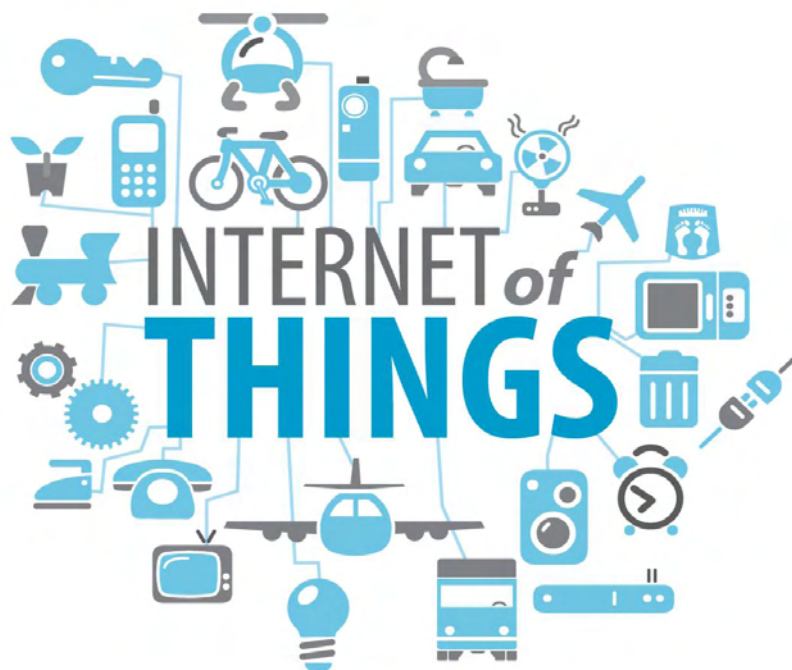


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ



ΤΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ ΤΩΝ «ΠΡΑΓΜΑΤΩΝ» ΣΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΣΩΤΗΡΟΠΟΥΛΟΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ

ΓΟΥΛΑ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑ

Επιβλέπων Καθηγητής: Τσουκαλάς Ελευθέριος

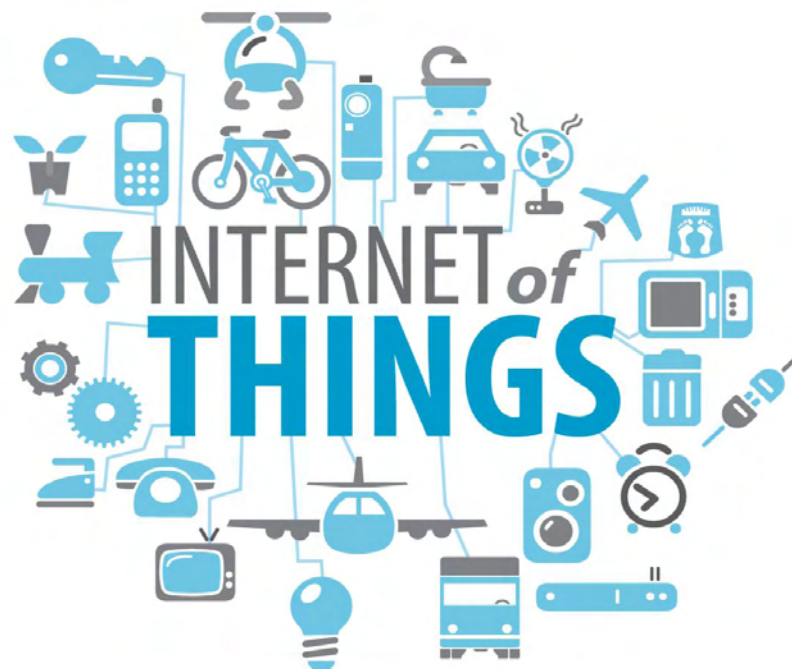
Βόλος, Ιούλιος 2018

UNIVERSITY OF THESSALY
SCHOOL OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF ELECTRICAL
AND COMPUTER ENGINEERING



UNIVERSITY OF
THESSALY

THE INTERNET OF “THINGS” IN INDUSTRY



GRADUATE DIPLOMA THESIS

SOTIROPOULOS EVANGELOS

GOULA ELEFThERIA

Supervisor: Tsoukalas Eleutherios

Volos, July 2018

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους συνέβαλλαν έμμεσα και άμεσα στην πραγματοποίηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες τον Α' επιβλέπων καθηγητή κύριο Τσουκαλά Ελευθέριο και την Β' επιβλέπουσα επίκουρη καθηγήτρια Δασκαλοπούλου Ασπασία για την άψογη συνεργασία.

Χρωστάω ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένεια μου, τους φίλους μου, τους καθηγητές μου και τους συναδέλφους μου για την στήριξη, την ανοχή και την ενθάρρυνση που μου πρόσφεραν όλα αυτά τα χρόνια.

Ιδιαίτερα θα ήθελα να αφιερώσω την εργασία αυτή στον πατέρα μου, τον Γρηγόρη.

Σωτηρόπουλος Ευάγγελος

Βόλος, 2018

Θα ήθελα να ευχαριστήσω και να εκφράσω την εκτίμηση μου στον Α' επιβλέπων καθηγητή κύριο Τσουκαλά Ελευθέριο και την Β' επιβλέπουσα επίκουρη καθηγήτρια Δασκαλοπούλου Ασπασία για την καθοδήγησή τους και τις συμβουλές που μας έδωσαν κατά την διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής μας εργασίας.

Ιδιαίτερα, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου και τους φίλους μου για την υποστήριξή τους, την εμπιστοσύνη τους και την αγάπη τους κατά την διάρκεια των σπουδών μου.

Γούλα Ελευθερία

Βόλος, 2018

Περιεχόμενα

| | |
|---|----|
| 1. Εισαγωγή | 11 |
| 1.1. Η πρώτη επαφή με IoT | 12 |
| 1.2. Ορισμοί..... | 14 |
| 1.3. Πως δουλεύει το IoT | 16 |
| 1.4. Τεχνική Επισκόπηση του IoT | 18 |
| 1.5. Θεμελιώδη χαρακτηριστικά..... | 21 |
| 1.6. Απαιτήσεις υψηλού επιπέδου | 22 |
| 1.7. Μοντέλο αναφοράς IoT | 24 |
| 2. Βιομηχανία 4.0..... | 30 |
| 2.1. Η εξέλιξη της βιομηχανίας | 30 |
| 2.2. Η εμφάνιση της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης - Βιομηχανία 4.0..... | 32 |
| 2.3. Βασικές αρχές βιομηχανίας 4.0 | 33 |
| 2.4. Η βιομηχανία 4.0 στην παραγωγή και η χρήση των IoT..... | 34 |
| 3. Industrial Internet | 36 |
| 3.1. Τι είναι το Industrial Internet | 37 |
| 3.2. Στοιχεία κλειδιά του IIoT..... | 39 |
| 3.3. Αρχιτεκτονική του IIoT | 42 |
| 3.4. Δομή του Βιομηχανικού Ίντερνετ..... | 44 |
| 3.5. Χρήσεις βιομηχανίας 4.0 σε άλλους τομείς..... | 54 |
| 4. Το ψηφιακό δίδυμο (digital twin) και η βιομηχανία 4.0..... | 61 |
| 5. Το Έξυπνο Εργοστάσιο | 67 |
| 5.1. Ορισμός του έξυπνου εργοστασίου | 67 |
| 5.2 Τάσεις που φαίνεται να επιταχύνουν την προσπάθεια για έξυπνα εργοστάσια | 69 |
| 5.3. Χαρακτηριστικά και Πλεονεκτήματα του έξυπνου εργοστασίου | 72 |
| 5.4. Θετικές επιπτώσεις του έξυπνου εργοστασίου στις διαδικασίες παραγωγής..... | 75 |
| 6. Τεχνολογίες ενεργοποίησης έξυπνων εργοστασίων | 78 |
| 6.1. Internet of Things και επικοινωνία μηχανής προς μηχανή | 80 |
| 6.2. Cloud computing | 81 |
| 6.3. Ανάλυση δεδομένων (Big Data) | 82 |
| 6.4. Έξυπνη ρομποτική | 84 |
| 6.5. Προσομοίωση παραγωγής προϊόντων | 87 |
| 6.6. Παραγωγή προσθέτων (Additive manufacturing - AM) / 3D εκτύπωση | 89 |

| | |
|---|-----|
| 7. Η δομή των σημερινών και των μελλοντικών συστημάτων βιομηχανικού αυτοματισμού..... | 91 |
| 7.1. Smart Factory LAN..... | 92 |
| 7.2. Ασφάλεια..... | 95 |
| 8. Μετατροπή ενός εργοστασίου σε έξυπνο εργοστάσιο..... | 98 |
| 9. Οικονομικά Οφέλη και Παραδείγματα Έξυπνων εργοστασίων..... | 103 |
| 9.1. Οφέλη..... | 103 |
| 9.2. Επιπλέον παραδείγματα..... | 110 |
| 9.2.1. Siemens..... | 110 |
| 9.2.2. AGCO..... | 112 |
| 9.2.3. Mercedes..... | 115 |
| 9.2.4. SatisFactory..... | 117 |
| 9.2.5. Sunlight..... | 118 |
| 9.2.6. Bosh..... | 127 |
| 10. Συμπεράσματα..... | 139 |
| Αναφορές..... | 140 |

Πίνακας Περιεχομένων Εικόνων

| | |
|---|-----|
| Εικόνα 1 Σχηματική αναπαράσταση IoT..... | 12 |
| Εικόνα 2 Internet VS WWW..... | 13 |
| Εικόνα 3 Τρόπος λειτουργίας..... | 17 |
| Εικόνα 4 Εισαγωγή νέας διάστασης..... | 18 |
| Εικόνα 5 Τεχνική ανασκόπηση του IoT..... | 19 |
| Εικόνα 6 Τύποι συσκευών και η σχέση τους με τα φυσικά αντικείμενα..... | 20 |
| Εικόνα 7 Μοντέλο αναφοράς IoT..... | 25 |
| Εικόνα 8 Τομείς εφαρμογής IoT..... | 29 |
| Εικόνα 9 Τομείς Industrial Internet..... | 36 |
| Εικόνα 10 Οριζόντιες και κάθετες μορφές IoT..... | 37 |
| Εικόνα 11 Τι περιλαμβάνει το Industrial Internet of Things..... | 38 |
| Εικόνα 12 Συλλογή δεδομένων από αισθητήρες..... | 39 |
| Εικόνα 13 Σχηματική αναπαράσταση λειτουργίας RFID..... | 41 |
| Εικόνα 14 Συλλογή δεδομένων..... | 42 |
| Εικόνα 15 Διαφορά M2M και IoT αρχιτεκτονικής..... | 43 |
| Εικόνα 16 Τομείς λειτουργίας..... | 45 |
| Εικόνα 17 Σχηματική αναπαράσταση επικοινωνίας..... | 47 |
| Εικόνα 18 Σχηματική αναπαράσταση των λειτουργιών του τομέα ελέγχου..... | 48 |
| Εικόνα 19 Διαχείριση συστημάτων..... | 49 |
| Εικόνα 20 Κλάδοι εφαρμογής..... | 50 |
| Εικόνα 21 Εποπτεία λειτουργίας με τη χρήση αισθητήρων..... | 52 |
| Εικόνα 22 Τα τρία επίπεδα της τοπολογίας του δικτύου του IoT..... | 53 |
| Εικόνα 23 Παράδειγμα λειτουργίας ψηφιακού διδύμου..... | 63 |
| Εικόνα 24 Αλυσίδα εφοδιασμού..... | 71 |
| Εικόνα 25 Χαρακτηριστικά Smart Factory..... | 72 |
| Εικόνα 26 Βρόχος τριών βημάτων που ακολουθούν τα δεδομένα..... | 78 |
| Εικόνα 27 Τεχνολογίες που σχετίζονται με το εργοστάσιο του μέλλοντος..... | 80 |
| Εικόνα 28 Ανάλυση δεδομένων..... | 83 |
| Εικόνα 29 Συγχρονισμένη συνεργασία ανθρώπου - ρομπότ..... | 85 |
| Εικόνα 30 Εργοστάσια σήμερα VS εργοστάσια του μέλλοντος..... | 87 |
| Εικόνα 31 Διάκριση εικονικού και φυσικού κόσμου..... | 89 |
| Εικόνα 32 Η πυραμίδα συστημάτων βιομηχανικού αυτοματισμού θα εξαφανιστεί..... | 91 |
| Εικόνα 33 Τοπολογία δικτύου στο έξυπνο εργοστάσιο..... | 93 |
| Εικόνα 34 Προκλήσεις στην υιοθέτηση του μοντέλου του έξυπνου εργοστασίου..... | 100 |
| Εικόνα 35 Πυραμίδα αυτοματισμού όπως ορίζεται από το IEC 622264 / IEC 612512..... | 102 |
| Εικόνα 36 Θετικά και αρνητικά των τεχνολογιών ενός έξυπνου εργοστασίου..... | 103 |
| Εικόνα 37 Οι κατασκευαστές αναμένουν μεγάλα κέρδη από τα έξυπνα εργοστάσια..... | 105 |
| Εικόνα 38 Πόσο όφελος έχουν οι κατασκευαστές από τα έξυπνα εργοστάσια μέχρι σήμερα..... | 106 |

| | |
|---|-----|
| Εικόνα 39 Πρωτοπόρες γεωγραφικές περιοχές στην υιοθέτηση του μοντέλου του έξυπνου εργοστασίου | 107 |
| Εικόνα 40 Τομείς στην υιοθέτηση του μοντέλου του έξυπνου εργοστασίου | 108 |
| Εικόνα 41 Στρατηγικές τεχνολογίες | 114 |
| Εικόνα 42 Χρήση χειρονομίας για αναγνώριση ενέργειας από την κάμερα βάθους | 119 |
| Εικόνα 43 Ειδοποιήσεις συμβάντων από κάμερες βάθους | 119 |
| Εικόνα 44 Θερμική κάμερα και λήψη από την θερμική κάμερα | 120 |
| Εικόνα 45 Γυαλιά επαυξημένης πραγματικότητας | 120 |
| Εικόνα 46 Συσκευή εντοπισμού θέσης και εργονομίας..... | 121 |
| Εικόνα 47 Αισθητήρας άνεσης | 121 |
| Εικόνα 48 Συσκευή διαχείριση πολυμεσικού υλικού | 122 |
| Εικόνα 49 Digital Andon..... | 123 |
| Εικόνα 50 Στιγμιότυπο από την πλατφόρμα παιχνιδοποίησης | 124 |
| Εικόνα 51 Πίνακας ελέγχου με αναλυτικά δεδομένα | 124 |
| Εικόνα 52 Σύστημα υποστήριξης αποφάσεων..... | 125 |
| Εικόνα 53 Εφαρμογή τροφοδότησης πληροφοριών..... | 126 |
| Εικόνα 54 Χρονοπρογραμματισμός εργασιών | 127 |
| Εικόνα 55 Ημερολόγιο Εργαλειοθήκης Συντήρησης με τη δημιουργία αυτόματου χρονοπρογραμματισμού εργασιών ανθρώπινου δυναμικού | 127 |
| Εικόνα 56 Tracker επιδόσεων..... | 129 |
| Εικόνα 57 Έλεγχος της παραγωγικής διαδικασίας μέσω έξυπνου κινητού τηλεφώνου | 129 |
| Εικόνα 58 Quintiq software: Λογισμικό βελτιστοποίησης των γραμμών | 132 |
| Εικόνα 59 Signavio Process Editor (SaaS): εργαλείο μοντελοποίησης διαδικασιών | 134 |
| Εικόνα 60 Metaio Engineer | 135 |
| Εικόνα 61 Παράδειγμα των λύσεων της Siemens για τη διαχείριση του κύκλου ζωής προϊόντων | 137 |
| Εικόνα 62 Προϊοντα της ThinFilm | 138 |

Περίληψη

Η κοινωνία, στην σημερινή της μορφή, είναι κατακλεισμένη από τεχνολογικά επιτεύγματα που προσπαθούν να κάνουν την καθημερινότητα του ανθρώπου πιο εύκολη. Οποιοδήποτε τεχνολογικό αντικείμενο αποτελεί πηγή δεδομένων, τα οποία μέχρι τώρα ήταν ανεκμετάλλευτα. Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων έρχεται να διαχειριστεί τη ροή δεδομένων και να εξάγει πληροφορίες, να πάρει αποφάσεις και εν τέλει να απλουστεύσει τις διαδικασίες.

Η έρευνα αυτή αποτελεί αντικείμενο διπλωματικής εργασίας της πολυτεχνικής σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και αφορά στην αξιοποίηση του Διαδικτύου των Πραγμάτων στη βιομηχανική παραγωγή.

Αρχικά, γίνεται μια ανάλυση του Διαδικτύου των Πραγμάτων. Στη συνέχεια, μετά από μια ιστορική αναδρομή της εξέλιξης της Βιομηχανίας, περιγράφεται η Βιομηχανία 4.0 και αναφέρονται διάφορα παραδείγματα εφαρμογής της. Επιπλέον, παρουσιάζονται το Industrial Internet και τα «Έξυπνα» Εργοστάσια που είναι απόρροια του συνδυασμού των προηγούμενων. Τέλος, εξετάζονται διάφορα οικονομικά στοιχεία με στόχο να αναδείξουν τις προοπτικές των συγκεκριμένων τεχνολογικών διαδικασιών.

Abstract

Society, in its present form, is overwhelmed by technological achievements that try to make man's everyday life easier. Any technological object is a source of data, which, until now, have been unexploited. The Internet of Things comes to manage the data stream and extract information, as well as, make decisions, and ultimately simplify procedures.

This research is the subject of a thesis of the School of Engineer of the University of Thessaly and concerns the exploitation of the Internet of Things in the Industrial Production.

Initially, an analysis of the Internet of Things is done. Then, following a historical review of the evolution of the Industry, Industry 4.0 is described and several examples of its implementation are mentioned. In addition, Industrial Internet and "Smart" Factories are presented, which are essentially the result of the combination of the previous ones. Finally, various financial data are examined, so as to highlight the prospects of specific technological processes.

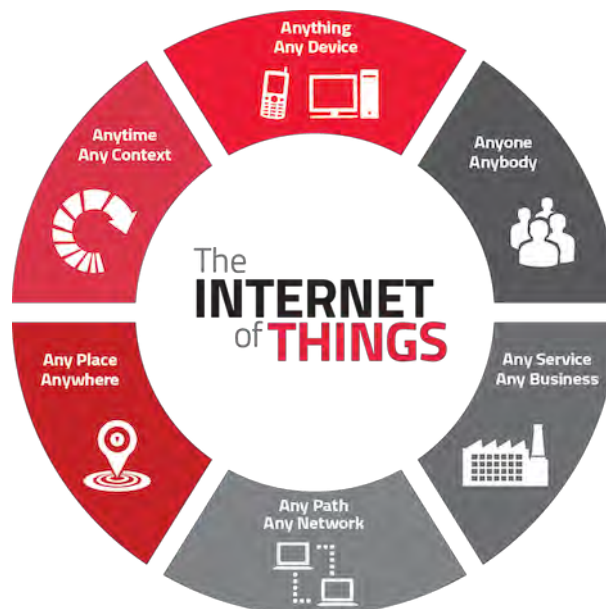
1. Εισαγωγή

Το Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT) μπορεί να εκληφθεί ως ένα εκτεταμένο όραμα με τεχνολογικές και κοινωνικές επιπτώσεις. Από την οπτική της τεχνικής τυποποίησης, το IoT μπορεί να θεωρηθεί ως μια παγκόσμια υποδομή για την κοινωνία της πληροφορίας, επιτρέποντας την παροχή προηγμένων υπηρεσιών μέσω της διασύνδεσης (φυσικών και εικονικών) με βάση τις υπάρχουσες και εξελισσόμενες διαλειτουργικές τεχνολογίες πληροφοριών και επικοινωνιών. Μέσω της αξιοποίησης των δυνατοτήτων αναγνώρισης, καταγραφής δεδομένων, επεξεργασίας και επικοινωνίας, το IoT χρησιμοποιεί πλήρως τα «πράγματα» για να προσφέρει υπηρεσίες σε κάθε είδους εφαρμογές, εξασφαλίζοντας ταυτόχρονα ότι πληρούνται οι απαιτήσεις ασφαλείας και προστασίας της ιδιωτικής ζωής. Το IoT αναμένεται να ενσωματώσει σε μεγάλο βαθμό τις κορυφαίες τεχνολογίες, όπως οι τεχνολογίες που σχετίζονται με την προηγμένη επικοινωνία μηχανής με μηχανή, την αυτόνομη δικτύωση, την εξόρυξη δεδομένων και τη λήψη αποφάσεων, την προστασία της ιδιωτικής ζωής και του cloud computing με τεχνολογίες προηγμένης ανίχνευσης και ενεργοποίησης.

Οι τάσεις αυτές οδήγησαν στην γέννηση του «έξυπνου εργοστασίου», όπου πραγματοποιείται η σύνδεση του διαδικτυακού κόσμου με τον κόσμο της βιομηχανικής παραγωγής και οδηγούν προς την 4^η Βιομηχανική Επανάσταση. Τα «έξυπνα εργοστάσια», οι ταχύτατοι μικροϋπολογιστές, η τεχνητή νοημοσύνη, οι αισθητήρες, οι 3D εκτυπωτές, η δυνατότητα αποθήκευσης/ανάλυσης μεγάλων δεδομένων, η νανοτεχνολογία κ.λ.π., επιτρέπουν τη δημιουργία ενός εικονικού αντίγραφου του φυσικού κόσμου του εργοστασίου (ψηφιακό δίδυμο), παρέχοντας δυνατότητες για παρακολούθηση και επικοινωνία όλων των διεργασιών της παραγωγής σε πραγματικό χρόνο. Αυτό συνεπάγεται πως η αλλαγή που θα επέλθει σε ολόκληρη τη μεταποιητική βιομηχανία θα είναι ακόμα μεγαλύτερη καθώς η Βιομηχανία 4.0 και τα εργοστάσια του μέλλοντος θα αλλάξουν το πεδίο ανταγωνισμού, τον τρόπο με τον οποίο οι επιχειρήσεις κερδίζουν πελάτες και θα ταρακουνήσει τη δομή της βιομηχανία.

1.1. Η πρώτη επαφή με IoT

Ο συνιδρυτής και διευθύνων σύμβουλος του Auto-ID στο MIT Kevin Ashton, το 1999 κατά τη διάρκεια παρουσίασης στο Project & Gamble, ανέφερε για πρώτη φορά τον όρο Διαδίκτυο των πραγμάτων ή αλλιώς Internet Of Things (IOT). Σύμφωνα με τον Ashton, οι υπολογιστές της τότε περιόδου και κατ' επέκταση το διαδίκτυο, ήταν πλήρως εξαρτημένο από τον ανθρώπινο παράγοντα. Όλες οι πληροφορίες, περίπου τότε 50 petabytes, που ήταν διαθέσιμες στο διαδίκτυο είχαν αρχικά δημιουργηθεί από τον άνθρωπο πληκτρολογώντας, από το πάτημα ενός κουμπιού, τραβώντας μια ψηφιακή φωτογραφία ή από τη σάρωση ενός bar code [1].

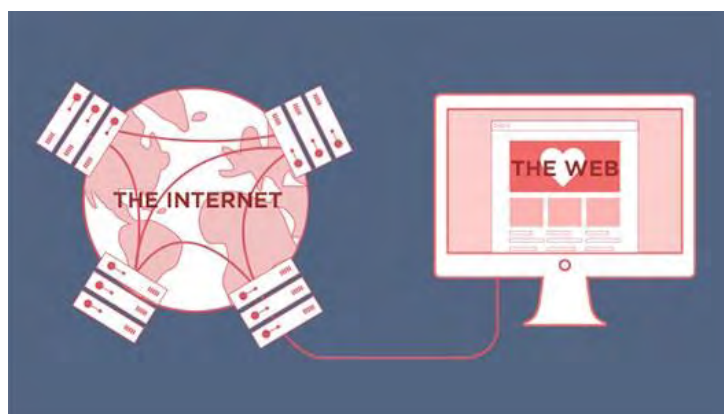


Εικόνα 1 Σχηματική αναπαράσταση IoT

Τα προβλήματα αρχίζουν από την έλλειψη χρόνου, ακρίβειας και προσοχής του ανθρώπου, με αποτέλεσμα τα δεδομένα που συλλέγονται σχετικά με τον πραγματικό κόσμο, να μην είναι τόσο ασφαλή. Εάν οι υπολογιστές είχαν την δυνατότητα να γνωρίζουν και να αντιλαμβάνονται ότι είναι απαραίτητο για την συλλογή δεδομένων χωρίς καμία βοήθεια από τον άνθρωπο, τότε θα ήταν εφικτό να υπάρξει βελτίωση σε διάφορους τομείς της καθημερινότητας και όχι μόνο, π.χ. ορθότερη διαχείριση της κατανάλωσης ενέργειας μιας οικίας. Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων είναι ένα σύστημα αλληλένδετων υπολογιστικών συσκευών, μηχανικών και ψηφιακών μηχανών, ακόμα και αντικειμένων, ζώων ή ανθρώπων, που διαθέτουν διαφορετικά αναγνωριστικά

στοιχεία με δυνατότητα μεταφοράς δεδομένων μέσω δικτύου χωρίς να είναι απαραίτητη η συμμετοχή του ανθρώπου, δηλαδή human-to-human ή human-to-computer interaction [2].

Ο συνδυασμός όλων των συνδεδεμένων συσκευών, όπως αισθητήρες, οχήματα, οικιακές συσκευές ή κινητά τηλεφώνά, με αυτοματοποιημένα συστήματα έχει σαν αποτέλεσμα την συλλογή και ανάλυση πληροφοριών για την δημιουργία μιας δράσης, με στόχο να εξυπηρετήσει κάποιο σκοπό ή να μάθει από μια διαδικασία. [3]



Εικόνα 2 Internet VS WWW

Απαραίτητη προϋπόθεση για να γίνει κατανοητή η σημασία του IoT είναι να γίνει αντιληπτή η διαφορά του Διαδικτύου (Internet) και του Παγκόσμιου Ιστού (World Wide Web). Το Internet είναι μία τεράστια υποδομή δικτύωσης, που συνδέει εκατομμύρια υπολογιστές από κοινού σε όλο τον κόσμο, σχηματίζοντας ένα δίκτυο στο οποίο οποιοσδήποτε υπολογιστής μπορεί να επικοινωνήσει με οποιονδήποτε άλλο υπολογιστή, εφόσον είναι συνδεδεμένοι στο Διαδίκτυο. Το «ταξίδι» των πληροφοριών στο Διαδίκτυο γίνεται μέσω πρωτοκόλλων και δρομολογητών, γρήγορα, αξιόπιστα και με ασφάλεια. Ο Παγκόσμιος Ιστός είναι ένας τρόπος πρόσβασης σε πληροφορίες μέσω του Διαδικτύου. Πρόκειται για ένα μοντέλο ανταλλαγής πληροφοριών που είναι χτισμένο πάνω στο Διαδίκτυο με ρόλο να παρέχει μία διεπαφή, που καθιστά τις πληροφορίες του Διαδικτύου κατάλληλες προς χρήση [4].

1.2. Ορισμοί

Ο όρος Internet of Things παρότι είναι ευρέως δημοφιλής δεν έχει ακόμα καθοριστεί με σαφήνεια. Θα γίνει μια προσπάθεια, μέσω παράθεσης διάφορων ορισμών που έχουν αναφερθεί μέχρι σήμερα, να προσδιορίσουμε τι είναι το Διαδίκτυο των Πραγμάτων.

