είναι υπολογισμένα να φτάσουν και τι πιστεύουν οι πελάτες τους για την υπηρεσία. Αυτές οι ροές δεδομένων επιτρέπουν στην εταιρεία να λαμβάνει καλύτερες αποφάσεις.

Τα ίδια τα πακέτα διαθέτουν επίσης έξυπνες ετικέτες που παρακολουθούν την τοποθεσία τους, επιτρέποντας στους πελάτες να λαμβάνουν ειδοποιήσεις για το πότε θα φτάσουν. Η UPS μπορεί να διαχειριστεί πότε και πού θέλει ένας πελάτης να παραδοθεί ένα πακέτο μέσω μιας υπηρεσίας που ονομάζεται UPS My Choice. Με βάση αυτά τα δεδομένα, για παράδειγμα, όταν ένας πελάτης χρησιμοποιεί την υπηρεσία MyChoice της

UPS για να προγραμματίσει ένα χρονικό παράθυρο παράδοσης για ένα αναμενόμενο πακέτο, το ORION θα επαναδρομολογήσει τον οδηγό βελτιστοποιώντας τη διαδρομή του, παραδίδοντας το ενημερωμένο πρόγραμμα απευθείας στο DIAD του πριν ξεκινήσει από τις εγκαταστάσεις. Θα ληφθούν επίσης υπόψη η τοποθεσία, οι συνθήκες κυκλοφορίας και η απόδοση του φορτηγού για την αποφυγή βλαβών στο δρόμο. Έτσι εξοικονομούνται πολλά χιλιόμετρα οδήγησης ετησίως και εκατομμύρια δολάρια σε μια εποχή που η παράδοση την ίδια μέρα αυξάνει το κόστος logistics (Boulton, 2018).

Μια άλλη υπηρεσία που εισήγαγε η εταιρεία το 2020 είναι το UPS Premier για τη UPS Healthcare. Με τη βοήθεια του IoT το πρόγραμμα αυτό είναι μια νέα υπηρεσία προσανατολισμένη στην υγειονομική περίθαλψη και τις βιοεπιστήμες, η οποία ενσωματώνει τεχνολογία εντοπισμού και αισθητήρων επόμενης γενιάς για τη βελτίωση της ακρίβειας της παρακολούθησης ιατρικών προϊόντων και προϊόντων υγειονομικής περίθαλψης. Επιτρέπει διαδρομές ροής προτεραιότητας, ενέργειες έκτακτης ανάγκης, διαλογή και υπηρεσίες παράδοσης για αυτές τις κρίσιμες αποστολές (Gigante, 2019). Το UPS Premier περιλαμβάνει εγκατεστημένους αισθητήρες που προσαρτώνται στις αποστολές προτεραιότητας με τεχνολογία εντός των αισθητήρων που στηρίζεται σε Bluetooth και Wi-Fi και στέλνει τα δεδομένα σε νέφος (Redwood, 2023). Οι υπάλληλοι της UPS μπορούν έτσι στη συνέχεια να παρακολουθούν αυτά τα πακέτα με μεγαλύτερη ακρίβεια και να δημιουργούν μια πιο εκσυγχρονισμένη αλυσίδα εφοδιασμού για τις αποστολές υγειονομικής περίθαλψης.

Στόχος της UPS Healthcare είναι να διατηρούνται τα αγαθά στις σωστές θερμοκρασίες για να διασφαλίζεται η αποτελεσματικότητα και η ασφάλεια για τον ασθενή στο τέλος της αλυσίδας εφοδιασμού. Η πρόοδος της τεχνολογία της ψυχρής αλυσίδας στον κόσμο των logistics υπάρχει εδώ και δεκαετίες, και έχει συμβάλει στην προστασία και την ασφαλή παράδοση των αποστολών σε κοινότητες και ασθενείς σε όλο

τον κόσμο. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η πρόσφατη παγκόσμια παράδοση περισσότερων του ενός δισεκατομμυρίου εμβολίων COVID-19 με εξυπηρέτηση αποστολής Just in time που άγγιξε το 99,9% (UPS Healthcare, 2024).

Τέλος, ξέχωρα από τη μεγάλη δεξαμενή δεδομένων logistics που έχει, η UPS επενδύει και σε άλλες καινοτομίες μέσω IoT προκειμένου να ανταγωνιστεί τις άλλες εταιρείες. Συγκεκριμένα από το 2019 έχει ξεκινήσει παραδόσεις φορτίων εντός κτιρίου σε πολυκατοικίες της Νέας Υόρκης. Ένας μεταφορέας λαμβάνει στο DIAD του, ένα διαπιστευτήριο που του επιτρέπει την είσοδο στο κτίριο και καταγράφεται η ώρα πρόσβασης. Αυτή η κίνηση ανταγωνίζεται την υπηρεσία Keys της Amazon. Επίσης το 2016 λάνσαρε το e-Trike, ένα τρίτροχο ηλεκτρικό ποδήλατο για την υποστήριξη των έξυπνων πόλεων. Η παράδοση των πακέτων με αυτό το μέσο γίνεται σε αστικές περιοχές με τη βοήθεια του GPS και είναι φιλικό προς το περιβάλλον (Kaneshige, 2018).

4.1.5 Kroger

Η Kroger Company είναι η μεγαλύτερη εταιρεία λιανικής πώλησης / super market στις ΗΠΑ με βάση τα έσοδα. Θεωρείται επίσης, η εταιρεία λιανικής που έχει τη μεγαλύτερη αλληλεπίδραση με το Διαδίκτυο των Πραγμάτων και πράγματι όπως θα αναλυθεί και στη συνέχεια, φαίνεται ότι την έχει βοηθήσει σε πολλούς τομείς προσφέροντάς της εξοικονόμηση χρημάτων και μεγάλη οικονομική απόδοση.

