



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ Μ/Υ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΔΙΑΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ»



ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ – ΔΙΑΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ»

**Ψηφιακές Εφαρμογές στην υπηρεσία της Ενεργειακής
Εξοικονόμησης στον Βιομηχανικό Τομέα**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ανδρέας, Θ. Κωνσταντής

Επιβλέπων : Ευάγγελος Μαρινάκης, Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Ιούνιος 2024

ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ – ΔΙΑΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ»

**Ψηφιακές Εφαρμογές στην υπηρεσία της Ενεργειακής
Εξοικονόμησης στον Βιομηχανικό Τομέα**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ανδρέας, Θ. Κωνσταντής

Επιβλέπων : Ευάγγελος Μαρινάκης, Καθηγητής ΕΜΠ

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 28^η Ιουνίου 2024.

.....
Ιωάννης Ψαρράς
Καθηγητής ΕΜΠ

.....
Δημήτριος Ασκούνης
Καθηγητής ΕΜΠ

.....
Ευάγγελος Μαρινάκης
Επίκουρος Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Ιούνιος 2024

.....

Ανδρέας, Θ. Κωνσταντής

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Ανδρέας, Θ. Κωνσταντής

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Περίληψη

Σκοπός της διπλωματικής είναι η βελτίωση της μεθοδολογίας τόσο για την καλύτερη καταγραφή δεδομένων όσο και για την αξιοποίησή τους στην Ελληνική βιομηχανία ώστε να γίνει πιο αποδοτική και αποτελεσματική. Στον τόμο αυτόν προτείνονται τρόποι συλλογής, αποθήκευσης, αξιολόγησης και χρήσης δεδομένων με αξιοποίηση σύγχρονων τεχνολογιών, ψηφιακών εφαρμογών και αξιοποίησης του διαδικτύου. Η διπλωματική χωρίζεται σε πέντε κεφάλαια, στα οποία αναπτύσσεται η προτεινόμενη μεθοδολογία.

Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η τωρινή κατάσταση στην Ελλάδα αλλά και ευρύτερα στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Πιο συγκεκριμένα, παρατίθενται ιστορικά δεδομένα για την ενεργειακή κατάσταση και τη διείσδυση των ψηφιακών εφαρμογών στις προαναφερθέντες περιοχές καθώς και ο εκσυγχρονισμός του βιομηχανικού τομέα. Το κεφάλαιο κλείνει με σύγκριση μεταξύ Ελλάδας με την Ε.Ε., την εξαγωγή συμπερασμάτων και την αναφορά κάποιων γενικών βελτιώσεων.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται βιβλιογραφική επισκόπηση σύγχρονων τεχνολογιών και εφαρμογών οι οποίες μπορούν να βοηθήσουν και να επιταχύνουν τις διαδικασίες με σκοπό ο αναγνώστης να αποκτήσει εξοικείωση με τους όρους και να σχηματίσει μία οπτική για το πεδίο εφαρμογών τους. Πιο συγκεκριμένα, περιγράφεται η Βιομηχανία 4.0 με το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT), και πιο στοχευόμενα το Βιομηχανικό Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Industrial IoT - IIoT), τα Ψηφιακά Δίδυμα, η Τεχνητή Νοημοσύνη (A.I.), η Έξυπνη Μεταποίηση και άλλα.

Στο τρίτο κεφάλαιο περιγράφεται το πλαίσιο των προτεινόμενων μεθοδολογιών με ενσωματωμένες τις Τεχνολογίες Πληροφοριών και Επικοινωνίας που περιγράφηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο. Προτείνονται τρόποι βελτίωσης της παραγωγικότητας της βιομηχανίας, αμεσότερης εποπτείας της αλυσίδας παραγωγής, ταχύτερης αξιοποίησης των δεδομένων, αποτελεσματικότερης εφοδιαστικής αλυσίδας και μείωσης κυκλοφορούν, ικανοποιητικότερης και πελατοκεντρικής εξυπηρέτησης πελατών και πολυεπίπεδων αυτοματισμών.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παραθέτονται αριθμητικά δεδομένα που φανερώνουν τα πρακτικά οφέλη από τη χρήση των ψηφιακών τεχνολογιών ενώ γίνεται και μία στρατηγική προσέγγιση με χρήση της ανάλυσης SWOT. Τέλος, στο πέμπτο κεφάλαιο αναγράφονται οι προοπτικές βελτίωσης της μεθοδολογίας και τα συμπεράσματα που

προέκυψαν και με τη προσθήκη κάποιων παραρτημάτων σχετικών με το θέμα που διευκολύνουν την ανάγνωση, κατανόηση και εμπλουτισμό του περιεχομένου.

Λέξεις Κλειδιά

Βιομηχανία 4.0, Βιομηχανικό Διαδίκτυο των Πραγμάτων, Υπολογιστικό Νέφος,
Ψηφιακό Δίδυμο, Τεχνητή Νοημοσύνη, Έξυπνη Μεταποίηση, Αυτοματισμοί

Abstract

The purpose of this thesis is to improve the methodology both for better data collection and for their utilization in the Greek industry in order to make it more efficient and effective. This thesis proposes methods for data collection, storage, evaluation, and utilization using modern technologies, digital applications, and internet connectivity. The thesis is divided into five chapters, in which the proposed methodology is developed.

In the first chapter, the current situation in Greece and, more broadly, in the European Union is presented. More precisely, historical data on the energy situation and the penetration of digital applications in the aforementioned areas are provided, as well as the modernization of the industrial sector. The chapter concludes with a comparison between Greece and the EU, drawing conclusions and referring to some general improvements.

The second chapter provides a literature review of modern technologies and applications that can help expedite processes. This chapter aims for the reader to become familiar with the terms and gain an understanding of their application fields. Specifically, Industry 4.0 is described, along with the Internet of Things (IoT), more specifically the Industrial Internet of Things (IIoT), Digital Twins, Artificial Intelligence (AI), Smart Manufacturing, and others.

The third chapter describes the framework of the proposed methodologies, incorporating the Information and Communication Technologies described in the previous chapter. In this chapter, there are proposed and described ways to improve industrial productivity, to achieve a more immediate supervision of the production chain, a faster data utilization, a more efficient supply chain, a reduction of circulation, a satisfactory and customer-centric customer service, and automations in various parts of the industry.

In the fourth chapter, numerical data are presented that show the practical benefits of using digital technologies, while a strategic approach is made using the SWOT analysis. Finally, the fifth chapter outlines the prospects for improving the methodology and the conclusions drawn, along with the addition of some appendices related to the subject matter to facilitate reading, understanding, and enrichment of the content by providing additional context.

Key Words

Industry 4.0, Industrial Internet of Things, Cloud, Digital Twins, Artificial Intelligence, Smart Manufacturing, Automation

Πρόλογος

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στο Εργαστήριο Συστημάτων Αποφάσεων και Διοίκησης που εντάσσεται στον τομέα Ηλεκτρικών Βιομηχανικών Διατάξεων και Συστημάτων Αποφάσεων της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστών (ΗΜΜΥ) του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου κατά τη διάρκεια του ακαδημαϊκού έτους 2023-2024. Εκπονήθηκε στα πλαίσια του ΔΠΜΣ Τεχνο-οικονομικά.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Ασκούνη Δημήτριο, καθηγητή της σχολής ΗΜΜΥ του ΕΜΠ και Διευθυντή του Εργαστηρίου Συστημάτων Αποφάσεων και Διοίκησης, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε και για την ανάθεση της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον καθηγητή Μαρινάκη Ευάγγελο, τον υποψήφιο διδάκτορα Βουργίδη Νικόλαο και τον διδάκτορα Δημητρακόπουλο Δημήτριο για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγησή τους.

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου προς την οικογένειά μου και ειδικά στην σύζυγό μου για την εγκάρδια και έμπρακτη στήριξή της.

Πίνακας Περιεχομένων

Περίληψη	5
Λέξεις Κλειδιά	6
Abstract.....	7
Key Words	8
Πρόλογος.....	9
Πίνακας Περιεχομένων	10
1. Ενεργειακή Κατάσταση, Βιομηχανική κατάσταση & Ψηφιοποίηση	12
1.1 Εισαγωγή.....	12
1.2 Ενεργειακή Κατάσταση/Ιστορικά δεδομένα στην Ευρώπη	13
1.3 Ενεργειακή Κατάσταση/Ιστορικά δεδομένα στην Ελλάδα	16
1.4 Σύγκριση και Συμπεράσματα	17
2. Θεωρητική προσέγγιση σύγχρονων τεχνολογιών - Industry 4.0	19
2.1 IoT & ΠoT	20
2.2 Digital Twins	22
2.3 Edge computing	25
2.4 Cloud.....	27
2.5 Κυβερνοασφάλεια – Cyber security	28
2.6 M.L-A.I.....	29
3. Βιομηχανικές εφαρμογές που βελτιώνουν την ενεργειακή εξοικονόμηση	32
3.1 Έξυπνοι μετρητές.....	32
3.2 Σύστημα Διαχείρισης Ενέργειας.....	34
3.3 Εξόρυξη μεταλλευμάτων.....	36
3.4 Εφοδιαστική αλυσίδα.....	38
3.5 Το έξυπνο εργοστάσιο & η έξυπνη μεταποίηση.....	40
3.6 Έξυπνη συντήρηση	44
3.7 Αυτόματες ειδοποιήσεις	46
3.8 Logistics/auto refillment.....	48
3.9 Πωλήσεις και after sales.....	50
3.10 Εξυπηρέτηση και εμπειρία πελατών.....	52
3.11 Ψηφιακός Βοηθός.....	55
3.12 IoT στην βιομηχανία αλουμινίου	57
4. Αναγκαιότητα χρήσης ψηφιακών εφαρμογών στη Βιομηχανία	60
4.1 Παραδείγματα ενεργειακής εξοικονόμησης με χρήση ψηφιακών εφαρμογών. 60	

4.2 SWOT	64
5. Συμπεράσματα και Προοπτικές.....	68
Παράρτημα Α: Ακρωνύμια.....	70
Παράρτημα Β: Εικόνες.....	72
Βιβλιογραφία – Αναφορές.....	75

1. Ενεργειακή Κατάσταση, Βιομηχανική κατάσταση & Ψηφιοποίηση

1.1 Εισαγωγή

Η σύγχρονη βιομηχανία για να πάρει τη σημερινή μορφή πέρασε από πολλά στάδια ανάπτυξης και διαμόρφωσης. Κάποια από αυτά έγιναν πιο έντονα αντιληπτά, αφήνοντας εντονότερο αντίκτυπο στην εξέλιξη της και σηματοδοτήθηκαν με την ονομασία Βιομηχανική Επανάσταση. Τα ορόσημα αυτά αποτέλεσαν καταλύτες στην ανάπτυξη της καινοτομίας και της μαζικής παραγωγής οδηγώντας σε ραγδαία αύξηση του βιοτικού επιπέδου του ανθρώπινου γένους και σε αποδοτικότερη βιομηχανική παραγωγική διαδικασία.

Η 1^η βιομηχανική επανάσταση ξεκίνησε στα μέσα του 18^{ου} αιώνα και χαρακτηρίστηκε από την εκβιομηχάνιση της παραγωγής. Σε αυτό συντέλεσε η χρήση του ατμού για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών των μηχανημάτων. Ο άνθρωπος, πλέον, δε χρησιμοποιούσε μόνο τα χέρια του και μικρής κλίμακας εργαλεία, αλλά πρόσθεσε στο παραγωγικό του οπλοστάσιο και μεγάλα μηχανήματα.

Έναν αιώνα αργότερα, περίπου στα μέσα του 19^{ου} αιώνα, άρχισε η 2^η Βιομηχανική Επανάσταση που συνοδεύτηκε από την μαζική παραγωγή μέσω τις ολοκληρωμένες αλυσίδες συναρμολόγησης. Η δυνατότητα αυτή δόθηκε με την ανακάλυψη του ηλεκτρισμού και την έλευση του χάλυβα και του πετρελαίου. Εδώ αξίζει να σημειωθεί ότι ήταν οι ατμοκινούμενες αντλίες πετρελαίου από την 1^η Βιομηχανική Επανάσταση που βοήθησαν στην αυξημένη εξόρυξη πετρελαίου που χρησιμοποιήθηκε στις αλυσίδες παραγωγής της 2^{ης} Βιομηχανικής Επανάστασης.

Ύστερα, ήρθε η 3^η Βιομηχανική Επανάσταση γύρω στο 1970. Για πρώτη φορά έγινε χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών και εγκατάσταση πρωτογενών αισθητήρων στην βιομηχανική παραγωγή. Μάλιστα, εισήχθησαν και οι πρώτοι αυτοματισμοί στην παραγωγή. Η μαζική παραγωγή οδήγησε σε αύξηση του βιοτικού επιπέδου και αυτή με τη σειρά της οδήγησε σε αύξηση του εκπαιδευτικού επιπέδου που είχε ως αποτέλεσμα στην επιτάχυνση της καινοτομίας στον τεχνολογικό τομέα.

Πολύ σύντομα, λοιπόν, ήρθε η 4^η Βιομηχανική Επανάσταση, στις αρχές του 21^{ου} αιώνα. Η περίοδος αυτή, που αποτελεί τη περίοδο που διανύουμε τώρα, ενεργοποιήθηκε από την ραγδαία ανάπτυξη της Επιστήμης των Υπολογιστών κατά τις τελευταίες δεκαετίες. Πιο συγκεκριμένα, τεχνολογίες όπως η Επιστήμη των

Δεδομένων, η Μηχανική Μάθηση και Τεχνητή Νοημοσύνη σε συνδυασμό με την αξιοπιστία και ταχύτητα του διαδικτύου σήμερα, ανοίγει νέες δυνατότητες ανάπτυξης και βελτιστοποίησης των διαδικασιών και αύξησης της αποδοτικότητας στον βιομηχανικό τομέα. [1]

Αυτός αποτελεί και στόχος της διπλωματικής αυτής εργασίας. Την αναφορά των σύγχρονων τεχνολογιών και πώς μπορούν αυτές να ενσωματωθούν στο βιομηχανικό τομέα επιφέροντας θετικά αποτελέσματα γενικά και απορρέοντας προσοδοφόρο αντίκτυπο ειδικά στην ενεργειακή εξοικονόμηση.

1.2 Ενεργειακή Κατάσταση/Ιστορικά δεδομένα στην Ευρώπη

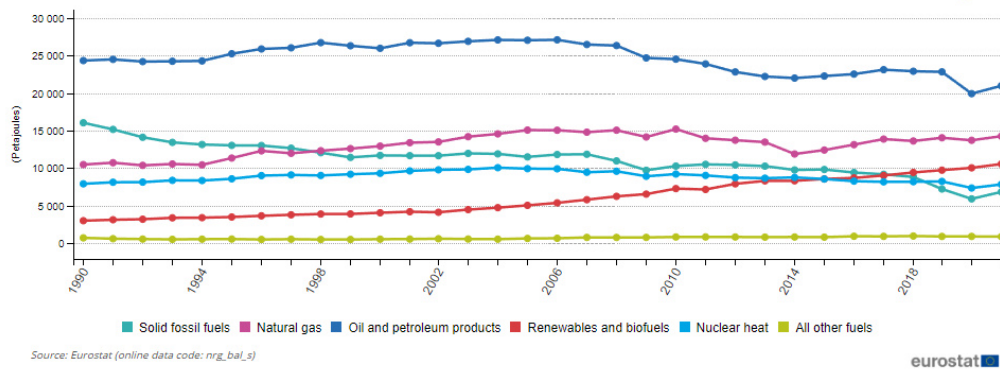
Η Ευρωπαϊκή Ένωση στο κομμάτι της ενέργειας έχει υιοθετήσει την ονομασία Ενεργειακή Ένωση για να καθρεφτίσει τη συλλογική προσπάθεια που γίνεται ανάμεσα στα κράτη μέλη για καλύτερη οργάνωση του ενεργειακού προγραμματισμού και αποδοτικότερη αξιοποίηση των ενεργειακών πόρων σε όλη την Ε.Ε. Η ανάγκη αυτή για συνεργασία προήλθε από την αύξηση της ζήτησης σε συνδυασμό με τα ποικίλλα απρόβλεπτα γεγονότα των τελευταίων ετών που πίεσαν ανεπανάληπτα την προσφορά ενέργειας.

Μάλιστα, όλα αυτά ήρθαν σε μία περίοδο που η Ε.Ε. έχει διαπιστώσει και διατυπώσει την αναγκαιότητα για περιβαλλοντική πολιτική που ενεργειακά μεταφράζεται στην πράσινη ενέργεια και στην ουδετερότητα του άνθρακα. Ωστόσο, για να επιτευχθεί η ουδετερότητα του άνθρακα πρέπει να συνεισφέρουν και οι δύο πλευρές, τόσο η προσφορά όσο και η ζήτηση. Από τη πλευρά της προσφοράς θα πρέπει να παράγεται επαρκής ποσότητα ενέργειας από Εναλλακτικές Πηγές Ενέργειας (Ε.Π.Ε.) και Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Α.Π.Ε.) που δεν παράγουν Διοξείδιο του Άνθρακα. Από την πλευρά της ζήτησης, τώρα, εκτός από τη δημιουργία πιο ενεργειακά αποδοτικών μηχανημάτων, μπορεί αυτή να μειωθεί περαιτέρω με τη εισαγωγή ψηφιακών εφαρμογών και τεχνολογιών που έχουν αναπτυχθεί στα πλαίσια της Industry 4.0 και θα βοηθήσουν προς τη κατεύθυνση αυτή. [2]

Η παρακάτω Εικόνα 1 δείχνει τις πηγές παραγωγής της προσφερόμενης ενέργειας στην Ε.Ε. Παρατηρούμε ότι η μέγιστη αυξητική τάση είναι στις Α.Π.Ε. & Ε.Π.Ε. Από την άλλη πλευρά παρατηρούμε ότι η μεγαλύτερη πτώση παρατηρείται στα στερεά ορυκτά καύσιμα και στα πετρελαϊκά προϊόντα ως Α' ύλη. [3] Στην εικόνα 2 φαίνεται ένα αντίστοιχο γράφημα για το βιομηχανικό τομέα στην Ε.Ε., όπου και εδώ φαίνεται η μείωση χρήσης των δύο παραπάνω κατηγοριών. [4]

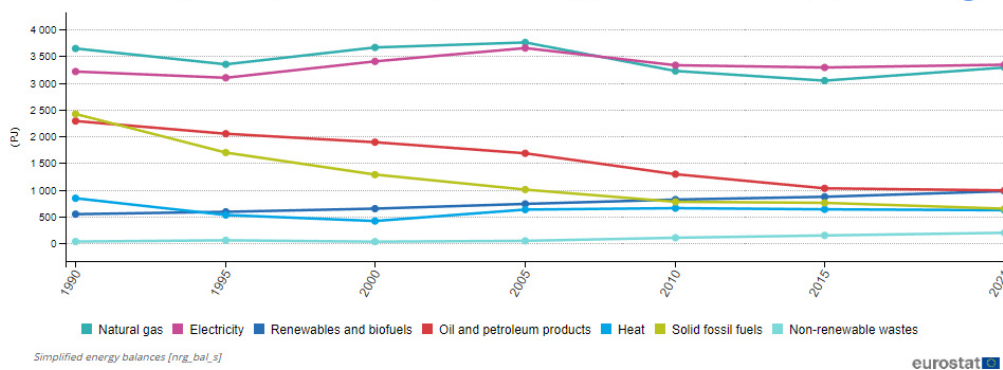
Ψηφιακές Εφαρμογές στην υπηρεσία της Ενεργειακής Εξοικονόμησης στον Βιομηχανικό Τομέα

Gross available energy, EU, 1990-2021



Εικόνα 1: Gross available energy, EU, 1990-2021 (Πηγή: Eurostat)

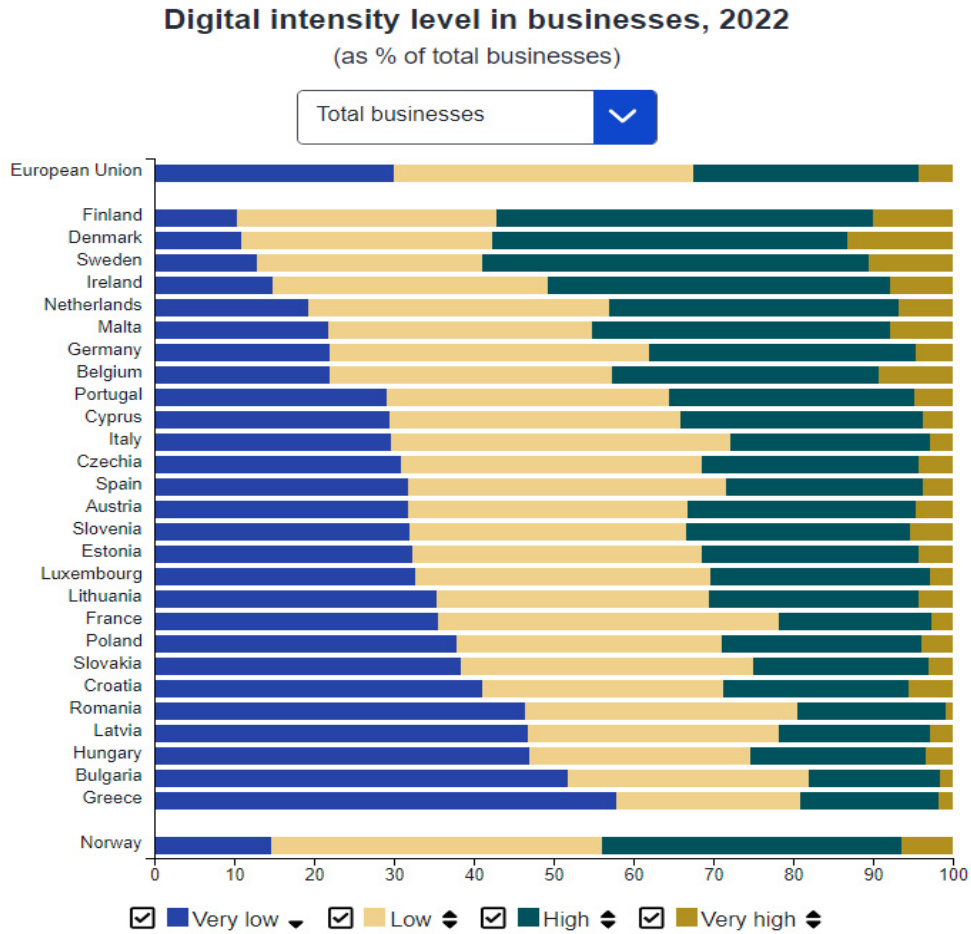
Evolution of final energy consumption in the industry sector by energy product, EU, 1990-2021 (PJ)



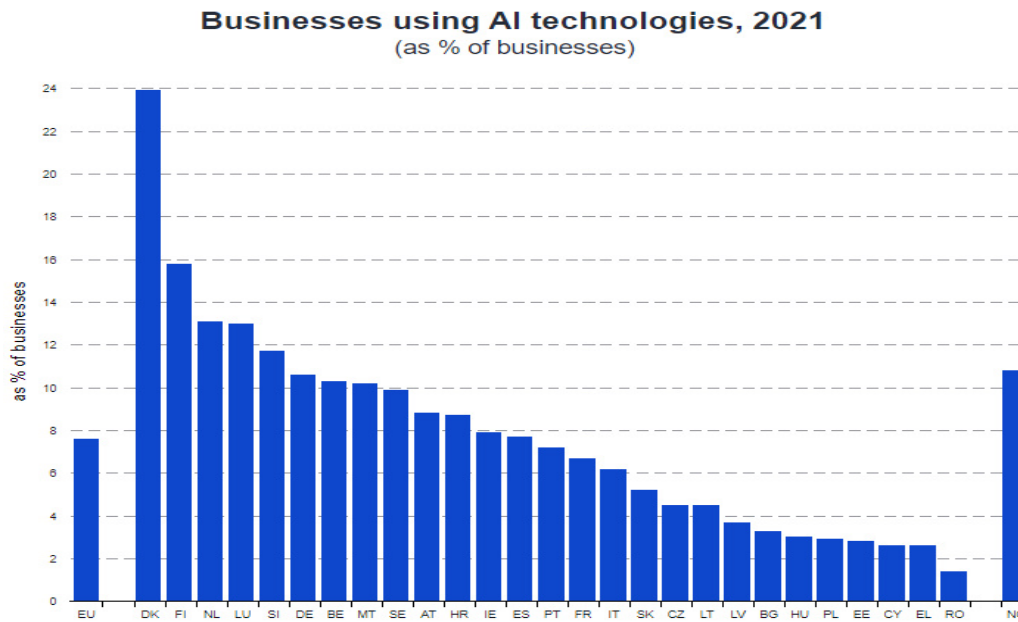
Εικόνα 2: Evolution of final energy consumption in the industry sector by energy product, EU, 1990-2021 (PJ) (Πηγή: Eurostat)

Στην Εικόνα 3 φαίνεται η διείσδυση της ψηφιοποίησης στο σύνολο των εταιρειών στην Ε.Ε. Η πλειονότητα των εταιρειών έχει ασπαστεί σε χαμηλά έως πολύ χαμηλά επίπεδα τις ψηφιακές τεχνολογίες. Αυτό δείχνει το χώρο που υπάρχει για βελτίωση σε αυτόν το τομέα. Το συμπέρασμα αυτό ενισχύεται ακόμα περισσότερο από την Εικόνα 4 στην οποία φαίνεται ότι μόνο το 7,6% των επιχειρήσεων στην Ε.Ε. χρησιμοποιούν Α.Ι. τεχνολογίες. [5]

Η χρήση σύγχρονων ψηφιακών τεχνολογιών από τις επιχειρήσεις μπορεί να αλλάξει το παγκόσμιο ενεργειακό οικοσύστημα και ειδικά στην Εν.Ε. που δρα σαν μία οντότητα. Η θετική αυτή επίδραση μπορεί να επιτελεστεί τόσο στη προσφορά όσο και στη ζήτηση της ενέργειας. Μάλιστα, η ψηφιοποίηση μπορεί να βελτιώσει την ενεργειακή απόδοση μέσω τεχνολογιών που συλλέγουν και αναλύουν δεδομένα για να επιφέρουν πραγματικές αλλαγές στη χρήση ενέργειας. [6]



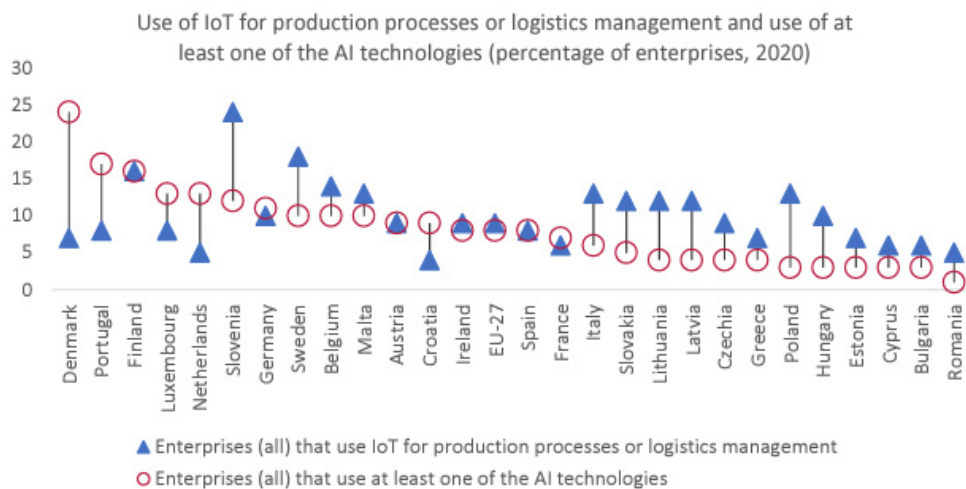
Εικόνα 3: Digital intensity level in businesses, 2022 (Πηγή: Eurostat)



Εικόνα 4: Businesses using AI technologies, 2021 (as % of businesses), 2022 (Πηγή: Eurostat)

1.3 Ενεργειακή Κατάσταση/Ιστορικά δεδομένα στην Ελλάδα

Η Ελλάδα ως μέλος της Εν.Ε. είναι υποχρεωμένη να ακολουθεί τις Ευρωπαϊκές οδηγίες και να συμμορφώνεται με τον κανονισμό της Ε.Ε. στον ενεργειακό τομέα στα πλαίσια της κλιματικής αλλαγής. [7] Ωστόσο, η Ελλάδα παραμένει αρκετά πίσω στην διείσδυση των ψηφιακών τεχνολογιών και στη χρήση εφαρμογών που χρησιμοποιούν Α.Ι. τεχνολογία όπως φανερώνεται από τα διαγράμματα των εικόνων 3 και 4. Το 80,9% των επιχειρήσεων το 2022 είχαν ενσωματώσει από πολύ λίγο έως λίγο τη ψηφιοποίηση στις διαδικασίες τους. Μάλιστα, το 57,8% του συνόλου από πολύ λίγο έως καθόλου. Όσο αναφορά τη χρήση Α.Ι. τεχνολογιών η Ελλάδα παραμένει στη δεύτερη θέση από το τέλος με 2,6%. [5]