- **Wikipedia**

«Το Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT) είναι το δίκτυο των φυσικών συσκευών, των οχημάτων, των οικιακών συσκευών και άλλων αντικειμένων, που ενσωματώνει ηλεκτρονικά μέσα, λογισμικό, αισθητήρες, ενεργοποιητές και συνδεσιμότητα ώστε να επιτρέπει τη συνδεσιμότητα και την ανταλλαγή δεδομένων, δημιουργώντας ευκαιρίες για πιο άμεση ενσωμάτωση του φυσικού κόσμου σε συστήματα που βασίζονται σε υπολογιστές, με αποτέλεσμα τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας, τα οικονομικά οφέλη και τη μειωμένη ανθρώπινη παρέμβαση.».[5]

- **IBM (International Business Machines Corporation)**

«Με λίγα λόγια, το Διαδίκτυο των πραγμάτων είναι η έννοια της σύνδεσης οποιασδήποτε συσκευής (εφ 'όσον διαθέτει διακόπτη on / off) στο Internet και σε άλλες συνδεδεμένες συσκευές. Το IoT είναι ένα γιγαντιαίο δίκτυο συνδεδεμένων πραγμάτων και ανθρώπων - τα οποία συλλέγουν και μοιράζονται δεδομένα για τον τρόπο με τον οποίο χρησιμοποιούνται και για το περιβάλλον γύρω τους. Αυτό περιλαμβάνει ένα εξαιρετικό αριθμό αντικειμένων όλων των μορφών και μεγεθών - από έξυπνα μικροκύματα, τα οποία μαγειρεύουν αυτόματα το φαγητό σε σωστό χρονικό διάστημα, σε αυτοκίνητα με αυτό-κατάλυση των οποίων οι περίπλοκοι αισθητήρες εντοπίζουν αντικείμενα στην πορεία τους, τον καρδιακό ρυθμό και τον αριθμό των βημάτων που έχει κάνει κάποιος εκείνη την ημέρα. Στη συνέχεια χρησιμοποιούνται αυτές οι πληροφορίες για να υποδειχτούν προγράμματα άσκησης προσαρμοσμένα στον καθένα.».[6]

- **CISCO**

«Το Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT) αποτελείται από δίκτυα αισθητήρων που συνδέονται με αντικείμενα και συσκευές επικοινωνίας, παρέχοντας δεδομένα τα

οποία μπορούν να αναλυθούν και να χρησιμοποιηθούν για την εκκίνηση αυτοματοποιημένων ενεργειών. Τα χαρακτηριστικά αυτού του κόσμου των πραγμάτων μπορεί να χαρακτηρίζονται από χαμηλή κατανάλωση ενέργειας, αυτόματη διαμόρφωση, ενσωματωμένα αντικείμενα κλπ. Τα δεδομένα παράγουν επίσης ζωτικής σημασίας πληροφορίες για τον προγραμματισμό, τη διαχείριση και την πολιτική λήψης αποφάσεων. Στην ουσία, οι πέντε ιδιότητες που χαρακτηρίζουν το Διαδίκτυο των πραγμάτων είναι οι εξής:

- i. Μια μοναδική διεύθυνση διαδικτύου με την οποία κάθε συνδεδεμένο φυσικό αντικείμενο και συσκευή θα ταυτίζεται και επομένως θα είναι σε θέση να επικοινωνούν μεταξύ τους.
- ii. Μια μοναδική τοποθεσία - μπορεί να είναι σταθερή ή κινητή - μέσα σε ένα δίκτυο ή σύστημα (για παράδειγμα, ένα έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο) που δίνει νόημα στη λειτουργία και το σκοπό του αντικειμένου στο συγκεκριμένο περιβάλλον, δημιουργώντας πληροφορίες για να επιτρέψει αυτόνομες ενέργειες.
- iii. Η αύξηση των Machine-Generated και Machine-Processed Information οι οποίες θα ξεπεράσουν τις ανθρώπινες επεξεργασμένες πληροφορίες, ενδεχομένως συνδέοντας τα με άλλα συστήματα για να δημιουργήσουν αυτό που ορισμένοι αποκαλούσαν «το νευρικό σύστημα του πλανήτη».
- iv. Πολύπλοκες νέες δυνατότητες ασφάλειας, αναλύσεων και διαχείρισης που μπορούν να επιτευχθούν μέσω ισχυρότερου λογισμικού και συσκευών επεξεργασίας επιτρέποντας σε ένα δίκτυο συνδεδεμένων συσκευών και συστημάτων να συσσωρεύονται και να διαλειτουργούν με διαφάνεια σε ένα «δίκτυο δικτύων».
- v. Χρόνος και τοποθεσία - Επίτευξη νέων επιπέδων σημασίας στην επεξεργασία πληροφοριών, καθώς τα αντικείμενα που συνδέονται με το Διαδίκτυο εργάζονται για τη δημιουργία περιβαλλοντικής νοημοσύνης. Για παράδειγμα, στην απόδοση του κτιρίου για θέρμανση, εξαερισμό και κλιματισμό (HVAC) ή για τη μελέτη δειγμάτων εδάφους και κλιματικών αλλαγών σε σχέση με την ανάπτυξη των καλλιεργειών».[7]

- **INTEL**

«Το Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT) είναι ένα ισχυρό δίκτυο συσκευών, οι οποίες είναι όλες ενσωματωμένες με ηλεκτρονικά, λογισμικό και αισθητήρες που τους επιτρέπουν να ανταλλάσσουν και να αναλύουν δεδομένα. Το IoT μετασχηματίζει τον τρόπο που ζούμε για σχεδόν δύο δεκαετίες, προετοιμάζοντας το δρόμο για την απόκριση των λύσεων, τα καινοτόμα προϊόντα, την αποδοτική κατασκευή και, τελικά, τους νέους τρόπους για να κάνουμε επιχειρηματικές δραστηριότητες».[8]

- **(IAB) Internet Architecture Board**

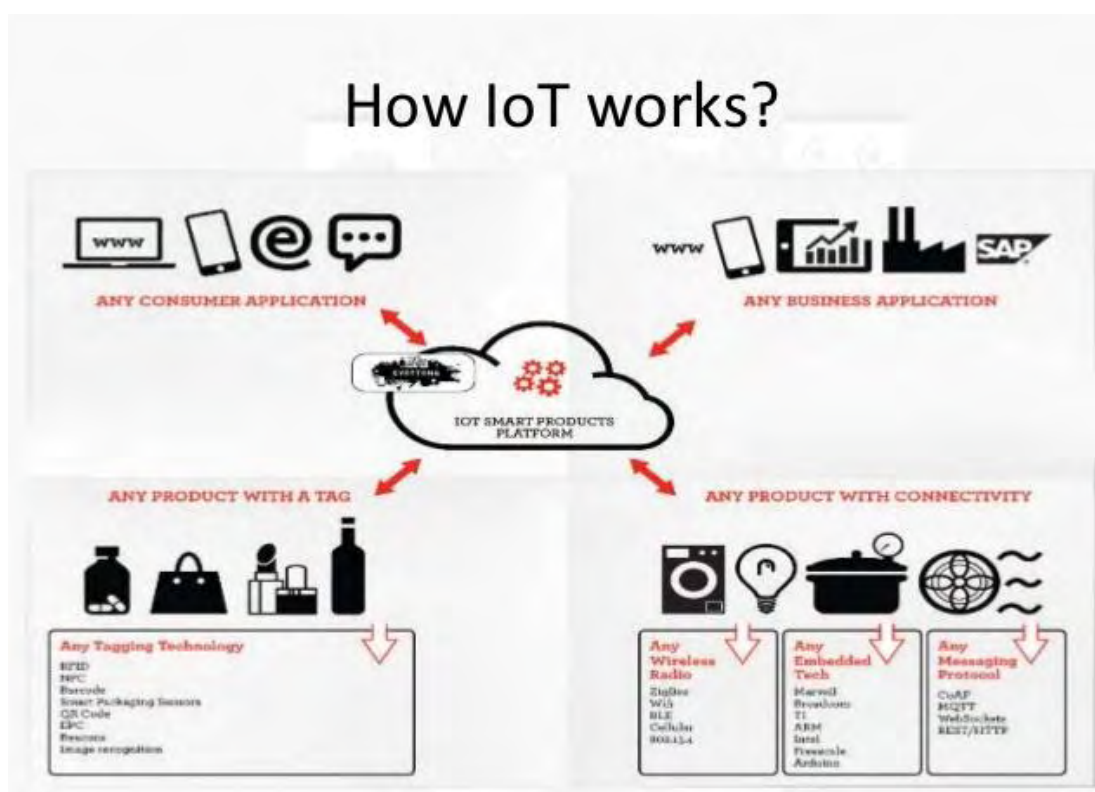
«Ο όρος Διαδίκτυο των πραγμάτων" (IoT) υποδηλώνει μια τάση όπου ένας μεγάλος αριθμός ενσωματωμένων συσκευών χρησιμοποιεί υπηρεσίες επικοινωνίας που προσφέρονται από Πρωτόκολλα Διαδικτύου (IP). Πολλές από αυτές τις συσκευές, συχνά αποκαλούμενες "έξυπνες συσκευές", δεν λειτουργούν άμεσα από τον άνθρωπο αλλά υπάρχουν ως συνιστώσες σε κτίρια ή οχήματα, ή είναι διασκορπισμένα στο περιβάλλον».[9]

Όλοι παραπάνω ορισμοί περιγράφουν με μικρές παραλλαγές το IoT, τονίζοντας τις διάφορες πτυχές ανάλογα με το σημείο εστίασης και τον σκοπό χρήσης του. Ουσιαστικά η σύνδεση αντικειμένων (φυσικών ή εικονικών), συσκευών και αισθητήρων με το διαδίκτυο, με αποτέλεσμα τη συλλογή και την ανάλυση πληροφοριών για περαιτέρω χρήση.

1.3. Πως δουλεύει το IoT

Το Διαδίκτυο των πραγμάτων είναι μια έννοια στην οποία ο εικονικός κόσμος της τεχνολογίας των πληροφοριών ενσωματώνεται απρόσκοπτα στον πραγματικό κόσμο των πραγμάτων. Ο πραγματικός κόσμος γίνεται πιο προσιτός μέσω υπολογιστών και δικτυακών συσκευών σε επιχειρήσεις καθώς και σε καθημερινά σενάρια. Με την πρόσβαση σε λεπτομερείς και ακριβείς πληροφορίες, η διαχείριση μπορεί να αρχίσει να μετακινείται από μακροσκοπικό σε μικροσκοπικό επίπεδο και είναι σε θέση να μετρά, να σχεδιάζει και να ενεργεί ανάλογα. Χάρη στις πρόσφατες εξελίξεις της τεχνολογίας και της πτώσης του κόστους για την RFID, τα δίκτυα αισθητήρων, την τεχνολογία NFC, την ασύρματη επικοινωνία, τις τεχνολογίες και τις εφαρμογές, το

Διαδίκτυο των Πραγμάτων έγινε ξαφνικά σημαντικό για τη Βιομηχανία και τους τελικούς χρήστες. Η ανίχνευση της φυσικής κατάστασης των πραγμάτων μέσω των αισθητήρων, μαζί με τη συλλογή και επεξεργασία λεπτομερών δεδομένων, επιτρέπει την άμεση ανταπόκριση στις αλλαγές στον πραγματικό κόσμο. Αυτό το πλήρως διαδραστικό και ανταποκρινόμενο δίκτυο αποφέρει τεράστιες δυνατότητες για τους πολίτες, τους καταναλωτές και τις επιχειρήσεις [10].

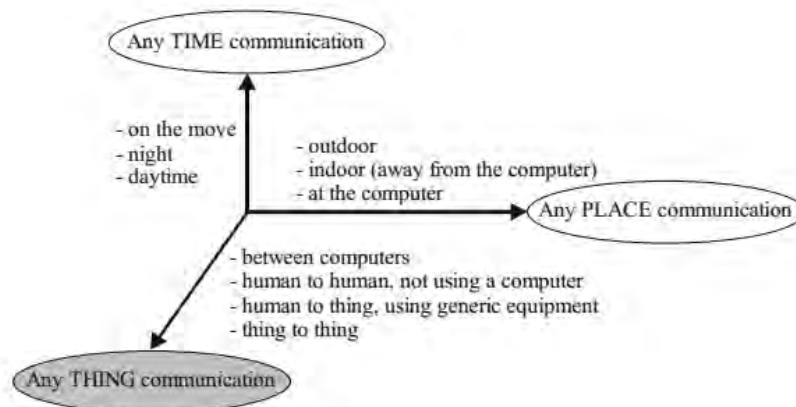


Εικόνα 3 Τρόπος λειτουργίας

Η πρόσβαση σε πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο μέσω της χρήσης της τεχνολογίας με τρόπο «οποτεδήποτε και οπουδήποτε», όπως προτείνεται από το πρότυπο του Διαδικτύου των Πραγμάτων, απαιτεί ανοικτές, κλιμακούμενες, ασφαλείς και τυποποιημένες υποδομές. Αυτές έχουν αναπτυχθεί και συνεχίζουν να αναπτύσσονται, για παράδειγμα, σε ομάδες εργασίας εντός της κοινότητας του Electronic Product Code-global, προκειμένου να συγκεντρωθούν οι απαιτήσεις των χρηστών και των επιχειρήσεων για την ανάπτυξη παγκόσμιων τεχνικών προτύπων. Ομοίως, τα μέλη του Open Geospatial Consortium (OGC) δημιουργούν ένα πλαίσιο προτύπων για την αξιοποίηση αισθητήρων συνδεδεμένων στο Web και συστημάτων-εφαρμογών για αισθητήρες παντός τύπου, συμπεριλαμβανομένων των μετρητών

πλημμυρών, οθονών παρακολούθησης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, μετρητών αντοχής γεφυρών και δορυφορικές συσκευές απεικόνισης γης.

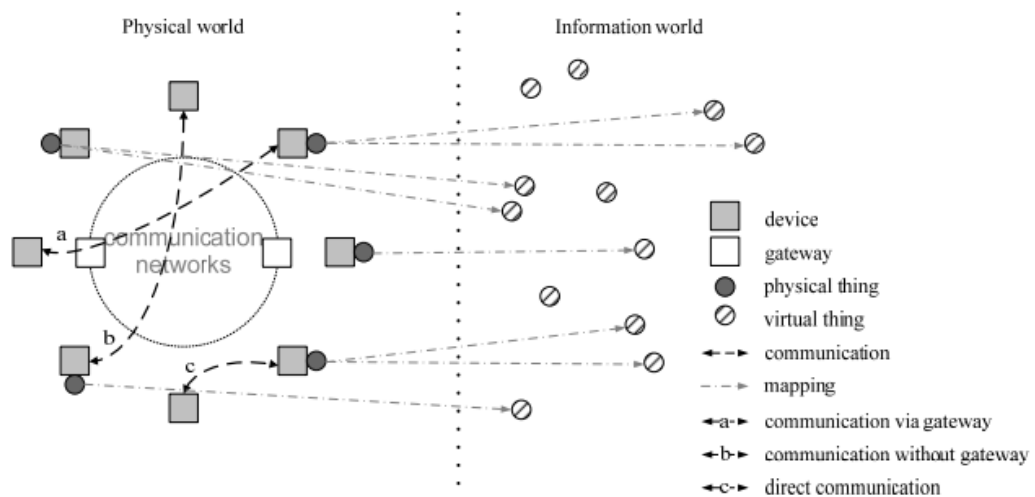
Επίσης θα μπορούσαμε να αναφέρουμε πως το Διαδίκτυο των Πραγμάτων προσθέτει ακόμα τη διάσταση "Any-THING Communication" στις τεχνολογίες πληροφοριών και επικοινωνιών που ήδη παρέχουν επικοινωνία "Any-TIME" και "Any-PLACE"[11].



Εικόνα 4 Εισαγωγή νέας διάστασης

1.4. Τεχνική Επισκόπηση του IoT

Ένα φυσικό «πράγμα» μπορεί να εκπροσωπείται στον κόσμο της πληροφορίας μέσω ενός ή περισσότερων εικονικών πραγμάτων (χαρτογράφηση), αλλά ένα εικονικό πράγμα μπορεί επίσης να υπάρχει χωρίς οποιοδήποτε σχετικό φυσικό «πράγμα». Μια συσκευή είναι ένα κομμάτι εξοπλισμού με τις υποχρεωτικές δυνατότητες επικοινωνίας και προαιρετικές δυνατότητες ανίχνευσης, ενεργοποίησης, συλλογής δεδομένων, αποθήκευσης δεδομένων και επεξεργασίας δεδομένων. Οι συσκευές συλλέγουν διάφορα είδη πληροφοριών και τις παρέχουν στα δίκτυα πληροφοριών και επικοινωνιών για περαιτέρω επεξεργασία. Ορισμένες συσκευές εκτελούν επίσης, λειτουργίες βασισμένες σε πληροφορίες που λαμβάνονται από τα δίκτυα πληροφοριών και επικοινωνιών.



Εικόνα 5 Τεχνική ανασκόπηση του IoT

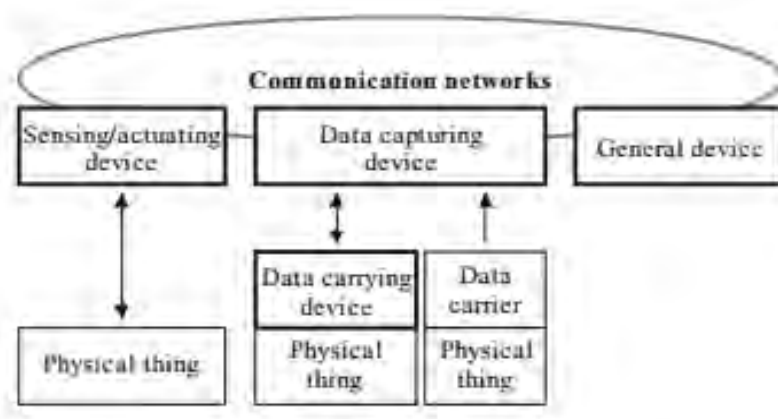
Οι συσκευές επικοινωνούν με άλλες συσκευές μέσω του δικτύου επικοινωνίας δια μέσου πύλης (υπόθεση α), μέσω του δικτύου επικοινωνιών χωρίς πύλη (υπόθεση β) ή απευθείας, δηλαδή χωρίς τη χρήση του δικτύου επικοινωνίας (περίπτωση γ). Επίσης, είναι δυνατοί συνδυασμοί των περιπτώσεων α και γ και των περιπτώσεων β και γ. Για παράδειγμα, οι συσκευές μπορούν να επικοινωνούν με άλλες συσκευές χρησιμοποιώντας απευθείας επικοινωνία μέσω τοπικού δικτύου (δηλαδή ένα δίκτυο που παρέχει τοπική σύνδεση μεταξύ συσκευών και μεταξύ συσκευών και πύλης, όπως ένα δίκτυο ad hoc) (περίπτωση γ) και μετά επικοινωνία μέσω τοπικής πύλης δικτύου (περίπτωση α) [11].

Παρόλο που η Εικόνα 5 δείχνει μόνο αλληλεπιδράσεις που συμβαίνουν στον φυσικό κόσμο (επικοινωνίες μεταξύ συσκευών), αλληλεπιδράσεις λαμβάνουν χώρα και στον κόσμο της πληροφορίας (ανταλλαγές μεταξύ εικονικών πραγμάτων) και μεταξύ του φυσικού κόσμου και του κόσμου των πληροφοριών (εικονικά πράγματα).

Υπάρχουν διάφοροι τομείς εφαρμογής του IoT, π.χ. «έξυπνα συστήματα μεταφοράς», «έξυπνο δίκτυο», «ηλεκτρονική υγεία», «έξυπνο εργοστάσιο» ή «έξυπνο σπίτι». Οι υλοποιήσεις του IoT μπορούν να βασίζονται σε ιδιόκτητες πλατφόρμες εφαρμογής, αλλά μπορούν επίσης να βασίζονται σε κοινές πλατφόρμες υποστήριξης υπηρεσιών/εφαρμογής που παρέχουν γενικές δυνατότητες ενεργοποίησης, όπως έλεγχος ταυτότητας, διαχείριση συσκευών, χρέωση και λογιστική. Τα δίκτυα επικοινωνιών μεταφέρουν δεδομένα που λαμβάνονται από

συσσκευές σε εφαρμογές και άλλες συσκευές, όπως καθώς και οδηγίες από εφαρμογές σε συσκευές. Τα δίκτυα επικοινωνίας παρέχουν δυνατότητες για αξιόπιστη και αποτελεσματική μεταφορά δεδομένων. Η υποδομή δικτύου IoT μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω υφιστάμενων δικτύων όπως τα συμβατικά που βασίζονται στο TCP / IP και / ή στα εξελισσόμενα δίκτυα, όπως τα επόμενα γενιάς δίκτυα [11].

Η παρακάτω Εικόνα 6 δείχνει τους διάφορους τύπους συσκευών και τη σχέση μεταξύ των συσκευών και των φυσικών πραγμάτων.



Εικόνα 6 Τύποι συσκευών και η σχέση τους με τα φυσικά αντικείμενα

Η ελάχιστη απαίτηση των συσκευών στο Διαδίκτυο είναι η υποστήριξη επικοινωνίας. Οι συσκευές κατηγοριοποιούνται σε συσκευές που μεταφέρουν δεδομένα, συσκευές λήψης δεδομένων, συσκευές ανίχνευσης και ενεργοποίησης και γενικές συσκευές, όπως περιγράφεται παρακάτω:

- i. Συσκευή μεταφοράς δεδομένων: Μια συσκευή μεταφοράς δεδομένων συνδέεται με ένα φυσικό «πράγμα» που συνδέει έμμεσα το φυσικό «πράγμα» με τα δίκτυα επικοινωνίας.
- ii. Συσκευή λήψης δεδομένων: Μια συσκευή λήψης δεδομένων αναφέρεται σε μια συσκευή ανάγνωσης/εγγραφής με την ικανότητα να αλληλοεπιδρά με φυσικά «πράγματα». Η αλληλεπίδραση μπορεί να συμβεί έμμεσα μέσω συσκευών μεταφοράς δεδομένων ή απευθείας μέσω φορέων δεδομένων που συνδέονται με τα φυσικά «πράγματα». Στην πρώτη περίπτωση, η συσκευή συλλογής δεδομένων διαβάζει πληροφορίες από μια συσκευή μεταφοράς δεδομένων και μπορεί προαιρετικά να γράφει επίσης

πληροφορίες που δίδονται από τα δίκτυα επικοινωνίας στη συσκευή μεταφοράς δεδομένων.

❖ Οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για την αλληλεπίδραση μεταξύ συσκευών λήψης δεδομένων και συσκευών μεταφοράς δεδομένων ή φορέων δεδομένων περιλαμβάνουν τη ραδιοσυχνότητα, την υπέρυθρη, την οπτική και τη γαλβανική οδήγηση.

iii. Συσκευή ανίχνευσης και ενεργοποίησης: Μια συσκευή ανίχνευσης και ενεργοποίησης μπορεί να ανιχνεύσει ή να μετρήσει πληροφορίες που σχετίζονται με το περιβάλλον και να τις μετατρέψει σε ψηφιακά ηλεκτρονικά σήματα. Μπορεί επίσης να μετατρέπει τα ψηφιακά ηλεκτρονικά σήματα από τα δίκτυα πληροφοριών σε λειτουργίες. Γενικά, οι συσκευές ανίχνευσης και ενεργοποίησης σχηματίζουν τοπικά δίκτυα επικοινωνούν μεταξύ τους χρησιμοποιώντας τεχνολογίες ενσύρματης ή ασύρματης επικοινωνίας και χρησιμοποιούν πύλες για να συνδεθούν στα δίκτυα επικοινωνίας.

iv. Γενική συσκευή: Μια γενική συσκευή διαθέτει ενσωματωμένες δυνατότητες επεξεργασίας και επικοινωνίας και μπορεί να επικοινωνεί με τα δίκτυα μέσω ενσύρματων ή ασύρματων τεχνολογιών. Οι γενικές συσκευές περιλαμβάνουν εξοπλισμό και συσκευές για διαφορετικούς τομείς εφαρμογής IoT, όπως βιομηχανικά μηχανήματα, οικιακές ηλεκτρικές συσκευές και έξυπνα τηλέφωνα.

1.5. Θεμελιώδη χαρακτηριστικά

Τα βασικά χαρακτηριστικά του IoT είναι τα εξής [11]:

- Διασυνδεσιμότητα: Όσον αφορά το IoT, οτιδήποτε μπορεί να διασυνδεθεί με την παγκόσμια υποδομή πληροφοριών και επικοινωνιών.
- Παροχές που σχετίζονται με τα «πράγματα»: Το IoT έχει την δυνατότητα να παρέχει υπηρεσίες που σχετίζονται με τα «πράγματα» όπως η προστασία της ιδιωτικότητας και η σημασιολογική συνοχή μεταξύ των φυσικών «πραγμάτων» και των αντίστοιχων εικονικών «πραγμάτων». Προκειμένου να παρέχονται τέτοιες υπηρεσίες μέσα στους περιορισμούς των «πραγμάτων», τόσο οι τεχνολογίες στον φυσικό κόσμο όσο και στον κόσμο της πληροφορίας θα αλλάξουν.

- **Ετερογένεια:** Οι συσκευές στο Διαδίκτυο είναι ετερογενείς, καθώς βασίζονται σε διαφορετικές πλατφόρμες και δίκτυα υλικού. Μπορούν να αλληλοεπιδρούν με άλλες συσκευές ή πλατφόρμες υπηρεσιών μέσω διαφορετικών δικτύων.
- **Δυναμικές αλλαγές:** Η κατάσταση των συσκευών αλλάζει δυναμικά, π.χ. «ύπνος» και «ξύπνημα», σύνδεση και / ή αποσύνδεση, καθώς και την κατάσταση των συσκευών, συμπεριλαμβανομένης της θέσης και της ταχύτητας. Επιπλέον, ο αριθμός των συσκευών μπορεί να αλλάξει δυναμικά.
- **Τεράστια κλίμακα:** Ο αριθμός των συσκευών που πρέπει να διαχειριστούν και οι οποίες επικοινωνούν μεταξύ τους θα είναι τουλάχιστον μια τάξη μεγέθους μεγαλύτερη από τις συσκευές που είναι συνδεδεμένες με το τρέχον Διαδίκτυο. Η αναλογία επικοινωνίας που ενεργοποιείται από συσκευές σε σύγκριση με την επικοινωνία που ενεργοποιείται από τον άνθρωπο, θα μετατοπιστεί αισθητά προς την επικοινωνία που ενεργοποιείται από τη συσκευή. Ακόμη πιο κρίσιμη θα είναι η διαχείριση των παραγόμενων δεδομένων και η ερμηνεία τους για σκοπούς εφαρμογής. Αυτό αφορά τη σημασιολογία των δεδομένων, καθώς και την αποτελεσματική διαχείριση δεδομένων.

1.6. Απαιτήσεις υψηλού επιπέδου

Τα παρακάτω παρέχουν απαιτήσεις υψηλού επιπέδου που σχετίζονται με το Διαδίκτυο:

- **Σύνδεση με βάση τον προσδιορισμό:** Το IoT πρέπει να εξασφαλίζει ότι η διασύνδεση μεταξύ ενός αντικειμένου με το Δίκτυο εδραιώνεται με βάση το αναγνωριστικό του αντικειμένου. Επίσης, αυτό περιλαμβάνει ότι τα πιθανά ετερογενή αναγνωριστικά των διαφορετικών πραγμάτων επεξεργάζονται με ενοποιημένο τρόπο.
- **Διαλειτουργικότητα:** Η διαλειτουργικότητα πρέπει να διασφαλίζεται μεταξύ ετερογενών και κατανεμημένων συστημάτων για παροχή και κατανάλωση μιας ποικιλίας πληροφοριών και υπηρεσιών.
- **Αυτόνομη δικτύωση:** Πρέπει να υποστηρίζεται η αυτονομία δικτύωση (συμπεριλαμβανομένων της αυτό-διαχείρισης, της αυτό-διαμόρφωσης, της αυτό-θεραπείας, της αυτό-βελτιστοποίησης και της αυτό-προστασίας τεχνικών ή / και μηχανισμών) από τις λειτουργίες ελέγχου δικτύωσης του IoT, προκειμένου να

προσαρμόζεται σε διαφορετικά πεδία εφαρμογής, διαφορετικά περιβάλλοντα επικοινωνίας και μεγάλους αριθμούς και τύπους συσκευών.

- Αυτόματη παροχή υπηρεσιών: Οι υπηρεσίες πρέπει να παρέχονται με τη λήψη, την επικοινωνία και την επεξεργασία των δεδομένων των «πραγμάτων» με βάση τους κανόνες που έχουν διαμορφωθεί από τους διαχειριστές ή να προσαρμόζονται από τους χρήστες. Οι αυτόνομες υπηρεσίες μπορεί να εξαρτώνται από τις τεχνικές αυτόματης συγχώνευσης δεδομένων και εξόρυξης δεδομένων.

- Δυνατότητες βάσει τοποθεσίας: Οι δυνατότητες που βασίζονται στις τοποθεσίες πρέπει να υποστηρίζονται στο IoT. Οι επικοινωνίες και οι υπηρεσίες που σχετίζονται με έργο θα εξαρτηθούν από τις πληροφορίες θέσης των «πραγμάτων» ή / και των χρηστών. Χρειάζεται να ανιχνεύονται και να παρακολουθούνται αυτόματα οι πληροφορίες τοποθεσίας. Οι επικοινωνίες και οι υπηρεσίες βάσει τοποθεσίας ενδέχεται να περιορίζονται από νόμους και κανονισμούς και πρέπει να συμμορφώνονται με τις απαιτήσεις ασφαλείας.