- Έξυπνα ράφια – οθόνες

Οι διευθυντές παρατήρησαν ότι σπαταλούσαν πολύ χρόνο στο να αποφασίσουν για τα είδη και την ποσότητα των προϊόντων που θα τοποθετούνται σε κάθε ράφι. Βασίζονταν κυρίως σε παράγοντες όπως η εποχή, η προσδοκώμενη διάρκεια ζωής και η

συμπεριφορά των καταναλωτών. Για να απλοποιήσουν τη διαδικασία και να λαμβάνουν άμεσα δεδομένα, αποφάσισαν να εισάγουν τα έξυπνα ψηφιακά ράφια. Η Kroger τα έχει εγκαταστήσει σε περισσότερα από 120 καταστήματά της και ο κύριος σκοπός τους πέρα από τις πληροφορίες για τις τάσεις των καταναλωτών, είναι να δείχνουν τις ετικέτες τιμών, να παρέχουν διατροφικές πληροφορίες, να διαφημίζουν νέα προϊόντα και μεγάλες προσφορές. Τα ράφια αυτά χρησιμοποιούν μια τεχνολογία γνωστή ως EDGE (Enhanced Display for Grocery Environment) και αναπτύχθηκε από την Sunrise Technologies (θυγατρική της Kroger).

Το σύστημα EDGE, το οποίο βασίζεται στο Microsoft Azure για την αποθήκευση σε νέφος και την επεξεργασία όγκων δεδομένων που δημιουργούνται από ενέργειες πελατών στα ράφια και γύρω από αυτά, είναι μια νέα λύση σήμανσης για τους εμπόρους λιανικής. Υποστηρίζει έγχρωμες ψηφιακές εικόνες και βίντεο για την προβολή δημιουργικών διαφημίσεων και άλλου περιεχομένου, όπως διατροφικές πληροφορίες και πληροφορίες για αλλεργίες. Για παράδειγμα ορισμένα είδη ενδέχεται να παρουσιάζονται ως "χωρίς γλουτένη", ενώ άλλα ενημερώνουν τον αγοραστή ότι είναι ντόπια. Οι ψηφιακές τιμές, οι προσφορές της ώρας και οι εικόνες των τροφίμων εμφανίζονται επίσης, ενώ το Bluetooth των ραφιών αλληλοεπιδρά με τις λίστες αγορών που είναι αποθηκευμένες στα smartphone των πελατών, με αποτέλεσμα τα ράφια να φωτίζουν κάτω από τα είδη που οι πελάτες έχουν έρθει στο κατάστημα για να αγοράσουν.

Το EDGE όμως προσφέρει και οικολογικά οφέλη. Αντί να βασίζεται σε έντυπες πινακίδες από χαρτί και χαρτόνι για την προώθηση των αντικειμένων που πωλούνται, όλες οι πληροφορίες των διατροφικών δεδομένων και των μηνυμάτων μεταδίδονται ψηφιακά από τις οθόνες με δυνατότητα IoT. Επίσης το EDGE έχει σχεδιαστεί για να χρησιμοποιεί συνεχές ρεύμα χαμηλής τάσης και διαθέτει μια πηγή φωτός LED που

χρησιμοποιεί πολύ λιγότερη ισχύ από τους λαμπτήρες πυρακτώσεως ή φθορισμού. Στο μέλλον μελετάται να λειτουργεί με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (Future Stores, 2018).

Πέρα όμως από τα ράφια, η Kroger μέσα στο 2023 πρόσθεσε και στα ψυγεία των καταστημάτων της, τις έξυπνες πόρτες της Cooler Screens. Αυτές στην ουσία είναι ψηφιακές οθόνες οι οποίες προβάλλουν διαφημίσεις και πληροφορίες για τα προϊόντα στο εσωτερικό των ψυγείων, επιτρέποντας στους αγοραστές να αλληλοεπιδρούν με την ψηφιακή προώθηση (merchandising) και να λαμβάνουν αποφάσεις αγοράς με βάση τις δικές τους προτιμήσεις, ανάγκες υγείας, προϋπολογισμούς και τρόπο ζωής (Moran, 2023).



Εικόνα 6: Έξυπνες πόρτες

- Αισθητήρες θερμοκρασίας

Ένα πρόβλημα που παρατηρήθηκε ήταν ότι πολλά τρόφιμα στα ψυγεία ψύχονταν σε υπερβολικό βαθμό και άλλα χαλούσαν λόγω κάποιας βλάβης στα συστήματα ψύξης. Επίσης οι υπάλληλοι των καταστημάτων απασχολούνταν με το να πηγαίνουν και να καταγράφουν 2 φορές την ημέρα τη θερμοκρασία των ψυγείων χειροκίνητα.

Από το 2015 η Kroger έχει αναπτύξει ένα σύστημα παρακολούθησης της θερμοκρασίας των τροφίμων σε όλα της τα καταστήματα. Το σύστημα αυτό, ονομάζεται FAST (Food at Safe Temperatures) Alerts και χρησιμοποιεί αισθητήρες IoT που ελέγχουν τις θερμοκρασίες κάθε 30 λεπτά και στη συνέχεια ειδοποιούν ψηφιακά τους διευθυντές καταστημάτων και τους μηχανικούς εγκαταστάσεων για το αν ο υδράργυρος φτάσει σε μη ασφαλή επίπεδα λόγω βλάβης ή αν η πόρτα του καταψύκτη μείνει μισάνοιχτη. Οι αισθητήρες είναι αδιάβροχοι και ανθεκτικοί στην υγρασία και για την αποστολή των μετρήσεων χρησιμοποιείται το πρωτόκολλο ασύρματου δικτύου χαμηλού εύρους ζώνης, ZigBee. Αποτέλεσμα αυτής της προσθήκης ήταν τα προϊόντα να παραμένουν ασφαλή και φρέσκα (Kaneshige, 2015).