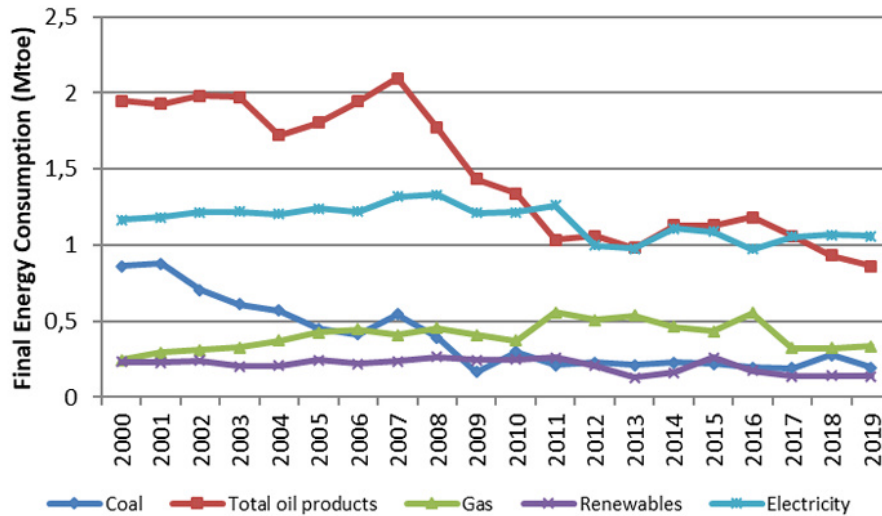


Εικόνα 5: Use of IoT for production processes or logistics management and use of at least one of the AI technologies (percentage of enterprises, 2020) (Πηγή: Eurostat)

Το 2021, οι Ελληνικές εταιρείες που χρησιμοποιούν IoT για παραγωγικές διαδικασίες ή διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας και αποθήκευσης αντιπροσώπευαν το 7% του συνόλου των εταιρειών (ΜΜΕ και μεγάλες επιχειρήσεις εκτός του χρηματοπιστωτικού τομέα), ποσοστό που αποτελεί ένα σχετικά χαμηλό μερίδιο μεταξύ των χωρών της Ε.Ε. που χρησιμοποιούν σε ποσοστό 9%. [8]

Στον Ελληνικό βιομηχανικό τομέα η χρήση των πετρελαϊκών προϊόντων και του άνθρακα ως ενεργειακή πηγή έχει μειωθεί αισθητά από το 2008 και ύστερα όπως φαίνεται από την εικόνα 6. Ωστόσο, η μείωση αυτή δεν έχει καλυφθεί από κάποια άλλη ενεργειακή πηγή αλλά συνάδει με μία συνολική μείωση της κατανάλωσης ενέργειας στον βιομηχανικό τομέα. [9]

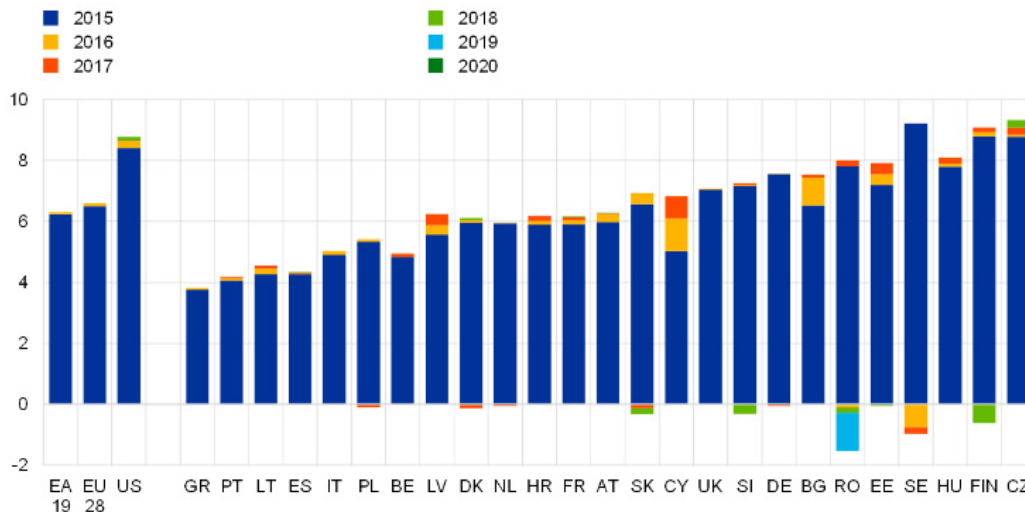
Ψηφιακές Εφαρμογές στην υπηρεσία της Ενεργειακής Εξοικονόμησης στον Βιομηχανικό Τομέα



Εικόνα 6: Final Energy Consumption by fuel in Industry 2000-2019 (Πηγή: ODYSSEE)

1.4 Σύγκριση και Συμπεράσματα

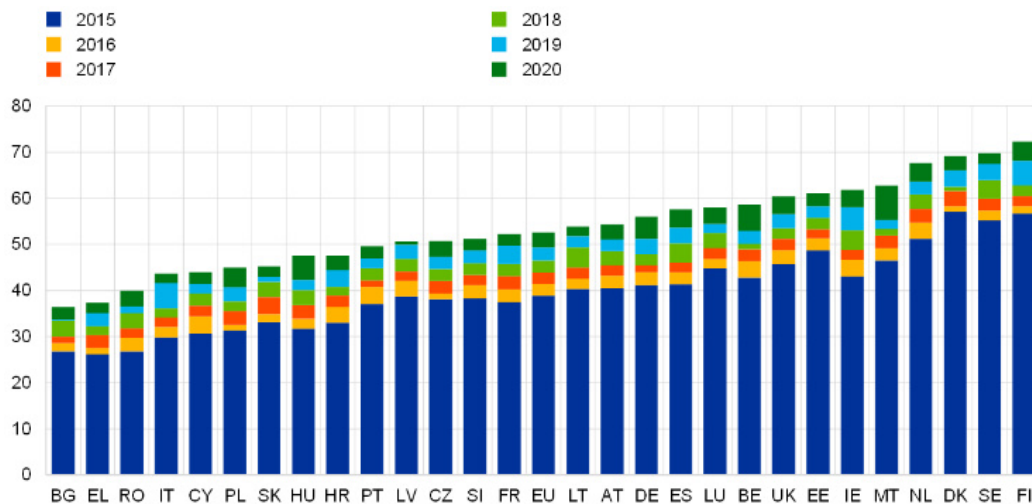
Συνοψίζοντας όλα τα παραπάνω βλέπουμε ότι η Ε.Ε. στοχεύει προς τη σωστή κατεύθυνση και έχει ήδη χτίσει τα πρώτα θεμέλια. Κάποιες χώρες μέλη έχουν προχωρήσει λίγο περισσότερο ανεβάζοντας το μέσο όρο. Από την άλλη πλευρά υπάρχουν χώρες, μεταξύ αυτών και η Ελλάδα, που είναι πολύ μακριά από τον Ευρωπαϊκό μέσο όρο. Τόσο στον ενεργειακό τομέα όσο και στην διείσδυση της ψηφιοποίησης, όπως δείχνει η εικόνα 7 η Ελλάδα είναι τελευταία, και την ενσωμάτωση στις καθημερινές διαδικασίες των επιχειρήσεών της η Ελλάδα υστερεί αρκετά καθώς σε όλες τις κατηγορίες καταλαμβάνει τις τελευταίες θέσεις. [10]



Εικόνα 7: Η ψηφιακή οικονομία, 2015-2020, πηγή E.E.

Σημείωση: Το 2015 δείχνει τα απόλυτα δεδομένα για εκείνη τη χρονιά ενώ για τις χρονιές 2016 έως και 2020 δείχνει την YoY μεταβολή.

Υπάρχουν χώρες με χαμηλότερο ΑΕΠ που έχουν προβεί ταχύτερα στον εναρμονισμό με την Ευρωπαϊκή νομοθεσία και τις επακόλουθες οδηγίες στον ενεργειακό τομέα σε σχέση με την Ελλάδα, όπως φαίνεται και από την Εικόνα 8 η Ελλάδα είναι δεύτερη από το τέλος. Η Ελλάδα μπορεί να αδράξει την ευκαιρία και να εκμεταλλευτεί την Ευρωπαϊκή ώθηση ώστε να ωφεληθεί από την ψηφιακή συνδεσιμότητα μεταξύ των χωρών μελών και την απορρέουσα ψηφιοποίηση στα πλαίσια του Βιομηχανίας 4.0 και των τεχνολογιών που αυτή εμπεριέχει. [10]



Εικόνα 8: Ψηφιακή υιοθέτηση στη ζώνη του ευρώ και στις οικονομίες της ΕΕ, 2015-2020, πηγή E.E.

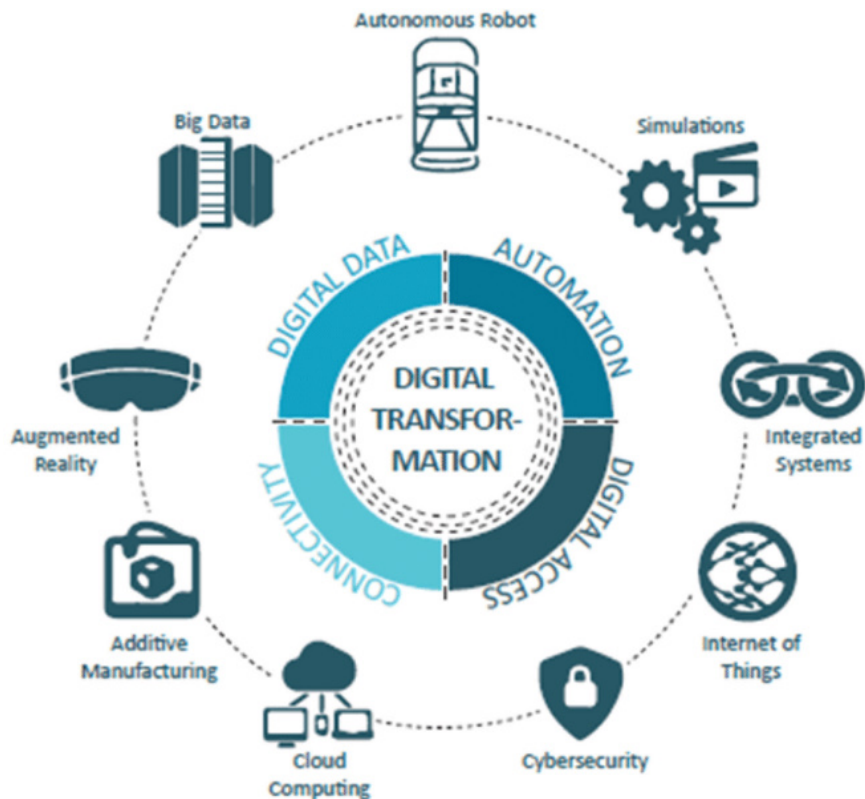
Σημείωση: Το 2015 δείχνει τα απόλυτα δεδομένα για εκείνη τη χρονιά ενώ για τις χρονιές 2016 έως και 2020 δείχνει την YoY μεταβολή.

Στο επόμενο κεφάλαιο θα προσεγγίσουμε σε θεωρητικό επίπεδο τις τεχνολογίες αυτές, με σκοπό να προετοιμαστεί ο αναγνώστης, γνωστικά, για να κατανοήσει πως μπορούν οι ψηφιακές εφαρμογές να συνδράμουν στην εξοικονόμηση ενέργειας στον τομέα της βιομηχανίας.

2. Θεωρητική προσέγγιση σύγχρονων τεχνολογιών - Industry 4.0

Με τον όρο 4^η Βιομηχανική Επανάσταση ή αλλιώς Βιομηχανία 4.0 αναφερόμαστε στην τωρινή περίοδο κατά την οποία η χρήση του διαδικτύου έγινε ευρέως διαθέσιμη και άρχισαν να αναπτύσσονται και να χρησιμοποιούνται ψηφιακές τεχνολογίες όπως το IoT, τα Ψηφιακά δίδυμα και η Τεχνητή Νοημοσύνη. Επίσης, έχουν ενσωματωθεί ανεπτυγμένα ρομποτικά συστήματα στις αλυσίδες παραγωγής και μεταποίησης των βιομηχανιών.

Ο όρος θεσπίστηκε από την κυβέρνηση της Γερμανίας το 2009 σε συνεργασία με εγχώριες παραγωγικές μονάδες και επιστημονικούς κύκλους. Πρόκειται για αρκετά πολύπλοκες τεχνολογίες που λειτουργούν η κάθε μία αυτόνομα αλλά και όλες μαζί, έχοντας σημαντική αλληλοεπίδραση μεταξύ τους. Το Industry 4.0 είναι όλες οι σημερινές σύγχρονες τεχνολογίες αιχμής, που προωθούν την υψηλή ψηφιακή μηχανοργάνωση της παραγωγής και μεταποίησης προϊόντων και υπηρεσιών.



Εικόνα 9: Βιομηχανία 4.0, Βασικές έννοιες και ψηφιακές τεχνολογίες (πηγή: Εικόνα που δημιουργήθηκε από τον συγγραφέα C. Vite με βάση την εικόνα του Roland Berger).

Έχει σαν κύριο στόχο την πλήρη αυτοματοποίηση και τον ψηφιακό μετασχηματισμό του μελλοντικού «έξυπνου εργοστασίου» (Smart Factory), αλλά και ολόκληρης της κοινωνίας γενικότερα. Για να το πετύχει αυτό βασίζεται στην ανάλυση, επεξεργασία και εκμετάλλευση του τεραστίου όγκου ψηφιακών δεδομένων, τα λεγόμενα Big Data, που δημιουργούνται σήμερα καθημερινά στο εξελεγμένο διαδίκτυο. Αυτό, σε συνδυασμό με την τεράστια υπολογιστική δύναμη των σημερινών υπολογιστών, που έχουν τη δυνατότητα της ταχύτατης επεξεργασίας πολύπλοκων αλγορίθμων, έχει σαν αποτέλεσμα τη θεαματική εξέλιξη της τεχνητής νοημοσύνης και την ενσωμάτωση της σε διάφορες ρομποτικές μηχανές και συστήματα, τα οποία είναι σε θέση να εκτελούν με μεγάλη ταχύτητα και αξιοπιστία. [11]

2.1 IoT & IIoT

Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) αποτελεί ένα δίκτυο συνδεδεμένων συσκευών με ενσωματωμένους μικροελεγκτές, αισθητήρες και πομπούς που επικοινωνούν μεταξύ τους και με τους χρήστες μέσω IP διευθύνσεων και πρωτοκόλλων επικοινωνίας. Η ιδέα προέρχεται από το 1999, όταν ο Kevin Ashton οραματίστηκε έναν κόσμο όπου οι συσκευές θα συνδεθούν στο διαδίκτυο μέσω αισθητήρων. Παρά τις αρχικές αμφιβολίες τους, αρκετές εταιρείες ανέλαβα την υλοποίηση της ιδέας και μάλιστα όλο και περισσότεροι κολοσσοί αναπτύσσουν τα δικά τους πρωτοποριακά συστήματα.

Το IoT επεκτείνει τη δυνατότητα ελέγχου και διαχείρισης αντικειμένων, βελτιώνοντας την καθημερινότητα μέσω έξυπνων λύσεων. Ένα παράδειγμα αποτελεί η ενσωμάτωση του IoT στα έξυπνα τηλέφωνα, που βελτιώνει την εμπειρία χρήσης. Επίσης, οι έξυπνες πόλεις εστιάζουν στην ανάπτυξη υποδομών με τεχνολογία και αισθητήρες για τη βελτίωση της ποιότητας ζωής των κατοίκων τους. Ήδη, μάλιστα έχουν εγκαταστήσει φανάρια με κάμερες για διαδραστικότητα με το κέντρο ελέγχου και διαχείριση της κίνησης.

Η ανάπτυξη του IoT και των έξυπνων πόλεων ενισχύει την τεχνολογική πρόοδο σε τομείς όπως η υγεία, η ενέργεια, οι μεταφορές και η δημόσια ασφάλεια. Το IoT μπορεί να συνδυαστεί με την τεχνητή νοημοσύνη για τον ασφαλή εντοπισμό μοτίβων δεδομένων που επηρεάζουν τις διαδικασίες. [12]

Και στην Ευρώπη η ανάπτυξη του IoT είναι ραγδαία, με τον αριθμό των συσκευών να αυξάνεται συνεχώς. Αυτό οδηγεί σε εκθετική αύξηση των δεδομένων

που υποβάλλονται σε επεξεργασία στα κέντρα δεδομένων. Το μέλλον του IoT φέρνει επανάσταση στον τρόπο οργάνωσης και παρακολούθησης της παραγωγής και των διαδικασιών, προωθώντας την πράσινη και την ψηφιακή μετάβαση στη βιομηχανία. Μάλιστα, η Ευρωπαϊκή πολιτική ενισχύει την αφομοίωση του IoT και της υπολογιστικής δύναμης επόμενης γενιάς προς όφελος πολιτών και επιχειρήσεων στην επικράτειά της. [13]

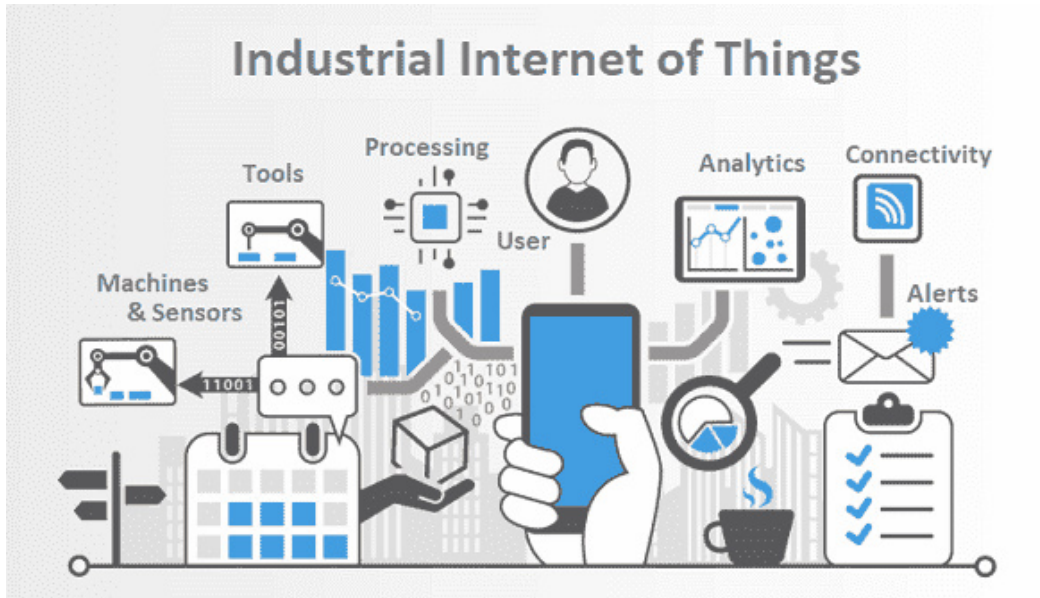
Μερικά παραδείγματα χρήσης συσκευών και συστημάτων IoT σε επιχειρήσεις εντός της Ε.Ε. αποτελούν τα παρακάτω οι έξυπνοι μετρητές, οι θερμοστάτες, οι λάμπες στον φωτισμό, τα συστήματα συναγερμού, οι ανιχνευτές καπνού, οι κλειδαριές θυρών με κάμερες. Επίσης, σε πιο προχωρημένες εφαρμογές έχουμε τους αισθητήρες και τις ετικέτες RFID που συνδέονται απομακρυσμένα σε σημείο σύνδεσης, γεγονός που καθιστά δυνατή τη διαχείρισή τους μέσω του Διαδικτύου και επιτρέπει τεχνολογίες όπως την αυτόματη είσοδο φορτηγού της εταιρείας στις αποθήκες της ή την είσοδο του προσωπικού στον χώρο εργασίας.

Οι επιχειρήσεις χρησιμοποιούν διασυνδεδεμένες συσκευές και συστήματα για διάφορους λόγους, συμπεριλαμβανομένης της ασφάλισης των χώρων τους, της βελτιστοποίησης της κατανάλωσης ενέργειας, του εξορθολογισμού της παραγωγής και της εφοδιαστικής, της υποστήριξης της εξυπηρέτησης πελατών και της βελτίωσης της συντήρησης μηχανών ή οχημάτων. [14]

Εν συνεχεία, το Βιομηχανικό Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IIoT) αναφέρεται στην επέκταση και χρήση του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IIoT) σε βιομηχανικούς τομείς και εφαρμογές. Με έμφαση στην επικοινωνία μηχανής προς μηχανή (M2M), τα μεγάλα δεδομένα και τη μηχανική μάθηση, το IIoT επιτρέπει σε βιομηχανίες και επιχειρήσεις να έχουν καλύτερη απόδοση και αξιοπιστία στις λειτουργίες τους. Περιλαμβάνει βιομηχανικές εφαρμογές, όπως ρομποτική, ιατρικές συσκευές και διαδικασίες παραγωγής με ορισμένες λογισμικές ορισμένες διαδικασίες.

Το IIoT υπερβαίνει τις κανονικές καταναλωτικές συσκευές και τη δικτύωση των φυσικών συσκευών που συνήθως συνδέονται με το IoT. Αυτό που το καθιστά ξεχωριστό είναι ο συνδυασμός της τεχνολογίας πληροφοριών (IT) και της τεχνολογίας λειτουργίας (OT). Η OT αναφέρεται στο δικτυωμένο διαχείρισης λειτουργικών διαδικασιών και συστημάτων ελέγχου βιομηχανικών διαδικασιών (ICSS), συμπεριλαμβανομένων των συστημάτων διεπαφής ανθρώπου και μηχανής (HMIs), των συστημάτων ελέγχου και παρακολούθησης δεδομένων (SCADA), των

καταναμημένων συστημάτων ελέγχου (DCSs) και των προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών (PLCs).



Εικόνα 10: Βιομηχανικό Διαδίκτυο των Πραγμάτων (πηγή: connectingindustry.com)

Η σύγκλιση της IT και της OT παρέχει στις βιομηχανίες μεγαλύτερη ολοκλήρωση συστημάτων όσον αφορά την αυτοματοποίηση και τη βελτιστοποίηση, καθώς και μεγαλύτερη ορατότητα της αλυσίδας εφοδιασμού και των λογιστικών. Η παρακολούθηση και ο έλεγχος των φυσικών υποδομών σε βιομηχανικές λειτουργίες γίνεται ευκολότερα μέσω της χρήσης έξυπνων αισθητήρων και ενεργοποιητών καθώς και μέσω της απομακρυσμένης πρόσβασης και ελέγχου. [15]

2.2 Digital Twins

Το κομμάτι της απομακρυσμένης πρόσβασης και ελέγχου που αναφέρθηκε από πάνω έγινε διαθέσιμο λόγω του διαδικτύου και ενδυναμώνεται μέσω της τεχνολογίας των Ψηφιακών Διδύμων.

Το Ψηφιακό Δίδυμο αποτελεί μια εικονική αναπαράσταση ενός αντικειμένου ή ενός συστήματος σχεδιασμένη να αντικατοπτρίζει με ακρίβεια το αντικείμενο ή το σύστημα αυτό. Καλύπτει τον κύκλο ζωής του αντικειμένου, ενημερώνεται από δεδομένα πραγματικού χρόνου και χρησιμοποιεί προσομοιώσεις, μηχανική μάθηση και λογική για να βοηθήσει στη λήψη αποφάσεων.

Το φυσικό αυτό αντικείμενο, για παράδειγμα μια ανεμογεννήτρια, είναι εξοπλισμένο με διάφορους αισθητήρες που σχετίζονται με τον τομέα της

λειτουργικότητας. Αυτοί οι αισθητήρες παράγουν δεδομένα σχετικά με διάφορες πτυχές της απόδοσης του φυσικού αντικειμένου, όπως η ενεργειακή παραγωγή, η θερμοκρασία, οι καιρικές συνθήκες και πολλά άλλα. Το σύστημα επεξεργασίας λαμβάνει αυτές τις πληροφορίες και τις εφαρμόζει ενεργά στο Ψηφιακό Δίδυμο.

Μετά την παροχή των σχετικών δεδομένων, το Ψηφιακό Δίδυμο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη διεξαγωγή διαφόρων προσομοιώσεων, την ανάλυση προβλημάτων απόδοσης και τη δημιουργία δυνητικών βελτιώσεων. Ο τελικός στόχος είναι η απόκτηση πολύτιμων γνώσεων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη βελτίωση του αρχικού φυσικού αντικειμένου ή συστήματος.

Παρόλο που οι προσομοιώσεις και τα Ψηφιακά Δίδυμα χρησιμοποιούν και τα δύο ψηφιακά μοντέλα για να αντιγράψουν διάφορες διαδικασίες ενός συστήματος, ένα Ψηφιακό Δίδυμο είναι στην πραγματικότητα ένα εικονικό περιβάλλον, κάτι που το καθιστά σημαντικά πλουσιότερο για μελέτη. Η διαφορά μεταξύ ενός Ψηφιακού Δίδυμου και μιας προσομοίωσης είναι κυρίως θέμα κλίμακας. Ενώ μια προσομοίωση, συνήθως, μελετά ένα συγκεκριμένο βήμα, ένα Ψηφιακό Δίδυμο μπορεί να εκτελέσει οποιοδήποτε αριθμό προσομοιώσεων για να μελετήσει πολλαπλές διαδικασίες.

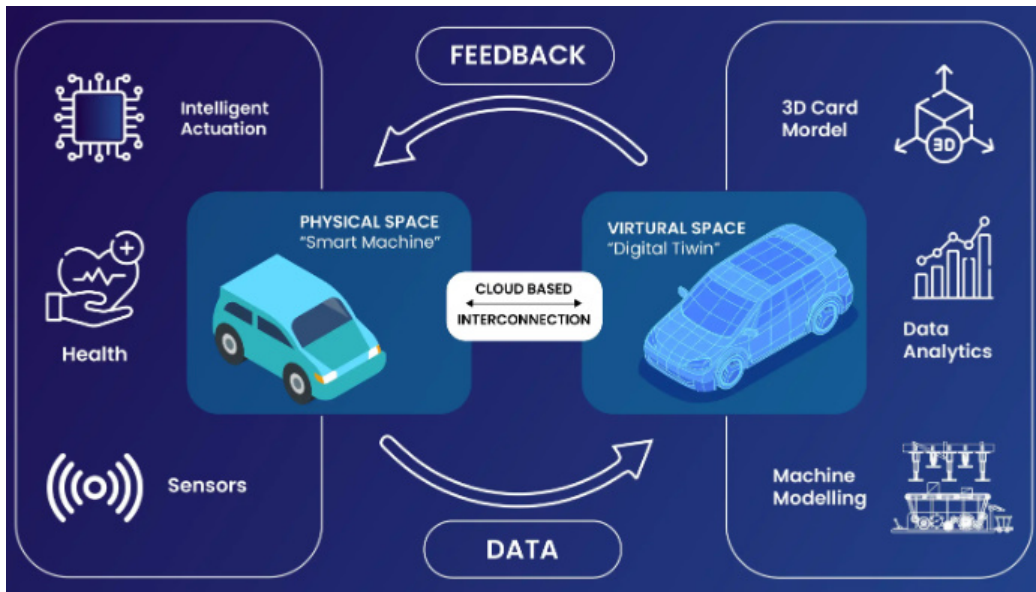


Εικόνα 11: Ψηφιακό Δίδυμο (πηγή: SumitAwinash)

Επιπλέον, οι προσομοιώσεις δεν επωφελούνται από την παρουσία δεδομένων πραγματικού χρόνου. Αλλά τα Ψηφιακά Δίδυμα σχεδιάζονται γύρω από μία διπλή κατεύθυνση ροή πληροφοριών που συμβαίνει όταν οι αισθητήρες του αντικειμένου παρέχουν σχετικά δεδομένα στον επεξεργαστή του συστήματος και στη συνέχεια τα αποτελέσματα που δημιουργούνται από τον επεξεργαστή κοινοποιούνται ξανά στο αρχικό αντικείμενο προέλευσης.

Με την χρήση καλύτερων και συνεχώς ενημερωμένων δεδομένων που σχετίζονται με μια ευρεία γκάμα πεδίων, σε συνδυασμό με την επιπλέον υπολογιστική ισχύ που συνοδεύει ένα εικονικό περιβάλλον, τα Ψηφιακά Δίδυμα μπορούν να μελετήσουν περισσότερα θέματα από πολύ περισσότερες οπτικές γωνίες από ότι μπορούν οι τυπικές προσομοιώσεις, με μεγαλύτερη τελική δυνατότητα βελτίωσης των προϊόντων και των διαδικασιών.

Υπάρχουν διάφοροι τύποι Ψηφιακό Διδύμων ανάλογα με το πεδίο εφαρμογής του προϊόντος. Είναι συνηθισμένο να υπάρχουν διαφορετικοί τύποι Ψηφιακών Διδύμων που συνυπάρχουν εντός ενός συστήματος ή αντικειμένου. Έτσι, μπορεί να έχουμε Ψηφιακά Δίδυμα μερών ή εξαρτημάτων, συστημάτων ή ολόκληρων φυσικών εγκαταστάσεων και βιομηχανικών μονάδων.