- Ασφάλεια: Στο IoT συνδέεται κάθε «πράγμα» που έχει ως αποτέλεσμα σημαντικές απειλές για την ασφάλεια, όπως είναι οι απειλές κατά της εμπιστευτικότητας, της αυθεντικότητας και της ακεραιότητας τόσο των δεδομένων όσο και των υπηρεσιών. Ένα κρίσιμο παράδειγμα απαιτήσεων ασφαλείας είναι η ανάγκη να ενσωματωθούν διαφορετικές πολιτικές και τεχνικές ασφαλείας που σχετίζονται με την ποικιλία των συσκευών και των δικτύων χρηστών στο Διαδίκτυο.

- Προστασία ιδιωτικού απορρήτου: Η προστασία της ιδιωτικής ζωής πρέπει να υποστηρίζεται στο Διαδίκτυο. Πολλά «πράγματα» έχουν τους ιδιοκτήτες και τους χρήστες τους. Τα ανιχνευμένα δεδομένα των πραγμάτων μπορεί να περιέχουν προσωπικές πληροφορίες σχετικά με τους ιδιοκτήτες ή τους χρήστες τους. Το Διαδίκτυο πρέπει να υποστηρίζει την προστασία της ιδιωτικής ζωής κατά τη διαβίβαση, τη συγκέντρωση, την αποθήκευση, την εξόρυξη και την επεξεργασία δεδομένων. Η προστασία απορρήτου δεν θα πρέπει να θέτει εμπόδια στην εξακρίβωση της ταυτότητας πηγής δεδομένων.

- Υψηλή ποιότητα και άκρως ασφαλείς υπηρεσίες που σχετίζονται με το ανθρώπινο σώμα: Πρέπει να υποστηριχθούν υπηρεσίες υψηλής ποιότητας και άκρως

ασφαλείς για τον ανθρώπινο οργανισμό στο Διαδίκτυο. Οι διαφορετικές χώρες έχουν διαφορετικούς νόμους και κανονισμούς σχετικά με αυτές τις υπηρεσίες¹.

- Plug and Play: Η δυνατότητα Plug and Play πρέπει να υποστηρίζεται στο IoT ώστε η αναγνώριση ενός στοιχείου υλικού σε ένα σύστημα χωρίς την ανάγκη φυσικής διαμόρφωσης συσκευών ή παρέμβασης του χρήστη στην επίλυση συγκρουόμενων πόρων.

- Δυνατότητα διαχείρισης: Η διαχειρισιμότητα πρέπει να υποστηρίζεται στο διαδίκτυο για να διασφαλιστεί η κανονική λειτουργία του δικτύου. Οι εφαρμογές IoT συνήθως λειτουργούν αυτόματα χωρίς τη συμμετοχή των ανθρώπων, αλλά η όλη διαδικασία λειτουργίας τους πρέπει να είναι διαχειρίσιμη από τα ενδιαφερόμενα μέρη.

1

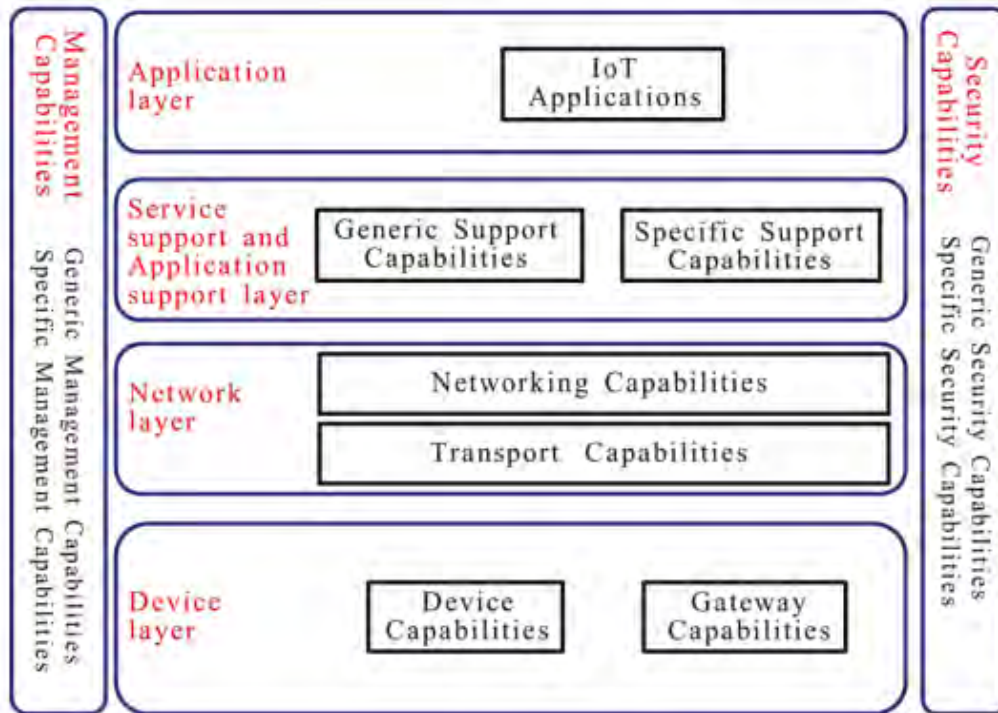
1.7. Μοντέλο αναφοράς IoT

Η παρακάτω Εικόνα (7) δείχνει το μοντέλο αναφοράς IoT. Αποτελείται από τέσσερα επίπεδα καθώς επίσης και από τις δυνατότητες διαχείρισης και δυνατότητες ασφαλείας που συνδέονται με τα τέσσερα επίπεδα.

Τα τέσσερα στρώματα έχουν ως εξής [11]:

- Το επίπεδο εφαρμογής
- Υποστήριξη Services και επίπεδο υποστήριξης εφαρμογών
- Το επίπεδο δικτύου
- Το επίπεδο συσκευής

¹ Οι υπηρεσίες που σχετίζονται με το ανθρώπινο σώμα αναφέρονται στις υπηρεσίες που παρέχονται με τη καταγραφή, την επικοινωνία και την επεξεργασία των δεδομένων που σχετίζονται με τα ανθρώπινα στατικά χαρακτηριστικά και τη δυναμική συμπεριφορά με ή χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση.



Εικόνα 7 Μοντέλο αναφοράς IoT

- Το επίπεδο εφαρμογής περιέχει τις εφαρμογές του IoT.
- Η υποστήριξη Services και το επίπεδο υποστήριξης εφαρμογών αποτελούνται από τις δύο ακόλουθες κατηγορίες:

1. Γενικές δυνατότητες υποστήριξης: Οι γενικές δυνατότητες υποστήριξης είναι κοινές δυνατότητες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από διαφορετικές εφαρμογές IoT, όπως επεξεργασία δεδομένων ή αποθήκευση δεδομένων. Αυτές οι δυνατότητες μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν μέσω ειδικών δυνατοτήτων υποστήριξης, π.χ. για την ανάπτυξη άλλων ειδικών δυνατοτήτων υποστήριξης.

2. Ειδικές δυνατότητες υποστήριξης: Οι συγκεκριμένες δυνατότητες υποστήριξης είναι ιδιαίτερες δυνατότητες που καλύπτουν τις απαιτήσεις διαφοροποιημένων εφαρμογών. Στην πραγματικότητα, μπορούν να αποτελούνται από διάφορες λεπτομερείς ομάδες δυνατοτήτων, προκειμένου να παρέχουν διαφορετικές λειτουργίες υποστήριξης σε διαφορετικές εφαρμογές IoT.

- **Το επίπεδο δικτύου** αποτελείται κι αυτό από δυο τύπους δυνατοτήτων:

-Δυνατότητες δικτύωσης: παρέχουν λειτουργίες ελέγχου σχετικά την συνδεσιμότητα του δικτύου, όπως λειτουργίες ελέγχου πρόσβασης και μεταφοράς πόρων, διαχείριση της κινητικότητας ή έλεγχος ταυτότητας, εξουσιοδότηση και λογιστική.

-Δυνατότητες μεταφοράς: επικεντρώνονται στην παροχή συνδεσιμότητας για τη μεταφορά υπηρεσιών IoT και για ειδικές πληροφορίες για τις εφαρμογές δεδομένων, καθώς και για τη μεταφορά πληροφοριών σχετικά με τον έλεγχο και τη διαχείριση του διαδικτύου.

Οι δυνατότητες του επιπέδου συσκευής κατηγοριοποιούνται σε δύο είδη δυνατοτήτων:

- **Δυνατότητες συσκευής:**

Οι δυνατότητες της συσκευής περιλαμβάνουν αλλά δεν περιορίζονται σε αυτές:

i. Άμεση αλληλεπίδραση με το δίκτυο επικοινωνίας: Οι συσκευές είναι σε θέση να συγκεντρώνουν και να φορτώνουν πληροφορίες απευθείας (δηλ. χωρίς να χρησιμοποιούν τις δυνατότητες πύλης) στο δίκτυο επικοινωνίας και μπορούν να λαμβάνουν απευθείας πληροφορίες (π.χ. δίκτυο επικοινωνίας).

ii. Έμμεση αλληλεπίδραση με το δίκτυο επικοινωνίας: Οι συσκευές είναι σε θέση να συγκεντρώνουν και να ανεβάζουν πληροφορίες στο δίκτυο επικοινωνίας έμμεσα, δηλαδή μέσω των δυνατοτήτων πύλης. Από την άλλη πλευρά, οι συσκευές μπορούν να λαμβάνουν έμμεσα πληροφορίες (π.χ. εντολές) από το δίκτυο επικοινωνίας.

iii. Ad-hoc δικτύωση: Οι συσκευές ενδέχεται να είναι σε θέση να κατασκευάσουν δίκτυα κατά τρόπο ad-hoc σε μερικά σενάρια που απαιτούν αυξημένη επεκτασιμότητα και γρήγορη ανάπτυξη.

iv. Sleeping and waking-up: Οι δυνατότητες της συσκευής ενδέχεται να υποστηρίζουν μηχανισμούς «ύπνου» και «ξυπνήματος» για την εξοικονόμηση ενέργειας.

Η υποστήριξη σε μία μόνο συσκευή τόσο των δυνατοτήτων άμεσης αλληλεπίδρασης, με το δίκτυο επικοινωνίας όσο και της έμμεσης αλληλεπίδρασης με το δίκτυο επικοινωνίας δεν είναι υποχρεωτική.

- **Δυνατότητες πύλης:**

Οι δυνατότητες πύλης περιλαμβάνουν αλλά δεν περιορίζονται: Υποστήριξη πολλαπλών διεπαφών:

i. Στο επίπεδο της συσκευής, οι δυνατότητες πύλης υποστηρίζουν συσκευές που συνδέονται με διαφορετικά είδη ενσύρματων ή ασύρματων τεχνολογιών, όπως διαύλου δικτύου CAN, ZigBee, Bluetooth ή Wi-Fi. Στο επίπεδο του δικτύου, οι δυνατότητες της πύλης μπορούν να επικοινωνούν μέσω διαφόρων τεχνολογιών, όπως το δημόσιο τηλεφωνικό δίκτυο (PSTN), δίκτυα δεύτερης γενιάς ή τρίτης γενιάς (2G ή 3G), δίκτυα μακροχρόνιας εξέλιξης (LTE), Ethernet ή ψηφιακές συνδρομητικές γραμμές (DSL).

ii. Μετατροπή πρωτοκόλλου: Υπάρχουν δύο καταστάσεις όπου απαιτούνται δυνατότητες πύλης. Μια κατάσταση είναι όταν οι επικοινωνίες στο επίπεδο της συσκευής χρησιμοποιούν διαφορετικά πρωτόκολλα επιπέδου συσκευών, π.χ. πρωτόκολλα τεχνολογίας ZigBee και πρωτόκολλα τεχνολογίας Bluetooth. Η άλλη είναι όταν οι επικοινωνίες που αφορούν το επίπεδο της συσκευής και το επίπεδο δικτύου χρησιμοποιούν διαφορετικά πρωτόκολλα, π.χ. το επίπεδο της συσκευής και το πρωτόκολλο τεχνολογίας 3G στο επίπεδο δικτύου.

- **Δυνατότητες διαχείρισης**

Με παρόμοιο τρόπο με τα παραδοσιακά δίκτυα επικοινωνίας, οι δυνατότητες διαχείρισης IoT καλύπτουν τα παραδοσιακά σφάλματα, τη διαμόρφωση, τη λογιστική, την απόδοση και την ασφάλεια (FCAPS), δηλαδή διαχείριση σφαλμάτων, διαχείριση παραμέτρων, διαχείριση λογαριασμών, διαχείριση απόδοσης και διαχείριση ασφαλείας. Οι δυνατότητες διαχείρισης IoT μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε γενικές δυνατότητες διαχείρισης και συγκεκριμένες δυνατότητες διαχείρισης.

Οι βασικές δυνατότητες γενικής διαχείρισης στο Διαδίκτυο περιλαμβάνουν:

- i. Διαχείριση συσκευών, όπως ενεργοποίηση και απενεργοποίηση απομακρυσμένης συσκευής, διαγνωστικά, ενημέρωση firmware ή / και λογισμικού, διαχείριση της κατάστασης λειτουργίας συσκευών.
- ii. Διαχείριση Τοπολογίας τοπικού δικτύου.
- iii. Διαχείριση της κυκλοφορίας και της συμφόρησης, όπως ο εντοπισμός των συνθηκών υπερχειλίσης του δικτύου και η εφαρμογή της κράτησης πόρων για κρίσιμες από άποψη χρόνου και / ή ζωτικής σημασίας ροές δεδομένων.

Οι συγκεκριμένες δυνατότητες διαχείρισης συνδέονται στενά με ειδικές απαιτήσεις εφαρμογής, π.χ. απαιτήσεις παρακολούθησης της γραμμής μετάδοσης ισχύος του έξυπνου δικτύου.

- **Δυνατότητες ασφαλείας**

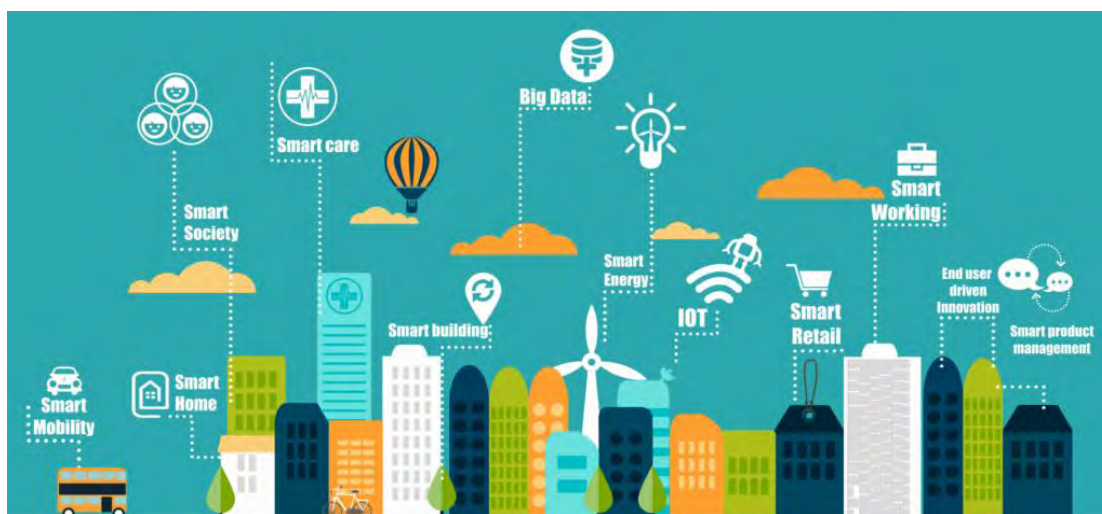
Υπάρχουν δύο είδη δυνατοτήτων ασφαλείας: γενικές δυνατότητες ασφαλείας και ειδικές δυνατότητες ασφαλείας.

Οι γενικές δυνατότητες ασφαλείας είναι ανεξάρτητες από εφαρμογές. Περιλαμβάνουν:

- i. στο επίπεδο εφαρμογής: εξουσιοδότηση, έλεγχος ταυτότητας, προστασία δεδομένων εμπιστευτικότητας και προστασία ακεραιότητας, προστασία της ιδιωτικής ζωής, έλεγχος ασφαλείας και προστασία από ιούς.
- ii. στο επίπεδο δικτύου: εξουσιοδότηση, έλεγχος ταυτότητας, χρήση δεδομένων και σηματοδοσία εμπιστευτικότητας και προστασία ακεραιότητας σηματοδοσίας.
- iii. στο επίπεδο της συσκευής: έλεγχος ταυτότητας, εξουσιοδότηση, επικύρωση ακεραιότητας συσκευής, έλεγχος πρόσβασης, εμπιστευτικότητα δεδομένων και προστασία ακεραιότητας.

Οι συγκεκριμένες δυνατότητες ασφαλείας συνδέονται στενά με ειδικές απαιτήσεις εφαρμογής, π.χ. πληρωμή μέσω κινητού τηλεφώνου.

Συνοπτικά, το Ίντερνετ των «Πραγμάτων» (IoT) είναι ένα ολοκληρωμένο μέρος του Μελλοντικού Διαδικτύου και θα μπορούσε να οριστεί ως μια δυναμική υποδομή παγκοσμίου δικτύου με αυτορρυθμιζόμενες δυνατότητες που βασίζονται σε πρότυπα και διαλειτουργικά πρωτόκολλα επικοινωνίας όπου τα φυσικά και εικονικά «πράγματα» έχουν ταυτότητες, φυσικά χαρακτηριστικά και εικονικές προσωπικότητες και χρησιμοποιούν έξυπνες διεπαφές και ενσωματώνονται άψογα στο δίκτυο πληροφοριών.



Εικόνα 8 Τομείς εφαρμογής IoT

Στο IoT, τα «πράγματα» αναμένεται να γίνουν ενεργοί συμμετέχοντες στις επιχειρήσεις, τις πληροφορίες και τις κοινωνικές διεργασίες όπου μπορούν να αλληλοεπιδρούν και να επικοινωνούν μεταξύ τους και με το περιβάλλον, ανταλλάσσοντας δεδομένα και πληροφορίες «αφηρημένα» για το περιβάλλον, αντιδρώντας αυτόνομα στα γεγονότα «πραγματικού/φυσικού κόσμου» και επηρεάζοντάς τα με διαδικασίες που ενεργοποιούν δράσεις και δημιουργούν υπηρεσίες με ή χωρίς άμεση ανθρώπινη παρέμβαση. Οι διασυνδέσεις με τη μορφή υπηρεσιών διευκολύνουν τις αλληλεπιδράσεις με αυτά τα «έξυπνα πράγματα» μέσω του Διαδικτύου, ζητούν και αλλάζουν την κατάστασή τους και κάθε πληροφορία που σχετίζεται με αυτά, λαμβάνοντας υπόψη τα ζητήματα ασφάλειας και ιδιωτικότητας.

2. Βιομηχανία 4.0

2.1. Η εξέλιξη της βιομηχανίας

Στις αρχές του 17^{ου} αιώνα, στην Μεγάλη Βρετανία, όπου αποτελούσε μία από τις ισχυρότερες δυνάμεις, μια σειρά εφευρέσεων πυροδότησε τη μεγαλύτερη αλλαγή στην ανθρώπινη ζωή, αφού τα εργαλεία χρησιμοποιήθηκαν για πρώτη φορά στην καλλιέργεια χιλιάδες χρόνια νωρίτερα. Αυτές οι εφευρέσεις προκάλεσαν ριζικές αλλαγές στις ζωές των ανθρώπων και στον τρόπο με τον οποίο οργανώνεται η κοινωνία μέχρι και σήμερα. Η συνολική διαδικασία της τεχνολογικής καινοτομίας και της κοινωνικής αλλαγής ονομάζεται Βιομηχανική Επανάσταση. Ο όρος «Βιομηχανική Επανάσταση» έγινε γνωστός μέσα από περιγραφές του Άγγλου ιστορικού Arnold Toynbee για να περιγράψει την οικονομική άνθηση της Αγγλίας από το 1760 μέχρι το 1840 [12].

Αυτές οι αλλαγές, που εξακολουθούν να γίνονται αισθητές στις αρχές του εικοστού πρώτου αιώνα, πραγματοποιήθηκαν σε δύο στάδια. Το πρώτο στάδιο, που αποκαλείται και ως η πρώτη βιομηχανική επανάσταση, διήρκεσε από το 1750 μέχρι περίπου το 1850 και έλαβε χώρα κυρίως στην Αγγλία. Οι δυο πιο σημαντικές εξελίξεις στην τεχνολογία ήταν: η πρώτη ατμομηχανή με χρήση του κάρβουνου, που πουλήθηκε από τον εφευρέτη της στην εταιρία μεταλλικών κατασκευών John Wilkinson στην Αγγλία το 1776, και τις μηχανές που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή υφασμάτων. Τέτοιες μηχανές ήταν η ιπτάμενη σαΐτα που εφευρέθηκε από τον John Kay το 1733, η κλωστική μηχανή που εφευρέθηκε από τον James Hargreaves το 1765, και η υδροκίνητη μηχανή νηματουργίας του Richard Arkwright το 1769 [12]. Αυτή η βιομηχανική εξέλιξη, δεν περιορίστηκε μόνο στην Αγγλία αλλά εκδηλώθηκε και σε άλλες ευρωπαϊκές χώρες όπως το Βέλγιο και τη Γαλλία. Οι ιδέες του διαφωτισμού που επικρατούσαν εκείνη την εποχή, έδωσαν πνευματική υπόσταση στις μεταρρυθμίσεις που ήρθαν αργότερα [13]. Η Αμερική ήταν από τις πρώτες χώρες που ακολούθησαν. Με όλα τα νέα βιομηχανικά επιτεύγματα οι χώρες ξεκίνησαν να ανταγωνίζονται μεταξύ τους και οι πόλεις να γίνονται μεγαλύτερες [13].

Το δεύτερο στάδιο, που με τη σειρά της αποκαλείται ως δεύτερη Βιομηχανική Επανάσταση, διήρκεσε από το 1850 μέχρι το 1940 και έλαβε χώρα, κυρίως στις Ηνωμένες Πολιτείες και στην ηπειρωτική Ευρώπη. Για πολλούς, η δεύτερη

Βιομηχανική Επανάσταση ήταν, από πολλές απόψεις, η συνέχιση της πρώτης [14]. Στην περίοδο αυτή κυριάρχησαν δύο νέες πηγές ενέργειας: ο κινητήρας εσωτερικής καύσης και ο ηλεκτρισμός. Εκτός από την εισαγωγή νέων πηγών ενέργειας και μηχανημάτων, η Βιομηχανική Επανάσταση είχε ως αποτέλεσμα νέους τρόπους σκέψης για την εργασία. Η διαδικασία της δημιουργίας των προϊόντων άρχισε να αντιμετωπίζεται ως ένα σύστημα: οι μηχανές και οι άνθρωποι λειτουργούν μαζί στους χώρους εργασίας, σε εργοστάσια ως μέρη ενός εργοστασιακού συστήματος. Προηγουμένως, τα αγαθά είχαν κατασκευαστεί από μεμονωμένους τεχνίτες που εργάζονταν στο σπίτι. Η προσέγγιση του συστήματος εισήχθη σταδιακά, αρχίζοντας στα τέλη του 17ου αιώνα και προχωρώντας σταθερά στον εικοστό πρώτο αιώνα. Η αλλαγή αυτή ήταν πάρα πολύ σημαντική απ' όσο μπορεί να γίνει αντιληπτό καθώς επηρέασε το ανθρώπινο δυναμικό στον τρόπο που βλέπει την εργασία και στις εργασιακές σχέσεις που μπορούν να αναπτυχθούν. Ακόμα, όλο αυτό το σύστημα παραγωγής είχε μεγάλη επίδραση στις οικονομικές απολαβές και το βιοτικό επίπεδο του πληθυσμού. Σύμφωνα με τον Joel Mokyr, άλλες σημαντικές επιδράσεις της δεύτερης Βιομηχανικής Επανάστασης, ήταν η γεωγραφική εστίαση της τεχνολογικής ηγεσίας μακριά από τη Βρετανία αλλά και η εισαγωγή βασικών θεμελίων για τις μετέπειτα εξελίξεις στο χώρο της βιομηχανίας [14].

Στη συνέχεια, η εισαγωγή ηλεκτρονικών υπολογιστών και του Διαδικτύου το τελευταίο μισό του εικοστού αιώνα θα αποδειχθεί ότι αποτελεί το τρίτο στάδιο της Βιομηχανικής Επανάστασης. Ένας από τους πρώτους πυροδότες της Τρίτης Βιομηχανικής Επανάστασης ήταν η ανάπτυξη του Δικτύου Υπηρεσιών Προηγμένων Ερευνητικών Προγραμμάτων (ARPANET), το οποίο ήταν ένα παλιό δίκτυο μεταγωγής πακέτων και το πρώτο δίκτυο για την εφαρμογή των πρωτοκόλλων TCP / IP. Όλο αυτό είχε ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη του Διαδικτύου και ταυτόχρονα και την εξέλιξη της πληροφορίας. Σύμφωνα με τον Brian Roberts, η Τρίτη Βιομηχανική Επανάσταση είναι παγκόσμια, αλλά και τοπική, δημιουργώντας τον όρο «glocal». Όπως και με τις προηγούμενες δύο περιόδους, η Τρίτη Βιομηχανική Επανάσταση οφείλεται κυρίως στην τεχνολογική πρόοδο στον τομέα της μεταποίησης, της διανομής και ενεργειακούς παράγοντες. Η κύρια εξέλιξη που επέφερε είναι ότι μια μηχανή αναλαμβάνει τμήματα της ανθρώπινης πνευματικής δραστηριότητας, όπως

νωρίτερα οι μηχανές είχαν αντικαταστήσει την ανθρώπινη σωματική δραστηριότητα. Σύμφωνα με άρθρο στο περιοδικό the economist, η Τρίτη βιομηχανική επανάσταση έφερε την ψηφιακή κατασκευή με την εισαγωγή αξιοσημείωτων τεχνολογιών όπως το έξυπνο λογισμικό, τα νέα υλικά, τα προσαρμοσμένα ρομπότ και την τρισδιάστατη απεικόνιση [15].

2.2. Η εμφάνιση της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης - Βιομηχανία 4.0

Οι τρέχουσες αλλαγές στον κόσμο της εργασίας έφεραν στο προσκήνιο την τέταρτη Βιομηχανική Επανάσταση ή Βιομηχανία 4.0, που χαρακτηρίζεται από τις βασικές τεχνολογίες, όπως η γενετική, η τεχνητή νοημοσύνη, το υπολογιστικό νέφος, η νανοτεχνολογία, η βιοτεχνολογία και η εκτύπωση 3D, μεταξύ άλλων [16]. Η Βιομηχανία 4.0 ή όπως την ονομάζουν μερικοί μελετητές «η ψηφιακή επανάσταση», είναι ένα επακόλουθο της τρίτης βιομηχανικής επανάστασης που βασίστηκε στα ηλεκτρονικά μέσα για την πραγματοποίηση ενός υψηλού επιπέδου αυτοματοποίησης στην κατασκευή και συνδυάζει τις τεχνολογικές και ανθρώπινες ικανότητες με άνευ προηγουμένου τρόπο μέσω αλγορίθμων αυτό-εκμάθησης, αυτό-οδήγησης αυτοκινήτων, διασύνδεσης ανθρώπου - μηχανής και αναλύσεων μεγάλων δεδομένων [17].

Η βασική διαφορά από τις προηγούμενες βιομηχανικές επαναστάσεις είναι ότι η σημερινή τεχνολογία δεν στοχεύει πλέον στην αντικατάσταση της σωματικής εργασίας και στην στήριξη των ανθρώπων στην εκτέλεση του έργου τους, αλλά στην αντικατάσταση του γνωστικού έργου και των εργαζομένων συνολικά. Οι υποστηρικτές αυτής της άποψης τόνισαν ότι η τεχνολογική πρόοδος προχωρά με εκθετική ταχύτητα και ότι τώρα βρισκόμαστε ακριβώς στην αρχή των θεμελιωδών αλλαγών και των τεχνολογικών καινοτομιών που πρόκειται να συμβούν στο μέλλον σε λίγες δεκαετίες [16].

Ο όρος Βιομηχανία 4.0 (Industry 4.0) πρωτοεμφανίσθηκε μέσω της κυβέρνησης της Γερμανίας, με πρόγραμμα που έφερε το όνομα “Industry 4.0”, το 2013 και είχε στόχο να καθορίσει τις επενδύσεις της Γερμανίας στην έρευνα και στην ανάπτυξη για τα επόμενα χρόνια. Μετά την έκδοση αυτής της τελικής έκθεσης, τόσο οι ακαδημαϊκοί όσο και οι επαγγελματίες του κλάδου προσπαθούσαν να κατανοήσουν πλήρως ποιες θα είναι οι συνέπειες για την κατασκευή [18]. Το έγγραφο του “Industry

4.0" σκόπευε να αξιοποιήσει την κυριαρχία της χώρας στις μηχανές και στην αυτοκινητοβιομηχανία, προκειμένου να τοποθετηθεί ως ηγέτης σε αυτόν τον νέο τύπο εκβιομηχάνισης [19]. Παρόμοιες στρατηγικές προτάθηκαν επίσης από άλλες κύριες βιομηχανικές χώρες, όπως για παράδειγμα, το "Βιομηχανικό Διαδίκτυο" των ΗΠΑ και "Internet +" από την Κίνα [20]. Λίγο αργότερα, η Ευρωπαϊκή Ένωση πρότεινε την έρευνα της νέας αυτής επανάστασης στο πλαίσιο του ερευνητικού προγράμματος πλαισίου H2020 [21].

