



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ**  
**ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Διαδίκτυο των Αντικειμένων στα έξυπνα εργοστάσια**

**ΑΝΤΩΝΙΟΣ ΝΑΘΑΝΑΗΛ**  
**A.M. 711151098**

**Εισηγητής: Αντώνιος Μπόγρης**



Διαδίκτυο των Αντικειμένων στα έξυπνα εργοστάσια

## **ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Διαδίκτυο των Αντικειμένων στα έξυπνα εργοστάσια  
Αντώνιος Ναθαναήλ  
Α.Μ. 711151098**

**Εισηγητής:**

**ΑΝΤΩΝΙΟΣ ΜΠΟΓΡΗΣ**

**Εξεταστική Επιτροπή:**

**ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΚΑΡΚΑΖΗΣ, ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ  
ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΜΥΡΙΔΑΚΗΣ, ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ  
ΑΝΤΩΝΙΟΣ ΜΠΟΓΡΗΣ, ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ**

**Ημερομηνία εξέτασης 19/3/2024**



## ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Αντώνιος Ναθαναήλ του Αριστεΐδη, με αριθμό μητρώου 711151098 φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του Τμήματος Μηχανικών Πληροφορικής και Υπολογιστών, δηλώνω υπεύθυνα ότι:  
«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.  
Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Ο Δηλών





## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στο πλαίσιο της διπλωματικής εργασίας αυτής θα εξεταστεί ο μεταμορφωτικός ρόλος που έχει αποκτήσει το Διαδίκτυο των Αντικειμένων (IoT) στην εξέλιξη των εργοστασίων σε έξυπνα εργοστάσια στα πλαίσια της Τέταρτης Βιομηχανικής Επανάστασης (Industry 4.0). Η τεχνολογία του IoT αναδιαμορφώνει τις διαδικασίες κατασκευής, εστιάζοντας σε δέκα κύριες εφαρμογές. Αυτές οι εφαρμογές περιλαμβάνουν προβλεπτική συντήρηση, την παρακολούθηση περιουσιακών στοιχείων, τη διαχείριση αποθεμάτων, έλεγχο ποιότητας, παρακολούθηση της διαδικασίας παραγωγής, ενεργειακή απόδοση, παρακολούθηση ασφάλειας και βελτιστοποίηση της αλυσίδας εφοδιασμού. Τα οφέλη του IoT είναι πολλαπλά, όπως η βελτίωση της αποδοτικότητας, η μείωση του κόστους και η βιωσιμότητα. Τέλος, μελλοντικές κατευθύνσεις έρευνας για το IoT στα έξυπνα εργοστάσια είναι η ασφάλεια, η διαλειτουργικότητα, το edge computing, η μηχανική μάθηση και η αλληλεπίδραση ανθρώπου-μηχανής, αναμορφώνοντας με αυτούς τους τρόπους τη βιομηχανία παραγωγής και παρουσιάζοντας ελπιδοφόρους τομείς έρευνας σε αυτό το δυναμικό πεδίο.

### **Λέξεις Κλειδιά:**

Διαδίκτυο των αντικειμένων (IoT)

Βιομηχανία 4.0

Έξυπνα εργοστάσια

## **ABSTRACT**

The present thesis concerns the transformative role that the Internet of Things (IoT) has acquired in the evolution of factories into smart factories in the context of the Fourth Industrial Revolution (Industry 4.0). IoT technology is reshaping manufacturing processes, focusing on ten main applications. These applications include predictive maintenance, asset tracking, inventory management, quality control, production process monitoring, energy efficiency, safety monitoring and supply chain optimization. The benefits of IoT are manifold, such as sustainability, improved efficiency and reduced costs. Finally, future research directions for IoT in smart factories are security, interoperability, edge computing, machine learning, and human-machine interaction, in these ways reshaping the manufacturing industry and presenting promising research areas in this dynamic field.

### **Keywords:**

Internet of Things (IoT)

Industry 4.0

Smart Factories



## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	8
Κεφάλαιο 1: Διαδίκτυο των Αντικειμένων (IoT).....	10
1.1 Εισαγωγή.....	10
1.2 Περιγραφή του Διαδικτύου των αντικειμένων.....	10
1.3 Ιστορική αναδρομή.....	10
1.4 Τεχνολογίες και πρωτόκολλα επικοινωνίας του IoT.....	13
1.5 IoT και ασύρματα συστήματα πέμπτης γενιάς (5G).....	16
1.6 Ασφάλεια στο IoT.....	17
Κεφάλαιο 2: Βιομηχανία 4.0.....	20
2.1 Εισαγωγή και ορισμός.....	20
2.2: Η αλυσίδα αξίας.....	21
2.3: Οφέλη για τις επιχειρήσεις.....	24
2.4: Αρχές Σχεδιασμού.....	26
2.5: Δομικά Στοιχεία.....	28
2.6: Αρχιτεκτονική Αναφοράς.....	30
2.7: Ο ρόλος των δεδομένων στην εποχή της έξυπνης παραγωγής.....	34
2.7.1: Δομή.....	34
2.7.2: Κύκλος ζωής δεδομένων.....	36
Κεφάλαιο 3: Έξυπνα Εργοστάσια.....	39
3.1: Εισαγωγή.....	39
3.2: Δομή, πλεονεκτήματα και τεχνολογίες.....	40
3.2.1: Δομή.....	40
3.2.2: Πλεονεκτήματα.....	41
3.2.3: Τεχνολογίες.....	43
3.3: Προκλήσεις μετάβασης σε Έξυπνο Εργοστάσιο.....	45
Κεφάλαιο 4: Σύγχρονες Υλοποιήσεις.....	55
4.1: Siemens Electronic Works Amberg (EWA).....	55
4.1.1: Λειτουργία και εξέλιξη του EWA.....	55
4.1.2: Το διαδίκτυο των αντικειμένων στο EWA.....	59
4.2: Volvo Car Gent.....	62
4.2.1: Λειτουργία και εξέλιξη του εργοστασίου Volvo Car Gent.....	62
4.2.2: Το διαδίκτυο των αντικειμένων στο εργοστάσιο Volvo Car Gent.....	64
4.3: Σύγκριση υλοποιήσεων.....	66
4.4: Το μέλλον του έξυπνου εργοστασίου (5GPPP, Απτικό Διαδίκτυο).....	68
4.4.1: Εισαγωγή και σχέση 5G με Industry 4.0.....	68
4.4.2: Επικοινωνία μεταξύ εργαζόμενου και εργοστασίου.....	72

Διαδίκτυο των Αντικειμένων στα έξυπνα εργοστάσια

Κεφάλαιο 5: Συμπεράσματα .....	77
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	79

## Κεφάλαιο 1: Διαδίκτυο των Αντικειμένων (IoT).

### 1.1 Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο αναλύεται το διαδίκτυο των αντικειμένων, οι αντίστοιχες τεχνολογίες και το πώς μπορεί να συμβάλει η πέμπτη γενιά τηλεπικοινωνιακών συστημάτων (5G) στην περαιτέρω αναβάθμιση των έξυπνων εργοστασίων.

### 1.2 Περιγραφή του Διαδικτύου των αντικειμένων

Το Internet of Things (IoT) είναι ένα καινοφανές πρότυπο που κερδίζει γρήγορα έδαφος στο σενάριο των σύγχρονων ασύρματων τηλεπικοινωνιών. Η βασική ιδέα είναι η διάχυτη παρουσία μιας ποικιλίας πραγμάτων ή αντικειμένων – όπως ετικέτες αναγνώρισης ραδιοσυχνοτήτων (RFID), αισθητήρες, ενεργοποιητές, κινητά τηλέφωνα κ.λπ. – τα οποία, μέσω μοναδικών σχημάτων διευθύνσεων, είναι ικανά να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και να συνεργάζονται με τους γείτονές τους για την επίτευξη κοινών στόχων.

Αναμφισβήτητα, η κύρια δύναμη της έννοιας του IoT είναι το υψηλό αντίκτυπο που έχει σε πολλές πτυχές της καθημερινής ζωής και της συμπεριφοράς των πιθανών χρηστών. Από τη σκοπιά ενός ιδιώτη, τα πιο προφανή αποτελέσματα της εισαγωγής του IoT είναι ορατά τόσο στον εργασιακό όσο και στον οικιακό τομέα. Σε αυτό το πλαίσιο, η υποβοηθούμενη διαβίωση, η ηλεκτρονική υγεία, η ενισχυμένη μάθηση είναι μόνο μερικά παραδείγματα πιθανών σεναρίων εφαρμογής στα οποία το νέο παράδειγμα θα παίξει πρωταγωνιστικό ρόλο στο εγγύς μέλλον. Ομοίως, από την σκοπιά των επιχειρηματικών χρηστών, οι πιο εμφανείς συνέπειες θα είναι εξίσου ορατές σε τομείς όπως η αυτοματοποίηση και η βιομηχανική κατασκευή, τα logistics, η διαχείριση επιχειρήσεων/διαδικασιών αλλά και η έξυπνη μεταφορά ανθρώπων και αγαθών.

### 1.3 Ιστορική αναδρομή

Η ιδέα της σύνδεσης οικιακών συσκευών στο διαδίκτυο (Internet of Things) έγινε δημοφιλής και θεωρήθηκε ως το επόμενο μεγάλο πράγμα στα τέλη της δεκαετίας του **1990** και στις αρχές της δεκαετίας του **2000**. Ο όρος Internet of Things (IoT) επινοήθηκε για πρώτη φορά από τον **Kevin Ashton**, τον εκτελεστικό διευθυντή του Auto-ID Center, ως τίτλος μιας παρουσίασης που έκανε στην Procter & Gamble (P&G) το **1999**. Η παρουσίαση αποσκοπούσε στο να συνδέσει την ιδέα της ραδιοσυχνικής αναγνώρισης (RFID) στην εφοδιαστική αλυσίδα της P&G με το τότε καυτό θέμα του Διαδικτύου, προκειμένου να τραβήξει την προσοχή των διευθυντικών στελεχών εκείνη την εποχή.

Η ιδέα του Kevin πρότεινε έναν υπολογιστή που γνωρίζει τα πάντα για τα αντικείμενα - χρησιμοποιώντας δεδομένα που συλλέγονται χωρίς καμία βοήθεια από τον άνθρωπο, έτσι ώστε να είναι σε θέση να παρακολουθεί, να μετράει τα πάντα και να μειώνει σημαντικά τη σπατάλη, τις απώλειες και το κόστος. Θα βοηθάει τον άνθρωπο να γνωρίζει πότε τα πράγματα χρειάζονται αντικατάσταση, επισκευή ή ανάκληση. Αυτό, σύμφωνα με τον Κέβιν, ενδυναμώνει τους υπολογιστές

με τα δικά τους μέσα συλλογής πληροφοριών, έτσι ώστε να μπορούν να βλέπουν, να ακούν και να μυρίζουν τον κόσμο από μόνοι τους, σε όλη του την τυχαία μορφή, χρησιμοποιώντας την τεχνολογία RFID και την τεχνολογία αισθητήρων.

Την ίδια χρονιά, ο **Neil Gershenfeld** μίλησε για παρόμοια πράγματα το 2001, δηλώνοντας ότι "αναδρομικά φαίνεται ότι η ταχεία ανάπτυξη του Παγκόσμιου Ιστού μπορεί να ήταν μόνο η αφορμή για να ξεκινήσει η πραγματική έκρηξη, καθώς τα πράγματα αρχίζουν να χρησιμοποιούν το Διαδίκτυο". Μια άλλη απόπειρα έγινε το **2002**, όταν ο **David Rose** και πολλοί άλλοι στο MIT Media Lab κυκλοφόρησαν το Ambient Orb, το οποίο το περιοδικό New York Times χαρακτήρισε ως «*Ιδέα της χρονιάς*». Η σφαίρα αυτή παρακολουθούσε τον Dow Jones, τα προσωπικά χαρτοφυλάκια, τον καιρό και άλλες πηγές δεδομένων και άλλαζε το χρώμα της με βάση αυτές τις δυναμικές παραμέτρους.



*Εικόνα 1.1: Ο David Rose κρατώντας το Ambient Orb  
[<https://www.wbur.org/radioboston/2014/07/17/enchanted-objects-rose>]*

Το **2003**, ο όρος εμφανίζεται σε δημοφιλή έντυπα, όπως η Guardian, το Scientific American και η Boston Globe, και ο όρος Internet of Things αρχίζει να εμφανίζεται για πρώτη φορά σε τίτλους βιβλίων. Επίσης, έργα όπως το Cooltown της Hewlett-Packard και η πρωτοβουλία Disappearing Computer Initiative προσπαθούν να υλοποιήσουν ορισμένες από τις ιδέες. Η τεχνολογία RFID αναπτύσσεται σε μαζική κλίμακα από το Υπουργείο Άμυνας των ΗΠΑ στο πρόγραμμα Savi και από τη Walmart στον εμπορικό κόσμο.

Το **2005**, το IoT έφτασε σε άλλο επίπεδο, όταν η Διεθνής Ένωση Τηλεπικοινωνιών του ΟΗΕ (ITU) δημοσίευσε την πρώτη της έκθεση για το θέμα; «*Μια νέα διάσταση προστέθηκε στον κόσμο των τεχνολογιών πληροφορικής και επικοινωνιών (ΤΠΕ): από τη συνδεσιμότητα ανά πάσα στιγμή και σε οποιοδήποτε μέρος για οποιοδήποτε, θα έχουμε τώρα συνδεσιμότητα για οτιδήποτε. Οι συνδέσεις θα*

*πολλαπλασιαστούν και θα δημιουργήσουν ένα εντελώς νέο δυναμικό δίκτυο δικτύων - ένα Διαδίκτυο των πραγμάτων."*

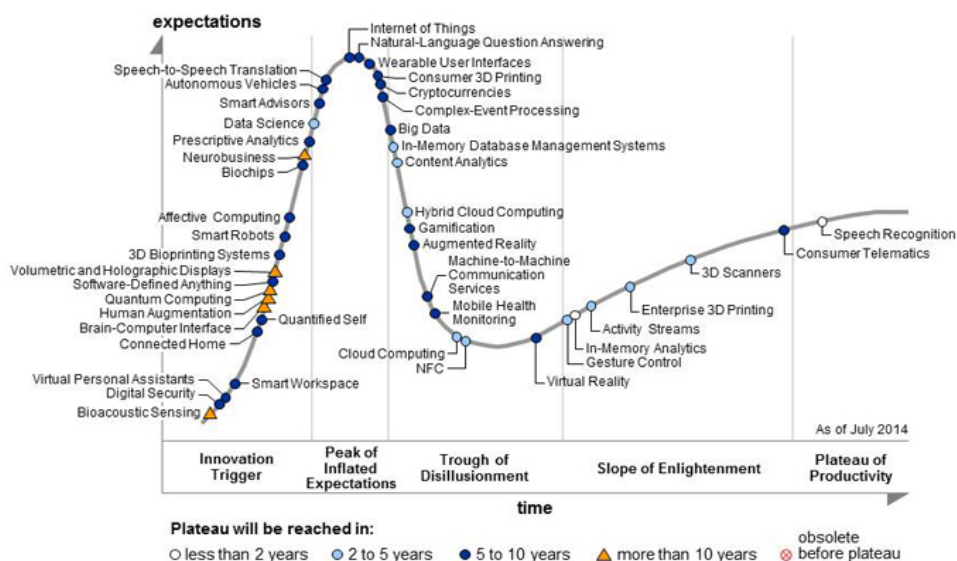
Το **2006** το IoT αναγνωρίστηκε από την Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) και το πρώτο ευρωπαϊκό συνέδριο IoT πραγματοποιήθηκε τον Μάρτιο του **2008**. Την ίδια χρονιά, μια ομάδα εταιρειών ξεκίνησε τη συμμαχία Internet Protocol for Smart Objects (IPSO) Alliance για την προώθηση της χρήσης του πρωτοκόλλου Internet Protocol (IP) σε δίκτυα "έξυπνων αντικειμένων" και την ενεργοποίηση του Διαδικτύου των Αντικειμένων. Η συμμαχία IPSO έχει σήμερα πάνω από 50 εταιρείες μέλη, μεταξύ των οποίων οι Bosch, Cisco, Ericsson, Intel, SAP, Sun, Google και Fujitsu.

Το **2010** Η Cisco Internet Business Solutions (IBSG) αναφέρθηκε στην ανάπτυξη των έξυπνων τηλεφώνων, των tablet PC, αναφέροντας ότι ο αριθμός των συσκευών που συνδέονται στο Διαδίκτυο έφτασε τα 12,5 δισεκατομμύρια, ενώ ο παγκόσμιος ανθρώπινος πληθυσμός αυξήθηκε στα 6,8 δισεκατομμύρια, καθιστώντας τον αριθμό των συνδεδεμένων συσκευών ανά άτομο πάνω από 1 (1,84 για την ακρίβεια) για πρώτη φορά στην ιστορία. Αυτό έγινε για να δικαιολογηθεί η δήλωση ότι «*το Διαδίκτυο των πραγμάτων γεννήθηκε μεταξύ 2008 και 2009, τη στιγμή που περισσότερα «πράγματα ή αντικείμενα» ήταν συνδεδεμένα στο Διαδίκτυο από ό,τι άνθρωποι»*.

Το **2011**, το IPv6 -το νέο πρωτόκολλο που επιτρέπει τη χρήση  $2^{128}$  (περίπου 340 υποσιδηρών) διευθύνσεων- εγκαινιάστηκε δημόσια. Ο Steven Leibson, Διευθυντής Μάρκετινγκ, Εταιρικός Στρατηγικός Σχεδιασμός της Xilinx δήλωσε ότι "θα μπορούσαμε να εκχωρήσουμε μια διεύθυνση IPv6 σε κάθε άτομο στην επιφάνεια της Γης και να μας απομένουν αρκετές διευθύνσεις για να κάνουμε άλλους 100+ πλανήτες σαν τη Γη"

Η CISCO, η IBM και η Ericsson παρήγαγαν μεγάλες εκπαιδευτικές και εμπορικές πρωτοβουλίες για το IoT- το Arduino και άλλες πλατφόρμες υλικού ωριμάζουν και καθιστούν το IoT προσιτό. Επίσης, ο όρος "Διαδίκτυο των πραγμάτων" προστέθηκε το 2011 στον ετήσιο κύκλο Hype Cycle της Gartner που παρακολουθεί τους κύκλους ζωής της τεχνολογίας από την "τεχνολογική ενεργοποίηση" έως το "οροπέδιο της παραγωγικότητας". Ο κύκλος Hype Cycle έφτασε στο "Peak of Inflated Expectations" το 2014 (Σχήμα 2). Δημιουργήθηκε η Παγκόσμια Πρωτοβουλία Προτύπων για το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT-GSI), η οποία προωθεί μια ενιαία προσέγγιση για την ανάπτυξη τεχνικών προτύπων που επιτρέπουν το Διαδίκτυο των Πραγμάτων σε παγκόσμια κλίμακα.

## Διαδίκτυο των Αντικειμένων στα έξυπνα εργοστάσια

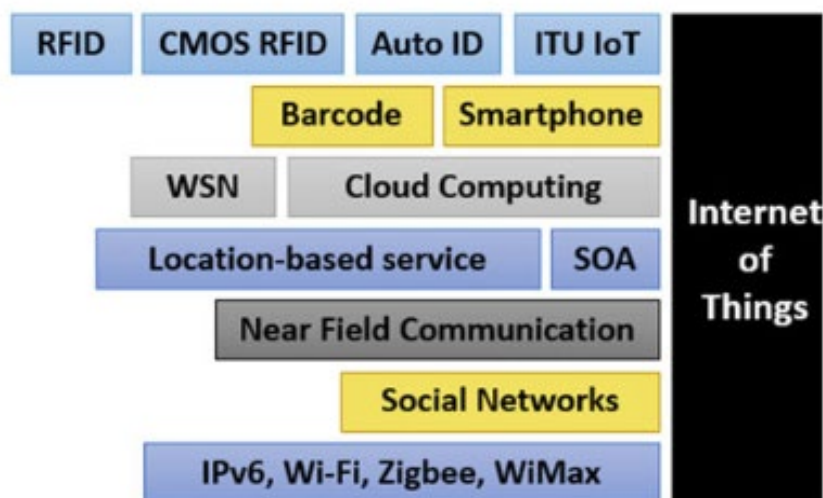


Εικόνα 1.2: Gartner's 2014 Hype Cycle for Emerging Technologies [αναφορά νο. 1]

Το ΙοΤ αντιπροσωπεύει την επόμενη εξέλιξη του Διαδικτύου, κάνοντας ένα τεράστιο άλμα στην ικανότητά του να συλλέγει, να αναλύει και να διανέμει δεδομένα που μπορούμε να μετατρέψουμε σε πληροφορίες και αυτές τις πληροφορίες σε γνώση.

### 1.4 Τεχνολογίες και πρωτόκολλα επικοινωνίας του ΙοΤ.

Στις ΙοΤ εφαρμογές, είναι υποχρεωτική η μετάδοση των δεδομένων που παράγονται από τις πηγές ή τις συσκευές στο διαδίκτυο. Οι βιομηχανίες ασχολούνται ενεργά με την ανάπτυξη ενσύρματων ή ασύρματων καναλιών ή πρωτοκόλλων επικοινωνίας, όμως το κόστος και η ανάπτυξη υποδομών παίζουν ζωτικό ρόλο στην ανάπτυξη της τεχνολογίας για το ΙοΤ. Παρακάτω εμφανίζονται κάποιες βασικές τεχνολογίες.



Εικόνα 1.3: Τεχνολογίες που ενσωματώνονται στο ΙοΤ [Αναφορά νο. 45]

### **RFID - Ταυτοποίηση μέσω Ραδιοσυχνότητων**

Το RFID είναι μια ασύρματη τεχνολογία. Τα ραδιοκύματα μεταφέρουν δεδομένα μεταξύ μιας ετικέτας RFID και ενός αναγνώστη RFID. Εφόσον οι ετικέτες βρίσκονται στο οπτικό πεδίο του αναγνώστη, μπορούν να διαβαστούν από απόσταση. Το IoT δεν είναι αποκλειστικά ασύρματο ούτε ενσύρματο, οπότε, προκειμένου να έχει πρόσβαση σε απομακρυσμένες πηγές δεδομένων, μια συσκευή IoT συνδέεται στο διαδίκτυο μέσω Wi-Fi ή καλωδίου Ethernet και επικοινωνεί με άλλες συσκευές IoT στο δίκτυό της καθώς και μέσω του ίδιου του διαδικτύου. Παρόλο που το IoT είναι μια ενεργή τεχνολογία σε σύγκριση με το RFID, και οι δύο χρησιμοποιούνται για ταυτοποίηση και αυθεντικοποίηση. Το IoT χρησιμοποιεί ραδιοκύματα μεγάλης εμβέλειας για την ταυτοποίηση αντικειμένων, ενώ το RFID χρησιμοποιεί ραδιοκύματα μικρής εμβέλειας.

Η τεχνολογία RFID είναι ιδανική για την παρακολούθηση πολυάριθμων αντικειμένων σε μικρές αποστάσεις, όπως η παρακολούθηση αποθεμάτων σε καταστήματα λιανικής πώλησης ή αποθήκες, καθώς και για την παρακολούθηση της συντήρησης βαρέων μηχανημάτων, ώστε να διασφαλίζεται ότι τα μηχανήματα βρίσκονται πάντα σε καλή κατάσταση λειτουργίας. Δεδομένου ότι μπορούν να εκπέμπουν σήματα που ταξιδεύουν πολύ μακρύτερα από αυτά που εκπέμπουν οι ετικέτες RFID σε μεμονωμένα προϊόντα, οι συσκευές IoT είναι καταλληλότερες για εφαρμογές όπου θα πρέπει να παρακολουθούνται πράγματα σε διαφορετικές αποστάσεις μεταξύ τους. Συνεπώς, το RFID προσφέρει αξιόπιστη συνδεσιμότητα μεταξύ αντικειμένων του πραγματικού κόσμου και διαδικτυακά συνδεδεμένων αναγνωστών RFID. Οι περισσότερες από αυτές τις υλοποιήσεις χρησιμοποιούν δυνατότητες IoT για την ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ φυσικών συσκευών και βάσεων δεδομένων νέφους για την υποστήριξη διαφόρων περιπτώσεων χρήσης πιστοποίησης, συναλλαγών, ανάλυσης και ελέγχου.

### **Cloud Computing**

Μια νέα γενιά υπηρεσιών, βασισμένη στην έννοια του "υπολογιστικού νέφους", έχει κάνει την εμφάνισή της με σκοπό την παροχή πρόσβασης στις πληροφορίες και τα δεδομένα από οποιοδήποτε μέρος και ανά πάσα στιγμή, περιορίζοντας ή εξαλείφοντας έτσι την ανάγκη για υλικό εξοπλισμό. Ο όρος "cloud computation" ορίζεται ως η χρήση υπολογιστικών υλικοτεχνικών πόρων, καθώς και του επιπέδου λογισμικού, μέσω της χρήσης υπηρεσιών που μεταφέρονται μέσω του Διαδικτύου. Το υπολογιστικό νέφος είναι μια τεχνολογία που μπορεί να οριστεί ως βασική τεχνολογία στη χρήση του IoT.

Πιο συγκεκριμένα, το Mobile Cloud Computing ορίζεται ως η ενσωμάτωση της τεχνολογίας υπολογιστικού νέφους με κινητές συσκευές, ώστε οι κινητές συσκευές να είναι αποδοτικές όσον αφορά την υπολογιστική ισχύ, τη μνήμη, την αποθήκευση, την ενέργεια και την κατανόηση του περιβάλλοντος. Το Mobile Cloud Computing είναι το αποτέλεσμα διεπιστημονικών προσεγγίσεων, που συνδυάζουν το mobile computing και το cloud computing [56]. Επιπλέον, το υπολογιστικό νέφος

παρέχει υπολογισμό, αποθήκευση, υπηρεσίες και εφαρμογές μέσω του Διαδικτύου. Η τεχνολογία του Mobile Cloud Computing είναι το αποτέλεσμα διεπιστημονικών προσεγγίσεων, συνδυάζοντας το mobile computing με το cloud computing.

Ορισμένα από τα κύρια χαρακτηριστικά της τεχνολογίας Cloud Computing που σχετίζονται με τα χαρακτηριστικά και του Διαδικτύου των Πραγμάτων είναι τα εξής:

- Αποθήκευση μέσω του Διαδικτύου
- Υπηρεσίες μέσω του Διαδικτύου
- Εφαρμογές μέσω του Διαδικτύου
- Ενεργειακή απόδοση
- Υπολογιστική ικανότητα.

### **Ασύρματες επικοινωνίες και WSN (Wireless Sensor Networks)**

Ένα WSN είναι ένα σύστημα που αποτελείται από πομποδέκτες ραδιοσυχνοτήτων (RF), αισθητήρες, μικροελεγκτές και πηγές ενέργειας. Τα WSN αποτελούν τη σημαντικότερη υποδομή για την υλοποίηση του IoT. Διάφορα συστήματα υλικού και λογισμικού είναι διαθέσιμα στα WSN:

- a. Η έκτη έκδοση του πρωτοκόλλου διαδικτύου (IPv6) καθιστά δυνατή τη σύνδεση απεριόριστου αριθμού συσκευών. Ένα ενιαίο σύστημα αρίθμησης, συμπεριλαμβανομένου του IPv6, μπορεί να καταστήσει δυνατή την ταυτοποίηση κάθε αντικειμένου.
- b. Το WiFi και το Wimax παρέχουν επικοινωνία υψηλής ταχύτητας και χαμηλού κόστους.
- c. Το Zigbee, το Bluetooth και το RFID παρέχουν επικοινωνία σε χαμηλή ταχύτητα και τοπική επικοινωνία.
- d. Μια κινητή πλατφόρμα προσφέρει επικοινωνία για οτιδήποτε, οπουδήποτε, οποτεδήποτε.

Τα WSN και τα RFID χρησιμοποιούνται για να σχηματίσουν ένα εκτεταμένο δίκτυο για την υποστήριξη του IoT. Η κύρια διαφορά μεταξύ των δύο είναι ότι τα WSN επιτρέπουν διαφορετικές τοπολογίες δικτύου και επικοινωνία πολλαπλών βημάτων, ενώ οι συσκευές RFID δεν έχουν δυνατότητες συνεργασίας. Η ενσωμάτωση των WSN και RFID ενισχύει το IoT στην υλοποίηση βιομηχανικών υπηρεσιών και την περαιτέρω ανάπτυξη υπηρεσιών σε εκτεταμένες εφαρμογές. Στον ερευνητικό τομέα των WSNs, το μεγαλύτερο μέρος της τρέχουσας εργασίας επικεντρώνεται σε ενεργειακά αποδοτικούς αλγορίθμους δρομολόγησης, συγκέντρωσης και διαχείρισης δεδομένων.



### **1.5 IoT και ασύρματα συστήματα πέμπτης γενιάς (5G).**

Όπως προαναφέρθηκε, τα WSN είναι ασύρματοι αισθητήρες χαμηλής ισχύος που συνήθως λειτουργούν με μπαταρίες και έχουν περιορισμένη εμβέλεια επικοινωνίας. Ωστόσο, με την πρόσφατη ανάπτυξη της τεχνολογίας 5G, είναι πλέον δυνατή η ασύρματη σύνδεση των κόμβων WSN για τη δημιουργία ενός δικτύου που επιτρέπει την ανταλλαγή πληροφοριών και συντονίζει τις εργασίες μεταξύ των αισθητήρων. Το υψηλό εύρος ζώνης και το χαμηλό latency των δικτύων 5G καθιστούν δυνατή την επεξεργασία και ανάλυση των συλλεγόμενων δεδομένων από τα WSN πριν από την προώθησή τους στην κεντρική τοποθεσία, γεγονός που μπορεί να μειώσει σημαντικά την ποσότητα της κίνησης δεδομένων στο δίκτυο.

Ο συνδυασμός των WSNs και της τεχνολογίας 5G έχει πολλές εφαρμογές σε πολυάριθμες βιομηχανίες, όπως η γεωργία, οι μεταφορές, η υγειονομική περίθαλψη και οι έξυπνες πόλεις. Στη γεωργία, τα WSN μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παρακολούθηση της υγρασίας του εδάφους, της θερμοκρασίας και της υγρασίας, καθώς και της ανάπτυξης και της εξέλιξης των καλλιεργειών, γεγονός που μπορεί να βοηθήσει τους αγρότες να βελτιώσουν τις αποδόσεις των καλλιεργειών τους και να μειώσουν τη χρήση νερού. Στην υγειονομική περίθαλψη, τα WSN μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παρακολούθηση των ζωτικών σημείων του ασθενούς, όπως η αρτηριακή πίεση, τα επίπεδα οξυγόνου και ο καρδιακός ρυθμός, και να μεταδίδουν τα δεδομένα στους επαγγελματίες υγείας σε πραγματικό χρόνο, γεγονός που μπορεί να συμβάλει στη βελτίωση των αποτελεσμάτων των ασθενών και στη μείωση του κόστους της υγειονομικής περίθαλψης. Στις μεταφορές, τα WSN μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παρακολούθηση της ροής της κυκλοφορίας, τη μείωση της συμφόρησης και τη βελτίωση της ασφάλειας με τον εντοπισμό ατυχημάτων και άλλων συμβάντων σε πραγματικό χρόνο. Στις έξυπνες πόλεις, τα WSN μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παρακολούθηση της ποιότητας του αέρα, της ηχορύπανσης και της κυκλοφοριακής συμφόρησης, καθώς και για τη βελτιστοποίηση της χρήσης της ενέργειας και άλλων πόρων. Συνολικά, ο συνδυασμός των WSNs και της τεχνολογίας 5G έχει τη δυνατότητα να φέρει επανάσταση σε πολλούς κλάδους και να προσφέρει νέες λύσεις σε προβλήματα που προηγουμένως ήταν δυσεπίλυτα.

Το 5G διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη βέλτιστη επιλογή διαδρομής στα WSN. Η βέλτιστη επιλογή διαδρομής αναφέρεται στη διαδικασία επιλογής της πιο αποδοτικής διαδρομής για τη μετάδοση δεδομένων προς τον κόμβο προορισμού από τον κόμβο προέλευσης. Αυτό είναι απαραίτητο για τη διασφάλιση της αποδοτικής και αξιόπιστης λειτουργίας του δικτύου, ιδίως σε εφαρμογές με κρίσιμα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο. Η τεχνολογία 5G παρέχει υψηλό εύρος ζώνης και χαμηλή καθυστέρηση, επιτρέποντας στα WSN να μεταδίδουν μεγάλες ποσότητες δεδομένων γρήγορα και αποτελεσματικά. Οι υψηλοί ρυθμοί δεδομένων και η χαμηλή καθυστέρηση του 5G επιτρέπουν στα WSN να υποστηρίζουν εφαρμογές που απαιτούν μεταδόσεις δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, όπως η απομακρυσμένη παρακολούθηση ασθενών, ο βιομηχανικός αυτοματισμός και τα αυτόνομα οχήματα.

Το 5G υποστηρίζει επίσης την τεμαχισμό δικτύων, ο οποίος επιτρέπει τον σχηματισμό αποκλειστικών εικονικών δικτύων που μπορούν να προσαρμοστούν σε συγκεκριμένες εφαρμογές. Με την ενσωμάτωση της τεχνολογίας 5G, τα WSN μπορούν να χρησιμοποιούν προηγμένες τεχνικές όπως οι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης (ML), οι οποίοι μπορούν να βοηθήσουν στη βελτιστοποίηση της επιλογής διαδρομής με βάση τα πρότυπα κυκλοφορίας σε πραγματικό χρόνο και τους περιβαλλοντικούς παράγοντες. Το 5G μπορεί να παρέχει τη συνδεσιμότητα υψηλής ταχύτητας που απαιτείται για την ανάλυση και επεξεργασία δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, επιτρέποντας στα WSN να ανταποκρίνονται γρήγορα στις περιβαλλοντικές αλλαγές και να προσαρμόζουν ανάλογα την επιλογή διαδρομής τους. Συνολικά, η ενσωμάτωση της τεχνολογίας 5G μπορεί να βελτιώσει σημαντικά την απόδοση και την αποδοτικότητα των WSN, ιδίως σε εφαρμογές όπου η μετάδοση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο είναι κρίσιμη. Οι υψηλοί ρυθμοί δεδομένων, η χαμηλή καθυστέρηση και οι δυνατότητες τεμαχισμού δικτύου του 5G είναι ιδανικές για τη βελτιστοποίηση της επιλογής διαδρομής στα WSNs.

### 1.6 Ασφάλεια στο ΙοΤ.

Η διάδοση των συσκευών που συνδέονται στο διαδίκτυο και αυτή η συνδεσιμότητα θα επιφέρει πρωτοφανή παραγωγικότητα, νέα επιχειρηματικά μοντέλα και σημαντική αποτελεσματικότητα. Θα προσφέρει επίσης δελεαστικούς στόχους για μια νέα γενιά κακοποιών που αναζητούν να παραβιάσουν εικονικές κερκόπορτες. Με αυτή τη διορατικότητα, είναι εύκολο να καταλάβει κανείς γιατί οι αυριανές διασυνδεδεμένες συσκευές πρέπει να σχεδιάζονται από την αρχή με γνώμονα την ασφάλεια.

Οι μη ασφαλείς συσκευές ΙοΤ αποτελούν πραγματική ανησυχία, δεδομένου ότι πάνω από το 25% των επιθέσεων στον κυβερνοχώρο θα αφορούν συσκευές ΙοΤ. Η θέσπιση συγκεκριμένων πολιτικών μπορεί να προστατεύσει τους ανθρώπους, ενώ παράλληλα μπορεί να επιτρέψει αυτή τη μετάβαση. Η Gartner εκτιμά ότι 26 δισεκατομμύρια μονάδες θα είχαν προστεθούν στο διαδίκτυο μέχρι το 2020 και αυτό δεν περιλαμβάνει τους υπολογιστές, τους φορητούς υπολογιστές και τα smartphones.

Η εκτεταμένη παγκόσμια ανάπτυξη της υποδομής ΙοΤ έχει παράσχει μια ελκυστική πλατφόρμα για τους επιτιθέμενους να διεισδύσουν ψηφιακά στις συσκευές, με τις απειλές στο πλαίσιο του ΙοΤ ταξινομούνται σε γενικές γραμμές σε τρεις τομείς - ασφάλεια, προστασία και προστασία της ιδιωτικότητας.