Εικόνα 12: Ψηφιακό Δίδυμο (πηγή: toobler)

Τα Ψηφιακά Δίδυμα μπορούν να οδηγήσουν σε καλύτερη Έρευνα και Ανάπτυξη, σε μεγαλύτερη αποδοτικότητα ακόμα και μετά την έναρξη παραγωγής του προϊόντος, ενώ μπορούν να βοηθήσουν στη πρόβλεψη του τέλους ζωής του προϊόντος. Ακόμα και μετά την έναρξη παραγωγής ενός νέου προϊόντος, τα Ψηφιακά Δίδυμα μπορούν να βοηθήσουν στον καθρέπτη και την παρακολούθηση των συστημάτων παραγωγής, με σκοπό την επίτευξη και διατήρηση της μέγιστης απόδοσης κατά τη διάρκεια ολόκληρης της διαδικασίας κατασκευής. [16]

Ως αποτέλεσμα της σημασίας τους, τα Ψηφιακά Δίδυμα έχουν αρχίσει να προσελκύουν όλο και περισσότερη προσοχή από τα ευρωπαϊκά θεσμικά όργανα και

έχουν εφαρμοστεί σε διάφορες πρωτοβουλίες και έργα. Ένα παράδειγμα αποτελεί η πρωτοβουλία Destination Earth (DestineE), η οποία στοχεύει στην ανάπτυξη ενός υψηλής ακρίβειας ψηφιακού μοντέλου της Γης σε παγκόσμια κλίμακα. Το μοντέλο θα παρακολουθεί, θα προσομοιώνει και θα προβλέπει τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ φυσικών φαινομένων και ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Χάρη σε αυτήν την πρωτοβουλία, οι χρήστες μπορούν να έχουν πρόσβαση και να αλληλεπιδρούν με μεγάλες ποσότητες δεδομένων συστήματος της Γης και κοινωνικοοικονομικών δεδομένων για να εκμεταλλευτούν και να δοκιμάσουν τα δικά τους μοντέλα. [17]

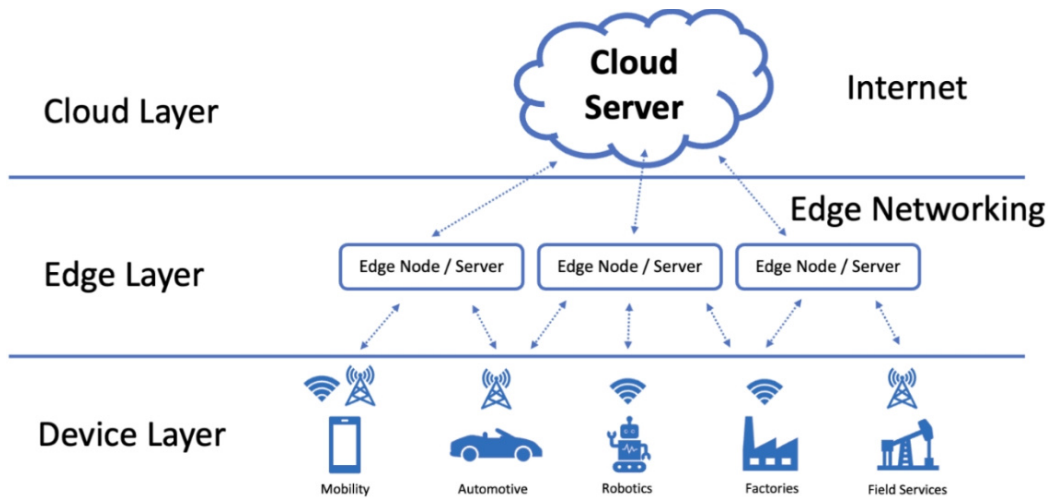
2.3 Edge computing

Το Edge computing είναι μια κατανομημένη αρχιτεκτονική της επιστήμης των υπολογιστών, στην οποία τα δεδομένα του πελάτη επεξεργάζονται στην περιφέρεια του δικτύου, όσο πιο κοντά γίνεται στην πηγή προέλευσής τους. Έτσι, το Edge computing αποτελεί μια αποκεντρωμένη προσέγγιση που επεξεργάζεται τα δεδομένα κοντά στην πηγή ή τον τελικό χρήστη. Τα κύρια οφέλη του Edge computing περιλαμβάνουν τη μείωση της καθυστέρησης, τη μείωση της χρήσης εύρους ζώνης και τη μείωση της εξάρτησης από τη συνδεσιμότητα του δικτύου, που οδηγεί σε χαμηλότερο κόστος και συνεπάγεται ανταποκρίσεις σε πραγματικό χρόνο. [18] [19]

Στο Edge computing, τα δεδομένα αποθηκεύονται και επεξεργάζονται τοπικά σε ενσωματωμένο ή ξεχωριστό μεμονωμένο διακομιστή. Αυτό βοηθά στην ανακούφιση της συμφόρησης δεδομένων εκτελώντας όλη ή μέρος της επεξεργασίας τοπικά και αποστέλλοντας μόνο τα απαραίτητα δεδομένα στο κεντρικό κέντρο δεδομένων ή στο cloud. Επιπλέον, αυτό μειώνει την πίεση στο δίκτυο και επιτρέπει την ταχύτερη ανάλυση και απόκριση ενώ ταυτόχρονα καθιστά δυνατή την αποτελεσματική επεξεργασία και ανάλυση μεγάλων ποσοτήτων δεδομένων που δημιουργούνται από συσκευές IoT, βελτιώνοντας τη λειτουργικότητά τους. [19]

Γενικά, με την αυξανόμενη ποσότητα συνδεδεμένων συσκευών και τη ζήτηση για επεξεργασία δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, το Edge computing έχει γίνει ένα κρίσιμο στοιχείο των σύγχρονων συστημάτων υπολογιστών και η δημοτικότητά του αυξάνεται συνεχώς. Μάλιστα, μπορεί να συνδυαστεί και με άλλες ψηφιακές τεχνολογίες όπως το 5G το οποίο καθιστά απρόσκοπτη τη χρήση του Edge computing εξασφαλίζοντας τη μετάδοση κρίσιμων ελέγχου μηνυμάτων που επιτρέπουν στις συσκευές να προβαίνουν σε αυτόνομες αποφάσεις, ενώ ταυτόχρονα εξασφαλίζει τη κατάλληλη ταχύτητα. Επίσης, μπορεί να συνδυαστεί με το Διαδίκτυο των Πραγμάτων

και τις συνδεδεμένες συσκευές που αποτελούν μοναδικές πηγές δεδομένων για το Edge computing, καθώς με το Ψηφιακό Δίδυμο το οποίο επιτρέπει στα δεδομένα και στις εφαρμογές να διαμορφωθούν χρησιμοποιώντας όρους πεδίου εφαρμογής γύρω από συστήματα, αντικείμενα ή ακόμα και ολόκληρες γραμμές παραγωγής, αντί να υπάρχουν απλά σε πίνακες βάσης δεδομένων και ροές ηλεκτρονικών μηνυμάτων. Τα Ψηφιακά Δίδυμα, σε συνδυασμό με το Edge computing, επιτρέπουν στους ειδικούς του τομέα, αντί για μηχανικούς υπολογιστών, να διαμορφώσουν εφαρμογές σχετικές με τη πραγματική πρωτογενή λειτουργία της επιχείρησης. [20]



Εικόνα 13: Αρχιτεκτονική Edge computing (πηγή: wipro)

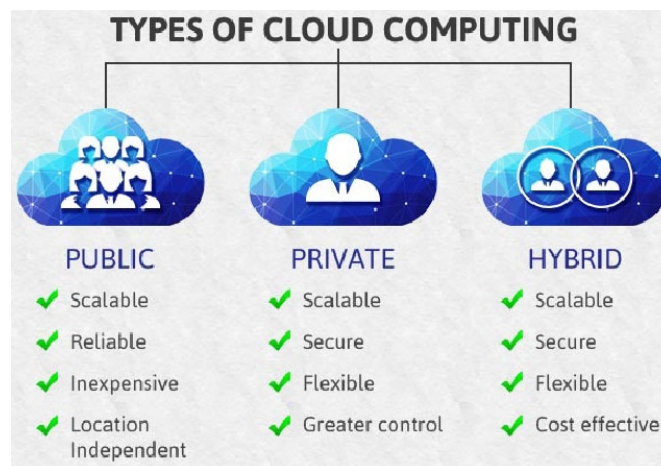
Το Edge computing αποτελείται από τρία βασικά συστατικά. Τα Edge devices που είναι οι συσκευές που παράγουν τα δεδομένα. Αυτές μπορεί να είναι κάμερες, αισθητήρες, βιομηχανικά μηχανήματα, wearables, drones και γενικά οτιδήποτε μπορεί να παράγει δεδομένα και να τα στείλει με το κατάλληλο λογισμικό και την απαραίτητη συνδεσιμότητα στο σύστημα. Τα Edge networks που παρέχει τη κεντρική συνδεσιμότητα και τους υπολογιστικούς πόρους στα Edge devices. Αυτό πρέπει να είναι κοντά γεωγραφικά σε αυτά που μάλιστα αποτελούν και μέρος του. Τέλος, το Edge infrastructure που αποτελείται από το hardware και το λογισμικό για την υποστήριξη και την υλοποίηση του παραπάνω Edge network. Ο όρος αναφέρεται σε servers, gateways, software, περιφερειακά ακόμα και πλατφόρμες. [19]

Ωστόσο, λόγω της παγκοσμιοποίησης της αγοράς και της διασυνδεσιμότητας ανά την υφήλιο κυβερνητικών και ιδιωτικών οντοτήτων, τόσο νομικών όσο και φυσικών, το cloud παραμένει αναπόσπαστο κομμάτι της Βιομηχανίας 4.0 και για αυτό θα περιγραφεί στο επόμενο υποκεφάλαιο.

2.4 Cloud

Η αποθήκευση στο cloud είναι ένας τρόπος αποθήκευσης ψηφιακών δεδομένων σε διακομιστές που βρίσκονται σε φυσικές τοποθεσίες εκτός του χώρου όπου βρίσκεται ο υπολογιστής. Οι διακομιστές διατηρούνται από έναν πάροχο τρίτου μέρους που επιτελεί τον ρόλο του υπεύθυνου για τη φιλοξενία, τη διαχείριση και την ασφάλεια των δεδομένων που αποθηκεύονται στην υποδομή του. Ο πάροχος εξασφαλίζει ότι τα δεδομένα στους διακομιστές του παραμένουν πάντα προσβάσιμα μέσω δημόσιων ή ιδιωτικών διαδικτυακών συνδέσεων. Η αποθήκευση στο cloud επιτρέπει στις οργανώσεις να αποθηκεύουν, να έχουν πρόσβαση και να διατηρούν τα δεδομένα τους χωρίς να χρειάζεται να κατέχουν και να λειτουργούν τα δικά τους κέντρα δεδομένων, μεταφέροντας τα έξοδα και το ρίσκο από ένα μοντέλο πάγιων κεφαλαίων σε κυκλοφορούντα λειτουργικά έξοδα, συνήθως με τη μορφή συνδρομής.

Η αποθήκευση στο cloud είναι κλιμακούμενη, επιτρέποντας στις οργανώσεις να επεκτείνουν ή να μειώσουν τον αποθηκευτικό χώρο που πληρώνουν ανάλογα με τον όγκο των δεδομένων τους, δηλαδή, ανάλογα με τις ανάγκες τους. Επίσης, οι επιχειρήσεις έχουν πρόσβαση στα δεδομένα τους από οποιαδήποτε συσκευή έχει το κατάλληλο λογισμικό και μία σύνδεση στο διαδίκτυο. Ο τύπος των δεδομένων μπορεί να είναι αρχεία video, κειμένου, δεδομένων raw ή δομημένων, εικόνες, ήχος και άλλα. Έτσι, μία επιχείρηση μπορεί να έχει στο cloud έναν τιμοκατάλογο με τα προϊόντα της, ένα τιμολόγιο από προμηθευτή, δεδομένα βιομετρικά, βίντεο από κάμερες ασφαλείας, δεδομένα θερμοκρασίας ενός καζανιού, αρχεία σφαλμάτων στην γραμμή παραγωγής, στοιχεία από τη παραγωγή αλουμινίου και αμέτρητα και ποικίλα άλλα αρχεία. [21]



Εικόνα 14: Μοντέλα Cloud computing (πηγή: googleimages.com)

Μάλιστα, υπάρχουν τέσσερα διαφορετικά μοντέλα αποθήκευσης στο cloud. Το πρώτο είναι το δημόσιο (public) στο οποίο η επιχείρηση μπορεί να αποθηκεύσει δεδομένα σε data center που χρησιμοποιούνε και άλλες επιχειρήσεις και το πλεονέκτημά του είναι το προσαρμοσμένο στις ανάγκες κόστος. Το δεύτερο είναι το ιδιωτικό (private) στο οποίο ο οργανισμός δύναται να αποθηκεύσει δεδομένα σε ένα ιδιωτικό server και data center χρησιμοποιώντας ιδιωτική σύνδεση. Αυτό το μοντέλο ταιριάζει σε εταιρείες που υπάγονται σε κλάδους με αυστηρή νομοθεσία και απαιτήσεις ασφαλείας. Υπάρχει το υβριδικό (hybrid) μοντέλο που επιτρέπει στις επιχειρήσεις να εφαρμόσουν μία ισορροπία μεταξύ ιδιωτικού για ασφάλεια, όπου χρειάζεται, και δημοσίου για εξοικονόμηση πόρων. Τέλος, υπάρχει και το multicloud για επιχειρήσεις που έχουν διαφορετικούς προμηθευτές, ομάδες που δουλεύουν σε ποικίλα έργα, λειτουργούν σε χώρες με ξεχωριστές νομοθεσίες και για άλλους πολλούς λόγους. [21]

Ωστόσο, οτιδήποτε χρησιμοποιεί δίκτυα και κυρίως το διαδίκτυο καθίσταται ευάλωτο σε κακόβουλες επιθέσεις. Τη ψηφιακή τεχνολογία για να άμυνα απέναντι σε τέτοιου είδους ενέργειες θα αναλύσουμε στο επόμενο υποκεφάλαιο.

2.5 Κυβερνοασφάλεια – Cyber security

Για να καταλάβουμε την ανάγκη για Κυβερνοασφάλεια οφείλουμε να καταλάβουμε πρότερα τα είδη των απειλών. Αρχικά, έχουμε το cybercrime δηλαδή το διαδικτυακό έγκλημα που περιλαμβάνει μοναδικούς χρήστες ή ομάδες που στοχεύουν συστήματα για οικονομική κερδοσκοπία ή για να προκαλέσουν διαταραχές. Στη συνέχεια, έχουμε την cyberattack ή κυβερνοεπίθεση η οποία συχνά συνδέεται με πολιτικά κίνητρα για την συγκέντρωση πληροφοριών και τέλος έχουμε την cyberterrorism ή κυβερνοτρομοκρατία η οποία στοχεύει στην υπονόμευση των ηλεκτρονικών συστημάτων για να προκαλέσει πανικό ή φόβο.

Αφού είδαμε τα είδη των απειλών θα αναφέρουμε τους τρόπους με τους οποίους οι κυβερνοκακοποιοί επιτελούν τις επιθέσεις τους. Οι πιο κοινοί από αυτούς είναι η εγκατάσταση Malware, δηλαδή κακόβουλου λογισμικού, η SQL injection, το Phishing, το Man in the middle attack και το Denial of service attack. Υπάρχουν και άλλοι τρόποι αλλά παραμένουν λιγότερο συχνοί. Βλέπουμε ότι δεν έχουν να κάνουν μόνο με κώδικα αλλά τις περισσότερες φορές χρειάζεται κάποια κίνηση ή δράση από χρήστη μέσα στην επιχείρηση για να εκδηλωθεί η επίθεση, ακόμα και αν αυτή είναι ακούσια.

Κυβερνοασφάλεια, λοιπόν, είναι η πρακτική της προστασίας υπολογιστών, διακομιστών, κινητών συσκευών, ηλεκτρονικών συστημάτων, δικτύων και δεδομένων από κακόβουλες επιθέσεις. Είναι, επίσης, γνωστή ως ασφάλεια τεχνολογίας πληροφοριών ή ηλεκτρονικής ασφάλειας πληροφοριών. Ο όρος ισχύει σε ποικίλα πεδία, από την επιχειρηματική και επιχειρησιακή δραστηριότητα έως τις φορητές ηλεκτρονικές συσκευές, και μπορεί να διαιρεθεί σε μερικές κοινές κατηγορίες. Οι κατηγορίες αυτές είναι η ασφάλεια δικτύου ή network security, η ασφάλεια εφαρμογών ή application security, η ασφάλεια της πληροφορίας ή information security, η επιχειρησιακή ασφάλεια ή operational security που έχει να κάνει με τις λειτουργίες ενός οργανισμού, η αποκατάσταση σε περίπτωση επίθεσης και η συνέχεια λειτουργίας της επιχείρησης και η εκπαίδευση του τελικού χρήστη ή των υπαλλήλων μίας εταιρείας. [22]

Με όλο και περισσότερα δεδομένα να μεταφέρονται μέσω διαδικτύου, με τον αριθμό των έξυπνων συσκευών και των IoT δικτύων να πληθαίνει και με τον ραγδαία αυξανόμενο αριθμό Software as a Service (SaaS) εφαρμογών στο cloud, υπάρχουν πολλά να διακυβεύονται για τις κυβερνητικές υπηρεσίες και τις επιχειρήσεις. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να αυξάνονται και οι κυβερνοεπιθέσεις. Πρέπει, λοιπόν, οι φορείς να αποκτήσουν καλύτερη εκπαίδευση και να προχωρήσουν στις κατάλληλες εφαρμογές ώστε να μην δίνουν τη δυνατότητα στους κυβερνοεγκληματίες να πληγώσουν τις λειτουργίες, το ταμείο και τη φήμη τους. [23]

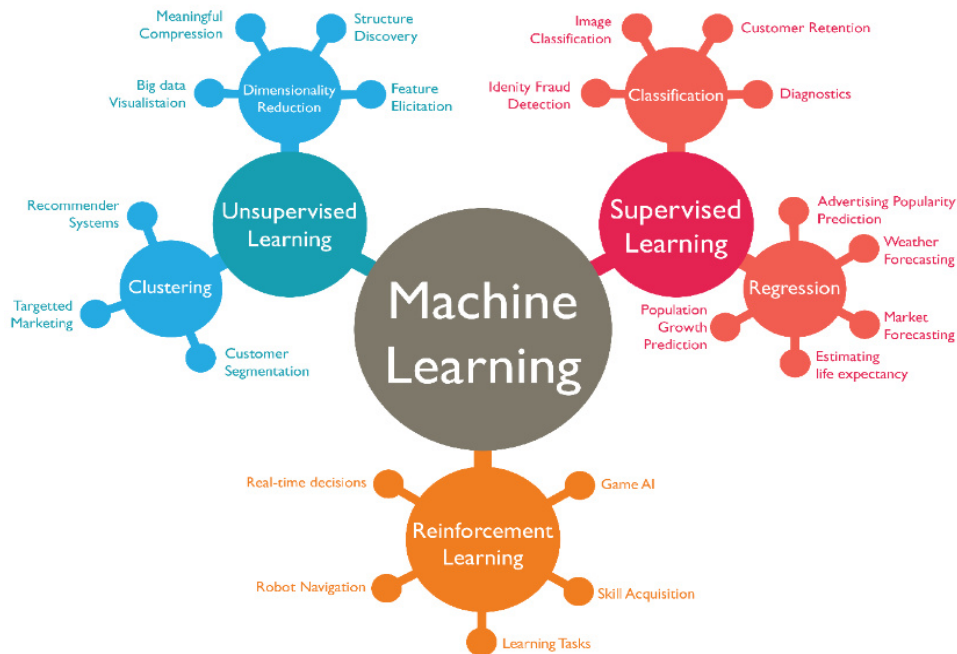
2.6 M.L-A.I.

Η Μηχανική Μάθηση (ML) είναι ένα κλάδος της Τεχνητής Νοημοσύνης (AI) και της επιστήμης των υπολογιστών που επικεντρώνεται στη χρήση δεδομένων και αλγορίθμων για να επιτρέψει στην AI να μιμείται τον τρόπο με τον οποίο μαθαίνουν οι άνθρωποι, βελτιώνοντας σταδιακά την ακρίβειά της και τα αποτελέσματά της. Το σύστημα μάθησης ενός αλγορίθμου ML διαχωρίζεται σε τρία βασικά μέρη.

Το πρώτο μέρος είναι η διαδικασία απόφασης. Γενικά, οι αλγόριθμοι ML χρησιμοποιούνται για να προβλέπουν και να κατηγοριοποιούν και για να το πραγματοποιήσουν αυτό χρησιμοποιούν ως βάση ορισμένα δεδομένα εισόδου. Τα δεδομένα αυτά μπορούν να είναι ετικετοποιημένα ή και μη. Στη συνέχεια, ο αλγόριθμός τα επεξεργάζεται και παράγει μια εκτίμηση ύπαρξης προτύπου στα δεδομένα εισόδου.

Ακολουθεί η συνάρτηση σφάλματος. Ένα σφάλμα λειτουργίας αξιολογεί την πρόβλεψη του μοντέλου. Αν υπάρχουν γνωστά παραδείγματα, ένα σφάλμα λειτουργίας μπορεί να κάνει μια σύγκριση για να αξιολογήσει την ακρίβεια του μοντέλου. Αν το σφάλμα είναι μικρό τότε το η ακρίβεια του μοντέλου είναι μεγάλη και η πρόβλεψη μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Στην αντίθετη περίπτωση που το σφάλμα είναι μεγάλο τότε το μοντέλο θέλει επαναξιολόγηση.

Σε αυτό βοηθάει το τρίτο μέρος που αφορά τη διαδικασία βελτιστοποίησης του αλγορίθμου ML. Η διαδικασία βελτιστοποίησης εξετάζει αν το μοντέλο μπορεί να προσαρμοστεί καλύτερα στο σύνολο των δεδομένων εκπαίδευσης. Στην περίπτωση μπορεί να υπάρξει βελτιστοποίηση τα βάρη προσαρμόζονται για να μειωθεί η αντίθεση μεταξύ του γνωστού παραδείγματος, τα οποία αποτελούν και τα δεδομένα αξιολόγησης, και της εκτίμησης του μοντέλου. Ο αλγόριθμος θα πραγματοποιήσει αυτήν την επαναλαμβανόμενη διαδικασία αξιολόγησης και βελτιστοποίησης, ενημερώνοντας τα βάρη αυτόνομα μέχρι να επιτευχθεί το επιθυμητό όριο ακρίβειας. [24]



Εικόνα 15: Μέθοδοι Machine Learning αλγορίθμων (πηγή: Abdul Rahid)

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται σε ML αλγορίθμους είναι η Supervised, η Unsupervised και η Semi Supervised και χαρακτηρίζονται με βάση το κατά πόσο το σύνολο το δεδομένων εκπαίδευσης του μοντέλου είναι labeled ή όχι. Επίσης, υπάρχει και το Reinforcement ML στο οποίο ο αλγόριθμος εκπαιδεύεται κατά τη διαδικασία

μάθησης με τη λογική trial and error. Οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενοι αλγόριθμοι στην ML είναι τα Νευρωνικά δίκτυα, το clustering, τα δέντρα αποφάσεων και τα μοντέλα παλινδρόμησης.

Η ML χρησιμοποιούνται ήδη σε αρκετά πεδία και εφαρμογές στον πραγματικό κόσμο. Ένα παράδειγμα είναι στο τραπεζικό σύστημα για την αναγνώριση απάτης. Χρησιμοποιούν ML αλγορίθμους ώστε να εντοπίσουν ύποπτες συναλλαγές. Τα δεδομένα εκπαίδευσης σε αυτή τη περίπτωση είναι προηγούμενες επιβεβαιωμένες παράνομες συναλλαγές. Τα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα χρησιμοποιούν αυτές τις παράνομες συναλλαγές σε supervised ML αλγορίθμους για να αναπτύξουν το μοντέλο αναγνώρισης πιθανών παράνομων συναλλαγών και να τις χαρακτηρίσουν ύποπτες ώστε το κατάλληλο τμήμα τους ή οι αρχές να τις ερευνήσουν. Άλλοι τομείς χρήσης ML αλγορίθμων αποτελούν η αναγνώριση φωνής, όπως για παράδειγμα η speech to text τεχνολογία, και η εξυπηρέτηση πελατών, όπως είναι τα chat bots. [24]

Η AI είναι η τεχνολογία που επιτρέπει στους υπολογιστές και τις μηχανές να προσομοιώνουν την ανθρώπινη νοημοσύνη και τις ικανότητες επίλυσης προβλημάτων που επιδεικνύει το ανθρώπινο γένος μέσα από την εξέλιξή του. Μόνη της ή σε συνδυασμό με άλλες τεχνολογίες, για παράδειγμα τους αισθητήρες, το GPS και η ρομποτική, η AI μπορεί να εκτελέσει εργασίες που διαφορετικά θα απαιτούσαν ανθρώπινη νοημοσύνη ή παρέμβαση. Ψηφιακοί βοηθοί, καθοδήγηση GPS, αυτόνομα οχήματα και εργαλεία γεννητικής AI, όπως είναι το Chat GPT της Open AI, αποτελούν μερικά παραδείγματα στα οποία χρησιμοποιείται η τεχνολογία αυτή.

Ως πεδίο της επιστήμης των υπολογιστών, η τεχνητή νοημοσύνη περιλαμβάνει τη μηχανική μάθηση και τη βαθιά μάθηση, ή Deep Learning. Αυτές οι διακριτές διαδικασίες περιλαμβάνουν την ανάπτυξη αλγορίθμων AI που χρησιμοποιούν πρότυπα παρόμοια με τον ανθρώπινο εγκέφαλο για να πάρει αποφάσεις. Οι αλγόριθμοι αυτοί του AI χρησιμοποιούν παρόμοιες τεχνικές με την ML που είδαμε παραπάνω.

Κάποια παραδείγματα από την πραγματική ζωή είναι η χρήση τους σε συνδυασμό με άλλες τεχνολογίες όπως το IoT στην εφοδιαστική αλυσίδα για βελτιστοποίηση των διαδρομών και εξοικονόμηση πόρων. Επίσης, σε συνδυασμό με αισθητήρες και άλλα μηχανήματα μέτρησης καιρικών συνθηκών οι AI αλγόριθμοι χρησιμοποιούνται για να προβλεφθούν τα καιρικά φαινόμενα έγκαιρα. [25]

3. Βιομηχανικές εφαρμογές που βελτιώνουν την ενεργειακή εξοικονόμηση

Έχοντας , λοιπόν, δει τις σύγχρονες ψηφιακές τεχνολογίες και ορισμένες εφαρμογές τους ήρθε η ώρα να προχωρήσουμε στη χρησιμότητά τους στην βιομηχανία και πώς μπορούν αυτές να βελτιώσουν την ενεργειακή απόδοσή της αλλά και να δημιουργήσουνε προστιθέμενη αξία συνολικά. Όπου μπορούμε, θα επικεντρωθούμε περισσότερο στη βιομηχανία του αλουμινίου και θα εστιάσουμε σε σύγχρονες ψηφιακές εφαρμογές της Βιομηχανίας 4.0 που υπάρχουν ήδη στην αγορά. Με αυτό τον τρόπο χρησιμοποιούμε μία υπαρκτή βάση που μπορούν επιχειρήσεις να χρησιμοποιήσουν άμεσα στις λειτουργίες τους για να βελτιστοποιήσουν την απόδοσή τους.

Αξίζει να σημειωθεί εδώ, ότι η ενεργειακή εξοικονόμηση σε μία βιομηχανική μονάδα ή επιχείρηση οδηγεί σε μειωμένα κόστη παραγωγής και άρα χαμηλότερη τιμή για τον τελικό καταναλωτή. Ταυτόχρονα, μειώνοντας τα λειτουργικά κόστη, ή τα κόστη πωληθέντων εμπορευμάτων ανάλογα τη χρηματοοικονομική λογιστική μέθοδο που ακολουθεί η εκάστοτε εταιρεία για το που χρεώνει τα έξοδα ενέργειας, αυξάνονται τα κέρδη της επιχείρησης, τα οποία τελικά μεταφράζονται σε προστιθέμενη αξία για τους μετόχους είτε σε μορφή διανεμόμενων μερισμάτων από τη χρήση, είτε σαν αυξημένη λογιστική αξία μετοχής μέσω της αύξησης των ρευστών ή ισοδύναμων της επιχείρησης. Τα οικονομικά οφέλη έρχονται να προστεθούν στα περιβαλλοντικά οφέλη από την μείωση της κατανάλωσης ενέργειας.

Έχοντας δει τους λόγους για τους οποίους η εξοικονόμηση ενέργειας έχει θετικό αντίκτυπο για όλα τα μέρη, πάμε να δούμε υπαρκτές ψηφιακές τεχνολογίες που μπορούν να βοηθήσουν προς την κατεύθυνση αυτή.

3.1 Έξυπνοι μετρητές

Για αρχή θα ξεκινήσουμε με το πιο βασικό κομμάτι στην εξοικονόμηση ενέργειας στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις που αποτελεί η εγκατάσταση έξυπνων μετρητών. Ένας έξυπνος μετρητής ηλεκτρικής ενέργειας είναι μια ασύρματη φορητή συσκευή νέας τεχνολογίας, η οποία παρακολουθεί και ελέγχει την ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνουμε και υπολογίζει το κόστος λειτουργίας των ηλεκτρικών συσκευών που έχουμε στο σπίτι ή στην επιχείρηση σε πραγματικό χρόνο. [26] Ο σκοπός της χρήσης αυτής της ψηφιακής τεχνολογίας είναι να αναγνωριστούν και να

χαρτογραφηθούν ανά τομέα της επιχείρησης η κατανάλωση ενέργειας. Η χαρτογράφηση αυτή δε θα γίνει μόνο κτηριακά αλλά μπορεί να διαχωριστεί στα επίπεδα που επιθυμεί η επιχείρηση. [27]



Εικόνα 16: Έξυπνος Μετρητής (πηγή: Solarman)

Έτσι, μπορούν να τοποθετηθούν έξυπνοι μετρητές ανά αλυσίδα παραγωγής ή μεταποίησης και να διαγνωστεί έγκαιρα, για παράδειγμα, κάποια διαρροή σε περίπτωση που όμοιες μονάδες παραγωγής, που υπάρχουν πολλές στην εποχή της παραγωγής κλίμακας, έχουν διαφορετικές καταναλώσεις. Επιπλέον, μπορεί η επιχείρηση να διαπιστώσει ότι η απόδοση ενός μηχανήματος έχει πέσει αρκετά και να προχωρήσει σε ταχύτερη συντήρησή του ή και αντικατάστασή του αυξάνοντας έτσι την παραγωγικότητα ανά μονάδα καταναλισκόμενης ενέργειας. [28]

Επιπροσθέτως, οι έξυπνοι μετρητές μπορούν να δώσουν στοιχεία για τις χρονικές στιγμές αυξημένης ζήτησης. Οι επιχειρήσεις με αυτόν τον τρόπο θα έχουν τη δυνατότητα ισομερισμού της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας μέσα στη μέρα πετυχαίνοντας πιο σταθερή κατανομή της. Με αυτόν το τρόπο πετυχαίνει εξοικονόμηση στα υλικά εγκατάστασης τόσο για την ίδια επιχείρηση όσο και για την υπεύθυνη για το κύκλωμα διανομής επιχείρησης. Εξοικονομείται κόστος εγκατάστασης χαλκού καθώς οι ανάγκες στη μέγιστη ενεργειακή ανάγκη είναι μειωμένη και η διατομή των καλωδίων μπορεί να είναι μικρότερη.