- Κάμερες ασφαλείας – πλήθους σε ουρές

Το 2020 η επόμενη συσκευή που συνδέθηκε με το IoT ήταν οι κάμερες ασφαλείας. Και εδώ η σύνδεση γίνεται μέσω του ZigBee και μια κάμερα μπορεί να λειτουργήσει κυρίως ως ένα πολύ χαμηλού κόστους έξυπνο τερματικό, αλλά είναι ικανό να λειτουργεί και αυτόνομα από μόνο του.

Αρχικά ως προς την ασφάλεια, η Kroger λόγω γρηγορότερης εξυπηρέτησης, προωθεί το self-checkout έναντι των παραδοσιακών διαδρόμων των ταμείων. Αυτή η επιλογή όμως φέρνει και αυξημένη “κλοπή” με πολλά περιστατικά βέβαια να γίνονται τυχαία, να ξεχάσει δηλαδή ένας πελάτης να σαρώσει κάποιο από τα προϊόντα που έβαλε στο καλάθι του. Οι κάμερες παρακολουθούν τις λωρίδες του self-checkout και με τη βοήθεια της τεχνητής νοημοσύνης θα εξετάζεται πώς οι πελάτες σαρώνουν τα προϊόντα τους. Μια εταιρεία που ονομάζεται Everseen Visual AI επιβλέπει το βίντεο, επισημαίνοντας τυχόν αποκλίσεις. Η τεχνολογία ειδοποιεί τους πελάτες όταν ένα αντικείμενο δεν έχει σαρωθεί.

Όταν όμως παρατηρηθεί και σε δεύτερο αντικείμενο, ειδοποιείται το προσωπικό του καταστήματος να εξετάσει τις τσάντες του.

Μια άλλη λειτουργία των καμερών είναι η μέτρηση της κίνησης στο κατάστημα. Μετριέται δηλαδή το πλήθος του κόσμου που βρίσκεται στο κατάστημα και μέσω του συστήματος QueVision ανακοινώνεται κάθε 15 λεπτά πόσες λωρίδες πρέπει να ανοίγουν στα ταμεία (Kline, 2023).

- Scan-bag-go

Τέλος άλλη μια καινοτομία της Kroger από το 2018, είναι το σύστημα "Scan, Bag, Go" που βοηθάει τους αγοραστές να σαρώνουν προϊόντα για πιο γρήγορες αγορές και να παρακάμψουν την γραμμή του ταμείου.



Εικόνα 7: Ασύρματοι σαρωτές Scan, Bag, Go

Οι πελάτες χρησιμοποιούν έναν ασύρματο σαρωτή χειρός ή την εφαρμογή Scan, Bag, Go στο κινητό τους για να σαρώσουν προϊόντα καθώς ψωνίζουν. Στη συνέχεια, μπορούν να πληρώσουν απευθείας. Οι πελάτες έχουν επίσης τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσουν

το self-checkout για να πληρώσουν. Έτσι μπορούν να παρακολουθούν τις δαπάνες τους και να παραμείνουν εντός των προϋπολογισμών τους (RVAHub Staff, 2018).

4.2 Μελέτες περίπτωσης στην Ελλάδα

Παρακάτω εξετάζονται κάποιες λύσεις IoT που έχουν χρησιμοποιηθεί από ελληνικές εταιρείες, και αφορούν κυρίως τη μεταφορά των προϊόντων τους. Οι σχετικές πληροφορίες αντλήθηκαν μέσω συνέντευξης με τον κ. Αθανάσιο Ντάσιο, ιδιοκτήτη και Γενικό Διευθυντή της εταιρείας εμπορίας εξοπλισμού συστημάτων ελέγχου, L.F.Globalsat.

4.2.1 Αλυσίδα λιανικής πώλησης

Κορυφαία ελληνική αλυσίδα λιανικής πώλησης, αντιμετώπιζε πρόβλημα με τον αριθμό των προϊόντων που έφταναν στα super market από τις αποθήκες της. Τα φορτηγά δηλαδή που έφευγαν από τα κέντρα διαλογής με έναν συγκεκριμένο αριθμό προϊόντων και παλετών, διαπιστώθηκε μετά από έλεγχο στο ξεφόρτωμα ότι έφερναν αρκετά λιγότερα. Η διαδρομή, οι στάσεις και ο χρόνος μέχρι να φτάσουν στον προορισμό τους δεν μπορούσε να ελεγχθεί και η ασφάλιση των φορτίων γινόταν με μια απλή φθηνή πλαστική σφραγίδα. Επίσης από την εταιρεία δεν είχαν εικόνα για το ποιος ανοίγει το φορτηγό κάθε φορά και για πόση ώρα.

Προκειμένου λοιπόν να ενισχυθεί η ασφάλεια των προϊόντων στα φορτηγά και για να μην κατηγορηθεί άδικα κάποιος υπάλληλος, η εταιρεία αποφάσισε να χρησιμοποιήσει την έξυπνη κλειδαριά K211L για να σφραγίζει τις πόρτες των οχημάτων. Εκτός όμως από την ασφάλεια, προσφέρει και χρήσιμες πληροφορίες ως GPS σχετικά με τη θέση και την ταχύτητα του οχήματος, το μήκος της διαδρομής και τις στάσεις που έγιναν.

Επιπλέον επειδή η κλειδαριά ανοίγει και κλείνει μέσω RFID, δόθηκαν RFID κάρτες (tags) στους διευθυντές των καταστημάτων ώστε να ξεκλειδώνουν αυτοί τα φορτία. Μόλις περάσει η κάρτα για το ξεκλείδωμα, η κλειδαριά καταγράφει την ώρα που έγινε, το σημείο στον χάρτη, τον αριθμό RFID της κάρτας που αντιστοιχεί σε κάποιο συγκεκριμένο άτομο και τη διάρκεια μέχρι να ξανακλειδώσει. Αυτά τα στοιχεία τα στέλνει σε εξυπηρετητή ή σε νέφος, είτε μέσω διαδικτύου 4G, είτε μέσω LoRaWAN με τη βοήθεια μιας συσκευής εντοπισμού η οποία πρέπει να βρίσκεται σε απόσταση μικρότερη των 20 μέτρων και να έχει σύνδεση στο ίντερνετ. Από τον εξυπηρετητή τελικά εμφανίζονται σε μια πλατφόρμα στον χρήστη και κατάφερε έτσι η εταιρεία να έχει την απόλυτη επίβλεψη στις μεταφορές.