- **Ασφάλεια**

Το ΙοΤ μεταφέρει τους συνεχώς αυξανόμενους ψηφιακούς κινδύνους που σχετίζονται με την κυβερνοασφάλεια στους φυσικούς χώρους, δημιουργώντας ένα ευρύ φάσμα νέων τρωτών σημείων, συμπεριλαμβανομένων των απειλών για τη δημόσια ασφάλεια, τη σωματική βλάβη και τις καταστροφικές συστημικές επιθέσεις σε κοινά διαμοιραζόμενες δημόσιες υποδομές. Υπάρχει η πιθανότητα να δυσλειτουργήσει ο συνδεδεμένος εξοπλισμός και να προκληθεί βλάβη στους ανθρώπους

που βρίσκονται κοντά. Επιπλέον, εάν οι επιτιθέμενοι αποκτήσουν πρόσβαση σε συνδεδεμένα μηχανήματα και τα κάνουν να συμπεριφέρονται με τρόπους που δεν είναι ανιχνεύσιμοι για κάποιο χρονικό διάστημα, θα μπορούσαν να προκαλέσουν στον εξοπλισμό σημαντική βλάβη. Αυτή η πιθανότητα θέτει επίσης σε κίνδυνο την ασφάλεια. Στη βιομηχανική παραγωγή, τα προγράμματα ασφάλειας και προστασίας είναι άρρηκτα συνδεδεμένα.

- **Προστασία**

Η διασφάλιση των συσκευών IoT είναι απαραίτητη, όχι μόνο για τη διατήρηση της ακεραιότητας των δεδομένων, αλλά και για την προστασία από επιθέσεις που μπορούν να επηρεάσουν την αξιοπιστία των συσκευών. Καθώς οι συσκευές μπορούν να στέλνουν μεγάλες ποσότητες ευαίσθητων δεδομένων μέσω του Διαδικτύου και οι τελικοί χρήστες έχουν τη δυνατότητα να ελέγχουν απευθείας μια συσκευή, η ασφάλεια των "αντικειμένων" πρέπει να διεισδύει σε κάθε επίπεδο της λύσης.

Ένα από τα βασικά προβλήματα με τον αυξανόμενο αριθμό συσκευών IoT είναι η αυξημένη πολυπλοκότητα που απαιτείται για την ασφαλή λειτουργία τους. Ορισμένες από τις αρνητικές τάσεις που προκαλούν οι έξυπνες συσκευές και οι συλλογές συσκευών αφορούν ζητήματα στενά συνδεδεμένα μεταξύ τους, που σχετίζονται με την ασφάλεια δεδομένων, τη φυσική ασφάλεια, την ιδιωτικότητα και τη χρησιμότητα και απαιτούνται λύσεις που να αντιμετωπίζουν και τα τέσσερα ταυτόχρονα. Απαιτούνται αυστηρά πρότυπα ασφάλειας και προστασίας για μεμονωμένες συσκευές που βασίζονται στην υπάρχουσα τεχνολογία. Ομοίως, η έρευνα που καθορίζει τον καλύτερο τρόπο με τον οποίο τα άτομα μπορούν να διαχειρίζονται με αυτοπεποίθηση συλλογές συσκευών πρέπει να καθοδηγήσει τις μελλοντικές εφαρμογές τέτοιων συστημάτων.

Η βιομηχανία χρειάζεται μία συνολική λύση που να διασφαλίζει προστασία των ενσωματωμένων συσκευών της. Κάθε ένας από τους μελλοντικούς κόμβους μέσα στο εκάστοτε συνδεδεμένο δίκτυο πρέπει να ανοσοποιηθεί έναντι επιθέσεων πριν αυτές συμβούν. Αυτό μπορεί να συμβεί μόνο με πιο ισχυρές επιλογές ασφάλειας μέσα στην ίδια τη συσκευή μνήμης του. Με τον τρόπο αυτό δεν θα προστατεύεται μόνο η υπολογιστική συσκευή στο δίκτυο, αλλά και σε όλα τα σημεία πριν από το δίκτυο, από την ίδρυσή του μέχρι την εμφάνισή του στην αλυσίδα εφοδιασμού.

Αν και οι απειλές θα υπάρχουν πάντα με το IoT, όπως και με άλλες τεχνολογικές προσπάθειες, είναι δυνατόν να ενισχυθεί η ασφάλεια των περιβαλλόντων IoT με τη χρήση εργαλείων ασφαλείας, όπως η κρυπτογράφηση δεδομένων, ο ισχυρός έλεγχος ταυτότητας των χρηστών, η ανθεκτική κωδικοποίηση και τα τυποποιημένα και δοκιμασμένα API που αντιδρούν με προβλέψιμο τρόπο.

Η ασφάλεια πρέπει να ενσωματωθεί ως θεμέλιο των συστημάτων IoT, με αυστηρούς ελέγχους εγκυρότητας, πιστοποίηση ταυτότητας, επαλήθευση δεδομένων και την απαίτηση της κρυπτογράφησης όλων των δεδομένων. Σε επίπεδο εφαρμογών, οι οργανισμοί ανάπτυξης λογισμικού πρέπει να είναι ισχυροί στη συγγραφή κώδικα που είναι σταθερός, ανθεκτικός και αξιόπιστος, χρησιμοποιώντας τα

βέλτιστα πρότυπα ανάπτυξης κώδικα, εκπαίδευση, ανάλυση απειλών και δοκιμές. Καθώς τα συστήματα αλληλεπιδρούν μεταξύ τους, είναι απαραίτητο να υπάρχει ένα συμφωνημένο πρότυπο διαλειτουργικότητας, το οποίο να είναι ασφαλές και έγκυρο. Χωρίς μια σταθερή δομή από κάτω προς τα πάνω θα δημιουργούνται περισσότερες απειλές με κάθε συσκευή που προστίθεται στο IoT.

- **Ιδιωτικότητα**

Το απόρρητο είναι δύσκολο να κατανοηθεί και να διασφαλιστεί σε έναν κόσμο όπου όλο και περισσότερες έξυπνες συσκευές συλλέγουν δεδομένα, τα μοιράζονται και τα αξιοποιούν. Τα θεμελιωδώς διαφορετικά τρωτά σημεία προστασίας της ιδιωτικής ζωής μπορεί κάλλιστα να αποτελέσουν ακόμη μεγαλύτερη απειλή για την επιτυχία του IoT.

Μια από τις βασικές αρχές που έχει θέσει η **Trusted Computing Group** και οι περισσότεροι άλλοι στον κλάδο της ασφάλειας είναι η έννοια της "αξιόπιστης" εκκίνησης. Η ιδέα είναι ότι μια υπολογιστική συσκευή στον πυρήνα της είναι στην πραγματικότητα το λογισμικό το οποίο εκτελείται, οπότε αυτός ο κώδικας πρέπει να επαληθεύεται. Στην πρώτη φάση της εκκίνησης της συσκευής, ο κώδικάς της θα τη μετρήσει και στη συνέχεια θα μετρήσει άλλες μονάδες κώδικα πριν μεταφέρει τον έλεγχο σε αυτές. Εάν κάθε μέτρηση κριθεί σωστή και, επομένως, αξιόπιστη, τότε η συσκευή προχωράει στη διαδικασία εκκίνησής της με αξιόπιστο τρόπο και τελικά γίνεται μια αξιόπιστη συνδεδεμένη συσκευή.

Τέλος, παρόλο που τα δεδομένα φαίνεται να είναι το νόμισμα του IoT, υπάρχει έλλειψη διαφάνειας σχετικά με το ποιος αποκτά πρόσβαση στα δεδομένα και πώς αυτά τα δεδομένα χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη προϊόντων ή υπηρεσιών και πωλούνται σε διαφημιστές και τρίτους. Υπάρχει ανάγκη για σαφείς κατευθυντήριες γραμμές σχετικά με τη διατήρηση, τη χρήση και την ασφάλεια των δεδομένων, συμπεριλαμβανομένων των μεταδεδομένων (τα δεδομένα που περιγράφουν άλλα δεδομένα).

## Κεφάλαιο 2: Βιομηχανία 4.0.

### 2.1 Εισαγωγή και ορισμός.

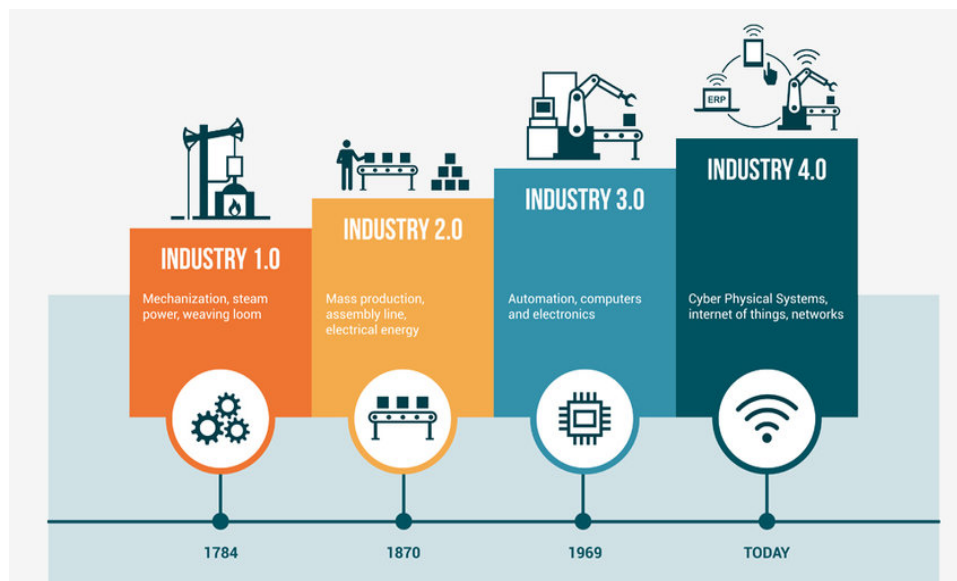
Η πρώτη βιομηχανική επανάσταση ώθησε τη Βρετανία από τη γεωργία στη βιομηχανική παραγωγή κατά των 19ο αιώνα. Η δεύτερη βιομηχανική επανάσταση ξεκίνησε με τη μαζική επεξεργασία του μετάλλου, συνέχισε με την ηλεκτροδότηση των εργοστασίων και κατέληξε με τις πρώτες προσπάθειες μαζικής παραγωγής περίπλοκων προϊόντων, όπως τα αυτοκίνητα. Τέλος, η Τρίτη βιομηχανική επανάσταση ώθησε την βιομηχανία στην μετατόπιση από τα μηχανικά και ηλεκτρικά συστήματα στα ψηφιακά, ενώ παράλληλα εισήγαγε έννοιες όπως η ρομποτική και ο αυτοματισμός, οι οποίες εν γένει ξεκίνησαν να παίρνουν ένα τεράστιο μερίδιο στην περαιτέρω εξέλιξη της τεχνολογίας.

Η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση εμφανίζεται την προηγούμενη δεκαετία να κατευθύνει την βιομηχανία προς την πλήρη ψηφιοποίηση της. Το **Industry 4.0** χρησιμοποιεί το IoT και συστήματα όπως αισθητήρες για να συλλέγουν μεγάλες ποσότητες δεδομένων τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τους παραγωγούς ως εργαλεία καταρχάς για την ανάλυση και βελτίωση των προϊόντων τους. Όμως ένας ακόμη τρόπος αξιοποίησης αυτών των εργαλείων είναι η επεξεργασία των δεδομένων με τέτοιες μεθόδους ώστε ο παραγωγός να χρησιμοποιεί τις πρώτες ύλες με φειδώ, δηλαδή να παραγγέλνει όσες χρειάζεται για να παράγει ικανή και μόνο ποσότητα προϊόντων που θα μπορεί να απορροφήσει η αγορά. Για παράδειγμα, το value stream management είναι μια θεωρία που έχει αναπτυχθεί και εφαρμόζεται αρκετές δεκαετίες. Με τις προσλαμβανουσες που μπορεί να λάβει λόγω του industry 4.0 έχει πλέον τη δυνατότητα να εφαρμοστεί ακόμη πιο αποδοτικά.

Ένας άλλος νέος τομέας είναι τα έξυπνα εργοστάσια (Smart factories), τα οποία βρίσκονται στην καρδιά του Industry 4.0. Ήδη ενσωματώνουν συστήματα συλλογής δεδομένων και προηγμένες επικοινωνίες με σκοπό την εξέλιξη της γραμμής παραγωγής και της ανεφοδιαστικής αλυσίδας, φέρνοντας ένα πολύ υψηλότερο επίπεδο αυτοματισμού και περαιτέρω ψηφιοποίησης. Αυτό σημαίνει ότι οι μηχανές αρχίζουν να χρησιμοποιούν συστήματα αυτόβελτιστοποίησης και αυτορρύθμισης, ακόμη και συστήματα τεχνητής νοημοσύνης (AI) ώστε να ολοκληρώσουν περίπλοκες εργασίες που τελικά θα οδηγήσουν στη μείωση του κόστους παραγωγής και την αύξηση του προϊόντος ή της υπηρεσίας.

Σύμφωνα με τους M. Hermann, T. Pentek, και B. Otto (2016), «η Βιομηχανία 4.0 είναι ένας συλλογικός όρος για τις τεχνολογίες και τις έννοιες της οργάνωσης της αλυσίδας αξίας. Μέσα στα αρθρωτά δομημένα έξυπνα εργοστάσια της Βιομηχανίας 4.0, τα κυβερνο-φυσικά συστήματα (CPS) παρακολουθούν τις φυσικές διεργασίες, δημιουργούν ένα εικονικό αντίγραφο του φυσικού κόσμου και λαμβάνουν αποκεντρωμένες αποφάσεις. Μέσω του Διαδικτύου των Αντικειμένων (IoT), τα CPS επικοινωνούν και συνεργάζονται μεταξύ τους και με τους ανθρώπους σε πραγματικό χρόνο. Μέσω του Διαδικτύου των Υπηρεσιών (IoS), προσφέρονται και χρησιμοποιούνται από τους συμμετέχοντες στην αλυσίδα αξίας τόσο εσωτερικές όσο και δια-οργανωτικές υπηρεσίες».

Το industry 4.0 δεν ξεκίνησε από κάποια εταιρία αλλά από την Γερμανική κυβέρνηση, το 2013. Η μελέτη που εκπονήθηκε, εξηγούσε την στρατηγική που η Γερμανία θα ακολουθούσε τα επόμενα χρόνια προς την κατεύθυνση της ψηφιοποίησης της παραγωγής, εξαλείφοντας την ανάγκη για ανθρώπινο δυναμικό στο πεδίο. Η καγκελάρια Ανγκελα Μέρκελ, για πρώτη φορά μίλησε ανοιχτά για την τέταρτη βιομηχανική επανάσταση στο παγκόσμιο οικονομικό φόρουμ του Νταβός, το 2015. Σε εκείνη την ομιλία αναφέρθηκε στην ανάγκη διασύνδεσης του ιντερνετ με τη βιομηχανική παραγωγή.

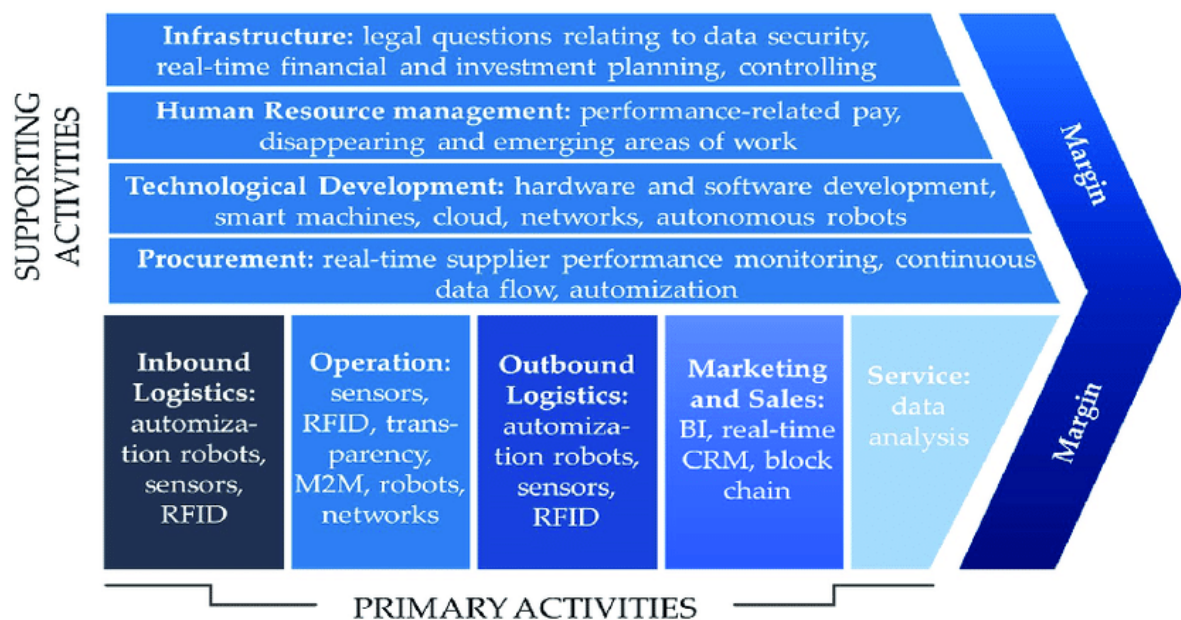


Εικόνα 2.1: Η εξέλιξη της Βιομηχανίας [Αναφορά νο. 46]

## 2.2: Η αλυσίδα αξίας

Όλες οι εταιρείες, ανεξάρτητα από το μέγεθός τους, προσπαθούν να βελτιστοποιήσουν την αλυσίδα αξίας τους καθώς χρειάζονται συνεργάτες στο σχεδιασμό και την ανάπτυξη, το μάρκετινγκ ή την αλυσίδα εφοδιασμού. Ο στόχος του κατασκευαστή είναι, όπως και στις επιχειρήσεις, να επικεντρωθεί στους βασικούς κλάδους που παράγουν κέρδος και να αναθέσει την προμήθεια, τα logistics, το μάρκετινγκ και τις πωλήσεις σε εξωτερικούς συνεργάτες. Η προοπτική τους είναι να μειώσουν τα έξοδα και ταυτόχρονα να μεγιστοποιήσουν τα κέρδη. Ενδέχεται μια μικρή εταιρεία να πραγματοποιεί μια εργασία καλύτερα, καθώς είναι επικεντρωμένη σε μια συγκεκριμένη εργασία και μπορεί να την κάνει πιο αποτελεσματικά, γεγονός που έχει ως συνέπεια η αλυσίδα αξίας να απαιτεί από τους μεγάλους κατασκευαστές να συνεργάζονται με συνεργάτες που έχουν δεξιότητες σε συγκεκριμένους κλάδους, προκειμένου να μειώσουν το κόστος. Ένα παράδειγμα αυτού του σεναρίου είναι μια μεγάλη εταιρεία εξερεύνησης πετρελαίου και φυσικού αερίου, η οποία δεν θέλει να επενδύσει και να μάθει πώς να σχεδιάζει και να κατασκευάζει σωλήνες. Αντ' αυτού, αγοράζει σωλήνες από έναν εξειδικευμένο κατασκευαστή σωλήνων πετρελαίου, μια εταιρεία που είναι κλάσμα του μεγέθους της. Ωστόσο, αυτό δεν είναι τόσο εύκολο όσο μπορεί αρχικά να φαίνεται.

Στη βιομηχανία, το να γίνει και να παραμείνει μία επιχείρηση κερδοφόρα σχετίζεται με την αγορά πρώτων υλών στο βέλτιστο κόστος με σκοπό να μετατραπεί το υλικό αυτό σε ένα προϊόν που μπορεί να πωληθεί. Κάθε εβδομάδα οι ανταγωνιστές αλλάζουν τα προϊόντα τους με βάση την τιμή, την ποιότητα ή τη διαθεσιμότητα. Κατά συνέπεια, ο στόχος των μεγάλων επιχειρήσεων είναι να προσδιορίσουν τις βασικές επιχειρηματικές δραστηριότητες, εκείνες που παράγουν τις πιο κερδοφόρες δραστηριότητες μιας επιχείρησης για να εξασφαλίσουν το μέγιστο δυνατό κέρδος, και στη συνέχεια να αναθέσουν τις υπόλοιπες σε εξωτερικούς συνεργάτες. Ως εκ τούτου, μια αλυσίδα αξίας, με τις βέλτιστες κατασκευαστικές και βιομηχανικές πρακτικές, είναι υποχρεωτική για κάθε παραγωγό αγαθών ή υπηρεσιών. Υπάρχουν δύο συνιστώσες μιας επιχειρηματικής αλυσίδας αξίας - οριζόντιες δραστηριότητες και κάθετες υποστηρικτικές δραστηριότητες.



Εικόνα 2.2: Αλυσίδα αξίας και δραστηριότητες [Αναφορά νο. 56]

Οι οριζόντιες δραστηριότητες σχετίζονται άμεσα με την αλυσίδα παραγωγής, η οποία αφορά κάθε βήμα της διαδικασίας παραγωγής του προϊόντος. Οι κάθετες υποστηρικτικές δραστηριότητες, όπως η πληροφορική, οι πωλήσεις και το μάρκετινγκ, αφορούν την παραγωγή μέχρι την εξυπηρέτηση μετά την πώληση. Οι πρωτογενείς ή οριζόντιες αξίες σχετίζονται άμεσα με την αξία που μπορεί να προστεθεί στην παραγωγή, τις πωλήσεις, την υποστήριξη και τη συντήρηση του προϊόντος. Οι πρωτογενείς δραστηριότητες προσθέτουν αξία στο προϊόν και περιλαμβάνουν λειτουργίες όπως:

- **Inbound Logistics:** Πρόκειται για δαπάνες και προσπάθειες που φέρνουν τις πρώτες ύλες στην εταιρεία. Θα μπορούσαν να συνεπάγονται κόστος πρώτων υλών, κόστος εκφορτωθέντος εμπορεύματος, φόρους και το κόστος αποθήκευσης και διανομής.

- **Operations:** Εδώ προστίθεται αξία στην πρώτη ύλη με τη μετατροπή της σε ένα προϊόν που μπορεί να πωληθεί και εδώ προσδιορίζεται το κέρδος.
- **Outbound Logistics:** Πρόκειται για το εγγενές κόστος που συνδέεται με την αποστολή προϊόντων στον πελάτη. Ως εκ τούτου, όλες οι λειτουργίες αποθήκευσης, διανομής και διατήρησης αποθεμάτων εντάσσονται στην εξερχόμενη εφοδιαστική (outbound logistics). Παραδοσιακά, το κόστος της εξερχόμενης εφοδιαστικής μπορεί να είναι πολύ υψηλό, εξού και η πρωτοβουλία για τη μείωση της αποθήκευσης και του κινδύνου διατήρησης υπερβολικού αποθέματος, με αυτή να αντικαθίσταται από την κίνηση για παραγωγή κατά παραγγελία. Η παραγωγή κατά παραγγελία ή κατόπιν σταθερής παραγγελίας για αγαθά υψηλού κόστους μειώνει σημαντικά αυτόν τον κίνδυνο.
- **Μάρκετινγκ και πωλήσεις:** Αξία προστίθεται επίσης στο στάδιο του μάρκετινγκ και των πωλήσεων, όπου το προϊόν περνάει από το ρόλο της διαφήμισης για να πείσει τους πελάτες ότι είναι ένα προϊόν που επιθυμούν.
- **Συντήρηση – Επισκευή (Service):** Μετά την πώληση, η λειτουργία του service εξετάζει την αξία της διατήρησης ενός προϊόντος κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής του.

Ένα άλλο στοιχείο της αλυσίδας αξίας είναι η λειτουργία υποστήριξης και περιλαμβάνει τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- **Υποδομές της εταιρίας:** Αφορά το πόσο σταθερή είναι η εταιρεία, πόσο αξιόπιστα είναι τα προϊόντα της, η ποιότητα τους και η δυνατότητα συντήρησης ή επισκευής τους.
- **Human Resources (HR):** Σχετίζεται με τον τρόπο με τον οποίο η εταιρεία διαχειρίζεται το εργατικό δυναμικό της.
- **Τεχνολογική ανάπτυξη:** Αυτός ο παράγοντας σχετίζεται με την καινοτομία και την ποιότητα των τμημάτων τεχνολογίας και μηχανικών και τη συνακόλουθη φήμη τους για την παραγωγή καλών, κατάλληλων για το σκοπό τους προϊόντων.
- **Προμήθειες:** Πρόκειται για την ικανότητα προμήθειας και πρόσβασης σε μια αξιόπιστη πηγή πρώτων υλών ή εξαρτημάτων με εύλογο κόστος.

Για τη δημιουργία μιας βιώσιμης αλυσίδας αξίας, απαιτείται μια στρατηγική που να λαμβάνει υπόψη τόσο τις πρωτογενείς όσο και τις υποστηρικτικές δραστηριότητες. Η ανάλυση θα πρέπει να εξετάζει κάθε βήμα της επιχειρηματικής διαδικασίας και να διασφαλίζει ότι είναι πλήρως ευθυγραμμισμένη με τη στρατηγική της εταιρείας. Το ποιος θα πρέπει να διενεργεί τον έλεγχο της αλυσίδας αξίας είναι συζητήσιμο- ενδέχεται είτε να προτιμηθούν υψηλόβαθμα στελέχη με βαθιά γνώση της στρατηγικής της εταιρείας, είτε επικρατεί μία τάση ευθυγράμμισης με ένα ευρύ μείγμα εμπειρογνομώνων σε θέματα που έχουν αποδεδειγμένη εξειδίκευση στον τομέα τους, καθώς αυτό μπορεί να προσφέρει μεγαλύτερο βάθος και πλάτος στον έλεγχο.



### 2.3: Οφέλη για τις επιχειρήσεις

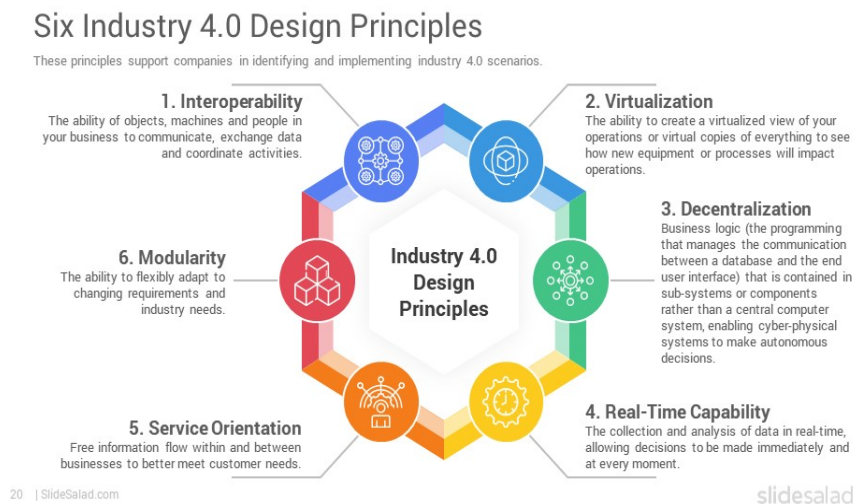
Η βιομηχανία 4.0 δεν επηρεάζει μόνο τα τοπικά κυβερνο-φυσικά συστήματα και τις τοπικές βιομηχανικές διαδικασίες, αλλά ολόκληρη την αλυσίδα αξίας, συμπεριλαμβανομένων των παραγωγών και κατασκευαστών, των προμηθευτών και των εργαζομένων. Μία από τις αρχικές ανησυχίες που διατυπώνονται στους πρώτους χρήστες της Βιομηχανίας 4.0 είναι η έλλειψη εξειδικευμένων εργαζομένων. Ο τομέας της εκπαίδευσης θα πρέπει να αναλάβει δράση για να παράγει περισσότερα άτομα εξοπλισμένα με τις δεξιότητες και τις ικανότητες που απαιτούνται στη Βιομηχανία 4.0. Οι προγραμματιστές λογισμικού και τεχνολογίας θα πρέπει επίσης να εξετάσουν την προσαρμογή των δεξιοτήτων τους και να αποκτήσουν μεγαλύτερη επίγνωση των περιπλοκών των βιομηχανικών συστημάτων ελέγχου. Οι κυβερνήσεις, από την άλλη πλευρά, κάνουν επίσης το χρέος τους, ιδίως καθώς αποτελούν έναν από τους κύριους μοχλούς σε μια προσπάθεια αύξησης της βιομηχανικής παραγωγικότητας. Ωστόσο, αυτό κοστίζει χρήματα και τεράστιες επενδύσεις, οπότε οι κυβερνήσεις θα πρέπει να βοηθήσουν τη βιομηχανία να χρηματοδοτήσει τις πρωτοβουλίες του Industry 4.0, αν περιμένουν να αποκομίσουν τα πρώτα οφέλη. Επίσης, όταν πρόκειται για την υποδομή που απαιτείται για την επιτυχή και ομαλή λειτουργία των συστημάτων, για παράδειγμα για την ολοκλήρωση των ενδοεπιχειρησιακών επικοινωνιών και διεπαφών, μπορεί να απαιτείται σοβαρή χρηματοδότηση. Τα περισσότερα οφέλη είναι εφικτά από μικρές έξυπνες υποδομές, στις οποίες περιλαμβάνονται εκείνες που αφορούν την έξυπνη κινητικότητα και την έξυπνη εφοδιαστική. Ποια είναι όμως τα οφέλη που υπόσχεται η Βιομηχανία 4.0 για τις μικρο-μεσαίες επιχειρήσεις;

- **Αυξημένη ανταγωνιστικότητα:** Μπορεί να παρέχει ισότιμους όρους ανταγωνισμού μέσω της συνεργασίας και της συνομοσπονδίας επιχειρήσεων. Η βιομηχανία 4.0 αναμένεται να ενισχύσει την παγκόσμια ανταγωνιστικότητα και να παρουσιάσει ισότιμους όρους ανταγωνισμού, όσον αφορά το κόστος εργασίας, αλλά και να δώσει τη δυνατότητα στις μικρές επιχειρήσεις να συνεργαστούν για να αντιμετωπίσουν τις μεγάλες. Εάν για παράδειγμα μπορέσει να μειωθεί το μισθολογικό κόστος, πιθανόν να μην είναι πλέον οικονομικά αποδοτική η ανάθεση της κατασκευής και τη μεταποίησης σε ξένες αγορές εργασίας.
- **Αυξημένη παραγωγικότητα:** Με την αύξηση της αποτελεσματικότητας, δύναται να παρουσιαστεί μείωση του λειτουργικού κόστους που θα έχει ως συνέπεια αυξημένα κέρδη. Αυτό θα οδηγήσει επίσης σε βελτιώσεις των επιπέδων παραγωγικότητας. Μελέτες σκοπιμότητας που διεξάγονται στην Ευρώπη προβλέπουν τεράστια αύξηση της παραγωγικότητας σε αποβιομηχανοποιημένα έθνη όπως η Γαλλία και το Ηνωμένο Βασίλειο.
- **Αυξημένα έσοδα:** Ο μεταποιητικός τομέας θα επωφεληθεί από την αύξηση των εσόδων του. Η Βιομηχανία 4.0 αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες για την αύξηση των επιπέδων εσόδων και του κρατικού ΑΕΠ, παρόλο που η εφαρμογή της θα απαιτήσει επίσης σημαντικές επενδύσεις. Ωστόσο, η απόδοση των επενδύσεων προβλέπεται εξαιρετικά υψηλή, μερικές φορές υπερβολικά αισιόδοξη.

- **Αυξημένες ευκαιρίες απασχόλησης:** Τα ποσοστά απασχόλησης θα αυξηθούν επίσης, καθώς θα αυξηθεί η ζήτηση για εργαζομένους, ιδίως στους τομείς της μηχανικής, των επιστημόνων δεδομένων και των μηχανολογικών τεχνικών εργασιών. Ωστόσο, πρέπει να γίνει αντιληπτό ότι είναι πιθανό να υπάρξει μόνο ένα μικρό καθαρό κέρδος, αν υπάρξει, καθώς οι παραδοσιακοί εργαζόμενοι είτε θα επανεκπαιδευτούν είτε θα αποδεσμευθούν. Οι απώλειες στην απασχόληση δεν θα περιοριστούν μόνο στους χειρώνακτες εργάτες. Οποιοσδήποτε του οποίου η εργασία μπορεί να διεκπεραιωθεί αποτελεσματικότερα από μια υπηρεσία πληροφορικής, για παράδειγμα υψηλόμισθοι μηχανικοί δικτύων και συστημάτων, θα αντικατασταθούν πιθανότατα από συστήματα αντιμετώπισης προβλημάτων και συντήρησης επαυξημένης πραγματικότητας. Ωστόσο, στα θετικά, οι ευκαιρίες απασχόλησης δεν θα περιορίζονται στους προγραμματιστές και τους επιστήμονες δεδομένων- θα υπάρχει πάντα διαθεσιμότητα για αναλυτές βιομηχανικών διαδικασιών και για τους επόπτες που θα παρακολουθούν την ακεραιότητα των γραμμών προϊόντων.
- **Βελτιστοποίηση των διαδικασιών παραγωγής:** Στο πλαίσιο της παραγωγικής διαδικασίας, η συγχώνευση των συστημάτων **IT** και **OT** θα αξιοποιήσει σίγουρα στο έπακρο τους διαθέσιμους πόρους. Οι διαχειριστές μπορούν να ελέγχουν και να βελτιστοποιούν τις διαδικασίες, και αυτό θα επιτρέψει τη συνεργασία μεταξύ παραγωγών, προμηθευτών και άλλων ενδιαφερομένων κατά μήκος της αλυσίδας αξίας. Ο συνήθης χρόνος που απαιτείται για την παραγωγή μιας μονάδας θα μειωθεί, καθιστώντας τη διαδικασία πιο αποτελεσματική, αφού τα απαιτούμενα βήματα απλοποιούνται, χωρίς να διακυβεύεται η ποιότητα. Η λήψη αποφάσεων γίνεται επίσης σε πραγματικό χρόνο, κάτι που είναι επιτακτικό σε βιομηχανικά σενάρια. Ομοίως, αυτά τα κάθετα στοιχεία **IT** μπαίνουν στο παιχνίδι επιτρέποντας στα επιχειρηματικά τμήματα να αναπτύξουν πλήρως τις δυνατότητές τους, καθώς έχουν επιρροή.
- **Ανάπτυξη εκθετικών τεχνολογιών:** Η βιομηχανία 4.0 θα αποτελέσει τη βάση για περαιτέρω καινοτομία σε αναπτυσσόμενες τεχνολογίες. Οι προμηθευτές και οι προγραμματιστές συστημάτων και τεχνολογιών παραγωγής θα τις χρησιμοποιήσουν ως βάση για το τι θα αναπτύξουν στη συνέχεια. Ήδη φαίνεται αυτό με τις εφαρμογές κινητών τηλεφώνων, καθώς, για παράδειγμα, περισσότεροι προγραμματιστές χρησιμοποιούν ανοικτά **API** για να συνδυάσουν εφαρμογές. Ήδη, οι προγραμματιστές εξετάζουν τεχνολογίες που θα αποτελούν βελτίωση των σημερινών, **GPS**, **RFID**, **NFC**, ακόμη και των αισθητήρων επιταχυνσιομέτρου που είναι ενσωματωμένοι στο τυπικό smartphone.

## 2.4: Αρχές Σχεδιασμού

Μία από τις βασικές αρχές της Βιομηχανίας 4.0 είναι η σύνδεση συστημάτων, μηχανών και μονάδων εργασίας με σκοπό τη δημιουργία ευφών δικτύων κατά μήκος της αλυσίδας αξίας, τα οποία μπορούν να λειτουργούν χωριστά και να ελέγχουν το ένα το άλλο αυτόνομα, αλλά με συνεκτικό τρόπο. Η Βιομηχανία 4.0 έχει προσδιορίσει έξι αρχές σχεδιασμού που χρησιμοποιούν οι κατασκευαστές και οι παραγωγοί στις προσπάθειες αυτοματοποίησης ή ψηφιοποίησης των παραγωγικών τους διαδικασιών.



Εικόνα 2.3: Αρχές Σχεδιασμού του Industry 4.0 [Αναφορά νο. 12]

### ▪ Διαλειτουργικότητα:

Η παραγωγική διαδικασία δεν ακολουθεί απλώς ένα προκαθορισμένο σύνολο μεθόδων ή βημάτων και δεν περιλαμβάνει μόνο τους ανθρώπους, τις μηχανές και τις διαδικασίες που εμπλέκονται άμεσα. Η διαλειτουργικότητα απαιτεί ένα ολόκληρο περιβάλλον με ρευστή αλληλεπίδραση και ευέλικτη συνεργασία μεταξύ όλων των στοιχείων. Για παράδειγμα, οι σταθμοί συναρμολόγησης δεν είναι ξεχωριστοί από τα προϊόντα που δημιουργούνται ή τους ανθρώπους που εργάζονται πάνω σε αυτά. Η διαλειτουργικότητα αναφέρεται στην ικανότητα όλων των στοιχείων να συνδέονται, να επικοινωνούν και να λειτουργούν μαζί μέσω του Διαδικτύου των αντικειμένων. Αυτό περιλαμβάνει τους ανθρώπους, τα έξυπνα εργοστάσια και τις σχετικές τεχνολογίες.