Ταυτόχρονα, μειώνεται και η πίεση στη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας που οδηγεί σε χαμηλότερη τιμή στο χρηματιστήριο ενέργειας και άρα χαμηλότερη τιμή για τους καταναλωτές που συνεπάγεται χαμηλότερη τιμή. [29] Οι έξυπνοι μετρητές, λοιπόν, αποτελούν μία ψηφιακή τεχνολογία που βοηθάει με διπλό τρόπο στην εξοικονόμηση ενέργειας και πόρων μία επιχείρηση. Ειδικά στη βιομηχανία αλουμινίου η ηλεκτρική ενέργεια που χρειάζεται στην εξόρυξη και μετέπειτα στο

λιώσιμο και πρωταρχική επεξεργασία του αλουμινίου είναι εξαιρετικά ενεργειακά έντονη. [30] Έτσι, η παρακολούθησή της και η σωστή διαχείρισή της μπορεί να προσφέρει μεγάλα περιθώρια ενεργειακής εξοικονόμησης στη βιομηχανία αλουμινίου.

Στην επίτευξη καλύτερης παρακολούθησης μέσω της συλλογής δεδομένων από τους έξυπνους μετρητές, ανάλυσης και διαχείρισης βοηθάει η τεχνολογία IoT. Μέσω αυτής, οι έξυπνοι μετρητές συνδέονται στο διαδίκτυο για να μεταφέρουν δεδομένα σε ένα Σύστημα Διαχείρισης Ενέργειας ή EMS. Στο επόμενο υποκεφάλαιο θα δούμε πως λειτουργεί ένα τέτοιο σύστημα.

3.2 Σύστημα Διαχείρισης Ενέργειας

Ένα Σύστημα Διαχείρισης Ενέργειας είναι ένα σύστημα για τους καταναλωτές ενέργειας, συμπεριλαμβανομένων των βιομηχανικών, εμπορικών και οργανισμών του δημόσιου τομέα, για τη διαχείριση της ενεργειακής τους χρήσης. Επιπλέον, αποτελεί ένα πλαίσιο που βοηθά τις εταιρείες να εντοπίσουν ευκαιρίες να υιοθετήσουν και να βελτιώσουν τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας, συμπεριλαμβανομένων εκείνων που δεν απαιτούν απαραίτητα υψηλές επενδύσεις κεφαλαίου. [31] Ένα EMS είναι ο συνδυασμός υλικού και λογισμικού που επιτρέπει τη διαχείριση ενέργειας.

Συχνά το λογισμικό ενός EMS μπορεί να είναι εγκατεστημένο σε ένα κεντρικό σημείο, για παράδειγμα ένα διαδικτυακό γραφικό περιβάλλον ή διασύνδεση χρήση (GUI) στο cloud ή και τοπικά στην επιχείρηση σε servers. Το λογισμικό του συστήματος αποτελείται από έξυπνους αλγόριθμους. Αυτά επεξεργάζονται τα δεδομένα και προτείνουν μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας. Όσο αναφορά το υλικό ενός EMS, συχνά αποτελείται από αισθητήρες και άλλα εργαλεία και μηχανήματα με συνδεσιμότητα, IoT, που τροφοδοτούν με δεδομένα το EMS. Παράδειγμα αποτελούν και οι έξυπνοι μετρητές που είδαμε νωρίτερα. [32]

Ας δούμε, όμως, με ποιους τρόπους δύναται ένα EMS να βοηθήσει στην εξοικονόμηση ενέργειας. Αρχικά, μέσω της ρύθμισης των συστημάτων ενέργειας και του ελέγχου των μηχανημάτων. Ένα τέτοιο σύστημα έχει αρκετά επίπεδα τα οποία συνεργάζονται για να μειώσει τη κατανάλωση ενέργειας με πρώτο το επίπεδο της συσκευής ή του μηχανήματος. Αυτά έχουν αισθητήρες για τη συλλογή περιβαλλοντικών δεδομένων καθώς και μηχανισμό για να ενεργούν αυτόματα σε αυτά τα δεδομένα. Έπειτα, το επίπεδο της επικοινωνίας με άλλες συσκευές ή με το κεντρικό σύστημα για τη μεταφορά δεδομένων. Στη συνέχεια είναι το σύστημα με το

λογισμικό που επεξεργάζεται αυτά τα δεδομένα και στέλνει την εντολή για την αυτόματη δράση ή μέσω του τέταρτου στρώματος η εφαρμογή που επιτρέπει στον χρήστη να προβεί στην ενέργεια που επιθυμεί.

Ένας δεύτερος τρόπος εξοικονόμησης ενέργειας είναι με τη μέτρηση της ενεργειακής κατανάλωσης. Το EMS προχωράει σε ανάλυση των δεδομένων κατανάλωσης και βοηθάει την επιχείρηση σε καλύτερη διαχείριση αποτρέποντας άσκοπη χρήση. Τα δεδομένα συλλέγονται με τη χρήση της τεχνολογίας IoT και στέλνονται στο EMS το οποίο τα φιλτράρει, τα ταξινομεί και τα παρουσιάζει σε εύκολα αναγνώσιμη από τον υπεύθυνο της εταιρείας μορφή. Ύστερα, οι ειδικοί μπορούν να πάρουν τις αποφάσεις τους για το πώς θα διαχειριστούν τα δεδομένα αυτά λαμβάνοντας υπόψη τους επιχειρησιακούς, θεσμικούς, νομικούς και επιχειρηματικούς παράγοντες της επιχείρησης. Πάντως, σε βιομηχανίες όπως του αλουμινίου που οι καταναλώσεις είναι μεγάλες, ακόμα και μία μικρή αλλαγή μπορεί να μεταφραστεί σε μία μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας.

Ο τρίτος τρόπος που συνεισφέρουν τα EMS σε αυτήν την κατεύθυνση είναι με το να γίνεται αυτόματα η συλλογή δεδομένων από IoT συσκευές που είναι energy efficient συγκριτικά με το να γίνονται χειροκίνητες μετρήσεις που έχουν ενεργειακό κόστος οδοιπορικών για το προσωπικό της βιομηχανίας που κάνει τις μετρήσεις, ενώ και οι παραδοσιακές συσκευές μπορεί να χρησιμοποιούν μπαταρίες. Επίσης, η επεξεργασία και ανάλυση των δεδομένων γίνεται κεντρικά από ένα υπολογιστικό σύστημα και σε πραγματικό χρόνο. Έτσι, δεν χρειάζεται το σύστημα να παραμένει ανοιχτό τις ώρες που δεν λειτουργεί η βιομηχανική μονάδα αλουμινίου ώστε να επεξεργάζεται δεδομένα.

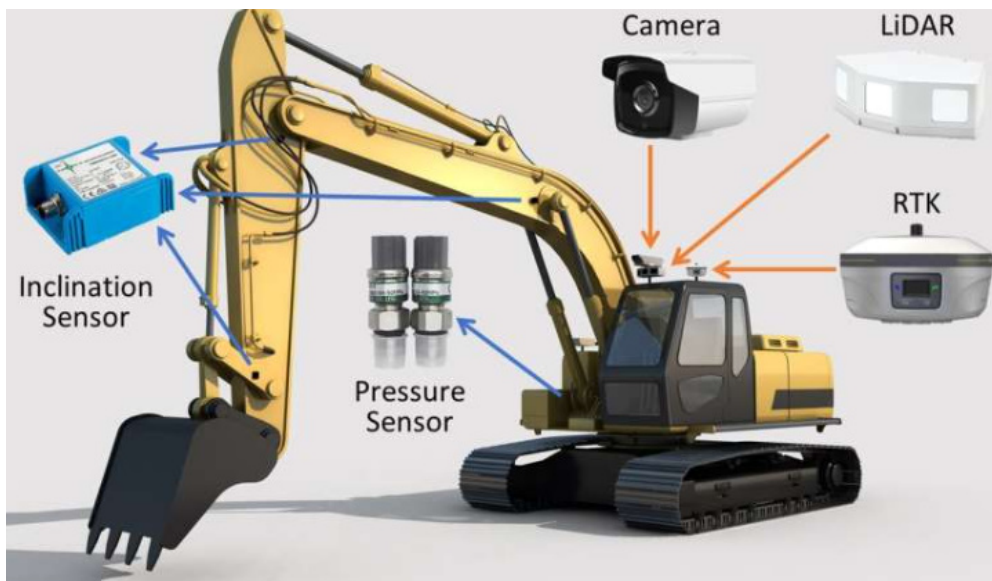
Κάποιοι επιπρόσθετοι τρόποι ενεργειακής εξοικονόμησης με συστήματα EMS είναι με την καλύτερη αποδοτικότητά τους σε σχέση με παραδοσιακές τεχνολογίες, με μειωμένα κόστη αποθηκεύοντας ενέργεια τις ώρες που είναι πιο φτηνή ώστε να χρησιμοποιηθεί στις ώρες αιχμής, με την προϋπόθεση βέβαια ότι η επιχείρηση διαθέτει τέτοιο σύστημα, και ανταπόκριση σε πραγματικό χρόνο όπως είναι η προσαρμογή φωτός σε διαφορετικά μέρη της επιχείρησης. Τέλος, ένα ακόμα βασικό πλεονέκτημα είναι η ενσωμάτωση που προσφέρει ως επιλογή με μελλοντικές ψηφιακές τεχνολογίες και εφαρμογές. [33] [34]

Βέβαια, τα EMS έχουν τη δυνατότητα αυτόματων ενημερώσεων προς τους χρήστες τους όπως θα δούμε σε παρακάτω υποκεφάλαιο.

3.3 Εξόρυξη μεταλλευμάτων

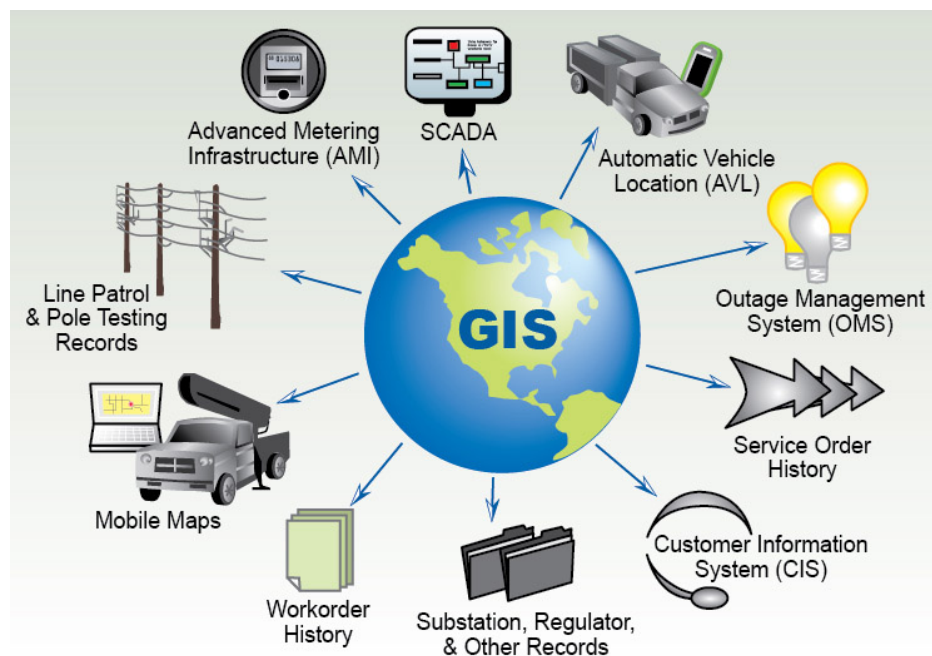
Η Βιομηχανία 4.0 στο τομέα της εξόρυξης πρώτων υλών και μετάλλων έχει ονομαστεί Mining 4.0 ή Εξόρυξη 4.0 και αναφέρεται στην ενσωμάτωση ψηφιακών τεχνολογιών στην βιομηχανία εξόρυξης. Συγκεκριμένα, ψηφιακές τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται στον τομέα της εξόρυξης είναι η ρομποτική, τα AI συστήματα και τα IoT με σκοπό να αυτοματοποιήσουν και να βελτιστοποιήσουν τις επιχειρησιακές διαδικασίες. Τα δεδομένα παράγονται και στέλνονται από τους αισθητήρες σε ένα κεντρικό σύστημα το οποίο τα αναλύει και τα επεξεργάζεται. Το πληροφοριακό αυτό σύστημα εξάγει αποτελέσματα και προτάσεις για το πώς μπορούν να βελτιωθεί η απόδοση των διάφορων μηχανημάτων. [35]

Επίσης, η ενεργειακή εξοικονόμηση επιτυγχάνεται με την χρήση της ψηφιακής τεχνολογίας των αυτόνομων οχημάτων για την εξόρυξη και μεταφορά των μεταλλευμάτων, όπως είναι το αλουμίνιο. Τα αυτόνομα οχήματα εξοικονομούν περαιτέρω πόρους καθώς η συντήρηση μπορεί να προβλεφθεί το οποίο οδηγεί σε μείωση του χρόνου διακοπής λειτουργίας και αύξηση της απόδοσης των οχημάτων. Από τη στιγμή που δεν οδηγούνται από ανθρώπους, μειώνεται το ανθρώπινο λάθος άρα και η ενέργεια που δαπανάται ώστε να πάνε για επιδιόρθωση. [36] Η απομακρυσμένη επικοινωνία μπορεί να επιτευχθεί με την 5G τεχνολογία ώστε να υπάρχει ταχύτητα και αξιοπιστία στην αμφίδρομη ανταλλαγή πληροφοριών και εντολών μεταξύ των οχημάτων και μηχανημάτων εξόρυξης στο πεδίο και στα λατομεία και των χειριστών στο κέντρο ελέγχου ή επιχειρήσεων. [42]



Εικόνα 17: Αυτόνομος Εκσκαφέας (πηγή: Tech Xplore)

Εκτός αυτών, η υιοθέτηση τεχνολογιών γεωχωρικής τεχνολογίας και ανάλυσης βελτιώνει την απόδοση σε ολόκληρη την εφοδιαστική αλυσίδα εξόρυξης. Ομοίως, τα γεωχωρικά δεδομένα και τα ισχυρά μοντέλα AI μπορούν να ενισχύσουν τον ψηφιακό μετασχηματισμό της βιομηχανίας αλουμινίου αλλά και γενικότερα του κλάδου των μεταλλευμάτων. Ταυτόχρονα, η γεωχωρική ανάλυση βοηθάει σε ακριβέστερη αξιοποίηση των φυσικών πόρων βοηθώντας στην μη σπατάλη ενεργειακών πόρων για άσκοπες εξορύξεις που συνεπάγεται και καταστροφή του περιβάλλοντος. Πιο στοχευόμενη εξόρυξη σημαίνει εξοικονόμηση ενέργειας και εν γένει πόρων, η οποία οδηγεί σε καλύτερη απόδοση και υψηλότερο ROI για τις επιχειρήσεις εξόρυξης όπως οι βιομηχανίες αλουμινίου. [35]



Εικόνα 18: Γεωχωρική Τεχνολογία - GIS (πηγή: Geospatial World)

Η γεωχωρική ανάλυση για να εξάγει ορθά και ακριβή αποτελέσματα χρειάζεται μεγάλο όγκο δεδομένων. Τα πλήθος αυτό των δεδομένων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εκπαιδεύσει ML και AI αλγορίθμους τόσο supervised και unsupervised. Εκτός, λοιπόν, από τους αισθητήρες, τους δορυφόρους και οποιουδήποτε άλλους μηχανισμούς συγκέντρωσης δεδομένων, χρειάζονται και υπολογιστικά συστήματα που να μπορούν να υποστηρίξουν την ανάλυση των δεδομένων. Οι βιομηχανίες αλουμινίου, όπως και οι άλλες του κλάδου που εξορύσσουν άλλα μέταλλα, δεν είναι εταιρείες πληροφορικής και δεν έχουν πάντα τις υποδομές. Έτσι, μπορούν να καταφύγουν στο cloud και σε SaaS ώστε να μπορέσουν να

συγκεντρώσουν τα δεδομένα τους, να κάνουν τις αναλύσεις τους και να αποθηκεύσουν τα πορίσματά τους.

Μία επιπλέον ψηφιακή τεχνολογία που βοηθάει στην ενεργειακή εξοικονόμηση είναι αυτή του Ψηφιακού Διδύμου. Αφού οι εταιρείες συλλέξουν τα δεδομένα τους και χαρτογραφήσουν τα λατομεία τους, μπορούν να δημιουργήσουν ένα ψηφιακό δίδυμο σε ασφαλές περιβάλλον για να σχεδιάσουν τη στρατηγική εξόρυξης και να βελτιστοποιήσουν τη μεθοδολογία τους. Επίσης, θα μπορούν να χτίσουν πιο αποτελεσματικά την εφοδιαστική αλυσίδα τους και να καταστρώσουν εναλλακτικά σενάρια μέσα από ποικίλες προσομοιώσεις. Επιπρόσθετα, έχουν τη δυνατότητα να κατασκευάσουν τις κατάλληλες υποστηρικτικές εγκαταστάσεις και τις μεταποιητικές βιομηχανικές μονάδες τους σε βελτιστοποιημένα σημεία με βάση τις γεωχωρικές μελέτες και τα υπολογιστικά αποτελέσματα των ΑΙ μοντέλων. Όλα τα παραπάνω οδηγούν σε μείωση της ενέργειας που χρειάζεται το σύστημα συνολικά, καθώς οι διαδρομές είναι βελτιωμένες και συντομότερες, αλλά και σε καλύτερη και ασφαλέστερη αξιοποίηση του ανθρώπινου δυναμικού. [37]

Για να φτάσουν όμως τα εξορυχθέντα υλικά στις αποθήκες ώστε μετά να πάνε στις βιομηχανικές μονάδες για επεξεργασία και μεταποίηση, μεσολαβεί μία εφοδιαστική αλυσίδα. Στο επόμενο υποκεφάλαιο θα δούμε πως οι ψηφιακές εφαρμογές και τεχνολογίες βοηθάνε στην εξοικονόμηση ενέργειας στο κομμάτι αυτό.

3.4 Εφοδιαστική αλυσίδα

Η εφοδιαστική αλυσίδα κατέχει τη νευραλγική θέση της αρτηρίας στη δομή μίας επιχείρησης και ακόμα πιο πολύ σε μία επιχειρησιακή λειτουργία φυσικών αντικειμένων. Ακόμα και αν όλα τα υπόλοιπα κομμάτια λειτουργούν άριστα, αν η εφοδιαστική αλυσίδα δεν μεταφέρει αξιόπιστα, γρήγορα και αποδοτικά τις πρώτες ύλες, τα ενδιάμεσα προϊόντα και τα τελικά τότε δεν έχουμε το επιθυμητό αποτέλεσμα. Ειδικά οι βιομηχανίες μεταλλευμάτων, μέρος αυτών και η βιομηχανία αλουμινίου, που στηρίζονται στη μεταφορά φυσικών αγαθών αν δεν έχουν μία σωστά δομημένη εφοδιαστική αλυσίδα, είναι σαν να μην λειτουργούν καθόλου. Μάλιστα, με τις απρόβλεπτες μακροοικονομικές κρίσεις των τελευταίων ετών όπως είναι η πανδημία του Covid 19 [38] και το κλείσιμο της διώρυγας του Σουέζ [39] η ανάγκη για άμεση εύρεση εναλλακτικών και η βελτιστοποίηση, που θα οδηγήσει και σε ενεργειακή εξοικονόμηση, του συνόλου του κλάδου έγινε ακόμα πιο επιτακτική και άμεση.

Για να δούμε ποιες ψηφιακές τεχνολογίες και εφαρμογές μπορούν να βοηθήσουν την ενεργειακή εξοικονόμηση στον τομέα της εφοδιαστικής αλυσίδας πρέπει να δούμε τους τομείς της στους οποίους μπορούν να διεισδύσουν οι εφαρμογές αυτές. Ένα μεγάλο κομμάτι των προβλημάτων στον κλάδο αυτό ξεκινάει από τα απρόβλεπτα γεγονότα. Αν εξαιρέσουμε τα φυσικά φαινόμενα που σπάνια θα προκαλέσουν μεγάλης κλίμακας προβλήματα, τα περισσότερα οφείλονται σε ανθρώπινα λάθη και παραβλέψεις. Οι ψηφιακές εφαρμογές που εισάγουν αυτονομία έρχονται να καλύψουν στο σημείο αυτό. Οι αυτόνομες λειτουργίες αφορούν τη μόχλευση της τεχνολογίας για τη βελτίωση της απόδοσης και τον περιορισμό των λαθών.

Ας δούμε τι σημαίνει και προσφέρει η αυτονομία στις επιχειρήσεις. Σε ένα αυτόνομο αυτοκίνητο, για παράδειγμα, σημαίνει βελτίωση της ασφάλειας αξιοποιώντας τη δύναμη της τεχνολογίας για βελτιστοποιημένη οδήγηση, που σημαίνει και ενεργειακή εξοικονόμηση, και αποφυγή ανθρώπινου λάθους που οδηγεί σε αραιότερη συντήρηση και επισκευές. Σε έκτακτες περιπτώσεις που δεν είναι δυνατή ή νομικά αποδεχτή η αυτόνομη οδήγηση, ο χειριστής μπορεί να επέμβει με χρήση 5G τεχνολογίας και να οδηγήσει το όχημα. [42]

Στη βιομηχανική αυτονομία, σημαίνει βελτίωση της παραγωγής, της απόδοσης, της αξιοπιστίας και της αποδοτικότητας μέσω της καλύτερης χρήσης των δεδομένων. Η βιομηχανική αυτονομία χωρίζεται σε κατηγορίες όπως για παράδειγμα τον έλεγχο των λειτουργιών, τη βελτιστοποίηση μέσω ανάλυσης δεδομένων από ευφυή και ΑΙ συστήματα και τις απομακρυσμένες λειτουργίες αλλά θα τη δούμε στο επόμενο υποκεφάλαιο. Σε όλες τις προαναφερθέντες λειτουργίες οι ΙοΤ εφαρμογές παίζουν αναπόσπαστο και νευραλγικό ρόλο. [40]

Στον κλάδο της εφοδιαστικής αλυσίδας τα δεδομένα έρχονται από αρκετά σημεία. Τα κυριότερα είναι τα οχήματα που μεταφέρουν τα προϊόντα και τα πληροφοριακά συστήματα που επεξεργάζονται και συντονίζουν τις παραγγελίες και τα αποθέματα. Τα οχήματα στέλνουν πληροφορίες για το που βρίσκονται, με τι ταχύτητα κινούνται, πόσο προβλέπεται να διαρκέσει η διαδρομή τους, τι υλικά και προϊόντα μεταφέρουν, τι καιρικές συνθήκες επικρατούν και άλλα. Τα συστήματα παραγγελιών λαμβάνουν τις παραγγελίες από τους πελάτες είτε εσωτερικούς της επιχείρησης, για ημιέτοιμα ή ενδιάμεσα προϊόντα, είτε εξωτερικούς. Τα συστήματα διαχείρισης αποθεμάτων χρησιμοποιούν τεχνολογίες όπως είναι το σκανάρισμα του barcode για γνωρίζουν το ύψος του αποθέματος και να εξυπηρετήσουν τις παραπάνω

παραγγελίες. Υπάρχουν ψηφιακές εφαρμογές που τα παντρεύουν αυτά τα δύο και μάλιστα ολοκληρωμένες ERP εφαρμογές που ενσωματώνουν τη τιμολόγηση της παραγγελίας και την εξόφλησή της από τον πελάτη.

Με τη χρήση εφαρμογών Ψηφιακού Διδύμου η επιχείρηση αλουμινίου μπορεί να καθορίσει το ύψος των παραγγελιών, να υπολογίσει τα αποθέματα της και έτσι να καθορίσει το ύψος της παραγωγής και άρα και το τι πρώτη ύλη πρέπει να παράγει ή να προμηθευτεί αν δεν έχει ήδη. Επίσης, μπορεί να καθορίσει διαφορετικά πιθανά σενάρια με βάση τα ιστορικά δεδομένα που έχει και εισάγοντας στο Ψηφιακό Δίδυμο διάφορες παραμέτρους ώστε να τρέξει ένα σύνολο προσομοιώσεων και να βρει το βέλτιστο σημείο παραγωγής ώστε να μην υπάρχει περιττή και έτσι να εξοικονομούνται ενέργεια και πόροι. Οι προσομοιώσεις αυτές μπορούν να λαμβάνουν υπόψη και ιστορικά στοιχεία για την τιμή του μετάλλου ώστε να τιμολογήσει κατάλληλα με δέντρα αποφάσεων, ή ακόμα και να προβλέψει με χρήση γεωχωρικής τεχνολογίας και πρόβλεψης καιρικών συνθηκών τις πιθανές καθυστερήσεις της παράδοσης στον πελάτη. Τα σενάρια αυτά μπορούν να βγάζουν και βέλτιστη διαδρομή για τα αυτόνομα οχήματα ώστε να εξοικονομήσουν ενέργεια. [41]

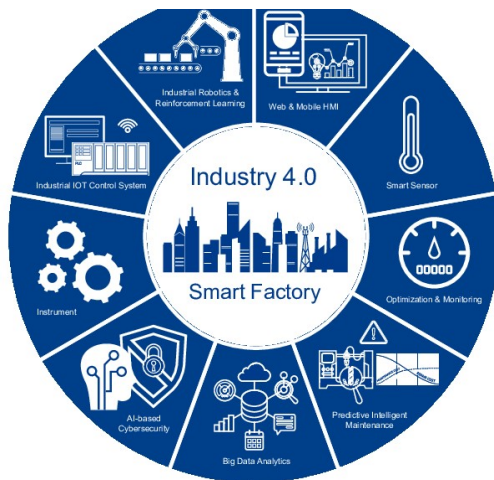
Τέλος, το Blockchain έχει πολλές εφαρμογές στην εφοδιαστική αλυσίδα, από τη δημιουργία έξυπνων συμβάσεων με προμηθευτές έως την παρακολούθηση της προέλευσης των αγαθών και τη διαχείριση σε όλο το ταξίδι της εφοδιαστικής αλυσίδας. [44] Ωστόσο, η εφοδιαστική αλυσίδα αποτελεί το μέσο μεταφοράς που χωρίς την παραγωγική διαδικασία στην βιομηχανική μονάδα δεν έχει να προσφέρει κάτι από μόνη της. Στο επόμενο υποκεφάλαιο θα δούμε πως οι ψηφιακές εφαρμογές της Βιομηχανίας 4.0 μπορούν να βοηθήσουν στην εξοικονόμηση ενέργειας στην βιομηχανική παραγωγή.

3.5 Το έξυπνο εργοστάσιο & η έξυπνη μεταποίηση

Οι όροι έξυπνο εργοστάσιο και μεταποίηση ή smart factory και smart manufacturing αντίστοιχα αναφέρονται στην ψηφιοποίηση των γραμμών παραγωγής με την αξιοποίηση τεχνολογιών Industry 4.0, αυτοματοποίηση και διασύνδεση των αλυσίδων εφοδιασμού, σχεδιασμό και παραγωγή έξυπνων προϊόντων και υπηρεσιών, εφαρμογή τεχνολογιών ΑΙ και άλλων ψηφιακών συστημάτων για τη βελτίωση της αποδοτικότητας κόστους, διασφάλιση ποιότητας και διαχείρισης κινδύνων, μελέτες σκοπιμότητας και ερευνών αγοράς για την ανάπτυξη νέων έξυπνων προϊόντων και υπηρεσιών. [43] Ουσιαστικά αποτελεί ένα διασυνδεδεμένο δίκτυο μηχανών,

μηχανισμών επικοινωνίας και υπολογιστικής ισχύος, και μέσω ενός κυβερνο-φυσικού συστήματος, το οποίο χρησιμοποιεί προηγμένες τεχνολογίες, όπως τεχνητή νοημοσύνη (AI) και μηχανική μάθηση, για την ανάλυση δεδομένων, την προώθηση αυτοματοποιημένων διαδικασιών και την αυτόματη εκπαίδευσή του.

Πολλές βιομηχανικές μονάδες χρησιμοποιούν από την 3^η, κιάλας, βιομηχανική επανάσταση αυτοματοποιημένες διαδικασίες και ρομποτική τεχνολογία στις αλυσίδες παραγωγής τους. Επίσης, χρησιμοποιούν εδώ και χρόνια σαρωτές γραμμωτού κώδικα, κάμερες και ψηφιοποιημένο εξοπλισμό παραγωγής σε διάφορα μέρη της λειτουργίας τους καθώς και άλλες σύγχρονες τεχνολογίες. Ωστόσο, όλα τα παραπάνω δεν αλληλεπιδρούν μεταξύ τους άμεσα με αποτέλεσμα αυτό να κοστίζει πόρους καθώς λειτουργούν ανεξάρτητα. Εδώ έρχεται να μπει η Βιομηχανία 4.0 και οι ψηφιακές εφαρμογές που εισάγει ώστε να ενώσει όλα τα παραπάνω και να λειτουργούν όσο πιο βελτιστοποιημένα γίνεται. Αυτή η βελτιστοποίηση οδηγεί σε εξοικονόμηση πόρων. Μάλιστα, μπορεί να επιτευχθεί περαιτέρω ενεργειακή εξοικονόμηση με τη χρήση εφαρμογών Edge computing ώστε να μη χάνεται καθόλου χρόνος και ακολούθως ενέργεια κατά τη διάρκεια διεπαφής μεταξύ των μερών που θα δούμε παρακάτω.