Εικόνα 8: Έξυπνη κλειδαριά K211L

Κάποια από τα χαρακτηριστικά της είναι:

- Μπορεί να πάρει 2 micro SIM
- Έχει πιστοποίηση IP68 και αντέχει σε νερό και σκόνη
- Ανάλογα τις ενεργές λειτουργίες της, μπορεί να δουλέψει και για μέχρι 78 μέρες
- Αντέχει σε θερμοκρασίες από -20°C έως +55°C

- Αν πάει να παραβιαστεί ή κοπεί το συρματόσχοινο, στέλνεται αμέσως ειδοποίηση

Αξίζει να σημειωθεί και άλλο ένα πρόβλημα που αντιμετώπιζε η ίδια εταιρεία.

Παρατηρήθηκε ότι χάνονταν πολλά από τα καρότσια των καταστημάτων της είτε λόγω κλοπών, είτε επειδή ο κόσμος τα άφηνε έξω από το σπίτι του και δεν τα επέστρεφε. Για να μην επαναληφθεί αυτό, χρειάστηκε να προσαρμόσει στα καρότσια μικρές ετικέτες (tags), με τεχνολογία RFID και LoRaWAN. Το κάθε κατάστημα έχει το δικό του tablet που αναγνωρίζει τα tags σε μεγάλη απόσταση και με τη βοήθεια της εφαρμογής, κάθε βράδυ οι υπάλληλοι μπορούν να ανιχνεύσουν και να ανακτήσουν τα καρότσια.

4.2.2 Εταιρεία logistics A

Μία ελληνική εταιρεία logistics με συνεργασίες για αποστολή προϊόντων στο εξωτερικό ήθελε να ελέγχει την ιχνηλασιμότητα των φορτίων της. Δεν μπορούσε όμως να βασιστεί σε απλές συσκευές εντοπισμού γιατί τα ταξίδια είναι μακρινά και γίνονται κυρίως με καράβια με αποτέλεσμα να διαρκούν κάποιες φορές και παραπάνω από έναν μήνα μέχρι να φτάσουν στον προορισμό τους. Η μπαταρία μίας μέσης συσκευής εντοπισμού δεν θα μπορούσε να διαρκέσει τόσο πολύ ώστε να στέλνει το σήμα της πορείας συνέχεια.

Γι' αυτό το λόγο στράφηκε στη συσκευή εντοπισμού TA255 την οποία προσάρμοσε στα κοντέινερ που στέλνει. Αυτή έχει το χαρακτηριστικό ότι μπορεί να στηριχτεί εύκολα σε μεταλλικές επιφάνειες μέσω μαγνητών και διαθέτει μεγάλη μπαταρία που αποτελείται από πάνελ και την φορτίζουν με το ηλιακό φως. Έτσι δεν υπήρχε πλέον το πρόβλημα της πτώσης της ενέργειας και επειδή χρησιμοποιείται κυρίως ως GPS γνωρίζουν από την εταιρεία στην Ελλάδα ανά πάσα στιγμή πού βρίσκεται το φορτίο και μπορούν να εκτιμούν καλύτερα την ημερομηνία και ώρα της άφιξης.

Αυτή η συσκευή μπορεί να συνδεθεί μέσω Bluetooth και με άλλους αισθητήρες, όπως θερμοκρασίας και υγρασίας και να στείλει πληροφορίες για αυτά σε πραγματικό

χρόνο. Το δίκτυο που συνδέεται είναι το 4G όμως μπορεί να συνδεθεί και με Wi-Fi. Τις πληροφορίες που συλλέγει τις στέλνει σε έναν εξυπηρετητή και από εκεί σε ηλεκτρονική πλατφόρμα.



Εικόνα 9: Συσκευή εντοπισμού TA255

Κάποια από τα χαρακτηριστικά της είναι:

- Έχει πιστοποίηση IP68 και αντέχει σε νερό και σκόνη
- Αντέχει σε θερμοκρασίες από -40°C έως +80°C
- Είναι αντικραδασική
- Έχει ενσωματωμένο επιταχυνσιόμετρο για να καταλαβαίνει τις κινήσεις του οχήματος
- Σε περίπτωση πτώσης, στο πίσω μέρος της έχει αισθητήρα πτώσης και στέλνει μήνυμα ειδοποίησης

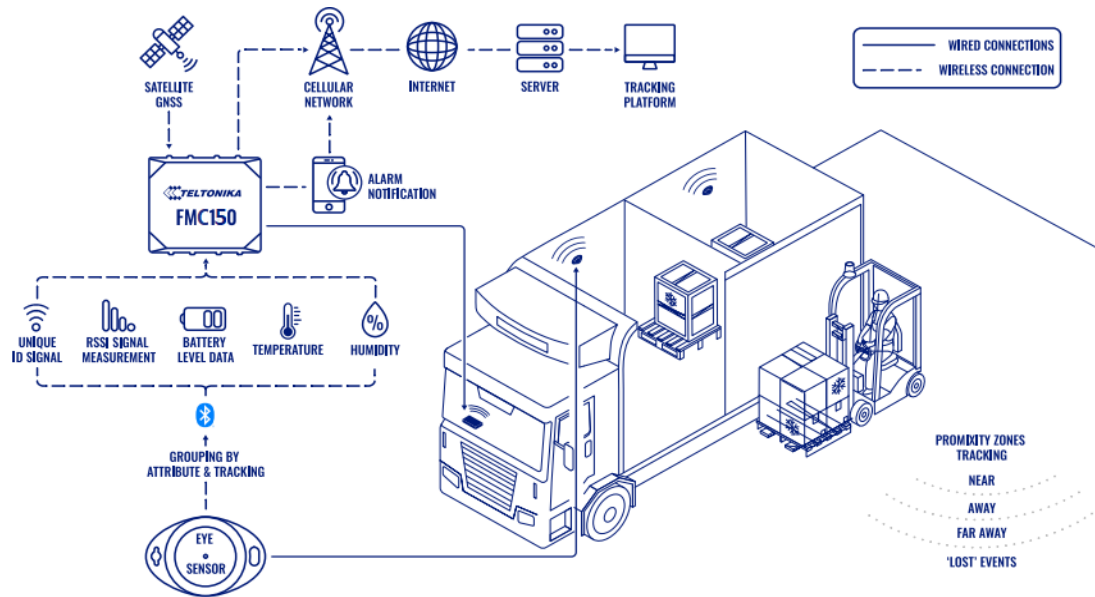
4.2.3 Εταιρείες τροφίμων, φαρμάκων και γαλακτοκομικών προϊόντων