### ▪ Εικονικοποίηση:

Η παρακολούθηση των πραγματικών διεργασιών και μηχανημάτων λαμβάνει χώρα στον φυσικό κόσμο και, επιστρέφοντας δεδομένα αισθητήρων, θα συνδεθούν στη συνέχεια με εικονικά μοντέλα ή μοντέλα που δημιουργούνται μέσω προσομοίωσης. Οι μηχανικοί διεργασιών και οι σχεδιαστές μπορούν στη συνέχεια να προσαρμόζουν, να τροποποιούν και να δοκιμάζουν αλλαγές ή αναβαθμίσεις χωρίς να

επηρεάζονται οι φυσικές διεργασίες που έχουν εικονικοποιηθεί. Οι παραγωγοί θα χρησιμοποιήσουν τη δημιουργία ενός "εικονικού αντιγράφου" του έξυπνου εργοστασίου για να βελτιώσουν σημαντικά τις υπάρχουσες διαδικασίες και τα προϊόντα.

- **Αποκέντρωση:**

Η Βιομηχανία 4.0 υποστηρίζει την αποκέντρωση, η οποία επιτρέπει στα διάφορα συστήματα εντός του έξυπνου εργοστασίου να λαμβάνουν αποφάσεις αυτόνομα, χωρίς να παρεκκλίνουν από την πορεία προς τον ενιαίο, τελικό οργανωτικό στόχο.

- **Ικανότητα πραγματικού χρόνου:**

Οι προσπάθειες του Industry 4.0 επικεντρώνονται επίσης στο να γίνονται τα πάντα σε πραγματικό χρόνο, γεγονός που απαιτεί τη διαδικασία παραγωγής, τη συλλογή δεδομένων και την ανατροφοδότηση και παρακολούθηση των διαδικασιών να επιτυγχάνεται επίσης σε πραγματικό χρόνο.

- **Προσανατολισμός στην υπηρεσία:**

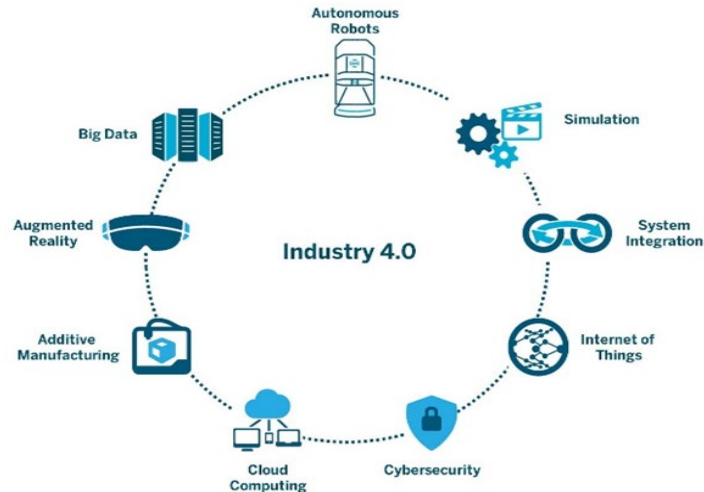
Το Διαδίκτυο των αντικειμένων δημιουργεί δυναμικές υπηρεσίες που μπορούν να καταναλώσουν άλλοι. Ως εκ τούτου, οι εσωτερικές και εξωτερικές υπηρεσίες θα εξακολουθήσουν να αποτελούν ανάγκη των έξυπνων εργοστασίων, γι' αυτό και το Διαδίκτυο των Υπηρεσιών είναι ένα τόσο σημαντικό στοιχείο της Βιομηχανίας 4.0.

- **Αρθρωτότητα:**

Η ευελιξία αποτελεί επίσης μια αρχή σχεδιασμού της Βιομηχανίας 4.0, ώστε τα έξυπνα εργοστάσια να μπορούν εύκολα να προσαρμόζονται στις μεταβαλλόμενες συνθήκες και απαιτήσεις. Με το σχεδιασμό και την κατασκευή προϊόντων, συστημάτων παραγωγής, ακόμη και των ταινιών μεταφοράς που είναι αρθρωτά και ευέλικτα, το έξυπνο εργοστάσιο είναι ευέλικτο και μπορεί να αλλάξει στην παραγωγή. Οι παραγωγοί μπορούν να διασφαλίσουν ότι μεμονωμένες σειρές προϊόντων μπορούν να αντικατασταθούν, να επεκταθούν ή να βελτιωθούν με την ελάχιστη δυνατή διακοπή άλλων προϊόντων ή τις διαδικασίες παραγωγής.

## 2.5: Δομικά Στοιχεία

Υπάρχουν εννέα αναγνωρισμένες τεχνολογικές τάσεις που συμβάλουν πρωτίστως στη διαμόρφωση της βιομηχανικής παραγωγής. Οι επόμενες ενότητες αναλύουν καθεμία από αυτές.



Εικόνα 2.4: Δομικά στοιχεία της Βιομηχανίας 4.0 [αναφορά νο. 47]

### ▪ Μεγάλα δεδομένα και ανάλυση:

Ο τομέας της μεταποίησης διαπιστώνει ότι κατακλύζεται από ολοένα και μεγαλύτερο όγκο δεδομένων από διάφορες πηγές και υπάρχει ανάγκη να συγκεντρωθούν όλα αυτά τα δεδομένα, να οργανωθούν με συνεκτικό τρόπο και να χρησιμοποιηθούν οι αναλύσεις που παρέχονται από τα σύνολα δεδομένων για την υποστήριξη της λήψης αποφάσεων της διοίκησης. Οι επιχειρήσεις δεν έχουν την πολυτέλεια να αγνοούν τα δεδομένα που εισέρχονται, καθώς μπορεί να αποδειχθούν πολύ χρήσιμα όταν πρόκειται για τη βελτιστοποίηση της ποιότητας της παραγωγής και των υπηρεσιών, τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας της παραγωγικής διαδικασίας. Για παράδειγμα, τα δεδομένα μπορούν να συλλέγονται από τις διάφορες φάσεις της παραγωγικής διαδικασίας. Αυτές οι μεγάλες ποσότητες δεδομένων θα αναλυθούν σε συσχέτιση μεταξύ τους, προκειμένου να εντοπιστούν φάσεις με περιττές διαδικασίες που μπορούν να εξορθολογιστούν.

### ▪ Αυτόνομα ρομπότ:

Η χρήση ρομπότ στη διαδικασία παραγωγής δεν αποτελεί είδηση, ωστόσο τα ρομπότ υπόκεινται επίσης σε βελτιώσεις και εξέλιξη. Οι δημιουργοί αυτών των ρομπότ τα σχεδιάζουν έτσι ώστε να είναι αυτόματη, αυτόνομα και διαδραστικά, έτσι ώστε να μην είναι πλέον απλά εργαλεία που χρησιμοποιούνται από τον άνθρωπο, αλλά να αποτελούν ήδη αναπόσπαστες μονάδες εργασίας που λειτουργούν παράλληλα με τον άνθρωπο.

### ▪ Προσομοίωση:

Παλαιότερα, αν οι κατασκευαστές ήθελαν να ελέγξουν αν μια διαδικασία λειτουργούσε αποτελεσματικά και αποτελεσματικά, απαιτούνταν δοκιμή και σφάλμα (trial and error). Η βιομηχανία

4.0 χρησιμοποιεί την εικονικοποίηση για τη δημιουργία ψηφιακών διδύμων που χρησιμοποιούνται για τη μοντελοποίηση και τη δοκιμή προσομοίωσης και διαδραματίζουν καίριο ρόλο στη βελτιστοποίηση της παραγωγής, καθώς και στην ποιότητα των προϊόντων.

▪ **Οριζόντια και κάθετη ολοκλήρωση συστημάτων:**

Η πλήρης ενσωμάτωση των συστημάτων IT και OT είναι κάτι στο οποίο στοχεύει η Βιομηχανία 4.0. Ο στόχος είναι να δημιουργηθεί ένα σενάριο όπου η μηχανική, η παραγωγή, το μάρκετινγκ και το after-sales είναι στενά συνδεδεμένα. Ομοίως, οι εταιρείες στην αλυσίδα εφοδιασμού θα είναι επίσης πιο ολοκληρωμένες, δημιουργώντας δίκτυα ολοκλήρωσης δεδομένων, συνεργασία σε επίπεδα αυτοματισμού και αλυσίδες αξίας που είναι πλήρως αυτοματοποιημένες.

▪ **Το βιομηχανικό διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT):**

Η ενσωματωμένη πληροφορική (embedded computing) και η δικτύωση θα συνδέουν τους μετατροπείς και τις συσκευές καθώς αποτελούν βασικό μέρος της Βιομηχανίας 4.0. Το βιομηχανικό Διαδίκτυο των αντικειμένων θα το καταστήσει αυτό εφικτό, καθώς οι μετατροπείς και οι συσκευές πεδίου που έχουν σχεδιαστεί για το IoT και είναι εξοπλισμένες με ραδιοδικτύωση χαμηλής ισχύος έτσι ώστε να μπορούν να αλληλεπιδρούν και να επικοινωνούν μεταξύ τους, ενώ παράλληλα θα συνδεθούν με μια πύλη σε ένα επίπεδο ελέγχου και διαχείρισης, θα υπάρχουν σε όλο το Έξυπνο Εργοστάσιο και την αλυσίδα εφοδιασμού.

▪ **Ασφάλεια στον κυβερνοχώρο:**

Τα βιομηχανικά συστήματα γίνονται όλο και πιο ευάλωτα σε απειλές, όπως φαίνεται από τις πρόσφατες επιθέσεις σε βιομηχανικούς στόχους το 2015. Για να αντιμετωπιστεί αυτό, πρέπει να θεσπιστούν μέτρα κυβερνοασφάλειας που να αναγνωρίζουν τα νέα τρωτά σημεία και τις προκλήσεις που δημιουργεί η ενσωμάτωση των βιομηχανικών διαδικασιών και συστημάτων ελέγχου με το Διαδίκτυο.

▪ **Το νέφος:**

Τα μεγάλα σύνολα δεδομένων που εμπλέκονται στη Βιομηχανία 4.0 σημαίνουν ότι η κοινή χρήση δεδομένων θα είναι όχι μόνο επιθυμητή αλλά και επιβεβλημένη για την αξιοποίηση όλων των δυνατοτήτων εντός της αλυσίδας αξίας. Ωστόσο, λίγες βιομηχανικές μονάδες θα διαθέτουν την αποθηκευτική ικανότητα για την αποθήκευση και την ανάλυση των τεράστιων ποσοτήτων δεδομένων που συλλέγονται. Επομένως καθίσταται αναγκαία η συνεργασία με παρόχους υπηρεσιών νέφους οι οποίοι διαθέτουν την ικανότητα και μπορούν να δημιουργήσουν ιδιωτικά νέφη κατάλληλα για την αποθήκευση και την επεξεργασία δεδομένων μεταποίησης.

▪ **Προσθετική κατασκευή:**

Η προσθετική κατασκευή, όπως η τρισδιάστατη εκτύπωση, επιτρέπει στους κατασκευαστές να καταλήγουν σε πρωτότυπα, γεγονός που μειώνει σημαντικά τον χρόνο και την προσπάθεια σχεδιασμού. Η προσθετική κατασκευή επιτρέπει επίσης την παραγωγή μικρών παρτίδων εξατομικευμένων προϊόντων που προσφέρουν μεγαλύτερη αξία στους πελάτες ή τους τελικούς χρήστες, μειώνοντας παράλληλα το κόστος και τις χρονικές ανεπάρκειες για τον κατασκευαστή.

▪ **Επαυξημένη πραγματικότητα:**







Οι επιχειρήσεις επιδιώκουν ολοένα και περισσότερο να μειώσουν τα γενικά έξοδα συντήρησης και εκπαίδευσης που σχετίζονται με την παραγωγή, το μάρκετινγκ και την υποστήριξη μετά την πώληση. Οι κατασκευαστές στρέφονται σε συστήματα που βασίζονται στην επαυξημένη πραγματικότητα για να βελτιώσουν τις διαδικασίες συντήρησης, μειώνοντας παράλληλα το κόστος της επί τόπου παρουσίας εμπειρογνομόνων.

## 2.6: Αρχιτεκτονική Αναφοράς

Καθώς το περιβάλλον της Βιομηχανίας 4.0 δεν προβλέπει την ύπαρξη μίας μόνο μεγάλης εταιρείας, αλλά ενός συνόλου από μικρομεσαίες επιχειρήσεις, όλες με τις μοναδικές τους ειδικότητες που σχηματίζουν συνεργασίες στην αλυσίδα εφοδιασμού, η αρχιτεκτονική αναφοράς πρέπει να το αντικατοπτρίζει αυτό. Αυτό σημαίνει ότι το αρχιτεκτονικό μοντέλο θα πρέπει να είναι ένα γενικό μοντέλο το οποίο κάθε εταιρεία θα μπορεί να αναπτύξει έτσι ώστε να επιτραπεί μια κοινή προσέγγιση στα πρωτόκολλα και τις δομές δεδομένων, τις μηχανές, τις συσκευές και τις διεπαφές επικοινωνίας.

Η δυσκολία έγκειται στο γεγονός ότι κάθε εταιρεία μίας σύμπραξης έχει διαφορετική αντίληψη όσον αφορά την κατασκευή, το λογισμικό, τη μηχανική ή το δίκτυο. Για παράδειγμα, εστιάζοντας στην κατασκευή το μεγαλύτερο βάρος πέφτει στις λειτουργίες διεργασίας και μεταφοράς, ενώ από την οπτική γωνία του λογισμικού θα εξεταστεί ο τύπος του λογισμικού εφαρμογών και του λογισμικού διαχείρισης συστημάτων που χρησιμοποιεί κάθε εταίρος. Εκεί απαιτούνται διασυνδέσεις μεταξύ ERP, διαχείρισης επιχειρήσεων, εφαρμογών λογισμικού με σκοπό να καταστεί δυνατή η ενδοεπιχειρησιακή εφοδιαστική και ο σχεδιασμός της διαχείρισης επιχειρήσεων.

Από την πλευρά του δικτύου, η προοπτική αφορά τις συσκευές και τον τρόπο σύνδεσής τους. Ο κατάλογος των συσκευών που πρέπει να ληφθούν υπόψη είναι τεράστιος, καθώς μπορεί να είναι αισθητήρες, ενεργοποιητές, διακομιστές, δρομολογητές, PLC, field bus, Profinet, tablet ή φορητοί υπολογιστές. Η προοπτική της μηχανικής αφορά περισσότερο τη διαχείριση του τρόπου ζωής του προϊόντος.

		Lean Production		Industrie 4.0
	Approach	holistic (human + technology + organisation)	↔	technology driven
	Philosophy	people development + problem solving	↔	feasibility, (self) optimisation
	Foundation	stability and standardisation	+	interconnectivity, adaptivity
	Control principle	flow, pull, FIFO	+	dynamic, depending on current situation
	Improvement + problem solving	proactive → standard, abnormality → reactive	+	data based learning → predictive
	Information acquisition	real place, real material („Go and See“)	+	problem specific data provision, „real time“

Εικόνα 2.5: Διαφορές μεταξύ λιτής και έξυπνης παραγωγής [Αναφορά νο. 48]

- **Smart Manufacturing:**

Η λιτή παραγωγή (**lean manufacturing**), η οποία ήταν η πιο δημοφιλής στρατηγική βελτίωσης των διαδικασιών κατά την τελευταία δεκαετία, είχε ως στόχο την παραγωγή πρωτοβουλιών για την εξάλειψη της υπερφόρτωσης, των ασυνεπειών και της σπατάλης. Στόχος της λιτής παραγωγής ήταν η ομαλή και συνεπής παραγωγή αγαθών. Η έξυπνη παραγωγή (**smart manufacturing**) είναι παρόμοια, καθώς είναι και αυτή μια πρωτοβουλία βελτίωσης των διαδικασιών. ωστόσο, οι στόχοι της είναι να συγχωνεύσει τον ψηφιακό και τον αναλογικό κόσμο με την οικοδόμηση συνδεσιμότητας για την παροχή βελτιωμένων διαδικασιών που θα παραδίδουν αγαθά ομαλά και με συνέπεια. Επομένως, η λιτή και η έξυπνη παραγωγή είναι συμπληρωματικές στρατηγικές βελτίωσης των διαδικασιών που θα λειτουργούν παράλληλα στα εργοστάσια του μέλλοντος.

- **Εξοπλισμός:**

Το πρώτο ζήτημα που προκύπτει όσον αφορά την έξυπνη παραγωγή είναι η σύνδεση όλων των μηχανημάτων και του εξοπλισμού. Τα CPS και οι προηγμένοι αισθητήρες συνεργάζονται και συνδέονται με συστήματα που μπορούν να ελέγχουν και να εντοχιστρώνουν τη διαδικασία παραγωγής ανιχνεύοντας την κατάσταση του προϊόντος που κατασκευάζεται. Για να αποκομίσουν οφέλη από αυτή τη συνδεσιμότητα θα χρειαστεί η συλλογή και η επεξεργασία δεδομένων σε πραγματικό χρόνο από τα μηχανήματα, τα CPS και τους αισθητήρες, προκειμένου να αναλυθεί και να καθοριστεί η κατάσταση κάθε προϊόντος.

- **Επαναπροσδιορισμός του εργατικού δυναμικού:**

Το εργατικό δυναμικό είναι εξίσου σημαντικό με τα μηχανήματα για την έξυπνη παραγωγή, καθώς συνδέουν τους πελάτες με τη διαδικασία παραγωγής και διασφαλίζουν ότι η γραμμή παραγωγής λειτουργεί ομαλά. Ως αποτέλεσμα, οι τεχνικοί, οι επιθεωρητές και οι χειριστές διεργασιών πρέπει να συνδέονται μέσω εφαρμογών για συγκεκριμένες λειτουργίες. Οι διαχειριστές χρειάζονται επίσης συνδεσιμότητα με τη διαδικασία παραγωγής μέσω δυναμικών πινάκων εργαλείων σε πραγματικό χρόνο που εμφανίζουν την κατάσταση, τις τάσεις και τις ειδοποιήσεις. Το εργατικό δυναμικό του μέλλοντος πιθανότατα θα απαιτήσει την ύπαρξη πολυδιάστατων γενικών επιστημόνων με δεξιότητες πληροφορικής, μηχανολογίας και μηχανικής διεργασιών.

- **Προϊόντα**

Ένας από τους στόχους της έξυπνης κατασκευής είναι ότι τα μέρη και τα εξαρτήματα πρέπει να είναι αναγνωρίσιμα και έξυπνα. Για παράδειγμα, θα πρέπει να είναι σε θέση να αναγνωρίζουν τον εαυτό τους και να έχουν σημαντικές πληροφορίες. Χρησιμοποιώντας ετικέτες RFID που είναι ενσωματωμένες στο προϊόν ή στη συσκευασία, οι έξυπνες μηχανές θα μπορούν να αναγνωρίζουν το εξάρτημα, να διαβάζουν τις πληροφορίες κατάστασής του και να αναγνωρίζουν τη διαμόρφωση κάθε προϊόντος καθώς διασχίζει τη γραμμή παραγωγής. Με αυτόν τον τρόπο, τα μηχανήματα μπορούν να φορτώσουν τα σωστά μέρη και προγράμματα για να χειριστούν κάθε εξάρτημα ανάλογα με τη διαμόρφωσή τους. Παράδειγμα αυτού μπορεί να αποτελεί μια γραμμή παραγωγής κατά μήκος της οποίας γεμίζονται μπουκάλια σαμπουάν. Κάθε μπουκάλι μπορεί να αποτελεί μία διαφορετική έκδοση



κάποιας μάρκας και απαιτεί διαφορετικό χρώμα ή άρωμα που προστίθεται σε ένα συγκεκριμένο στάδιο. Εάν το μηχάνημα μπορεί να διαβάσει μια ενσωματωμένη ετικέτα RFID στο μπουκάλι που προσδιορίζει την ποικιλία της επωνυμίας του, το μηχάνημα μπορεί να προσθέσει αυτόματα το σωστό χρώμα και άρωμα για το συγκεκριμένο προϊόν. Γίνεται λοιπόν σαφές πώς εάν κάθε εξάρτημα στη γραμμή παραγωγής φέρει το αναγνωριστικό του και ένα αρχείο της δικής του ιστορίας, τότε οι αποφάσεις παραγωγής μπορούν να ληφθούν έξυπνα κατά τη διάρκεια της διαδικασίας κατασκευής. Αυτό επιτρέπει την προσαρμογή των προϊόντων κατά την κατασκευή, η οποία μπορεί να οδηγήσει σε επικερδή παραγωγή.

- **Επιχειρηματικές διαδικασίες**

Οι επιχειρηματικές διαδικασίες του Βιομηχανικού Διαδικτύου θα πρέπει να καλύπτουν την παράλληλη επεξεργασία, τις απαντήσεις στον έλεγχο διεργασιών σε πραγματικό χρόνο και τις συνεργατικές μηχανές (CPS) στη γραμμή παραγωγής. Αυτό οδηγεί σε αυτοματοποίηση των διαδικασιών, η οποία είναι ιδανική καθώς μειώνει τα έξοδα που σχετίζονται με τη διατήρηση πολλαπλών τρόπων με σκοπό την επίτευξη του ίδιου αποτελέσματος, όπως ξεχωριστές γραμμές για κάθε έκδοση του σαμπουάν στο προηγούμενο παράδειγμα.

- **Βελτιστοποίηση της Εφοδιαστικής Αλυσίδας**

Αντί να εργάζονται οι αγοραστές για να τηλεφωνούν, να στέλνουν μηνύματα ηλεκτρονικού ταχυδρομείου, να συλλέγουν έγγραφα και να στέλνουν παραγγελίες με φαξ, η διαδικασία πρέπει να αυτοματοποιηθεί και να ψηφιοποιηθεί. Οι προμηθευτές όχι μόνο χρειάζεται να συνδέονται μέσω καναλιών επικοινωνίας επιχείρησης με επιχείρηση, αλλά πρέπει να αναπτύξουν ένα μοντέλο που βασίζεται στη ζήτηση. Οι κατασκευαστές υφίστανται μεγαλύτερη πίεση από τους πελάτες καθώς οι τάσεις μετατοπίζονται από το make-to-stock προς το πιο αποτελεσματικό make-to-order, configure-to-order ή ακόμα και engineer-to-order, πρακτικές που ρυθμίζουν δυναμικά την παραγωγή συναρτήσεων των παραγγελιών. Αυτές οι νέες τάσεις στα logistics και στη διαχείριση αποθεμάτων ασκούν πίεση στις παραδοσιακές γραμμές παραγωγής.

Όταν ο πελάτης μεταπηδά σε build-to-order, όπως έκαναν η Dell Computers και η Cisco στις αρχές της δεκαετίας του 2000, αυτό δημιουργεί πρόβλημα. Για την Dell Computers υπήρχαν πιθανώς αρκετές παραγγελίες καταναλωτών για να κρατήσουν απασχολημένη τη γραμμή παραγωγής του κατασκευαστή τους, αλλά για εξαιρετικά εξειδικευμένο και ακριβό εξοπλισμό όπως αυτός της Cisco, θα απαιτούνταν μια γραμμή παραγωγής τύπου stop-start. Αυτό συνέβη επειδή οι γραμμές παραγωγής έπρεπε να δημιουργηθούν και να διαμορφωθούν με τέτοιο τρόπο ώστε να εξυπηρετούν διαφορετικά προϊόντα, γεγονός που τις καθιστά δυσκίνητες και μη ευέλικτες ως προς την αλλαγή σε σύντομο χρονικό διάστημα. Σε τέτοιες περιπτώσεις το έξυπνο μηχάνημα παρέχει ένα πραγματικό όφελος, καθώς μπορεί να ρυθμιστεί εκ νέου δυναμικά ανεβάζοντας απλώς το λογισμικό διαδικασίας, τα πρότυπα και τα μέρη.

- **Πελάτες**

Στο Βιομηχανικό Διαδίκτυο, η αξιολόγηση του προϊόντος από τους πελάτες είναι το παν και ονομάζεται εμπειρία πελάτη (customer experience). Είτε αυτό γίνεται μέσω της αξιολόγησης του προϊόντος είτε απλώς της εμπειρίας χρήσης του προϊόντος, ο στόχος είναι ο πελάτης να αποκτήσει αξία και ένα ικανοποιητικό προϊόν, καθώς και ο παραγωγός να αποκτήσει καλή φήμη. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο τα δεδομένα μεγάλης κλίμακας και η εις βάθος ανάλυση είναι τόσο σημαντικά. Δεν πρόκειται πλέον για έναν Διευθύνοντα Σύμβουλο ή την ομάδα του που καθορίζει το μέλλον ενός προϊόντος. Πρόκειται για τη βαθιά έρευνα εξόρυξης και τα στοιχεία πωλήσεων που οδηγούν σε αληθινά στοιχεία όσον αφορά τις πωλήσεις και την εμπειρία των πελατών. Η ανάλυση δεδομένων μεγάλης κλίμακας είναι εξαιρετικά σημαντική γιατί μπορεί να παράγει πληροφορίες που αφορούν συγκεκριμένες επιχειρήσεις και να παράγει γνώση που είναι ζωτικής σημασίας για το σχεδιασμό του προϊόντος και την εμπειρία του πελάτη.

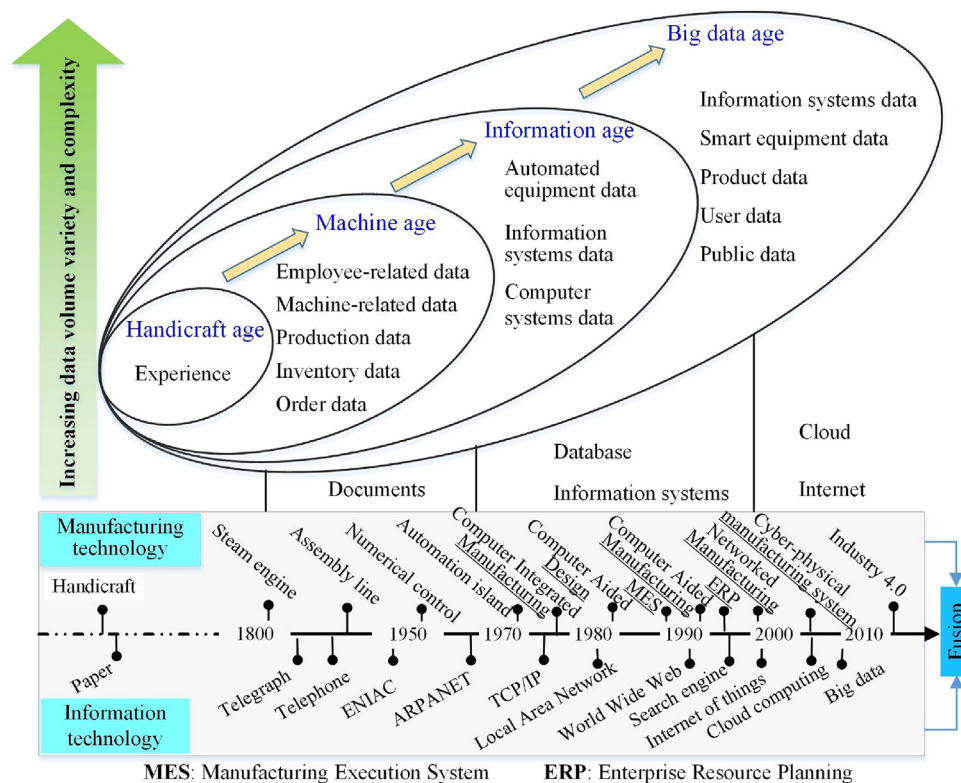
- **Εμπειρία Πελατών**

Η εμπειρία του πελάτη σχετίζεται με την αποδοχή του ατόμου ότι το προϊόν που αγόρασε είναι value for money. Η αποδοχή βασίζεται στην ποιότητα του προϊόντος, στην καταλληλότητα για χρήση και στο κόστος σε σχέση με ανταγωνιστικά προϊόντα. Ωστόσο, η εμπειρία του πελάτη σχετίζεται επίσης με τον τρόπο που ο πελάτης σχετίζεται με τα αγαθά, τον πωλητή και το πώς αισθάνονται και εμπιστεύονται τη σχέση μεταξύ των μερών αυτών. Ας γίνει η υπόθεση πώς πραγματοποιείται αγορά ενός smartphone που έχει ένα κόστος της τάξεως των 400€ και, στη συνέχεια, κάθε εφαρμογή που χρειάζεται πρέπει να αγοραστεί μέσω του κατασκευαστή. Θα υπήρχε κάποια ικανοποίηση; Αν όχι, τότε το αποτέλεσμα θα ήταν μια κακή εμπειρία πελάτη. Πώς λοιπόν κατασκευάζονται μόνο προϊόντα που θέλουν οι πελάτες; Μέσω της έξυπνης κατασκευής και του έξυπνου σχεδιασμού. Εξού και η ανάγκη για έξυπνα εργοστάσια.

## 2.7: Ο ρόλος των δεδομένων στην εποχή της έξυπνης παραγωγής

### 2.7.1: Δομή

Για μεγάλο χρονικό διάστημα, οι πληροφορίες καταγράφονταν σε χαρτί, ενώ η κατασκευή πραγματοποιούνταν με χειρονακτική εργασία, επομένως, η ενοποίηση μεταξύ της τεχνολογίας της πληροφορίας και της τεχνολογίας της κατασκευής δεν ήταν ούτε επωφελής ούτε εφικτή. Από τη δεκαετία του 1960, η ανάπτυξη των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων άνοιξε το δρόμο για την πρόοδο του υλικού και του λογισμικού των υπολογιστών. Από τη δεκαετία του 1980, τα πρωτόκολλα TCP/IP, το τοπικό δίκτυο (LAN), ο Παγκόσμιος Ιστός (WWW) και οι μηχανές αναζήτησης εμφανίστηκαν το ένα μετά το άλλο για να καλύψουν τις αυξανόμενες ανάγκες αποθήκευσης, ευρετηρίασης, επεξεργασίας και ανταλλαγής δεδομένων. Όλες αυτές οι τεχνολογίες πληροφοριών εφαρμόστηκαν ευρέως στην παραγωγή. Η άνοδος των τεχνολογιών που αναφέρθηκαν (Διαδίκτυο των αντικειμένων, υπολογιστικό νέφος, ανάλυση δεδομένων μεγάλης κλίμακας και τεχνητή νοημοσύνη) συνεχίζει να φέρνει επανάσταση στο κατασκευαστικό παράδειγμα. Λόγω της βαθιάς συγχώνευσης μεταξύ της πληροφορικής και της μεταποίησης, ο βαθμός εξυπνάδας της μεταποίησης αυξάνεται σταδιακά. Ως αποτέλεσμα, τα δεδομένα κατασκευής γίνονται επίσης όλο και πιο πλούσια.



Εικόνα 2.6: Οι εποχές των δεδομένων [Αναφορά νο. 49]

Μαζί με την άνοδο των τεχνολογιών IoT, του υπολογιστικού νέφους, της ανάλυσης μεγάλων δεδομένων, της τεχνητής νοημοσύνης και άλλων τεχνολογικών εξελίξεων, ήρθε η εποχή των μεγάλων

δεδομένων. Στην παραγωγή, τα μεγάλα δεδομένα αναφέρονται σε μεγάλες ποσότητες δεδομένων πολλαπλών πηγών, ετερογενών δεδομένων που παράγονται καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του προϊόντος, τα οποία τα διακρίνουν 5 χαρακτηριστικά: **μεγάλος όγκος** (δηλ. τεράστιες ποσότητες δεδομένων), **ποικιλία** (δηλ. τα ίδια τα δεδομένα έρχονται σε διαφορετικές μορφές και παράγονται από διαφορετικές πηγές), **ταχύτητα** (δηλ. τα δεδομένα παράγονται και ανανεώνονται με πολύ μεγάλη ταχύτητα), **αληθοφάνεια** (δηλ. τα δεδομένα συνδέονται με ένα επίπεδο προκατάληψης, ασυνέπειας, μη πληρότητας, ασάφειας, καθυστέρησης, θορύβου και προσέγγισης) και **αξία** (δηλ. τεράστια αξία που κρύβεται στα δεδομένα). Σε γενικές γραμμές, τα μεγάλα δεδομένα που παράγονται από τις διαδικασίες παραγωγής μπορούν να ταξινομηθούν σύμφωνα με τις ακόλουθες κατηγορίες:

1. Δεδομένα διαχείρισης που συλλέγονται από συστήματα πληροφοριών παραγωγής. Τα πληροφοριακά συστήματα διαθέτουν μια ποικιλία δεδομένων που σχετίζονται με τον προγραμματισμό προϊόντων, την αποστολή παραγγελιών, τη διαχείριση υλικών, τον προγραμματισμό παραγωγής, τη συντήρηση, τη διαχείριση αποθεμάτων, τις πωλήσεις και το μάρκετινγκ, τη διανομή, την εξυπηρέτηση πελατών και τη χρηματοοικονομική διαχείριση.
2. Δεδομένα εξοπλισμού που συλλέγονται από έξυπνα εργοστάσια με τεχνολογίες βιομηχανικού IoT, τα οποία περιλαμβάνουν δεδομένα που σχετίζονται με την απόδοση σε πραγματικό χρόνο, τις συνθήκες λειτουργίας και το ιστορικό συντήρησης του εξοπλισμού παραγωγής.
3. Δεδομένα χρηστών που συλλέγονται από πηγές του διαδικτύου, όπως πλατφόρμες ηλεκτρονικού εμπορίου (π.χ. Amazon, Walmart και Taobao) και πλατφόρμες κοινωνικής δικτύωσης (π.χ. Twitter, Facebook, LinkedIn και YouTube). Αυτός ο τύπος δεδομένων περιλαμβάνει δημογραφικά στοιχεία των χρηστών, προφίλ χρηστών, προτιμήσεις των χρηστών έναντι προϊόντων/υπηρεσιών, καθώς και συμπεριφορά των χρηστών (π.χ. δεδομένα σχετικά με το ιστορικό περιήγησης, αναζήτησης, αγοράς και αναθεώρησης στο διαδίκτυο).
4. Δεδομένα προϊόντων που συλλέγονται από έξυπνα προϊόντα και συστήματα υπηρεσιών προϊόντων από τεχνολογίες IoT, συμπεριλαμβανομένων των επιδόσεων του προϊόντος, του πλαισίου χρήσης (π.χ. χρόνος, τοποθεσία και καιρός), περιβαλλοντικών δεδομένων (π.χ. θερμοκρασία, υγρασία και ποιότητα αέρα) και βιολογικών δεδομένων του χρήστη.
5. Δημόσια δεδομένα που συλλέγονται από τις κυβερνήσεις μέσω ανοικτών βάσεων δεδομένων. Τέτοιες βάσεις δεδομένων αφορούν δεδομένα που σχετίζονται με την πνευματική ιδιοκτησία, τις υποδομές των πολιτών, την επιστημονική ανάπτυξη, την προστασία του περιβάλλοντος και την υγειονομική περίθαλψη. Για τους κατασκευαστές, τα δημόσια δεδομένα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να εγγυηθούν ότι οι διαδικασίες παραγωγής και τα παραγόμενα προϊόντα συμμορφώνονται αυστηρά με τους κυβερνητικούς κανονισμούς και τα βιομηχανικά πρότυπα.

Στην εποχή των μεγάλων δεδομένων, που ενισχύεται από τις νέες τεχνολογίες πληροφορικής, η ικανότητα των κατασκευαστών να συλλέγουν, να αποθηκεύουν και να επεξεργάζονται δεδομένα ενισχύεται σημαντικά. Το διαδίκτυο των αντικειμένων και το υπολογιστικό νέφος αποτελούν

οικονομικά αποδοτικές και ευέλικτες λύσεις συλλογής, αποθήκευσης και επεξεργασίας δεδομένων. Ως αποτέλεσμα, μεταποιητικές επιχειρήσεις διαφορετικής κλίμακας, ακόμη και οι ΜΜΕ, μπορούν να επωφεληθούν από την αξία των δεδομένων. Στην παραγωγή, η αποτελεσματική ανάλυση των μεγάλων δεδομένων επιτρέπει στους κατασκευαστές να εμβαθύνουν στην κατανόηση των πελατών, των ανταγωνιστών, των προϊόντων, του εξοπλισμού, των διαδικασιών, των υπηρεσιών, των εργαζομένων, των προμηθευτών και των ρυθμιστικών αρχών. Ως εκ τούτου, τα μεγάλα δεδομένα μπορούν να βοηθήσουν τους κατασκευαστές να λαμβάνουν πιο ορθολογικές, ευέλικτες και τεκμηριωμένες αποφάσεις και να ενισχύσουν την ανταγωνιστικότητά τους στην παγκόσμια αγορά.