Η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση θα είναι διαφορετική από τις προηγούμενες. Η τεχνολογία θα διαδραματίσει πολύ μεγαλύτερο ρόλο στη δημιουργία πλούτου και στην κοινωνικοπολιτική σταθερότητα. Η Ευρωπαϊκή Ένωση θα πρέπει να προχωρήσει σε ένα συνδυασμό πολιτικών ανοιχτών αγορών, ανταγωνισμού, επιχειρηματικότητας και εκπαίδευσης, ώστε να κατευθύνει μια συντονισμένη τεχνολογική πολιτική που θα εφαρμόζεται σε όλα τα κράτη μέλη. Το καίριο είναι ότι η τεχνολογική πολιτική θα πρέπει να διαδραματίσει ενεργό ρόλο σε μια προώθηση σε όλη την ΕΕ και συγκέντρωση των προσπαθειών για τη δημιουργία ενός συστήματος καινοτομίας που θα περιλαμβάνει ακαδημαϊκούς, εταιρικούς και κυβερνητικούς εταίρους. Αυτό θα είχε ως αποτέλεσμα να καταστούν οι δημόσιες δαπάνες περισσότερο συναφείς και να οδηγήσουν σε πρωτοποριακές καινοτομίες που επικρατούν στην αγορά. Ο απώτερος στόχος είναι η βελτίωση του βιοτικού επιπέδου και των ευκαιριών απασχόλησης για τους πολίτες της ΕΕ [17]. Ένα παράδειγμα εφαρμογής της βιομηχανίας 4.0 είναι η Εσθονία, που μόλις σε δύο δεκαετίες κατάφερε να αναπτυχθεί λόγω της ψηφιοποίησης. Συγκριμένα, δημιούργησε την ηλεκτρονική ταυτότητα που είναι συνδεδεμένη με όλες τις δημόσιες υπηρεσίες αλλά και τους λογαριασμούς του κάθε πολίτη [22].

2.3. Βασικές αρχές βιομηχανίας 4.0

Η βιομηχανία 4.0 βασίζεται στην ιδέα του Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT), των Cyber-Physical Συστημάτων (CPS) και το Ίντερνετ των Υπηρεσιών [9].

Με λίγα λόγια, το IoT αποτελεί μια σειρά από νέα ανεξάρτητα ενσωματωμένα σε συστήματα διαστάσεων μικροσίπ, smart συσκευές, real time systems, συστήματα συγκέντρωσης όλων των πληροφοριών σε μεγάλες βάσεις δεδομένων, που

λειτουργούν με δικές τους υποδομές και χρησιμοποιούν το διαδίκτυο για τη διασύνδεση τους.

Τα CPS, αποτελούν ένα κύριο στοιχείο της βιομηχανίας 4.0 καθώς είναι τα συστήματα αυτά που προχωρούν στη σύντηξη του φυσικού και του εικονικού κόσμου δηλαδή σε ενοποιήσεις υπολογισμών και φυσικών διαδικασιών [19][23]. Ενσωματωμένοι υπολογιστές-δίκτυα παρακολουθούν και ελέγχουν τις φυσικές διαδικασίες, συνήθως με βρόχους ανάδρασης όπου επηρεάζονται οι φυσικές διεργασίες υπολογισμών και αντίστροφα. Η ανάπτυξη των CPS χαρακτηρίζεται από τρεις φάσεις. Η πρώτη αφορά στην παραγωγή CPS και περιλαμβάνει τεχνολογίες αναγνώρισης, η δεύτερη γενιά των CPS είναι εξοπλισμένα με αισθητήρες και ενεργοποιητές με περιορισμένο φάσμα λειτουργιών και η τρίτη γενιά, μπορούν να αποθηκεύουν και να αναλύουν δεδομένα καθώς είναι εξοπλισμένα με πολλαπλούς αισθητήρες και ενεργοποιητές που είναι συμβατά με το δίκτυο [23].

Όταν εφαρμόζονται στην παραγωγή, τα CPS εξειδικεύονται σε υπολογιστικά συστήματα φυσικής παραγωγής (CPPS) [21]. Αυτό οδηγεί σε μετατόπιση από τα κεντρικά συστήματα ελέγχου σε μια πιο αποκεντρωμένη αντίληψη. Για τον λόγο αυτό, ένας από τους πρώτους ορισμούς που δόθηκε για τη Βιομηχανία 4.0 είναι πως πρόκειται για την ευελιξία που υπάρχει στα δίκτυα που δημιουργούν αξία, η οποία αυξάνεται με την εφαρμογή cyber-physical production systems (CPPS) [24].

2.4. Η βιομηχανία 4.0 στην παραγωγή και η χρήση των IoT

Η μετάβαση προς τη Βιομηχανία 4.0 έχει σημαντική επίδραση στη βιομηχανική παραγωγή. Βασίζεται στην κατασκευή και μετατροπή παλιών εργοστασίων-«έξυπνων» εργοστασίων, «έξυπνων» προϊόντων και «έξυπνων» υπηρεσιών ενσωματωμένων σε ένα διαδίκτυο πραγμάτων και υπηρεσιών που ονομάζεται επίσης βιομηχανικό διαδίκτυο. Η εξέλιξη προς τη Βιομηχανία 4.0 προσφέρει τεράστιες ευκαιρίες για την υλοποίηση βιώσιμης παραγωγής χρησιμοποιώντας την πανταχού παρούσα υποδομή τεχνολογίας πληροφοριών και επικοινωνιών. Αυτό επιτρέπει στις μηχανές και γενικότερα στα εργοστάσια να προσαρμόζουν τη διαχείριση στις μεταβαλλόμενες παραγγελίες και τις συνθήκες λειτουργίας μέσω της αυτό-βελτιστοποίησης και της αναδιάταξης. Η βασικότερη ικανότητα είναι να συλλέγουν

πληροφορίες, να εξάγουν συμπεράσματα από αυτές, να αλλάζουν την συμπεριφορά τους και τέλος να προσαρμόζονται αναλόγως την επόμενη φορά σε αντίστοιχη περίπτωση. «Έξυπνα συστήματα» και διαδικασίες παραγωγής καθώς και κατάλληλες μέθοδοι θα αποτελέσουν βασικούς παράγοντες για την επιτυχή υλοποίηση κατανεμημένων και διασυνδεδεμένων εγκαταστάσεων παραγωγής σε μελλοντικά «έξυπνα» εργοστάσια Smart Factories [24].

“Smart Factories” ορίζονται τα εργοστάσια αυτά που βοηθούν παράλληλα τον άνθρωπο και τα μηχανήματα κατά την εκτέλεση της εργασίας. Αυτό επιτυγχάνεται με συστήματα που υπάρχουν στο παρασκήνιο. Αυτά τα συστήματα μπορούν να βοηθήσουν στην πραγματοποίηση μιας εργασίας τους με πληροφορίες που έρχονται από τον πραγματικό και τον εικονικό κόσμο. Πληροφορίες σχετικά με τον πραγματικό κόσμο είναι π.χ. η θέση ή η κατάσταση ενός εργαλείου, ενώ αντίθετα, πληροφορίες του εικονικού κόσμου είναι τα ηλεκτρονικά έγγραφα, σχέδια και μοντέλα προσομοίωσης [14]. Περισσότερη ανάλυση σχετικά με τα “smart factories” θα δοθούν σε επόμενο κεφάλαιο.

3. Industrial Internet

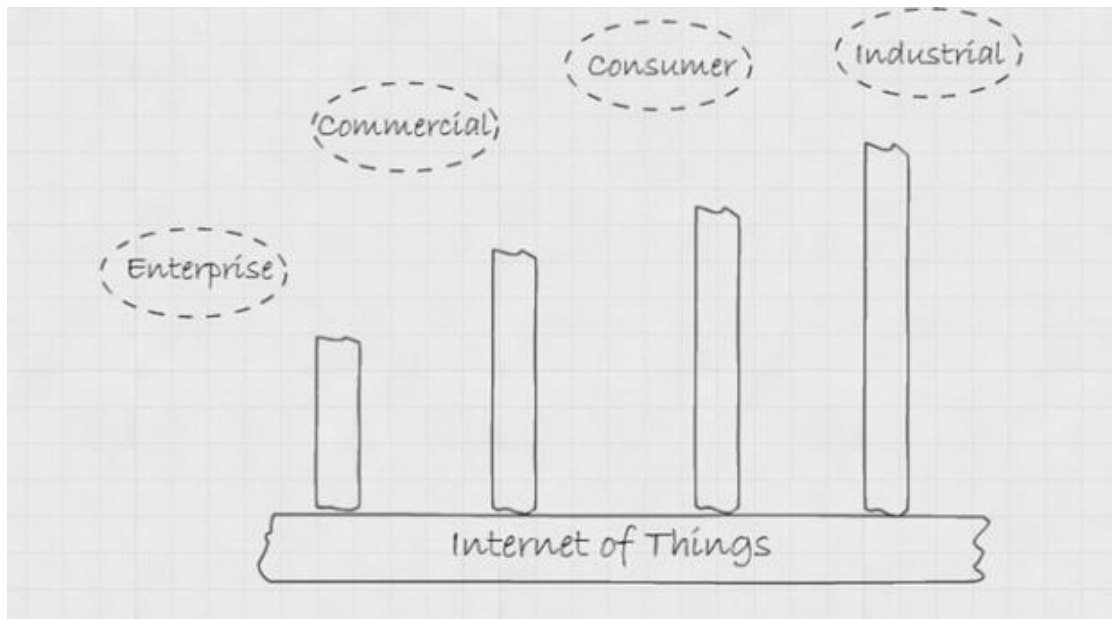
«Το Industrial Internet [of Things] θα μετασχηματίσει αρκετά τη βιομηχανική παραγωγή, το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο, την γεωργία, την εξόρυξη μεταλλευμάτων, τις μεταφορές και την ιατροφαρμακευτική περίθαλψη» [25].



Εικόνα 9 Τομείς Industrial Internet

Η αναφορά αυτή στην έρευνα του Παγκόσμιου Οικονομικού Forum σχετικά με το Βιομηχανικό Διαδίκτυο των Πραγμάτων, δείχνει την δυναμική και τα πιθανά κέρδη που μπορεί να προσφέρει στη Βιομηχανία.

Το Industrial Internet of Things [IIoT] είναι μια υποκατηγορία της ευρύτερης έννοιας του Internet of Things. Το IIoT περιέχει το Industrial IoT καθώς επίσης και κάποια επιπλέον άλλα στοιχεία, όπως για παράδειγμα φορητές συσκευές, «έξυπνους» φούρνους κι άλλα «έξυπνα» καταναλωτικά προϊόντα. Η εφαρμογή του IIoT στην βιομηχανική παραγωγή αναφέρεται ως Industrial Internet. Η ονομασία αυτή δόθηκε από την General Electric [26], ενώ άλλες εταιρίες όπως η Cisco το ονόμασαν Internet of Everything ή Internet 4.0. Είναι σημαντικό να γίνει ένας κάθετος διαχωρισμός των διαφόρων σκοπών εφαρμογής του IIoT, όπως οι καταναλωτικές, εμπορικές και βιομηχανικές μορφές του Internet, με την ευρύτερη οριζόντια έννοια του IIoT, καθώς διαθέτουν διαφορετικό κοινό απήχησης, τεχνικές απαιτήσεις και στρατηγικές.



Εικόνα 10 Οριζόντιες και κάθετες μορφές IoT

Η καταναλωτική αγορά έχει σαφώς μεγαλύτερη προβολή χάρις στα «έξυπνα» σπίτια, τις διάφορες συσκευές (κινητά τηλέφωνα, συστήματα καταγραφής επιδόσεων σε μηχανήματα γυμναστικής, συστήματα ψυχαγωγίας κλπ.). Επίσης η εμπορική αγορά έχει μεγάλη απήχηση μιας και διαθέτει διάφορες υπηρεσίες χρηματοπιστωτικών και επενδυτικών προϊόντων, τραπεζικές και ασφαλιστικές υπηρεσίες, το ηλεκτρονικό εμπόριο τα οποία βασίζονται στο καταναλωτικό ιστορικό, στις επιδόσεις και στην αξία των καταναλωτικών αγαθών. Παρατηρώντας, τη Εικόνα 10 γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι το μεγαλύτερο κάθετο εύρος εμφανίζεται στο Industrial Internet το οποίο περιλαμβάνει στοιχεία όπως η παραγωγή ενέργειας, βιομηχανική παραγωγή, γεωργία, υγεία, λιανεμπόριο, μεταφορές, αεροπορία, διαστημικά ταξίδια, διαχείριση και πολλά άλλα.

3.1. Τι είναι το Industrial Internet

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως το Industrial Internet είναι μία υποκατηγορία του IoT ή πιο απλά η εφαρμογή του στην βιομηχανία. Συγκεκριμένα το Industrial Internet παρέχει έναν τρόπο για πληρέστερη αντίληψη, κατανόηση και εκμετάλλευση των λειτουργιών καθώς και του συνόλου του ενεργητικού (πρώτες ύλες, προϊόντα κλπ) μιας εταιρίας, με την ενσωμάτωση αισθητήρων, Middleware

(ενδιάμεσα λογισμικά), Software (λογισμικών) και backend ^{2[2]} cloud υπολογιστικών και αποθηκευτικών συστημάτων. Επομένως, παρέχει μια μέθοδο μετατροπής επιχειρηματικών επιχειρησιακών λειτουργιών χρησιμοποιώντας το feedback (ανατροφοδότηση) αποτελεσμάτων που προέκυψαν από την προηγμένη ανάλυση μεγάλου συνόλου δεδομένων. Τα οφέλη των επιχειρήσεων επιτυγχάνονται μέσω της βελτίωσης της λειτουργικής αποδοτικότητας, την επιτάχυνση της παραγωγής καθώς μειώνονται οι απρογραμμάτιστες διακοπές στην λειτουργία χάρις στην βελτιστοποίηση της αποτελεσματικότητας.



Εικόνα 11 Τι περιλαμβάνει το Industrial Internet of Things

Η τεχνολογία και οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται τώρα στην υπάρχουσα Machine to Machine (M2M) τεχνολογία δεν διαφέρει πολύ από αυτή που απαιτείται για την υλοποίηση του IIoT, όμως διαφέρει ο βαθμός και ο τρόπος λειτουργίας της. Μεγάλες ροές δεδομένων μπορούν να αναλυθούν διαδικτυακά χρησιμοποιώντας προηγμένα cloud-hosted αναλυτικά στοιχεία με ταχύτητες καλωδίου χάρις στο Big Data. Επιπλέον, μεγάλες ποσότητες δεδομένων μπορούν να αποθηκευτούν σε cloud συστήματα διανομής για μελλοντική χρήση. Με τη βοήθεια αυτών των υπολογιστικών στοιχείων μπορούν να εξαχθούν πληροφορίες και στατιστικά τα οποία προηγουμένως δεν θα ήταν εφικτό λόγω ισχυρών αλγορίθμων ή

² Το front-end και το back-end είναι όροι που χρησιμοποιούνται για τον χαρακτηρισμό διεπαφών και υπηρεσιών προγράμματος σε σχέση με τον αρχικό χρήστη αυτών των διεπαφών και υπηρεσιών. (Ο "χρήστης" μπορεί να είναι άνθρωπος ή πρόγραμμα.)

μικροσκοπικών συνόλων δειγματοληψίας. Στη συνέχεια οι μηχανικοί παραγωγής μπορούν να χρησιμοποιήσουν τα αποτελέσματα αυτά για την βελτιστοποίηση της λειτουργίας, την αύξηση της παραγωγικότητας και την αποδοτικότητα και φυσικά τη μείωση του κόστους.

3.2. Στοιχεία κλειδιά του IIoT

Αισθητήρες

Το IIoT είναι ένα σύνολο διαφόρων τεχνολογιών που το άθροισμα τους έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία ενός μεγαλύτερου συστήματος. Η εξέλιξη των αισθητήρων προσφέρει δυνατότητες οι οποίες παλαιότερα δεν θα ήταν εφικτές. Για παράδειγμα, ένας αισθητήρας που μετρά τη θερμοκρασία με ακρίβεια, πλέον έχει την δυνατότητα να εκτιμά και την ωφέλιμη διάρκεια ζωής και να ενημερώνει σχετικά με αυτή. Συνεπώς, ένας αισθητήρας, πέρα ότι μπορεί να παράγει δεδομένα με ακρίβεια, μπορεί και να προβλέπει. Παρόμοια, αισθητήρες μηχανών μπορούν να αυτό-προβλέπουν, να αυτό-εκτιμούν και να αυτό-συγκρίνουν. Πιο συγκεκριμένα μπορούν να συγκρίνουν τις τρέχουσες ρυθμίσεις των παραμέτρων τους και του περιβάλλοντος με βέλτιστα προκαθορισμένα πρότυπα ρυθμίσεων ή με ανώτερα-κατώτερα όρια και αναλόγως να προσαρμόζονται. Αυτό ονομάζεται αυτό-διάγνωση.

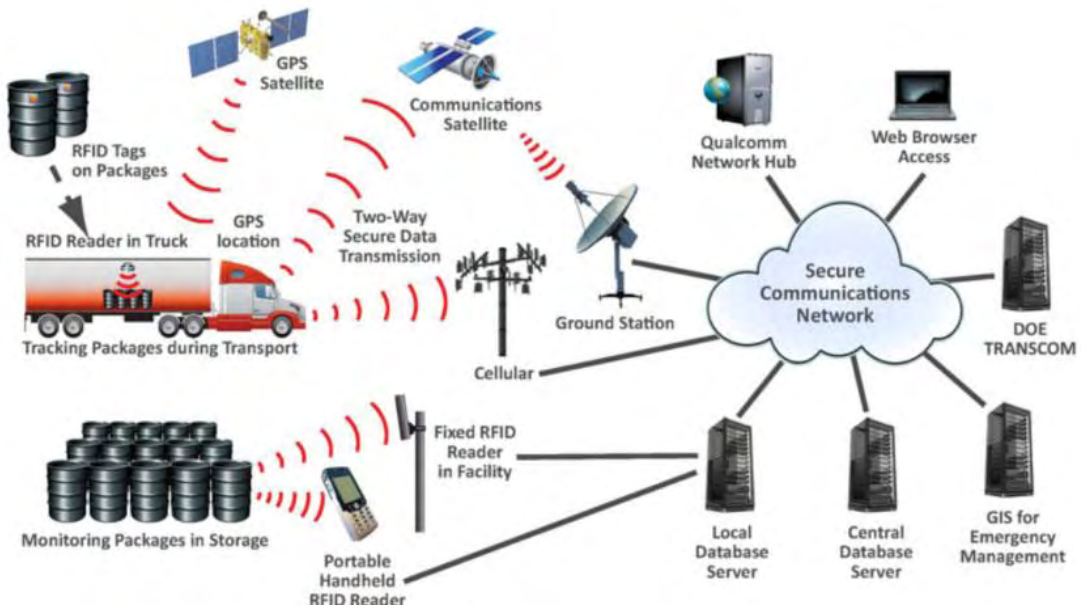


Εικόνα 12 Συλλογή δεδομένων από αισθητήρες

Το κόστος και το μέγεθος της τεχνολογίας έχει μειωθεί σε πολύ μεγάλο βαθμό τα τελευταία χρόνια. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα η χρήση των αισθητήρων σε μηχανές, σε διαδικασίες ακόμα και σε ανθρώπους.

RFID

«Το RFID είναι τα αρχικά του όρου Radio Frequency Identification, η απόδοση του στα ελληνικά ορίζεται ως «ταυτοποίηση μέσω ραδιοσυχνοτήτων». Τα συστήματα RFID αποτελούν ένα υποσύνολο των Συστημάτων Αυτόματου Προσδιορισμού (Automatic Identification Systems). Ειδικότερα λειτουργεί ως γενικός όρος των τεχνολογιών που χρησιμοποιούν ραδιοκύματα για να προσδιορίσουν αυτόματα ανθρώπους ή αντικείμενα.» [27]. Η RFID χρησιμοποιεί ηλεκτρομαγνητικά πεδία για την αυτόματη αναγνώριση και παρακολούθηση υπογραφών (tag) που είναι προσαρτημένα σε αντικείμενα. Οι ετικέτες περιέχουν ηλεκτρονικά αποθηκευμένες πληροφορίες. Τα παθητικά tags συλλέγουν ενέργεια από τα ασύρματα ραδιοκύματα που βρίσκονται κοντά στο αναγνωστικό τετράγωνο RFID. Τα ενεργά tags έχουν μια τοπική πηγή ενέργειας (όπως μια μπαταρία) και μπορεί να λειτουργούν σε απόσταση εκατοντάδων μέτρων από το αναγνωριστικό RFID. Το tag δεν χρειάζεται να βρίσκεται εντός της οπτικής επαφής του αναγνωριστικού, επομένως μπορεί να ενσωματωθεί μέσα στο αντικείμενο που παρακολουθείται. Η RFID είναι μία μέθοδος για την αυτόματη αναγνώριση και καταγραφή δεδομένων (AIDC). Τα RFID tags χρησιμοποιούνται σε πολλές βιομηχανίες, για παράδειγμα, ένα RFID tag μπορεί να είναι προσαρμοσμένο σε ένα αυτοκίνητο κατά τη διάρκεια της παραγωγής με σκοπό να χρησιμοποιηθεί για την παρακολούθηση της προόδου στη γραμμή συναρμολόγησης. Τα φαρμακευτικά προϊόντα με RFID tag μπορούν να εντοπιστούν μέσω αποθηκών και η εμφύτευση μικροσίπ RFID στα ζώα και τα κατοικίδια ζώα επιτρέπει τη θετική ταυτοποίηση των ζώων.



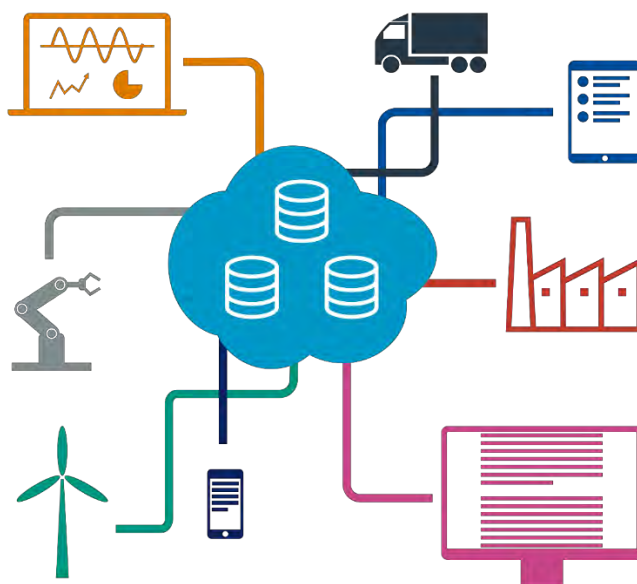
Εικόνα 13 Σχηματική αναπαράσταση λειτουργίας RFID

Η τεχνολογία RFID αναπτύσσεται όλο και περισσότερο και βρίσκει εφαρμογή π.χ. σε εργοστάσια, αποθήκες και καταστήματα λιανικής πώλησης. Η τεχνολογία των αισθητήρων υιοθετείται επίσης στον τομέα της παραγωγής και των logistics προκειμένου να ελέγχονται οι διαδικασίες και η ποιότητα των αγαθών. Στις παραδοσιακές εφαρμογές RFID, όπως ο έλεγχος πρόσβασης και η αυτοματοποίηση παραγωγής, τα tags υιοθετήθηκαν από διαδικασίες κλειστού βρόχου και τα δεδομένα RFID καταναλώθηκαν μόνο από ένα client system. Συνεπώς, υπήρξε ελάχιστη ανάγκη για ανταλλαγή δεδομένων πέρα των ορίων της επιχείρησης. Με τον ίδιο τρόπο που τα αρχικά συστήματα επιχειρηματικών πληροφοριών του παρελθόντος εξελίχθηκαν σε συστήματα υψηλής δικτύωσης που χρησιμοποιούν εκτενώς το Διαδίκτυο, οι εφαρμογές RFID ανοιχτού βρόχου σε περιβάλλοντα δικτύου.

Big Data

Τα Big Data, καθώς και τα προηγμένα αναλυτικά εργαλεία τα οποία έχουν αναφερθεί και νωρίτερα, αποτελούν βασικό εργαλείο του IIoT γιατί καταφέρνουν να «προβλέπουν» και διαμορφώνουν μια σαφέστερη εικόνα σχετικά με το εσωτερικό μιας μηχανής ή μιας διαδικασίας. Σε συνδυασμό με τα χαρακτηριστικά της αυτό-πρόβλεψης και της αυτό-αντίληψης των αναλυτικών στοιχείων μπορούν να

παραχθούν ακριβή χρονοδιαγράμματα προληπτικής συντήρησης για μηχανήματα και λοιπά εργαλεία, διατηρώντας την παραγωγική τους λειτουργία, μειώνοντας την αναποτελεσματικότητά τους όπως επίσης και το κόστος της περιττής συντήρησης.



Εικόνα 14 Συλλογή δεδομένων

Ένας επιπρόσθετος λόγος είναι η εμφάνιση τα τελευταία χρόνια του cloud computing το οποίο παρέχει την δυνατότητα πολλών υπολογισμών, αποθήκευσης και δικτύωσης, στοιχεία απαραίτητα για την υλοποίηση των Big Data σε χαμηλό κόστος.

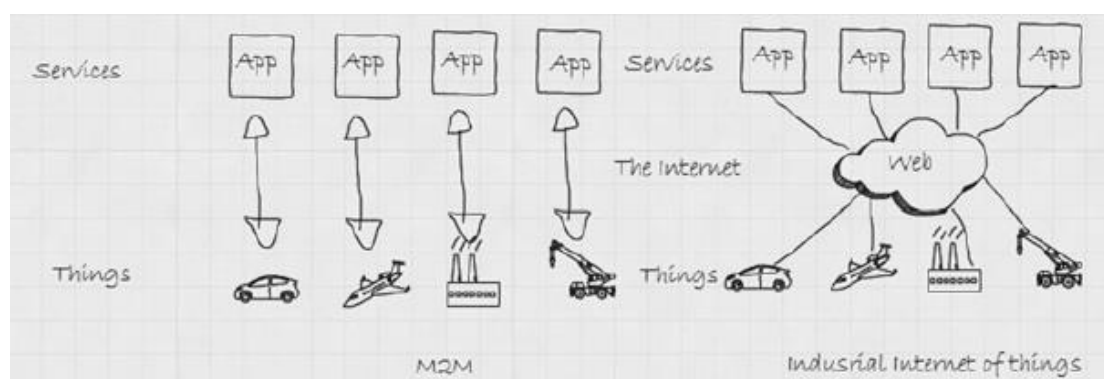
3.3. Αρχιτεκτονική του IIoT

Αρχικά θα γίνει μια αναφορά στην τεχνολογία Machine to Machine ώστε να είναι πιο κατανοητή.

«Η Machine to Machine τεχνολογία αναφέρεται στην απευθείας επικοινωνία μεταξύ συσκευών χρησιμοποιώντας κάποιο κανάλι επικοινωνίας, είτε αυτό είναι ασύρματο ή ενσύρματο, με σκοπό την ανταλλαγή πληροφοριών και την ανάληψη ενεργειών χωρίς την παρέμβαση του ανθρώπου.» [28]

Το Industrial Internet εξαρτάται από την δομή της M2M. Πολλές φορές ήδη υπάρχουσες τεχνολογίες αποτέλεσαν πηγή έμπνευσης για νέες καινοτομίες. Έτσι και στην περίπτωση του IIoT η τεχνολογία του M2M αποτέλεσε μια φυσική εξέλιξη του.

Αυτό γίνεται εύκολα αντιληπτό στην βιομηχανική παραγωγή, η οποία χρησιμοποιεί M2M επικοινωνία μεταξύ αυτοματοποιημένων μηχανών.



Εικόνα 15 Διαφορά M2M και IoT αρχιτεκτονικής

Στην παραπάνω εικόνα φαίνεται πως η βασική διαφορά μεταξύ της M2M αρχιτεκτονικής και της IIoT αρχιτεκτονικής είναι το Internet. Ωστόσο η πραγματικότητα διαφέρει κατά πολύ εξετάζοντας την τεχνολογία IIoT.