Μεγάλη εταιρεία τροφίμων εξαιτίας του υψηλού φόρτου των δρομολογίων της, δεχόταν πολλά παράπονα από τους πελάτες της ότι τα φορτηγά δεν περνούσαν από τα καταστήματά τους. Επίσης, λόγω της φύσης των προϊόντων της έπρεπε να υπάρχει

διασφάλιση σωστής μεταφοράς στις θερμοκρασίες που προβλέπονται. Γι' αυτούς τους λόγους έπρεπε να βρει μια λύση ώστε να ελέγχει τις διαδρομές των φορτηγών της αλλά και να παρακολουθεί συνεχώς τη θερμοκρασία του θαλάμου που τοποθετούνταν τα τρόφιμα.

Η λύση IoT στην οποία κατέφυγε η εταιρεία, ήταν η συσκευή εντοπισμού FMC150 και οι αισθητήρες eye sensor. Η συσκευή αυτή που λειτουργεί ως GPS, προσαρμόστηκε στον εγκέφαλο των οχημάτων της και μέσω του διαύλου CAN (Controller Area Network - CAN bus) είχε πρόσβαση σε δεδομένα όπως η κατανάλωση καυσίμου, ο τρόπος οδήγησης, η θερμοκρασία του κινητήρα κλπ. Οι αισθητήρες τοποθετήθηκαν πίσω στον θάλαμο με τα ψυγεία και μπορούν να καταγράφουν τη θερμοκρασία του ανά 5 δευτερόλεπτα. Αν αυτή ξεπεράσει κάποια καθορισμένα όρια στέλνει ειδοποίηση στους χρήστες.

Η συσκευή εντοπισμού με τους αισθητήρες συνδέονται μέσω Bluetooth και χρησιμοποιεί τεχνολογία 4G για να στέλνει πληροφορίες για το όχημα και τη θερμοκρασία σε έναν εξυπηρετητή και από εκεί σε εφαρμογή στον υπολογιστή και το κινητό (eye app). Έτσι η εταιρεία μέσω του ελέγχου πέτυχε και να κάνει αποδοτικότερες και οικονομικότερες τις διαδρομές αλλά και να μην υπάρχει πρόβλημα με την κατάσταση των τροφίμων.



Εικόνα 10: Συσκευή εντοπισμού FMC150 & eye sensors

Την ίδια λύση υιοθέτησε και μια εταιρεία αποθήκευσης φαρμάκων εγκαθιστώντας το ίδιο σύστημα στα φορτηγά της. Εδώ το πρόβλημα ήταν ότι ο Εθνικός Οργανισμός Φαρμάκων (ΕΟΦ) ζητούσε πιστοποίηση για τις συνθήκες μεταφοράς των φαρμάκων και ειδικά των εμβολίων γιατί παρατηρήθηκε ότι ορισμένοι οδηγοί ξεχνούσαν να ενεργοποιήσουν τα ψυγεία των οχημάτων με αποτέλεσμα τα εμβόλια να κρίνονται ανασφαλής. Μέσω της συσκευής εντοπισμού και των αισθητήρων η φαρμακαποθήκη μπορεί πλέον να παρακολουθεί απευθείας τις συνθήκες μεταφοράς των φαρμάκων.

Επίσης άλλη μια εταιρεία πώλησης γαλακτοκομικών προϊόντων χρησιμοποίησε μόνο τους αισθητήρες και τους προσαρμοσε αυτή τη φορά σε σταθερά ψυγεία μέσα σε καταστήματά της. Επειδή και σε αυτή την περίπτωση πρόκειται για ευαίσθητα τρόφιμα, η εταιρεία ήθελε να παρακολουθεί αν η θερμοκρασία των ψυγείων της δεν μεταβάλλεται και να ειδοποιείται αν τυχόν μένει ανοικτή κάποια πόρτα. Οι αισθητήρες στέλνουν τις πληροφορίες μέσω Bluetooth σε υπολογιστή του καταστήματος.

Κάποια από τα χαρακτηριστικά τους είναι:

- Η συσκευή εντοπισμού έχει πιστοποίηση IP41 και οι αισθητήρες IP67
- Η συσκευή αντέχει σε θερμοκρασίες από -40°C έως +85°C
- Οι αισθητήρες είναι φθινοί και λειτουργούν με μπαταρία λιθίου η οποία μπορεί να διαρκέσει από 3 έως 5 χρόνια ανάλογα την χρησιμότητα.
- Οι αισθητήρες αντέχουν σε θερμοκρασίες από -20°C έως +60°C
- Έχουν εύρος 80 μέτρα

4.2.4 Εταιρεία logistics B

Μια καινοτόμα λύση IoT που χρησιμοποίησε μια ελληνική εταιρεία logistics είναι η κάμερα Dashcam V8 series. Επειδή πολλές από τις αποστολές της γίνονταν βράδυ, η εταιρεία θέλησε να ελέγξει την οδηγική συμπεριφορά των οδηγών της. Για λόγους ασφαλείας δηλαδή, εξαιτίας της περασμένης ώρας και της κόπωσης που ενδεχομένως είχαν, θέλησε να προλάβει τον κίνδυνο να προκληθούν ατυχήματα.