### 2.7.2: Κύκλος ζωής δεδομένων

Τα δεδομένα, ωστόσο, δεν είναι χρήσιμα αν δεν "μεταφραστούν" σε συγκεκριμένο πληροφοριακό περιεχόμενο και πλαίσιο που μπορεί να γίνει άμεσα κατανοητό από τους χρήστες. Γενικά, πριν από την απόκτηση συγκεκριμένων πληροφοριών από τα δεδομένα, τα δεδομένα αυτά πρέπει να περάσουν από πολλαπλά βήματα. Η πλήρης διαδρομή της συλλογής δεδομένων, της μετάδοσης, της αποθήκευσης, της προεπεξεργασίας, του φιλτραρίσματος, της ανάλυσης, της εξόρυξης, της οπτικοποίησης και της εφαρμογής μπορεί να αναφέρεται ως "κύκλος ζωής δεδομένων". Τα κατασκευαστικά δεδομένα αξιοποιούνται σε διάφορα σημεία του κύκλου ζωής των δεδομένων. Ένας τυπικός κύκλος ζωής δεδομένων παραγωγής αποτελείται από τη συλλογή, τη μετάδοση, την αποθήκευση, την επεξεργασία, την οπτικοποίηση και την εφαρμογή δεδομένων.

Ο όγκος των δεδομένων που συλλέγονται σε ολόκληρη την αλυσίδα αξίας της παραγωγής και τον κύκλο ζωής του προϊόντος αυξάνεται με πρωτοφανή ρυθμό. Τα δεδομένα κατασκευής προέρχονται από τον εξοπλισμό, τα προϊόντα, τους ανθρώπινους χειριστές, τα πληροφοριακά συστήματα και τα δίκτυα. Τα δεδομένα από διάφορες πηγές συλλέγονται με διάφορους τρόπους. Πάνω απ' όλα, συλλέγονται μέσω του IoT, με το οποίο τα δεδομένα εξοπλισμού και προϊόντων μπορούν να συλλέγονται άμεσα μέσω έξυπνων αισθητήρων, RFID (αναγνώριση ραδιοσυχνότητας) και άλλων συσκευών ανίχνευσης, καθιστώντας δυνατή την παρακολούθηση της υγείας του εξοπλισμού και των προϊόντων σε πραγματικό χρόνο. Η τεχνολογία RFID επιτρέπει την αυτόματη αναγνώριση, παρακολούθηση και διαχείριση μεγάλου αριθμού τεμαχίων εργασίας, καθώς και των υλικών που είναι απαραίτητα για την παραγωγή. Επιπλέον, το αναδυόμενο κινητό Διαδίκτυο ανοίγει το δρόμο για τη συλλογή δεδομένων χρηστών μέσω έξυπνων τερματικών (π.χ. συσκευές όπως υπολογιστές, τηλέφωνα, φορητοί υπολογιστές και ταμπλέτες). Μέσω SDKs (κιτ ανάπτυξης λογισμικού) ή APIs (διεπαφές προγραμματισμού εφαρμογών), για παράδειγμα, μπορούν να συλλεχθούν βασικά δεδομένα χρηστών, όπως ο αριθμός των χρηστών, τα προφίλ χρηστών, η τοποθεσία και ο χρόνος. Επιπλέον, η ανίχνευση ιστού (web crawling) είναι μια ευρέως χρησιμοποιούμενη τεχνική απόκτησης δεδομένων για τη συλλογή δημόσιων δεδομένων με βάση ορισμένες συνθήκες που έχουν προκαθοριστεί από μηχανικούς και ΤΝ. Το web crawling αναφέρεται στην τεχνολογία ανάπτυξης "ανιχνευτών" (δηλαδή προγραμμάτων υπολογιστών) για την περιήγηση σε δημόσιες ιστοσελίδες και τη συλλογή επιθυμητών πληροφοριών. Η τεχνολογία web

crawling επιτρέπει στους κατασκευαστές να αποκτούν δημόσια δεδομένα με αυτόματο και αποτελεσματικό τρόπο. Τέλος, τα δεδομένα διαχείρισης από τα συστήματα πληροφοριών κατασκευής μπορούν να αποκτηθούν και να χρησιμοποιηθούν ανά πάσα στιγμή μέσω τεχνολογιών βάσεων δεδομένων.

Ο μεγάλος όγκος δεδομένων που συλλέγονται από τις διαδικασίες παραγωγής πρέπει να αποθηκεύεται με ασφάλεια και να ενσωματώνεται αποτελεσματικά. Σε γενικές γραμμές, οι διάφοροι τύποι κατασκευαστικών δεδομένων μπορούν να ταξινομηθούν σε δομημένα (π.χ. ψηφία, σύμβολα, πίνακες κ.λπ.), ημιδομημένα (π.χ. δέντρα, γραφήματα, έγγραφα XML κ.λπ.) και αδόμητα δεδομένα (π.χ. αρχεία καταγραφής, ήχοι, βίντεο, εικόνες κ.λπ.). Παραδοσιακά, οι μεταποιητικές επιχειρήσεις επικεντρώνονταν σε μεγάλο βαθμό στην αποθήκευση δομημένων δεδομένων, καθώς ήταν δύσκολο να διαχειριστούν άμεσα τα αδόμητα δεδομένα εντός των επιχειρησιακών βάσεων δεδομένων. Η αρχιτεκτονική αποθήκευσης βάσει αντικειμένων επιτρέπει την αποθήκευση και διαχείριση συνόλων δεδομένων ως αντικείμενα και παρέχει μια πιο ευέλικτη λύση για την ενσωμάτωση ημιδομημένων και αδόμητων δεδομένων. Επίσης, μέσω του υπολογιστικού νέφους, η αποθήκευση δεδομένων μπορεί να επιτευχθεί με ιδιαίτερα οικονομικό, ενεργειακά αποδοτικό και ευέλικτο τρόπο. Επιπλέον, χάρη στις υπηρεσίες νέφους, η κατανομή και η ετερογένεια των δεδομένων θωρακίζονται, επιτρέποντας έναν εξαιρετικά κλιμακούμενο και διαμοιραζόμενο τρόπο αποθήκευσης δεδομένων.

Η επεξεργασία δεδομένων αναφέρεται σε μια σειρά λειτουργιών που πραγματοποιούνται για την ανακάλυψη γνώσης από έναν μεγάλο όγκο δεδομένων. Τα δεδομένα πρέπει να μετατραπούν σε πληροφορίες και γνώσεις, ώστε οι κατασκευαστές να λαμβάνουν τεκμηριωμένες και ορθολογικές αποφάσεις. Πάνω απ' όλα, τα δεδομένα πρέπει να υποβάλλονται σε προσεκτική προεπεξεργασία για την απομάκρυνση των περιττών, παραπλανητικών, διπλών και ασυνεπών πληροφοριών. Συγκεκριμένα, ο καθαρισμός δεδομένων περιλαμβάνει τις ακόλουθες δραστηριότητες: καθαρισμός ελλιπών τιμών, μορφοποίησης, διπλών και αχρήστων σκουπιδιών δεδομένων. Η μείωση δεδομένων είναι η διαδικασία μετασχηματισμού του τεράστιου όγκου δεδομένων σε ταξινομημένες, ουσιαστικές και απλουστευμένες μορφές μέσω της επιλογής χαρακτηριστικών ή περιπτώσεων. Αφού ολοκληρωθεί η μείωση των δεδομένων, τα καθαρισμένα και απλουστευμένα δεδομένα αξιοποιούνται μέσω της ανάλυσης και εξόρυξης δεδομένων για τη δημιουργία νέων πληροφοριών. Η αποτελεσματικότητα της ανάλυσης δεδομένων μπορεί να ενισχυθεί σημαντικά μέσω μιας ποικιλίας τεχνικών, συμπεριλαμβανομένης της μηχανικής μάθησης, του υπολογισμού μεγάλης κλίμακας και της χρήσης μοντέλων πρόβλεψης. Ορισμένες προηγμένες μέθοδοι εξόρυξης δεδομένων περιλαμβάνουν την ομαδοποίηση, την ταξινόμηση, τους κανόνες συσχέτισης, την παλινδρόμηση, την πρόβλεψη και την ανάλυση αποκλίσεων. Μέσω των παραπάνω προσπαθειών επεξεργασίας δεδομένων, μπορεί να προκύψει κατανοητή γνώση από μια μεγάλη ποσότητα δυναμικών και διαφορούμενων ακατέργαστων δεδομένων.

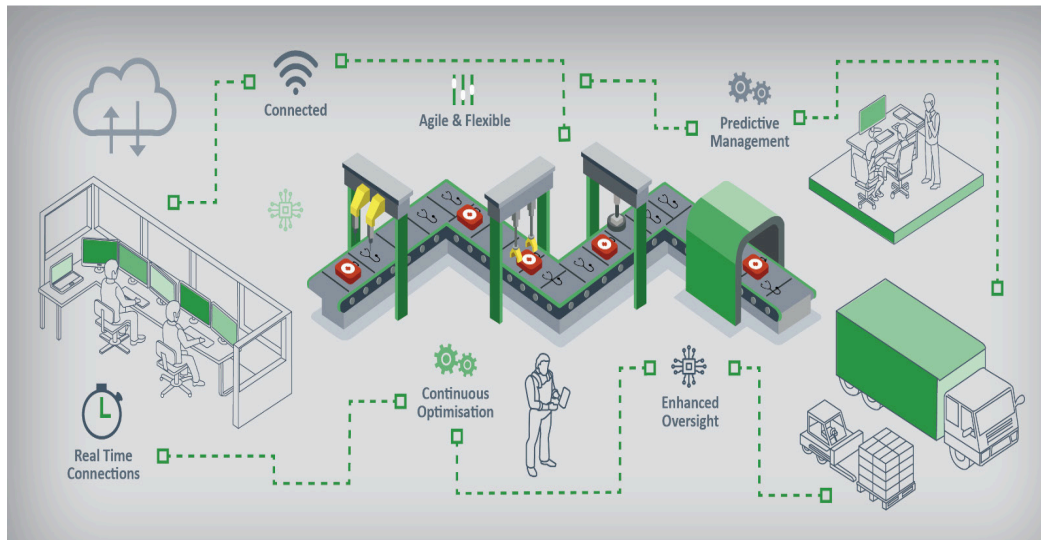
Έπειτα έρχεται το στάδιο της οπτικοποίησης αυτών των δεδομένων, που αποσκοπεί στη σαφή μετάδοση και επικοινωνία πληροφοριών μέσω γραφικών μέσων, επιτρέποντας στους τελικούς χρήστες να κατανοήσουν τα δεδομένα με πολύ πιο σαφή τρόπο. Συχνά χρησιμοποιούμενες τεχνικές οπτικοποίησης περιλαμβάνουν διαγράμματα, γραφήματα και εικονική πραγματικότητα. Τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο μπορούν να οπτικοποιηθούν διαδικτυακά μέσω των έξυπνων τερματικών των χρηστών. Μέσω της οπτικοποίησης, τα αποτελέσματα της επεξεργασίας των δεδομένων γίνονται πιο προσιτά, απλοϊκά και φιλικά προς τον χρήστη.

Η ροή όμως αυτών των δεδομένων είναι συνεχής μεταξύ διαφορετικών πληροφοριακών συστημάτων, κυβερνοφυσικών συστημάτων και ανθρώπινων χειριστών. Επομένως, η μετάδοση δεδομένων διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο στη διατήρηση της επικοινωνίας και των αλληλεπιδράσεων μεταξύ κατανεμημένων συστημάτων και πόρων παραγωγής. Οι πρόσφατες εξελίξεις στο IoT, το Διαδίκτυο και τα δίκτυα επικοινωνίας εδραίωσαν ουσιαστικά την τεχνολογική βάση της αξιόπιστης και ασφαλούς μετάδοσης διαφορετικών τύπων δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Ως αποτέλεσμα, οι κατανεμημένοι πόροι παραγωγής μπορούν να ενσωματωθούν αποτελεσματικά σχεδόν ανά πάσα στιγμή και οπουδήποτε.

Τα δεδομένα είναι γεγονός πως έχουν εισέλθει σε όλες σχεδόν τις πτυχές της καθημερινής παραγωγής και λειτουργίας των μεταποιητικών επιχειρήσεων. Πρώτον, κατά τη φάση του σχεδιασμού, μέσω της ανάλυσης δεδομένων, αποκαλύπτονται νέες πληροφορίες σχετικά με τους πελάτες, τους ανταγωνιστές και τις αγορές. Με βάση την κατανόηση που αναπτύσσεται μέσω της ανάλυσης δεδομένων, οι σχεδιαστές μπορούν να μεταφράζουν με ακρίβεια και ταχύτητα τις επιθυμίες των πελατών σε χαρακτηριστικά του προϊόντος και απαιτήσεις ποιότητας. Ως αποτέλεσμα, οι κατασκευαστές θα έρθουν "πιο κοντά" στους πελάτες και πιο ευέλικτοι όσον αφορά την αντιμετώπιση μιας δυναμικής, μεταβαλλόμενης αγοράς. Δεύτερον, κατά τη διάρκεια της παραγωγής, η διαδικασία κατασκευής και ο εξοπλισμός παρακολουθούνται σε πραγματικό χρόνο. Με αυτόν τον τρόπο, οι κατασκευαστές μπορούν να παρακολουθούν τις όποιες αλλαγές τη στιγμή που πραγματοποιούνται. Η ανάλυση δεδομένων μπορεί να οδηγήσει σε τεκμηριωμένες αποφάσεις σχετικά με το αν, τότε και πώς πρέπει να προσαρμοστούν οι διαδικασίες παραγωγής και ο εξοπλισμός. Επιπλέον, τα δεδομένα μπορούν να διευκολύνουν τον έλεγχο και τη βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων. Η ανάλυση δεδομένων μπορεί να παρέχει έγκαιρες προειδοποιήσεις για ελαττώματα και ταχεία διάγνωση των βαθύτερων αιτιών, οι οποίες μπορούν να προσδιοριστούν γρήγορα. Κατά συνέπεια, τα συστήματα παραγωγής μπορούν να προσαρμοστούν εγκαίρως για τον έλεγχο της ποιότητας του προϊόντος. Τέλος, όσον αφορά τη χρήση του προϊόντος, οι πιθανές δυσλειτουργίες του προϊόντος μπορούν να εντοπιστούν σε πρώιμο στάδιο, γεγονός που καθιστά δυνατές προληπτικές ενέργειες, όπως η προληπτική συντήρηση, η πρόβλεψη βλαβών και η αυτόματη αναβάθμιση.

## Κεφάλαιο 3: Έξυπνα Εργοστάσια.

### 3.1: Εισαγωγή.



Εικόνα 3.1: Έξυπνο Εργοστάσιο [<https://industry40thinktank.com/what-is-smart-factory-four-zero/>]

Το έξυπνο εργοστάσιο αποκτά ολοένα και μεγαλύτερη σημασία στη σύγχρονη καθημερινή παραγωγή. Πρόκειται για μία καινοτόμος ιδέα που περιλαμβάνει ψηφιοποιημένες εγκαταστάσεις παραγωγής που χρησιμοποιούν δικτυωμένες συσκευές, μηχανήματα και συστήματα παραγωγής.

Όπως έχει προαναφερθεί, στόχος ενός τέτοιου εργοστασίου είναι, μεταξύ άλλων, η συνεχής συλλογή και ανταλλαγή δεδομένων. Χάρη στον όγκο των διαθέσιμων δεδομένων, μπορούν να ληφθούν αποφάσεις και να βελτιωθούν οι διαδικασίες με τη βοήθεια της κατάλληλης λύσης λογισμικού. Ταυτόχρονα, η προσέγγιση αυτή επιτρέπει τη χρήση της τεχνητής νοημοσύνης, του υπολογιστικού νέφους, της ανάλυσης μεγάλων δεδομένων και του βιομηχανικού διαδικτύου των πραγμάτων (IoT).

Πολλά παραδοσιακά εργοστάσια χρησιμοποιούν αυτοματοποιημένα μηχανήματα, όπως σαρωτές γραμμωτού κώδικα, κάμερες και ψηφιοποιημένο εξοπλισμό παραγωγής σε διάφορα τμήματα της λειτουργίας τους. Αλλά αυτές οι συσκευές δεν είναι διασυνδεδεμένες μεταξύ τους. Οι άνθρωποι, τα περιουσιακά στοιχεία και τα συστήματα διαχείρισης δεδομένων σε ένα παραδοσιακό εργοστάσιο λειτουργούν όλα απομονωμένα το ένα από το άλλο και πρέπει να συντονίζονται και να ενσωματώνονται χειροκίνητα σε συνεχή βάση.

Ένα έξυπνο ψηφιακό εργοστάσιο λειτουργεί ενσωματώνοντας τις μηχανές, τους ανθρώπους και τα μεγάλα δεδομένα σε ένα ενιαίο, ψηφιακό συνδεδεμένο οικοσύστημα. Ένα έξυπνο εργοστάσιο όχι μόνο επιμελείται και αναλύει δεδομένα, αλλά στην πραγματικότητα μαθαίνει από την εμπειρία. Ερμηνεύει και αποκτά γνώσεις από σύνολα δεδομένων για να προβλέπει τάσεις και γεγονότα και να προτείνει και να εφαρμόζει έξυπνες ροές εργασίας κατασκευής και αυτοματοποιημένες διαδικασίες. Ένα έξυπνο εργοστάσιο υφίσταται συνεχή βελτίωση των διαδικασιών για να αυτοδιορθώνεται και να

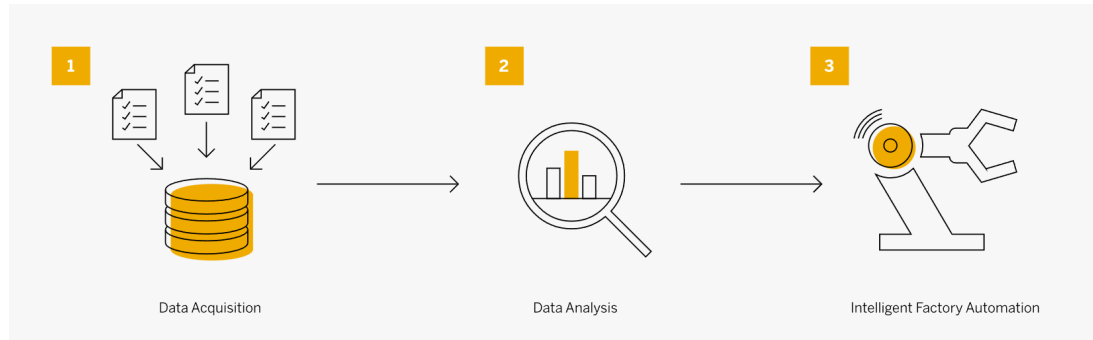


αυτοβελτιστοποιείται - μπορεί να διδάξει τον εαυτό του (και τους ανθρώπους) να είναι πιο ανθεκτικό, παραγωγικό και ασφαλές.

### 3.2: Δομή, πλεονεκτήματα και τεχνολογίες

#### 3.2.1: Δομή

Η βασική **δομή** ενός έξυπνου εργοστασίου μπορεί σε γενικές γραμμές να συνοψιστεί σε τρία βήματα:



Εικόνα 3.2: Δομή Έξυπνου Εργοστασίου [<https://www.sap.com/africa/products/scm/what-is-a-smart-factory.html>]

- **Συλλογή δεδομένων:**

Η τεχνητή νοημοσύνη και οι σύγχρονες τεχνολογίες βάσεων δεδομένων επιτρέπουν την επιμέλεια και την απόκτηση διαφορετικών συνόλων χρήσιμων δεδομένων σε ολόκληρη την επιχείρηση, την αλυσίδα εφοδιασμού και τον κόσμο. Μέσω αισθητήρων και πυλών, το βιομηχανικό διαδίκτυο των αντικειμένων (IIoT) επιτρέπει στις συνδεδεμένες μηχανές να συλλέγουν δεδομένα στο σύστημα. Μέσω αναρίθμητων άλλων πυλών δεδομένων, τα συστήματα με τεχνητή νοημοσύνη μπορούν να συγκεντρώσουν σύνολα δεδομένων που σχετίζονται με την απόδοση, τις τάσεις της αγοράς, τα logistics ή οποιαδήποτε άλλη δυναμικά σχετική πηγή.

- **Ανάλυση δεδομένων:**

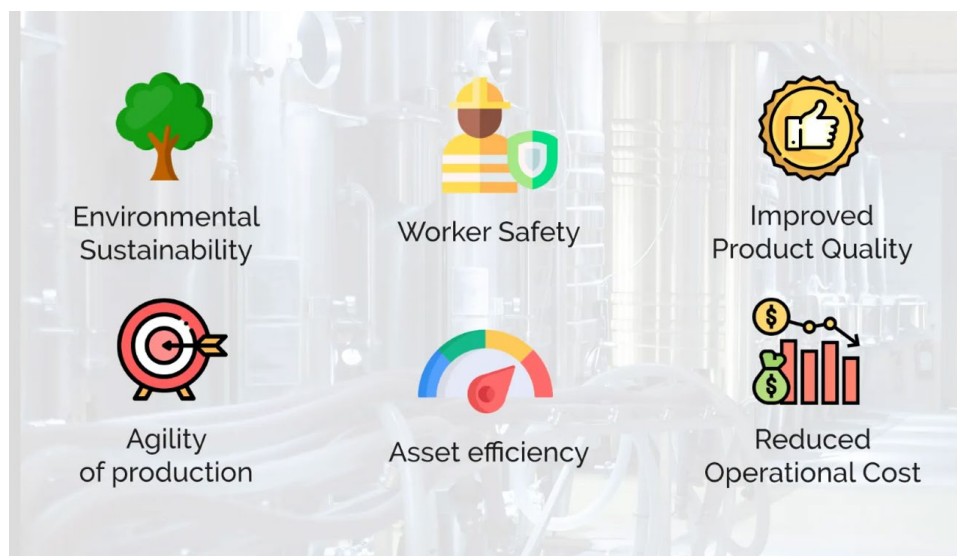
Η μηχανική μάθηση και τα ευφυή επιχειρηματικά συστήματα χρησιμοποιούν προηγμένες αναλύσεις και σύγχρονες λύσεις διαχείρισης δεδομένων για να βγάλουν νόημα από όλα τα διαφορετικά δεδομένα που συγκεντρώνονται. Οι αισθητήρες IIoT μπορούν να προειδοποιούν πότε τα μηχανήματα χρειάζονται επισκευή ή συντήρηση. Τα δεδομένα της αγοράς και τα επιχειρησιακά δεδομένα μπορούν να συγκεντρωθούν για τον εντοπισμό ευκαιριών και κινδύνων. Η αποτελεσματικότητα της ροής εργασιών μπορεί να μελετηθεί με την πάροδο του χρόνου για τη βελτιστοποίηση της απόδοσης και την αυτόματη διόρθωση, εφόσον αυτό δικαιολογείται. Στην πραγματικότητα, τα σύνολα δεδομένων που μπορούν να συγκριθούν και να αναλυθούν παρουσιάζουν μια σχεδόν άπειρη δυνατότητα συνδυασμών για την ενημέρωση της βελτιστοποίησης του ψηφιακού εργοστασίου και την πρόβλεψη της αλυσίδας εφοδιασμού.

- **Ευφυής αυτοματοποίηση εργοστασίων:**

Μόλις πραγματοποιηθεί η συλλογή και η ανάλυση δεδομένων, δημιουργούνται ροές εργασίας και αποστέλλονται οδηγίες στις μηχανές και τις συσκευές εντός του συστήματος. Αυτές οι συσκευές μπορεί να βρίσκονται εντός των τεσσάρων τοίχων του εργοστασίου ή μακριά στους κρίκους εφοδιαστικής ή παραγωγής της αλυσίδας εφοδιασμού. Οι έξυπνες ροές εργασίας και οι διαδικασίες παρακολουθούνται και βελτιστοποιούνται συνεχώς. Εάν ένα δελτίο ειδήσεων προειδοποιεί για μια έξαρση της ζήτησης για ένα συγκεκριμένο προϊόν, οι ροές εργασίας των τρισδιάστατων εκτυπωτών μπορούν να λάβουν εντολή να αυξήσουν την προτεραιότητα της παραγωγής για το συγκεκριμένο αντικείμενο.

### 3.2.2: Πλεονεκτήματα

Πολλές επιχειρήσεις αρκούνται σε λειτουργίες και συστήματα εφοδιαστικής αλυσίδας που ουσιαστικά δεν έχουν αλλάξει εδώ και δεκαετίες. Όμως, με τις προσδοκίες των καταναλωτών και την οικονομική αβεβαιότητα να βρίσκονται σε υψηλά επίπεδα, οι διαχειριστές της εφοδιαστικής αλυσίδας χρειάζονται λύσεις που μπορούν να προσφέρουν μετρήσιμα και σημαντικά οφέλη. Σύμφωνα με το περιοδικό Forbes, το 2017 μόλις το **43%** των κατασκευαστών είχαν σε εξέλιξη πρωτοβουλίες για έξυπνα εργοστάσια. Μέχρι το 2019, το ποσοστό αυτό είχε αυξηθεί σε **68%**. Χαρακτηριστικά **πλεονεκτήματα** αποτελούν τα εξής:



Εικόνα 3.3: Πλεονεκτήματα έξυπνων εργοστασίων [<https://medium.com/applied-machine-learning-for-manufacturing/industry-4-0-risks-benefits-of-digitalization-in-manufacturing-6d7d71def204>]

- **Παραγωγικότητα και αποδοτικότητα**

Καθ' όλη τη διάρκεια της ιστορίας της, η μεταποίηση ήταν κυρίως αντιδραστική - εξετάζοντας ένα γεγονός ή μια τάση που έχει ήδη συμβεί και προσπαθώντας στη συνέχεια να κατευθύνει την επιχείρηση προς μια διαφορετική κατεύθυνση εκ των υστέρων. Οι τεχνολογίες του έξυπνου εργοστασίου έχουν σχεδιαστεί για να μειώσουν την ανάγκη για αντιδραστικές πρακτικές και να μετακινήσουν τη

διαχείριση της αλυσίδας εφοδιασμού σε μια πιο ευέλικτη και ανταποκρινόμενη λειτουργία. Η χρήση της προγνωστικής ανάλυσης και της ανάλυσης μεγάλων δεδομένων επιτρέπει τον εντοπισμό και την εφαρμογή βελτιστοποιημένων διαδικασιών. Η διαχείριση αποθεμάτων just-in-time, η ακριβής πρόβλεψη της ζήτησης και η βελτιωμένη ταχύτητα στην αγορά είναι μερικά από τα οφέλη αποδοτικότητας που προσφέρουν τα έξυπνα εργοστάσια. Ενισχυμένοι από τις ψηφιακές γνώσεις, οι άνθρωποι που εργάζονται στα έξυπνα εργοστάσια είναι επίσης σε θέση να εξορθολογίσουν τις προσπάθειές τους, προσθέτοντας στη συνολική παραγωγικότητα της λειτουργίας. Στη μελέτη της για τα έξυπνα εργοστάσια του 2019, η Deloitte αναφέρει πως *"οι εταιρείες αναφέρουν κέρδη έως και 12% σε τομείς όπως η παραγωγή παραγωγής (manufacturing output), η χρησιμοποίηση του εργοστασίου και η αποδοτικότητα της εργασίας, αφού επένδυσαν σε πρωτοβουλίες έξυπνων εργοστασίων. Επιπλέον, οι κατασκευαστές με έξυπνα εργοστάσια πιθανότατα θα ξεπεράσουν τα παραδοσιακά εργοστάσια με 30% υψηλότερη καθαρή αποδοτικότητα εργασίας μέχρι το 2030"*.

- **Βιωσιμότητα και ασφάλεια:**

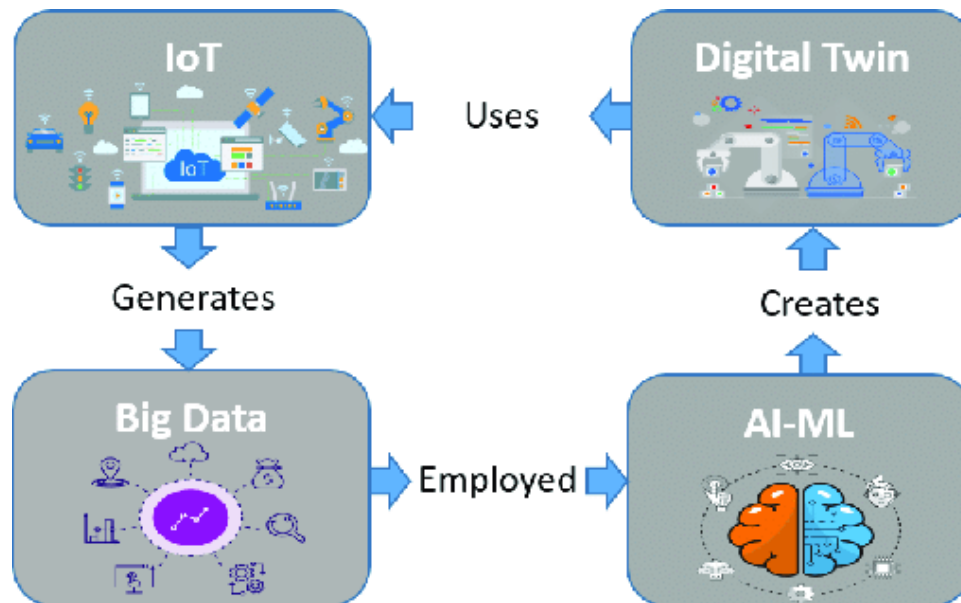
Οι καταναλωτές είναι όλο και περισσότερο πρόθυμοι να ξοδέψουν λίγο περισσότερο για προϊόντα που γνωρίζουν ότι προέρχονται και κατασκευάζονται με κοινωνικά και περιβαλλοντικά υπεύθυνες μεθόδους. Οι σύγχρονες τεχνολογίες έξυπνων εργοστασίων διευκολύνουν όσο ποτέ άλλοτε τις επιχειρήσεις να εντοπίζουν και να εφαρμόζουν ευκαιρίες για πιο οικολογικές, ασφαλείς και κοινωνικά υπεύθυνες πρακτικές παραγωγής. Οι ψηφιακές καινοτομίες, όπως η αλυσίδα μπλοκ και οι αισθητήρες RFID, μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τους διαχειριστές των έξυπνων εργοστασίων για να διασφαλίσουν την αδιάμευστη προέλευση και τον ποιοτικό έλεγχο όλων των υλικών και προμηθειών που προέρχονται ακόμη και από τους πιο απομακρυσμένους κρίκους της αλυσίδας εφοδιασμού. Όσον αφορά τον τομέα της ασφάλειας, η Διεθνής Εταιρεία Αυτοματισμού αναφέρει ότι τα ρομπότ και οι αυτοματοποιημένες συσκευές μπορούν να συμβάλουν στη μείωση ή την εξάλειψη τριών από τις πέντε κύριες αιτίες τραυματισμών στους χώρους εργασίας.

- **Ποιότητα προϊόντων και εμπειρία πελατών:**

Οι παραδοσιακοί κατασκευαστές συχνά δυσκολεύονταν να διασφαλίσουν ότι οι οδηγίες τους λαμβάνονταν με ακρίβεια και ακολουθούνταν από τους προμηθευτές και τους κατασκευαστές χαμηλότερης βαθμίδας στην αλυσίδα εφοδιασμού τους. Στο έξυπνο εργοστάσιο, η συνδεσιμότητα στο cloud και η ορατότητα από άκρο σε άκρο στα έξυπνα εργοστάσια φέρνει πληροφορίες και συστάσεις σε πραγματικό χρόνο σε όλα τα επίπεδα της παραγωγικής διαδικασίας. Η δυνατότητα ταχείας προσαρμογής και ανταπόκρισης στις μεταβαλλόμενες τάσεις σημαίνει ότι τα προϊόντα συμβαδίζουν στενά με τις επιθυμίες των πελατών. Η προηγμένη ανάλυση των δεδομένων του συστήματος εντοπίζει γρήγορα τις αδυναμίες ή τις περιοχές για βελτίωση. Αυτό οδηγεί σε βελτιωμένη ανταγωνιστικότητα στην αγορά, καλύτερες αξιολογήσεις προϊόντων και λιγότερες δαπανηρές επιστροφές ή ανακλήσεις.

### 3.2.3: Τεχνολογίες

Οι τεχνολογίες έξυπνων εργοστασίων είναι εξαιρετικά ευέλικτες. Καθώς οι πρωτοβουλίες ψηφιακού μετασχηματισμού αυξάνονται μέσα σε μια επιχείρηση, υπάρχουν σχεδόν άπειρες δυνατότητες κλιμάκωσης, τροποποίησης και προσαρμογής ανάλογα με τις ανάγκες.



Εικόνα 3.4: Τεχνολογίες Έξυπνου Εργοστασίου [Αναφορά νο. 50]

**Συνδεδεσιμότητα νέφους:** Είτε πρόκειται για δημόσιο, ιδιωτικό ή υβριδικό νέφος, το νέφος είναι ο αγωγός μέσω του οποίου όλα τα δεδομένα και οι πληροφορίες ρέουν σε ένα έξυπνο εργοστάσιο. Η συνδεδεσιμότητα νέφους σε ολόκληρη την επιχείρηση και σε παγκόσμιο επίπεδο διασφαλίζει ότι κάθε τομέας της επιχείρησης λειτουργεί με δεδομένα σε πραγματικό χρόνο και ότι υπάρχει άμεση ορατότητα σε όλα τα συνδεδεμένα περιουσιακά στοιχεία και συστήματα εντός της αλυσίδας εφοδιασμού.

**Τεχνητή νοημοσύνη:** Τα επιχειρησιακά συστήματα που χρησιμοποιούν ολοκληρωμένες τεχνολογίες τεχνητής νοημοσύνης έχουν την ταχύτητα, την ισχύ και την ευελιξία όχι μόνο να συγκεντρώνουν και να αναλύουν διαφορετικά σύνολα δεδομένων, αλλά και να παρέχουν πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο και ανταποκρινόμενες συστάσεις. Οι αυτοματοποιημένες διαδικασίες και τα ευφυή συστήματα εντός ενός έξυπνου εργοστασίου βελτιστοποιούνται συνεχώς και ενημερώνονται από την τεχνητή νοημοσύνη.

**Μηχανική μάθηση:** Ένα από τα πιο πολύτιμα οφέλη που προσφέρει η μηχανική μάθηση στο έξυπνο εργοστάσιο είναι η ικανότητά της για προηγμένη προγνωστική συντήρηση. Με την παρακολούθηση και την ανάλυση των διαδικασιών παραγωγής, μπορούν να αποστέλλονται ειδοποιήσεις πριν από την εμφάνιση βλάβης του συστήματος. Ανάλογα με την κατάσταση, μπορεί να πραγματοποιηθεί αυτοματοποιημένη συντήρηση ή, εάν είναι απαραίτητο, να συστηθεί ανθρώπινη παρέμβαση.

**Μεγάλα δεδομένα:** Τα εύρωστα και μεγάλα σύνολα δεδομένων επιτρέπουν την πραγματοποίηση προγνωστικών και προηγμένων αναλύσεων σε ένα έξυπνο εργοστάσιο. Οι επιχειρήσεις έχουν από καιρό κατανοήσει τη στρατηγική αξία των μεγάλων δεδομένων, αλλά, μέχρι πρόσφατα, συχνά δεν διέθεταν τα απαραίτητα συστήματα για την ουσιαστική αξιοποίησή τους. Ο ψηφιακός μετασχηματισμός στις αλυσίδες εφοδιασμού και τα έξυπνα εργοστάσια έχει ανοίξει έναν κόσμο δυνατοτήτων για τις επιχειρήσεις να βελτιστοποιήσουν και να καινοτομήσουν χρησιμοποιώντας τις γνώσεις των Big Data.

**Βιομηχανικό Διαδίκτυο των αντικειμένων (IIoT):** Σε ένα έξυπνο εργοστάσιο, όταν οι συσκευές και τα μηχανήματα είναι εφοδιασμένα με μοναδικά αναγνωριστικά και τη δυνατότητα αποστολής και λήψης ψηφιακών δεδομένων, αποτελούν ένα δίκτυο IIoT. Τα σύγχρονα μηχανήματα μπορεί να διαθέτουν ήδη ψηφιακές πύλες, αλλά ακόμη και αναλογικά μηχανήματα δεκαετιών μπορούν να εξοπλιστούν με συσκευές πύλης IIoT για να επικαιροποιηθούν. Ουσιαστικά, τα δεδομένα που αποστέλλονται από τη συσκευή αναφέρουν την κατάσταση και τη δραστηριότητά της, ενώ τα δεδομένα που αποστέλλονται στη συσκευή ελέγχουν και αυτοματοποιούν τις ενέργειες και τις ροές εργασίας της.