Όπως έχει αναφερθεί το Industrial Internet αποτελεί υποκατηγορία του Internet of Things. Υπάρχουν πολλά συστήματα που εφαρμόζονται στην βιομηχανία τα οποία συνδυάζονται με αισθητήρες, ενεργοποιητές, διάφορα λογικά στοιχεία και δίκτυα επιτρέποντας να συνδέονται μεταξύ τους και να λειτουργούν. Η διαφορά με το Βιομηχανικό Ίντερνετ έγκειται στο ότι αυτά τα βιομηχανικά συστήματα (Industrial Systems) όταν συνδεθούν με το Ίντερνετ, ενσωματώνονται με τα υπόλοιπα επιχειρησιακά συστήματα με σκοπό τη βελτίωση των παραγωγικών διαδικασιών και τότε ονομάζονται Industrial Internet Systems (IISs). Τα IISs παρέχουν σημαντικά δεδομένα λειτουργίας μέσω αισθητήρων στα επιχειρησιακά πληροφοριακά συστήματα ώστε να γίνει επεξεργασία των δεδομένων, να διατηρηθεί cloud-based ιστορικό και να γίνει ανάλυση, με σκοπό την πρόληψη. Τα επιχειρησιακά πληροφοριακά συστήματα θα διαμορφώσουν και θα πάρουν τις αποφάσεις που χρειάζονται για την βελτίωση της λειτουργικής αποδοτικότητας και για την καλύτερη συνεργασία μεταξύ των βιομηχανικών συστημάτων ελέγχου. Η επίτευξη αυτών των χαρακτηριστικών απαιτεί ένα τυποποιημένο, ανοικτό και ευρέως εφαρμόσιμο πλαίσιο. Η αρχιτεκτονική του Industrial Internet εκ φύσεως είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε ένα είναι ευέλικτο και να καλύπτει ένα μεγάλο εύρος εφαρμογής σε διαφόρων

τύπων βιομηχανίες. Οι δυνατότητες που προσφέρει η δομή του IIoT ξεπερνά τις διαθέσιμες τεχνολογίες, με αποτέλεσμα να οδηγεί στην ανάπτυξη νέων τεχνολογιών για την κάλυψη των τεχνολογικών κενών [29].

3.4. Δομή του Βιομηχανικού Ίντερνετ

Η δομή του Βιομηχανικού Ίντερνετ βασίζεται στην ISO/IEC/IEEE 42010:2011 τυποποίηση, στην οποία συνοψίζονται οι συμβάσεις και οι συνήθεις πρακτικές που απαιτούνται. Σχεδιάζοντας ένα δίκτυο για το σκοπό και με τα χαρακτηριστικά που έχουν αναφερθεί έως τώρα, θα πρέπει πρώτα από όλα να είναι ξεκάθαρες κάποιες βασικές προϋποθέσεις.

- Το αντικείμενο της επιχείρησης.
- Οι απαιτήσεις υλοποίησης.
- Η λειτουργικότητα.
- Υλοποίηση.

Το αντικείμενο της επιχείρησης

Ο σκοπός για τον οποίο θα χρησιμοποιηθεί το IIoT, η αποδιδόμενη αξία του στην επιχείρηση, ο εναρμονισμός του με την στρατηγική της επιχείρησης καθώς και τα οικονομικά μεγέθη είναι μερικά ζητήματα τα οποία θα πρέπει να έχουν ξεκαθαριστεί εξ' αρχής. Οι υπεύθυνοι λήψης αποφάσεων οφείλουν να έχουν εντοπίσει και αξιολογήσει τις επιχειρηματικές ανησυχίες και απαιτήσεις τους, μιας και θα διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στην κατάστρωση του στρατηγικού πλάνου.

Οι απαιτήσεις υλοποίησης

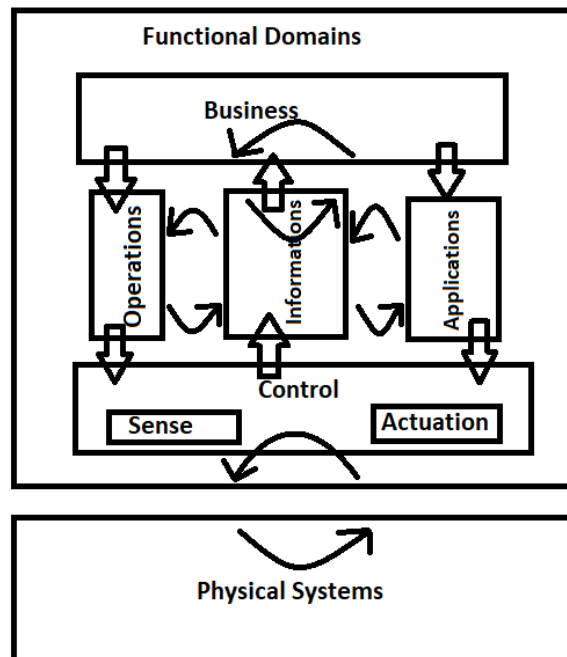
Τα διάφορα σενάρια χρήσης του δικτύου, με σκοπό το σύστημα να αποδίδει την επιθυμητή λειτουργία καθώς και τα ανάλογα αποτελέσματα, πρέπει να είναι προκαθορισμένα ώστε να μπορούν να υπολογιστούν με ακρίβεια οι απαιτήσεις του συστήματος.

Η λειτουργικότητα

Η ομαλή λειτουργία του συστήματος είναι ευκολότερο να περιγραφεί παρά να υλοποιηθεί σε μεγάλης κλίμακας συστήματα, για τον λόγο αυτό η Κοινοπραξία Βιομηχανικού Ίντερνετ (Industrial Internet Consortium) καθόρισε ένα λειτουργικό μοντέλο-πλαίσιο, το οποίο μπορεί να εφαρμοστεί σε διάφορους τύπους βιομηχανίας

και IISs. Η εφαρμογή του συγκεκριμένου μοντέλου είναι ευέλικτη χωρίς οι απαιτήσεις του να είναι υποχρεωτικές, ούτε στον ελάχιστο βαθμό. Έτσι για παράδειγμα, η χρήση του μοντέλου σε μία βιομηχανία μπορεί να δώσει μεγαλύτερη έμφαση σε κάποιους τομείς της λειτουργίας του σε σχέση με μία άλλου τύπου βιομηχανία. Το μοντέλο αυτό βασίζεται σε 5 τομείς [30].

1. Ελέγχου
2. Λειτουργίας
3. Πληροφορίας
4. Εφαρμογής
5. Επιχειρησιακός

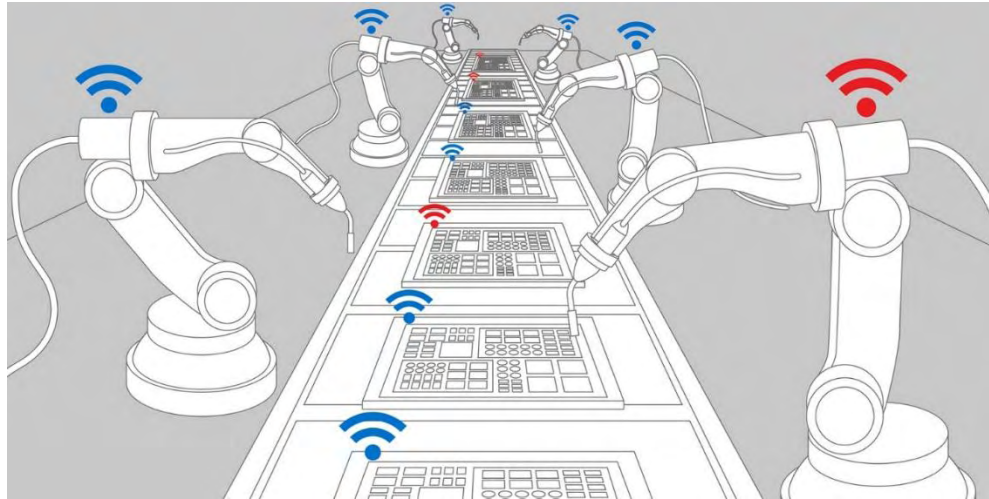


Εικόνα 16 Τομείς λειτουργίας

Κατά το σχεδιασμό του functional τομέα προτιμήθηκε να υπάρχει μεγάλο εύρος εφαρμογής και ευέλικτοι μέθοδοι υλοποίησης, για να μπορεί να χρησιμοποιηθεί πάνω σ' ένα ενιαίο σύστημα ή να διαιρεθεί σε υποτομείς τους οποίους μπορεί να διανείμει σε διάφορα συστήματα.

1. Τομέας Ελέγχου

Μια αναπαράσταση του τομέα ελέγχου θα μπορούσε να είναι η εκτέλεση εργασιών από διάφορες λειτουργικές μονάδες, όπως η ανάγνωση δεδομένων από αισθητήρες, στη συνέχεια οι λογικές μονάδες αναλαμβάνουν δράση και ακολούθως εφαρμόζονται τα αποτελέσματα, από τις προηγούμενες μονάδες, στις μηχανές ώστε να συνεχιστεί η διαδικασία. Η ακρίβεια και η ανάλυση είναι απαραίτητα χαρακτηριστικά σε μία βιομηχανική διαδικασία, που συνήθως προέρχονται από τους αισθητήρες και τις λογικές μονάδες. Ο τομέας ελέγχου, φέρ' ειπείν ενός πυρηνικού εργοστασίου μπορεί να είναι ένα μεγάλο σύστημα IIS, όπως μια αίθουσα ελέγχου ή σ' ένα αυτόνομο όχημα μπορεί να είναι ένας μικροεπεξεργαστής ο οποίος ελέγχει την θερμοκρασία ενός «έξυπνου» γραφείου. Ο τομέας ελέγχου είναι σχεδιασμένος από απλές λειτουργίες, οι οποίες διαφέρουν από την πολυπλοκότητα τους. Ένα βιομηχανικό σύστημα χρειάζεται έναν αισθητήρα, έτσι και ο τομέας ελέγχου χρειάζεται μία λειτουργία ώστε να μπορεί να «διαβάσει» την δραστηριότητα ενός αισθητήρα. Απαραίτητα «δομικά» υλικά δεν είναι μόνο το υλικό, το λογισμικό αλλά και τα αναλυτικά στοιχεία, αφού είναι πιθανόν να υπάρχει επαναλαμβανόμενη ανίχνευση, όπως μηχανισμοί που απαιτούν σύνδεση σε πραγματικό χρόνο. Επιπροσθέτως, αναγκαίο χαρακτηριστικό του τομέα είναι ικανότητα να χειρίζεται με έξυπνο τρόπο τους ενεργοποιητές, δηλαδή τις διαδικασίες εκκίνησης ή διαχείρισης των μηχανημάτων. Παραδείγματα λειτουργίας των ενεργοποιητών είναι η ανίχνευση της υπερθέρμανσης ή οι εκτεταμένοι κραδασμοί ενός κινητήρα, γεγονότα που πιθανώς να είναι επικίνδυνα.



Εικόνα 17 Σχηματική αναπαράσταση επικοινωνίας

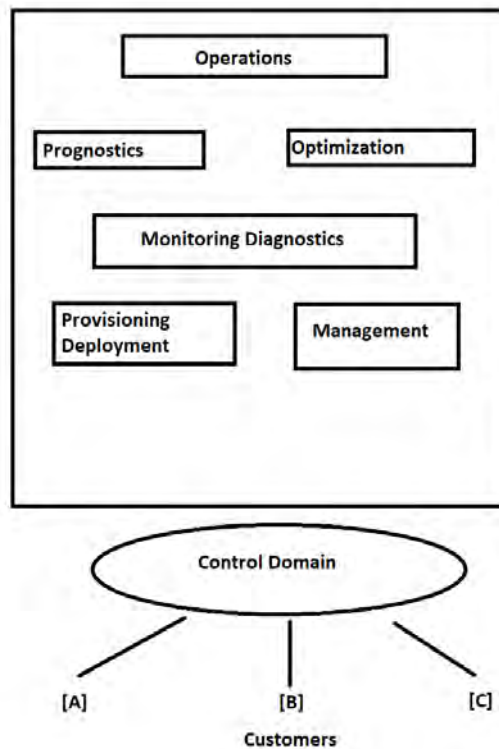
Η λειτουργία της επικοινωνίας είναι αυτή που συνδέει όλες τις συσκευές μεταξύ τους, μέσω ενός κοινού πρωτοκόλλου. Η ομοιογένεια σ' ένα σύστημα IIoT είναι απαραίτητη, όμως είναι δύσκολο να επιτευχθεί χωρίς να χρειάζεται «μετάφραση» μεταξύ των συσκευών. Σ' ένα «έξυπνο» κτίριο προφανώς, υπάρχουν χιλιάδες διαφορετικές συσκευές με διαφορετικά πρωτόκολλα αρκετές από αυτές. Προκειμένου όλες οι συσκευές να καταφέρουν να επικοινωνούν σωστά απαιτούνται πρωτόκολλα μετάφρασης.

Η μοντελοποίηση των δεδομένων ασχολείται με την παρουσίαση καταστάσεων, συνθηκών και συμπεριφορών ελεγχόμενων συστημάτων. Η πολυπλοκότητα της μοντελοποίησης δεδομένων εξαρτάται από το είδος των συστημάτων που βρίσκονται υπό έλεγχο. Λιγότερες απαιτήσεις απαιτούνται ώστε να διατηρηθεί σταθερή η θερμοκρασία ενός λέβητα σε σχέση με το πρότυπο συμπεριφοράς ενός κινητήρα αεριοθούμενου αεροσκάφους.

2. Τομέας λειτουργίας

Τα παραδοσιακά συστήματα ελέγχου επικοινωνούν και συνδέονται μεταξύ τους μόνο με όσα βρίσκονται στον ίδιο χώρο. Αυτό με την συμβολή του Industrial Internet αλλάζει, πλέον τα IISs επικοινωνούν με άλλα τα οποία μπορεί να βρίσκονται στην άλλη μεριά της γης. Με αυτό τον τρόπο

επιτυγχάνεται η αναταλλαγή δεδομένων και η εκμάθηση του ενός από το άλλο.



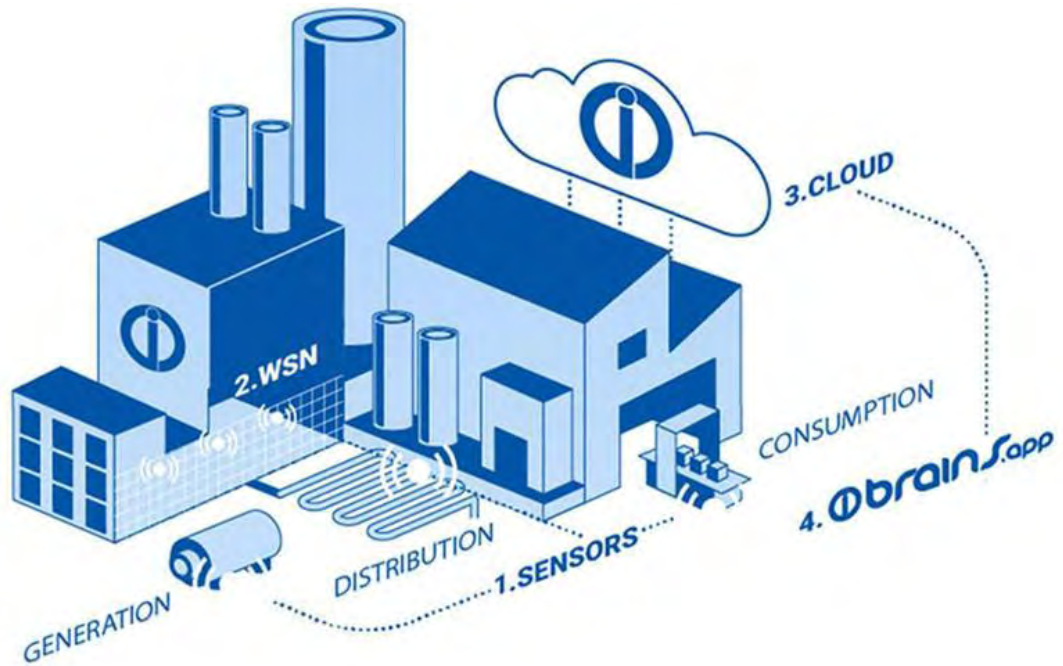
Εικόνα 18 Σχηματική αναπαράσταση των λειτουργιών του τομέα ελέγχου

Ο τομέας λειτουργίας αποτελείται από διάφορα μέρη, όπως είναι η πρόγνωση, η βελτιστοποίηση, η διάγνωση, η παροχή και η διαχείριση συστημάτων. Τα στοιχεία αυτά του τομέα σχετίζονται με τις χαμηλού επιπέδου λειτουργίες.

Η παροχή μιας υπηρεσίας συνεπάγεται στο να είναι μία υπηρεσία διαθέσιμη. Η χρησιμότητά της έγκειται ώστε οι υπηρεσίες να είναι έτοιμες για μετάδοση σε πραγματικό χρόνο από απόσταση, με ασφάλεια, ανεξάρτητα από τον όγκο της υπηρεσίας και να είναι οικονομικά αποδοτικό.

Η διαχείριση συστημάτων παρέχει εργαλεία τα οποία δίνουν την δυνατότητα να έχουν αμφίδρομη επικοινωνία, στοιχεία διαχείρισης (πχ προμήθειες) με στοιχεία ενεργητικού (πχ αισθητήρες, συσκευές) προκειμένου να ελέγχουν και να διαχειρίζονται απομακρυσμένα.

Η παρακολούθηση και η διάγνωση είναι απαραίτητες λειτουργίες σ' ένα βιομηχανικό περιβάλλον. Η ανίχνευση κι η πρόγνωση βλαβών ή δυσλειτουργιών έγκαιρα μπορεί να αποβεί καταλυτική για την εύρυθμη λειτουργία. Η ικανότητα ανίχνευσης και η προληπτική αποκατάσταση βασίζονται στα αναλυτικά εργαλεία και στην πρόβλεψη σε πραγματικό χρόνο.



Εικόνα 19 Διαχείριση συστημάτων

Η πρόγνωση είναι απόρροια των λειτουργιών της παρακολούθησης και της διάγνωσης. Με τη βοήθεια των αναλυτικών εργαλείων που επεξεργάζονται τα δεδομένα του ιστορικού ενός βιομηχανικού συστήματος είναι εύκολο να εντοπιστούν δυσλειτουργίες σε μηχανές ή διαδικασίες πριν αυτές εμφανιστούν. Λειτουργεί ως προληπτικό εργαλείο.

Η λειτουργία της βελτιστοποίησης αποσκοπεί στην βελτίωση της αποδοτικότητας και της αποτελεσματικότητας ενός συστήματος. Η αξιοπιστία ενός συστήματος είναι σημαντικό χαρακτηριστικό για ένα σύστημα όπως επίσης κι η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας. Επιπλέον η λειτουργία της βελτιστοποίησης προσπαθεί να

διασφαλίσει ότι όλα συστήματα θα λειτουργούν με μέγιστη βέλτιστη απόδοση.

3. Τομέας πληροφορίας

Ο βασικός στόχος του τομέα αυτού είναι η συλλογή δεδομένων από τους υπόλοιπους τομείς με σκοπό τον μετασχηματισμό τους σε πληροφορίες που θα χρησιμοποιηθούν ως δεδομένα ελέγχου ώστε να παράσχουν στο σύστημα σταθερότητα και δυνατότητα βελτιστοποίησης. Η μετατροπή ακατέργαστων δεδομένων σε γνώση, η οποία θα μπορεί να μετατραπεί σε βελτιστοποίηση των διαδικασιών και λήψης αποφάσεων προς όφελος της παραγωγικότητας. Επίσης ο τομέας αυτός είναι υπεύθυνος για την επεξεργασία, φιλτράρισμα καθώς και την αφαίρεση των διπλότυπων δεδομένων.

4. Τομέας εφαρμογής

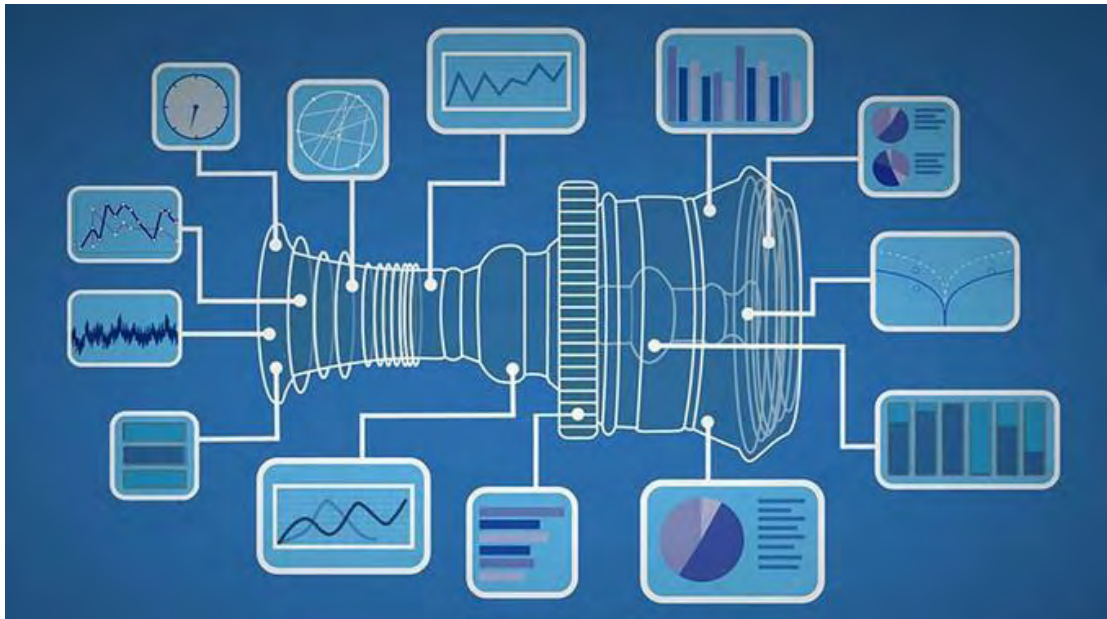
Ο τομέας αυτός ελέγχει λειτουργίες λογικής και υποστηρίζει την αλληλεπίδραση του χρήστη με το λογισμικό του συστήματος. Οι λειτουργίες αυτές δεν έχουν σχέση με τις μηχανές του συστήματος, μιας κι αυτό είναι κομμάτι του τμήματος ελέγχου. Οι εκτελούμενες λειτουργίες έχουν καθαρά συμβουλευτικό χαρακτήρα.



Εικόνα 20 Κλάδοι εφαρμογής

5. Επιχειρησιακός τομέας

Ευθύνη του επιχειρησιακού τομέα είναι να συνδέει τα IISs με τα συστήματα διαχείρισης επιχειρησιακών πόρων (Enterprise Resource Management). Τα ERP συστήματα «ενσωματώνουν εσωτερικές και εξωτερικές πληροφορίες διαχείρισης ενός ολόκληρου οργανισμού συνδυάζοντας χρηματοδότηση, κατασκευή, πωλήσεις και διαχείριση πελατειακών σχέσεων. Αυτοματοποιώντας αυτές τις δραστηριότητες σε ένα λογισμικό. Ο σκοπός αυτών των συστημάτων είναι να διευκολύνουν τη ροή των πληροφοριών μεταξύ όλων των επιχειρησιακών λειτουργιών μέσα στα όρια ενός οργανισμού, καθώς επίσης και συνδέσεις προς τα έξω με τα ενδιαφερόμενα μέρη.» [31]. Επίσης, αντικείμενο του τομέα αποτελεί η Διαχείριση των Πελατειακών Σχέσεων (Customer Relationship Management). «Η CRM είναι μία ευρέως εφαρμοσμένη στρατηγική για την διαχείριση των αλληλεπιδράσεων μιας επιχείρησης με πελάτες, συμβολαιούχους πελάτες και προοπτικές πωλήσεων. Αυτό περιλαμβάνει χρήση τεχνολογίας για να οργανώσει, αυτοματοποιήσει και συγχρονίσει διεργασίες – κυρίως δραστηριότητες πωλήσεων, αλλά και αυτές που αφορούν το μάρκετινγκ, την εξυπηρέτηση πελατών και την τεχνική υποστήριξη» [32] Ένα απλό παράδειγμα διαχείρισης αυτού του τομέα θα μπορούσε να είναι κατά την διάρκεια της προληπτικής συντήρησης ενός αεροσκάφους η ανάλυση του ιστορικού να δείξει ότι αρκετές φορές χρειάζονται κάποια επιπλέον ανταλλακτικά τα όποια χάρις στην συνδρομή του συστήματος ERM διασφαλίζεται ότι θα είναι διαθέσιμα σε περίπτωση που χρειαστούν.



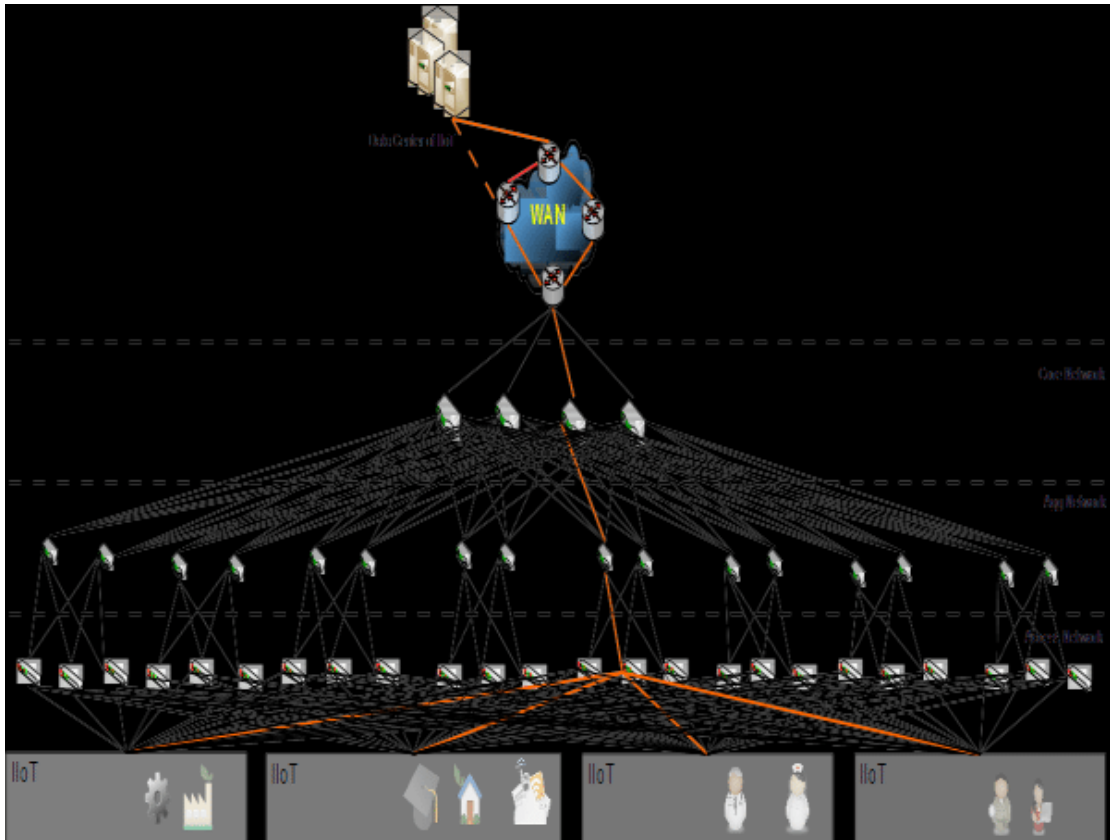
Εικόνα 21 Εποπτεία λειτουργίας με τη χρήση αισθητήρων

Υλοποίηση

Η υλοποίηση ίσως είναι το πιο ενδιαφέρον κομμάτι της αρχιτεκτονικής του Industrial Internet, γιατί ασχολείται καθαρά με το τμήμα της τεχνολογίας. Βέβαια η δομή που θα έχουν οι IIS εξαρτάται από την στρατηγική και τους οικονομικούς περιορισμούς.

Τοπολογία IIoT

Το μοντέλο της IIC τοπολογικά βασίστηκε σε τρία επίπεδα κατά την σχεδιάσή του. Το πρώτο επίπεδο είναι αυτό που αποτελείται από τους αισθητήρες, ενεργοποιητές και συσκευές I/O. Ουσιαστικά στο επίπεδο γίνεται η συλλογή των δεδομένων και περιέχονται λειτουργίες που χρησιμοποιούνται από τον τομέα ελέγχου. Στο δεύτερο επίπεδο έχει υπολογιστικό χαρακτήρα. Εκεί συγκεντρώνονται όλα τα δεδομένα, τα οποία στη συνέχεια επεξεργάζονται. Οι τομείς της πληροφορίας και των λειτουργιών εντοπίζονται σε αυτό το επίπεδο. Το τρίτο επίπεδο αφορά το επιχειρησιακό κομμάτι του IIoT. Όλες οι αποφάσεις λαμβάνονται σε αυτό το επίπεδο σύμφωνα με τα αποτελέσματα των αναλύσεων που έχουν προηγηθεί στο δεύτερο επίπεδο [33].