Η κάμερα τοποθετείται στο μπροστινό τζάμι και συνδέεται μέσω καλωδίου με τον εγκέφαλο του οχήματος για να παίρνει ενέργεια. Με τη βοήθεια της A.I. μπορεί να καταλάβει την κούραση και την υπνηλία, την απόσπαση, το κάπνισμα και την ομιλία στο κινητό. Μόλις εντοπίσει κάποιο από τα εν λόγω, κάνει μια φωνητική προειδοποίηση ανάλογα με το συμβάν. Επίσης πέρα από αυτό, η κάμερα καταγράφει τον τύπο του περιστατικού, αποθηκεύει βίντεο και μέσω 4G ή Wi-Fi, τα στέλνει σε έναν εξυπηρετητή/νέφος και από εκεί σε πλατφόρμα όπου βγαίνει η αναφορά.

Αξίζει να σημειωθεί ότι στην Ελλάδα οι πωλήσεις μιας αντίστοιχης κάμερας δεν είναι υψηλές γιατί η συνεχής καταγραφή βίντεο, καταναλώνει πολλά δεδομένα ίντερνετ και έτσι κάνουν τη διαδρομή περισσότερο δαπανηρή.



Εικόνα 11: Howen AI Dashcam V8 series

Κάποια από τα χαρακτηριστικά της είναι:

- Μπορεί να ρυθμιστεί πόσο ευαίσθητος θα είναι ο εντοπισμός συμβάντων γιατί μπορεί να οδηγήσει τελικά σε συνεχείς ειδοποιήσεις για το παραμικρό που γίνεται
- Έχει διπλή κάμερα για να καταγράφει και τον δρόμο και το εσωτερικό της καμπίνας
- Χρησιμεύει και ως GPS

Συμπεράσματα

Με την ολοκλήρωση της εργασίας, μπορεί κανείς να δει τον μεγάλο αντίκτυπο που έχει το Διαδίκτυο των Πραγμάτων στην κοινωνία μας και να συμπεράνουμε ότι ήρθε για να μείνει. Η νέα αυτή τεχνολογία εξελίσσεται με ταχείς ρυθμούς, ώστε να καλύψει τις ανάγκες της καθημερινότητάς μας. Παρατηρώντας τα οφέλη που προσφέρει, οι επιχειρήσεις φυσικά δεν θα μπορούσαν να λείπουν από αυτήν τη μετάβαση. Τα δεδομένα της εποχής πλέον τις καλούνε να αναδομήσουν τον τρόπο λειτουργίας τους και να προσαρμόσουν το IoT στην εφοδιαστικής τους αλυσίδα προκειμένου να βρίσκονται ένα βήμα μπροστά από τον ανταγωνισμό και να ικανοποιήσουν τις ανάγκες των πελατών τους.

Είδαμε και μέσα από τις μελέτες περίπτωσης πολλά είδη μεγάλων εταιρειών να υιοθετούν το IoT ώστε να αντιμετωπίσουν τα προβλήματα που προέκυπταν στη διαχείριση της εφοδιαστικής τους αλυσίδας αλλά και να εξακολουθούν να επενδύουν σ' αυτό για ακόμα καλύτερα αποτελέσματα, δείχνοντας τον βαθμό του περιθωρίου βελτίωσης που υπάρχει. Αυτό αποτυπώνεται και στατιστικώς καθώς οι προβλέψεις δείχνουν ραγδαία αύξηση της σύνδεσης πραγμάτων με το διαδίκτυο στο άμεσο μέλλον. Στην Ελλάδα επίσης, που αν και είναι μικρότερη αγορά, οι εταιρείες δείχνουν ότι η εφαρμογή του IoT είναι μια τεχνολογία πάνω στην οποία μπορούν να βασιστούν για να ανταπεξέλθουν στις δυσκολίες που εμφανίζονται.

Ασφαλώς, επειδή πρόκειται για νέα τεχνολογία υπάρχει σκεπτικισμός και πρέπει να ληφθούν αποφάσεις για να αντιμετωπιστούν ζητήματα όπως το υψηλό κόστος και η έλλειψη τεχνικών γνώσεων που κάνουν πολλές μικρότερες επιχειρήσεις να μην μπορούν να ακολουθήσουν τις εξελίξεις. Σαν γενικό συμπέρασμα πάντως μπορούμε να πούμε ότι

η επένδυση μιας επιχείρησης στο IoT έχει σημαντικά οφέλη που μακροπρόθεσμα υπερκαλύπτουν τα σχετικά κόστη.

Βιβλιογραφία

- Actility, 2020. *Volvo Group implements an IoT tracking solution in its trucks plant, using Actility LoRaWAN GPS trackers and network management*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.actility.com/volvo-group-implements-in-its-trucks-plant-an-iot-tracking-solution-using-lorawan-gps-trackers-and-network-management-from-actility/>
[Πρόσβαση 26 February 2024].
- Ahmad, M. & Bhutta, M. N. M., 2021. Secure Identification, Traceability and Real-Time Tracking of Agricultural Food Supply During Transportation Using Internet of Things. *IEEE Access*, pp. 65660-65675.
- Ashton, K., 2009. That 'Internet of Things' Thing. *RFID Journal*.
- Atmoko, R. A., Riantini, R. & Hasin, M. K., 2017. IoT real time data acquisition using MQTT protocol. *Journal of Physics: Conference*.
- Balas, V. E., Solanki, V. K., Kumar, R. & Khari, M., 2019. *Internet of Things and Big Data Analytics for Smart Generation*. s.l.:Springer.
- Banu, M. & Sujatha, C., 2017. IoT Architecture a Comparative Study. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, 117(8), pp. 45-49.
- Bhagat, V., 2022. *What are Pros & Cons of Internet of Things (IoT)?*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.pixelcrayons.com/blog/dedicated-teams/what-are-pros-and-cons-of-internet-of-things/>
[Πρόσβαση 18 November 2023].
- Boulton, C., 2018. *UPS counters Amazon.com challenge with IoT, analytics*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.cio.com/article/222029/ups-counters-amazoncom-challenge-with-iot-analytics.html>
[Πρόσβαση 2 March 2024].
- Brous, P., Janssen, M. & Herder, P., 2020. The dual effects of the Internet of Things (IoT): A systematic review of the benefits and risks of IoT adoption by organizations. *International Journal of Information Management*.