**Ψηφιακό δίδυμο:** Ένα ακριβές, εικονικό αντίγραφο μιας μηχανής ή ενός συστήματος γίνεται το ψηφιακό της δίδυμο. Επιτρέπει τη μέγιστη δυνατή καινοτομία και δημιουργικότητα με ελάχιστο λειτουργικό κίνδυνο. Ένα ψηφιακό δίδυμο μπορεί να ωθηθεί στα όριά του, να αναδιαμορφωθεί με πολλαπλούς εικονικούς τρόπους ή να δοκιμαστεί για τη συμβατότητά του εντός ενός υπάρχοντος συστήματος, με όλα αυτά να συμβαίνουν χωρίς να προκύψει κίνδυνος ή σπατάλη πόρων στον φυσικό κόσμο.

**Πρόσθετη εκτύπωση:** Γνωστή και ως τρισδιάστατη εκτύπωση (3D printing), επιτρέπει στα έξυπνα εργοστάσια να χρησιμοποιούν έξυπνους αυτοματισμούς για κατασκευή κατά παραγγελία. Αυτό είναι ιδιαίτερα κρίσιμο σε περιόδους απροσδόκητης διακοπής της αλυσίδας εφοδιασμού ή ξαφνικής ζήτησης προϊόντων. Αλλά ακόμη και όταν πρόκειται για τη συνήθη λειτουργία, τα εικονικά αποθέματα μπορούν να ελαχιστοποιήσουν σημαντικά τον κίνδυνο και τη σπατάλη, επιτρέποντας την κατασκευή just-in-time.

**Εικονική πραγματικότητα (VR) και επαυξημένη πραγματικότητα (AR):** Το 2019, το περιοδικό Assembly Magazine περιέγραψε ορισμένες από τις εφαρμογές των συσκευών VR στο έξυπνο εργοστάσιο ως εξής: "Είναι σε θέση να συνδέουν τις περιβαλλοντικές συνθήκες, τα επίπεδα αποθεμάτων, την κατάσταση της διαδικασίας, τα δεδομένα σφαλμάτων συναρμολόγησης, τη χρήση και τις μετρήσεις απόδοσης με τρόπο που εξαρτάται από το περιβάλλον (όπου κάποιος κοιτάζει ή περπατά)". Αυτή η καθηλωτική αισθητηριακή εμπειρία επιτρέπει στους χρήστες να επαυξάνουν τις φυσικές τους αισθήσεις με δεδομένα σε πραγματικό χρόνο από οποιαδήποτε τοποθεσία ή χρονική στιγμή, έτσι ώστε να παρέχουν ανεμπόδιση επίγνωση της κατάστασης του εργοστασίου.

**Blockchain:** Καθώς οι τεχνολογίες έξυπνων εργοστασίων εξελίσσονται, οι λύσεις ασφαλείας συμβαδίζουν μαζί τους. Το blockchain έχει πολλές εφαρμογές στην αλυσίδα εφοδιασμού, από τη δημιουργία "έξυπνων συμβολαίων" με τους προμηθευτές έως την παρακολούθηση της προέλευσης των

εμπορευμάτων και του χειρισμού σε όλο το ταξίδι της αλυσίδας εφοδιασμού. Στα έξυπνα εργοστάσια, αυτή η αλυσίδα μπλοκ είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για τη διαχείριση της πρόσβασης σε συνδεδεμένα περιουσιακά στοιχεία και μηχανήματα σε ολόκληρη την επιχείρηση, προστατεύοντας έτσι την ασφάλεια του συστήματος και την ακρίβεια των αρχείων που τηρούνται από αυτές τις συσκευές.

**Σύγχρονη βάση δεδομένων:** Οι βάσεις δεδομένων στη μνήμη και τα σύγχρονα συστήματα ERP είναι οι "εγκέφαλοι" πίσω από το Industry 4.0 και όλες τις λύσεις έξυπνων εργοστασίων και ευφυούς εφοδιαστικής αλυσίδας. Οι παλαιές βάσεις δεδομένων που βασίζονται σε δίσκους πιέζονται, συχνά πολύ πέρα από τα όριά τους, για να συμβαδίσουν με τις πολύπλοκες λειτουργίες διαχείρισης δεδομένων και ανάλυσης που απαιτούνται για τη λειτουργία έξυπνων εργοστασίων και σύγχρονων αλυσίδων εφοδιασμού.

### 3.3: Προκλήσεις μετάβασης σε Έξυπνο Εργοστάσιο

Όπως σε κάθε μετάβαση, έτσι και στη μετάβαση των εργοστασίων από παραδοσιακά σε έξυπνα παρουσιάζεται μία πληθώρα προκλήσεων που πρέπει να αντιμετωπιστούν έτσι ώστε αυτή η μετάβαση να στεφθεί με επιτυχία. Λόγω του γεγονότος ότι το έξυπνο εργοστάσιο είναι ένα θέμα με έντονα τεχνολογικό προσανατολισμό, προκύπτουν προκλήσεις στους τομείς του εξοπλισμού, της τυποποίησης, της ασφάλειας των πληροφοριών, της διαθεσιμότητας της υποδομής IT, της διαθεσιμότητας γρήγορης σύνδεσης στο διαδίκτυο και των πολύπλοκων συστημάτων.



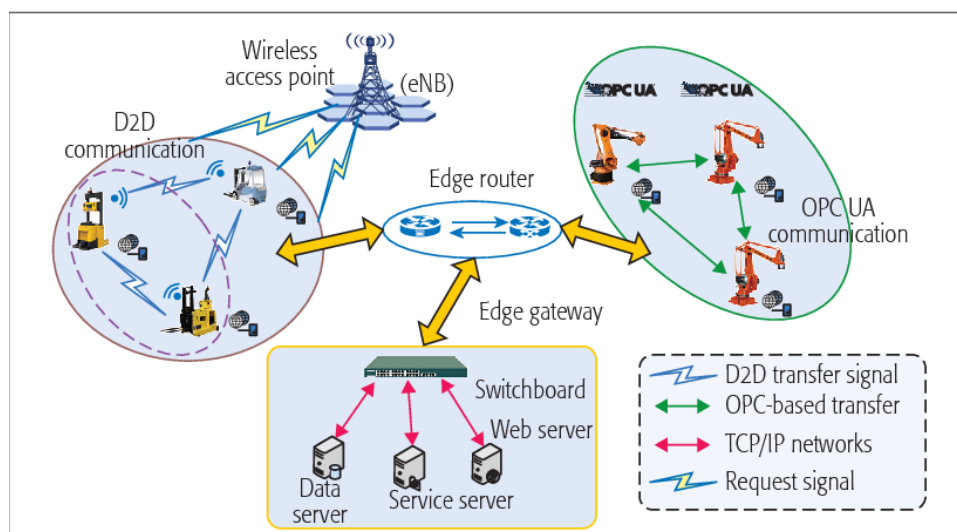
Εικόνα 3.5: Έξυπνος Εξοπλισμός [<https://www.datarobot.com/blog/smart-factories-artificial-intelligence-and-automation-for-reduced-opex-in-manufacturing/>]

Λόγω της θέσης θεμελίωσης του υποκείμενου εξοπλισμού, είναι ζωτικής σημασίας η παρακολούθηση και ο έλεγχος των υποκείμενων πόρων παραγωγής για την αναδιαμόρφωση της γραμμής παραγωγής, τον δυναμικό προγραμματισμό και τη συγχώνευση πληροφοριών στο έξυπνο εργοστάσιο. Ως εκ τούτου, είναι απαραίτητο να βελτιωθεί το επίπεδο ευφυΐας του εξοπλισμού



παραγωγής. Ο διαμορφώσιμος ελεγκτής και τα αυτοδιαμορφώσιμα ρομπότ μπορούν να παρέχουν δυναμικές λύσεις για την επέκταση της λειτουργίας των μονάδων παραγωγής. Στο πλαίσιο της υβριδικής παραγωγής, θα πρέπει να διερευνηθεί ο συντονισμός και η αλληλεπίδραση πληροφοριών μεταξύ των μονάδων παραγωγής με πολλές μονάδες. Ο βελτιστοποιημένος συνδυασμός προγραμμάτων θα πρέπει να γίνει για να ενισχυθεί η αποδοτικότητα του εργαστηρίου. Ο ευφυής εξοπλισμός θα πρέπει να είναι σε θέση να συλλέγει πληροφορίες παραγωγής, να παρέχει συμβατή διεπαφή δεδομένων και να υποστηρίζει ένα γενικό πρωτόκολλο επικοινωνίας. Επιπλέον, ο εξοπλισμός θα μπορούσε να αντιλαμβάνεται το περιβάλλον παραγωγής και να συνεργάζεται με άλλο εξοπλισμό στο έξυπνο εργοστάσιο. Η ευέλικτη κατασκευή είναι ένα τυπικό χαρακτηριστικό του έξυπνου εργοστασίου, αλλά εξακολουθούν να υπάρχουν πολλά προβλήματα, όπως ο δυναμικός προγραμματισμός και η στενή σύζευξη μεταξύ λειτουργιών και συσκευών.

Στο πλαίσιο της ευφυούς κατασκευής, τα δεδομένα που παράγονται από τον ευφυή εξοπλισμό είναι ως επί το πλείστον αδόμητα. Η λειτουργία υψηλής ταχύτητας στο εργαστήριο απαιτεί υψηλότερα πρότυπα απόκτησης δεδομένων. Δηλαδή, η απόκτηση δεδομένων είναι η βάση της ανάλυσης μεγάλων δεδομένων, όπου θα πρέπει να υπάρχουν φυσικοί πόροι: να υποστηρίζουν αποτελεσματική απόκτηση δεδομένων και να επιτυγχάνουν την ορατότητα της διαδικασίας κατασκευής, να ενσωματώνουν ετερογενή δεδομένα σε ένα ενοποιημένο σύστημα με γενικά πρωτόκολλα (π.χ. RFID, ZigBee και NFC) και να βελτιώνουν την επεκτασιμότητα του ελεγκτή για πρόσβαση στα βασικά βιομηχανικά δίκτυα.

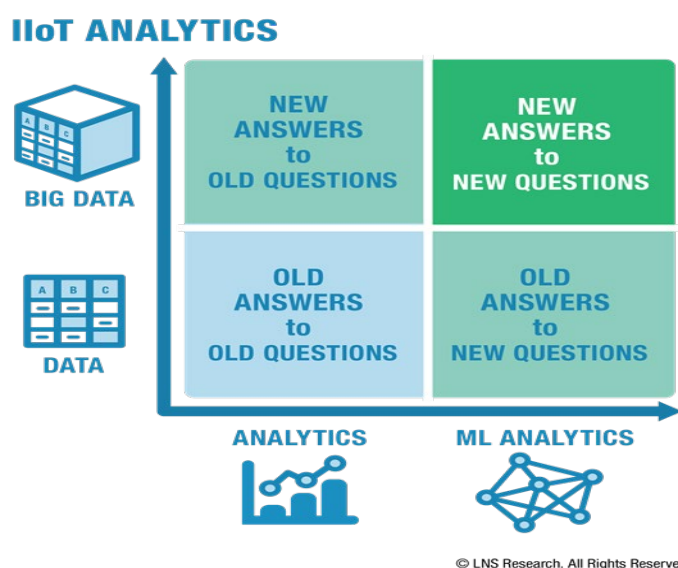


Εικόνα 3.6: Αλληλεπίδραση πληροφοριών με βάση το βιομηχανικό διαδίκτυο των αντικειμένων (IIoT) [Αναφορά νο. 51]

Παράλληλα, το IIoT διευκολύνει τη βαθιά ολοκλήρωση των πληροφοριών και της βιομηχανοποίησης. Η προηγμένη τεχνολογία IIoT είναι σημαντική για την υλοποίηση του έξυπνου εργοστασίου. Τα ώριμα και γενικά πρότυπα δεν έχουν ακόμη διαμορφωθεί στον τομέα των δικτύων IWSN (Industrial Wireless Sensor Network) και η διαδικασία τυποποίησης αυτών των δικτύων θα πρέπει να προωθείται συνεχώς. Σε ένα τέτοιο περίπλοκο ηλεκτρομαγνητικό περιβάλλον, η μετάδοση δεδομένων θα πρέπει να πληροί τις απαιτήσεις αξιοπιστίας και ελέγχου του εξοπλισμού σε πραγματικό

χρόνο. Λόγω της περιορισμένης ενέργειας, η ενεργειακή αποδοτικότητα αποτελεί βασικό ζήτημα που επηρεάζει την ανάπτυξη των IWSN. Επιπλέον, λόγω της πρόσβασης συσκευών μεγάλης κλίμακας, η ασφάλεια του δικτύου καθίσταται επίσης πολύ σημαντική. Καθώς οι τεχνολογίες πληροφοριών έχουν προχωρήσει (π.χ. NB-IoT, 5G, LTE-Advanced), έχει σημειωθεί σημαντική πρόοδος στα βιομηχανικά ασύρματα δίκτυα. Η πρόοδος αυτή έχει προσφέρει νέες λύσεις για βασικά ζητήματα των IWSN, όπως η αξιοπιστία, η απόδοση σε πραγματικό χρόνο, η ενεργειακή απόδοση και η στρατηγική ασφάλεια.

Η ανάπτυξη των τεχνολογιών της πληροφορικής έφερε ευκαιρίες στην ευφυή κατασκευή. Η αλληλεπίδραση με βάση το **OPC UA** (Open Platform Communications Unified Architecture) διευκολύνει τον συντονισμό μεταξύ ευφών πρακτόρων, επειδή ένα σύστημα πολλαπλών πρακτόρων μπορεί να επιλύει προβλήματα με παράλληλο τρόπο. Η τεχνολογία **SDN** (software-defined networking) με βάση το OpenFlow παρέχει πιο ευέλικτη λύση για τη διαμόρφωση του δικτύου, η οποία ενισχύει την ικανότητα διαχείρισης του δικτύου. Η τεχνολογία **D2D** (Device-to-device) καθιστά την επικοινωνία μεταξύ των συσκευών πιο αποτελεσματική και επεκτείνει τη χωρητικότητα του δικτύου. Το **edge computing** εξοπλίζει το τερματικό σύστημα με ικανότητα λήψης αποφάσεων και αυτονομία. Επιπλέον, ο υψηλός ρυθμός μετάδοσης δεδομένων, ο χαμηλός κύκλος λειτουργίας και η διαθεσιμότητα του δικτύου IP είναι οι απαιτήσεις του επιπέδου δικτύου που δηλώνουν το θεμέλιο για την πανταχού παρούσα επικοινωνία στο έξυπνο εργοστάσιο.



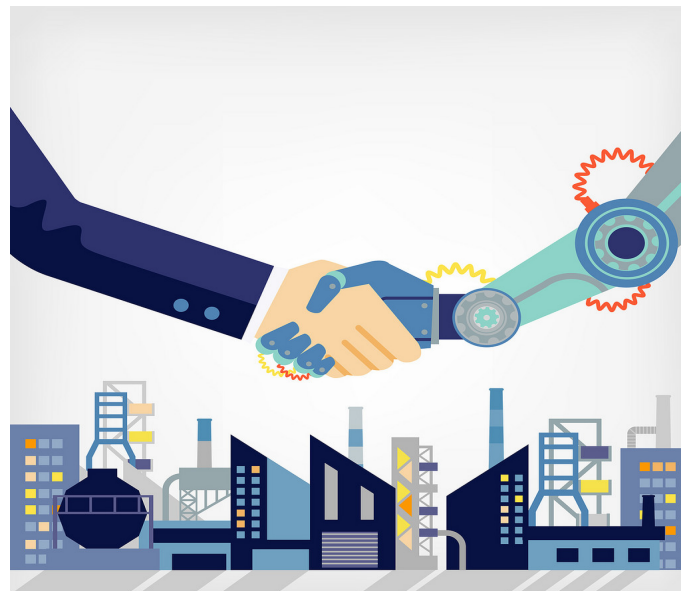
Εικόνα 3.7: Διαχείριση δεδομένων στο περιβάλλον του IIoT [<https://blog.lnsresearch.com/4-actions-quality-leaders-should-take-to-connect-quality-npd-machine-learning/>]

Ενώ ο μεγάλος όγκος κατασκευαστικών δεδομένων παρέχει μια ολοκληρωμένη περιγραφή του έξυπνου εργοστασίου, τα κατασκευαστικά δεδομένα δεν μπορούν να αξιοποιηθούν άμεσα λόγω της υψηλής διάστασης, της μεταβλητής μετρικής και του υψηλού θορύβου. Κατά συνέπεια, είναι σημαντικό να καθοριστεί η σημασιολογία των δεδομένων μέσω του κατασκευαστικού γλωσσάριου. Η οντολογία ενός τομέα μπορεί να παρέχει μια δυνητική λύση στη σημασιολογία δεδομένων για την



εφαρμογή τους. Χρησιμοποιώντας τα μεγάλα δεδομένα της ευφυούς κατασκευής, επιτυγχάνεται στο έξυπνο εργοστάσιο η ενεργή συντήρηση του εξοπλισμού, ο σχεδιασμός βελτιστοποίησης για την κατασκευή του προϊόντος και η βελτιστοποίηση της γραμμής παραγωγής. Η μεταποίηση με γνώμονα τη γνώση φέρνει ευκαιρίες για μετασχηματισμό από την παραδοσιακή βιομηχανία στην ευφυή βιομηχανία, ενώ ταυτόχρονα η τεχνολογία εξόρυξης δεδομένων αποτελεί σοβαρή πρόκληση για τις επιχειρήσεις. Επιπλέον, η βασισμένη στα δεδομένα βελτιστοποίηση του σχεδιασμού του προϊόντος πρέπει να προσθέσει δέκτη δεδομένων και μηχανισμό ανατροφοδότησης στο παραδοσιακό προϊόν, και στη συνέχεια το ίδιο το προϊόν θα γίνει η πηγή δεδομένων. Κατά συνέπεια, το προϊόν θα γίνει συμμετέχων στη διαδικασία συλλογής δεδομένων, η οποία παρέχει τεχνικές πληροφορίες στον σχεδιαστή του προϊόντος.

Προκειμένου να επιτευχθεί μια μεταποίηση ευφυής βασισμένη στη γνώση, η κατασκευαστική οντότητα θα πρέπει να είναι σε θέση να παρέχει συλλογή δεδομένων, συγχώνευση δεδομένων και εξαγωγή των χαρακτηριστικών των κατασκευαστικών πόρων. Το έξυπνο εργοστάσιο θα πρέπει να ενσωματώνει πόρους δεδομένων (π.χ. αλυσίδες εφοδιασμού, δεδομένα προϊόντων και δεδομένα εφοδιασμού) σε πλατφόρμα υπηρεσιών, η οποία παρέχει υπηρεσίες προϊόντων, όπως πρόβλεψη πωλήσεων και ανάλυση ποιότητας. Γενικά, η εξόρυξη δεδομένων και η ανακάλυψη γνώσης παρέχουν μια επιστημονική απόφαση για τον σχεδιασμό και τον προγραμματισμό ενός προϊόντος της μεταποιητικής αλυσίδας.



Εικόνα 3.8: Συνύπαρξη ανθρώπου με μηχανή [<https://www.linkedin.com/pulse/using-artificial-intelligence-workforce-myrthe-maring/>]

Επιπλέον, όπως στον ψηφιακό έλεγχο, την επεξεργασία σήματος και τις εφαρμογές πολυμέσων, έτσι και στον βιομηχανικό αυτοματισμό (και κατά συνέπεια σε ένα έξυπνο εργοστάσιο), είναι καίρια η ύπαρξη εφαρμογών πραγματικού χρόνου.

Οι επιδόσεις των ντετερμινιστικών δικτύων επικοινωνίας μπορούν να μετρηθούν με βάση τα ακόλουθα χαρακτηριστικά που πρέπει να είναι εγγυημένα για κρίσιμες ροές δεδομένων:

- Υψηλή ακρίβεια χρονικού συγχρονισμού στην περιοχή των νανοδευτερολέπτων.
- Εγγυημένη καθυστέρηση από άκρο σε άκρο για κρατήσεις ροής μέσω ελάχιστων ποσοστών απώλειας πακέτων ( $10^{-6}$  έως κάτω από  $10^{-10}$ ) που επιβεβαιώνονται από στοιχεία λογισμικού και υλικού.
- Λειτουργία λογισμικού διαμόρφωσης και διαχείρισης δικτύου, καθώς και πρωτόκολλα για τη δέσμευση πόρων (απομονωτές και χρονοδρομολογητές) για κρίσιμες ροές δεδομένων.
- Ένα ενιαίο δίκτυο ικανό να υποστηρίζει συγκλίνουσες ροές δεδομένων, κρίσιμες και βέλτιστης προσπάθειας, καθώς και άλλα χαρακτηριστικά QoS.

Οι ντετερμινιστικές βιομηχανικές εφαρμογές μπορούν να ταξινομηθούν στις ακόλουθες κυρίαρχες κατηγορίες:

### **1. Παρακολούθηση κατάστασης:**

Οι εφαρμογές αυτές έχουν τις λιγότερο αυστηρές απαιτήσεις επικοινωνίας σε πραγματικό χρόνο. Περιλαμβάνουν κυρίως την παρακολούθηση της κατάστασης ηλεκτρομηχανικών, πνευματικών ή υδραυλικών εξαρτημάτων με τη χρήση ενός εκτεταμένου δικτύου αισθητήρων στο χώρο του εργοστασίου. Συλλέγονται μετρήσεις ρευμάτων, δονήσεων ή θερμοκρασιών. Η κύρια απαίτηση είναι η διατήρηση μιας κοινής βάσης χρόνου για τα σήματα επικοινωνίας, η οποία απαιτεί συγχρονισμό των κόμβων.

### **2. Αυτοματοποίηση διαδικασιών:**

Αυτή η κατηγορία έχει συγκριτικά αυστηρότερες απαιτήσεις από την παρακολούθηση της κατάστασης. Επικεντρώνεται στη διατήρηση υψηλής ποιότητας στις εφαρμογές, κυρίως σε σενάρια μαζικής ή παρτίδας παραγωγής. Τα δίκτυα αυτής της κατηγορίας καταγράφουν και διαδίδουν μεγάλες ποσότητες δεδομένων από εκτεταμένα δίκτυα συσκευών. Η έμφαση μετατοπίζεται προς την παροχή υψηλότερων ταχυτήτων σύνδεσης και συνύπαρξης για την αποτελεσματική διαχείριση του όγκου δεδομένων.

### **3. Εργοστασιακός αυτοματισμός:**

Αυτή η ομάδα εφαρμογών απαιτεί συστήματα ανατροφοδότησης κλειστού βρόχου που αποτελούνται από αισθητήρες και ενεργοποιητές. Υποστηρίζει διακριτές διαδικασίες παραγωγής, όπως η συναρμολόγηση, η δοκιμή και η συσκευασία προϊόντων. Τέτοια δίκτυα απαιτούν πολύ υψηλές απαιτήσεις επικοινωνίας σε πραγματικό χρόνο για την παροχή της απαιτούμενης ακρίβειας και ταχύτητας για αποτελεσματική λειτουργία.

Οι Βασικοί Δείκτες Απόδοσης (Key Performance Indicators - KPI) είναι τα υπολογίσιμα αποτελέσματα μιας ανάλυσης επιδόσεων, με βάση ένα σύνολο μετρούμενων τιμών. Για παράδειγμα, στην επίδοση βιομηχανικών πρωτοκόλλων, ο KPI καθυστέρησης δικτύου υπολογίζεται χρησιμοποιώντας πρωτογενείς πληροφορίες, όπως το μέγεθος των δεδομένων ενός μηνύματος, η

ταχύτητα σύνδεσης, οι χρονοσφραγίδες του μηνύματος, ο μηχανισμός προώθησης και ο αριθμός των αλμάτων προώθησης. Αυτά τα πρωταρχικά στοιχεία επιτρέπουν τον υπολογισμό της καθυστέρησης από άκρο σε άκρο ενός μηνύματος σε όλη την ακολουθούμενη διαδρομή του.

Οι KPIs απόδοσης δικτύου μετρούν την απόδοση του υποκείμενου δικτύου, η οποία είναι ζωτικής σημασίας σε ένα σύστημα ελέγχου διεργασιών, όπου το δίκτυο χρησιμεύει ως κρίσιμος σύνδεσμος επικοινωνίας για όλα τα υποσυστήματα. Όλοι οι κόμβοι είναι διασυνδεδεμένοι και επικοινωνούν μέσω της σύνδεσης δικτύου. Οποιαδήποτε καθυστέρηση ή αποτυχία δικτύου μπορεί να επηρεάσει σημαντικά την απόδοση ολόκληρου του συστήματος συνεχούς παραγωγής.

Για παράδειγμα, η διεπαφή ανθρώπου-μηχανής (HMI) εξαρτάται από δεδομένα πραγματικού χρόνου για την εμφάνιση ενημερωμένων πληροφοριών διεργασίας για τους χειριστές. Σε κάθε υπολογιστή του συστήματος έχει εγκατασταθεί ένα εργαλείο ανάλυσης πακέτων δικτύου για την καταγραφή όλης της εισερχόμενης και εξερχόμενης κίνησης δικτύου. Στη συνέχεια πραγματοποιείται μεταγενέστερη επεξεργασία για τον υπολογισμό των επιθυμητών KPI, επιτρέποντας την παρακολούθηση και τη βελτιστοποίηση της απόδοσης του δικτύου. Βασικοί δείκτες απόδοσης ενός δικτύου είναι οι εξής:

- **Καθυστέρηση διαδρομής πακέτου:** Μετρά τη χρονική καθυστέρηση κατά μήκος της διαδρομής από τον πομπό στον δέκτη.
- **Καθυστέρηση μεταξύ πακέτων:** Μετρά τη διαφορά μεταξύ της καθυστέρησης διαδρομής πακέτων δύο πακέτων.
- **Χρόνος διαδρομής:** Μετρά το χρονικό διάστημα που χρειάζεται ο κόμβος πηγής για να λάβει την επιβεβαίωση λήψης (ACK) από τον κόμβο προορισμού.
- **Bit rate:** Μετρά το ρυθμό των bit που μεταδίδονται ή λαμβάνονται σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.
- **Ρυθμός πακέτων:** Μετρά το ρυθμό των πακέτων που μεταδίδονται και λαμβάνονται σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.
- **Αξιοποίηση δικτύου:** Μετράει το ποσοστό της χωρητικότητας του δικτύου που χρησιμοποιείται για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.
- **Μέγεθος πακέτου:** Μετρά τον αριθμό των bytes που περιέχονται σε ένα πακέτο.
- **Ρυθμός απώλειας πακέτων:** Μετρά το ποσοστό των πακέτων που απέτυχαν να φτάσουν στον κόμβο προορισμού σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.

Ο KPI απόδοσης υπολογιστικών πόρων μετρά την απόδοση του υπολογιστικού υλικού και του λογισμικού, η οποία είναι ιδιαίτερα σημαντική για υποσυστήματα που απαιτούν εντατική χρήση λογισμικού, όπως το HMI. Οι κύριες λειτουργίες αυτών των υποσυστημάτων υλοποιούνται σε λογισμικό. Για παράδειγμα, το HMI είναι μια εφαρμογή λογισμικού που υποστηρίζεται από τη σουίτα λογισμικού **Rockwell FactoryTalk**. Οι εφαρμογές λογισμικού καταναλώνουν υπολογιστικούς πόρους για την εκτέλεσή τους, οπότε η διαθεσιμότητα των υπολογιστικών πόρων, όπως ο χρόνος του

επεξεργαστή, η μνήμη, η χρήση του δίσκου και η πρόσβαση στο δίκτυο, επηρεάζει άμεσα την απόδοση αυτών των εφαρμογών λογισμικού. Η έλλειψη υπολογιστικών πόρων μπορεί να οδηγήσει σε καθυστερήσεις στην εκτέλεση του λογισμικού HMI, η οποία με τη σειρά της καθυστερεί την εμφάνιση των πληροφοριών της παραγωγικής διαδικασίας. Αντίστοιχα εμφανίζονται οι εξής βασικοί δείκτες απόδοσης:

- **Χρήση CPU:** Μετρά το ποσοστό της κεντρικής μονάδας επεξεργασίας (CPU) που χρησιμοποιείται για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.
- **Αξιοποίηση μνήμης:** Μετράει το ποσοστό της μνήμης που χρησιμοποιείται για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.
- **Απόδοση δικτύου:** Μετρά το μέσο ποσοστό και την τυπική απόκλιση των πακέτων που μεταδίδονται και λαμβάνονται ανά εφαρμογή λογισμικού.

Οι αναφερόμενες ντετερμινιστικές βιομηχανικές εφαρμογές έχουν διαφορετικές απαιτήσεις επικοινωνίας. Παρουσιάζεται μια σύγκριση με επίκεντρο της σύγκρισης την:

- Ακρίβεια συγχρονισμού σε μικροδευτερόλεπτα [ $\mu$ s].
- Χωρική διάσταση (του δικτύου) σε μέτρα [m].
- Αριθμός επικοινωνούντων κόμβων.
- Ωφέλιμο φορτίο ανά κόμβο σε byte.
- Καθυστερήση από άκρο σε άκρο σε μικροδευτερόλεπτο [ $\mu$ s].
- Μεταβολή της καθυστέρησης από άκρο σε άκρο (jitter) σε νανοδευτερόλεπτο [ns].
- Χρόνος κύκλου σε χιλιοστά του δευτερολέπτου [ms].

Βιομηχανικές εφαρμογές	Κύκλος [ms]	Ακρίβεια συγχρονισμού [ $\mu$ s]	Αριθμός Κόμβων	Ωφέλιμο φορτίο/κόμβο [Byte]	Απόσταση [m]	Τοπολογία
Παρακολούθηση κατάστασης	100	1	1000	300	1000	Star – Tree
Αυτοματοποίηση διαδικασιών	10-100	1000	300	1500	100	Star – Tree
Εργαλειομηχανή	0,5	0,25	50	30	7	Line - Ring - Baum
Μηχανές συσκευασίας	1	1	100	50	5	Line - Ring - Baum
Μηχανές εκτύπωσης	4	0,25	200	50	25	Line - Ring - Baum

Πίνακας 1: Απαιτήσεις επικοινωνίας ντετερμινιστικών βιομηχανικών εφαρμογών

Προκλήσεις εμφανίζονται όμως και στις παραδοσιακές έννοιες ενός εργοστασίου, οι οποίες αφορούν το ανθρώπινο δυναμικό και σκέλη όπως το οργανωτικό και το οικονομικό. Για την επιτυχή εφαρμογή και την πρόοδο του έξυπνου εργοστασίου, οι βιομηχανίες απαιτείται να απασχολούν

εργατικό δυναμικό με ψηφιακή δεξιότητα - άτομα που κατανοούν και εργάζονται με τις διαδικασίες παραγωγής και τα ψηφιακά εργαλεία για την υποστήριξη, την ενίσχυση της παραγωγικότητας και την παράλειψη της κατανάλωσης χρόνου με την αποκατάσταση του ελλείμματος τεχνικών δεξιοτήτων. Η έλλειψη επαρκών προδιαγραφών έργου σε συνδυασμό με ανακριβείς διαδικασίες διαχείρισης αλλαγών αποτελούν σημαντική τροχοπέδη, καθώς η επιτυχία της έναρξης και της υλοποίησης του έξυπνου εργοστασίου εξαρτάται από τη σαφή οριοθέτηση των απαιτήσεων, τον καθορισμό του πεδίου εφαρμογής του έργου και την αναλυτική περιγραφή των διαδικασιών διαχείρισης των αλλαγών σε όλα τα διάφορα τμήματα της λειτουργίας του εργοστασίου. Η εκκίνηση ενός έξυπνου εργοστασίου και όλη η διαδικασία υλοποίησης περιλαμβάνει όλα τα τμήματα των λειτουργιών και της διαχείρισης μιας βιομηχανίας. Συνεπώς, η εφαρμογή μεγάλης κλίμακας είναι αναπόφευκτη και απαιτούνται εισροές από όλα τα διοικητικά συμβούλια ανώτερου επιπέδου για την επιτυχή εφαρμογή και το επιχειρηματικό σχέδιο στη συνέχεια. Με την αλλαγή που επηρεάζει κάθε τμήμα, ορισμένοι υπάλληλοι ανώτερου επιπέδου ενδέχεται να διστάζουν να παράσχουν επαρκείς εισροές για τον αποτελεσματικό μετασχηματισμό του έξυπνου εργοστασίου. Έπειτα, τα ενδιαφερόμενα μέρη του κλάδου και η διοίκηση ενδέχεται να έχουν προσωπικές απόψεις σχετικά με τις απαιτήσεις και τις προσδοκίες της εφαρμογής του έξυπνου εργοστασίου. Αν δεν υπάρχει εμπειρία, συχνά καθίσταται δύσκολο να εκτιμηθεί ο αντίκτυπος οποιουδήποτε έργου. Ομοίως, στην ασαφή κατανόηση και τις προοπτικές των ενδιαφερόμενων μερών και της διοίκησης, ο μη ρεαλιστικός προγραμματισμός των πόρων και η προσδοκία του να ολοκληρωθεί ένα έργο όπως αυτό ενός ψηφιακού μετασχηματισμού άμεσα μπορεί να αποτελέσει σημαντικά προβλήματα.

Η οργάνωση της εταιρείας, επομένως, διαδραματίζει σημαντικό ρόλο, ιδίως στα υψηλότερα επίπεδα ιεραρχίας. Η διοίκηση πρέπει να καθορίσει μια σαφή στρατηγική και σχέδιο για την ψηφιοποίηση και να επιδείξει κατανόηση της τεχνολογίας πληροφοριών και των διαδικασιών. Επιπλέον, πρέπει να βρεθούν οργανωτικά μοντέλα που να επιτρέπουν τη συνεργασία χωρίς ιεραρχικά όρια και να διασφαλίζουν την επικοινωνία μεταξύ όλων των συμμετεχόντων. Προκειμένου οι εργαζόμενοι να είναι προετοιμασμένοι για τα νέα καθήκοντα σε ένα έξυπνο εργοστάσιο, η διοίκηση πρέπει να προβεί σε ενεργή διαχείριση της αλλαγής. Συχνά όμως αυτό δεν χρησιμοποιείται, γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα να μειώνεται η αποδοχή των νέων τεχνολογιών από το εργατικό δυναμικό και η ικανοποίηση των εργαζομένων. Ως εκ τούτου, η διαχείριση της αλλαγής πρέπει να χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη των ικανοτήτων και την εξειδίκευση των εργαζομένων στις επιχειρήσεις. Οι νέες τεχνολογίες της Βιομηχανίας 4.0 αλλάζουν τις διαδικασίες εργασίας και τις απαιτήσεις για τη μαθητεία και τα επαγγελματικά προφίλ στην παραγωγή. Επί του παρόντος, πολλοί εργαζόμενοι δεν είναι σε θέση να χρησιμοποιήσουν τις νέες τεχνολογίες και να κατανοήσουν τις νέες διαδικασίες. Επομένως, η διαβίωση μάθηση, οι αλλαγές στην οργάνωση της εργασίας, η σύνθεση των ομάδων και η διαχείριση της γνώσης θα εξακολουθήσουν να διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στο μέλλον.



Εικόνα 3.9: Οικονομική αβεβαιότητα [<https://www.mmindia.co.in/article/480/leveraging-industry-4-0-through-smart-finance>]

Εκτός όμως από τους τεχνικούς και οργανωτικούς κινδύνους, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και οι οικονομικοί κίνδυνοι. Το πρώτο εμπόδιο είναι η έλλειψη προθυμίας για επενδύσεις. Το μεγαλύτερο πρόβλημα είναι η έλλειψη διαφάνειας της οικονομικής προστιθέμενης αξίας. Ήδη οι βιομηχανίες μηχανολογίας και εγκαταστάσεων πρέπει να εξετάσουν ποιες απαιτήσεις θα πρέπει να πληρούν τα προϊόντα τους στο μέλλον. Μπορεί να διαπιστωθεί ότι οι επιχειρήσεις έχουν από καιρό αναγνωρίσει και αντιληφθεί τη σημασία των επενδύσεων στη Βιομηχανία 4.0 σε όλους τους τομείς. Οι εταιρείες πρέπει να διαθέσουν τα απαραίτητα κεφάλαια για επενδύσεις και πόρους ώστε να μπορέσει να υλοποιηθεί ένα έξυπνο εργοστάσιο. Μελέτες δείχνουν ετήσιες επενδύσεις ύψους 40 δισεκατομμυρίων ευρώ σε εφαρμογές της Βιομηχανίας 4.0 στη Γερμανία. Ένας άλλος κίνδυνος είναι η απώλεια θέσεων εργασίας σε ένα έξυπνο εργοστάσιο. Οι απλές εργασίες παραγωγής αντικαθίστανται από την ψηφιοποίηση. Ωστόσο, ο στόχος της εισαγωγής ενός έξυπνου εργοστασίου θα πρέπει να είναι η αύξηση της αυτοματοποίησης και η μείωση του κόστους και όχι η μείωση του αριθμού των θέσεων εργασίας.