*Εικόνα 22 Τα τρία επίπεδα της τοπολογίας του δικτύου του IoT
[Industrial Internet of Things Cybermanufacturing Systems]*

Κυβερνοασφάλεια

Ο μεγαλύτερος φόβος των βιομηχανιών είναι ο κίνδυνος παραβίασης της ασφάλειας τους, η απώλεια σημαντικών δεδομένων ή αποκάλυψη κρίσιμων επιχειρησιακών πλάνων. Τα παλιότερα τύπου δικτύων που χρησιμοποιούσαν οι βιομηχανίες ήταν προστατευμένα από κυβερνοεπιθέσεις και ιούς αφού ο τύπος των δικτύων αυτών και των πρωτοκόλλων τους διέφερε εντελώς από αυτά που χρησιμοποιούν οι συμβατικοί υπολογιστές. Επιπλέον σε πολλές περιπτώσεις δεν υπάρχει σύνδεση μεταξύ των τμημάτων όπως αυτό των πωλήσεων ή εξυπηρέτησης πελατών με το τμήμα IT. Βέβαια «ρήγματα» στην ασφάλεια βιομηχανιών έχουν παρουσιαστεί χωρίς τις περισσότερες φορές να έχει αποδειχθεί ή να έχει γίνει παραδεκτό εξαιτίας του φόβου να κλονιστεί η υπόληψη των εταιριών. Η εμφάνιση πλέον του Industrial Internet κάνει επιτακτική την ανάγκη για προστασία.

3.5. Χρήσεις βιομηχανίας 4.0 σε άλλους τομείς

Η χρήση της βιομηχανίας 4.0 και του IIOT, έχει αρχίσει να εντάσσεται σε πολλούς τομείς της καθημερινότητας μας και να γίνεται εργαλείο για πολλούς ανθρώπους. Τέτοιες χρήσεις θα αναλυθούν παρακάτω:

-Υγεία

Ένα μεγάλο πρόβλημα ασθενών που ζουν σε απομακρυσμένες περιοχές από τα μεγάλα αστικά κέντρα είναι η μετακίνηση τους ώστε να έχουν πρόσβαση σε υπηρεσίες υγείας. Αυτό είναι ακόμα πιο δύσκολο, όταν αυτοί οι άνθρωποι έχουν προβλήματα μετακίνησης ή είναι αρκετά ηλικιωμένοι. Ανάλογο πρόβλημα έχουν και ηλικιωμένοι στα αστικά κέντρα με προβλήματα υγείας, οι οποίοι όμως, δεν μπορούν να περιμένουν σε μεγάλους χώρους αναμονής λόγω των πολλών ασθενών. Μια λύση σε αυτό το πρόβλημα αποτελούσε η επίσκεψη γιατρών κατ' οίκων. Ωστόσο, αυτή η λύση είναι και χρονοβόρα και δαπανηρή. Για την αντιμετώπιση ανάλογων καταστάσεων στην Αγγλία και πιο συγκεκριμένα, στο Guy's και St. Thomas's Nation Health Service Foundation Trust (Εθνικά Ιδρύματα Υγείας) έχει δημιουργηθεί ένα πιλοτικό πρόγραμμα για την παρακολούθηση των ασθενών μέσω οθονών «υγείας». Η ιδέα είναι ότι ο κάθε ασθενής έχει ένα πακέτο ασθενείας που περιλαμβάνει αισθητήρες οξυγόνου, μετρητές πίεσης και άλλα εξαρτήματα για μετρήσεις που απαιτούνται και όλα συνδέονται με μια συσκευή "smarthphone". Τα δεδομένα που απορρέουν στέλνονται σε καθημερινή βάση σε συγκεκριμένη υπηρεσία και ελέγχονται από τους νοσηλευτές. Σε περίπτωση κάποιου προβλήματος, ενημερώνεται ο γιατρός και δρομολογείται η συνάντηση με τον ασθενή. Ένα άλλο πολύ σημαντικό πρόγραμμα λαμβάνει χώρα στη Σκωτία με τη χρήση ενός ρομπότ που χρησιμοποιούν ασθενείς που έχουν κυρίως άνοια. Ουσιαστικά το ρομπότ Giraff, υπενθυμίζει στον ασθενή να λαμβάνει τα χάπια του και να κάνει δράσεις της καθημερινής ζωής ώστε να μένει ανεξάρτητος. Με τη χρήση αυτών δίνεται η δυνατότητα σε συγγενείς που μένουν μακριά να παρακολουθούν μέσω κάμερας την κατάσταση του ασθενούς και να διαβεβαιώνονται ότι είναι καλά στην υγεία του [29].

-Έξυπνα Κτίρια

Η ενεργειακή κατανάλωση είναι υπεύθυνη για το 40% της συνολικής ενέργειας που καταναλώνεται στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Η ενέργεια που καταναλώνεται οφείλεται σε οικιακές συσκευές αλλά και στην θέρμανση/ψύξη του κτηρίου ενώ σε επαγγελματικούς χώρους (χώροι γραφείου) η κατανάλωση ενέργειας αφορά κυρίως τον φωτισμό και την θέρμανση/ψύξη. Για την μείωση κατανάλωσης ενέργειας έχουν ειπωθεί κατά καιρούς πολλά σενάρια και μέτρα. Αρχικά, σημαντικό ρόλο διαδραματίζει η μόνωση ενός κτηρίου για την μείωση της ενέργειας που απαιτείται για να θερμανθεί ένας χώρος αλλά και την μείωση της ενέργειας που απαιτείται για να ψυχθεί ο αντίστοιχος χώρος. Ωστόσο, όταν πρόκειται για παλαιά κτήρια η μόνωση μπορεί να τοποθετηθεί μόνο στο κέλυφος του κτηρίου και αυτό είναι αρκετά δαπανηρό. Ένας άλλος τρόπος, είναι η εξοικονόμηση ενέργειας με αντικατάσταση «πραγμάτων» που βοηθά στην λειτουργία του κτηρίου. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι η αντικατάσταση των συμβατών λαμπτήρων με νέους οικολογικούς, ωστόσο και αυτό είναι αρκετά δαπανηρό. Ο τρίτος τρόπος εξοικονόμησης ενέργειας είναι η αυτοματοποίηση των συστημάτων του κτηρίου. Στην εποχή μας, αυτό μπορεί να επιτευχθεί πιο εύκολα με τη χρήση του IIOT, μπορεί να γίνει δηλαδή μια αλληλεπίδραση μεταξύ των «έξυπνων συσκευών» και του πραγματικού κόσμου. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την χρήση μιας «έξυπνης συσκευής» που είναι συνδεδεμένη με αισθητήρες, συστήματα επικοινωνίας (WI-FI, SMS κτλ) και καταγράφει στοιχεία όπως η τοποθεσία, η ώρα κτλ, η οποία μπορεί να τοποθετηθεί σε τέτοιο σημείο ώστε να παρέχει στο χρήστη όλες τις πληροφορίες που χρειάζεται για την αυτοματοποίηση του κτηρίου. Έτσι όταν σε έναν χώρο δεν ανιχνεύεται καμία ανθρώπινη παρουσία, το σύστημα φωτισμού μπορεί να κλείνει από μόνο του, με την καταγραφή της ώρας προέλευσης των υπαλλήλων σε κάποιο επαγγελματικό χώρο μπορεί να ρυθμιστεί η ώρα που θα αρχίσει να λειτουργεί το σύστημα ψύξης και θέρμανσης.

-Γεωργία

Η χρήση του IIOT θα μπορούσε να έχει τον μεγαλύτερο αντίκτυπο στην παραγωγή αγαθών για όλο τον κόσμο. Όλες οι νέες καλλιεργητικές προτάσεις έχουν να λάβουν υπόψιν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, την εξέλιξη της τροφικής αλυσίδας, την

αλλαγή του κλίματος. Συνεπώς, θα πρέπει να δοθούν λύσεις και προτάσεις για την συνεχή καλλιέργεια νέων αγαθών για την κάλυψη του ολοένα αυξανόμενου πληθυσμού, έχοντας πάντα υπόψιν όλα τα παραπάνω. Μία τέτοια λύση έχει δοθεί με τη χρήση IoT, καθώς δημιουργείται ένα σύστημα για την παρακολούθηση του καλλιεργητικού πεδίου με τη βοήθεια αισθητήρων (φως, υγρασία, θερμοκρασία, υγρασία εδάφους κλπ.). Με βάση αυτό το σύστημα οι αγρότες μπορούν να παρακολουθούν στενά τις συνθήκες του χώρου άμεσα και αναλόγως να δρουν, όπως π.χ. να προσαρμόζουν ένα αυτοματοποιημένο σύστημα άρδευσης. Ουσιαστικά, μέσω της «έξυπνης γεωργίας», οι αγρότες μπορούν να καταφέρουν μείωση των αποβλήτων τους, αύξηση της παραγωγικότητας, έλεγχο της χρήσης νερού και έλεγχο όλων των δεδομένων όπως ποσότητα λιπασμάτων, χρήση αγροτικών μηχανημάτων κλπ. Οι εφαρμογές της έξυπνης γεωργίας που βασίζονται όχι μόνο σε συμβατικές, μεγάλες γεωργικές δραστηριότητες, αλλά θα μπορούσαν επίσης να αποτελέσουν νέους μοχλούς για την ανάδειξη άλλων αυξανόμενων ή κοινών τάσεων σε αγροτικές περιοχές, όπως η βιολογική γεωργία, η οικογενειακή γεωργία.

Μια πολύ σημαντική πρακτική του IoT στην αγροτική ζωή είναι η αγροτική ακρίβεια δηλαδή ο έλεγχος της ακρίβειας στην καλλιέργεια αλλά και στην εκτροφή ζώων. Αυτό μπορεί αν επιτευχθεί με τη χρήση αισθητήρων, συστημάτων ελέγχου, αυτοματοποιημένα οχήματα και υλικά κλπ. Η CropMetrics είναι ένας οργανισμός γεωργίας ακριβείας που επικεντρώνεται σε υπερσύγχρονες αγρονομικές λύσεις, ενώ ειδικεύεται στη διαχείριση άρδευσης ακριβείας. Τα προϊόντα και οι υπηρεσίες της CropMetrics περιλαμβάνουν βελτιστοποίηση, ανιχνευτές υγρασίας του εδάφους, εικονική βελτιστοποίηση και ούτω καθεξής.

Σημαντική εφαρμογή είναι ακόμη, η χρήση αγροτικών μη επανδρωμένων, κατευθυνόμενων αεροσκαφών (drones). Τα αγροτικά drones χρησιμοποιούνται, με επίγειες και εναέρια πτήσεις, για την αξιολόγηση της υγείας των καλλιεργειών, την ολοκληρωμένη χαρτογράφηση GIS, την εξοικονόμηση χρόνου και την δυνατότητα αύξησης των αποδόσεων. Βασική στρατηγική τους είναι η συλλογή και η επεξεργασία δεδομένων σε πραγματικό χρόνο με τη χρήση τεχνολογίας τηλεπικοινωνιών προκειμένου να δώσουν μια τεχνολογική εξέλιξη στη γεωργία. Ένας άλλος σημαντικός οργανισμός της γεωργία είναι το PrecisionHawk, ο οποίος χρησιμοποιεί

drones για τη συγκέντρωση δεδομένων μέσω μιας σειράς αισθητήρων που χρησιμοποιούνται για την απεικόνιση, τη χαρτογράφηση και την επιθεώρηση της γεωργικής γης. Όσον αφορά την εκτροφή ζώων, οι ασύρματες εφαρμογές IoT μπορούν να συλλέξουν δεδομένων σχετικά με την τοποθεσία, την ευημερία και την υγεία των ζώων τους. Αυτές οι πληροφορίες τους βοηθούν να εντοπίζουν ζώα σε περίπτωση που είναι άρρωστα και πρέπει να διαχωρισθούν από το υπόλοιπο κοπάδι, σε περίπτωση που έχουν χαθεί ή ακόμα και σε περίπτωση που έχουν κλαπεί.

Τα έξυπνα θερμοκήπια είναι μια εφαρμογή που έχει ως στόχο την ενίσχυση της απόδοσης λαχανικών, φρούτων, καλλιεργειών κλπ. Ένα έξυπνο θερμοκήπιο μπορεί να σχεδιαστεί με τη βοήθεια του IoT, χρησιμοποιώντας αισθητήρες. Οι αισθητήρες στο θερμοκήπιο παρέχουν πληροφορίες σχετικά με τα επίπεδα φωτός, την πίεση, την υγρασία και τη θερμοκρασία. Αυτοί οι αισθητήρες μπορούν να ελέγχουν αυτόματα τους ενεργοποιητές για να ανοίξουν ένα παράθυρο, να ανάψουν τα φώτα, να ελέγξουν ένα θερμαντήρα, να ενεργοποιήσουν έναν ανεμιστήρα, όλα ελέγχονται μέσω σήματος WiFi.

-Παράδοση δεμάτων

Πιο πάνω, αναφέρθηκε η χρήση μην επανδρωμένων τηλεκατευθυνόμενων αεροσκαφών «drones» στην γεωργία. Τα drones, ωστόσο, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως τρόπος παράδοσης μικρών δεμάτων κατ' οίκον. Παρ' όλο που ακούγεται μια εφαρμογή βγαλμένη από το μέλλον, είναι μια εφαρμογή που υλοποιείται ήδη από τη εταιρεία Amazon, μια τεράστια διαδικτυακή εταιρεία λιανικής πώλησης. Η εταιρεία χρησιμοποιεί αεροσκάφη drones της Prime Air και τα πακέτα μπορούν να παραδοθούν στους πελάτες εντός 30 λεπτών και λιγότερο. Η βασική ιδέα της εταιρείας είναι ότι είναι πιο λογικό τα ρομπότ να εντοπίζουν τα ράφια των προϊόντων και να τα φέρνουν στους πελάτες αντί οι πελάτες να πάνε στα ράφια και να κυνηγούν προϊόντα. Η Prime Air έχει μεγάλες δυνατότητες να βελτιώσει τις υπηρεσίες ταχείας παράδοσης δεμάτων και τείνει να αυξήσει τη συνολική ασφάλεια και αποτελεσματικότητα του συστήματος μεταφοράς [35].

-Βαρέα Μηχανήματα

Στον τομέα της κατασκευής βαρέων οχημάτων είτε στον τομέα της γεωργία είτε στον τομέα της κατασκευής οι εφαρμογές της βιομηχανίας 4.0 εφαρμόζονται ήδη, σε διάφορες γνωστές εταιρείες. Οι κατασκευαστές της γνωστής εταιρείας Caterpillar χρησιμοποίησε την τεχνολογία IoT προκειμένου να δώσει στον χειριστή μηχανών μια γρήγορη αντίληψη για ότι συμβαίνει στο μηχάνημα, όπως τα επίπεδα των καυσίμων, την κατάσταση τω φίλτρων αέρα κλπ. Και σε περίπτωση που κάτι θέλει αντικατάσταση, εταιρεία μπορεί να στείλει άμεσα οδηγίες μέσω εφαρμογής σε κινητό. Μια άλλη πολύ σημαντική εταιρεία, όπως είναι η John Deere που ασχολείται με κατασκευές φορτωτών και άλλα, ανταποκρίθηκε στην τεχνολογία IoT χρησιμοποιώντας αυτοδιαχειριζόμενα μηχανήματα. Η εταιρεία είναι επίσης, πρωτοπόρος στην τεχνολογία GPS. Τα πιο προηγμένα συστήματα που χρησιμοποιούνται σε φορτωτές έχουν ακρίβεια δύο εκατοστών. Επιπλέον, η εταιρεία έχει αναπτύξει τεχνολογία τηλεματικής για εφαρμογές πρόβλεψης συντήρησης [35].

-Βιομηχανία πετρελαίου και φυσικού αερίου

Η βιομηχανία πετρελαίου και φυσικού αερίου εξαρτάται από την ανάπτυξη υψηλής τεχνολογίας καθώς μπορεί να συνδράμει στην αναζήτηση νέων πηγών. Ένα από τα βασικά ζητήματα στη βιομηχανία αυτή είναι ότι παρ όλο που ο στόχος είναι η αύξηση της παραγωγής του πετρελαίου και φυσικού αερίου, οι γεωλόγοι είχαν περιορισμένη ικανότητα να επεξεργάζονται τα τεράστια δεδομένα που απορρέουν από μια γεώτρηση. Αυτό συμβαίνει διότι η αποθήκευση των δεδομένων είναι δαπανηρή και η μετέπειτα επεξεργασία τω δεδομένων φαντάζει ανέφικτη.

Ωστόσο, το βιομηχανικό διαδίκτυο των πραγμάτων άλλαξε αυτή την σπάταλη πρακτική καθώς μέσω αισθητήρων που τοποθετούνται στις γεωτρήσεις μπορούν να στέλνονται στους σταθμούς έρευνας τεράστιες ποσότητες ακατέργαστων δεδομένων που ανακτώνται και στη συνέχεια να αποθηκεύονται διαδικτυακά για την μετέπειτα ανάλυση τους. Παράλληλα, με την ίδια τεχνολογία και κάνοντας χρήση της ασύρματης τεχνολογίας αισθητήρων, την επικοινωνία υψηλού εύρους ζώνης και την διαδικτυακή αποθήκευση μπορεί να βελτιωθεί η προβλεψιμότητα της έρευνας πεδίου. Έτσι, μειώνονται τα έξοδα λειτουργίας του πεδίου ενώ αυξάνεται η παραγωγή [35].

Ωστόσο, η έλευση του Βιομηχανικού Διαδικτύου έχει δώσει πολύ περισσότερες από οικονομικές και κλιμακούμενες υπηρεσίες. Η χρήση IoT έχει τη δυνατότητα να συνδέει «έξυπνα» αντικείμενα-μηχανές, συσκευές, αισθητήρες, ενεργοποιητές ακόμη και ανθρώπους σε συνεργαζόμενα δίκτυα. Ακόμα, οι νέες ασύρματες τεχνολογίες και τα πρωτόκολλα, μαζί με τεχνολογίες χαμηλής κατανάλωσης ισχύος, επιτρέπουν την εγκατάσταση αισθητήρων οπουδήποτε, ανεξαρτήτως μεγέθους, δυσκολίας πρόσβασης ή περιορισμών καλωδίωσης. Η συνδεσιμότητα βρίσκεται στον πυρήνα του βιομηχανικού Διαδικτύου.

Ωστόσο, για όλα τα συστήματα υπάρχουν μόνο δύο τρόποι ανίχνευσης της κατάστασης ενός απομακρυσμένου κόμβου - ο αισθητήρας στέλνει δεδομένα στον ελεγκτή, για παράδειγμα ως συμβάν ή ο ελεγκτής διερευνά τον κόμβο σε προγραμματιζόμενα χρονικά διαστήματα για να καταλάβει την κατάσταση των κόμβων. Και οι δύο είναι ανεπαρκείς, για αυτό υπάρχει ένας καλύτερος τρόπος, που είναι το πρότυπο λογισμικού δημοσίευσης/εγγραφής. Είναι μια προτιμώμενη τεχνική, δεδομένου ότι μπορεί να ενημερώσει άμεσα έναν συνδρομητή μέσω λογισμικού για οποιαδήποτε αλλαγή όταν αυτός ο συνδρομητής έχει σημειώσει πως θέλει να ενημερώνεται για κάτι συγκεκριμένο. Το σύστημα διανομής δεδομένων υποστηρίζει λειτουργία σε πραγματικό χρόνο και είναι σε θέση να παρέχει δεδομένα σε φυσικές ταχύτητες σε χιλιάδες παραλήπτες, ταυτόχρονα, με αυστηρό έλεγχο του χρόνου, της αξιοπιστίας και της μετάφρασης των λειτουργικών συστημάτων. Αυτές είναι εξαιρετικά σημαντικές ιδιότητες όταν αναπτύσσονται σε ένα βιομηχανικό περιβάλλον, όπως η βιομηχανία πετρελαίου και φυσικού αερίου [29].

Η Shell η οποία αποτελεί μια ιδιαίτερα πρωτοποριακή εταιρεία στον χώρο των πετρελαίων, μέσω της έρευνας Rigzone το 2016, αναφέρει ότι τα έξυπνα πεδία πετρελαίου μπορούν να αποκτήσουν 10% περισσότερο πετρέλαιο και 5% περισσότερο φυσικό αέριο από τα παραδοσιακά πεδία. Η εταιρεία συνδέει τα πηγάδια υψηλής τεχνολογίας με καλώδιο οπτικών ινών που επιτρέπει σε απομακρυσμένους υπαλλήλους να παρακολουθούν τις λειτουργίες εξ αποστάσεως [35].

Συνοπτικά έχοντας απλά πάρει μια μικρή «γεύση» με το τι είναι Industrial Internet, πως ορίζεται και λειτουργεί αξίζει να αναφερθούν μερικά θετικά στοιχεία του αλλά

και κάποιοι προβληματισμοί που εγείρονται σχετικά με αυτό. Η αύξηση της αποδοτικότητας χάρις στην αυτοματοποίηση που προσφέρει το IIoT έχει σαν αποτέλεσμα και την αύξηση του κέρδους. Επίσης η οργάνωση και η ενσωμάτωση των τεχνολογιών στο σκεπτικό του Industrial Internet έδωσε στις βιομηχανίες κάποια σημαντικά οφέλη όπως ευελιξία, εξοικονόμηση κόστους και χρόνου και βελτίωση της ακεραιότητας, του συγχρονισμού και της συνδεσιμότητας. Η χρήση των «έξυπνων» συσκευών για την ανάλυση δεδομένων έχει σαν απόρροια να διασπάται ο όγκος των δεδομένων σε μικρότερα κομμάτια και η επεξεργασία τους να είναι πιο άμεση και τα ευρήματά τους σαφώς ακριβέστερα και πληρέστερα. Έτσι, η βελτιστοποίηση των διαδικασιών είναι ευκολότερη και στοχευμένη στις ανάγκες της κάθε βιομηχανίας.

Τα προβλήματα που εγείρονται σχετικά με την ασφάλεια των βιομηχανιών είναι σημαντικά. Παρόλο το μεγάλο βάρος που έχει δοθεί στην ασφάλεια των επικοινωνιών μεταξύ των «έξυπνων» συσκευών, έστω και μικρές απειλές συνεχίζουν να παρατηρούνται. Επιπλέον, η διαλειτουργικότητα είναι ένα ακόμα σημαντικό θέμα. Όπως αναφέρθηκε στην ενότητα της λειτουργικότητας της αρχιτεκτονικής του IIoT, η ομαλή λειτουργία του μπορεί εύκολα να περιγραφεί αλλά πολύ δύσκολα να υλοποιηθεί. Τα πολλά και διαφορετικά πρωτόκολλα επικοινωνίας των συσκευών όσο επίσης η διαφορετική τους λειτουργία κάθε φορά αποτελούν ανασταλτικούς παράγοντες για εύρυθμη λειτουργία ενός συστήματος IIoT.

Ο εκσυγχρονισμός στις βιομηχανίες «περνάει» από το Industrial Internet και αυτό πλέον είναι ευρέως αποδεκτό όχι μόνο στους τεχνολογικούς κύκλους αλλά και στους οικονομικούς που δραστηριοποιούνται γύρω από την βιομηχανία. Με την ασφάλεια και την διαλειτουργικότητα να αντιμετωπίζονται σε μεγάλο βαθμό, ένας λαμπρός δρόμος για τον τομέα της παραγωγής ανοίγεται μπροστά. Μεγάλες βιομηχανίες αντιλαμβάνονται πως το Βιομηχανικό Διαδίκτυο την επόμενη δεκαετία θα προσφέρει πρωτοφανή ανάπτυξη. Οι επιχειρηματίες, κυβερνήσεις, ακαδημαϊκοί και τεχνολογικοί κολοσσοί εργάζονται προς την κατεύθυνση της υλοποίησης και αξιοποίησης των δυνατοτήτων του Βιομηχανικού Διαδικτύου.

4. Το ψηφιακό δίδυμο (digital twin) και η βιομηχανία 4.0

Το ψηφιακό δίδυμο αναφέρεται σε ένα ψηφιακό αντίγραφο διαδικασιών και συστημάτων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για διάφορους σκοπούς [36]. Αυτή η ψηφιακή αναπαράσταση παρέχει τόσο τα στοιχεία όσο και τη δυναμική του τρόπου λειτουργίας μιας συσκευής IoT καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής της [37]. Το ψηφιακό δίδυμο ενοποιεί διάφορες τεχνολογίες όπως για παράδειγμα την τεχνητή νοημοσύνη (artificial intelligence), την δυνατότητα των μηχανών να μαθαίνουν (machine learning) και την ανάλυση των δεδομένων (data analytics), με σκοπό την δημιουργία μοντέλων ψηφιακής προσομοίωσης που ενημερώνονται και προσαρμόζονται ανάλογα με τις αλλαγές που δέχονται τα φυσικά τους αντίγραφα στο περιβάλλον τους. Τα παραπάνω δίνουν την δυνατότητα στα ψηφιακά αντίγραφα να αναπαριστούν τα φυσικά τους πρωτότυπα σε πραγματικό χρόνο. Λαμβάνουν δεδομένα μέσω αισθητήρων από το περιβάλλον στο οποίο ανήκουν, αξιοποιούν δεδομένα από παρόμοιες μηχανές και ανθρώπους όπως για παράδειγμα μηχανικοί με βαθιά γνώση του εκάστοτε τομέα και είναι ικανά να ενσωματώνουν ιστορικά δεδομένα από προηγούμενη χρήση της μηχανής ώστε να ενσωματωθεί στο ψηφιακό της αντίγραφο.

Ένα παράδειγμα για το πώς χρησιμοποιούνται τα ψηφιακά δίδυμα για τη βελτιστοποίηση των μηχανών είναι η συντήρηση εξοπλισμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας όπως στροβίλων παραγωγής ενέργειας, κινητήρων και ατμομηχανών. Ένα 2^ο παράδειγμα είναι η χρήση τρισδιάστατης μοντελοποίησης (3D modeling) για τη δημιουργία ψηφιακών αντιγράφων για τα φυσικά αντικείμενα [38] το οποίο δείχνει έναν τρόπο για την προβολή της κατάστασης του πραγματικού φυσικού αντικειμένου στον ψηφιακό κόσμο [39]. Για παράδειγμα, όταν οι αισθητήρες συλλέγουν δεδομένα από μια συνδεδεμένη συσκευή, αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ενημέρωση της κατάστασης ενός αντιγράφου “digital twin” σε πραγματικό χρόνο [40]. Το ψηφιακό δίδυμο προορίζεται να είναι ένα ενημερωμένο και ακριβές αντίγραφο των ιδιοτήτων και των καταστάσεων του φυσικού αντικειμένου, συμπεριλαμβανομένου του σχήματος, της θέσης, της κατάστασης και της κίνησης [41].

Όσον αφορά την βιομηχανία, τα ψηφιακά δίδυμα χρησιμοποιούνται για τη βελτιστοποίηση της λειτουργίας και της συντήρησης των υλικών στοιχείων, των συστημάτων και των διαδικασιών παραγωγής [42]. Είναι μια τεχνολογία με την ικανότητα να διαμορφώνεται για το IoT της βιομηχανίας, όπου τα φυσικά αντικείμενα μπορούν να υφίστανται και να συνεργάζονται με άλλες μηχανές και ανθρώπους [43].