- Brown, A. S., 2022. *How Amazon robots navigate congestion*. [Ηλεκτρονικό] Available at: <https://www.amazon.science/latest-news/how-amazon-robots-navigate-congestion> [Πρόσβαση 1 March 2024].
- Burhan, M., Rehman, R. A., Khan, B. & Kim, B.-S., 2018. IoT Elements, Layered Architectures and Security Issues: A Comprehensive Survey. *Sensors*, Issue 9.
- Castillo, V. E., Bell, J. E., Mollenkopf, D. A. & Stank, T. P., 2022. Hybrid last mile delivery fleets with crowdsourcing: A systems view of managing the cost-service trade-off. *Journal of Business Logistics*, p. 36–61.
- Chang, V., Ramachandran, M. & Munoz, V. M., 2021. *Modern Industrial IoT, Big Data and Supply Chain*. s.l.:Springer.
- Clements, P., 2022. Exploring IoT Applications for Vertical Transportation (VT) to Tackle. *13th Symposium on Lift & Escalator Technologies*.
- de Vass, T., Shee, H. & Miah, S. J., 2020. Iot in supply chain management: a narrative on retail sector sustainability. *International Journal of Logistics Research and Applications*.
- Fox,, G. C., Kamburugamuve, S. & Hartman, R., 2012. *Architecture and measured characteristics of a cloud based internet of things API*. Denver, International Conference on Collaboration Technologies and Systems (CTS), pp. 6-12.
- Frederico, G. F., Kumar, V. & Reyes, J. A., 2021. Impact of the strategic sourcing process on the supply chain response to the COVID-19 effects. *Business Process Management Journal*, Issue 6, pp. 1775-1803.
- Future Stores, 2018. *Kroger Rolls Out Kroger EDGE - A Clean Energy, Cloud-Based Signage Solution for Retail Shelves*. [Ηλεκτρονικό] Available at: <https://futurestores.wbresearch.com/blog/kroger-rolls-out-edge-clean-energy-cloud-based-signature-solution-strategy-for-retail-shelves> [Πρόσβαση 8 March 2024].
- Gayialis, S. P., Kechagias, E. P., Konstantakopoulos, G. D. & Papadopoulos, G. A., 2022. A Predictive Maintenance System for Reverse Supply Chain Operations. *Logistics*.

- Gigante, M., 2019. *UPS Announces New IoT Tech to Track Health Care Packages*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://research.g2.com/insights/ups-announces-iot-tech-to-track-health-care-packages>
[Πρόσβαση 2 March 2024].
- Green, H., 2017. *Sears Home Services, Golden State Foods Turn to IBM IoT*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://newsroom.ibm.com/Sears-Home-Services-Golden-State-Foods-Turn-to-IBM-IoT>
[Πρόσβαση 24 February 2024].
- GS1 US, 2023. *Golden State Foods: Delivering Visibility with a Side of Innovation. The Global Language of Business*.
- Gururaj, H. L. και συν., 2021. *Convergence of Internet of Things and Blockchain Technologies*. s.l.:Springer.
- Haddud, A., DeSouza, A., Khare, A. & Lee, H., 2017. Examining potential benefits and challenges associated with the Internet of Things integration in supply chains. *Journal of Manufacturing Technology Management*.
- IBM, 2019. *How Golden State Foods is reinventing the beef supply chain*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.businessinsider.com/sc/food-blockchain-iot-meat-2019-1>
[Πρόσβαση 24 February 2024].
- Kaneshige, T., 2015. *The Internet of Things now includes the grocery store's frozen-food aisle*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.cio.com/article/244461/the-internet-of-things-now-includes-the-grocery-stores-frozen-food-aisle.html>
[Πρόσβαση 9 March 2024].
- Kaneshige, T., 2018. *UPS Makes Brown the Color of the Internet of Things*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.channelfutures.com/iot/ups-makes-brown-the-color-of-the-internet-of-things>
[Πρόσβαση 5 March 2024].

- Kanoika, A., 2024. *The Internet of Things in Supply Chain Management*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://sumatosoft.com/blog/the-internet-of-things-in-supply-chain-management>
[Πρόσβαση 17 February 2024].
- Kline, D., 2023. *Kroger has an intrusive plan to stop theft (Walmart and Target might follow)*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.thestreet.com/retail/kroger-has-an-intrusive-plan-to-stop-theft-walmart-and-target-might-follow>
[Πρόσβαση 10 March 2024].
- Kumar, A., Nayyar, A., Naved, M. & Chawla, P., 2023. *Blockchain, iot and ai technologies for supply chain management*. s.l.:CRC Press.
- Leverege, 2018. *An Introduction to the Internet of Things*. 1st επιμ. s.l.:Leverege LLC.
- Madakam, S., Ramaswamy, R. & Tripathi, . S., 2015. Internet of Things (IoT): A Literature. *Journal of Computer and Communications*, Τόμος 3, pp. 164-173.
- Mentzer, J. T., 2004. *Fundamentals of Supply Chain Management: Twelve Drivers of Competitive Advantage*. 1st επιμ. Tennessee: SAGE Publications.
- Mentzer, J. T. και συν., 2001. Defining Supply Chain Management. *Journal of business logistics*.
- Mishra, B. & Kertesz, A., 2020. The Use of MQTT in M2M and IoT. *IEEE Access*, Τόμος 8, pp. 201071-201086.
- Moran, C. D., 2023. *Kroger brings digital smart screens to 500 locations*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.grocerydive.com/news/kroger-expands-digital-smart-screens-coolers/641808/>
[Πρόσβαση 8 March 2024].
- Mordorintelligence, 2023. *3PL Market size & share analysis - Growth trends & forecasts (2024-2029)*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/global-3pl-market>
[Πρόσβαση 6 February 2024].