Η εισαγωγή ενός έξυπνου εργοστασίου απαιτεί την ευέλικτη ανάπτυξη του προσωπικού. Υπάρχουν ήδη έντονες διακυμάνσεις στη ζήτηση προσωπικού. Στο μέλλον, οι διακυμάνσεις αυτές προβλέπονται ακόμη μεγαλύτερες. Οι απαιτήσεις από τον εργαζόμενο στην παραγωγή όσον αφορά τα προσόντα αλλάζουν επίσης. Τα ακαδημαϊκά επαγγέλματα, όπως τα μαθηματικά, η επιστήμη των υπολογιστών, οι φυσικές επιστήμες και η τεχνολογία, πρέπει να προωθηθούν περαιτέρω προκειμένου να καλυφθεί η υψηλή ζήτηση στην οικονομία, καθώς και τα επαγγέλματα της μηχανικής και της τεχνολογίας αυτοματισμού. Οι εκπαιδευτές πρέπει να αυξήσουν τις δεξιότητες των εκπαιδευομένων στους τομείς των τεχνολογιών της Βιομηχανίας 4.0. Η εσωτερική κατάρτιση και η μετεκπαίδευση διασφαλίζουν ότι οι εργαζόμενοι στην παραγωγή βρίσκονται στην αιχμή της τεχνολογίας. Η εισαγωγή του έξυπνου εργοστασίου ενθαρρύνει τους εργαζόμενους να αυτοοργανωθούν και έτσι να αναλάβουν μεγαλύτερη προσωπική ευθύνη. Κατά συνέπεια, η απώλεια ορισμένων επιχειρηματικών τομέων μπορεί να χαρακτηριστεί ως οικονομικός κίνδυνος. Οι νέοι παίκτες της αγοράς εκτοπίζουν τους καθιερωμένους κατασκευαστές, όπως τα βιβλιοπωλεία και οι εκδοτικοί οίκοι. Οι λεγόμενες νεοφυείς

## Διαδίκτυο των Αντικειμένων στα έξυπνα εργοστάσια

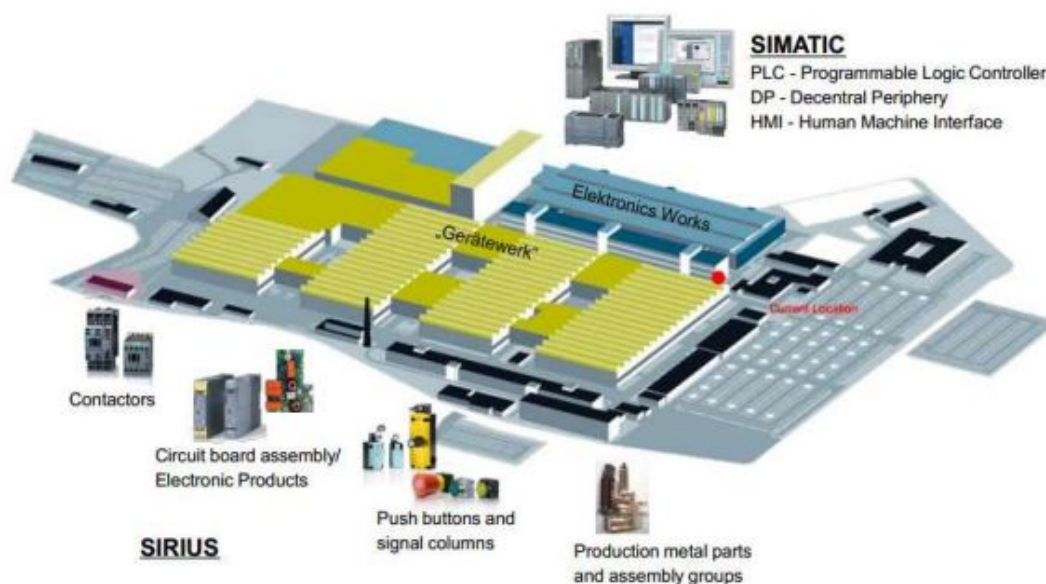
επιχειρήσεις ανοίγουν νέους δρόμους για τους κατασκευαστές. Επιπλέον, η έλλειψη υποστήριξης για την έρευνα αποτελεί σημαντικό εμπόδιο. Οι οικονομικοί κίνδυνοι που εντοπίστηκαν δείχνουν ότι χωρίς την εξέταση των ζητημάτων δεν μπορεί να προκύψει ανταγωνιστικό και δικτυωμένο περιβάλλον παραγωγής.

## Κεφάλαιο 4: Σύγχρονες Υλοποιήσεις.

### 4.1: Siemens Electronic Works Amberg (EWA).

#### 4.1.1: Λειτουργία και εξέλιξη του EWA.

Σε αυτό το σημείο, θα εξεταστούν 2 εταιρίες που χαρακτηριστικά παραδείγματα της νέας εποχής των έξυπνων εργοστασίων. Πρώτο και πλέον χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η **Siemens** και πιο συγκεκριμένα το έργο της στο Amberg της Γερμανίας. Το **Siemens Electronic Works Amberg (EWA)** είναι ένα προηγμένο παράδειγμα της πλατφόρμας Digital Enterprise Platform της Siemens, όπου τα προϊόντα ελέγχουν τα ίδια τις διαδικασίες παραγωγής τους. Το εργοστάσιο παράγει συστήματα αυτοματισμού και, πριν από την εφαρμογή των τεχνολογιών Industry 4.0, βασιζόταν σε μια παραδοσιακή διαδικασία γραμμής συναρμολόγησης. Οι εργαζόμενοι συναρμολογούσαν χειροκίνητα τα προϊόντα, κάτι που ήταν χρονοβόρο και επιρρεπές σε λάθη. Με την εφαρμογή των νέων τεχνολογιών, η Siemens μπόρεσε να αυτοματοποιήσει πολλές από τις διαδικασίες στο εργοστάσιο. Οι κωδικοί των προϊόντων πλέον λένε στις μηχανές παραγωγής ποιες απαιτήσεις έχουν και ποια βήματα παραγωγής ακολουθούν. Αυτό το σύστημα έξυπνων προϊόντων σηματοδοτεί το πρώτο βήμα προς την υλοποίηση του Industry 4.0. Σύμφωνα με τη Siemens (2015), η παραγωγή στο EWA είναι μια custom, built-to-order διαδικασία, η οποία περιλαμβάνει περισσότερα από 2 δισεκατομμύρια εξαρτήματα για πάνω από 50.000 ετήσιες παραλλαγές προϊόντων. Η Siemens προμηθεύεται περίπου 10.000 υλικά από 250 προμηθευτές για την κατασκευή περισσότερων από 1.000 διαφορετικών προϊόντων στην EWA.



Εικόνα 4.1: Χώρος και παραγόμενα προϊόντα [Αναφορά νο. 52]

Στην παραπάνω εικόνα απεικονίζονται τα διάφορα προϊόντα που παράγονται στο Amberg. Τα ανοιχτοπράσινα τμήματα του χώρου είναι εργαστήρια εξοπλισμού όπου γίνεται η παραγωγή διαφόρων εξαρτημάτων και οι δραστηριότητες συναρμολόγησης. Το μπλε τμήμα είναι το διάσημο τμήμα ηλεκτρονικών του εργοταξίου, όπου οι πλακέτες κυκλωμάτων μετατρέπονται σε προϊόντα SIMATIC.



SIMATIC είναι το όνομα ενός συστήματος αυτοματισμού που αναπτύχθηκε από τη γερμανική εταιρεία Siemens. Το σύστημα αυτοματισμού ελέγχει τις μηχανές που χρησιμοποιούνται για τη βιομηχανική παραγωγή. Το σύστημα αυτό καθιστά δυνατή την αυτόματη λειτουργία των μηχανών. Ανάλογα με την απαιτούμενη λειτουργία του μηχανήματος πρέπει να φορτωθεί το κατάλληλο πρόγραμμα στη μονάδα SIMATIC. Η μονάδα αυτή φυλάσσεται σε ένα ερμάριο ελέγχου κοντά στο μηχάνημα. Όπως και με άλλους προγραμματιζόμενους λογικούς ελεγκτές, οι συσκευές SIMATIC προορίζονται να διαχωρίζουν τον έλεγχο μιας μηχανής από την άμεση λειτουργία της μηχανής, με πιο ελαφρύ και ευέλικτο τρόπο από ό,τι οι μηχανισμοί ελέγχου που είναι προγραμματισμένοι για μια συγκεκριμένη μηχανή.

Σύμφωνα με το Journal Industry της Siemens (2014), παρόλο που σημαντικό μέρος της παραγωγής στην EWA διεκπεραιώνεται από μηχανές και ρομπότ, οι εργαζόμενοι είναι υπεύθυνοι για την ομαλή λειτουργία του εργοστασίου. Η Siemens προβλέπει αύξηση της αυτοματοποίησης τα επόμενα χρόνια, αλλά πιστεύει ότι η εξαιρετικά αυτοματοποιημένη μονάδα παραγωγής δεν θα μπορέσει ποτέ να λειτουργήσει εξ ολοκλήρου χωρίς ανθρώπους, όπως εξηγεί ο **Karl-Heinz Büttner**, διευθυντής εργοστασίου της EWA και αντιπρόεδρος παραγωγής της Siemens: *"Οι άνθρωποι θα εξακολουθήσουν να είναι αναντικατάστατοι για την ανάπτυξη καινοτόμων προϊόντων, τον προγραμματισμό της παραγωγής και τον χειρισμό απροσδόκητων περιστατικών κατά την καθημερινή λειτουργία"*.

Από την άλλη πλευρά, δεν είναι μόνο οι άνθρωποι που είναι απαραίτητοι. Η ποιότητα και η αποδοτικότητα στην Amberg είναι αποτέλεσμα της αξιοποίησης των μηχανημάτων υψηλής τεχνολογίας. Σύμφωνα με τον **Helmuth Ludwig**, Διευθύνοντα Σύμβουλο της Siemens Industry Sector North America (2013), *"το μέλλον της έξυπνης παραγωγής είναι τώρα"*. Πιστεύει ότι, παλαιότερα, διαφορετικά τμήματα της βιομηχανικής αλυσίδας αξίας υλοποιούνταν ξεχωριστά, συμπεριλαμβανομένου του σχεδιασμού προϊόντων, του σχεδιασμού και της μηχανικής παραγωγής, της εκτέλεσης της παραγωγής και των υπηρεσιών. Όμως σήμερα, αυτοί οι κόσμοι είναι που φέρνουν σε επαφή οι νέες τεχνολογίες. Ο ίδιος εξηγεί ότι ο λόγος για τον οποίο το εργοστάσιο της Amberg ευδοκμεί είναι η ενσωμάτωση τριών συγκεκριμένων κρίσιμων τεχνολογιών παραγωγής: διαχείριση του κύκλου ζωής του προϊόντος (PLM), βιομηχανικός αυτοματισμός και συστήματα εκτέλεσης παραγωγής (MES).

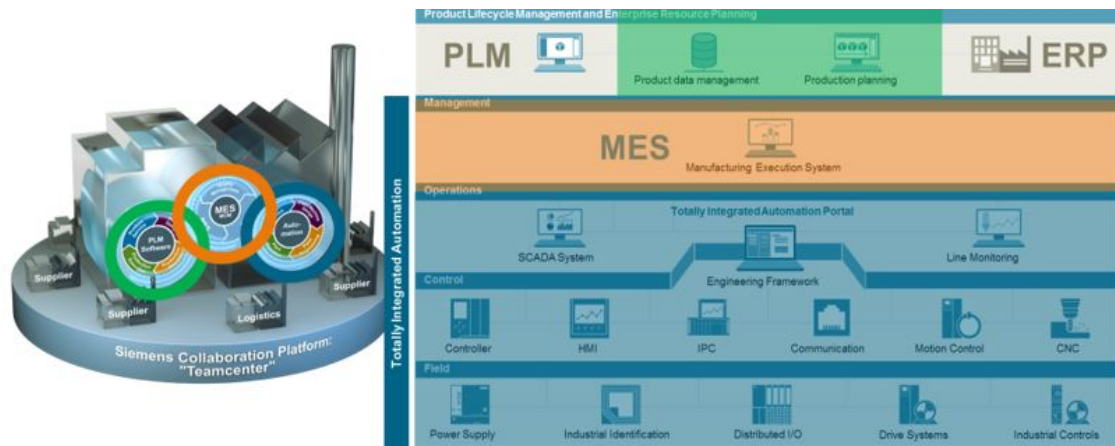
- **Διαχείριση κύκλου ζωής προϊόντος (PLM):**

Ο ορισμός της Siemens για το PLM είναι *"ένα σύστημα διαχείρισης πληροφοριών που μπορεί να ενσωματώσει τις διαδικασίες δεδομένων, τα επιχειρηματικά συστήματα και τελικά τους ανθρώπους σε μια εκτεταμένη επιχείρηση"*. Η Siemens χρησιμοποιεί το λογισμικό PLM για την αποτελεσματική διαχείριση των πληροφοριών κατά τη διάρκεια ολόκληρου του κύκλου ζωής ενός προϊόντος, από την ιδέα μέχρι το σχεδιασμό και την κατασκευή και, τέλος, την εξυπηρέτηση και τη διάθεση. Η Siemens πιστεύει ότι το λογισμικό PLM επιτρέπει στις εταιρείες να υλοποιήσουν την καινοτομία, με το χαρτοφυλάκιο προϊόντων λογισμικού PLM της να περιλαμβάνει: Teamcenter, Active Integration, NX, Solid Edge, Fibersim, Syncrofit, Seat Design Environment (SDE), Femap, LMS, Quality Planning Environment (QPE), Tecnomatix14 και PLM Components. Στην EWA, πριν από την αγορά του

λογισμικού PLM της Tecnomatix, αντιμετώπιζαν ορισμένες προκλήσεις, όπως προϊόντα σε μεγάλες ποσότητες και παραλλαγές ανάλογα με τον πελάτη, αύξηση του κόστους και του χρόνου διάθεσης στην αγορά, καθώς και γραμμές παραγωγής σε όλο τον κόσμο. Ο **Peter Engelhardt**, υπεύθυνος σχεδιασμού παραγωγής στην Amberg, εξηγεί ότι ως κορυφαίο εργοστάσιο, η Amberg αντιμετώπιζε προβλήματα με το να δώσει στους υπεύθυνους σχεδιασμού παραγωγής έναν πιο συστηματοποιημένο τρόπο εργασίας. Το εργοστάσιο του Amberg είχε ως στόχο να μειώσει σημαντικά την προσπάθεια που απαιτείται για τον κατασκευαστικό σχεδιασμό των παραλλαγών προϊόντων, παράλληλα με την αύξηση του φόρτου εργασίας με μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα. Επιπλέον, ήταν πρόθυμοι να βελτιώσουν την ποιότητα των επιμέρους αναφορών έργων, προκειμένου να διευκολύνουν τις αποφάσεις της διοίκησης και να απλοποιήσουν την κατανόηση των αλλαγών στη διαδικασία παραγωγής. Για την επίτευξη αυτών των στόχων, αγοράστηκε η λύση ψηφιακής παραγωγής Tecnomatix της Siemens PLM Software, η οποία εκπλήρωσε αυτούς τους στόχους με μια βήμα προς βήμα προσέγγιση σχεδόν κατά 100 τοις εκατό. Το Tecnomatix προσέφερε δυνατότητες σχεδιασμού συναρμολόγησης και επικύρωσης, οι οποίες επέτρεψαν την αξιολόγηση των μεθόδων παραγωγής, τον υπολογισμό του κόστους παραγωγής, τον προγραμματισμό των πόρων και την εξέταση της χρήσης των πόρων.

- **Βιομηχανικός Αυτοματισμός:**

Σύμφωνα με την ιστοσελίδα της Siemens, στη Siemens, ο βιομηχανικός αυτοματισμός ονομάζεται Totally Integrated Automation (TIA). Είναι ένα όνομα που δίνεται στην αποτελεσματική αλληλεπίδραση μεταξύ όλων των στοιχείων αυτοματισμού. Ο TIA είναι η απάντηση της Siemens στο απαιτούμενο υψηλό επίπεδο απόδοσης στο στάδιο της μηχανικής, καθώς το πρώτο βήμα πλησιάζει γρηγορότερα, η παραγωγή γίνεται πιο ευέλικτη και πιο έξυπνη. Το TIA είναι μια πύλη που προσφέρει ένα ολοκληρωμένο μηχανικό πλαίσιο και την καλύτερη δυνατή υποστήριξη για τη βελτιστοποίηση όλων των ακολουθιών εγκαταστάσεων, μηχανών και διεργασιών. Η πύλη TIA παρέχει μια τυποποιημένη και αξιόπιστη έννοια λειτουργίας. Ενσωματώνει ελεγκτές, καταναμημένες εισόδους/εξόδους, διεπαφές ανθρώπου-μηχανής (HMI), τροφοδοσία ρεύματος, κινητήρες, στοιχεία δικτύου, έλεγχο κίνησης και διαχείριση κινητήρων σε ένα ενιαίο περιβάλλον μηχανικής- ως εκ τούτου, καλύπτει ολόκληρη τη διαδικασία παραγωγής. Το TIA βασίζεται στη συνεχή παρουσία συνεπούς διαχείρισης δεδομένων, παγκόσμιων προτύπων και ομοιόμορφων διεπαφών υλικού και λογισμικού. Αυτά τα χαρακτηριστικά έχουν ως αποτέλεσμα την ελαχιστοποίηση του χρόνου σχεδιασμού, γεγονός που οδηγεί σε χαμηλότερο κόστος, μειωμένο χρόνο διάθεσης στην αγορά και μεγαλύτερη ευελιξία.



Εικόνα 4.2: MES, ο συνδετικός κρίκος μεταξύ PLM και αυτοματισμού [<https://blogs.sw.siemens.com/thought-leadership/2016/06/21/how-siemens-plm-is-prepared-to-help-customers-digital-transformation/>]

- **Συστήματα εκτέλεσης παραγωγής (MES):**

Το MES είναι ο σύνδεσμος μεταξύ των επιπέδων παραγωγής και διοίκησης, ο οποίος παρέχει μεγαλύτερη διαφάνεια σε όλο το εργοστάσιο. Με άλλα λόγια, το MES είναι το βασικό στοιχείο που συνδέει το PLM με τον αυτοματισμό (Εικόνα 4.2) και παρέχει στους κατασκευαστές ένα επίπεδο βιομηχανικού λογισμικού σε πραγματικό χρόνο. Το MES της Siemens αποτελεί μέρος του συστήματος διαχείρισης των λειτουργιών παραγωγής (**Manufacturing Operations Management - MOM**). Το MOM είναι μια ολοκληρωμένη προσέγγιση για τη βελτίωση της απόδοσης των κατασκευαστικών λειτουργιών και τυποποιεί και βελτιστοποιεί τις κατασκευαστικές διαδικασίες για την ελαχιστοποίηση των χρόνων παράδοσης, τη βελτιστοποίηση της χρήσης των περιουσιακών στοιχείων, τη μείωση του παγκόσμιου χρόνου διάθεσης στην αγορά, και την αύξηση της ορατότητας της παραγωγής. Το σύστημα εκτέλεσης διαχείρισης στη Siemens ονομάζεται SIMATIC IT Production Suite. Το SIMATIC IT στο εργοστάσιο Amberg προσφέρει τα ενιαία συστατικά του που επιτρέπουν στις διαδικασίες παραγωγής και τις λειτουργικές διαδικασίες να συγχρονίζονται και να συντονίζονται ανάλογα.

Μαζί, το PLM, το TIA και το MES δημιουργούν μια ισχυρή σουίτα λογισμικού για το εργοστάσιο Amberg, η οποία συνδέει όλα τα επίπεδα (πεδίου, ελέγχου και επίπεδο χειριστών) μέχρι το επίπεδο διαχείρισης και τέλος το επίπεδο της ίδιας της επιχείρησης. Το εργοστάσιο χρησιμοποιεί τα πιο σύγχρονα εργαλεία όπως το Tecnomatix και τα προγράμματα PLM για την ανάπτυξη της παραγωγής. Επίσης, για τις διαδικασίες παραγωγής χρησιμοποιούνται λογισμικό MES, Simatic IT, μεγάλος αριθμός ελεγκτών Simatic και συστήματα RFID. Τα προϊόντα αυτά συνδέονται μέσω διεπαφών με συστήματα προγραμματισμού επιχειρησιακών πόρων (ERP).

#### 4.1.2: Το διαδίκτυο των αντικειμένων στο EWA.

Ο **Anders Gustafsson**, διευθύνων σύμβουλος της Zebra Technologies, αποκαλεί το διαδίκτυο των πραγμάτων "*μια εκθετική έκρηξη συνδεδεμένων συσκευών*". Λέει ότι το IoT δίνει μια "*ψηφιακή ή εικονική φωνή*" σε όλα τα φυσικά πράγματα. Στη συνέχεια, αυτή η ψηφιακή φωνή τους δίνει τη δυνατότητα να επικοινωνούν κάτι για τον εαυτό τους, τι είναι, την κατάσταση τους, πού βρίσκονται και πολλά άλλα. Όπως εξηγείται στην έκθεση της Gartner, μέσα στις εγκαταστάσεις της Amberg, υπάρχουν HMIs με οθόνη αφής που επιτρέπουν στους χρήστες να μεταβούν από τις τάσεις απόδοσης με βάση το χρόνο σε μεμονωμένες σειρές προϊόντων και διάφορα επίπεδα. Αυτό επιτρέπει τη διαδικασία παρακολούθησης των επιδόσεων και τη σε βάθος ανάλυση των βαθύτερων αιτιών σε πάνω από 400 σημεία αυτοματοποιημένης συλλογής δεδομένων (Hessman, 2013).

Με βάση τα δελτία τύπου της Siemens, λόγω της κατασκευής μεγάλου αριθμού διαφορετικών προϊόντων στο εργοστάσιο Amberg, η εγκατάσταση πρέπει να λειτουργεί με τη μέγιστη δυνατή απόδοση για να παραμείνει ανταγωνιστική. Με την πάροδο του χρόνου, έχει γίνει πιο δύσκολο να οργανωθούν οι ακολουθίες παραγωγής με τρόπο που να είναι δυνατή μια οικονομική παραγωγή. Οι μηχανικοί της EWA βρήκαν τη λύση σε μια ροή διεργασιών που προσαρμόζεται πλήρως ανάλογα με την παραλλαγή του προϊόντος χρησιμοποιώντας τεχνολογίες IoT.

Στο Amberg κάθε προϊόν θεωρείται μοναδικό δείγμα και δεν αντιμετωπίζεται ως προϊόν μαζικής παραγωγής. Αυτή η προσέγγιση κατέστη δυνατή με μια ευέλικτη παραγωγή, όπου κάθε σταθμός εργασίας και κάθε μηχανή είναι σε θέση να επεξεργάζεται πολλά διαφορετικά προϊόντα.

Στο EWA, η διαδικασία αυτή ξεκινά με ευέλικτες μηχανές τοποθέτησης για την κατασκευή τυπωμένων κυκλωμάτων και καταλήγει σε σταθμούς εργασίας συσκευασίας, όπου εμφανίζονται στην οθόνη τα αντιστοιχισμένα εξαρτήματα για κάθε προϊόν, ενώ ελέγχεται η απομάκρυνσή τους από τους κάδους αποθήκευσης. Αφού ανέλυσαν τις διαδικασίες παραγωγής, οι υπεύθυνοι της Amberg επέλεξαν την τεχνολογία RFID και τα **Barcodes** ως πιθανές τεχνολογίες για την επιχείρησή τους. Μετά τη σύγκριση των δύο τεχνολογιών, τα αποτελέσματα απέδειξαν ότι η τεχνολογία RFID αποτελεί τη βέλτιστη επιλογή, καθώς προσφέρει μία πληθώρα πλεονεκτημάτων, όπως:

- I. **Αυξημένη ποιότητα:** Οι ημερομηνίες κατασκευής ενημερώνονται συνεχώς στον αναμεταδότη RFID, οι αναμεταδότες RFID ενημερώνονται με πληροφορίες από τα τρέχοντα αποτελέσματα QA, τα ελαττωματικά εξαρτήματα διαχωρίζονται αυτόματα με το σφάλμα να εξαλείφεται άμεσα και τα εξαρτήματα επιστρέφονται στη διαδικασία συναρμολόγησης μετά τη διόρθωση.
- II. **Αυξημένη ταχύτητα:** Αυξημένη ταχύτητα απόδοσης λόγω του "Data on tag" που οδηγεί σε γρήγορη μεταφορά δεδομένων, παράλληλα όμως και μείωση του χρόνου ρύθμισης, καθώς λόγω του "Data on tag" (εγγραφή δεδομένων παραγωγής στους αναμεταδότες), το σύστημα ελέγχου παραγωγής ενεργοποιείται άμεσα.

III. **Μείωση της χρήσης της τεχνολογίας της πληροφορικής:** Διαχείριση χωρίς την εφαρμογή βάσης δεδομένων με τη χρήση των "Data on tag", ενώ οι εργαζόμενοι επικεντρώνονται στην διαθεσιμότητα του συστήματος, την έγκαιρη διόρθωση σφαλμάτων και τη διασφάλιση της ποιότητας.

Στις εγκαταστάσεις του Amberg, οι μηχανικοί χρησιμοποίησαν τεχνολογίες IoT για να εφαρμόσουν μια αυτοοργανωμένη παραγωγή, η οποία ιεραρχεί και εισάγει τις εργασίες στο δίκτυο παραγωγής. Η παραγωγή χρησιμοποιεί ειδικούς φορείς τεμαχίων εργασίας, οι οποίοι είναι καλά εξοπλισμένοι με αναμεταδότες RFID τύπου SIMATIC RF300. Αυτό που προσφέρει αυτό το σύστημα είναι ότι επιτρέπει την αξιοσημείωτα γρήγορη ανάκτηση δεδομένων και, ως εκ τούτου, το τεμάχιο εργασίας δεν χρειάζεται να σταματήσει στον αναγνώστη. Οι αναμεταδότες περιέχουν το σχέδιο κατασκευής, το οποίο επιτρέπει στους αυτόματους ελεγκτές να εκτελούν ένα ατομικό πρόγραμμα δοκιμής για κάθε συσκευή. Στη συνέχεια, τα αποτελέσματα και άλλα σχετικά δεδομένα αποθηκεύονται στο τσιπ RFID ή μεταφέρονται στα συστήματα ελέγχου μέσω του δικτύου PROFINET, που πρόκειται για ένα ανοικτό πρότυπο για βιομηχανικά δίκτυα Ethernet και χρησιμοποιείται για τον αυτοματισμό διαδικασιών, έως τον έλεγχο κίνησης, καθώς και σε λύσεις λειτουργικής ασφάλειας.



Εικόνα 4.3: SIMATIC RF300, σύστημα RFID της Siemens  
[<https://mall.industry.siemens.com/mall/fr/WW/Catalog/Products/10023732>]

Συνήθως, καθώς αυξάνεται ο αριθμός των παραλλαγών στη ροή παραγωγής, η χρησιμοποίηση των μηχανών μειώνεται. Το εργοστάσιο Amberg ξεπέρασε αυτό το εμπόδιο αντικαθιστώντας τις μηχανές που εμπλέκονται στη λήψη αποφάσεων για τα στάδια παραγωγής με εκπαιδευμένους, επιδέξιους εργάτες εξοπλισμένους με την ηλεκτρονική τεχνολογία RFID. Μέσω του τσιπ RFID, οι εργάτες λαμβάνουν ακριβείς οδηγίες στις οθόνες αφής σχετικά με το τι πρέπει να κάνουν με συγκεκριμένο τεμάχιο. Η λύση είναι ότι κάθε φορέας τεμαχίου εργασίας των συγκροτημάτων είναι

εξοπλισμένος με έναν παθητικό αναμεταδότη που κατασκευάζεται από τη Siemens. Αυτός ο αναμεταδότης έχει χωρητικότητα 8 Kbyte και μπορεί να εγγράφεται και να διαβάζεται απεριόριστα. Μετά την επιλογή μιας εκκρεμούς παραγγελίας παραγωγής, η αντίστοιχη εγγραφή δεδομένων εγγράφεται αυτόματα στον αναμεταδότη. Τα δεδομένα περιλαμβάνουν την αναγνώριση της παραγωγής, καθώς και το ακριβές χρονοδιάγραμμα και το σχέδιο εργασίας για το συγκεκριμένο προϊόν. Στη συνέχεια, η εγγραφή διαβάζεται και αξιολογείται στις επιμέρους μονάδες επεξεργασίας. Ο αναγνώστης συνδέεται με τους ελεγκτές μονάδων μέσω της οικογένειας προϊόντων SIMATIC RF200. Μετά την αξιολόγηση, τα απαραίτητα βήματα εργασίας ξεκινούν αυτόματα και όταν το βήμα της παραγωγής ολοκληρωθεί, τα δεδομένα παραγωγής και ποιότητας μπορούν να προστεθούν στον αναμεταδότη. Επομένως, στη γραμμή παραγωγής στο εργοστάσιο της Amberg, τα εξαρτήματα δεν χρειάζεται να μετακινούνται πάντα διαδοχικά μέσα στη γραμμή, αλλά μπορούν να μεταφέρονται πίσω σε προγενέστρους σταθμούς.

Ο συνδυασμός της ροής υλικών και των χειροκίνητων σταθμών επεξεργασίας οδήγησε το εργοστάσιο σε μια αποτελεσματική, ελεγχόμενη από τη χρήση και ταυτόχρονα εξαιρετικά ευέλικτη γραμμή παραγωγής. Αυτό που κάνει την EWA ένα ιδιαίτερο εργοστάσιο είναι ότι έχει επιτύχει υψηλότερη αποδοτικότητα και χρησιμοποίηση, ενώ έχει επεκτείνει το σχέδιο παραγωγής.

## 4.2: Volvo Car Gent.

### 4.2.1: Λειτουργία και εξέλιξη του εργοστασίου Volvo Car Gent.

Η **AB Volvo** (Aktiebolaget Volvo) είναι μια από τις μεγαλύτερες εταιρείες κατασκευής φορτηγών, λεωφορείων, βαρέων οχημάτων και βιομηχανικών μηχανημάτων. Η εταιρεία ιδρύθηκε στις 10 Αυγούστου 1926 στο Γκέτεμποργκ της Σουηδίας, μετά την απόσχιση τμήματος της εταιρείας κατασκευής ρουλεμάν και ανταλλακτικών SKF (Svenska Kullagerfabriken AB), με την παραγωγή οχημάτων να ξεκινάει στις 14 Απριλίου 1927. Σήμερα η **Volvo Cars**, δηλαδή ο κλάδος των επιβατικών αυτοκινήτων, έχει πουληθεί από την Ford Motor Company κινεζική αυτοκινητοβιομηχανία Geely από το 2010. Ένα από τα μεγαλύτερα εργοστάσια συναρμολόγησης στο χαρτοφυλάκιο της Volvo Cars Corporation (VCC) είναι το εργοστάσιο της Γάνδης (Gent). Συναρμολογεί περισσότερα από 35.000 οχήματα ετησίως. Επιπλέον, στη Γάνδη βρίσκεται το μεγαλύτερο παγκοσμίως κέντρο διανομής ανταλλακτικών της VCC για φορτηγά, λεωφορεία, μηχανήματα έργων, καθώς και για ναυτικούς και βιομηχανικούς κινητήρες, με την εγκατάσταση διαχειρίζεται πάνω από 6,8 εκατομμύρια παραγγελίες ετησίως.



Εικόνα 4.4: Το εργοστάσιο της Volvo στη Γάνδη [<https://www.media.volvocars.com/global/en-gb/media/photos/7340>]

Ο **Alec Paepens**, Διευθυντής Δικτύου της Volvo Ghent, σε συνέντευξή του στο iMinds, μίλησε για τη σταθερή ασύρματη επικοινωνία και την εγκατάσταση εφαρμογών IoT στο εργοστάσιο της Γάνδης. Ανέφερε ότι το εργοστάσιο χρησιμοποιεί την τεχνολογία για την άμεση αίτηση αναπλήρωσης εξαρτημάτων στη γραμμή παραγωγής. Επίσης, η Γάνδη διαθέτει έναν μεγάλο στόλο αυτοματοποιημένων καθοδηγούμενων οχημάτων (AGV) που κινούνται στις εγκαταστάσεις με σασί τα



οποία είναι εξοπλισμένα με ασύρματους ανιχνευτές και αισθητήρες, ενώ είναι ταυτόχρονα πλήρως συνδεδεμένα με κεραίες.

Στο εργοστάσιο μετά τη διακοπή χρήσης του ξεπερασμένου συστήματος αναγνώρισης στη βιομηχανία φινιρίσματος, η προσοχή των προϊσταμένων επικεντρώθηκε σε ολόκληρη την αλυσίδα παραγωγής από το στάδιο του αμαξοστασίου έως το στάδιο της τελικής συναρμολόγησης. Ο κύριος στόχος της Γάνδης ήταν η εισαγωγή μιας καθολικά εφαρμόσιμης τεχνολογίας αναγνώρισης. Από το 2006 έως το 2008, αποφάσισε να αναθεωρήσει πλήρως την προσέγγισή της. Ο Yvan Jacquet, Project Manager στη Volvo Car Gent, αναφέρει πως *“για να επιτευχθεί αυτό, προϋπόθεση αποτέλεσε η ύπαρξη εκτεταμένης προηγούμενης εμπειρίας, ενώ έπρεπε να χτιστούν και οι γνώσεις από την αρχή. Χρειάστηκαν 6 χρόνια μέχρι να επιτευχθεί η ανάπτυξη μίας ολοκληρωμένης λύσης. Κατά τη διάρκεια αυτών των ετών δοκιμάστηκαν 80 πρωτότυπα και πάνω από 50.000 ετικέτες κατά τη διαδικασία. Αναπτύχθηκε η ετικέτα και ο αναγνώστης, αλλά έπρεπε να ξεπεραστούν οι παρεμβολές και οι αντανάκλασεις που προκαλούνται από το μέταλλο”*

Ως εκ τούτου, αντί για 2D-barcodes, η VCC αποφάσισε να επιλέξει την παθητική τεχνολογία **UHF-RFID** (Ultra High Frequency-Radio Frequency Identification). Η νέα τεχνολογία είχε σημαντικά πλεονεκτήματα λόγω της εμβέλειάς της και της ευελιξίας επέκτασης της χρήσης και σε άλλες εφαρμογές. Η συσκευή ανάγνωσης UHF επιτρέπει τη χρήση εφαρμογών και λειτουργιών ενδιάμεσου λογισμικού κατά πελάτη ακριβώς επιτόπου στη μονάδα ανάγνωσης. Στη Γάνδη, και οι τρεις συσκευές (ανάγνωσης, ο υπολογιστής και η κεραία) βρίσκονται σε ένα ενιαίο περίβλημα. Αυτό κάνει την εγκατάσταση πολύ πιο εύκολη και προστατεύει την κεραία από τις δύσκολες συνθήκες λειτουργίας, όπως η υγρασία, οι υψηλές θερμοκρασίες και οι ιπτάμενοι σπινθήρες. Σήμερα, το εργοστάσιο της Γάνδης χρησιμοποιεί μόνο μία παθητική ετικέτα αναμεταδότη UHF από το πρώτο στάδιο της γραμμής επεξεργασίας. Αυτή η ετικέτα είναι μια ετικέτα απόρριψης η οποία παραμένει ανέπαφη στο αυτοκίνητο από τα στάδια της συγκόλλησης και του βαφείου μέχρι την τελική συναρμολόγηση και εξακολουθεί να χρησιμοποιείται όταν το αυτοκίνητο φεύγει από το εργοστάσιο.