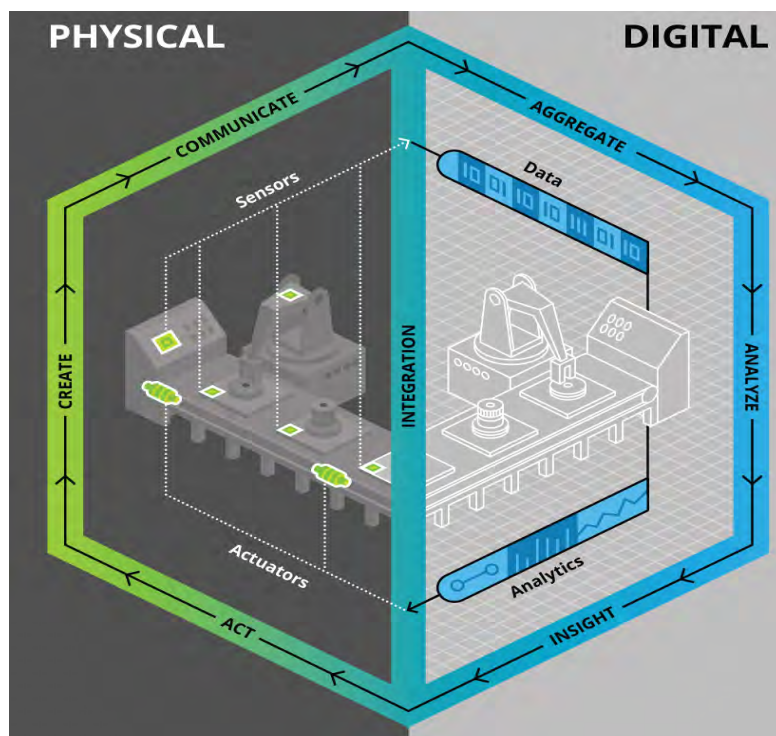
Μέχρι το πρόσφατο παρελθόν το ψηφιακό δίδυμο και ο μεγάλος όγκος των πληροφοριών που αυτό πρέπει να είναι σε θέση να διαχειρίζεται, καθώς και των περιορισμένων δυνατοτήτων της ψηφιακής τεχνολογίας και το πολύ μεγάλο κόστος, απέτρεπαν τις επιχειρήσεις από το να υιοθετήσουν ένα τέτοιο μοντέλο για την διαδικασία παραγωγής των προϊόντων τους. Τα εμπόδια όμως αυτά έχουν ελαττωθεί σε πολύ μεγάλο βαθμό τα τελευταία χρόνια επιτρέποντας τον συνδυασμό διαφόρων τεχνολογιών για την σχετικά ευκολότερη υλοποίηση και χρησιμοποίηση του ψηφιακού διδύμου στις διαδικασίες παραγωγής.

Το ψηφιακό δίδυμο μπορεί να επιτρέψει στις επιχειρήσεις να έχουν ένα πλήρες ψηφιακό αποτύπωμα των προϊόντων τους από το σχεδιασμό και την ανάπτυξη μέχρι το τέλος του κύκλου ζωής του προϊόντος [44]. Πιο συγκεκριμένα, μέσω του διδύμου μπορεί να καταστεί σαφές όχι μόνο ο τρόπος με τον οποίο τον προϊόν σχεδιάστηκε αλλά και τα συστήματα και οι διαδικασίες που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του.

Με την ενσωμάτωση του μοντέλου του ψηφιακού διδύμου στις διαδικασίες παραγωγής τους, οι επιχειρήσεις θα πετύχουν εκτός των άλλων ιδιαίτερη βελτίωση στην ποιότητα των προϊόντων που προσφέρουν, στην ταχύτητα παραγωγής καθώς και στη μείωση των ελαττωματικών προϊόντων που συνεπάγεται λιγότερη ζημία για τις επιχειρήσεις και αύξηση των εσόδων. Πιο αποτελεσματικά και ευέλικτα συστήματα, μικρότερος χρόνος διακοπής της παραγωγής, δυνατότητα πρόβλεψης και προσαρμογής στις αλλαγές του περιβάλλοντος είναι λίγα από τα πολλά οφέλη που οι νέες τεχνολογίες είναι σε θέση να προσφέρουν στις επιχειρήσεις.

Η παρακάτω εικόνα απεικονίζει τον τρόπο με τον οποίο αλληλοεπιδρά ο φυσικός με τον ψηφιακό κόσμο στο ψηφιακό δίδυμο. Σαφώς η αλληλεπίδραση ενός φυσικού αντικειμένου με το ανάλογο ψηφιακό του μοντέλο είναι μία πιο περίπλοκη διαδικασία. Το μοντέλο της Εικόνας (23) επικεντρώνεται στην κατασκευαστική

διαδικασία ενός προϊόντος. Το ψηφιακό δίδυμο λειτουργεί ως ένα εικονικό αντίγραφο της διαδικασίας που συμβαίνει στην πραγματικότητα στις εγκαταστάσεις ενός έξυπνου εργοστασίου σε σχεδόν πραγματικό χρόνο. Μεγάλος αριθμός αισθητήρων συλλέγουν δεδομένα από τα χαρακτηριστικά του εξοπλισμού παραγωγής και την λειτουργία των μηχανημάτων καθώς και από το περιβάλλον του ίδιου του εργοστασίου. Τα δεδομένα που συλλέγονται επικοινωνούν συνεχώς και ομαδοποιούνται από την διπλή ψηφιακή εφαρμογή.



Εικόνα 23 Παράδειγμα λειτουργίας ψηφιακού δίδυμου

Το σύστημα της παραπάνω εικόνας περιέχει πέντε βασικές συνιστώσες με τις οποίες ψηφιακός και φυσικός κόσμος επικοινωνούν. Αυτές οι συνιστώσες είναι οι αισθητήρες και οι ενεργοποιητές που βρίσκονται στον φυσικό κόσμο, η ενσωμάτωση του λογισμικού των αισθητήρων και άλλου εξοπλισμού που επικοινωνούν με έναν κεντρικό σημείο ελέγχου για να επιβλέπουν τη λειτουργία, τη λήψη αποφάσεων και την παραγωγή των μηχανών, η ανάλυση των δεδομένων και η συνεχής ενημέρωση του μοντέλου του ψηφιακού δίδυμου.

➤ **Αισθητήρες:** Απαραίτητα στοιχεία είναι το δίκτυο συνδεδεμένων συσκευών, εξοπλισμός με αισθητήρες και διασυνδεδεμένα συστήματα. Όπως έχει αναφερθεί νωρίτερα, το πιο σημαντικό δομικό στοιχείο ενός έξυπνου εργοστασίου είναι οι αισθητήρες. Οι αισθητήρες παράγουν συνεχώς δεδομένα για κάθε πτυχή της παραγωγικής διαδικασίας, λειτουργικά και περιβαλλοντικά. Αυτά τα δεδομένα μπορούν να συλλεχθούν και να αναλυθούν σε πραγματικό χρόνο και σύμφωνα με αυτά να ληφθούν αποφάσεις.

➤ **Ενεργοποιητές (actuators):** Ο έλεγχος των συστημάτων και κάποιων λειτουργιών πραγματοποιούνται από τους ενεργοποιητές, όπως για παράδειγμα η μεταφορά των εξαρτημάτων ή το άνοιγμα μιας βαλβίδας. Λόγω των ενεργοποιητών είναι εφικτό ένα σύστημα ελέγχου να αλληλοεπιδρά με το περιβάλλον του. Το σύστημα ελέγχου μπορεί να είναι κάποιο λογισμικό, ρομπότ ή ακόμα και ανθρώπινο δυναμικό[45]. Ένας ενεργοποιητής για να τεθεί σε λειτουργία απαιτεί να λάβει ένα σήμα ελέγχου, μία ειδοποίηση. Αυτό το σήμα ελέγχου μπορεί να είναι ηλεκτρικό ρεύμα, υδραυλική πίεση ή ανθρώπινη παρέμβαση. Μόλις ο ενεργοποιητής λάβει το σήμα ελέγχου αποκρίνεται μετατρέποντας την ενέργεια του σήματος σε μηχανική κίνηση.

➤ **Ολοκλήρωση Παραγωγής μέσω Η/Υ (Computer Integration Manufacturing):** Ο όρος Computer Integration Manufacturing (CIM) περιγράφει την χρήση υπολογιστών για τον έλεγχο ολόκληρης της παραγωγικής διαδικασίας [46]. Αυτή η ολοκλήρωση επιτρέπει σε μεμονωμένες διαδικασίες να ανταλλάσσουν πληροφορίες μεταξύ τους και να εκτελούν ενέργειες. Κύρια πλεονεκτήματα της ολοκλήρωσης είναι ότι η παραγωγική διαδικασία γίνεται ταχύτερη και λιγότερο επιρρεπής σε σφάλματα και κυρίως, δημιουργεί αυτοματοποιημένες διαδικασίες παραγωγής. Συνήθως, το CIM βασίζεται σε διαδικασίες ελέγχου κλειστού βρόχου, με βάση την είσοδο δεδομένων από τους αισθητήρες σε πραγματικό χρόνο. Όλες οι λειτουργίες ελέγχονται από υπολογιστές και έχουν κοινή αποθήκευση και διανομή. Μερικές από τις διαδικασίες του CIM είναι:

- Σχεδίαση υποβοηθούμενη από υπολογιστή.
- Κατασκευή πρωτότυπων.

- Καθορισμός της αποδοτικής μεθόδου κατασκευής με τον υπολογισμό του κόστους και εξέταση των μεθόδων παραγωγής, του όγκου των προϊόντων, της αποθήκευσης και της διανομής.

- Έλεγχοι ποιότητας σε κάθε στάδιο της παραγωγής.
- Συναρμολόγηση των προϊόντων με τη βοήθεια ρομπότ.
- Αυτόματη διανομή προϊόντων από χώρους αποθήκευσης.
- Αυτόματη ενημέρωση των ημερολογίων, των οικονομικών στοιχείων και των λογαριασμών στο σύστημα πληροφορικής.

➤ **Δεδομένα και ανάλυση:** Τα περιβαλλοντικά και λειτουργικά δεδομένα του φυσικού κόσμου που συγκεντρώνονται από τους αισθητήρες είναι η πηγή δύναμης του ψηφιακού διδύμου. Όπως ακριβώς χρειάζονται τεχνολογίες για την συλλογή και την αποθήκευση δεδομένων, χρειάζονται τεχνολογίες για την ανάλυση τους. Για να μπορεί ένα εργοστάσιο να χαρακτηριστεί έξυπνο είναι απαραίτητη η ύπαρξη μιας ψηφιακής πλατφόρμας η οποία θα επεξεργάζεται τα δεδομένα και εφαρμόζοντας γνωστικές αναλύσεις μέσω αλγοριθμικών προσομοιώσεων και ρουτινών απεικόνισης θα οδηγεί σε εύστοχες ενδείξεις και παραγωγή γνώσεων.

➤ **Ψηφιακό δίδυμο:** Η ψηφιακή πλευρά στα δεξιά της εικόνας 23 είναι η απεικόνιση του ίδιου του ψηφιακού διδύμου. Τα δεδομένα που συλλέγονται από τους διάφορους αισθητήρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία του ψηφιακού δίδυμου δηλαδή μιας εφαρμογής που συνδυάζει όλες τις παραπάνω συνιστώσες σε ένα ψηφιακό μοντέλο του φυσικού κόσμου. Η αναπαράσταση αυτή προσφέρει μία σαφή εικόνα της κατάστασης και είναι σε θέση να δείξει λεπτομέρειες του πώς για παράδειγμα κινείται ο κινητήρας, την θερμοκρασία του περιβάλλοντος και των μηχανημάτων κλπ. Μεταξύ άλλων μερικά από τα πλεονεκτήματα της παρακολούθησης του ψηφιακού διδύμου είναι η βελτίωση του σχεδιασμού, η βελτιστοποιημένη χρήση των πόρων και η πρόβλεψη των μελλοντικών επιδόσεων βελτιώνοντας τις εργασίες συντήρησης.

Οι τάσεις στη βιομηχανία κινούνται προς την απρόσκοπτη ενοποίηση του φυσικού και του ψηφιακού κόσμου, ώστε να καταστεί δυνατή η γρήγορη ολοκλήρωση

(integration), η ανατροφοδότηση και οι βρόχοι ελέγχου σε όλες τις υποδομές της παραγωγής. Οι αυτόνομες μονάδες μπορούν να επικοινωνούν με άλλους εργοστασιακούς χώρους, συνδυάζοντας τεράστιες βιομηχανικές υποδομές που ήδη υπάρχουν με τη βοήθεια του cloud computing και του IoT. Το τελικό αποτέλεσμα είναι ένα πολύπλοκο αλλά ζωντανό σύστημα μηχανημάτων και περιοχών αυτορρύθμισης, ικανό να προσαρμόσει την παραγωγή, να καταναίμει άριστα τους πόρους και να προσφέρει μια ομαλή διεπαφή μεταξύ του φυσικού και του εικονικού κόσμου της κατασκευής, της συναρμολόγησης και της παραγωγής [47].

5. Το Έξυπνο Εργοστάσιο

5.1. Ορισμός του έξυπνου εργοστασίου

Έξυπνο εργοστάσιο σημαίνει δημιουργία βιομηχανικών υποδομών που έχουν σχεδιαστεί έτσι ώστε να είναι ικανά να διαχειρίζονται αυξημένη συνδεσιμότητα μεταξύ όλων των αισθητήρων, των συσκευών και των μηχανημάτων που εμπλέκονται στην διαδικασία της παραγωγής. Αυτός ο συνδεδεμένος σχεδιασμός του εργοστασίου αναμένεται να προσθέσει αξία σε ολόκληρη την αλυσίδα παραγωγής.

Τα εργοστάσια του σήμερα ακολουθούν ένα συγκεκριμένο σύστημα, ανάλογα με τη φύση των λειτουργιών που πρέπει να εκτελέσουν και οργανώνονται ανάλογα. Ωστόσο, σε ένα έξυπνο εργοστάσιο, το οποίο έχει σχεδιαστεί για να είναι ευέλικτο, η οργάνωση γίνεται με διαφορετικό τρόπο. Η διαφορά έγκειται στη χρήση της δικτύωσης. Έχει επίσης μια ευρύτερη εφαρμογή, δεδομένου ότι η οργάνωση δεν γίνεται με βάση κάθε διαδικασία. Αντ' αυτού, ολόκληρες αλυσίδες παραγωγής συνδέονται μεταξύ τους.

Ένα εργοστάσιο μπορεί να χαρακτηριστεί «έξυπνο» εάν διαθέτει τις εξής ιδιότητες του IoT:

- **Διαλειτουργικότητα:** η ικανότητα των συστημάτων, των μηχανών, των αισθητήρων και των ατόμων να επικοινωνούν μεταξύ τους και να συνεργάζονται χωρίς περιορισμούς στην πρόσβαση.
- **Διαφάνεια των πληροφοριών:** Το εικονικό αντίγραφο του φυσικού κόσμου που δημιουργούν τα συστήματα έχει σκοπό να εξάγει συμφραζόμενες πληροφορίες από τα δεδομένα που λαμβάνει. Η διαφάνεια, όπως χρησιμοποιείται στην επιστήμη και στη μηχανική λειτουργεί με τρόπο ώστε να γίνεται κατανοητό ποιες ενέργειες εκτελούνται.
- **Παροχή τεχνικής βοήθειας:** η δυνατότητα των συστημάτων να παρέχουν υποστήριξη στους ανθρώπους κατά τη λήψη σημαντικών αποφάσεων και η παροχή βοήθειας στην επίλυση προβλημάτων απαλλάσσει εντελώς το ανθρώπινο δυναμικό από την εκτέλεση καθηκόντων που είναι δύσκολα ή επικίνδυνα.
- **Αυτοματισμός και αποκεντρωμένη λήψη αποφάσεων:** βασικό στοιχείο του έξυπνου εργοστασίου είναι η ικανότητα των συστημάτων να

λαμβάνουν αποφάσεις και να μετατρέπονται σε αυτόνομα. Μέσω της αυτοματοποίησης των διαδικασιών παραγωγής η αποδοτικότητα του εργοστασίου είναι σημαντικά βελτιωμένη.

Το έξυπνο εργοστάσιο αντιπροσωπεύει ένα άλμα προς τα εμπρός από την παραδοσιακή αυτοματοποίηση σε ένα πλήρως συνδεδεμένο και ευέλικτο σύστημα. Ένα σύστημα που είναι ικανό να χρησιμοποιεί μια συνεχή ροή δεδομένων από συνδεδεμένες λειτουργίες και συστήματα παραγωγής για να μαθαίνει και να προσαρμόζεται στις νέες απαιτήσεις [49]. Ένα έξυπνο εργοστάσιο μπορεί να ενσωματώσει δεδομένα από φυσικά στοιχεία, από το περιβάλλον του καθώς και από τους ίδιους τους ανθρώπους σε όλο το σύστημα, για να οδηγήσει την κατασκευή, τη συντήρηση, την παρακολούθηση αποθεμάτων, την ψηφιοποίηση των δραστηριοτήτων του και άλλους τύπους δραστηριοτήτων σε όλο το δίκτυο παραγωγής.

Ο αυτοματισμός δεν συστήνεται τώρα στην βιομηχανία, ήταν πάντα ένα μέρος του εργοστασίου σε κάποιο βαθμό. Οι μηχανές χρειάστηκε να λάβουν αποφάσεις στο παρελθόν οι οποίες ήταν γραμμικές, όπως για παράδειγμα το άνοιγμα μιας βαλβίδας ή η ενεργοποίηση μιας αντλίας με βάση ένα προκαθορισμένο σύνολο κανόνων. Μέσω της τεχνητής νοημοσύνης και της αυξανόμενης πολυπλοκότητας που μπορούν να συνδυάσουν τα φυσικά μηχανήματα και οι επιχειρηματικές διαδικασίες, ο αυτοματισμός περιλαμβάνει όλο και πιο πολύπλοκες αποφάσεις βελτιστοποίησης που συνήθως κάνουν οι άνθρωποι [49]. Το έξυπνο εργοστάσιο ενσωματώνει την αλυσίδα εφοδιασμού με την λήψη αποφάσεων γεγονός που μπορεί να αλλάξει θεμελιωδώς τις διαδικασίες παραγωγής.

Μέσω αυτής της περιγραφής, γίνεται σαφές ότι τα έξυπνα εργοστάσια ξεπερνούν την απλή αυτοματοποίηση. Το έξυπνο εργοστάσιο είναι ένα ευέλικτο σύστημα που μπορεί να αυτό-βελτιστοποιήσει την απόδοση σε ένα ευρύτερο δίκτυο, να προσαρμόζεται και να μαθαίνει από νέες συνθήκες σε πραγματικό ή σχεδόν πραγματικό χρόνο και να λειτουργεί αυτόνομα ολόκληρες διαδικασίες παραγωγής [50]. Τα έξυπνα εργοστάσια μπορούν να λειτουργούν ανεξάρτητα αλλά μπορούν επίσης να συνδεθούν με ένα παγκόσμιο δίκτυο παρόμοιων συστημάτων παραγωγής, ακόμη και με το δίκτυο ψηφιακού εφοδιασμού.

Η αληθινή δύναμη του έξυπνου εργοστασίου έγκειται στην ικανότητά του να εξελίσσεται και να αναπτύσσεται παράλληλα με τις μεταβαλλόμενες ανάγκες των οργανισμών εάν αυτές είτε επεκτείνονται σε νέες αγορές, αναπτύσσουν νέα προϊόντα ή υπηρεσίες, συντηρούνται ή ενσωματώνουν νέες τεχνολογίες. Λόγω ισχυρότερων υπολογιστικών και αναλυτικών δυνατοτήτων τα έξυπνα εργοστάσια μπορούν να επιτρέψουν στους οργανισμούς να προσαρμοστούν στις αλλαγές με τρόπους που δεν μπορούσαν να εφαρμόσουν πριν.

Οι διαδικασίες παραγωγής στο έξυπνο εργοστάσιο οργανώνονται με διαφορετικό τρόπο, με ολόκληρες αλυσίδες παραγωγής - από τους προμηθευτές έως την εφοδιαστική με τη διαχείριση του κύκλου ζωής ενός προϊόντος - στενά συνδεδεμένες μεταξύ των εταιρικών ορίων.

Τα μεμονωμένα βήματα παραγωγής συνδέονται άψογα. Οι διεργασίες που επηρεάζονται περιλαμβάνουν:

- Προγραμματισμό παραγωγής.
- Ανάπτυξη προϊόντων.
- Επιμελητεία.
- Προγραμματισμό επιχειρηματικών πόρων.
- Κατασκευαστικά συστήματα εκτέλεσης.
- Τεχνολογίες ελέγχου.
- Μεμονωμένους αισθητήρες και ενεργοποιητές.

Σε ένα έξυπνο εργοστάσιο, τα μηχανήματα και ο εξοπλισμός θα έχουν τη δυνατότητα να βελτιώνουν τις διαδικασίες μέσω της αυτό-βελτιστοποίησης και της αυτόνομης λήψης αποφάσεων. Αυτό έρχεται σε πλήρη αντίθεση με την εκτέλεση λειτουργιών σταθερού προγράμματος, όπως συμβαίνει σήμερα.

5.2 Τάσεις που φαίνεται να επιταχύνουν την προσπάθεια για έξυπνα εργοστάσια

Και ενώ ο αυτοματισμός και οι έλεγχοι υπάρχουν εδώ και δεκαετίες, το πλήρως έξυπνο εργοστάσιο μόλις πρόσφατα κέρδισε την έλξη ως βιώσιμη επιδίωξη για τους κατασκευαστές. Η πλήρης υιοθέτηση και εφαρμογή του μοντέλου του έξυπνου εργοστασίου μοιάζει να είναι ιδιαίτερα πολύπλοκη διαδικασία, ωστόσο ο ρυθμός με τον οποίο εξελίσσονται οι τεχνολογίες έχουν μετατρέψει την μετάβαση σε ένα πιο ευέλικτο και προσαρμοστικό σύστημα παραγωγής, επιτακτική ανάγκη για τους

κατασκευαστές που επιθυμούν να διαταράξουν τον ανταγωνισμό τους. Γενικές τάσεις που φαίνεται να επιταχύνουν την προσπάθεια για έξυπνα εργοστάσια είναι:

➤ **Οι ταχέως εξελισσόμενες τεχνολογικές δυνατότητες.**

Μέχρι πρόσφατα, η υλοποίηση του έξυπνου εργοστασίου παρέμενε αόριστη λόγω των περιορισμών στις δυνατότητες ψηφιακής τεχνολογίας, καθώς και του υψηλού κόστους. Ωστόσο, τα εμπόδια αυτά έχουν μειωθεί αισθητά τα τελευταία χρόνια, καθιστώντας δυνατή την πραγματοποίηση του έξυπνου εργοστασίου με μικρότερο κόστος σε ένα ευρύτερο δίκτυο. Επιπλέον, οι δυνατότητες των ίδιων των τεχνολογιών έχουν εξελιχθεί. Η τεχνητή νοημοσύνη, η γνωσιακή πληροφορική και η μηχανική μάθηση έδωσαν τη δυνατότητα στα συστήματα να ερμηνεύουν, να προσαρμόζονται και να μαθαίνουν από τα δεδομένα που συλλέγονται από τις συνδεδεμένες μηχανές [51]. Αυτή η ικανότητα ανάπτυξης και προσαρμογής, σε συνδυασμό με ισχυρές δυνατότητες επεξεργασίας και αποθήκευσης δεδομένων, επιτρέπει στους κατασκευαστές να προχωρήσουν πέρα από την αυτοματοποίηση των εργασιών προς πιο σύνθετες και συνδεδεμένες διαδικασίες.

➤ **Η αυξημένη πολυπλοκότητα της αλυσίδας εφοδιασμού και ο παγκόσμιος κατακερματισμός της παραγωγής και της ζήτησης.**

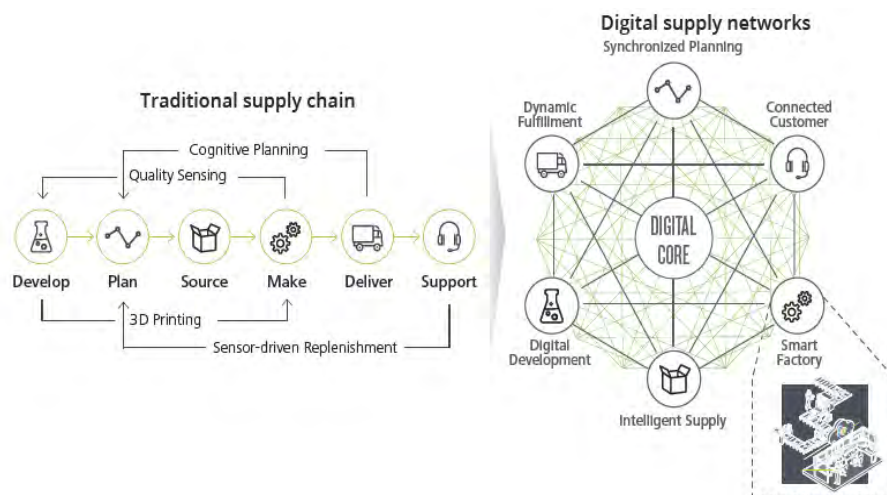
«Σύμφωνα με το Συμβούλιο των Επαγγελματιών Διαχείρισης Εφοδιαστικής Αλυσίδας (CSCMP), η διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας περιλαμβάνει το σχεδιασμό και τη διαχείριση όλων των δραστηριοτήτων που εμπλέκονται στην προμήθεια, τη μετατροπή και τη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας. Περιλαμβάνει επίσης, τις βασικές συνιστώσες του συντονισμού και της συνεργασίας με εταιρικά κανάλια, τα οποία μπορεί να είναι οι προμηθευτές, μεσάζοντες, τρίτοι πάροχοι υπηρεσιών και οι πελάτες. Στην ουσία, η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας ενσωματώνει την διαχείριση της προσφοράς και της ζήτησης εντός και μεταξύ των εταιρειών.» [47][48]

Καθώς η βιομηχανία αναπτύσσεται ολοένα και περισσότερο παγκοσμίως, η παραγωγή έχει κατακερματιστεί, με τα στάδια της παραγωγής να κατανέμονται σε πολλαπλές εγκαταστάσεις και γεωγραφικές περιοχές καθώς και σε πολλούς προμηθευτές [52]. Τα παραπάνω, σε συνδυασμό με την έντονη διακύμανση της ζήτησης και τους λιγοστούς πόρους, έχουν καταστήσει τις αλυσίδες εφοδιασμού

πιο περίπλοκες. Είναι πλέον σημαντικό οι κατασκευαστικές εταιρείες να είναι πιο ευέλικτες και να αντιμετωπίζουν τις συνεχώς μεταβαλλόμενες απαιτήσεις.

Οι αλυσίδες εφοδιασμού έχουν παραδοσιακά γραμμικό χαρακτήρα, με διακριτές διαδικασίες σχεδιασμού, ανάπτυξης, κατασκευής και παραγωγής. Σήμερα, όμως, πολλές αλυσίδες εφοδιασμού μετασχηματίζονται από μια στατική ακολουθία σε ένα δυναμικό, διασυνδεδεμένο σύστημα, το δίκτυο ψηφιακού εφοδιασμού, που μπορεί να ενσωματώσει τις διακριτές διαδικασίες και να εξελιχθεί προς μια βέλτιστη κατάσταση με την πάροδο του χρόνου. Τα δίκτυα ψηφιακής τροφοδοσίας ενσωματώνουν πληροφορίες από πολλές διαφορετικές πηγές και τοποθεσίες για να κατευθύνουν την παραγωγή και τη διανομή [53].

Στην παρακάτω εικόνα, το διασυνδεδεμένο πλέγμα του νέου μοντέλου ψηφιακού δικτύου τροφοδοσίας, απεικονίζεται με ψηφιακό πυρήνα. Υπάρχει δυνατότητα αλληλεπιδράσεων από κάθε κόμβο σε κάθε άλλο σημείο του δικτύου, επιτρέποντας μεγαλύτερη συνδεσιμότητα μεταξύ περιοχών που προηγουμένως δεν υπήρχαν.



Εικόνα 24 Αλυσίδα εφοδιασμού

➤ **Οι αυξανόμενες ανταγωνιστικές πιέσεις από απροσδόκητες πηγές.**

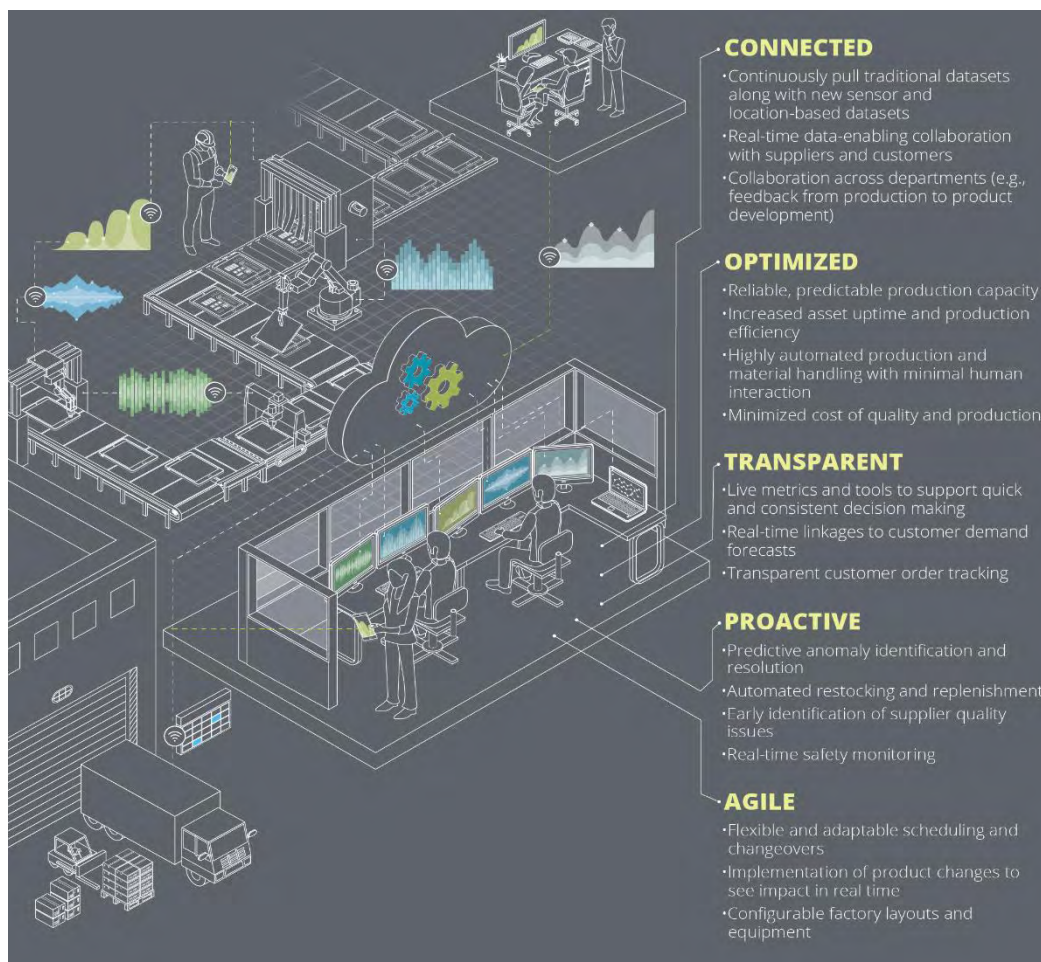
Η άνοδος των έξυπνων ψηφιακών τεχνολογιών επέτρεψε σε εξ ολοκλήρου νέους ανταγωνιστές, που μπορούν να επιτύχουν την ψηφιοποίηση και να μειώσουν το κόστος εισόδου, να κερδίσουν έδαφος σε νέες αγορές ή

βιομηχανίες στις οποίες προηγουμένως δεν είχαν παρουσία, απειλώντας τους πιο εδραιωμένους ανταγωνιστές τους.