Εικόνα 19: Smart Factory (πηγή: Kim Phuc TRAN)

Η δομή ενός έξυπνου εργοστασίου χωρίζεται σε τρία βασικά μέρη. Αρχικά, έχουμε την συλλογή των δεδομένων από τις διάφορες λειτουργίες του. Τα δεδομένα αυτά μπορεί να είναι από τα αποθέματα της αποθήκης μέχρι τα στυλό του λογιστηρίου, μέχρι τον αριθμό των παραγγελιών ενός προϊόντος, τη θερμοκρασία του κάθε δωματίου, την υγρασία αλλά μέχρι και τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή αλουμιένιων σωλήνων διατομής 4 ιντσών για μία παραγγελία καλωδίωσης σε ένα νέο ξενοδοχείο. Τα δεδομένα αυτά συλλέγονται μέσω

αισθητήρων και χρήσης IoT, μέσω της διασύνδεσης με άλλα συστήματα ή και χειροκίνητα από τον άνθρωπο.

Υστερα, έρχεται η ανάλυση όλων των παραπάνω δεδομένων από το ERP σύστημα και τις AI ψηφιακές εφαρμογές σε συνεργασία με τις καθορισμένες διασυνδέσεις μεταξύ των μερών του πρώτου μέρους. Αν, για παράδειγμα, η θερμοκρασία στο μέρος που ψύχεται το αλουμίνιο μετά την επεξεργασία που του έδωσε ένα συγκεκριμένο σχήμα αρχίζει για κάποιο λόγο να ανεβαίνει πέρα τους 600 βαθμούς Κελσίου τότε μπορεί να αλλοιωθεί η μορφή του με αποτέλεσμα να υπάρχει κίνδυνος επιστροφής του υλικού. Αντίστοιχα, αν ένα μηχάνημα δουλεύει βέλτιστα σε θερμοκρασία 90 βαθμών Κελσίου και ξαφνικά ο αισθητήρας δείξει 100 τότε υπάρχει περίπτωση υπολειτουργίας και άρα σπατάλης ενέργειας.

Σε αυτή τη περίπτωση έρχεται το τρίτο και τελευταίο βασικό μέρος ενός έξυπνου εργοστασίου που είναι η αυτόματη παρέμβαση από το σύστημα. Αυτή μπορεί να γίνει διορθωτικά, όπως στην παραπάνω μηχανή όπου θα διορθώσει τη θερμοκρασία της με αυτόματο σύστημα ψύξης της, ή επεμβατικά σε περίπτωση που κάποιος ανιχνευτής καπνού σημάνει να ενεργοποιηθεί αυτόματα το σύστημα πυρόσβεσης του συγκεκριμένου χώρου ή να στείλει μία ειδοποίηση στον αρμόδιο άνθρωπο και γενικά οποιαδήποτε άλλη επιλογή έχει εισαχθεί στο σύστημα.

Με την υπάρχουσα τεχνολογία όλη η παραπάνω διαχείριση μπορεί να γίνει και απομακρυσμένα με την δημιουργία ενός Ψηφιακού Διδύμου το οποίο εκτός από την καθημερινή επιχειρησιακή διαδικασία μπορεί να τρέξει και προσομοιώσεις για πιθανές βελτιστοποιήσεις ή διαχείριση έκτακτων περιστατικών, προγραμματισμό συντηρήσεων και άλλα. Τα δεδομένα του πρώτου βήματος μπορούν να αποθηκεύονται στο cloud ώστε η επιχείρηση να εξοικονομεί την ενέργεια σε σχέση με το να διατηρεί δικούς της server και υπολογιστικά συστήματα. Επίσης, στα έξυπνα εργοστάσια, το blockchain είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για τη διαχείριση της πρόσβασης σε συνδεδεμένα πάγια και μηχανήματα σε όλη την επιχείρηση, προστατεύοντας την ασφάλεια του συστήματος και την ακρίβεια των αρχείων που κατέχουν αυτές οι συσκευές. [44]

Ένα ισχυρό κεντρικό σύστημα διαχείρισης έξυπνου εργοστασίου δύναται να λάβει πολλαπλά δεδομένα από διαφορετικές πηγές να τα εισάγει στο εσωτερικό του, να τα αναλύσει, να τα επεξεργαστεί, να τα εξάγει και να προχωρήσει στην εφαρμογή βέλτιστων λύσεων χρησιμοποιώντας AI αλγορίθμους. Τα σύγχρονα μηχανήματα και αισθητήρες χρησιμοποιούν IoT εφαρμογές και μπορούν να στείλουν δεδομένα και να

λάβουν εντολές από το σύστημα αυτό. Υπάρχουν πολλά συστήματα στην αγορά τα οποία μπορούν να προσαρμοστούν στον αγοραστή ως προς τις άδειες και το βάθος που επιθυμεί η κάθε επιχείρηση να προχωρήσει στον εκάστοτε τομέα. Για παράδειγμα, μία βιομηχανία αλουμινίου στην Ελλάδα δε την απασχολεί αν στις αποθήκες της έχει χαμηλές θερμοκρασίες καθώς δεν επηρεάζονται οι λειτουργίες της και επίσης η θερμοκρασία δε πέφτει πολύ. Άρα δε θα προσθέσει κάποιον αυτοματισμό για αυτή την περίπτωση καθώς θα είναι ενεργειακή σπατάλη ο επιπρόσθετος κώδικας.

Υπάρχουν, λοιπόν, συστήματα που αναλαμβάνουν από την αρχή μέχρι το τέλος τη παραγωγική διαδικασία της επιχείρησης, από την λήψη της παραγγελίας, την παραγωγή της, το πακετάρισμα, τη φόρτωση και την αποστολή μετά την εξόφλησή της, ή πριν ανάλογα τον κανόνα που έχει η εταιρεία. Μάλιστα, όλα τα παραπάνω μπορούν να τα κάνουν ταυτόχρονα για πολλαπλές παραγγελίες και παραμέτρους και να ετοιμάσουν ένα πρόγραμμα για τα αποθέματα, την παραγωγή ενδιάμεσων, ημιέτοιμων και τελικών προϊόντων, την εξισορρόπηση φόρτου μεταξύ των παραγωγικών μονάδων, ακόμα και αν αυτές είναι απομακρυσμένες και ύστερα τον προγραμματισμό και συντονισμό της εφοδιαστικής αλυσίδας και των παραδόσεων στους πελάτες. Τέλος, μπορεί να αξιολογήσει τα αποτελέσματα, να υπολογίσει τα σφάλματα και τις αποκλίσεις και χρησιμοποιώντας AI αλγορίθμους να καταστρώσει νέο πλάνο το οποίο μπορεί να τεστάρει και αξιολογήσει σε ένα Ψηφιακό Δίδυμο. [45]

Η εφαρμογή του Ψηφιακού Διδύμου μπορεί να χρησιμοποιηθεί και χωρίς ένα τόσο ακριβό και ολοκληρωμένο σύστημα. Ο χειριστής μπορεί να το χρησιμοποιήσει για να τρέξει προσομοιώσεις ή απλά να χειριστεί απομακρυσμένα ένα μηχάνημα και έτσι να εξοικονομήσει ενέργεια καθώς δε θα χρειάζεται να μεταβαίνει στο σημείο του μηχανήματος. Ένα τέτοιο σύστημα χρειάζεται και ψηφιακές εφαρμογές 5G για ταχύτητα και αξιοπιστία, καθώς και IoT ώστε να υπάρχει η διασύνδεση. Για παράδειγμα, αν μία βιομηχανία αλουμινίου έχει τρία εργοστάσια σε τρεις διαφορετικές πόλεις και ένα μηχάνημα που υπάρχει σε κάθε εργοστάσιο πρέπει να χρησιμοποιείται δύο ώρες την ημέρα τότε μπορεί να προσλάβει έναν υπάλληλο να το χειρίζεται απομακρυσμένα και στα τρία εργοστάσια μέσα στο οχτάωρό του.

Οι εφαρμογές είναι πολλές και ο άνθρωπος και οι επιχειρήσεις έχουν πολλές ψηφιακές εφαρμογές στα χέρια τους για να βελτιστοποιήσουν τις διαδικασίες και να προχωρήσουν σε ενεργειακή εξοικονόμηση. Ένα μέρος της εξοικονόμησης αυτής

μπορεί να έρθει και από την έξυπνη συντήρηση του έξυπνου εργοστασίου που θα δούμε στο επόμενο υποκεφάλαιο.

3.6 Έξυπνη συντήρηση

Η έξυπνη συντήρηση, ή smart maintenance, αφορά τη συλλογή δεδομένων από τα μηχανήματα καθώς και από τους αισθητήρες που βρίσκονται μέσα σε μία έξυπνη βιομηχανική μονάδα με σκοπό για την λήψη πιο ολοκληρωμένων και άμεσων αποφάσεων σε πραγματικό χρόνο σχετικά με τη συντήρηση, το απόθεμα, όπως θα δούμε παρακάτω, την αλυσίδα εφοδιασμού όπως είδαμε προηγουμένως, και άλλα. Η ψηφιακή εφαρμογή των IoT είναι απαραίτητο συστατικό για την επιτυχία και την ορθή λειτουργία μίας έξυπνης συντήρησης, ώστε οι μηχανές να μπορούν να συνδέονται στο δίκτυο και να στέλνουν δεδομένα στο κέντρο επεξεργασίας και ανάλυσής τους όσο αναφορά την απόδοσή τους και τις ρυθμίσεις λειτουργίας τους. Επίσης, οι αισθητήρες που βρίσκονται σε διάφορα σημεία του εργοστασίου είναι απαραίτητο να συνδέονται στο κεντρικό σύστημα ώστε να μεταφέρουν δεδομένα για τις συνθήκες που επικρατούν μέσα στο εργοστάσιο και για το αν όλα λειτουργούν όπως πρέπει.

Άλλη μία προϋπόθεση για τη λειτουργία μίας έξυπνης συντήρησης είναι το Edge computing, το οποίο θα επιτρέπει στις βασικές εφαρμογές που χρησιμοποιούνται στα πλαίσια της έξυπνης συντήρησης να ενημερώνονται, να επεξεργάζονται και να δρουν γρήγορα και προπάντων με αξιοπιστία και χωρίς διακοπές. Η βασικότερη ψηφιακή εφαρμογή της έξυπνης συντήρησης είναι οι αισθητήρες πρόβλεψης συντήρησης ή predictive maintenance sensors. Οι αισθητήρες αυτοί παρακολουθούν δεδομένα όπως η θερμοκρασία, οι δονήσεις και ο ήχος των υπερήχων ώστε να κρίνουν την απόδοση του εξοπλισμού. Τα δεδομένα αυτά μέσω AI αλγορίθμων χρησιμοποιούνται για να συγκριθούν με παλιότερα δεδομένα και άρα να προβλεφθούν πιθανά σενάρια συντήρησης ή διορθωτικές κινήσεις σε περίπτωση αντιμετώπισης προβλήματος. Το σημαντικότερο κομμάτι εδώ είναι ότι μπορεί να προβλεφθεί καθώς θα υπάρχει ενεργειακή εξοικονόμηση από την έγκαιρη συντήρηση και επιδιόρθωση του εξοπλισμού ώστε να λειτουργεί το αποδοτικότερο δυνατό. [46]

Έτσι η βιομηχανική μονάδα οδηγείται σε μία κατάσταση προγνωστικής συντήρησης που επιτρέπει την απρόσκοπτη και συνεχή λειτουργία με προγραμματισμό και αποφεύγοντας την αντιμετώπιση δαπανηρών, απρογραμμάτιστων και ενεργοβόρων καταστάσεων λειτουργίας ή και διακοπής. Σε

αυτό το σημείο δημιουργείται προστιθέμενη αξία και από την ψηφιακή εφαρμογή της augmented reality AR τεχνολογίας. Ο υπάλληλος της βιομηχανίας μπορεί να φοράει AR γυαλιά και να έχει πρόσβαση από οπουδήποτε βρίσκεται στο κεντρικό σύστημα και να λαμβάνει, τόσο δεδομένα λειτουργίες και συνθήκες σε πραγματικό χρόνο, όσο και να έχει πρόσβαση σε ιστορικά δεδομένα τόσο από το τμήμα του όσο και από άλλα τμήματα της εταιρείας. Μάλιστα, θα μπορεί να υποβάλλει ερωτήματα στο AI λογισμικό ώστε να του επιστρέψει αυτόματα παλιές αναφορές σχετικές με το θέμα που έχει αναλάβει. Με αυτή τη τεχνολογία και σε συνεργασία με τα Ψηφιακά Δίδυμα θα μπορεί να γίνεται απομακρυσμένη συντήρηση και έτσι να έχουμε περαιτέρω εξοικονόμηση ενέργεια από μετακινήσεις προσωπικού και πόρων από χαμένες εργατοώρες. [47] [48]

Η βιομηχανία αλουμινίου μπορεί να εξοικονομήσει ενέργεια και πόρους χρησιμοποιώντας την έξυπνη και προγνωστική συντήρηση λειτουργώντας με μεγαλύτερη αποδοτικότητα. [49] Ταυτόχρονα, υπάρχουν ψηφιακές εφαρμογές Βιομηχανίας 4.0 που χρησιμοποιούνται στην τήξη του αλουμινίου και μέσω της εγκατάστασης αισθητήρων και χρήσης των IoT, AI τεχνολογιών και μίας γρήγορης διαδικτυακής σύνδεσης, κάποιες εγκαταστάσεις τήξης έχουν γίνει ήδη αυτόνομες. Η βιομηχανία αλουμινίου εγκαθιστά, επίσης, και έξυπνες ενεργειακές οθόνες για την ενίσχυση της ενεργειακής εξοικονόμησης. Οι έξυπνες ενεργειακές οθόνες λειτουργούν ως συνεχείς ελεγκτές ηλεκτρικής ενέργειας. Προειδοποιούν τους χειριστές όταν η χρήση ενέργειας αλλάζει σημαντικά, γεγονός που μπορεί να σημαίνει ζημιά ή διαρροή. Η συλλογή πληροφοριών γίνεται μέσω έξυπνων μετρητών και η ανάλυση μέσω EMS που στη συνέχεια παρουσιάζουν τα αποτελέσματα με ευκατανόητα γραφήματα όπως είδαμε στις παραγράφους 3.1 και 3.2. Στη συνέχεια, οι κατασκευαστές αλουμινίου μπορούν να έχουν πρόσβαση σε αυτές τις πληροφορίες στα smartphone ή τα tablet τους.

Μια άλλη τεχνολογία IoT που βελτιώνει τις εγκαταστάσεις κατασκευής αλουμινίου είναι ο έξυπνος θερμοστάτης. Οι έξυπνοι θερμοστάτες συνδέονται με τα συστήματα θέρμανσης, εξαερισμού και κλιματισμού (HVAC) μιας εγκατάστασης. Η τεχνολογία βασίζεται σε σταθερές συνδέσεις στο Διαδίκτυο για πρόσβαση σε προβλέψεις καιρού σε πραγματικό χρόνο. Οι εγκαταστάσεις παραγωγής αλουμινίου παράγουν σημαντικές ποσότητες θερμότητας κατά την τήξη. Οι έξυπνοι θερμοστάτες μπορούν να βελτιστοποιήσουν τις διαδικασίες ψύξης χρησιμοποιώντας δεδομένα καιρού. Δημιουργούν λιγότερο δροσερό αέρα κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού και

αφήνουν τις εξωτερικές θερμοκρασίες να δροσίσουν τα συστήματα τήξης. Οι έξυπνοι θερμοστάτες μπορούν να βελτιώσουν τη μακροζωία των συστημάτων HVAC και να ελαχιστοποιήσουν τη σπατάλη ενέργειας παρακολουθώντας τις εσωτερικές και εξωτερικές θερμοκρασίες. Χρησιμοποιούν, επίσης, αισθητήρες ανίχνευσης κίνησης για να προσαρμόσουν τα κλίματα εσωτερικών χώρων με βάση τα ποσοστά πληρότητάς τους. Αυτοί οι αισθητήρες ενδέχεται να ανιχνεύσουν πότε οι εργαζόμενοι βρίσκονται εκτός εργοστασίου παραγωγής και να απενεργοποιήσουν τον θερμοστάτη και έτσι να επιτύχουν υψηλότερη εξοικονόμηση ενέργειας. [50]

Τέτοιες ψηφιακές εφαρμογές έχουν ήδη εισχωρήσει, με θεαματικά αποτελέσματα τόσο στα αποτελέσματα χρήσης όσο και στην ενεργειακή εξοικονόμηση, στον ευρύτερο τομέα της βιομηχανίας μετάλλων. [51] Όλα τα παραπάνω συνδέονται και υλοποιούνται μέσω ενός κεντρικού πληροφοριακού συστήματος που αποτελεί και το σημείο αναφοράς της έξυπνης συντήρησης και πολλές φορές είναι κοινό με το έξυπνο εργοστάσιο που είδαμε στο προηγούμενο υποκεφάλαιο. Ωστόσο, πάντα θα χρειάζεται ο υπεύθυνος άνθρωπος να είναι ενήμερος για το τι συμβαίνει στο έξυπνο εργοστάσιο και στην έξυπνη συντήρηση για αυτό ένα τέτοιο σύστημα θα πρέπει να παράγει και τις κατάλληλες ειδοποιήσεις.

3.7 Αυτόματες ειδοποιήσεις

Αναπόσπαστο κομμάτι της έξυπνης συντήρησης των βιομηχανικών μονάδων αποτελούν οι αυτόματες ειδοποιήσεις ή automatic alerting. Σε γενικές γραμμές οποιαδήποτε ψηφιακή τεχνολογία και εφαρμογή μπορεί να συνοδεύεται από ειδοποιήσεις. Ωστόσο, για να αποτελέσουν αυτές κομμάτι της Βιομηχανίας 4.0 πρέπει να έχουν ένα δείκτη ευφυΐας. Αυτό σημαίνει ότι πρέπει να παράγονται και να στέλνονται μόνο σωστές ειδοποιήσεις και όχι ανεξέλεγκτα καθώς στην δεύτερη περίπτωση χάνουν το νόημά τους και παύουν να αποτελούν μέρος του έξυπνου οικοσυστήματος της βιομηχανικής μονάδας. Όταν, λοιπόν, η έξυπνη συντήρηση και επισκευή δε μπορεί από μόνη της να διορθώσει το πρόβλημα, μία ειδοποίηση πρέπει να στέλνεται στην αρμόδια ομάδα.

Στην πιο απλή ειδοποιήσεων, υπάρχουν οι ειδοποιήσεις ασφαλείας που στέλνονται στην έξυπνη συσκευή του χρήστη σε περιπτώσεις που μία κάμερα ασφαλείας εντοπίζει κίνηση. [52] Μία βιομηχανική μονάδα, όμως, δεν περιορίζεται σε τέτοιες μόνο ειδοποιήσεις. Ειδικά, στις μεγάλες βιομηχανίες, όπως είναι του αλουμινίου, που διακυβεύονται και σημαντικά θέματα ασφαλείας αλλά και

οικονομικά και ενεργειακά στοιχεία, καθίσταται επιτακτική ανάγκη η εγκατάσταση ενός συνεπούς και ορθά δομημένου συστήματος αυτόματων ειδοποιήσεων.

Σε περιπτώσεις, λοιπόν, που έχει παρέλθει η ημερομηνία συντήρησης ενός μηχανήματος, η συνθήκες στις αποθήκες δεν είναι αυτές που πρέπει, η απόδοση ενός μηχανήματος έχει μειωθεί, υπάρχει βλάβη σε κάποιο αυτόνομο εκσκαφέα σε ένα ορυχείο ή απλά έχει μειωμένη παραγωγική απόδοση, κάποιο ηλεκτροκίνητο αυτόνομο όχημα καταναλώνει περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια για το φορτίο που έχει και σε αμέτρητες ακόμα άλλες περιπτώσεις, η εκάστοτε αρμόδια ομάδα πρέπει να ειδοποιείται ώστε να ερευνήσει το πρόβλημα και να προχωρήσει σε διορθωτικές κινήσεις. Οι διορθωτικές αυτές κινήσεις θα επαναφέρουν την αποδοτικότητα του συστήματος και οδηγηθούμε σε ενεργειακή εξοικονόμηση.

Σε επόμενο επίπεδο, μέσω της χρήσης των Ψηφιακών Διδύμων το υπεύθυνο προσωπικό θα μπορεί απομακρυσμένα να μελετήσει και αναλύσει την κατάσταση ώστε να σχεδιάσει τη βέλτιστη λύση με προσομοιώσεις. Το κεντρικό σύστημα που στέλνει τις ειδοποιήσεις κρατάει όλα τα στοιχεία και τα στέλνει σε περιοδικές αναφορές στους υπαλλήλους της βιομηχανικής μονάδας ώστε να εκτιμήσουν αν υπάρχει ανάγκη για κάποια επέκταση, αντικατάσταση, έκτακτη επιδιόρθωση και γενικά ενέργεια ώστε να αυξηθεί η αποδοτικότητα του συστήματος και άρα να επιτευχθεί ενεργειακή εξοικονόμηση. Για παράδειγμα, αν ένα μηχανήμα τήξης αλουμινίου παράγει συνεχώς ειδοποιήσεις χαμηλής απόδοσης και στην τριμηνιαία αξιολόγηση έχει τετραπλάσιες ειδοποιήσεις από τα άλλα όμοια μηχανήματα τότε ίσως ήρθε η ώρα αντικατάστασής του ώστε να υπάρξει μεγαλύτερη αποδοτικότητα.

Επιπλέον, το άτομο από την ομάδα συντήρησης που αναλαμβάνει την εξυπηρέτηση της ειδοποίησης απαντάει σε αυτήν ώστε να μην ασχοληθεί κάποιος άλλος. Ταυτόχρονα, καταχωρεί τις κινήσεις του ώστε να ξέρουν και οι υπόλοιποι συνάδελφοι ακόμα και από άλλες βάρδιες τι έχει συμβεί και πως λύθηκε. Όλα αυτά είναι καταχωρημένα στο σύστημα και προσβάσιμα από τους αρμόδιους όποτε επιθυμούν. Κατά την επίλυση του θέματος το σύστημα έχει τη δυνατότητα να στέλνει εκ νέου ειδοποίηση σε περίπτωση που το επιθυμεί η επιχείρηση ή ο υπάλληλος. Όλα τα παραπάνω γίνονται σε πραγματικό χρόνο και αυτοματοποιημένα. [53]

Ωστόσο, οι ειδοποιήσεις δε αφορούν μόνο τα έκτακτα περιστατικά και τις συντηρήσεις. Μπορούν να είναι μέρος και των καθημερινών επιχειρησιακών λειτουργιών της επιχείρησης. Τέτοιες περιπτώσεις αποτελεί η στάθμη αποθεμάτων στις αποθήκες των εταιρειών όπως θα δούμε στο επόμενο υποκεφάλαιο.

3.8 Logistics/auto refillment

Η Βιομηχανία 4.0, όπως είδαμε στα προηγούμενα κεφάλαια, έχει επίδραση σε πολλές καθημερινές διαδικασίες και έργα των βιομηχανικών επιχειρήσεων, όπως είναι η παραγωγή, ο σχεδιασμός της συντήρησης και η εφοδιαστική αλυσίδα. Ωστόσο, για να λειτουργήσουν όλα τα παραπάνω πρέπει να υπάρχει προϊόν που να παράγει η βιομηχανική επιχείρηση και για να υπάρχει προϊόν πρέπει να υπάρχει και η ύλη που το παράγει. Επίσης, για να υπάρχει μία επιχείρηση για παραμείνει βιώσιμη και κερδοφόρα πρέπει να έχει έσοδα και άρα πωλήσεις. Και στα δύο παραπάνω κομμάτια της βιομηχανικής επιχείρησης νευραλγικό ρόλο παίζει η εφοδιαστική αλυσίδα. Για να έχουμε μία σωστά συντονισμένη εφοδιαστική αλυσίδα πρέπει να έχουμε πλήρη γνώση για τα αποθέματά μας στις αποθήκες της βιομηχανικής μονάδας καθώς και ένα εύρωστο σύστημα ειδοποιήσεων ώστε τα στελέχη να ενημερώνονται για τα επίπεδα ανεφοδιασμού. [54]

Για να έχουμε μία αποτελεσματική και αποδοτική βιομηχανική επιχείρηση θα πρέπει να μειώσουμε το κυκλοφορούν ενεργητικό μας όσο γίνεται περισσότερο ώστε να ανέβει η ρευστότητα της εταιρείας και συνεπώς να αυξηθεί τόσο η ασφάλεια των επενδύτων όσο και λογιστική αξία της μετοχής λόγω αύξησης ιδίων κεφαλαίων στο τέλος χρήσης. [55] Έτσι, παραγγέλλοντας ή παράγοντας τις πρώτες ύλες και τα ενδιάμεσα προϊόντα μας τη στιγμή ακριβώς που τα χρειαζόμαστε έχουμε τη δυνατότητα μείωσης των αποθεμάτων στο ελάχιστο και άρα μείωσης του δεσμευόμενου κυκλοφορόντος ενεργητικού. Σε αυτό μπορούν να βοηθήσουν τα Logistics 4.0 όπως ονομάζονται τα Logistics της Βιομηχανίας 4.0. Η χρήση μιας καλά διαμορφωμένης πλατφόρμας ψηφιακής εφοδιαστικής έχει πολλές απαιτήσεις, όπως τη συμμετοχή και τις συνεργασίες μεταξύ προμηθευτών και συνεργατών που εμπλέκονται στη λειτουργία της εφοδιαστικής και την παρουσία ενός κεντρικού συστήματος πληροφοριών, στο οποίο μπορούν να έχουν πρόσβαση όλοι οι ενδιαφερόμενοι. [56]

Η βιομηχανική επιχείρηση μπορεί να έχει μία κεντρική πλατφόρμα στην οποία συνδέονται όλοι οι προμηθευτές και οι πελάτες της. Η πλατφόρμα, μάλιστα, αυτή μπορεί να συντηρείται στο cloud ώστε να υπάρχει ένας ανεξάρτητος διαδικτυακός χώρος εκτός των εγκαταστάσεων της εταιρείας που θα έχουν πρόσβαση όλοι οι συνεργάτες. Σε μία τέτοια εφαρμογή υπάρχουν όλα τα ιστορικά δεδομένα παραγγελιών τόσο των πελατών από την επιχείρηση όσο από την επιχείρηση προς

τους προμηθευτές. ΑΙ αλγόριθμοι μπορούν να αναλύσουν τα δεδομένα και να επιστρέψουν σε ευανάγνωστα γραφήματα, μέσω ενός GUI, οποιαδήποτε αναφορά επιθυμεί το στέλεχος. Ύστερα, το σύστημα αυτό μπορεί να κάνει αυτόματα και μία πρόβλεψη για τις επερχόμενες ανάγκες της επιχείρησης και να καταθέσει αυτόματες παραγγελίες στους προμηθευτές στηριζόμενο και στα υπάρχοντα αποθέματα. Τα συμβόλαια δημιουργούνται και από τη στιγμή που θα συμφωνηθούν και από τις δύο πλευρές μπαίνουν σε ένα blockchain. Μάλιστα, με τις IoT τεχνολογίες που παρουσιάσαμε παραπάνω μπορούμε να προβλέψουμε πότε θα παραδοθούν τα υλικά, πότε θα μπουν στη γραμμή παραγωγής, πόσο θα διαρκέσει η μεταποίησή τους και τέλος να ειδοποιήσουμε αυτόματα τον πελάτη για το πότε θα παραλάβει την παραγγελία του. [57] [58]

Σε όλα τα επίπεδα βέβαια αυτοματισμού ο αρμόδιος υπάλληλος της επιχείρησης ειδοποιείται στον βαθμό που το επιθυμεί. Μπορεί να λαμβάνει αυτόματες ειδοποιήσεις για προβλήματα ή για χαμηλά αποθέματα. Επιπλέον, μπορεί να λαμβάνει αναφορές σε όποια μορφή θέλει για το πόσο γρήγορα έγινε ο ανεφοδιασμός, για το αν το σύστημα παρήγαγε τη σωστή παραγγελία, πότε θα παραληφθεί η παραγγελία, αν την έλαβε ο προμηθευτής σωστά, αν λειτούργησε η αυτόματη αποπληρωμή του τιμολογίου και άλλα. Εκτός αυτών, με τις νέα ψηφιακές εφαρμογές των IoT και Ψηφιακών Διδύμων μπορεί να αναπαρίσταται ο χώρος όλων των αποθηκών της βιομηχανικής μονάδας από τα κεντρικά της επιχείρησης ή από κάποιον υπάλληλο που εργάζεται απομακρυσμένα. Θα μπορεί, λοιπόν, ο αρμόδιος να τοποθετήσει το νέο απόθεμα στο πιο κατάλληλο σημείο ώστε να υπάρξει βελτιστοποίηση στην αξιοποίηση του όγκου των αποθηκών. Αυτό θα έχει σαν αποτέλεσμα με τη σειρά του να μειωθούν οι ανάγκες σε αποθηκευτικό χώρο και άρα να υπάρξει οικονομική και ενεργειακή εξοικονόμηση. Επιπρόσθετα, το υπεύθυνο στέλεχος γνωρίζει τι και που ακριβώς βρίσκεται ο κάθε κωδικός της εταιρείας και να προσαρμόσει κατάλληλα τις συνθήκες θέρμανσης, ψύξης, φωτισμού καθώς και προσβασιμότητας από παλετοφόρα και οποιαδήποτε άλλου τύπου οχήματα.