- Parris, C., 2021. *What is the Industrial Internet of Things (IIoT)?*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.ge.com/digital/blog/what-industrial-internet-things-iiot>
[Πρόσβαση 14 October 2023].
- Popli, S., Jha, R. K. & Jain, S., 2019. A Survey on Energy Efficient Narrowband Internet of Things (NBIIoT): Architecture, Application and Challenges. *SPECIAL SECTION ON TOWARDS SERVICE-CENTRIC INTERNET*, Τόμος 7.
- Quicsolv, 2023. *How IoT works with Real Life IoT Examples*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.quicsolv.com/internet-of-things/how-iiot-works/>
[Πρόσβαση 18 October 2023].
- Redwood, 2023. *UPS Plans to use IoT for Healthcare Traceability*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.redwoodlogistics.com/insights/ups-plans-to-use-iiot-for-healthcare-traceability>
[Πρόσβαση 3 March 2024].
- Rejeb, A., Keogh, J. G. & Treiblmaier, H., 2019. Leveraging the Internet of Things and Blockchain Technology in Supply Chain Management. *Future Internet*.
- RVAHub Staff, 2018. *Kroger launches new “Scan, Bag, Go” technology, allowing customers to skip the checkout line*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://rvahub.com/2018/07/19/kroger-launches-new-scan-bag-go-technology-allowing-customers-to-skip-the-checkout-line/>
[Πρόσβαση 11 March 2024].
- Said, O. & Masud, M., 2013. Towards Internet of Things: Survey and Future Vision. *International Journal of Computer Networks (IJCN)*.
- Sallam, K. M., Mohamed, A. W. & Mohamed, M., 2023. Internet of Things (IoT) in Supply Chain Management: Challenges, Opportunities, and Best Practices. *Sustainable Machine Intelligence Journal*.
- SAP, 2022. *Supply chain management overview*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.sap.com/products/scm/what-is-supply-chain-management.html>
[Πρόσβαση 25 November 2023].
- Sethi, P. & Sarangi, S. R., 2017. Internet of Things: Architectures, Protocols, and Applications. *Journal of Electrical and Computer Engineering*, p. 25.

- Shaharudin, M. R., Govindan, K., Zailani, S. & Tan, K. C., 2015. Managing Product Returns to Achieve Supply Chain Sustainability: An Exploratory Study and Research Propositions. *Journal of Cleaner Production*.
- Simmons, A., 2022. *Internet of Things (IoT) Architecture: Layers Explained*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://dgtlinfra.com/internet-of-things-iot-architecture/>
[Πρόσβαση 2 November 2023].
- Smith, R. και συν., 2020. Battery draining attacks against edge computing nodes in IoT networks. *Cyber-Physical Systems*, Issue 6, pp. 1-21.
- Soumyalatha, N. & Shruti, H. G., 2016. Study of IoT: Understanding IoT Architecture, Applications, Issues and Challenges. *International Journal of Advanced Networking & Applications (IJANA)*.
- Stadtler, H. & Kilger, C., 2005. *Supply Chain Management and Advanced Planning, Concepts, Models, Software and Case Studies*. 3rd επιμ. s.l.:Springer.
- Statista, 2024. *Number of Internet of Things (IoT) connected devices worldwide from 2019 to 2030*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.statista.com>
[Πρόσβαση 4 June 2024].
- Taherdoost, H., 2023. Security and Internet of Things: Benefits, Challenges, and Future Perspectives. *Electronics*.
- Techsparks, 2023. *How Does the Internet of Things (IoT) Work?*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.tech-sparks.com/how-iot-works/>
[Πρόσβαση 15 October 2023].
- UPS Healthcare, 2024. *Right temperature, right time, right now*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.ups.com/gr/en/healthcare/learning-center/articles/evolution-of-cold-chain.page>
[Πρόσβαση 3 March 2024].
- Valerio, P., 2015. *Amazon Robotics: IoT In The Warehouse*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.informationweek.com/it-leadership/amazon-robotics-iot-in-the-warehouse>
[Πρόσβαση 29 February 2024].

- Vardomatski, S., 2018. *The History of IoT: a Comprehensive Timeline of Major Events, Infographic*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://hqsoftwarelab.com/blog/the-history-of-iot-a-comprehensive-timeline-of-major-events-infographic/>
[Πρόσβαση 14 October 2023].
- Vela, A. R., 2024. *Strategies for Implementing Continuous Improvement Programs: Building a Culture of Quality and Innovation*. 3rd επιμ. s.l.:Insight Publishing.
- Volvogroup, 2023. *Volvo Group implements a new Internet of Things (IoT) network to make factories smarter*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.volvogroup.com/en/news-and-media/news/2023/mar/volvo-group-implements-a-new-internet-of-things-iot-network-to-make-factories-smarter.html>
[Πρόσβαση 26 February 2024].
- Zhang, M., Sun, F. & Cheng, X., 2012. Architecture of Internet of Things and Its Key Technology Integration Based-On RFID. *Fifth International Symposium on Computational Intelligence and Design*, pp. 294-297.
- ΣΕΒ, Deloitte, 2023. *Ψηφιακός μετασχηματισμός των ελληνικών επιχειρήσεων*, s.l.: ΣΕΒ.