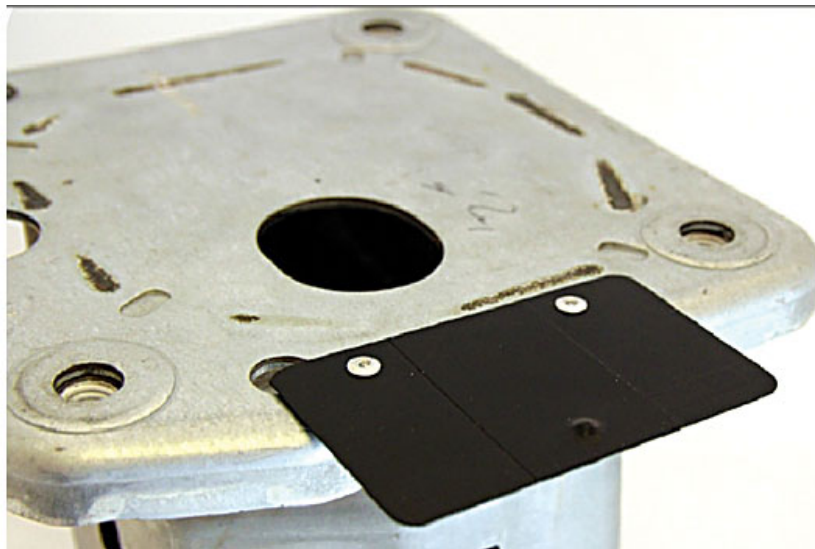
Η δυνατότητα ελέγχου ενός εργοστασίου εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την αλληλεπίδραση μεταξύ του συστήματος προγραμματισμού επιχειρησιακών πόρων και του εργοστασίου, καθώς και από τη δυνατότητα οποιουδήποτε εξουσιοδοτημένου χρήστη να ελέγχει την κατάσταση των παραγγελιών-πωλήσεων στο εργοστάσιο. Τα επιχειρησιακά και τα εργοστασιακά συστήματα θα πρέπει να συνδυάζονται για να συντομεύσουν τη διαδικασία λήψης αποφάσεων, να βελτιώσουν την παραγωγικότητα του εργοστασίου καθώς και να εξαλείψουν την ανθρώπινη παρέμβαση για να αυξήσουν την ακρίβεια και την ταχύτητα διαθεσιμότητας των δεδομένων. Συνεπώς, όπως έχει προαναφερθεί, μια αυτοκινητοβιομηχανία όπως η Volvo πρέπει να προσαρμοστεί στις διαφοροποιημένες απαιτήσεις των καταναλωτών, αυξάνοντας ταυτόχρονα τον όγκο παραγωγής και μειώνοντας το κόστος. Το γεγονός ότι πολλοί πελάτες παραγγέλνουν ποικίλες επιλογές κατά την αγορά των αυτοκινήτων τους, καθιστά πολλά αυτοκίνητα μοναδικά στη γραμμή παραγωγής.



#### 4.2.2: Το διαδίκτυο των αντικειμένων στο εργοστάσιο Volvo Car Gent.

Στη Γάνδη, η παραγωγή είναι ακόμη πιο περίπλοκη από άλλα εργοστάσια, επειδή πολλά διαφορετικά μοντέλα συναρμολογούνται στην ίδια γραμμή παραγωγής. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο το εργοστάσιο της Γάνδης βασίζεται σε εφαρμογές IoT για την αναγνώριση και την αξιόπιστη παρακολούθηση κάθε αυτοκινήτου κατά τη διάρκεια ολόκληρης της παραγωγικής διαδικασίας για τη διαχείριση μιας τέτοιας ποικιλίας προϊόντων. Στην περίπτωση του εργοστασίου της Γάνδης, η Volvo χρησιμοποιεί την τεχνολογία RFID για να αυξήσει την παραγωγή της. Η Confidex (ο φινλανδικός κατασκευαστής ετικετών RFID) ανέπτυξε μια στιβαρή παθητική ετικέτα UHF RFID για τη Volvo για την παρακολούθηση των περιουσιακών στοιχείων παραγωγής της κατά τη διάρκεια όλων των σταδίων της παραγωγής, καθώς η εταιρία είχε πάντα μια σαφή στρατηγική RFID για τη χρήση μιας μόνιμης ετικέτας σε ολόκληρη τη γραμμή παραγωγής. Με αυτή την προσέγγιση, το εργοστάσιο στη Γάνδη πραγματοποίησε αλλαγές σε τέσσερις βασικές λειτουργίες στην παραγωγική της διαδικασία:

- Στα λειτουργικά μοντέλα που αναπτύχθηκαν για τη διαχείριση των στατικών βασικών πληροφοριών.
- Στις λειτουργίες που χρησιμοποιούνται για τη συλλογή των δεδομένων από το κατάστημα και την αποθήκη σε πραγματικό χρόνο.
- Στις λειτουργίες που αναπτύχθηκαν για το σχεδιασμό και τον προγραμματισμό της παραγωγής.
- Στις λειτουργίες που χρησιμοποιούνται για το συνδυασμό των πληροφοριών πραγματικού χρόνου με τα μοντέλα λήψης αποφάσεων.



*Εικόνα 4.5: Η τεχνολογία Corona από την εταιρία Confidex προσαρτημένη στο σασί ενός οχήματος [https://www.assemblymag.com/articles/92540-rfid-tags-provide-ultra-reliable-monitoring]*

Το IoT μπαίνει στο παιχνίδι τη στιγμή που το πλαίσιο λαμβάνει μια ετικέτα RFID. Στη Γάνδη, ένα σασί περνά από έναν αναγνώστη RFID στη γραμμή παραγωγής, ο αριθμός ταυτότητας της ετικέτας και οι πληροφορίες που είναι αποθηκευμένες σε αυτήν καταγράφονται και μεταφέρονται στο backend σύστημα. Το λογισμικό που εκτελείται σε κάθε αναγνώστη, ερμηνεύει τα γεγονότα ανάγνωσης,

φιλτράρει τα ψευδή δεδομένα και μεταφέρει τις σχετικές πληροφορίες στο ενδιάμεσο λογισμικό. Στη συνέχεια, το ενδιάμεσο λογισμικό διαβιβάζει τα δεδομένα αυτά στο backend σύστημα. Το πλαίσιο περνάει από μια σειρά σημείων δεδομένων. Σε κάθε σημείο δεδομένων δημιουργείται μια εγγραφή που τεκμηριώνει τα στάδια που έχουν πραγματοποιηθεί. Εν τω μεταξύ, το λογισμικό διαχειρίζεται και παρακολουθεί ταυτόχρονα την κατάσταση του υλικού και του λογισμικού RFID.

Μετά την έξοδό τους από το εργαστήριο συγκόλλησης, τα αμαξώματα μεταφέρονται στη γραμμή βαφής, η οποία αποτελεί το πιο σκληρό περιβάλλον για τις ετικέτες που χρησιμοποιούνται. Καθώς το αμάξωμα με τη συνδεδεμένη ετικέτα κινείται στη γραμμή βαφής, περνάει από έναν αναγνώστη που επαληθεύει ένα μοναδικό αναγνωριστικό για το αμάξωμα και το σύστημα ελέγχου δίνει οδηγίες στον αυτόματο θάλαμο ψεκασμού για το χρώμα που πρέπει να βαφτεί το συγκεκριμένο αυτοκίνητο. Επιπλέον, στη γραμμή βαφής, το αυτοκίνητο περνάει από πλύσιμο με χρήση ηλεκτρολυτών για την πρόληψη της διάβρωσης, πολλές στρώσεις βαφής και μια σειρά φούρνων ξήρανσης υψηλής θερμοκρασίας, γεγονός που σημαίνει πως η ετικέτα RFID να παραμένει αναγνώσιμη και αξιόπιστη σε αυτές τις δύσκολες συνθήκες.

Όλα τα σημεία ανάγνωσης του συστήματος RFID στη γραμμή συναρμολόγησης είναι εγκατεστημένα με τέτοιο τρόπο ώστε οι ετικέτες να διαβάζονται κάθε φορά στην ίδια θέση. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας φινιρίσματος, τα αυτοκίνητα οδηγούνται στους χώρους στάθμευσης και η καταγραφή των δεδομένων RFID συνεχίζεται ακόμα και εκεί. Για την ταυτοποίηση των οχημάτων, στις πύλες, στις διόδους και στους χώρους στάθμευσης εγκαθίστανται σταθερές συσκευές ανάγνωσης. Κατά τη διαδικασία στάθμευσης η ετικέτα UHF και ο χώρος στάθμευσης διαβάζονται από τον οδηγό με φορητό αναγνώστη για τη συλλογή της θέσης του οχήματος.

Συνοψίζοντας την έξυπνη εφαρμογή του IoT στο εργοστάσιο της Γάνδης, μπορεί να αναφερθεί πως η εργασία που εκτυλίσσεται (**Work in Progress - WIP**) παρακολουθείται πάντα από μια ετικέτα που είναι τοποθετημένη στο πλαίσιο το οποίο κινείται μέσω της γραμμής παραγωγής όπως έχει προγραμματιστεί από το ERP. Με τη χρήση αυτής της λύσης RFID, το εργοστάσιο της Γάνδης είναι σε θέση να παρακολουθεί την πρόοδο σε πραγματικό χρόνο στον χώρο του καταστήματος με τη βοήθεια αναγνώστων σε κάθε σταθμό εργασίας. Αυτό παρέχει στη Γάνδη πλήρη ορατότητα των δεδομένων WIP σε όλες τις διαδικασίες και τους σταθμούς και καθιστά τη διαδικασία λήψης αποφάσεων ομαλή και τελικά μια βελτιστοποιημένη παραγωγή.

Σε συνέντευξή τους με την εταιρία iMinds το 2015, ο Alec Paepens και ο **Kris Van Cauwenberge**, Διευθυντής Τεχνικής Υποστήριξης της Volvo, αναφέρουν τρεις προκλήσεις που αντιμετωπίζουν στο εργοστάσιο της Γάνδης σχετικά με την εφαρμογή λύσεων RFID. Ο Cauwenberge πιστεύει ότι η μεγαλύτερη πρόκληση είναι η συνεχώς μεταβαλλόμενη χωροταξία των αποθηκών και των γραμμών παραγωγής της Γάνδης. Στην αποθήκη στοιβάζονται ξύλινα εμπορευματοκιβώτια γεμάτα μεταλλικά εξαρτήματα. Αυτά λειτουργούν σαν τοίχοι που μετακινούνται και αλλάζουν συχνά, γεγονός που έχει σοβαρό αρνητικό αντίκτυπο στην ασύρματη κάλυψη, με το εργοστάσιο να μην έχει την πολυτέλεια να επανατοποθετεί συνεχώς καλώδια και να μετακινεί σημεία πρόσβασης λόγω

περιορισμένου χρόνου και προηγμένου προγραμματισμού. Επιπλέον, οι διαχειριστές δεν μπορούν να χρησιμοποιήσουν AGV και ασυρμάτως ελεγχόμενα περνοφόρα ανυψωτικά λόγω των ταχυτήτων με τις οποίες κινούνται, οι οποίες παρουσιάζουν μεγάλη δυσκολία στη διατήρηση της σύνδεσης. Ο Raerens πιστεύει ότι η ασφάλεια αποτελεί επίσης μεγάλη πρόκληση. Εξηγεί ότι ένα ασφαλές δίκτυο αποτελεί αναγκαιότητα στη Γάνδη λόγω του μεγάλου όγκου αυτοματισμού και των ιδιοτήτων πληροφοριών που διακινούνται. Αλλά η ύπαρξη μιας ισχυρότερης υποδομής ασφαλείας σημαίνει ότι είναι πιο πολύπλοκη και η διατήρηση επιτυχημένων ασύρματων συνδέσεων γίνεται πιο δύσκολη. Ο ίδιος δηλώνει: *"Η ασφάλεια είναι επίσης μια μεγάλη πρόκληση. Προφανώς, με τόσο μεγάλη αυτοματοποίηση και τόσες πολλές πληροφορίες που πηγαινοέρχονται, χρειάζεται ένα ασφαλές δίκτυο. Αλλά όσο πιο ισχυρή γίνεται η υποδομή ασφαλείας, τόσο πιο πολύπλοκη είναι και τόσο μεγαλύτερο είναι το εμπόδιο για την επιτυχή διατήρηση των ασύρματων συνδέσεων. Υπάρχει επίσης η αλληλεπίδραση μεταξύ των πελατών και των σημείων πρόσβασης, τα οποία συνήθως κατασκευάζονται από διαφορετικές εταιρείες. Αυτό δεν θα έπρεπε να αποτελεί πρόβλημα, αφού οι πάροχοι υποτίθεται ότι είναι συνεπείς με τα πρότυπα IEEE. Όμως, σύμφωνα με την εμπειρία μας, αυτό δεν συμβαίνει πάντα, γεγονός που μπορεί να προκαλέσει προβλήματα με τις συσκευές, τους πελάτες και τα σημεία πρόσβασης που δημιουργούν και διατηρούν ισχυρές συνδέσεις"*.

Η υλοποίηση εφαρμογών IoT στο εργοστάσιο της Γάνδης είχε θετική επίδραση και στο ίδιο το εργοστάσιο. Ο Cauwenberge πιστεύει ότι η άνοδος του διαδικτύου των αντικειμένων έχει αλλάξει την παραγωγή στη Volvo. Ως ένα τεράστιο πλεονέκτημα αυτού του φαινομένου, αναφέρει ότι ο εξοπλισμός των μεταφορέων, των αυτόματων μηχανών περιόδου και του οχήματος αποθήκης με έξυπνους αισθητήρες αποτελεί μεγάλη ώθηση για την παραγωγή στη Γάνδη. Ο Cauwenberge προσθέτει: *"υπάρχουν στον χώρο πάνω από 300 περνοφόρα ανυψωτικά μηχανήματα που απαιτούν χειροκίνητη συντήρηση. Μπορούμε να τα συντηρούμε και να ελέγχουμε για τεχνικά προβλήματα μόνο σε στιγμές που δεν χρησιμοποιούνται, διάστημα το οποίο δεν είναι αρκετό"*. Με την αξιοποίηση της τεχνολογίας IoT, η Γάνδη είναι σε θέση να εφαρμόζει μια προληπτική προσέγγιση στη συντήρηση, να συλλέγει δεδομένα απόδοσης σε πραγματικό χρόνο, ώστε να μπορεί να προλαμβάνει τα προβλήματα πριν κλείσουν τα οχήματα ή τις εγκαταστάσεις παραγωγής.

### **4.3: Σύγκριση υλοποιήσεων.**

Μετά τη μελέτη του εργοστασίου EWA και του εργοστασίου της Volvo στη Γάνδη, είναι εμφανές ότι έχουν κάποιες διαφορές και λίγες ομοιότητες όσον αφορά τη χρήση τεχνολογιών IoT, τις λύσεις IoT και τις προκλήσεις της υλοποίησης εφαρμογών IoT στην παραγωγική διαδικασία.

Σημαντικό μέρος των προκλήσεων στην τοποθεσία Amberg σχετίζονται με το λογισμικό. Ωστόσο, στην τοποθεσία της Γάνδης, οι διαχειριστές αντιμετωπίζουν προκλήσεις που σχετίζονται και με το λογισμικό και με το υλικό. Υπάρχουν ακόμη ορισμένα αδύναμα σημεία που χρειάζονται υψηλότερο επίπεδο τυποποίησης στην ενσωμάτωση των λύσεων PLM, MES και ERP. Αυτός είναι ένας κρίσιμος λόγος για την επιθετική προσέγγιση εξαγορών της Siemens. Ενώ, στο εργοστάσιο της Γάνδης,

πέρα από τις προκλήσεις λογισμικού της Volvo που εξηγήθηκαν παραπάνω, η συνεχής εξέλιξη του σχεδιασμού των προϊόντων και η διάταξη του εργοστασίου είναι δύο προκλήσεις που σχετίζονται με το υλικό και τις οποίες συναντούν οι προϊστάμενοι. Η τροποποίηση του σχεδιασμού του προϊόντος και των φάσεων του σχεδίου συναρμολόγησης αποτελεί σημαντικό ζήτημα, δεδομένου ότι οι μηχανικοί πρέπει να βρουν ένα άλλο κατάλληλο σημείο για την τοποθέτηση της ετικέτας RFID στο πλαίσιο. Επιπλέον, οι αλλαγές στη διάταξη των εγκαταστάσεων επηρεάζουν την ποιότητα της μεταφοράς δεδομένων στο χώρο του εργοστασίου λόγω της έλλειψης ασύρματης κάλυψης.

Η παραμετροποίηση είναι μία από τις κοινές πτυχές αυτών των δύο εργοστασίων. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, οι τεχνολογίες IoT επιτρέπουν στις επιχειρήσεις να προσαρμόζουν τα προϊόντα τους αποτελεσματικά και κερδοφόρα. Ωστόσο, τόσο το εργοστάσιο της Siemens στο Amberg όσο και της Volvo στη Γάνδη βρίσκονται αντιμέτωπα με αυξημένο επίπεδο προσαρμογής. Η παραγωγή στο Amberg είναι μια προσαρμοσμένη διαδικασία κατασκευής κατά παραγγελία, η οποία περιλαμβάνει περισσότερα από 2 δισεκατομμύρια εξαρτήματα για πάνω από 50.000 ετήσιες παραλλαγές προϊόντων. Η πλειονότητα των μονάδων μπορεί να συναρμολογήσει εξαρτήματα χωρίς περαιτέρω ανθρώπινη βοήθεια. Πρόκειται για ένα από τα είδη εργοστασίων που είναι σε θέση να κατασκευάζουν πλήρως παραμετροποιήσιμα προϊόντα ενώ βρίσκονται στο χώρο του εργοστασίου. Αντίστοιχα, οι αγοραστές αυτοκινήτων έχουν τη δυνατότητα εξατομικευμένης παραγγελίας που περιλαμβάνει μερικές παραμετροποιημένες επιλογές για τα αυτοκίνητά τους κατά την αγορά. Ως εκ τούτου, ένας κατασκευαστής αυτοκινήτων όπως η Volvo πρέπει να ταυτοποιεί και να παρακολουθεί κάθε όχημα κατά τη διάρκεια ολόκληρης της διαδικασίας παραγωγής για να διασφαλίσει ότι εφαρμόζονται όλες οι επιλογές της εκάστοτε παραγγελίας. Στη Γάνδη, η παραγωγή είναι ακόμη πιο περίπλοκη από τα άλλα εργοστάσια, καθώς πολλά διαφορετικά μοντέλα συναρμολογούνται στην ίδια γραμμή παραγωγής. Αυτός είναι ένας από τους λόγους για τους οποίους το εργοστάσιο της Γάνδης βασίζεται σε εφαρμογές IoT για την ταυτοποίηση και την αξιόπιστη παρακολούθηση κάθε αυτοκινήτου κατά τη διάρκεια ολόκληρης της παραγωγικής διαδικασίας για τη διαχείριση μιας τέτοιας ποικιλίας προϊόντων.

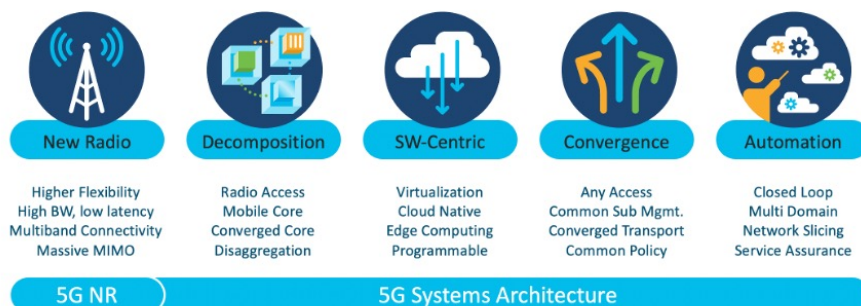
Τέλος, το εργοστάσιο της Volvo στη Γάνδη καλύπτει τόσο το μοντέλο συναλλαγών μεταξύ επιχειρήσεων (Business to business - B2B) όσο και το μοντέλο συναλλαγών με καταναλωτές (Business to Consumer - B2C), ενώ το εργοστάσιο στο Amberg επικεντρώνεται αποκλειστικά στο B2B μοντέλο. Το εργοστάσιο Amberg παράγει προγραμματιζόμενους λογικούς ελεγκτές Simatic που χρησιμοποιούνται για την αυτοματοποίηση μηχανών και εξοπλισμού με σκοπό τη βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων, με τα προϊόντα να αγοράζονται από άλλες κατασκευαστικές εταιρείες. Από την άλλη πλευρά, η στρατηγική της Volvo περιλαμβάνει η Volvo την πώληση οχημάτων μέσω των δικτύων της από αντιπροσώπους ή άλλες ενδιάμεσες εταιρείες, αλλά τα τελευταία χρόνια, στόχος της Volvo ήταν να ενισχύσει τη σχέση της με τον τελικό πελάτη χωρίς να παρεμβαίνει στη σχέση που έχουν οι αντιπρόσωποι με τους πελάτες τους.

#### 4.4: Το μέλλον του έξυπνου εργοστασίου (5GPPP, Απτικό Διαδίκτυο).

##### 4.4.1: Εισαγωγή και σχέση 5G με Industry 4.0.

Σε ένα άρθρο τους σε blog της εταιρίας Cisco, οι Arnis Slembers και Matthias Falkner, Technical Solutions Architect και Technical Marketing Engineer αντίστοιχα, αναφέρουν πως "Στο πλαίσιο του Industry 4.0, πολλές επιχειρήσεις προσπαθούν να βελτιώσουν την αποδοτικότητά τους, ψηφιοποιώντας και συνδέοντας όλο και περισσότερο τις επιχειρηματικές τους διαδικασίες. Αυτή η εξέλιξη απαιτεί την επιθετική υιοθέτηση δικτυωμένων αισθητήρων, ρομπότ, αυτόνομων καθοδηγούμενων οχημάτων (AGV) ή άλλων συσκευών IoT. Η πέμπτη γενιά τηλεπικοινωνιακών συστημάτων (5G), η τελευταία γενιά κυψελοειδούς τεχνολογίας, υπόσχεται να ικανοποιήσει τις απαιτήσεις που προκύπτουν σε τέτοια επιχειρηματικά περιβάλλοντα που απαιτούν εξαιρετικά χαμηλή καθυστέρηση και υψηλή αξιοπιστία." Το 5G αναδύεται ως ένας πολλά υποσχόμενος τρόπος για την αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων. Η τελευταία γενιά προτύπων κυψελοειδούς τεχνολογίας 3GPP υιοθετεί μια ανοικτή αρχιτεκτονική προσέγγιση εκτός από την προσφορά βελτιώσεων στη ραδιοσυνδεσιμότητα μεταξύ τελικών σημείων και σταθμών βάσης. Το 5G προσφέρει ντετερμινιστική πρόσβαση σε πραγματικό χρόνο στο δίκτυο, ευρεία γεωγραφική κάλυψη, χαμηλή καθυστέρηση και επικοινωνία υψηλού εύρους ζώνης σε συσκευές IoT.

#### Five Architectural Pillars of 5G



Εικόνα 4.6: Οι 5 αρχιτεκτονικοί πλώνες του 5G [<https://blogs.cisco.com/sp/perspectives-on-the-future-of-service-provider-networking-5g-and-the-future-of-enterprise-wireless-networks>]

Η συνύπαρξη ανθρωποκεντρικών και μηχανοκεντρικών εφαρμογών θα καθορίσει πολύ διαφορετικές λειτουργικές απαιτήσεις και απαιτήσεις επιδόσεων που θα πρέπει να υποστηρίζονται από τα δίκτυα 5G. Στο πλαίσιο του συστήματος 5G (5G System - 5GS), η τμηματοποίηση του δικτύου από άκρο σε άκρο (end-to-end - E2E), η αρχιτεκτονική βασισμένη σε υπηρεσίες, το Software-Defined Networking (SDN) και η εικονικοποίηση λειτουργιών δικτύου (Network Functions Virtualisation - NFV) θεωρούνται οι θεμελιώδεις πλώνες για την υποστήριξη των ετερογενών βασικών δεικτών απόδοσης (Key Performance Indicators - KPI) των νέων περιπτώσεων χρήσης με οικονομικά αποδοτικό τρόπο. Το 5GS δίνει στους φορείς εκμετάλλευσης δικτύων κινητής τηλεφωνίας τις μοναδικές ευκαιρίες

να προσφέρουν νέες υπηρεσίες σε καταναλωτές, επιχειρήσεις, κάθετους κλάδους και τρίτους μισθωτές καλύπτοντας τις αντίστοιχες απαιτήσεις τους. Για τον σκοπό αυτό, τα συνεργατικά ερευνητικά έργα φάσης I/III του **5G Infrastructure Public Private Partnership (5G PPP)**, καθώς και οι φορείς τυποποίησης έχουν προσδιορίσει και αναπτύξει τα κύρια στοιχεία της αρχιτεκτονικής 5G.

Το οικοσύστημα 5G θα πρέπει να επιτρέπει στους κατασκευαστές, τους παρόχους δικτύων και υπηρεσιών και τις μικρομεσαίες επιχειρήσεις (MME) να ανταγωνίζονται και να συνεργάζονται αποτελεσματικά, π.χ. μέσω της εικονικοποίησης, των τυποποιημένων διεπαφών και πρωτοκόλλων ή των ανοικτών API. Οι MME θα είναι σε θέση να παρέχουν τεχνολογικές λύσεις που θα είναι συμβατές με το συνολικό σύστημα, π.χ. νέα στοιχεία υλικού στην υποδομή ή στοιχεία λογισμικού στα επίπεδα διαχείρισης και οργάνωσης. Οι κατασκευαστές και οι φορείς ολοκλήρωσης λύσεων μπορούν να προσφέρουν ταχεία ανάπτυξη με τη βοήθεια της εικονικοποίησης και των τυποποιημένων διεπαφών, ώστε να αυξηθεί το επίπεδο καινοτομίας. Οι φορείς εκμετάλλευσης κινητών δικτύων (Mobile Network Operators - MNO) και οι πάροχοι υποδομών θα πρέπει να δημιουργήσουν προσαρμοσμένες φέτες με συγκεκριμένες λειτουργίες καθώς και Over-The-Top εφαρμογές και υπηρεσίες για την αντιμετώπιση των απαιτήσεων των κάθετων βιομηχανιών.

Τα συστήματα επικοινωνίας για βιομηχανικές εφαρμογές πρέπει να πληρούν αυστηρές απαιτήσεις που διαφέρουν σημαντικά από τις δημόσιες κινητές ευρυζωνικές υπηρεσίες. Εξαιτίας αυτού, τα περισσότερα περιβάλλοντα IIoT βασίζονται ιστορικά σε ενσύρματες λύσεις, με την καθεμία να προσαρμόζεται για συγκεκριμένες περιπτώσεις χρήσης, δημιουργώντας έτσι ένα ευρύ φάσμα πρωτοκόλλων βασισμένων σε field bus και Ethernet. Χρησιμοποιώντας έναν ψηφιακό δίδυμο εργοστασίου που βασίζεται σε προσομοίωση, ο **Rasmus Suhr Mogensen** και οι συνεργάτες του το 202 απέδειξαν ότι το 5G παρέχει συγκρίσιμες επιδόσεις παραγωγής από άποψη ρυθμού μετάδοσης με αυτές που επιτυγχάνονται μέσω Ethernet. Ως εκ τούτου, το IIoT με δυνατότητα 5G θα επιτρέψει στα εργοστάσια να απαλλαγούν από τα καλώδια των μηχανών, να δημιουργήσουν ευέλικτες και ταχέως αναδιαμορφώσιμες διαδικασίες και, τέλος, να αξιοποιήσουν τις δυνατότητες του υπολογιστικού νέφους και του edge computing.

Στην επικοινωνία D2D, οι κινητές συσκευές μπορούν να ανταλλάσσουν κρίσιμες πληροφορίες, ιδίως σε καταστάσεις όπου ακόμη και μια καθυστέρηση χιλιοστού του δευτερολέπτου θα μπορούσε να θέσει σε κίνδυνο την ανθρώπινη ζωή. Ωστόσο, η τρέχουσα υποδομή του κυψελοειδούς δικτύου, με τους χαμηλούς ρυθμούς δεδομένων και τις μεγάλες καθυστερήσεις, είναι συχνά ακατάλληλη για την ανταλλαγή τέτοιων ευαίσθητων δεδομένων, ιδίως όταν η καθυστέρηση υπερβαίνει τα **20 ms**.

Use Case	Latency	Typical payload size	Availability
AR (next gen 360° video, mixed reality, multi-sensory remote tactile control)	< 10 ms; 0.5 ms for remote tactile control	> 50 Mbps data rate	99.9999% for remote tactile control
Collaborative robots (Cobots)	1 ms	40 to 250 Bytes	99.9999%
Video-operated remote-control robots with haptic feedback	< 20 ms	15 to 150 kBytes	99.999%
Handheld terminal	< 10 ms	varies	99.9%
Motion control	< 0.5 to 2 ms	20 to 50 Bytes	99.9999%

Εικόνα 4.7: Χρήσεις ρυθμού μεταφοράς δεδομένων και απαιτήσεις.  
 [[https://www.cambridgewireless.co.uk/media/uploads/files/RS\\_Measuring\\_latency\\_in\\_smart\\_factories\\_-\\_anything\\_else\\_v1.0.pdf](https://www.cambridgewireless.co.uk/media/uploads/files/RS_Measuring_latency_in_smart_factories_-_anything_else_v1.0.pdf)]

Αυτή η καθυστέρηση θεωρείται μη αποδεκτή για τις περισσότερες έξυπνες εφαρμογές που βασίζονται στις επικοινωνίες D2D. Επιπλέον, το 2014 εμφανίστηκε η έννοια του "**απτικού διαδικτύου**" (**Tactile Internet - TI**), η οποία περιγράφει τη δυνατότητα παρακολούθησης και δράσης μέσω του διαδικτύου. Το TI αναμένεται να εισαγάγει πολυάριθμες νέες δυνατότητες και εφαρμογές που θα βελτιώσουν την ποιότητα ζωής και εργασίας.

Τα μελλοντικά δίκτυα 5G θα πρέπει να φιλοξενήσουν την άνευ προηγουμένου αύξηση της κινητής κυκλοφορίας δεδομένων και τους τεράστιους όγκους δεδομένων που παράγονται από τις έξυπνες συσκευές που τροφοδοτούν το IoT. Το τεχνολογικό όραμα του 5G στοχεύει σε 1000 φορές μεγαλύτερη χωρητικότητα περιοχής, μέγιστες ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων **10 Gb/s** και συνδέσεις για τουλάχιστον **100 δισεκατομμύρια** συσκευές για την επίτευξη αυτού του στόχου. Η κύρια πρόκληση των αρχιτεκτονικών ασύρματης πρόσβασης και κεντρικού δικτύου 5G είναι να επιτρέψουν νέες περιπτώσεις χρήσης με επίκεντρο τις μηχανές, οι οποίες επί του παρόντος δεν υποστηρίζονται από τα κυψελοειδή δίκτυα. Επιπλέον, το TI χαρακτηρίζεται από:

- Εξαιρετικά χαμηλή καθυστέρηση: 1 ms και κάτω.
- Εξαιρετικά υψηλή διαθεσιμότητα: 99,999% διαθεσιμότητα.
- Εξαιρετικά ασφαλείς επικοινωνίες από άκρο σε άκρο.
- Διαρκής ικανότητα πολύ υψηλού εύρους ζώνης (>1 Gbps).

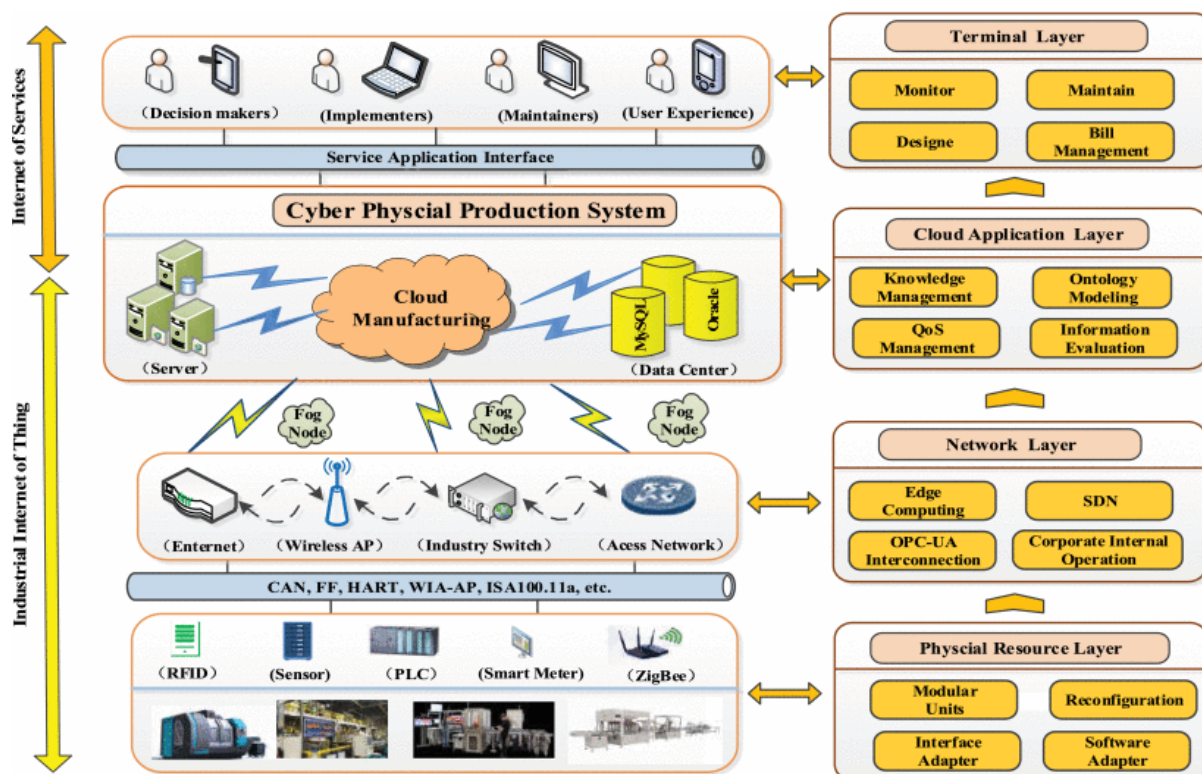


Εικόνα 4.8: Ταχύτητες των γενεών ασυρμάτων δικτύων. [<https://medium.com/@avinash236.aviation/5g-in-india-9d13e5359643>]

Η σύγχρονη παραγωγή βασίζεται στη συνεργασία πολλαπλών τεχνολογιών, με αποτέλεσμα τη δημιουργία μεγάλων συνόλων δεδομένων. Με την εξαιρετικά χαμηλή καθυστέρηση και την υψηλή χωρητικότητα εύρους ζώνης που προσφέρει η τεχνολογία 5G, αυτή η μαζική αύξηση της συλλογής δεδομένων μπορεί να μεταδοθεί και να αναλυθεί πολύ ταχύτερα. Η προσθήκη πολλαπλών αισθητήρων στην παρακολούθηση των μηχανημάτων των βιομηχανικών εγκαταστάσεων παράγει περισσότερα δεδομένα από ποτέ.

Παρόλο που το επίπεδο παραγωγής είναι η πιο προφανής τοποθεσία όπου το 5G μπορεί να ωφελήσει την κατασκευή, υπάρχουν και άλλοι τρόποι με τους οποίους το 5G μπορεί να συμβάλει στο κατασκευαστικό περιβάλλον με έμμεσο τρόπο. Το βιομηχανικό διαδίκτυο των πραγμάτων (IIoT) χρησιμοποιείται για την ενσωμάτωση πόρων εξοπλισμού στην υλοποίηση έξυπνων εργοστασίων. Κατά συνέπεια, το σύστημα παραγωγής αποκτά δυνατότητες αντίληψης, διασύνδεσης και ολοκλήρωσης δεδομένων. Επιπλέον, το Διαδίκτυο των υπηρεσιών χρησιμοποιείται για την εικονικοποίηση των πόρων παραγωγής με τη μετάβασή τους από μια τοπική βάση δεδομένων σε έναν διακομιστή νέφους.





Εικόνα 4.9: Στρώματα έξυπνου εργοστασίου [Αναφορά νο. 53]

Το έξυπνο εργοστάσιο είναι ένα μηχανικό σύστημα τριών τμημάτων, το οποίο αποτελείται από τη διασύνδεση, τη συνεργασία και την εκτέλεση. Όπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα, χωρίζεται σε διάφορα στρώματα με διαφορετικές επιλογές δικτύου σε κάθε στρώμα, με κάθε δίκτυο να δίνει προτεραιότητα σε διάφορες ιδιότητες με διαφορετικό τρόπο. Το επίπεδο ολοκλήρωσης που μπορεί να φέρει το 5G στην κατασκευή θα καθοριστεί από τις αποφάσεις που λαμβάνονται σε καθένα από αυτά τα επίπεδα. Ο τεμαχισμός δικτύου (network slicing), μια βασική έννοια στο 5G, θα επιτρέψει στους ενοικιαστές να λαμβάνουν διαφορετικά επίπεδα συνδεσιμότητας από τον πάροχο υπηρεσιών τους για να εξυπηρετούν διάφορες περιπτώσεις χρήσης. Το 5G θα υιοθετήσει μια αρχιτεκτονική all-cloud για την επίτευξη του network slicing, η οποία θα καταστήσει αναγκαία τη χρήση της δικτύωσης που καθορίζεται από λογισμικό (SDN) και της εικονικοποίησης λειτουργιών δικτύου (NFV).