Όλα τα παραπάνω μπορούν να γίνουν σε πραγματικό χρόνο και κεντρικά και έτσι μειώνονται οι ανάγκες για πολλαπλά γραφεία, μετακινήσεις και αυξημένες ώρες εργασίας και άρα και λειτουργίας εξοικονομώντας με αυτό τον τρόπο περαιτέρω ενέργεια. Οι απομακρυσμένες ειδοποιήσεις και η αυτόνομη ή απομακρυσμένη λειτουργία οχημάτων και γραμμών παραγωγής εξοικονομεί περαιτέρω πόρους, καθώς το ανθρώπινο κεφάλαιο της εταιρείας μπορεί να ασχοληθεί με στρατηγικό

προγραμματισμό και έργα και να αφήσει τη καθημερινή λειτουργία σε αυτόνομο σύστημα. Έτσι, βιομηχανική επιχείρηση γίνεται πιο αποδοτική και άρα εξοικονομεί ενέργεια και πόρους. [59]

Η διαχείριση των αποθεμάτων και του αποθηκευτικού χώρου όμως είναι το ένα μέρος της διαχείρισης της επιχείρησης. Υπάρχει και το μέρος που απευθύνεται στον πελάτη, τις παραγγελίες του και την εξυπηρέτησή τους όπως θα δούμε στο επόμενο υποκεφάλαιο.

3.9 Πωλήσεις και after sales

Στο προηγούμενο υποκεφάλαιο είδαμε πως μία επιχείρηση για να έχει κέρδη, πρέπει να έχει έσοδα και άρα πρέπει να έχει πωλήσεις. Οι πωλήσεις χωρίζονται σε δύο κύρια μέρη. Στην πώληση αυτή καθεαυτή και στην υλοποίησή της. Υπάρχουν ψηφιακές εφαρμογές και για τις δύο αυτές πλευρές της πώλησης.

Έχοντας, πλέον, κατανοήσει την έννοια του κεντρικού management και μίας ενιαίας πλατφόρμας για όλη τη βιομηχανική επιχείρηση και τις λειτουργίες της, μπορούμε να προσθέσουμε και τις λειτουργίες του marketing και των πωλήσεων. Γνωρίζοντας όλες τις συνιστώσες κόστους παραγωγής ή κόστους πώλησης τα αρμόδια τμήματα μπορούν να προχωρήσουν σε σωστή κοστολόγηση του εκάστοτε προϊόντος ώστε το μικτό κέρδος από τη πώληση να καλύψει τα λειτουργικά έξοδα της επιχείρησης και να οδηγηθούμε έτσι σε ένα θετικό EBITDA. Επίσης, έχουν πρόσβαση στα δεδομένα παλαιότερων πωλήσεων του κάθε πελάτη και μπορώντας άμεσα να καθορίσουν το ύψος του τζίρου που φέρνει ο κάθε ένας από αυτούς να παραχωρήσουν και την κατάλληλη έκπτωση.

Η κεντρική αυτή πλατφόρμα έχει και GIS integration το οποίο δίνει τη δυνατότητα της γεωγραφικής καταχώρησης της παραγγελίας και ανάλογης προσαρμογής της κοστολόγησης. Για παράδειγμα, αν μία βιομηχανία αλουμινίου έχει πελάτη μία κατασκευαστική που για την ανέγερση μίας ξενοδοχειακής μονάδας χρειάζεται μεγάλη ποσότητα αλουμινίων μπορεί να γίνει ευνοϊκότερη τιμολόγηση αν το εργοτάξιο είναι πιο κοντά σε αποθήκη της βιομηχανίας αλουμινίου σε σχέση με τη συνήθη διεύθυνση παράδοσης. Επιπλέον, ο χρόνος παράδοσης της παραγγελίας είναι συντομότερος καθώς υπάρχει μικρότερος χρόνος επεξεργασίας και υλοποίησης της παραγγελίας καθώς όλα τα τμήματα χρησιμοποιούν ένα κοινό σύστημα. Η παραγγελία, τα αποθέματα, η παραγωγή, η εφοδιαστική αλυσίδα, η συντήρηση και όλες οι λειτουργίες της επιχείρησης χρησιμοποιούν την ίδια πλατφόρμα και όλα

επικαιροποιούνται σε πραγματικό χρόνο. Ακόμα και το λογιστήριο και άρα η έκδοση του τιμολογίου του πελάτη συνδέονται με την πλατφόρμα και εκτυπώνονται άμεσα με την επιβεβαίωση της παραγγελίας. Εκτός αυτού, τα τιμολόγια στέλνονται άμεσα στον πελάτη με ενσωματωμένο μοναδικό RF και QR κωδικούς για την εξόφλησή τους.

Μετά την πώληση το σύστημα διαβάζει τους κωδικούς που περιέχονται σε αυτήν και στέλνει στο πελάτη τα απαραίτητα εγχειρίδια χρήσης και τα τεχνικά χαρακτηριστικά ώστε να ετοιμαστεί για την παραλαβή και εγκατάστασή τους. Έτσι, ο πελάτης ενημερώνεται άμεσα για στοιχεία όπως το μέγεθος και μπορεί να προχωρήσει στις απαραίτητες κινήσεις ώστε να εξοικονομήσει χώρο και χρόνο κατά την εγκατάσταση. Μάλιστα, υπάρχουν ψηφιακές εφαρμογές που είναι έτοιμες προς χρήση με απόλυτη δομή και κάποιες που δίνουν τη δυνατότητα για πιο tailored made λύσεις που περιλαμβάνουν εκτός από τις πωλήσεις και το κομμάτι του marketing. Οι τελευταίες προσαρμόζονται στις ανάγκες του πελάτη σε όποιο βαθμό το επιθυμεί.

Μπορεί η βιομηχανική μονάδα να σχεδιάσει μία ψηφιακή έρευνα προς τους πελάτες της ώστε να καθορίσει τις βραχυπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες ανάγκες τους και να προχωρήσει στον στρατηγικό σχεδιασμό της. Σε αυτήν την περίπτωση ενσωματώνεται και η ψηφιακή εφαρμογή του σχεδιασμού προϊόντος και με τα Ψηφιακά Δίδυμα ετοιμάζουν τη νέα γραμμή παραγωγής. Ταυτόχρονα, τρέχουν οι προσομοιώσεις ώστε να βρεθεί η απήχηση που θα έχει το νέο προϊόν στην αγορά σε διάφορα σενάρια και έτσι να προετοιμαστεί η επιχείρηση για την αντιμετώπισή τους. Ένα παράδειγμα εδώ είναι η δημιουργία ενός νέου προϊόντος αλουμινίου. Αν δεν έχει απήχηση πως μπορεί να χρησιμοποιηθεί η πρώτη ύλη εναλλακτικά ώστε να μην υποχρεωθεί να αναγνωρίσει η επιχείρηση μείωση αξίας αποθέματος που θα έχει απήχηση και στα αποτελέσματα χρήσης αλλά και στην μετοχική της αξία. [60]

Όλα τα παραπάνω γίνονται κεντρικοποιημένα σε ένα σύστημα χρησιμοποιώντας σαν είσοδο πληροφοριών το IoT, επεξεργαζόμενα στο cloud και το Edge computing και προσομοιώνοντας με Ψηφιακά Δίδυμα και, μέσω μίας διαδικτυακής σύνδεσης υψηλών ταχυτήτων, απομακρυσμένα. Το ότι δεν υπάρχει η ανάγκη για μετακινήσεις, λειτουργίας πολλαπλών γραφείων, αυτόνομων υπολογιστικών μονάδων εξοικονομεί άμεσα ενέργεια και έμμεσα από την αύξηση της αποδοτικότητας συνολικά.

Στο κομμάτι της παράδοσης της παραγγελίας η χρήση αυτόνομων οχημάτων απλοποιεί και τυποποιεί την παράδοση ενώ ταυτόχρονα τη βελτιστοποιεί. Δεν υπάρχει το ανθρώπινο λάθος ενώ με την συνεχή ενημέρωση του οχήματος και

κατεπέκταση του συστήματος διαχείρισης του στόλου, γίνεται εύρεση της βέλτιστης διαδρομής και άρα και του συντομότερου ή πιο οικονομικού τρόπου παράδοσης. Με αυτό τον τρόπο υπάρχει ενεργειακή εξοικονόμηση από την πλευρά του αποστολέα. Ταυτόχρονα, ο παραλήπτης έχοντας πρόσβαση στη πλατφόρμα, παρακολουθεί τη πορεία της και ξέροντας πότε θα τη παραλάβει προσαρμόζει τις υπόλοιπες εργασίες του ανάλογα. Έτσι, βελτιστοποιεί τη χρήση των πόρων του πετυχαίνοντας καλύτερη απόδοση και αυτός από την πλευρά του. Ο καλύτερος προγραμματισμός οδηγεί και σε περαιτέρω ενεργειακή εξοικονόμηση.

Στη περίπτωση που οι εφοδιαστικές αλυσίδες του πελάτη και του προμηθευτή είναι συνδεδεμένες μάλιστα πετυχαίνεται η βέλτιστη αποδοτικότητα καθώς και η ενεργειακή εξοικονόμηση καθώς για παράδειγμα ένας εργολάβος που χρειάζεται και αλουμίνια και τούβλα για να χτίσει μία ξενοδοχειακή μονάδα πρέπει πρώτα να χτίσει τους τοίχους και μετά τα αλουμίνια. Οι ανάγκες, λοιπόν, για αλουμίνια είναι μεταγενέστερες των τούβλων. Αν έχει εισάγει στο σύστημα μία finish to start σχέση μεταξύ αυτών των δύο εργασιών, το σύστημα θα παραγγείλει τα αλουμίνια αργότερα. Μάλιστα, μπορούν να προστεθούν οι παράμετροι καθυστέρησης από την κατασκευή. Έτσι, αν τα τούβλα έρθουν την μέρα 0 και χρειάζονται 10 εργάσιμες για να χτιστούν οι τοίχοι, ενώ τα αλουμίνια θέλουν 6 ημέρες για να παραλειφθούν από την ημέρα που θα καταχωρηθεί η παραγγελία, τότε η ψηφιακή εφαρμογή θα καταχωρήσει την παραγγελία την ημέρα 4. Με αυτόν τον τρόπο θα μειωθεί στο ελάχιστο ο χρόνος παραμονής στις αποθήκες του εργολάβου και έτσι μειώνεται ο απαιτούμενος χώρος, με αποτέλεσμα εξοικονόμηση ενέργειας. Όλα τα παραπάνω ενώ ο πελάτης έχει άμεση εποπτεία του που βρίσκεται η παραγγελία του μέσω των IoT, και έχει επιβεβαιώσει ψηφιακά το συμβόλαιο μέσω blockchain ή άλλης ψηφιακής εφαρμογής βεβαίωσης εγγράφου και υπογραφής όπως το gov.gr για ακόμα περισσότερη ενεργειακή εξοικονόμηση καθώς όλα γίνονται από την έξυπνη συσκευή του. [61] [62]

Στα υποκεφάλαια της εφοδιαστικής αλυσίδας και εξόρυξης μεταλλευμάτων έχουν περιγραφεί πιο αναλυτικά οι χρήσεις των αυτόνομων οχημάτων καθώς του συνόλου του αυτοματισμού των logistics στο ομώνυμο υποκεφάλαιο.

3.10 Εξυπηρέτηση και εμπειρία πελατών

Η σχέση της επιχείρησης με τον πελάτη δε τελειώνει μόνο στη πώληση. Συνεχίζεται παρέχοντας συνεχές customer support και βελτιστοποιώντας το customer experience προσαρμόζοντάς το στις ανάγκες και τις απαιτήσεις του πελάτη.

Υπάρχουν πάρα πολλές ψηφιακές εφαρμογές που εξυπηρετούν μία ποικιλία αναγκών του customer support. Οι περισσότερες προσφέρουν την επιλογή προσαρμογής τους στις ανάγκες και τον κλάδο της επιχείρησης ώστε να υπάρχει εγκατεστημένη η χρήση που χρειάζεται και έτσι να είναι πιο αποδοτική και να εξασφαλίζεται ενεργειακή εξοικονόμηση. [63]

Όπως και οι άλλοι κλάδοι της επιχείρησης, έτσι και το κομμάτι της εξυπηρέτησης πελατών μπορεί να γίνει πιο αποδοτικό και να συνεισφέρει στην εξοικονόμηση ενέργειας. Η Βιομηχανία 4.0 έχει προκαλέσει μία μεταφορά από τα μηχανήματα, τους ανθρώπους ως χειριστές και τα ορυκτά καύσιμα, στον κόσμο της ψηφιακής τεχνολογίας που τροφοδοτείται από τους αυτοματισμούς και την επιστήμη των δεδομένων. Αυτή η επιστήμη των δεδομένων μαζί με τις ψηφιακές εφαρμογές που θα δούμε παρακάτω βελτιστοποιούν τον κλάδο της σχέσης του πελάτη με την επιχείρηση.

Στο προηγούμενο υποκεφάλαιο είδαμε το κομμάτι της πώλησης του πελάτη και των απαραίτητων συνοδευτικών εγγράφων. Ωστόσο, δεν είναι απαραίτητο πάντα να γίνει η πώληση από την επιχείρηση που παράγει το προϊόν. Μπορεί να υπάρχει μία ψηφιακή συνδεσιμότητα μεταξύ των συστημάτων της βιομηχανικής επιχείρησης και ενός μεσάζοντα που θα παρουσιάζει τα προϊόντα της στον διαδικτυακό της ιστό προς πώληση. Με αυτό τον τρόπο και οι δύο εταιρείες έχουν κέρδος. Από τη μία πλευρά, βιομηχανία, ως παραγωγός του προϊόντος, έχει πρόσβαση στο πελατολόγιο του μεσάζοντα καθώς και αυξάνεται και η έκθεσή της σε μεγαλύτερη μερίδα του αγοραστικού κοινού. Από την άλλη, ο μεσάζοντας εμπλουτίζει τους καταλόγους του με περισσότερες επιλογές. Και οι δύο επιχειρήσεις κερδίζουν από την ανταλλαγή δεδομένων προσαρμόζονται καλύτερα και πιο ολιστικά στις ανάγκες των αγοραστών.

Οι ψηφιακές εφαρμογές του AI και ML επιτρέπουν στην επιχείρηση να φτιάξουν chatbot που αποτελούν τα αυτόματα συστήματα εξυπηρέτησης πελατών. Οι δύο παραπάνω εφαρμογές ανατροφοδοτούν τα chatbot με σκοπό τη βελτιστοποίησή τους και την αύξηση της αποδοτικότητας με πιο ακριβή απάντηση στα ερωτήματα των χρηστών καθώς και ορθότερη καθοδήγησή τους. Αυτό συνεπάγεται πιο σύντομη χρήση τους και συνεχή εκπαίδευσή τους για περαιτέρω βελτιστοποίηση που συνεπάγεται εξοικονόμηση ενέργειας. Στο σημείο της πώλησης, το chatbot, έχοντας συνδεθεί και υλοποιηθεί στην κεντρική πλατφόρμα της επιχείρησης, ψάχνει κατευθείαν τη διαθεσιμότητα στο προϊόν που ψάχνει ο πελάτης στη βάση δεδομένων ή κοιτάζει το πρόγραμμα παραγωγής για το πότε θα παραδοθεί ενισχύοντας έτσι το

customer experience. Η ανάγκη επικοινωνιών μεταξύ των τμημάτων της βιομηχανικής μονάδας πλέον παύει και έτσι υπάρχει εξοικονόμηση ενέργειας σε μεγαλύτερο βαθμό τόσο από τη πλευρά της επιχείρησης όσο και του πελάτη που δεν χρειάζεται να περιμένει στη συσκευή του και άρα μειώνεται η χρήση της.

Με τη χρήση της ψηφιακής εφαρμογής του Ψηφιακού Δίδυμου, όλα τα προϊόντα της επιχείρησης μπορούν να παρουσιάζονται σε ένα ψηφιακό δωμάτιο που θα έχει τη λειτουργία έκθεσης. Η ετικέτα ή ταμπέλα που θα συνοδεύει το κάθε προϊόν αναγράφει την τελική τιμή και την έκπτωση του πελάτη ανάλογα με το ποιος είναι. Το σύστημα τον αναγνωρίζει κατά την είσοδό του στην ψηφιακή εφαρμογή με τα μοναδικά του διαπιστευτήρια. Επίσης, όπως είπαμε και παραπάνω στη περίπτωση του chatbot, δίνει στον πελάτη την ημερομηνία διαθεσιμότητας και παραλαβής με βάση το απόθεμα, την παραγωγή και τις συνθήκες που επικρατούν στην εφοδιαστική αλυσίδα προσφέροντας καλύτερο customer support. Ο πελάτης, ή υποψήφιος πελάτης έχει τη δυνατότητα τρισδιάστατης απεικόνισης της έκθεσης χρησιμοποιώντας VR και AR τεχνολογίες. Με αυτό τον τρόπο μπορεί να αποκτήσει μία πραγματική αίσθηση του προϊόντος, το οποίο θα οδηγήσει σε μειωμένες επιστροφές και άρα εξοικονόμηση πόρων και ενέργειας. Ειδικά στην εποχή της παγκοσμιοποίησης που για παράδειγμα η βιομηχανία αλουμινίου της Ελλάδας μπορεί να πουλήσει στην Γαλλία τα προϊόντα της λόγω χαμηλότερων τιμών, που οδηγούνται από τα χαμηλότερα εργατικά και την απουσία δασμών, μπορούν οι πελάτες να δούνε ακριβώς το προϊόν και τις προδιαγραφές του σε πραγματική αίσθηση απομακρυσμένα. Με την συνεργασία ενός σχεδιαστή μάλιστα, μπορούν να τη σχεδιάσουν όπως ακριβώς θέλουν τη παραγγελία τους ακόμα και αν ο σχεδιαστής βρίσκεται στην άλλη άκρη του κόσμου.

Η βιομηχανική επιχείρηση με τη χρήση των RFIDs δίνει στον πελάτη της τη δυνατότητα να μειώσει τα ασφάλιστρα που πληρώνει για το εμπόρευσμά του κοινοποιώντας στην ασφαλιστική εταιρεία τις συνθήκες με τις οποίες μεταφέρονται. Οι συσκευές RFID, οι οποίες περιέχουν έναν μικροσκοπικό, μοναδικό αναμεταδότη πολύ μικρού μεγέθους, μπορούν να επικολληθούν σε εξαρτήματα, εγχειρίδια, αρχεία, εργαλεία, δοχεία, οχήματα, εξαρτήματα, πρώτες ύλες, εργασίες σε εξέλιξη μέσω εφαρμογών, αποθέματα και στις παραδόσεις πελατών. Μπορεί να έχουν ενσωματωμένες μπαταρίες ή να τροφοδοτούνται με ενέργεια από τη συσκευή που τα διαβάζει. Έχουν χαμηλό κόστος και μπορούν να μεταφέρουν δεδομένα για το περιβάλλον του αντικειμένου. Ο πελάτης μπορεί, επίσης, να μειώσει περαιτέρω τα

ασφάλιστρά του επιλέγοντας μία ασφαλή διαδρομή η οποία επιβεβαιώνεται με χρήση GPS.

Με τα ΠoT μπορεί ο πελάτης να ξέρει ανά πάσα στιγμή πόσα και ποια κομμάτια της παραγγελίας του είναι έτοιμα καθώς και πότε θα ετοιμαστούν τα υπόλοιπα. Επιπλέον, η τιμολόγηση και εξόφληση του τιμολογίου καθώς και η υπογραφή του συμβολαίου συνεργασίας γίνεται ψηφιακά που ενισχύει το customer experience και συμμετέχει στην ενεργειακή εξοικονόμηση. [64]

3.11 Ψηφιακός Βοηθός

Οι ψηφιακές εφαρμογές ενισχύουν τον βιομηχανικό τομέα σε πολλούς από τους κλάδους του. Ενισχύουν την αποδοτικότητα του και προωθούν την ενεργειακή εξοικονόμηση. Υπάρχει, όμως, ένα ακόμα κομμάτι που οι τεχνολογίες της Βιομηχανίας 4.0 μπορούν να βοηθήσουν. Το κομμάτι αυτό είναι του ψηφιακού βοηθού ή virtual assistant.

Αρχικά, η ψηφιακή υποστήριξη είναι μια μέθοδος για την παροχή πληροφοριών γρήγορα και αποτελεσματικά, βασιζόμενη στη δυνατότητα φιλτραρίσματος και ερμηνείας πληροφοριών από τεράστιες βάσεις δεδομένων και παροχή προτάσεων βασισμένων σε αυτές τις πληροφορίες. Συνήθως, μπορεί να γίνει από chatbots ή ψηφιακούς βοηθούς. Ένας ψηφιακός βοηθός μπορεί να οριστεί ως ένα λογισμικό που μπορεί να εκτελέσει εργασίες ή υπηρεσίες βασισμένες σε εντολές ή ερωτήσεις. Ουσιαστικά, αποτελεί ένα στρώμα που βρίσκεται πριν από υπηρεσίες, προϊόντα και εφαρμογές και εκτελεί ενέργειες χρησιμοποιώντας αυτές τις υπηρεσίες, τα προϊόντα και τις εφαρμογές, με στόχο την υλοποίηση της παραγγελίας ή την απάντηση του ερωτήματος του χρήστη. Η ανάπτυξη και η χρήση των ψηφιακών βοηθών στα σύγχρονα βιομηχανικά περιβάλλοντα, ενισχύουν την αποδοτικότητα των όλων των τομέων της βιομηχανίας καθώς έχουν διαθεσιμότητα 24/7, τη δυνατότητα πολλαπλών γλωσσών, την απάντηση σε πραγματικό χρόνο, η συντήρησή τους είναι φτηνή, ενώ οι υπηρεσίες τους είναι διαθέσιμες μέσω κειμένου ή ομιλίας. Μάλιστα, με την συνδεσιμότητά τους στο κεντρικό σύστημα της επιχείρησης γίνονται ευέλικτα και αυτόνομα και μπορούν να υποστηρίξουν αποδοτικά και συνεπώς εξοικονομώντας ενέργεια τόσο τους υπαλλήλους, όσο και τους πελάτες και προμηθευτές της επιχείρησης. Την υποστήριξη αυτή μπορούν να τη παρέχουν και σε τρισδιάστατο εικονικό περιβάλλον με τη χρήση VR εφαρμογών και ψηφιακών διδύμων. [65]

Υπάρχουν εξειδικευμένοι ψηφιακοί βοηθοί που βοηθάνε τις βιομηχανίες στην εγκατάσταση ενός νέου μηχανήματος. Όταν πλέον έχει εγκατασταθεί το μηχάνημα και έχει μπει στην αλυσίδα παραγωγής, ο ψηφιακός βοηθός υποστηρίζει στην απάντηση ερωτημάτων για τη χρήση του, παρέχει πληροφορίες για την βέλτιστη λειτουργία του ενώ ταυτόχρονα κατευθύνει σε περίπτωση έκτακτης δυσλειτουργίας ή εμφάνισης προβλήματος. Μάλιστα, επειδή στηρίζεται πάνω σε κεντρική βάση δεδομένων και συλλέγει πληροφορίες από όλους τους πελάτες που χρησιμοποιούν το μηχάνημα, με τη χρήση AI αλγορίθμων αναπτύσσει μία νοημοσύνη επίλυσης τεχνικών προβλημάτων και έτσι γίνεται πιο αποδοτικό μειώνοντας του χρόνου δυσλειτουργίας ή και διακοπής λειτουργίας. Έτσι, έχουμε ενεργειακή εξοικονόμηση καθώς το μηχάνημα ταχύτερα λειτουργεί στην μέγιστη αποδοτικότητά του. Η εξοικονόμηση ενέργειας επεκτείνεται και από το γεγονός ότι ο υπεύθυνος του μηχανήματος δεν χρειάζεται να αναλώνεται στο να ψάχνει το εγχειρίδιο λειτουργίας, αλλά ρωτώντας άμεσα οτιδήποτε χρειάζεται τον ψηφιακό βοηθό. [66]

Χρησιμοποιώντας εργαλεία ψηφιακών βοηθών με τεχνητή νοημοσύνη, οι εταιρείες κάθε μεγέθους μπορούν να αυτοματοποιήσουν εργασίες, να μειώσουν την προσπάθεια που απαιτείται για τη σύνταξη εγγράφων και παρουσιάσεων, και ακόμη να αναλύουν γρηγορότερα δεδομένα επιχειρήσεων. Αυτά τα εργαλεία μπορούν να αυξήσουν δραστικά την παραγωγικότητα και να επαναπροσδιορίσουν τον τρόπο με τον οποίο λειτουργεί η βιομηχανική επιχείρηση. Η υιοθέτηση της τεχνητής νοημοσύνης στην επιχείρηση και η ενσωμάτωση εργαλείων ψηφιακών βοηθών με τεχνητή νοημοσύνη στις ροές εργασίας και λειτουργίας ενισχύει την αποδοτικότητα, επιτρέπει την συνδεσιμότητα με άλλες ψηφιακές εφαρμογές, ενδυναμώνει την λήψη αποφάσεων στηριζόμενη σε δεδομένα πραγματικού χρόνου και δίνει τη δυνατότητα για λύσεις κλίμακας. Όλα τα παραπάνω συμπυκνώνουν συστηματικά τις λειτουργίες της επιχείρησης και τις κάνουν πιο ολοκληρωμένες και αποδοτικές εξοικονομώντας ενέργεια. Εκτός των όσων έχουν αναφερθεί παραπάνω, οι ψηφιακοί βοηθοί μπορούν να αναλάβουν τετριμμένα καθήκοντα και εργασίες κάνοντάς βελτιστοποιημένα, να ειδοποιεί για χαμηλά επίπεδα αποθεμάτων, να κάνει παραγγελίες και να παρακολουθεί τα δρομολόγια της εφοδιαστικής αλυσίδας. [67]

3.12 IoT στην βιομηχανία αλουμινίου

Στο τελευταίο αυτό υποκεφάλαιο θα αναφέρουμε κάποιες ενδεικτικές λειτουργίες του IoT, IIoT και γενικά της Βιομηχανίας 4.0 στον βιομηχανικό τομέα του αλουμινίου ως σύνοψη και βιβλιογραφική αναφορά.

Τα IoT ενισχύουν την αποδοτικότητα, καθιστούν εύκολη την ολοκληρωμένη ανίχνευση και παρακολούθηση του στόλου και των αυτοματισμών, επιτρέπουν την έξυπνη συντήρηση και την συγκέντρωση των δεδομένων και της εποπτείας κεντρικά. Οι έξυπνες συσκευές, η αυτοπαραγωγή ενέργειας και η γρήγορη απομόνωση των μηχανημάτων που παθαίνουν ζημιά επιτρέπουν μία ενεργειακή εξοικονόμηση που ενισχύεται από τα Συστήματα διαχείρισης ενέργειας. [68]

Στην βιομηχανία του αλουμινίου υπάρχουν ψηφιακές εφαρμογές που επιτρέπουν την βελτίωση της παραγωγικότητας των μηχανημάτων τήξης του αλουμινίου. Οι εφαρμογές αυτές χρησιμοποιούν AI, ML και IoT τεχνολογίες για να το πετύχουν αυτό και παρέχουν διορατικότητα για τον τρόπο λειτουργίας των μηχανημάτων ώστε είτε οι χειριστές είτε το σύστημα αυτόματα να αυξήσει την αποδοτικότητα και άρα και την ενεργειακή εξοικονόμηση. [69]

Τα IoT δίνουν τη δυνατότητα χρήσης συστημάτων παρακολούθησης και ελέγχου της παραγωγικής διαδικασίας στις βιομηχανικές μονάδες. Ένα τέτοιο σύστημα χρησιμοποιείται για την παρακολούθηση και τον έλεγχο της διαδικασίας παραγωγής αλουμινίου. Ενσωματώνει μια σειρά από καινοτόμες τεχνολογίες, συμπεριλαμβανομένου του συστήματος αισθητήρων IoT, βιομηχανικής πλατφόρμας cloud για τη διαχείριση δεδομένων, ανάλυση και λήψη αποφάσεων με έμφαση σε μοντέλο και μεγάλα δεδομένα, έλεγχο και διαχείριση με ευφυή τυποποίηση και ασφάλεια, καθώς και οπτική παρακολούθηση και αναγνώριση της διαδικασίας ανάκτησης. [70]

Πολλές ψηφιακές εφαρμογές μπορούν να συνδεθούν μεταξύ τους ώστε να παραχθεί ένα ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης μίας βιομηχανίας αλουμινίου που θα είναι στηριγμένο στα προαναφερθέντα IoT. Γενικά το αλουμίνιου έχει ευρεία χρήση σε πολλούς τομείς. Χρησιμοποιείται σε μεταφορικά μέσα, οχήματα, στα κτήρια, στις κατασκευές, τα μηχανήματα και σε πολλές άλλες εφαρμογές. Η μετάβασή του σε μία πιο αποδοτική κατάσταση με τη χρήση σύγχρονων τεχνολογιών θα οδηγήσει σε σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας. [71] Λόγω του όγκου της παραγωγής και χρήσης του συγκεκριμένου μετάλλου η Ευρωπαϊκή Ένωση

παρακολουθεί την πορεία του και τις εξελίξεις στον κλάδο από πολύ νωρίς και ειδικά από τα πρώτα βήματα της Βιομηχανίας 4.0 με σκοπό να ενισχύσει την ενσωμάτωση των ψηφιακών εφαρμογών στον κλάδο. [72]

Τα ΙοΤ αποτελούν μία αγορά στην Ευρώπη που συνεχώς μεγαλώνει με νέες εταιρείες να μπαίνουν στον κλάδο και να ενισχύουν με τα προϊόντα τους το οπλοστάσιο που είναι διαθέσιμο στις βιομηχανίες. Όσο μεγαλύτερη είναι η αγορά τόσο μεγαλύτερο είναι το κίνητρο για νέες ψηφιακές εφαρμογές ώστε να πάρουν μεγαλύτερο μερίδιο αγοράς. [73] Μέρος αυτού του μεριδίου αγοράς, και μάλιστα μεγάλο όπως είδαμε στην προηγούμενη παράγραφο, αποτελεί η βιομηχανία του αλουμινίου. Ο κλάδος αυτός μπορεί με επενδύσεις σε ψηφιακές εφαρμογές και ΙοΤ να βελτιώσουν τις πωλήσεις και μειώσουν τα λειτουργικά κόστη. [74] Ήδη πολλοί κολοσσοί της τεχνολογίας έχουν παράγει ψηφιακές εφαρμογές για βελτιστοποίηση των διαδικασιών στον βιομηχανικό τομέα που οδηγούν στην ενεργειακή εξοικονόμηση και στην αύξηση της αποδοτικότητας. [75]

Ωστόσο, υπάρχουν κάποιες προϋποθέσεις που πρέπει να πληρούν οι επιχειρήσεις βιομηχανικής παραγωγής καθώς και ένα σχεδιασμός για το πώς θα ενσωματωθούν οι ψηφιακές εφαρμογές στις λειτουργίες της επιχείρησης [76] κάτι που καθίσταται για πολλούς λόγους αναγκαίο για τη βιωσιμότητα στον κλάδο. [77] Υπάρχουν αρκετά παραδείγματα εφαρμογών των ΙοΤ και ΙιοΤ εφαρμογών στα οποία μπορούν να στηριχθούν οι βιομηχανίες αλουμινίου για να προετοιμαστούν και να ενσωματώσουν εν συνεχεία τις ψηφιακές εφαρμογές της Βιομηχανίας 4.0. [78] Προς την κατεύθυνση αυτή έχει δημιουργηθεί και μία Ευρωπαϊκή κίνηση που ενοποιεί τις βιομηχανίες του κλάδου σε όλη την Ευρώπη και βοηθάει στην εξέλιξη καθώς ενθαρρύνει την ανταλλαγή πληροφοριών. [79]

Το ΙοΤ μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη βιομηχανία αλουμινίου για τη βελτίωση της παραγωγικής απόδοσης, τη μείωση της σπατάλης ενέργειας και τη βελτιστοποίηση της διαχείρισης της εφοδιαστικής και της αποθήκευσης αποθεμάτων και πρώτων υλών. Οι αισθητήρες ΙοΤ τοποθετούνται στο φυσικό αντικείμενο που αντιπροσωπεύει το ψηφιακό δίδυμο για τη συλλογή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο σχετικά με την κατάσταση λειτουργίας του προϊόντος, τα περιβάλλοντα εργασίας και την ικανότητα λειτουργίας του. Τα δεδομένα που συλλέγονται χρησιμοποιούνται στη συνέχεια για τη δημιουργία υπολογιστικών μοντέλων για τη δοκιμή του εικονικού μοντέλου. Επίσης, μπορεί να βοηθήσει στη βελτίωση της παραγωγικής απόδοσης μειώνοντας τη σπατάλη ενέργειας και μειώνοντας το κόστος κοινής ωφέλειας με

μειωμένη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Οι κατασκευαστές μπορούν επίσης να έχουν και ευφυή συντήρηση όπως περιγράφηκε σε προηγούμενο υποκεφάλαιο. Τέλος, το IoT μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη βελτίωση του ποιοτικού ελέγχου, ή quality control, στη βιομηχανία αλουμινίου. Χρησιμοποιώντας αισθητήρες και άλλες συσκευές IoT, οι εταιρείες μπορούν να παρακολουθούν την ποιότητα των πρώτων υλών, να παρακολουθούν τη διαδικασία παραγωγής και να διασφαλίζουν ότι τα τελικά προϊόντα πληρούν τα πρότυπα ποιότητας. [80]

Στην έξυπνη συντήρηση παίζουν ρόλο και τα Ψηφιακά Δίδυμα. Τα Ψηφιακά Δίδυμα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την πρόβλεψη των αναγκών συντήρησης και την μείωση του χρόνου αδράνειας στη βιομηχανία του αλουμινίου. Μέσω της δημιουργίας ενός εικονικού αντίγραφου μιας πολύπλοκης διαδικασίας, οι κατασκευαστές μπορούν να αξιολογήσουν τα δεδομένα ταχύτερα, να αναλύσουν τις τάσεις απόδοσης με την πάροδο του χρόνου και να βελτιστοποιήσουν τις λειτουργίες τους. Ένας τρόπος που τα Ψηφιακά Δίδυμα εφαρμόζονται είναι στην παρακολούθηση των γραμμών παραγωγής. Οι εταιρείες μπορούν να τα χρησιμοποιήσουν για να παρακολουθούν βασικούς δείκτες απόδοσης όπως θερμοκρασία, πίεση και ταχύτητα. Μπορούν, επίσης, να παρακολουθούν τις περιβαλλοντικές συνθήκες και να ανιχνεύουν οποιεσδήποτε ανωμαλίες στην παραγωγή. Αυτές οι ανωμαλίες μπορεί να υποδείξουν ένα πιθανό πρόβλημα ή ελάττωμα. Τα Ψηφιακά Δίδυμα στην κατασκευή μπορούν να βοηθήσουν στην παροχή καθοδηγήσεων για προβλεπτική συντήρηση του εξοπλισμού. Ως αποτέλεσμα, μπορούν να ανιχνεύσουν πιθανά προβλήματα πριν γίνουν δαπανηρές βλάβες. Αυτό τους βοηθάει να μειώσουν το χρόνο αδράνειας και να βελτιώσουν την αξιοπιστία των προϊόντων τους. [81]

Η συλλογή δεδομένων για ένα Ψηφιακό Δίδυμο αποτελεί το πιο κρίσιμο κομμάτι της τεχνολογίας καθώς πρέπει να είναι ακριβή. Τα δεδομένα συλλέγονται μέσω αισθητήρων που τοποθετούνται στο φυσικό αντικείμενο που αντιπροσωπεύει το Ψηφιακό Δίδυμο. Αυτοί οι αισθητήρες συλλέγουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο για τη λειτουργική κατάσταση του προϊόντος, το περιβάλλον εργασίας και την λειτουργική ικανότητα. Τα δεδομένα που συλλέγονται χρησιμοποιούνται στη συνέχεια για τη δημιουργία υπολογιστικών μοντέλων για τον έλεγχο του εικονικού ή ψηφιακού μοντέλου. [82]

Στο επόμενο κεφάλαιο θα αξιολογήσουμε τις ψηφιακές εφαρμογές που είδαμε παραπάνω από δύο νέες πλευρές. Θα τις προσεγγίσουμε αποδοτικά, παραθέτοντας κάποια αριθμητικά δεδομένα, και στρατηγικά επιστρατεύοντας την ανάλυση SWOT.

4. Αναγκαιότητα χρήσης ψηφιακών εφαρμογών στη Βιομηχανία

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει μία παρουσίαση του θετικού αντίκτυπου μίας μετάβασης σε πιο σύγχρονη Βιομηχανία ώστε να γίνει κατανοητή η ανάγκη αλλαγής του βιομηχανικού κλάδου. Για να γίνει κατανοητή η χρησιμότητα και αποτελεσματικότητα της εισαγωγής και ενσωμάτωσης των ψηφιακών εφαρμογών στην Βιομηχανία θα παρουσιάσουμε κάποια αριθμητικά στοιχεία. Στη συνέχεια, θα χρησιμοποιήσουμε την ανάλυση SWOT με σκοπό τα στελέχη να δουν συγκεντρωτικά και ολιστικά τόσο τα θετικά και αρνητικά, όσο και τις ευκαιρίες και τις απειλές που ανακύπτουν από τη χρήση των νέων ψηφιακών εφαρμογών στις βιομηχανικές λειτουργίες.

4.1 Παραδείγματα ενεργειακής εξοικονόμησης με χρήση ψηφιακών εφαρμογών

Υπάρχουν πολλά διαφορετικά επίπεδα που μπορεί να αναλωθεί ενέργεια άσκοπα σε μία βιομηχανική μονάδα. Αρχικά, με τη λειτουργία και μόνο μηχανών, λαμπτήρων, και των άλλων συσκευών ένα μεγάλο μέρος χάνεται ως θερμότητα. Επίσης, σε ένα εργοστάσιο μόλις το 32,5% τις ενέργειας που περνάει τις πόρτες του εργοστασίου χρησιμοποιείται για τον πραγματικό της σκοπό, το υπόλοιπο 67,5% χάνεται για διάφορους λόγους, όπως διαρροές σε συστήματα πεπιεσμένου αέρα ή σφάλμα βαλβίδας. Γνωρίζοντας ότι για ένα εργοστάσιο το 30% έως 50% του προϋπολογισμού του αποτελεί η ενέργεια, συμπεραίνουμε το μέγεθος των χαμένων πόρων και άρα και την αναγκαιότητα ελέγχου όσο γίνεται περισσότερων παραγόντων.

Η ενσωμάτωση σύγχρονων ψηφιακών εφαρμογών και αυτοματισμών για μετρήσεις, παρακολούθηση, έλεγχο και παρέμβαση μπορεί να αποφέρει 5% έως 15% ενεργειακή εξοικονόμηση ετησίως. Ένα διυλιστήριο είδε την εξοικονόμηση ενέργειας να μεταφράζεται σε εξοικονόμηση \$20 εκατομμυρίων μέσα σε ένα χρόνο. Επιπλέον, οι επιχειρήσεις που βρίσκονται στο κορυφαίο 25% χρησιμοποιούν 20% λιγότερη ενέργεια και έχουν τη μισή ενεργειακή ένταση σε σχέση με τις επιχειρήσεις που βρίσκονται στο τελευταίο 25%. Βλέπουμε ότι υπάρχει στενή σχέση μεταξύ της κατανάλωσης ενέργειας αποδοτικά και του μεγέθους μίας επιχείρησης.

Μία από τις μεγαλύτερες πετρελαϊκές εταιρείες παγκοσμίως με έδρα την Σαουδική Αραβία, η οποία παρέχει το 15% της παγκόσμιας παραγωγής πετρελαίου,

εφάρμοσε ένα Ενεργειακό Πληροφοριακό Σύστημα γνωστής εταιρείας του κλάδου ενέργειας και τεχνολογίας για να βελτιστοποιήσει τις δραστηριότητές της και να διαχειριστεί καλύτερα την κατανάλωση ενέργειας. Το σύστημα παρείχε αυξημένη ορατότητα της απόδοσης των λειτουργιών, μείωσε σημαντικά τα χρονοδιαγράμματα από το πρόβλημα μέχρι την επίλυση και εντόπισε τις καλύτερες τιμές ενώ καθόρισε και σημεία επέμβασης ή ειδοποιήσεων, με αποτέλεσμα την εξοικονόμηση ενέργειας \$22 εκατομμυρίων ετησίως.

Το πιο σημαντικό σημείο που πρέπει η κάθε βιομηχανική επιχείρηση να επικεντρωθεί σε πρώτο στάδιο είναι ότι δε μπορείς να ελέγξεις και ακολούθως να βελτιώσεις ό,τι δε βλέπεις και μετράς. Οι περισσότερες βιομηχανικές εγκαταστάσεις χρησιμοποιούν θερμότητα ατμού για να παρέχουν την ενέργεια που χρειάζεται για τις λειτουργίες τους. Ο ενεργειακός λογαριασμός ενός τυπικού εργοστασίου μπορεί να φτάσει τα 20 έως 30 εκατομμύρια δολάρια ετησίως. Οι χιλιάδες ατμοπαγίδες, των οποίων η λειτουργία είναι να απομονώνουν το συμπυκνωμένο νερό από τα συστήματα ατμού σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις, παραβλέπονται πολύ συχνά ως προς την απόδοσή τους. Σε συστήματα ατμού που δεν έχουν συντηρηθεί για τρία έως πέντε χρόνια, μεταξύ 15% και 20% των ατμοπαγίδων έχουν κάποια αστοχία ή ελαττωματική λειτουργία, σύμφωνα με το Υπουργείο Ενέργειας των ΗΠΑ. Σε αυτές τις περιπτώσεις το κόστος από τις αστοχίες αθροίζεται γρήγορα. Για παράδειγμα, μια μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας διαπίστωσε ότι μια ατμοπαγίδα με διαρροές κόστιζε \$2.200 για κάθε ημέρα λειτουργίας. Συνήθως, αυτές οι ατμοπαγίδες, ελέγχονται χειροκίνητα μία φορά το χρόνο, τώρα μπορούν να παρακολουθούνται ακουστικά με έξυπνες συσκευές, ειδοποιώντας τους χειριστές για χαλασμένες ή ελαττωματικές ατμοπαγίδες. Μία μεγάλη πετροχημική εταιρεία από την Νότια Αφρική εγκατέστησε ακουστικές οθόνες στις είκοσι πιο σημαντικές ατμοπαγίδες της και εξοικονόμησε \$42.000 σε κόστος ατμού καθώς και \$15.000 σε κόστος συντήρησης ετησίως. Το αξιοσημείωτο στο τελευταίο παράδειγμα αποτελεί το γεγονός ότι η επένδυση αποπληρώθηκε από μόνη της σε λιγότερο από τρεις μήνες.

Σε άλλο παράδειγμα, ενώ οι διαχειριστές εγκαταστάσεων γνωρίζουν πόσο φυσικό αέριο αγοράζουν κάθε χρόνο, δεν γνωρίζουν πάντα πόσο χρησιμοποιείται από κάθε μονάδα διεργασίας. Οι μετρητές ροής βοηθούν στην ανίχνευση διαρροών ή ασυνήθιστων αλλαγών στη χρήση ενέργειας, εξισορροπούν τη ροή ενέργειας για χρήση σε βελτιστοποιημένα σημεία κατανάλωσης και δίνουν προτεραιότητα σε ενέργειες εξοικονόμησης ενέργειας. Ένα εργοστάσιο χαρτοπολτού και παραγωγής

χαρτιού της Νέας Αγγλίας εφάρμοσε τεχνολογίες μέτρησης ροής και το έργο εξοφλήθηκε σε λιγότερο από οκτώ μήνες, με εξοικονόμηση πάνω από \$1 εκατομμύριο σε ενεργειακό κόστος κατά τον πρώτο χρόνο.

Στην αρχή του κεφαλαίου αναφερθήκαμε στην εξοικονόμηση ενέργειας από τον έλεγχο των συστημάτων πεπιεσμένου αέρα. Τώρα θα παρουσιάσουμε και ένα παράδειγμα που λογιστικοποιεί το όφελος αυτό. Τα συστήματα πεπιεσμένου αέρα αποτελούν σημαντικές πηγές κατανάλωσης ενέργειας και άρα μπορούν να αποτελέσουν κύριες πηγές ενεργειακής σπατάλης σε περίπτωση διαρροών. Αντιμετωπίζοντας αυξημένο λειτουργικό κόστος, ανάγκη για αυξημένη χωρητικότητα και έχοντας ανησυχίες για ελλείψεις πεπιεσμένου αέρα, ένα εργοστάσιο χημικών της Νότιας Αμερικής πρόσθεσε τεχνολογίες μέτρησης ροής και σημείωσε βελτίωση 10% στη συνολική απόδοση του συστήματος πεπιεσμένου αέρα που με τη σειρά του οδήγησε σε μείωση \$750.000 ετησίως στο κόστος ηλεκτρικής ενέργειας. [83]

Υπάρχουν λύσεις με αρκετά χαμηλό κόστος που μπορούν να οδηγήσουν σε εξοικονόμηση μεγαλύτερη του 10%. Τέτοιο παράδειγμα αποτελούν οι έξυπνοι μετρητές οι οποίοι με μικρό κόστος μπορούν να μειώσουν την κατανάλωση ενέργειας μέχρι και 40%. Ο τρόπος που συνεισφέρουν είναι με τη τοποθέτησή τους σε κομβικά σημεία της βιομηχανικής εγκατάστασης ώστε να αναλύονται η οι επί μέρους αλλά και η συνολική κατανάλωση. Παράλληλα, η απόσβεση των ψηφιακών εφαρμογών για ενεργειακή εξοικονόμηση ολοκληρώνεται μεταξύ 6 και 24 μηνών. Ο συνδυασμός ψηφιακών εφαρμογών και εφαρμογών λογισμικού μπορεί να παράγει ενεργειακή εξοικονόμηση της τάξης του 30% στη βιομηχανία. Τα λογισμικά αυτά είναι προτιμότερο να εγκαθίστανται σε υπολογιστικά νέφη και όχι τοπικά μειώνοντας έτσι τα ενεργειακά κόστη περαιτέρω κατά 35%. Η ενεργειακή αυτή εξοικονόμηση βοηθάει και στην επίτευξη στόχων βιωσιμότητας και πιστοποιήσεων.

Η χρήση AI και Ανάλυσης Δεδομένων βελτιώνει κατά τουλάχιστον 15% την ενεργειακή εξοικονόμηση από πλευράς της καθώς βελτιστοποιεί τη πρόβλεψη των ενεργειακών αναγκών και διευκολύνει τον συγχρονισμό των ροών ηλεκτρισμού. Μία από τις μεγαλύτερες εταιρείες πληροφορικής παγκοσμίως το 2016 μείωσε τις ανάγκες ψύξης του δικτύου κέντρων δεδομένων της αναπτύσσοντας και εφαρμόζοντας τον δικό της αλγόριθμο AI εντοπισμού ευκαιριών εξοικονόμησης ενέργειας. Τα Ψηφιακά Δίδυμα χρησιμοποιούνται για τη μείωση της χρήσης ενέργειας κατά 59% αλλά και για τη βελτίωση της απόδοσης χρήσης ενέργειας κατά

36%. Οι δύο παραπάνω ψηφιακές τεχνολογίες συμμετέχουν στη δημιουργία ενός ψηφιακού και διασυνδεδεμένου συστήματος διανομής ενέργειας που συμβάλει στη μείωση κατά 20% των κεφαλαιακών δαπανών συγκριτικά με τα παραδοσιακά συστήματα ελέγχου. Επίσης, οδηγεί σε μειωμένη χρήση συσκευών κατά 25% και της καλωδίωσης κατά 60%.

Όσο αναφορά τώρα τα έξυπνα κτίρια, και εδώ τα πρακτικά οφέλη είναι μετρίσιμα και υψηλά. Μια ενιαία πλατφόρμα για τη συλλογή και παρακολούθηση δεδομένων κατανάλωσης ενέργειας επιτρέπει σε μια τυπική βιομηχανική επιχείρηση να μειώσει το ενεργειακό κόστος των κτιριακών εγκαταστάσεων κατά 20% έως 30%. Στο να επιτευχθούν τα νούμερα αυτά συνεισφέρει κατά 26% η μεγαλύτερη αποδοτικότητα στη διατήρηση θερμοκρασίας και μέχρι 67% το μειωμένο κόστος φωτισμού. Μάλιστα, για τα εμπορικά κτίρια η μείωση ενεργειακής σπατάλης κυμαίνεται στο 17,5%.

Συγκεντρωτικά, ένας συνδυασμός των ψηφιακών τεχνολογιών AI και IoT για συστήματα HVAC οδηγεί σε 25% μείωση του ενεργειακού κόστους, 40% μείωση εκπομπών από τα HVAC, 50% παράταση της διάρκειας ζωής του εξοπλισμού, 5% έως 15% μείωση κόστους θέρμανσης με έξυπνους θερμοστάτες, 10% μείωση ενεργειακής κατανάλωσης από την έγκαιρη συντήρηση συστημάτων ψύξης χάρη στους αυτόματους ενεργειακούς ελέγχους, έως και 40% μείωση κόστους συντήρησης των HVAC σε διαφορετικά κτίρια χάρη στην απομακρυσμένη παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο, μεγαλύτερη από 33% μείωση στην κατανάλωση ηλεκτρισμού ενός κτιρίου λόγω των έξυπνων συστημάτων ελέγχου και, τέλος, μέχρι και 75% μείωση κατανάλωσης ενέργειας των Ηλεκτρονικών Υπολογιστών με αυτόματο σβήσιμο των μονάδων και των περιφερειακών κατά τις ώρες εκτός ωραρίου και μετά από κάποιο χρονικό διάστημα αδράνειας.

Τέλος, καίριο ρόλο στην ενσωμάτωση των ψηφιακών εφαρμογών στις βιομηχανικές επιχειρήσεις ενέχει το ανθρώπινο προσωπικό. Η ενημέρωση και εκπαίδευση του προσωπικού σε βασικές πρακτικές για την εξοικονόμηση ενέργειας, καθώς και ο ορισμός ομάδας και αρμόδιων στελεχών συμβάλουν στην αύξηση ενεργειακής εξοικονόμησης έως 6% ετησίως. Μάλιστα, το ποσοστό αυτό ανεβαίνει στο 21% όταν συνδυάζεται με την κατάλληλη τεχνική υποστήριξη και τεχνογνωσία.

[84]

Ωστόσο, όπου εμπλέκεται ο ανθρώπινος παράγοντας κρύβονται και κάποιες προκλήσεις. Αυτά θα τα δούμε στο επόμενο υποκεφάλαιο στο οποίο διενεργούμε δειγματοληπτικά ανάλυση SWOT για κάποιες ψηφιακές εφαρμογές.

4.2 SWOT

Έξυπνοι Μετρητές

Δυνατά σημεία (Strengths)	Αδυναμίες (Weaknesses)
<ul style="list-style-type: none">➤ Αυξημένη ακρίβεια στη μέτρηση της κατανάλωσης ενέργειας και αερίου.➤ Δυνατότητα παρακολούθησης της κατανάλωσης σε πραγματικού χρόνου.➤ Βελτιωμένη διαχείριση της ενέργειας και μείωση των απωλειών.➤ Αυτόματη συλλογή δεδομένων, ελαχιστοποιώντας τον ανθρώπινο χρόνο και την πιθανότητα λαθών.➤ Σύνδεση με άλλες τεχνολογίες, όπως τα έξυπνα κτίρια ή τα δίκτυα IoT, για ολοκληρωμένη διαχείριση.	<ul style="list-style-type: none">➤ Υψηλό κόστος εγκατάστασης και αναβάθμισης των έξυπνων μετρητών.➤ Ανάγκη για εκπαίδευση του προσωπικού για τη σωστή χρήση και συντήρηση.
Ευκαιρίες (Opportunities)	Απειλές (Threats)
<ul style="list-style-type: none">➤ Αυξανόμενη ζήτηση για έξυπνα κτίρια και ηλεκτρικά οχήματα.➤ Κυβερνητικές επιδοτήσεις.➤ Ανάπτυξη των έξυπνων δικτύων (smart grids) και ενεργειακή αποδοτικότητα σε αναπτυσσόμενες χώρες.	<ul style="list-style-type: none">➤ Ανησυχίες για την κυβερνοασφάλεια και την προστασία των δεδομένων.➤ Πιθανή αντίσταση από τις επιχειρήσεις και τα στελέχη τους λόγω ανησυχιών για την διασφάλιση των επιχειρησιακών λειτουργιών.

Cloud – Υπολογιστικό Νέφος

Ψηφιακές Εφαρμογές στην υπηρεσία της Ενεργειακής Εξοικονόμησης στον Βιομηχανικό Τομέα

Δυνατά σημεία (Strengths)	Αδυναμίες (Weaknesses)
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ευελιξία και κλιμακωσιμότητα, δηλαδή η δυνατότητα γρήγορης προσαρμογής σε αλλαγές της αγοράς. ➤ Περιορισμός εξόδων για υποδομές IT και συντήρηση άρα μείωση του κόστους. ➤ Βελτιωμένη δυνατότητα συνεργασίας μεταξύ τμημάτων εσωτερικά και εταιρειών εξωτερικά. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Προκλήσεις στην ασφάλεια δεδομένων και στην προστασία τους. ➤ Εξάρτηση από τον πάροχο που ενέχει τους κινδύνους που σχετίζονται με τη διακοπή της υπηρεσίας. ➤ Περιορισμένη προσαρμοστικότητα που μπορεί να προκαλέσει πιθανές δυσκολίες στην προσαρμογή του Cloud σε ειδικές ανάγκες της βιομηχανίας.
Ευκαιρίες (Opportunities)	Απειλές (Threats)
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ευκολία στην εισαγωγή νέων τεχνολογιών, διαδικασιών και καινοτομίας. ➤ Επέκταση της αγοράς και της παραγωγής σε παγκόσμιο επίπεδο. ➤ Βελτιωμένη ικανότητα στην ανάλυση μεγάλων όγκων δεδομένων. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Νομοθετικές και ρυθμιστικές αλλαγές που επηρεάζουν τη χρήση του Cloud. ➤ Δημιουργία γνωστικών κενών σε περίπτωση μη συνεχούς ενημέρωσης και αναβάθμισης των συστημάτων καθώς και του προσωπικού. ➤ Η αυξανόμενη χρήση του Cloud από ανταγωνιστές μπορεί να μειώσει το ανταγωνιστικό πλεονέκτημα.

IoT – Internet of Things – Διαδίκτυο των Πραγμάτων

Δυνατά σημεία (Strengths)	Αδυναμίες (Weaknesses)
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Βελτίωση της αποδοτικότητας και μείωση του χρόνου παραγωγής μέσω αυτοματισμού των διαδικασιών. ➤ Παρακολούθηση και ανάλυση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο και βελτίωση της ποιότητας και της αξιοπιστίας των προϊόντων. ➤ Μείωση του κόστους λειτουργίας και του περιβαλλοντικού αποτυπώματος πετυχαίνοντας ενεργειακή εξοικονόμηση. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ανάγκη για σημαντικές αρχικές επενδύσεις καθώς το κόστος εγκατάστασης και εκπαίδευσης προσωπικού είναι υψηλό. ➤ Ασφάλεια δεδομένων λόγω του κινδύνου κυβερνοεπιθέσεων και διαρροής πληροφοριών. ➤ Τεχνολογική εξάρτηση προκαλεί ευπάθεια σε διακοπές λειτουργίας και τεχνολογικές αλλαγές.

Ευκαιρίες (Opportunities)	Απειλές (Threats)
<ul style="list-style-type: none">➤ Καινοτομία στα προϊόντα με συνεχή δυνατότητα ανάπτυξης νέων λειτουργιών και υπηρεσιών.➤ Βελτίωση της εμπειρίας του προσωπικού με προσαρμοσμένες λύσεις και αυξημένη ικανοποίηση.➤ Επέκταση σε νέες αγορές με εξερεύνηση νέων επιχειρηματικών μοντέλων και αγορών.	<ul style="list-style-type: none">➤ Νομοθετικές αλλαγές και ρυθμίσεις που μπορεί να περιορίσουν τη χρήση των ΙοΤ.➤ Η γρήγορη εξέλιξη της τεχνολογίας μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένο ανταγωνισμό.➤ Κίνδυνος επενδύσεων σε τεχνολογίες που γρήγορα μπορεί να ξεπεραστούν.

Ψηφιακά Δίδυμα – Digital Twins

Δυνατά σημεία (Strengths)	Αδυναμίες (Weaknesses)
<ul style="list-style-type: none">➤ Ενισχύουν την παραγωγικότητα και την αποδοτικότητα, προσφέροντας εικονικά αντίγραφα των φυσικών συστημάτων.➤ Επιτρέπουν την προσομοίωση και την ανάλυση πολλαπλών σεναρίων, βοηθώντας στη λήψη αποφάσεων.➤ Βελτιώνουν την ποιότητα των προϊόντων και την προβλεψιμότητα των διαδικασιών.	<ul style="list-style-type: none">➤ Απαιτούν υψηλό επίπεδο τεχνογνωσίας για την υλοποίησή τους.➤ Οι αρχικές επενδύσεις σε υποδομές και τεχνολογία μπορεί να είναι υψηλές.➤ Απαιτούν συνεχή ενημέρωση και συντήρηση.

Ευκαιρίες (Opportunities)	Απειλές (Threats)
<ul style="list-style-type: none">➤ Ενσωματώνονται στο πλαίσιο της Βιομηχανίας 4.0, επιτρέποντας την αξιοποίηση νέων τεχνολογιών.➤ Μπορούν να βελτιώσουν τη συνεργασία μεταξύ ανθρώπων και μηχανών.➤ Προσφέρουν δυνατότητες προσαρμογής στις ανάγκες της επιχείρησης.	<ul style="list-style-type: none">➤ Κίνδυνος κυβερνοαπειλών και παραβίασης της ασφάλειας των δεδομένων.➤ Ανταγωνισμός από άλλες τεχνολογίες και προσεγγίσεις.➤ Περιορισμοί στην υλοποίηση λόγω περιβαλλοντικών ή νομικών παραγόντων.

A.I. – Artificial Intelligence – Τεχνητή Νοημοσύνη

Δυνατά σημεία (Strengths)	Αδυναμίες (Weaknesses)
<ul style="list-style-type: none">➤ Ενισχύουν την αυτοματοποίηση και την αποδοτικότητα των διαδικασιών.➤ Προσφέρουν προηγμένη ανάλυση δεδομένων και προβλέψεις.➤ Βελτιώνουν την ποιότητα των προϊόντων και την ασφάλεια.	<ul style="list-style-type: none">➤ Απαιτούν υψηλό επίπεδο τεχνογνωσίας για την υλοποίησή τους.➤ Οι αρχικές επενδύσεις σε υποδομές και εκπαίδευση μπορεί να είναι υψηλές.➤ Κίνδυνος παραβίασης της ασφάλειας δεδομένων.
Ευκαιρίες (Opportunities)	Απειλές (Threats)
<ul style="list-style-type: none">➤ Ενσωματώνονται στο πλαίσιο της Βιομηχανίας 4.0, βελτιώνοντας την παραγωγικότητα.➤ Μπορούν να βελτιώσουν την προβλεψιμότητα και το σχεδιασμό των συντηρητικών εργασιών.➤ Δημιουργούν νέες επιχειρηματικές δυνατότητες.	<ul style="list-style-type: none">➤ Ανταγωνισμός από άλλες τεχνολογίες και προσεγγίσεις.➤ Κίνδυνος ανθρώπινου λάθους κατά την υλοποίηση.➤ Περιορισμοί λόγω νομοθετικών πλαισίων.