#### 4.4.2: Επικοινωνία μεταξύ εργαζόμενου και εργοστασίου.

Η τεχνολογία 5G έχει ως σκοπό να επιτρέψει τον ψηφιακό μετασχηματισμό σε ένα πλήρως συνδεδεμένο έξυπνο εργοστάσιο που θα διαλύσει τον επικρατούντα ιεραρχικό σχεδιασμό δικτύου που ακολουθεί την πυραμίδα του αυτοματισμού. Λόγω της μεγαλύτερης εξάρτησης από τα δεδομένα του εργοστασίου για τη λήψη αποφάσεων, η χρήση του δικτύου από το βιομηχανικό εργατικό δυναμικό έχει αυξηθεί τα τελευταία χρόνια για ποικίλες εργασίες με τρεις περιπτώσεις να είναι η συνεργασία ανθρώπου-ρομπότ, οι επιχειρήσεις με τη βοήθεια επαυξημένης πραγματικότητας και η αλληλεπίδραση με βάση τα δεδομένα με τον ψηφιακό δίδυμο.

- **Συνεργασία ανθρώπου-ρομπότ μέσω 5G:**



Εικόνα 4.10: Συνύπαρξη ανθρώπου και μηχανής [<https://developer.qualcomm.com/blog/smart-sensors-ii-how-adding-ai-can-predict-future-iiot>]

Η συμβιωτική συνεργασία ανθρώπου-ρομπότ είναι ένα αναπόφευκτο σενάριο στη μελλοντική προηγμένη μεταποιητική βιομηχανία, το οποίο φέρνει ένα νέο και πολύπλοκο σύνολο απαιτήσεων. Στο μέλλον, τα ρομπότ παραγωγής και οι βιομηχανικοί εργάτες θα συνεργάζονται χέρι-χέρι. Τόσο τα σταθερά όσο και τα κινητά ρομπότ μπορούν να συνδεθούν ασύρματα σε μια δικτυακή υποδομή, αλλά αυτή η επιλογή συνδεσιμότητας συνήθως δεν προτείνεται για τον έλεγχο της κίνησης του ρομπότ, αλλά μόνο για την ανάθεση συγκεκριμένων εργασιών ή την παρακολούθηση της κατάστασης του ρομπότ. Η μεταφόρτωση συγκεκριμένων λειτουργιών στο ακραίο επίπεδο ενός δικτύου 5G θα είχε διάφορα οφέλη, όπως μειωμένο κόστος αγοράς, παραγωγής και συντήρησης, βελτιωμένη νοημοσύνη ρομπότ (καθώς τα ρομπότ μπορούν να αξιοποιήσουν πολλαπλούς κοινούς αισθητήρες και υπολογιστικές δυνατότητες), ενεργειακά αποδοτική διαχείριση ρομπότ, ταυτόχρονο εντοπισμό και χαρτογράφηση και προηγμένο σχεδιασμό κίνησης ακόμη και σε περιβάλλοντα με πολύ κόσμο (με ανθρώπους εργαζόμενους να κυκλοφορούν). Μόνο με εξαιρετικά χαμηλές καθυστερήσεις (<1ms) και πολύ υψηλή διαθεσιμότητα το συνδεδεμένο με 5G ρομπότ μπορεί να αντιδράσει στους ανθρώπους σε πραγματικό χρόνο. Για το λόγο αυτό, η συνεργασία ανθρώπου-ρομπότ περιλαμβάνεται στην ομπρέλα του IIoT με βάση το **uRLLC** (ultra Reliable Low Latency Communications). Καθώς αυξάνεται ο αριθμός των αυτόνομων και αυτοματοποιημένων οδηγούμενων οχημάτων (AGV), οι άνθρωποι και τα ρομπότ μοιράζονται όλο και μεγαλύτερα τμήματα του εργοστασίου. Γι αυτόν τον λόγο απαιτούνται:

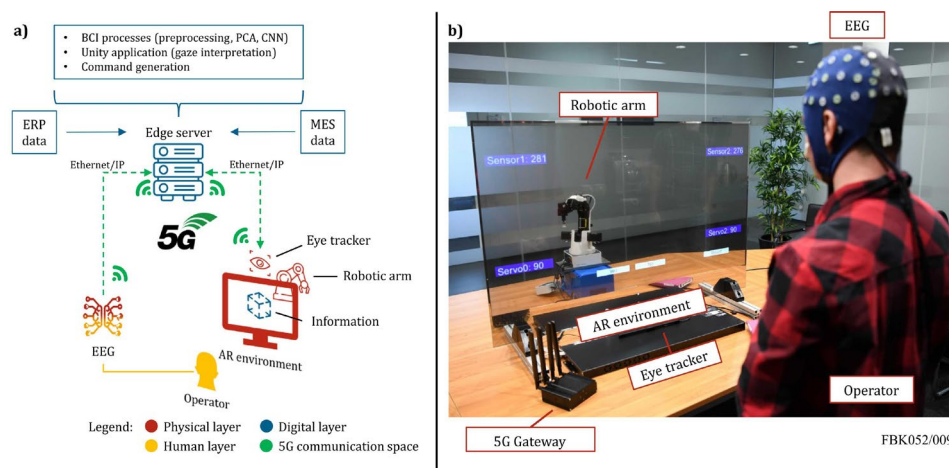
- I. Αξιοπιστία, ώστε οι κινητές λύσεις να παραμένουν συνδεδεμένες σε όποιο σημείο του εργοστασίου κι αν βρίσκονται.

II. Πυκνότητα, ώστε να μπορούν να φιλοξενήσουν πολλές συσκευές που επικοινωνούν σε μια μικρή περιοχή.

III. Προβλέψιμη καθυστέρηση για γρήγορους χρόνους αντίδρασης.

Χάρη στις αρχιτεκτονικές δικτύων 5G, τα AGV θα μπορούν να κινούνται με σημαντικές ταχύτητες, αποφεύγοντας τις συγκρούσεις με ανθρώπους εν κινήσει ή με μη αναγνωρισμένα εμπόδια, εξασφαλίζοντας έτσι την ασφάλεια.

- Χειριστής επαυξημένης πραγματικότητας με χρήση 5G.



Εικόνα 4.11: Χειριστής επαυξημένης πραγματικότητας [Αναφορά νο. 54]

Οι έξυπνες και ταχείες διεπαφές ανθρώπου-μηχανής έχουν θέσει υψηλότερες απαιτήσεις δικτύωσης. Ειδικότερα, η επαυξημένη πραγματικότητα (AR) και η μικτή πραγματικότητα (MR) έχουν ήδη αρχίσει να εισχωρούν στον σχεδιασμό, την κατασκευή και τη συντήρηση προϊόντων, αλλά απαιτούν πολύ υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων, χαμηλή καθυστέρηση, ασφάλεια και εξαιρετική κάλυψη για να εγγυηθούν μια αποδεκτή ποιότητα εμπειρίας (Quality of Experience - QoE) που τελικά μεταφράζεται σε υψηλό ποσοστό αποδοχής της τεχνολογίας. Η επαυξημένη πραγματικότητα χαρακτηρίζεται ως η επιθυμητή επιλογή για την οπτικοποίηση πληροφοριών στον χώρο εργασίας, δεδομένου ότι οι εργαζόμενοι μπορούν να κρατήσουν τα χέρια τους ελεύθερα για άλλες εργασίες. Ωστόσο, πολλά εμπορικά διαθέσιμα AR Headsets είναι εξοπλισμένα με εξειδικευμένο υλικό που τους επιτρέπει να επεξεργάζονται τις πληροφορίες τοπικά (γεγονός που αυξάνει το κόστος και το βάρος του headset) και να συνδέονται σε μια δικτυακή υποδομή μέσω καλωδίου, γεγονός που περιορίζει την κινητικότητα του φορέα και επηρεάζει την εμπειρία του χρήστη. Αυτό είναι ιδιαίτερα δυσχερές για τους εργαζόμενους που χειρίζονται διαφορετικά υλικά και εξοπλισμό ή κινούνται στο χώρο και προκαλεί χαμηλό ποσοστό αποδοχής της τεχνολογίας. Αντίθετα, οι εργαζόμενοι στη μεταποίηση και τις αποθήκες επιθυμούν ασύρματες λύσεις που απλοποιούν και εξορθολογίζουν την εργασία τους αντί να την κάνουν πιο περίπλοκη. Τα συστήματα edge computing με βάση το 5G υπόσχονται πρωτοποριακά πλεονεκτήματα στον τομέα των εργασιών με τη βοήθεια AR, όπως οδηγίες

συναρμολόγησης ή επισκευής. Λεπτομερείς προδιαγραφές ή οδηγίες διεργασιών μπορούν να παρουσιαστούν διαισθητικά μέσω AR ή φωνής σε διευθυντές/επιτηρητές και εργαζόμενους για να αυξηθεί η αποδοτικότητα και η παραγωγικότητα, να μειωθεί η πιθανότητα σφάλματος και να μειωθεί ο χρόνος εκπαίδευσης/εκμάθησης στην εργασία επί τόπου. Το 5G επιτρέπει την ταχεία, δυναμική και βολική πρόσβαση σε πλούσιες σε γραφικά πληροφορίες μηχανών και μοντέλα διαδικασιών, ώστε ένας τεχνικός να μπορεί να περιηγηθεί γρήγορα από βήμα σε βήμα χωρίς μεγάλες καθυστερήσεις για να κατεβάσει νέα μοντέλα ή να συμβουλευτεί έντυπα εγχειρίδια. Στο εργοστάσιο του μέλλοντος, οι ομάδες θα χρησιμοποιούν επίσης AR για να παρακολουθούν τις διαδικασίες σε πραγματικό χρόνο χρησιμοποιώντας δεδομένα που παράγονται από εφαρμογές ψηφιακού δίδυμου και ανάλυσης. Η φωνητική αλληλεπίδραση θα επιτρέπει στους εργατές του εργοστασίου να ζητούν (με προφορικές ερωτήσεις) πληροφορίες και να λαμβάνουν ενημερωμένες και ικανές απαντήσεις από τον έξυπνο ψηφιακό βοηθό. Το 5G θα αποτελέσει σημαντικό παράγοντα υπό αυτή την έννοια για να εγγυηθεί χαμηλή καθυστέρηση μεταξύ ερωτήσεων και απαντήσεων, εξασφαλίζοντας έτσι μια φυσική αλληλεπίδραση, ενώ ταυτόχρονα εγγυάται επίσης εντοπισμό θέσης σε εσωτερικούς χώρους κάτω του μέτρου, ξεκλειδώνοντας έτσι τις δυνατότητες διαφόρων εφαρμογών AR με βάση τη θέση του χρήστη.

- **Αλληλεπίδραση με το ψηφιακό δίδυμο με χρήση 5G.**



Εικόνα 4.12: "Ψηφιακός Δίδυμος" [<https://www.ericsson.com/en/about-us/new-world-of-possibilities/imagine-possible-perspectives/industry5-0-human-centric-manufacturing/>]

Οι τεχνικές βελτιώσεις του 5G (διάδοση κυμάτων συχνότητας μεταξύ 30 και 300 GHz, μικρότερου μεγέθους κεραίες, τεχνολογία πολλαπλής πρόσβασης με χωρική διαίρεση, διαμόρφωση πολλαπλών ακτίνων), σε συνδυασμό με αρχιτεκτονικές λύσεις (π.χ. τεμαχισμός δικτύου, ΠoT με γνώμονα το edge computing για τη μείωση του ποσοστού κατάληψης του εύρους ζώνης του δικτύου και τη μείωση της καθυστέρησής του), ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις των εφαρμογών της μαζικής επικοινωνίας των κόμβων μηχανών σε ένα έξυπνο εργοστάσιο και επιτρέπουν την εκτέλεση time-



critical ηλεκτρικού λογισμικού στο edge cloud του εργοστασίου. Το 5G είναι, επομένως, ένας από τους βασικούς παράγοντες που θα επιτρέψουν την υλοποίηση του ψηφιακού δίδυμου, καθώς η ασύρματη συνδεσιμότητα είναι απαραίτητη για την αποφυγή περίπλοκων ενσύρματων λύσεων γύρω από το εργοστάσιο και για την επίτευξη παρακολούθησης σε πραγματικό χρόνο του εξοπλισμού παραγωγής (π.χ. εργαλειομηχανές, ρομποτικοί βραχίονες, μηχανήματα τροφοδοσίας), του βοηθητικού εξοπλισμού παραγωγής (π.χ. εξοπλισμός παροχής νερού, εξοπλισμός παροχής αερίου), της παρακολούθησης των πόρων (π.χ. υλικό, εργασία σε εξέλιξη, εργαζόμενος) και του περιβάλλοντος του εργοστασίου (π.χ. θερμοκρασία, υγρασία, σκόνη, επιβλαβή αέρια). Με τη χρήση έξυπνων αισθητήρων που συνδέονται με το 5G και τεχνικών μηχανικής μάθησης σε επίπεδο άκρων, οι εταιρείες θα είναι σε θέση να παρακολουθούν εξ αποστάσεως τον εξοπλισμό παραγωγής σε πραγματικό χρόνο, να ανακαλύπτουν ταχύτερα τις βλάβες ή τις τάσεις υποβάθμισης και να προσαρμόζουν τη διαδικασία εν κινήσει. Ως αποτέλεσμα, οι διαδικασίες παραγωγής μπορούν να ελέγχονται από έναν ανθρώπινο επόπτη από ένα απομακρυσμένο σταθερό ή κινητό τερματικό το οποίο έχει πρόσβαση στη γραμμή παραγωγής σε πραγματικό χρόνο. Ο ψηφιακός δίδυμος της πραγματικής μηχανής, της παραγωγικής διαδικασίας ή μιας αλυσίδας αξίας θα μπορούσε να επωφεληθεί σε μεγάλο βαθμό από την εξαιρετικά χαμηλή καθυστέρηση και την ταχύτερη παράδοση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο από το φυσικό επίπεδο, όπως και ο χειριστής που αλληλεπιδρά με αυτό. Η δυνατότητα εξαγωγής περισσότερων πληροφοριών από τη διαδικασία παραγωγής και η τροφοδότησή τους στον ψηφιακό δίδυμο επιτρέπει πιο προηγμένες διαδικασίες σχεδιασμού, συμπεριλαμβανομένης της προσομοίωσης εγκαταστάσεων, της βελτιστοποίησης του σχεδιασμού διαδικασιών και της εικονικής θέσης σε λειτουργία. Η υποστηριζόμενη από το 5G πρόσβαση σε δεδομένα του εργοστασίου είναι χρήσιμη όχι μόνο για την ομάδα σχεδιασμού, αλλά και για τους φορείς της αλυσίδας αξίας (π.χ. προμηθευτές, εταιρείες logistics). Το δίκτυο 5G και η υποδομή νέφους θα επιτρέψουν επίσης τη ροή και την ανάλυση βίντεο/ήχου για την επιτήρηση απομακρυσμένων χώρων σε πραγματικό χρόνο, τον ταχύτερο εντοπισμό ελαττωμάτων στη γραμμή παραγωγής, διευκολύνοντας έτσι τις μη επανδρωμένες εγκαταστάσεις παραγωγής ή την (ημι)αυτοματοποιημένη παραγωγή σε απομακρυσμένες τοποθεσίες και παρέχοντας στους χειριστές άμεση ανατροφοδότηση για το τι συμβαίνει.

Στο ιδανικό ανθρωποκεντρικό περιβάλλον παραγωγής, οι εργαζόμενοι δεν είναι απλώς χρήστες δεδομένων ψηφιακών διδύμων αλλά και πηγές δεδομένων. Η θέση, οι χειρονομίες, οι φωνές, οι εκφράσεις του προσώπου, οι θέσεις στάσης (και πολλά άλλα χαρακτηριστικά) μπορούν να ανιχνεύονται από έξυπνους αισθητήρες και να αποθηκεύονται (αν δεν παραβιάζεται η ιδιωτικότητα του ατόμου), επιτυγχάνοντας έτσι μια πλήρη συμβίωση ανθρώπου-εργοστασίου. Οι παράμετροι της κατάστασης της υγείας μπορούν να παρακολουθούνται μέσω αισθητήρων που συνδέονται με το 5G, για τους νόμιμους λόγους της πρόληψης τυχόν σωματικών ασθενειών ή ατυχημάτων. Επιπλέον, τυχόν λάθη που γίνονται κατά τη διάρκεια οποιασδήποτε λειτουργίας μπορούν να ανιχνευθούν σε πραγματικό χρόνο και να αντιμετωπιστούν άμεσα και ιδανικά προληπτικά.

## Κεφάλαιο 5: Συμπεράσματα.

Σε έναν κόσμο όπου το IoT χρησιμοποιείται για την επίλυση προβλημάτων, η τεχνολογία αποκτά μεγαλύτερη σημασία. Καθώς οι εταιρείες βασίζονται όλο και περισσότερο στην επικοινωνία, την αλληλεπίδραση και τη λήψη αποφάσεων μεταξύ μηχανών, μειώνεται η ανθρώπινη συμμετοχή σε πολλές ενέργειες που σχετίζονται με το IoT, γεγονός που οδηγεί σε υψηλότερους κινδύνους ασφαλείας. Ως εκ τούτου, οι εταιρείες που σχεδιάζουν να ενσωματώσουν τεχνολογίες IoT στις επιχειρήσεις τους πρέπει να εξετάσουν προσεκτικά τα ζητήματα προστασίας της ιδιωτικής ζωής και της ασφάλειας.

Οι εταιρείες που είναι αποφασισμένες να εφαρμόσουν το IoT στις εγκαταστάσεις τους συνιστάται επίσης να προετοιμάσουν τους υπαλλήλους τους εκ των προτέρων. Στην περίπτωση του εργοστασίου της Volvo στη Γάνδη, το προσωπικό της εταιρείας δυσκολεύτηκε να προσαρμοστεί στη νέα προσέγγιση του IoT, ακόμη και σε επίπεδο διοίκησης. Η σύνδεση με τους τελικούς πελάτες ήταν μια νέα πρόκληση για τη Volvo, υπογραμμίζοντας την ανάγκη των επιχειρήσεων να ενισχύσουν τις δεξιότητες και την κατανόηση του IoT.

Όσον αφορά τη σκοπιμότητα και τη σχέση κόστους-αποτελεσματικότητας των λύσεων RFID για τις επιχειρήσεις, πρέπει να ληφθούν υπόψη τα παρακάτω:

- Τα προϊόντα μεγάλου όγκου και χαμηλού κόστους ενδέχεται να μην δικαιολογούν το κόστος εφαρμογής λύσεων RFID.
- Εάν το προϊόν μιας εταιρείας είναι πολύ μικρό και δεν μπορεί να υποστηρίξει μια ετικέτα, ο εντοπισμός και η ανίχνευση καθίστανται προβληματικές, απαιτώντας τη διερεύνηση εναλλακτικών τεχνολογιών.
- Ο συνδυασμός RFID και τεχνολογιών ανίχνευσης θέσης, όπως το GPS, μπορεί να μην επαρκεί πάντα για τον εντοπισμό υλικών στη γραμμή παραγωγής, καθιστώντας αναγκαία την τρισδιάστατη παρακολούθηση θέσης.
- Οι συχνές αλλαγές στο σχεδιασμό των προϊόντων αποτελούν πρόκληση για την εφαρμογή της τεχνολογίας RFID, καθιστώντας δύσκολη την τοποθέτηση ετικετών και τη συλλογή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο.

Για τις εταιρείες που επενδύουν στο IoT, οι πιθανές οικονομικές αποδόσεις είναι ζωτικής σημασίας. Ως εκ τούτου, η συνεχής διερεύνηση νέων επιχειρηματικών μοντέλων και τρόπων δημιουργίας αξίας για τις τεχνολογίες IoT είναι απαραίτητη. Η μελλοντική έρευνα θα πρέπει να επικεντρωθεί στη μελέτη επιχειρηματικών μοντέλων για την υιοθέτηση τεχνολογιών IoT και στη διεξαγωγή ανάλυσης κόστους-οφέλους των τεχνολογιών IoT, λαμβάνοντας υπόψη τις αβεβαιότητες που σχετίζονται με τα πιθανά οφέλη και το υψηλό κόστος επένδυσης στο ταχέως εξελισσόμενο τοπίο.

Τέλος, η βελτιστοποίηση των διαδικασιών παραγωγής αποτελεί βασικό στόχο για τους κατασκευαστές. Ο ρόλος των συστημάτων εκτέλεσης παραγωγής (MES) και του προγραμματισμού επιχειρησιακών πόρων (ERP) στις εγκαταστάσεις είναι ένα ενδιαφέρον θέμα για μελλοντικές μελέτες. Η αντιμετώπιση παρανοήσεων και διαφωνιών σχετικά με τα καθήκοντα των MES και των ERP σε μια

Διαδίκτυο των Αντικειμένων στα έξυπνα εργοστάσια

επιχειρησιακή αρχιτεκτονική θα μπορούσε να προσφέρει πολύτιμες πληροφορίες για μελλοντικές έρευνες.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) Kuyoro, S., Osisanwo, F., & Akinsowon, O. (2015, March). Internet of things (IoT): an overview. In Proc. of the 3th International Conference on Advances in Engineering Sciences and Applied Mathematics (ICAESAM) (pp. 23-24). Ανακτήθηκε από
- 2) Chen, B., Wan, J., Shu, L., Li, P., Mukherjee, M., & Yin, B. (2018). Smart Factory of Industry 4.0: Key Technologies, Application Case, and Challenges. IEEE Access, 6, 6505-6519. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2017.2783682>.
- 3) Balaji, S., Nathani, K., & Santhakumar, R. (2019). IoT Technology, Applications and Challenges: A Contemporary Survey. Wireless Personal Communications, 108, 363–388. <https://doi.org/10.1007/s11277-019-06407-w>.
- 4) Innova. (n.d.). What Are the Differences Between RFID and IoT? [Blog post]. Innova. Ανακτήθηκε από <https://www.innova.com.tr/en/blog/what-are-the-differences-between-rfid-and-iot>.
- 5) Stergiou, C., Psannis, K. E., Kim, B.-G., & Gupta, B. (2018). Secure integration of IoT and Cloud Computing. Future Generation Computer Systems, 78(Part 3), 964-975. <https://doi.org/10.1016/j.future.2016.11.031>.
- 6) European Commission. (n.d.). Digital Innovation Hubs: Implementing the Digital Europe Programme. [PDF document]. Ανακτήθηκε από <https://digital-strategy.ec.europa.eu/el/node/10360/printable/pdf>
- 7) Dubey, G. P., Stalin, S., Alqahtani, O., Alasiry, A., Sharma, M., Aleryani, A., Shukla, P. K., & Alouane, M. T.-H. (2023). Optimal path selection using reinforcement learning based ant colony optimization algorithm in IoT-Based wireless sensor networks with 5G technology. Computer Communications, 212, 377-389. <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2023.09.015>.
- 8) Machado, H., & Shah, K. (2016). Internet of Things impacts on Supply Chain. Ανακτήθηκε από [http://www.iotjournal.nl/wp-content/uploads/2016/09/Machado\\_Internet\\_of\\_Things\\_impacts\\_on\\_Supply\\_Chain\\_Shah\\_Machado\\_Second\\_Place\\_Grad.pdf](http://www.iotjournal.nl/wp-content/uploads/2016/09/Machado_Internet_of_Things_impacts_on_Supply_Chain_Shah_Machado_Second_Place_Grad.pdf).
- 9) Κακόγιαννος, Γ. (2020). Τί είναι το Industry 4.0; Όλα όσα χρειάζεται να γνωρίζουμε. Ανακτήθηκε από <https://industry4.gr/what-is-industry-4-0/>.
- 10) Rossit, D. A., Tohmé, F., & Frutos, M. (2019). Industry 4.0: Smart Scheduling. International Journal of Production Research, 57(12), 3802-3813. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1504248>.



- 11) Allnutt, C. (2022). The ultimate guide to Industry 4.0 – inside the fourth industrial revolution. MicroSourcing Blog. Ανακτήθηκε από <https://www.microsourcing.com/learn/blog/what-is-industry-4-0-the-ultimate-guide/>.
- 12) Industry 4.0 Google Slides Template Designs. SlideSalad. Ανακτήθηκε από <https://www.slidesalad.com/product/industry-4-google-slides-template-designs/>.
- 13) O4S Team. (2019). Industry 4.0: The New Building Block of Manufacturing. Medium. Ανακτήθηκε από <https://medium.com/o4s-io/industry-4-0-the-new-building-block-of-manufacturing-79c9ecbb053f>.
- 14) Χατζή, Α. (2023). Από τα έξυπνα εργοστάσια στα εργοστάσια του μέλλοντος. Industry News. Ανακτήθηκε από <https://industry-news.gr/apo-ta-exypna-ergostasia-sta-ergostasia-toy-mellontos/>.
- 15) What is a Smart Factory? SAP. Ανακτήθηκε από <https://www.sap.com/products/scm/what-is-a-smart-factory.html>.
- 16) What is Smart Factory? TeamViewer. Ανακτήθηκε από <https://www.teamviewer.com/en-us/info/what-is-smart-factory/>.
- 17) Rathore, M. M., Shah, S. A., Shukla, D., Bentafat, E., & Bakiras, S. (2021). The Role of AI, Machine Learning, and Big Data in Digital Twinning: A Systematic Literature Review, Challenges, and Opportunities. IEEE Access, 9, 32030-32052. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3060863>
- 18) Alonso, N. (2022). Smart Factories: Artificial Intelligence and Automation for Reduced OPEX in Manufacturing. DataRobot Blog. Ανακτήθηκε από <https://www.datarobot.com/blog/smart-factories-artificial-intelligence-and-automation-for-reduced-opex-in-manufacturing/>.
- 19) Chen, B., Wan, J., Celesti, A., Li, D., Abbas, H., & Zhang, Q. (2018). Edge Computing in IoT-Based Manufacturing. IEEE Communications Magazine, 56, 103-109.
- 20) Murugesan, V. (2018). Six Ways the Industrial Internet of Things (IIoT) is Disrupting Traditional Continuous Improvement. PTC Blog. Ανακτήθηκε από <https://www.ptc.com/en/blogs/iiot/six-ways-the-iiot-is-disrupting-traditional-continuous-improvement>
- 21) (2015). What is Smart Manufacturing? Part 1A of 6. CMTC Blog. Ανακτήθηκε από <https://www.cmtc.com/blog/what-is-smart-manufacturing-part-1a-of-6>.
- 22) Kapoor, S. Leveraging Industry 4.0 Through Smart Finance. MM India. Ανακτήθηκε από <https://www.mmindia.co.in/article/480/leveraging-industry-4-0-through-smart-finance>.
- 23) Catherine, S. (2022, March 30). Smart Factory Implementation. Fogwing Blog. Ανακτήθηκε από <https://www.fogwing.io/smart-manufacturing/smart-factory-implementation/>
- 24) Herrmann, F. (2018). The Smart Factory and Its Risks. Systems, 6, 38. <https://doi.org/10.3390/systems6040038>

- 25) Shafique, K., Khawaja, B. A., Sabir, F., Qazi, S., & Mustaqim, M. (2020). Internet of Things (IoT) for Next-Generation Smart Systems: A Review of Current Challenges, Future Trends and Prospects for Emerging 5G-IoT Scenarios. IEEE Access, 8, 23022-23040. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2970118>
- 26) Ejaz, W., et al. (2016). Internet of Things (IoT) in 5G Wireless Communications. IEEE Access, 4, 10310-10314. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2016.2646120>
- 27) Schmich, M. (2016, June 21). How Siemens PLM is Prepared to Help Customers in Digital Transformation. Siemens Thought Leadership Blog. Ανακτήθηκε από <https://blogs.sw.siemens.com/thought-leadership/2016/06/21/how-siemens-plm-is-prepared-to-help-customers-digital-transformation/>
- 28) Ghashghaee, P. (2016). Smart manufacturing: Role of Internet of Things in process optimization. Tampere University of Technology, Master of Science Thesis, 86 pages. Ανακτήθηκε από <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/123456789/24097/Ghashghaee.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- 29) Hessman, T. M. (2013). The Dawn of the Smart Factory. IndustryWeek. Ανακτήθηκε από <https://www.industryweek.com/technology-and-iiot/article/21959512/the-dawn-of-the-smart-factory>
- 30) A Real-Life Case Study of How Industry 4.0 Has Transformed the Manufacturing Industry. Six Sigma Certification Course. Ανακτήθηκε από <https://www.sixsigmacertificationcourse.com/a-real-life-case-study-of-how-industry-4-0-has-transformed-the-manufacturing-industry/>
- 31) Glockmann, U. (2019). The Smart Factory and the Internet of Things: An Industry 4.0 Case Study. Industrial DevOps. Ανακτήθηκε από <https://www.industrial-devops.org/en/the-smart-factory-and-the-internet-of-things-an-industry-4-0-case-study/>
- 32) (2014). RFID Tags Provide Ultra-Reliable Monitoring. Assembly Magazine. Ανακτήθηκε από <https://www.assemblymag.com/articles/92540-rfid-tags-provide-ultra-reliable-monitoring>
- 33) Tannou, M., & Westerman, G. (2012). "Volvo Cars Corporation: Shifting from a B2B to a 'B2B+ B2C' Business Model." The MIT Center for Digital Business. Ανακτήθηκε από [https://ide.mit.edu/sites/default/files/publications/2012.04\\_Tannou\\_Westerman\\_Volvo%20Cars%20Corporation\\_298.pdf](https://ide.mit.edu/sites/default/files/publications/2012.04_Tannou_Westerman_Volvo%20Cars%20Corporation_298.pdf)
- 34) Kallstenius, T. (2015). Volvo: Driving the Internet of Things Onto the Factory Floor. LinkedIn. Ανακτήθηκε από <https://www.linkedin.com/pulse/volvo-driving-internet-things-onto-factory-floor-thomas-kallstenius/>
- 35) Συνέντευξη με τον Yvan Jacquet, Project Manager - Data & RFID, Volvo Car Gent. RFID im Blick Global. Ανακτήθηκε από [https://www.confidex.com/wp-content/uploads/RFIDimBlick\\_Global\\_0416\\_New\\_Corona\\_at\\_Volvo.pdf](https://www.confidex.com/wp-content/uploads/RFIDimBlick_Global_0416_New_Corona_at_Volvo.pdf)

- 36) Olsen, T. A. (2010). Product Identification at Volvo Cars: Tooling & Equipment. Volvo Cars Corp. Ανακτήθηκε από <https://www.odette.se/storage/cms/3ea606033e614690bc7b63617de83b16/4744ee5ea587483aa88fbfba2dfa536c/pdf/933086C71FFF98B2A9804B5E8C475D06CD49D043/Olsen.pdf>
- 37) Radiant. (2023). RFID in Automotive Manufacturing. Radiant RFID Blog. Ανακτήθηκε από <https://radiantrfid.com/blog/rfid-in-automotive-manufacturing/>
- 38) Slemper, A., & Falkner, M. (2022, Year). Perspectives on the Future of Service Provider Networking: 5G and the Future of Enterprise Wireless Networks. Cisco Blogs. Ανακτήθηκε από <https://blogs.cisco.com/sp/perspectives-on-the-future-of-service-provider-networking-5g-and-the-future-of-enterprise-wireless-networks>
- 39) Mogensen, R. S., Rodriguez, I., Schou, C., Mortensen, S., & Sørensen, M. (2021). Evaluation of the Impact of Wireless Communication in Production via Factory Digital Twins. *Manufacturing Letters*, 28, 1-5. <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2021.01.006>
- 40) 5G PPP Architecture Working Group. (2019). View on 5G Architecture (Version 3.0). Trust-IT Services. Ανάκτηση από <https://www.trust-itservices.com/sites/default/files/View%20on%205G%20Architecture%20-%205G%20PPP%20Architecture%20Working%20Group.pdf>
- 41) Industry 5.0: Human-Centric Manufacturing. Ericsson. Contributors: Leefke Grosjean, Alan Minney, Chris Halton, Sepideh Matinfar, Valentin Tudor, Anders Erlandsson, Patrik Hedlund, Senthamiz Selvi A, Erik Simonsson, Joachim Sachs. Ανακτήθηκε από <https://www.ericsson.com/en/about-us/new-world-of-possibilities/imagine-possible-perspectives/industry5-0-human-centric-manufacturing/>
- 42) Mertes, J., Lindenschmitt, D., Amirrezai, M., Tashakor, N., Glatt, M., Schellenberger, C., ... Schotten, H. D. (2022). Evaluation of 5G-capable framework for highly mobile, scalable human-machine interfaces in cyber-physical production systems. *Journal of Manufacturing Systems*, 64, 578-593. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2022.08.009>
- 43) 5G Use Cases: Infrastructure. Qualcomm Corporate Responsibility. Ανακτήθηκε από <https://www.qualcomm.com/company/corporate-responsibility/acting-responsibly/public>
- 44) Longo, F., Padovano, A., Aiello, G., Fusto, C., & Certa, A. (2021). How 5G-based industrial IoT is transforming human-centered smart factories: a Quality of Experience model for Operator 4.0 applications. *IFAC-PapersOnLine*, 54(1), 255-262. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2021.08.030>
- 45) Xu, L., He, W., & Li, S. (2014). Internet of Things in Industries: A Survey. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 10, 2233-2243. <https://doi.org/10.1109/TII.2014.2300753>
- 46) Vidalis, M., & Andreatos, A. (2022). Humankind and Ubiquitous Autonomous AI: A Symbiotic or Dystopian Interaction? A Socio-Philosophical Inquiry. *Journal of Engineering Research and Sciences*, 1, 109-118. <https://doi.org/10.55708/js0105012>

- 47) Tuma Neto, A. A., & Araujo de Souza Junior, A. (2022). Industry 4.0 Innovations in Construction: Proposal of a Maturity Model. *International Journal for Innovation Education and Research*, 10(9), 418-436. <https://doi.org/10.31686/ijier.vol10.iss9.3892>
- 48) Zouggar Amrani, A., & Vallespir, B. (2021). Lean Production and Industry 4.0 Technologies: Link and Interactions. In *IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems (APMS)* (pp. 697-703). Nantes, France. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-85874-2\\_76](https://doi.org/10.1007/978-3-030-85874-2_76)
- 49) Tao, F., Qi, Q., Liu, A., & Kusiak, A. (2018). Data-driven smart manufacturing. *Journal of Manufacturing Systems*, 48(Part C), 157-169. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2018.01.006>.
- 50) Rathore, M. M., Shah, S., Shukla, D., Bentafat, E., & Bakiras, S. (2021, February 22). The Role of AI, Machine Learning, and Big Data in Digital Twinning: A Systematic Literature Review, Challenges, and Opportunities. *IEEE Access*, PP, 1-1. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3060863>
- 51) Chen, B., Wan, J., Celesti, A., Li, D., Abbas, H., & Zhang, Q. (2018). Edge Computing in IoT-Based Manufacturing. *IEEE Communications Magazine*, 56(9), 103-109. <https://doi.org/10.1109/MCOM.2018.1701231>
- 52) Martinsuo, M. (2016). PAYA GHASHGHAE SMART MANUFACTURING: ROLE OF INTERNET OF THINGS IN PROCESS OPTIMIZATION. Ανακτήθηκε από <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:55013844>
- 53) Jawad, M., Dhawale, C., Ramli, A., & Mahdin, H. (2023, March). Adoption of Knowledge-Graph Best Development Practices for Scalable and Optimized Manufacturing Processes. *MethodsX*, 10, 102124. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2023.102124>
- 54) Mertes, J., Lindenschmitt, D., Amirrezai, M., Tashakor, N., Glatt, M., Schellenberger, C., Matwankar Shah, S., Karnoub, A., Hobelsberger, C., Yi, L., Götz, S., Aurich, J. C., & Schotten, H. D. (2022). Evaluation of 5G-capable framework for highly mobile, scalable human-machine interfaces in cyber-physical production systems. *Journal of Manufacturing Systems*, 64, 578-593. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2022.08.009>
- 55) Nsaibi, S. (2020). Timing Performance Analysis of the Deterministic Ethernet Enhancements Time-Sensitive Networking (TSN) for Use in the Industrial Communication (Doctoral thesis). Technische Universität Kaiserslautern. Ανακτήθηκε από <https://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:hbz:386-kluedo-59955>.
- 56) Nagy, J., Oláh, J., Erdei, E., Máté, D., & Popp, J. (2018, September 29). The Role and Impact of Industry 4.0 and the Internet of Things on the Business Strategy of the Value Chain—The Case of Hungary. *Sustainability*, 10, 3491. <https://doi.org/10.3390/su10103491>