5. Συμπεράσματα και Προοπτικές

Στα μέσα του προηγούμενου αιώνα σημειώθηκε μία ραγδαία εκβιομηχάνιση της ανθρωπότητας η οποία οδηγήθηκε από τις οικονομίες κλίμακας και τους αυτοματισμούς και οδήγησε σε έντονες ενεργειακές απαιτήσεις ώστε να λειτουργήσουν οι δαιδαλώδεις αλυσίδες παραγωγής και να καλυφθεί η οικουμενική, πλέον, ζήτηση. Ως αιτιατό υπήρξε μία αφελής κίνηση του ανθρώπου στην παραγωγή ενέργειας από ορυκτά με αβυσσαλέα αποτελέσματα για το περιβάλλον. Μάλιστα, λόγω των μακροοικονομικών παραγόντων των τελευταίων ετών, όπως για παράδειγμα το άστατο παγκόσμιο οικονομικό και πολιτικό κλίμα καθώς και οι συνεχείς πολεμικές συγκρούσεις, οι τιμές της ενέργειας έχουν εκτοξευθεί ασκώντας σημαντικές πιέσεις στους προϋπολογισμούς των επιχειρήσεων και ειδικά των βιομηχανικών μονάδων που κατέχουν αρκετά ενεργοβόρες εγκαταστάσεις.

Για να θωρακιστούν οι οικονομικές ενότητες, όπως η Ευρωπαϊκή Ένωση, αλλά και να διασφαλίσουν μία βιώσιμη και πράσινη ανάπτυξη εξασφαλίζοντας, ταυτόχρονα, τις ενεργειακές τους ανάγκες, οδηγήθηκαν σε μία σειρά κινήσεων, στόχων και αποφάσεων. Έτσι, υιοθετήθηκαν κάποιες κοινές γραμμές πολιτικής και ήδη υλοποιούνται έργα προς την κατεύθυνση της ενεργειακής αυτονομίας με την παραγωγή πράσινης ενέργειας μέσω εναλλακτικών πηγών. Ωστόσο, οι πολιτικές που υιοθετήθηκαν είναι διπλού χαρακτήρα. Από τη μία να παράγουμε με πιο φιλικούς προς το περιβάλλον τρόπους και από την άλλη να μειώσουμε την κατανάλωση. Για να μειωθεί η κατανάλωση υπάρχουν πολλές κινήσεις που έχουν ήδη αρχίσει να γίνονται. Μία από αυτές αποτελεί και η ενσωμάτωση των σύγχρονων ψηφιακών εφαρμογών στην ενεργειακή εξοικονόμηση.

Οι αποφάσεις που έχουν ληφθεί από την παγκόσμια κοινότητα αφορούν τόσο τους ιδιώτες όσο και τις επιχειρήσεις. Ο βιομηχανικός κλάδος είναι ο πιο ενεργοβόρος κλάδος και για αυτό η βελτιστοποίηση της ενεργειακής εξοικονόμησης αποτελεί σημείο κλειδί και καίριο βήμα της ανθρωπότητας προς το μηδενικό ενεργειακό ισοζύγιο. Για να επιτευχθεί ταχύτερα και αποτελεσματικότερα ο στόχος αυτός είναι αναγκαίο να ενσωματώσουμε τις ψηφιακές εφαρμογές στον βιομηχανικό τομέα ώστε να εξασφαλίσουμε βέλτιστη ενεργειακή εξοικονόμηση.

Βέβαια, με τις αλλαγές αυτές εκτός από αδιαμφισβήτητα θετικά αποτελέσματα έρχονται και κάποιες απειλές. Οι απειλές αυτές πρέπει να συγκεντρωθούν, μελετηθούν και αναλυθούν ώστε να είμαστε προετοιμασμένοι και να

τις αντιμετωπίσουμε αποτελεσματικά όταν εμφανιστούν ή ακόμα και να εμποδίσουμε προνοητικά. Εδώ, εμφανίζονται και οι προοπτικές για το μέλλον από τη χρήση ψηφιακών εφαρμογών στον βιομηχανικό κλάδο.

Πατώντας πάνω στις απειλές οι μελλοντικοί μελετητές, αναλυτές και επιστήμονες μπορούν να προχωρήσουν σε μία πιο σε βάθος ανάλυση. Μάλιστα, με τη χρήση σύγχρονων εφαρμογών και εργαλείων μπορούν να προχωρήσουν σε αριθμητικές και ποσοτικές αναλύσεις δεδομένων και να δημιουργήσουν κατάλληλους δείκτες και KPIs που θα δείχνουν πόσο έτοιμες είναι οι επιχειρήσεις να υποδεχθούν μια τέτοια αλλαγή ή σε τι ποσοστό έχουν ενσωματώσει τις ψηφιακές εφαρμογές για εξοικονόμηση ενέργειας, πόσο εκπαιδευμένο είναι το προσωπικό, σε τι επίπεδο βρίσκεται η επιχείρηση συνολικά ως προς τις κοινοτικές οδηγίες και στόχους και άλλα πολλά.

Ταυτόχρονα, ανοίγονται πόρτες ώστε να σχεδιαστούν συστήματα με ψηφιακές εφαρμογές και σε άλλους κλάδους των βιομηχανικών επιχειρήσεων όπως είναι οι πωλήσεις και η εξυπηρέτηση πελατών. Έτσι, μπορούμε να φτάσουμε σε ένα σημείο όπου θα έχουμε μέγιστο αυτοματισμό και βελτιστοποίηση, τόσο οριζόντια όσο και κάθετα, όπου ο άνθρωπος θα έχει ρόλο επιτηρητή, αναλυτή, σχεδιαστή και καινοτόμου.

Τέλος, άλλη μία προοπτική θα μπορούσε να είναι η μελέτη των νέων απαραίτητων δεξιοτήτων των εργαζομένων αυτών των βιομηχανιών, τόσο το αναβάθμιση και εξέλιξη (upskilling) των ικανοτήτων των παλαιών εργαζομένων όσο και την απόκτηση νέων δεξιοτήτων (reskilling) των νέων, είτε μιλάμε για εργάτες είτε για μηχανικούς και managers, προκειμένου να συμβάλλουν στην αποτελεσματική και ασφαλή διάχυση και εφαρμογή των νέων ψηφιακών τεχνολογιών στις (ελληνικές) Βιομηχανίες.

Η ανθρωπότητα έχει κάνει πολλά άλματα στο παρελθόν στην ανάπτυξή της. Κάποιες φορές μετά τα άλματα στραβοπατούσε. Οφείλουμε να μαθαίνουμε από το παρελθόν χωρίς ταυτόχρονα να φρενάρουμε την ανάπτυξη, την καινοτομία και την πρόοδο. Είμαστε ήδη στην 4^η Βιομηχανική επανάσταση και οι ψηφιακές εφαρμογές καθώς και η τεχνολογία που τις υλοποιεί έχει αναπτυχθεί. Πρέπει, ωστόσο, να προχωράμε με σωστά βήματα και πάντα προετοιμασμένοι.

Παράρτημα Α: Ακρωνύμια

Ακρωνύμιο	Ελληνικά	English
E.E.	Ευρωπαϊκή Ένωση	European Union
Εν.Ε.	Ενεργειακή Ένωση	Energy Union
IoT	Διαδίκτυο των Πραγμάτων	Internet of Things
IIoT	Βιομηχανικό Διαδίκτυο των Πραγμάτων	Industrial IoT
D.T.	Ψηφιακά Δίδυμα	Digital Twins
A.I.	Τεχνητή Νοημοσύνη	Artificial Intelligence
M.L.	Μηχανική Μάθηση	Machine Learning
E.Π.Ε.	Εναλλακτικές Πηγές Ενέργειας	Alternative Energy Sources
A.Π.Ε.	Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας	Renewable Energy Sources
MME	Μικρο-Μεσαίες Επιχειρήσεις	Small Medium Enterprises
ΑΕΠ	Ακαθάριστο Εθνικό Προϊόν	Gross Domestic Product
YoY	Έναντι του περασμένου έτους	Year over Year
RFID	Αναγνώριση Ραδιοσυχνότητας	Radio-Frequency Identification
M2M	Μηχανή προς Μηχανή	Machine to Machine
IT	Τεχνολογία Πληροφοριών	Information Technology
OT	Τεχνολογία Λειτουργιών	Operational Technology
ICSs	Συστήματα Ελέγχου Βιομηχανικών Διαδικασιών	Industrial Control Systems
HMI	Συστήματα Διεπαφής Ανθρώπου Μηχανής	Human Machine Interfaces
SCADA	Συστήματα Ελέγχου Παρακολούθησης Δεδομένων	Supervisory Control and Data Acquisition
DCS	Κατανεμημένα Συστήματα Ελέγχου	Distributed Control Systems
PLC	Προγραμματιζόμενοι Λογικοί Ελεγκτές	Programmable Logic Controllers
SaaS	Λογισμικό ως Υπηρεσία	Software as a Service
GPS	Παγκόσμιο Σύστημα Τοποθεσίας	Global Positioning System
EMS	Σύστημα Διαχείρισης Ενέργειας	Energy Management System
ROI	Απόδοση Επένδυσης	Return on Investment
GIS	Γεωχωρική Τεχνολογία	Geographic Information System
AR	Επαυξημένη Πραγματικότητα	Augmented Reality
HVAC	Συστήματα Θέρμανσης, Εξαερισμού & Κλιματισμού	Heating, Ventilation & Air Conditioning
GUI	Γραφική Διεπαφή Χρήστη	Graphical User Interface
EBITDA	Κέρδη προ τόκων, φόρων και αποσβέσεων	Earnings Before Interest Taxes Depreciation & Amortization
VR	Εικονική Πραγματικότητα	Virtual Reality
RFID	Ταυτοποίηση μέσω	Radio-frequency identification

Ψηφιακές Εφαρμογές στην υπηρεσία της Ενεργειακής Εξοικονόμησης στον
Βιομηχανικό Τομέα

	ραδιοσυχνοτήτων	
SWOT	Δυνατά σημεία Αδυναμίες Ευκαιρίες και Απειλές	Strength Weaknesses Opportunities Risks
KPI	Καίριοι Δείκτες Απόδοσης	Key Performance Indicator

Παράρτημα Β: Εικόνες

Εικόνα 1, πηγή: Eurostat (online data code: nrg_bal_s):

https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Energy_statistics_-_an_overview

Εικόνα 2, πηγή: Simplified energy balances [nrg_bal_s]:

https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Final_energy_consumption_in_industry_-_detailed_statistics

Εικόνες 3 και 4, πηγή: Eurostat:

<https://ec.europa.eu/eurostat/web/interactive-publications/digitalisation-2023#technology-uptake-in-businesses>

Εικόνα 5, πηγή: Eurostat:

https://www.alpha.gr/-/media/alphagr/files/group/agores/sectors-in-focus/ict_digitalization_sectors-in-focus_november2022.pdf

Εικόνα 6, πηγή: Odyssee:

<https://www.odyssee-mure.eu/publications/national-reports/energy-efficiency-greece.pdf>

Εικόνες 7 και 8, πηγή: Ευρωπαϊκή Ένωση:

https://www.ecb.europa.eu/pub/economic-bulletin/articles/2021/html/ecb.ebart202008_03~da0f5f792a.en.html

Εικόνα 9, πηγή: ResearchGate:

https://www.researchgate.net/figure/Industry-40-Key-concepts-and-digital-technologies-source-Image-created-by-author-C_fig1_349974274

Εικόνα 10, πηγή: RF page:

<https://www.rfpage.com/applications-of-industrial-internet-of-things/>

Εικόνα 11, πηγή: SumitAwinash, CC BY-SA 4.0
<<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>>, via Wikimedia Commons:

<https://medium.com/industrial-digital-transformation-industry-4-0/what-is-and-what-isnt-a-digital-twin-9880fc87abc3>

Εικόνα 12, πηγή: toobler:

<https://www.toobler.com/blog/digital-twin-iiot>

Εικόνα 13, πηγή: wipro:

<https://www.wipro.com/infrastructure/edge-computing-understanding-the-user-experience/>

Εικόνα 14, πηγή googleimages.com:

<https://www.opensourceforu.com/2018/11/how-to-use-owncloud-to-set-up-a-secure-private-cloud/>

Εικόνα 15, πηγή Abdul Rahid:

<https://www.wordstream.com/blog/ws/2017/07/28/machine-learning-applications>

Εικόνα 16, πηγή Solarman:

<https://www.solarmanpv.com/products/smart-meter/>

Εικόνα 17, πηγή: Tech Xplore:

<https://techxplore.com/news/2021-06-autonomous-excavators-ready-clock-real-world.html>

Εικόνα 18: πηγή Geospatial World:

<https://www.geospatialworld.net/blogs/geospatial-technology-power-sector/>

Εικόνα 19: πηγή Kim Phuc TRAN:

https://www.researchgate.net/figure/A-framework-for-the-smart-factory_fig1_333531793

Βιβλιογραφία – Αναφορές

Ο συγγραφέας της διπλωματικής έχει πτυχίο Ηλεκτρολόγου Μηχανικού και Μηχανικού Υπολογιστών από το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Επίσης, έχει ολοκληρώσει της φοιτητικές υποχρεώσεις στο Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών Τεχνο-οικονομικά που γίνεται σε συνεργασία ΕΜΠ και Πανεπιστημίου Πειραιά και μέρος του οποίου αποτελεί η εκπόνηση της διπλωματικής αυτής. Τα παραπάνω, σε συνδυασμό με την πενταετή προϋπηρεσία του σε εταιρίες ψηφιακής τεχνολογίας και πληροφορικής σε θέσεις Διαχειριστή Έργων και Επιχειρησιακού Αναλυτή, τον έχουν εξοπλίσει με γνώσεις ώστε να μπορεί να προτείνει λύσεις και να σχεδιάζει συστήματα, με βάση τις τεχνολογίες που αναφέρονται στην εργασία αυτή, για την ανάπτυξη ψηφιακών εφαρμογών στον βιομηχανικό τομέα με σκοπό την ενεργειακή εξοικονόμηση.

Διαδικτυακοί ιστοί :

[1] «Industry 4.0 - Ψηφιακός Μετασχηματισμός – Εκπαίδευση», ΑΚΕΘ:

<https://www.aketh.gr/nea/psifiakos-metaximatismos-ekpaidefsi?rCH=2>

[2] «Τι είναι η ουδετερότητα του άνθρακα και πώς μπορεί να επιτευχθεί έως το 2050;», Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, Θέματα, Κλίμα & Περιβάλλον, Κλιματική Αλλαγή:

<https://www.europarl.europa.eu/topics/el/article/20190926STO62270/ti-einai-i-oudeterotita-tou-anthraka-kai-pos-mporei-na-epiteuchthei-eos-to-2050>

[3] «Gross available energy, EU, 1990-2021», Eurostat:

https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Energy_statistics_-_an_overview

[4] «Evolution of final energy consumption in the industry sector by energy product, EU, 1990-2021 (PJ) », Eurostat:

https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Final_energy_consumption_in_industry_-_detailed_statistics

[5] «Digitalisation in Europe - 2023 edition», Eurostat:

<https://ec.europa.eu/eurostat/web/interactive-publications/digitalisation-2023#technology-uptake-in-businesses>

[6] «Energy efficiency and digitalisation», IEA:

<https://www.iea.org/articles/energy-efficiency-and-digitalisation>

[7] «European Climate Law», Ευρωπαϊκή Ένωση:

https://climate.ec.europa.eu/eu-action/european-climate-law_en

[8] «Information and Communication Technologies and Digital Transformation», Alpha Bank:

https://www.alpha.gr/-/media/alphagr/files/group/agores/sectors-in-focus/ict_digitalization_sectors-in-focus_november2022.pdf

[9] «Energy Efficiency trends and policies in Greece», ΚΑΠΕ-CRES:

<https://www.odyssee-mure.eu/publications/national-reports/energy-efficiency-greece.pdf>

[10] «The digital economy and the euro area», Ευρωπαϊκή Κεντρική Τράπεζα:

https://www.ecb.europa.eu/pub/economic-bulletin/articles/2021/html/ecb.ebart202008_03~da0f5f792a.en.html

[11] «4η Βιομηχανική Επανάσταση (Industry 4.0): Τι είναι και τι πρέπει να γνωρίζουμε γενικότερα.», ewood.gr

<https://ewood.gr/4%CE%B7-%CE%B2%CE%B9%CE%BF%CE%BC%CE%B7%CF%87%CE%B1%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%AE-%CE%B5%CF%80%CE%B1%CE%BD%CE%AC%CF%83%CF%84%CE%B1%CF%83%CE%B7-01/>

[12] «Τι είναι το Διαδίκτυο των Πραγμάτων και οι Έξυπνες Πόλεις;», IEEE:

<https://ieee.cs.uowm.gr/citizension/ti-einai-smart-cities-kai-internet-of-things/>

[13] «Η ευρωπαϊκή πολιτική για το διαδίκτυο των πραγμάτων», Ευρωπαϊκή Ένωση:

<https://digital-strategy.ec.europa.eu/el/policies/internet-things-policy>

[14] «Use of Internet of Things in enterprises», Eurostat:

https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Use_of_Internet_of_Things_in_enterprises

[15] «Industrial Internet of Things (IIoT)», Trend Micro:

<https://www.trendmicro.com/vinfo/us/security/definition/industrial-internet-of-things-iiot>

[16] «What is a digital twin?», IBM:

<https://www.ibm.com/topics/what-is-a-digital-twin>

[17] «The European Data Strategy and Digital Twins: Leveraging the Power of Data for Climate Change Adaptation», Startup Europe:

<https://startupregions.eu/blog/2023/11/20/the-european-data-strategy-and-digital-twins-leveraging-the-power-of-data-for-climate-change-adaptation/>

[18] «What is edge computing? Everything you need to know», Stephen J. Bigelow:

<https://www.techtarget.com/searchdatacenter/definition/edge-computing>

[19] «What is Edge Computing, and How Does it Work?», SHANDRA EARNEY:

<https://xailient.com/blog/what-is-edge-computing-and-how-does-it-work/>

[20] «Edge Computing», Accenture:

<https://www.accenture.com/us-en/insights/cloud/edge-computing-index>

[21] «What is Cloud Storage?», Google:

<https://cloud.google.com/learn/what-is-cloud-storage>

[22] «What is Cyber Security? », Kaspersky:

<https://www.kaspersky.com/resource-center/definitions/what-is-cyber-security>

[23] «Importance of cyber security: Benefits and Disadvantages», Sprinto:

<https://sprinto.com/blog/importance-of-cyber-security/>

[24] «What is ML? », IBM:

<https://www.ibm.com/topics/machine-learning>

[25] «What is AI? », IBM:

<https://www.ibm.com/topics/artificial-intelligence>

[26] «Εξυπνοι μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας», energy lab:

<https://www.energylab.gr/products/energy-monitoring>

[27] «DIGITAL TRANSFORMATION IN THE ENERGY INDUSTRY: OVERVIEW AND TIPS», WAVERLEY:

<https://waverleysoftware.com/blog/digital-transformation-in-the-energy-industry>

[28] «How to use smart meter data beyond billing to create value». Net2Grid:

<https://www.net2grid.com/post/how-to-use-smart-meter-data-beyond-billing-to-create-value>

[29] «Η επίπτωση στις τιμές της χονδρικής αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας από την αυξανόμενη διείσδυση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας – Το φαινόμενο της εμφάνισης αρνητικών τιμών.», ΧΡΙΣΤΙΝΑ ΚΑΤΣΙΚΗ:

<https://ikee.lib.auth.gr/record/306045/files/GRI-2019-24894.pdf>

[30] «The Net-Zero Industry Tracker: Aluminium Industry», World Economic Forum:

<https://www.weforum.org/publications/the-net-zero-industry-tracker/full/aluminium-industry/>

[31] «What is an energy management system? », UNIDO:

<https://www.unido.org/stories/what-energy-management-system>

[32] «What is an energy management system (EMS)? », Sensocraft:

<https://www.sensorfact.eu/blog/what-is-an-energy-management-system-ems/>

[33] «The Complete Guide to IoT for Energy Management: Or, How IoT is Disrupting the Energy Industry», Nabto:

<https://www.nabto.com/iot-energy-management/>

[34] «Lerta Energy Management System”, Lerta:

<https://lerta.energy/solution/energy-management>

[35] «Mining 4.0: How geoAI innovation drives digital transformation», Picterra:

<https://picterra.ch/blog/mining-4-0-how-geoai-innovation-drives-digital-transformation/>

[36] «The humanless difference: Autonomous efficiency goes beyond fuel savings», Fleet Owner:

<https://www.fleetowner.com/perspectives/lane-shift-ahead/article/21274481/the-humanless-difference-autonomous-efficiency-goes-beyond-fuel-savings>

[37] «The minerals industry in the era of digital transition: An energy-efficient and environmentally conscious approach», Science Direct:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301420722002975#sec6>

[38] «How COVID-19 impacted supply chains and what comes next», Ernst & Young:

https://www.ey.com/en_gr/supply-chain/how-covid-19-impacted-supply-chains-and-what-comes-next

[39] «The Suez Canal has a contentious history and has been blocked and closed several times since opening», Business Insider:

<https://www.businessinsider.com/the-suez-canal-blocked-and-closed-several-times-since-opening-2021-3>

[40] «The Journey To Autonomous», Honeywell:

<https://process.honeywell.com/us/en/initiative/remote-autonomous>

[41] « Industry 4.0 And The Future Of Supply Chains», Forbes:

<https://www.forbes.com/sites/forbesbusinessdevelopmentcouncil/2022/07/27/industry-40-and-the-future-of-supply-chains/?sh=54d3c10b6052>

[42] «Steering driverless buses forward», Ericsson:

<https://www.ericsson.com/en/reports-and-papers/mobility-report/articles/remote-monitoring-and-control-of-vehicles>

[43] «Εξυπνη Μεταποίηση», Ελλάδα 2.0 govgr:

<https://greece20.gov.gr/?calls=exygni-metapoisi>

[44] « Τι είναι ένα έξυπνο εργοστάσιο (smart factory);», SAP:

<https://www.sap.com/greece/products/scm/what-is-a-smart-factory.html>

[45] «Plan, optimize, and balance end-to-end retail and manufacturing operations», Relex:

<https://www.relexsolutions.com/>

[46] «What is Smart Maintenance? », ATS:

<https://www.advancedtech.com/blog/what-is-smart-maintenance/>

[47] «Smart Maintenance», Limble:

<https://limblecmms.com/maintenance-definitions/smart-maintenance/>

[48] «Smart Maintenance - How to make your maintenance fit for the future», Aleger:

<https://alegerglobal.com/en/augmented-reality/application-areas/smart-maintenance/>

[49] «Aluminium company - 20% reduced unplanned downtime with Senseye Predictive Maintenance», Siemens:

<https://references.siemens.com/reference/?id=33431>

[50] «What are the Benefits of Using IoT in the Aluminum Industry? », IoT for all:

<https://www.ietfforall.com/benefits-of-iot-in-aluminum-industry>

[51] «Predictive maintenance in the metal industry», Lantek:

<https://www.lantek.com/us/blog/predictive-maintenance-in-the-metal-industry>

[52] «Set Motion Detection Alarm for Network Camera», Hik connect:

https://www.hik-connect.com/views/terms/newHelp/gv_helpIos/GUID-E261CB94-8BFB-484F-B6B0-B1F4F06C188C.html

[53] «Mobile Service Alerting for Manufacturing», Derdack signal:

<https://www.signl4.com/industries/manufacturing-iiot-iiot-scada-mobile-app-alert>

[54] «ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΕΦΟΔΙΑΣΜΟΥ», μάθημα του ΔΠΜΣ Τεχνοοικονομικά:

https://technoeconomics.epu.ntua.gr/el/%CE%B4%CE%B9%CE%BF%CE%B9%CE%BA%CE%B7%CF%83%CE%B7_%CF%83%CF%85%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BC%CE%B1%CF%84%CF%89%CE%BD_%CE%B5%CF%86%CE%BF%CE%B4%CE%B9%CE%B1%CF%83%CE%BC%CE%BF%CF%85

[55] «Cash and Cash Equivalents (CCE) Definition: Types and Examples», Investopedia:

<https://www.investopedia.com/terms/c/cashandcashequivalents.asp>

[56] «Digital Logistics in industry 4.0», Dr. Hany Abdelghaffar Ismail:

<https://www.ie.edu/mcis-menacis-2023/wp-content/uploads/sites/626/2023/03/T08-Digital-Logistics-in-industry-4.0.pdf>

[57] «Digitalization in Supply Chain Management and Logistics: Smart and Digital Solutions for an Industry 4.0 Environment», Wolfgang Kersten, Thorsthen Blecker and Christian M. Ringle.

[58] «Optimize your supply chain», Relex:

<https://www.relexsolutions.com/solutions/supply-chain-planning>

[59] «Digital solutions for logistics that transform the industry», XChange:

<https://www.container-xchange.com/blog/digital-solutions-for-logistics/>

[60] «What Makes A Digital Platform So Essential for Industrial Equipment Companies? », Credensys:

<https://www.credencys.com/blog/digital-platform-for-industrial-equipment-companies/>

[61] «Automotive Industry 4.0: Revolutionizing Manufacturing with Digital Innovation and Smart Factories», Automotive Technology:

<https://www.automotive-technology.com/articles/automotive-industry-40-revolutionizing-manufacturing-with-digital-innovation-and-smart-factories>

[62] «Ψηφιακή βεβαίωση εγγράφου», gov.gr:

<https://www.gov.gr/ipiresies/polites-kai-kathemerinoteta/psephiaka-eggrapha-gov-gr/psephiake-bebaiose-eggraphou>

[63] «18 Best Digital Customer Service Platforms for 2024», Knowmax:

<https://knowmax.ai/blog/digital-customer-service-platforms/>

[64] «Driving the Customer Experience with Industry 4.0 Technologies», Epicor CPQ:

<https://kbmax.com/blog/digital-transformation-technologies-industry>

[65] «Virtual Assistants in Industry 4.0», E Scholarly Community Encyclopedia:

<https://encyclopedia.pub/entry/50280>

[66] «BOVONE VIRTUAL ASSISTANT AND REMOTE ASSISTANCE AND INDUSTRY 4.0 – PART 2», Bovone:

<https://bovone.com/en/bovone-virtual-assistant-and-remote-assistance-and-industry-4-0-part-2>

[67] «7 AI Virtual Assistants That Will Transform How We Work Forever», Soft Kraft:

<https://www.softkraft.co/ai-virtual-assistants/>

[68] «What is IoT (For Energy Management Systems)», Galooli:

<https://galooli.com/glossary/what-is-iot-for-energy-management-systems/>

[69] «Digital Transformation of aluminum smelters», wipro:

<https://www.wipro.com/natural-resources/digital-transformation-of-aluminum-smelters/>

[70] «Research and practice on Aluminum Industry 4.0», IEEE:

<https://ieeexplore.ieee.org/document/7388226>

[71] «INNOVATIVE, CIRCULAR & LOW-CARBON PRODUCTS THANKS TO ALUMINIUM», European Aluminium:

<https://european-aluminium.eu/about-aluminium/aluminium-in-use>

[72] «The state of aluminium production in Europe», EUROPEAN COMMISSION:

https://ec.europa.eu/commission/presscorner/api/files/document/print/en/memo_13_954/MEMO_13_954_EN.pdf

[73] «Industrial IoT – Europe», statista:

<https://www.statista.com/outlook/tmo/internet-of-things/industrial-iot/europe>

[74] «What are the Benefits of Using IoT in the Aluminum Industry?», Ellie Gabel:

<https://www.ietfforall.com/benefits-of-iot-in-aluminum-industry>

[75] «Top 10 Industrial IoT Solution Companies in Europe – 2021», Manufacturing Technology Insights:

<https://industrial-iot-europe.manufacturingtechnologyinsights.com/vendors/top-industrial-iot-solution-companies-europe-2021.html>

[76] «Industrial Internet of Things: Requirements, Architecture, Challenges, and Future Research Directions», IEEE:

<https://ieeexplore.ieee.org/document/9802088>

[77] «Why should the aluminum industry adopt IoT technology? », Megan Ray Nicholas:

<https://iot.eetimes.com/why-should-the-aluminum-industry-adopt-iot-technology/>

[78] «Industrial IoT & Industry 4.0 Use Cases», crosser:

<https://crosser.io/use-cases/industrial-iot-industry-4-0/>

[79] «A STRONG, SUSTAINABLE & COMPLETE EUROPEAN VALUE CHAIN», European Aluminium:

<https://european-aluminium.eu/about-aluminium/aluminium-industry/>

[80] «Benefits of using of AI, IoT and automation in the aluminium industry», alcircle:

<https://www.alcircle.com/news/benefits-of-using-of-ai-iot-and-automation-in-the-aluminium-industry-98835>

[81] «Boosting efficiency in the aluminium industry with digital twins», AL Circle Blog:

<https://blog.alcircle.com/2024/01/06/boosting-efficiency-aluminium-industry-digital-twins/>

[82] «Benefits of using of AI, IoT and automation in the aluminium industry»

<https://www.atrebo.com/en/twinning-the-power-of-digital-twins-and-data-collection/>

[83] «Industrial Energy Efficiency Comes of Age Through Digital Transformation», Emerson:

<https://www.reuters.com/plus/roadmap-to-industrial-sustainability/industrial-energy-efficiency-comes-of-age-through-digital-transformation>

[84] «Οδηγός Ενεργειακής Εξοικονόμησης και Αποδοτικότητας», ΣΕΒ και Ψηφιακός Μετασχηματισμός, Απρίλιος 2023