➤ **Οι οργανωτικές επανευθυγραμμίσεις που προκύπτουν από τη σύνδεση της τεχνολογίας της πληροφορίας (Information Technology) και της λειτουργικής τεχνολογίας (Operational Technology).**

Η σύνδεση τους έχει καταστήσει την έννοια του έξυπνου εργοστασίου πραγματική από ένα αφηρημένο στόχο. Ενώ η συνδεσιμότητα εντός του εργοστασίου δεν είναι καινούρια, πολλοί κατασκευαστές δεν ήταν σίγουροι για το τι πρέπει να κάνουν με τα δεδομένα που συλλέγουν. Πώς να μετατρέψουν τις πληροφορίες σε διορατικότητα και τη διορατικότητα σε δράση. Τα έξυπνα εργοστάσια έχουν την ικανότητα όχι μόνο να συλλέγουν δεδομένα, αλλά και να τα αναλύουν και να ενεργούν σύμφωνα με αυτά επάνω στον φυσικό κόσμο.

5.3. Χαρακτηριστικά και Πλεονεκτήματα του έξυπνου εργοστασίου



Εικόνα 25 Χαρακτηριστικά Smart Factory

Το βασικότερο χαρακτηριστικό ενός έξυπνου εργοστασίου, που του προσδίδει και το μεγαλύτερο μέρος της αξίας του, είναι η **συνδεσιμότητα** του. Η ικανότητα δηλαδή των μηχανημάτων παραγωγής να επικοινωνούν και να αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους προκειμένου να δημιουργήσουν και να αναλύσουν τα δεδομένα που απαιτούνται για την λήψη αυτόνομων αποφάσεων σε πραγματικό χρόνο. Ένα έξυπνο εργοστάσιο, όπως προαναφέρθηκε είναι εξοπλισμένο με αισθητήρες οι οποίοι συλλέγουν τα δεδομένα και ενημερώνονται συνεχώς έτσι ώστε να αντανακλούν τις τρέχουσες συνθήκες που επικρατούν στο περιβάλλον τους. Η ανάλυση λοιπόν, των δεδομένων από τις διάφορες λειτουργίες και τα συστήματα, καθώς επίσης και αυτών που συλλέγονται από προμηθευτές και πελάτες οδηγεί σε μια πιο σφαιρική αντίληψη και θεώρηση των διαδικασιών της αλυσίδας εφοδιασμού με αποτέλεσμα τη μεγαλύτερη συνολική απόδοση.

Το μοντέλο του έξυπνου εργοστασίου είναι **βελτιστοποιημένο**, οι ροές εργασίας και ο συγχρονισμός είναι πλέον αυτοματοποιημένες διαδικασίες που επιτρέπουν την εκτέλεση των εργασιών της παραγωγικής διαδικασίας με ελάχιστη ανθρώπινη παρέμβαση και ταυτόχρονα με υψηλή αξιοπιστία. Οι βελτιωμένες διαδικασίες της παρακολούθησης, του προγραμματισμού και της κατανάλωσης ενέργειας που ενυπάρχει στο έξυπνο εργοστάσιο μπορούν να αυξήσουν την απόδοση, τον χρόνο λειτουργίας και την ποιότητα και να μειώσουν τα απόβλητα και το κόστος παραγωγής.

Τα δεδομένα που συλλέγονται από διεργασίες ή από προϊόντα που βρίσκονται ακόμα σε παραγωγή μπορούν να απεικονιστούν με διαφάνεια στον ψηφιακό κόσμο και να μετατραπούν σε ενέργειες που μπορούν να διεξαχθούν είτε από ανθρώπους είτε από τον αυτοματοποιημένο εξοπλισμό του έξυπνου εργοστασίου. Το διαφανές αυτό δίκτυο του έξυπνου εργοστασίου μπορεί να επιτρέψει μεγαλύτερη ορατότητα σε ολόκληρη την εγκατάσταση και να διασφαλίσει ότι ο οργανισμός μπορεί να λαμβάνει ακριβέστερες αποφάσεις παρέχοντας διάφορα εργαλεία. Τέτοια είναι οι προειδοποιήσεις σε πραγματικό χρόνο μέσω της παρακολούθησης, η ανίχνευση πιθανών ελαττωμάτων ποιότητας σε σύντομο χρονικό διάστημα καθώς και η ενίσχυση της προσπάθειας εντοπισμού ανθρώπινων, μηχανολογικών και περιβαλλοντικών αιτιών που οδηγούν σε προϊόντα και υπηρεσίες κακής ποιότητας. Μέσω της συνεχούς συλλογής και ανάλυσης δεδομένων αποκαλύπτονται πιθανές

αστοχίες στις επιδόσεις του ενεργητικού οι οποίες, ενδέχεται, να επιδέχονται βελτιστοποίηση καθώς το έξυπνο εργοστάσιο έχει την ικανότητα να τις αυτόδιορθώνει. Αυτό είναι το κύριο χαρακτηριστικό που διακρίνει το εργοστάσιο του μέλλοντος από το παραδοσιακό.

Σε ένα **προορατικό** σύστημα, οι εργαζόμενοι και τα συστήματα μπορούν να προβλέψουν και να ενεργήσουν προτού προκύψουν προβλήματα ή προκλήσεις, αντί απλά να αντιδράσουν αφού αυτά συμβούν. Αυτό το χαρακτηριστικό περιλαμβάνει μεταξύ άλλων τον εντοπισμό σφαλμάτων, την αποκατάσταση και την ανανέωση του αποθέματος, τον εντοπισμό και την προληπτική αντιμετώπιση προβλημάτων στην ποιότητα [54], και την παρακολούθηση των εγκαταστάσεων ώστε να υπάρχει η μέγιστη ασφάλεια και η σωστή συντήρηση. Μέσα στο έξυπνο εργοστάσιο, οι κατασκευαστές μπορούν να θεσπίσουν διαδικασίες όπως το ψηφιακό δίδυμο, επιτρέποντάς τους να ψηφιοποιήσουν μια πράξη και να προχωρήσουν, πέρα από την αυτοματοποίηση, σε δυνατότητες πρόβλεψης [67].

Το έξυπνο εργοστάσιο μπορεί επίσης να προσφέρει πραγματικά οφέλη γύρω από την εργασία και την περιβαλλοντική βιωσιμότητα με αποτέλεσμα ένα μικρότερο περιβαλλοντικό αποτύπωμα από μια συμβατική διαδικασία παραγωγής με συνολικά μεγαλύτερη περιβαλλοντική βιωσιμότητα [44]. Η μεγαλύτερη αυτονομία των διαδικασιών μπορεί να προσφέρει λιγότερες πιθανότητες για ανθρώπινο σφάλμα, συμπεριλαμβανομένων βιομηχανικών ατυχημάτων που προκαλούν τραυματισμό [55]. Η σχετική αυτάρκεια του έξυπνου εργοστασίου θα αντικαταστήσει πιθανώς ορισμένους ρόλους που απαιτούν επαναλαμβανόμενες και κουραστικές δραστηριότητες. Ωστόσο, ο ρόλος του ανθρώπινου εργαζόμενου σε ένα έξυπνο εργοστασιακό περιβάλλον είναι σημαντικός γιατί μπορεί να αναλάβει κρίσιμες αποφάσεις στη διακριτική ευχέρεια του, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε μεγαλύτερη εργασιακή ικανοποίηση [55].

Τέλος το έξυπνο εργοστάσιο είναι **ευέλικτο**. Έχει την δυνατότητα να προσαρμόζεται στο χρονοδιάγραμμα της παραγωγής του προϊόντος και στις πιθανές αλλαγές χωρίς να χρειάζεται ανθρώπινη παρέμβαση. Επιπλέον, μπορεί να προβλέψει τα αποτελέσματα σε πιθανά σενάρια αλλαγής του εξοπλισμού και των υλικών σε μια διαδικασία παραγωγής καθώς και την επίδραση αυτών των αλλαγών σε πραγματικό χρόνο.

Η ικανότητα προσαρμογής και μάθησης από δεδομένα σε πραγματικό χρόνο δίνει τη δυνατότητα στο έξυπνο εργοστάσιο να ανταποκρίνεται πιο γρήγορα στις συνεχώς μεταβαλλόμενες απαιτήσεις, να έχει πιο δυναμική παρουσία στην αγορά και επιτρέπει στον οργανισμό να αποφύγει τις λειτουργικές διακοπές και άλλες προκλήσεις παραγωγικότητας που ενδέχεται να προκύψουν. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί, μια κορυφαία εταιρεία ηλεκτρονικών, η οποία στο πλαίσιο της προσπάθειας της να υλοποιήσει ένα έξυπνο εργοστάσιο παραγωγής κλιματιστικών χρησιμοποίησε ένα πλήρως αυτοματοποιημένο σύστημα παραγωγής, τρισδιάστατους σαρωτές, τεχνολογίες Internet of Things και ενσωματωμένο έλεγχο μηχανών. Τα οφέλη αυτής της αυτοματοποίησης περιλάμβαναν χαμηλότερους χρόνους παράδοσης προς τους πελάτες και χαμηλότερο συνολικό κόστος, βελτίωση της παραγωγικής ικανότητας κατά 25% καθώς και 50% λιγότερο ελαττωματικά προϊόντα [56].

5.4. Θετικές επιπτώσεις του έξυπνου εργοστασίου στις διαδικασίες παραγωγής

Το έξυπνο εργοστάσιο μπορεί να εφαρμοστεί με πολλούς διαφορετικούς τρόπους. Μπορεί επίσης να επαναπροσδιοριστεί για να προσαρμοστεί όταν οι προτεραιότητες αλλάζουν ή εμφανίζονται νέες. Ένα από τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά του έξυπνου εργοστασίου είναι η ευελιξία και η δυνατότητά του να προσαρμόζεται. Τα χαρακτηριστικά αυτά δίνουν στα εργοστάσια ποικίλες επιλογές για την αξιοποίηση των ψηφιακών τεχνολογιών ανάλογα με τις εκάστοτε ανάγκες. Ένα σύνολο προηγμένων τεχνολογιών που συνήθως διευκολύνουν τη ροή πληροφοριών και κινήσεων μεταξύ του φυσικού και του ψηφιακού κόσμου φαίνονται στον πίνακα 1. Αυτές οι τεχνολογίες τροφοδοτούν το δίκτυο ψηφιακού εφοδιασμού και κατ'επέκταση το έξυπνο εργοστάσιο που δημιουργεί νέες ευκαιρίες ψηφιοποίησης των διαδικασιών παραγωγής.

| Διαδικασία | Δυνατότητες ψηφιοποίησης |
|-----------------------------|--|
| Κατασκευαστικές λειτουργίες | <ul style="list-style-type: none"> • Παραγωγή προσθέτων για την παραγωγή ταχέων πρωτοτύπων ή ανταλλακτικών μικρού όγκου (additive manufacturing). • Προχωρημένο σχεδιασμό και προγραμματισμό χρησιμοποιώντας δεδομένα παραγωγής σε πραγματικό χρόνο και για την ελαχιστοποίηση του χρόνου αποβλήτων και κύκλου. • Διαδικτυακά ρομπότ (internet bots) και αυτόνομα ρομπότ για την αποτελεσματική εκτέλεση διαδικασιών ρουτίνας με ελάχιστο κόστος και υψηλή ακρίβεια. • Ψηφιακό δίδυμο (digital twin) για να ψηφιοποιήσει μια λειτουργία και να προχωρήσει, πέρα από την αυτοματοποίηση και την ενσωμάτωση, στην προβλεπτική ανάλυση. |
| Λειτουργίες αποθήκης | <ul style="list-style-type: none"> • Επαυξημένη πραγματικότητα (augmented reality) για να βοηθήσει το προσωπικό με τα καθήκοντα pick-and-place. • Αυτόνομα ρομπότ για την εκτέλεση εργασιών αποθήκης. |
| Παρακολούθηση αποθέματος | <ul style="list-style-type: none"> • Αισθητήρες για την παρακολούθηση των κινήσεων σε πραγματικό χρόνο και των θέσεων των πρώτων υλών, των εργασιών σε εξέλιξη και των τελικών προϊόντων, καθώς και των εργαλείων υψηλής αξίας. • Αναλυτικά στοιχεία για τη βελτιστοποίηση του αποθέματος και αυτόματο σήμα για την αναπλήρωση αποθέματος. |
| Ποιότητα | <ul style="list-style-type: none"> • Δοκιμές ποιότητας με οπτικές αναλύσεις. • Παρακολούθηση εξοπλισμού σε πραγματικό χρόνο για την πρόβλεψη πιθανών ζητημάτων ποιότητας. |

| | |
|--------------------------------|--|
| Συντήρηση | <ul style="list-style-type: none"> • Επαυξημένη πραγματικότητα (augmented reality) για να βοηθήσει το προσωπικό στη συντήρηση και την επισκευή του εξοπλισμού. • Αισθητήρες πάνω στον εξοπλισμό για την οδήγηση αναλυτικών στοιχείων πρόγνωσης και συντήρησης. |
| Περιβάλλον, υγεία και ασφάλεια | <ul style="list-style-type: none"> • Αισθητήρες για την παρακολούθηση των περιβαλλοντικών συνθηκών, πιθανής αδυναμίας κίνησης του προσωπικού ή άλλων πιθανών απειλών. • Αισθητήρες σε επικίνδυνο εξοπλισμό που βρίσκεται σε άμεση επαφή με ανθρώπους. |

Πίνακας 1 Απεικονίζει μια σειρά βασικών διαδικασιών παραγωγής έξυπνων εργοστασίων μαζί με μια σειρά δειγμάτων δυνατοτήτων για ψηφιοποίηση που επιτρέπονται από διάφορες ψηφιακές και φυσικές τεχνολογίες

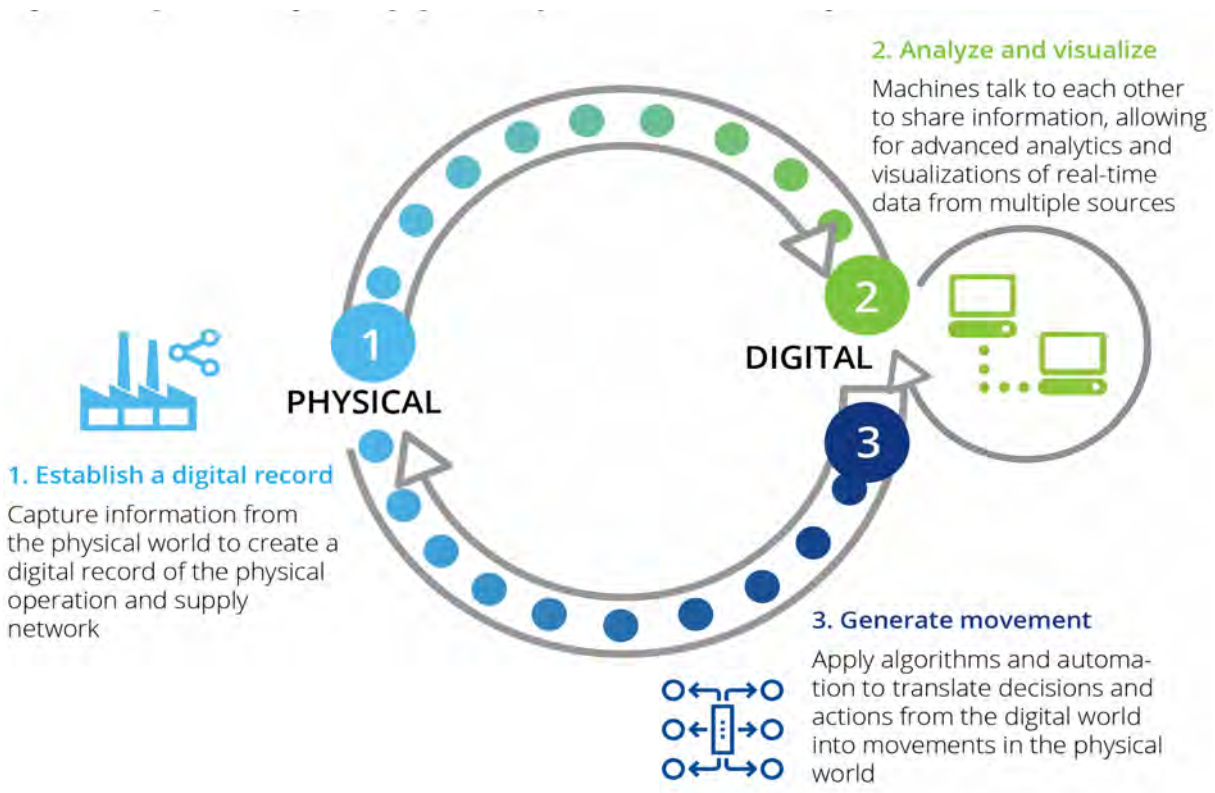
Αλλά όπως συμβαίνει με οποιαδήποτε σημαντική αλλαγή, υπάρχουν προκλήσεις που ενυπάρχουν στην υιοθέτηση ενός μοντέλου βιομηχανίας 4.0:

- Καθώς όλο και περισσότερα συστήματα ενοποιούνται και η πρόσβαση σε δεδομένα και στα εν λόγω συστήματα γίνεται όλο και συχνότερη, προκύπτουν αρκετά σημαντικά προβλήματα ασφαλείας.
- Απαιτείται ένας υψηλός βαθμός αξιοπιστίας και σταθερότητας για την επιτυχή επικοινωνία στον κυβερνοχώρο, που είναι δύσκολο να πραγματοποιηθεί και κυρίως να διατηρηθεί.
- Η μείωση του ανθρώπινου δυναμικού και συνεπώς της ανθρώπινης εποπτείας συμβάλλει στην μείωση της ακεραιότητας της παραγωγικής διαδικασίας, γεγονός που αποτελεί εμπόδιο.
- Επιπλέον το γεγονός της μείωσης του ανθρώπινου εργατικού δυναμικού αποτελεί ανησυχία καθώς όλο και περισσότεροι αυτοματισμοί εισάγονται στην παραγωγική διαδικασία.
- Υπάρχει συστηματική έλλειψη εμπειρίας και εργατικού δυναμικού για τη δημιουργία και εφαρμογή αυτών των συστημάτων.
- Τεχνικά προβλήματα που θα μπορούσαν να προκαλέσουν δαπανηρές διακοπές παραγωγής.

6. Τεχνολογίες ενεργοποίησης έξυπνων εργοστασίων

Η υλοποίηση ενός έξυπνου εργοστασίου απαιτεί κατάλληλες τεχνολογίες για να υποστηριχθεί η ομαλή ενσωμάτωση των βιομηχανικών συστημάτων. Έτσι θα μπορέσει να γίνει δυνατή η ανταλλαγή και η βελτιστοποίηση των πληροφοριών σε ολόκληρα εργοστάσια, δίκτυα παραγωγής ή συστήματα.

Η πρόσβαση σε δεδομένα και μυστικές πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο καθοδηγείται από τη συνεχή και κυκλική ροή πληροφοριών και δράσεων μεταξύ του φυσικού και του ψηφιακού κόσμου. Αυτή η ροή λαμβάνει χώρα μέσω μιας επαναληπτικής σειράς τριών βημάτων, ενός βρόχου από φυσικό σε ψηφιακό και από ψηφιακό σε φυσικό (physical-to-digital-to-physical (PDP) loop). Για να επιτύχει τη διαδικασία αυτή, η βιομηχανία 4.0 συνδυάζει τις σχετικές φυσικές και ψηφιακές τεχνολογίες, συμπεριλαμβανομένης της ανάλυσης δεδομένων, της παραγωγής προσθέτων (additive manufacturing), της ρομποτικής, της υπολογιστικής υψηλής απόδοσης, της επεξεργασίας φυσικής γλώσσας, της τεχνητής νοημοσύνης και των γνωστικών τεχνολογιών, των προηγμένων υλικών και της επαυξημένης πραγματικότητας (augmented reality).



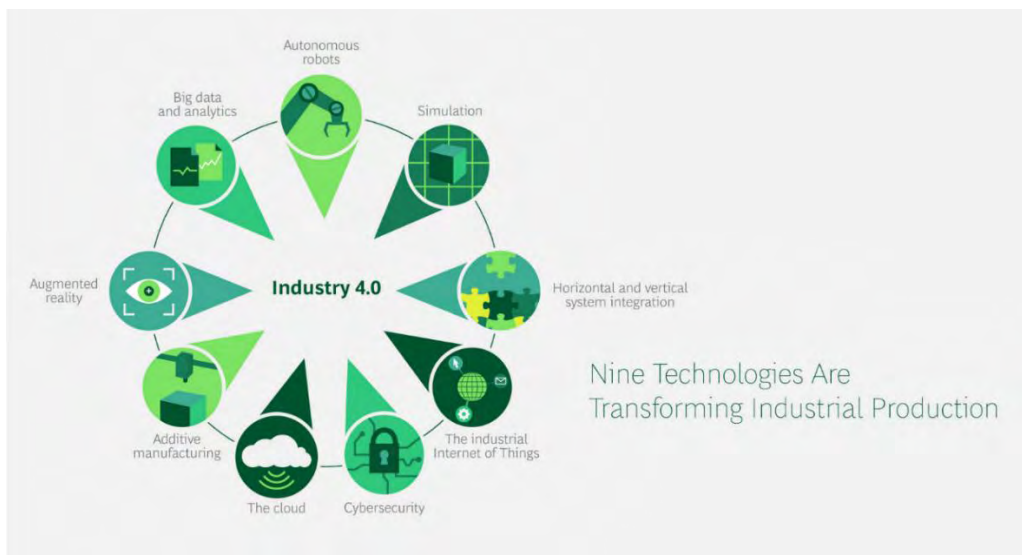
Εικόνα 26 Βρόχος τριών βημάτων που ακολουθούν τα δεδομένα

Physical-to-Digital: Στο IIoT τα δεδομένα δημιουργούνται με μία συνεχή ροή από τις διάφορες συσκευές σε διακομιστές ιδιωτικών επιχειρήσεων. Το IIoT μεταφράζει τις φυσικές ενέργειες των μηχανών σε ψηφιακά σήματα που χρησιμοποιούνται σε αισθητήρες (π.χ. αισθητήρες θερμοκρασίας, δονήσεων). Επιπλέον υπάρχει η δυνατότητα μετάδοσης των δεδομένων μέσω άλλων πηγών όπως για παράδειγμα ελεγκτές PLC (programmable logic controller), τερματικά MES (manufacturing execution system) ή και από συστήματα ERP (enterprise resource planning). Μόλις οι φυσικές ενέργειες μεταφραστούν σε ψηφιακά σήματα μέσω των αισθητήρων, αυτά επεξεργάζονται, συγκεντρώνονται και αναλύονται. Λόγω της δυνατότητας αποθήκευσης μεγάλων ποσοτήτων δεδομένων μπορεί να δοθεί μία πλήρης εικόνα ενός εργοστασίου και ολόκληρης της παραγωγής. Το IIoT αποτελεί το πρώτο βήμα στο βρόχο της παραπάνω εικόνας.

Digital-to-Digital: Το δεύτερο βήμα στο βρόχο αποτελεί η ανάλυση, μέσω προηγμένων αλγορίθμων πρόβλεψης, και η απεικόνιση των ψηφιακών σημάτων που συλλέγονται. Πλατφόρμες ανάλυσης ενσωματώνουν λύσεις υψηλού επιπέδου για μη δομημένα δεδομένα, γνωστικές τεχνολογίες, μηχανική μάθηση και απεικόνιση. Μπορούν πλέον να δημιουργηθούν εύκολα πίνακες ελέγχου χρησιμοποιώντας διεπαφές προγραμματισμού εφαρμογών οι οποίες είναι φιλικές προς όλους τους χρήστες.

Digital-to-Physical: Το τελευταίο βήμα στον βρόχο PDP αποτελεί η μετατροπή των αποτελεσμάτων της επεξεργασίας και της ανάλυσης των δεδομένων σε φυσική δράση. Τα εξαγόμενα συμπεράσματα μπορούν είτε να οδηγήσουν τα μηχανήματα στο να αλλάξουν τις λειτουργίες τους είτε να ωθήσουν έναν τεχνικό να αναλάβει δράση. Για παράδειγμα, σε μια κατάσταση όπου οι αλγόριθμοι θα πυροδοτούν την έναρξη μιας εργασίας συντήρησης στο σύστημα της εταιρείας, θα ελέγχουν για τα απαιτούμενα ανταλλακτικά και θα δημιουργούν αυτόματα μια αίτηση αγοράς για τυχόν πρόσθετα εξαρτήματα που απαιτούνται. Στη συνέχεια, ο διαχειριστής συντήρησης πρέπει μόνο να εγκρίνει τα στοιχεία στη ροή εργασίας και να αποστείλει τον κατάλληλο τεχνικό, όλα αυτοματοποιημένα και πριν από την μη προγραμματισμένη διακοπή λειτουργίας [57].

Στις ακόλουθες υποενότητες, παρουσιάζονται ορισμένα παραδείγματα αναδυόμενων τεχνολογιών που θεωρείται ότι σχετίζονται με την εφαρμογή του έξυπνου εργοστασίου.



Εικόνα 27 Τεχνολογίες που σχετίζονται με το εργοστάσιο του μέλλοντος

6.1. Internet of Things και επικοινωνία μηχανής προς μηχανή

Το Internet of Things χρησιμοποιείται για τη σύνδεση ενός αντικειμένου στον φυσικό κόσμο με την ψηφιακή αναπαράστασή του στο διαδίκτυο. Η συλλογή των δεδομένων από ένα συνεχώς αυξανόμενο αριθμό «έξυπνων πραγμάτων», αποτελεί σήμερα εύκολη διαδικασία λόγω των μειωμένων τιμών στους αισθητήρες και της συνδεσιμότητας χωρίς όρια. Η χρήση του Internet of Things εξαπλώνεται στην βιομηχανία με όλο και περισσότερες μηχανές και συσκευές να γίνονται πιο έξυπνες και συνδεδεμένες μεταξύ τους, όπως έχει ήδη αναφερθεί προηγουμένως.

Οι τεχνολογίες που επιτρέπουν αλληλεπίδραση επηρεάζουν το λειτουργικό περιβάλλον μιας βιομηχανικής επιχείρησης καθώς συμβάλλουν στη σύγκλιση του κλασσικού χώρου παραγωγής με τις τεχνολογίες διαδικτύου και στην αυξανόμενη νοημοσύνη των συσκευών που χρησιμοποιούνται για τη βελτίωση του περιβάλλοντος παραγωγής. Πέντε βασικές αρχές εξηγούν ρητά τη σχέση μεταξύ των τεχνολογικών παραγόντων και την άμεση επίδρασή τους στις διαδικασίες παραγωγής :[58]

1. Οι έξυπνες συσκευές παρέχουν τα δεδομένα, την ανάλυση και την ανατροφοδότηση κλειστού βρόχου που χρησιμοποιούνται για την αυτοματοποίηση και τη διαχείριση των συστημάτων ελέγχου σε κάθε στάδιο της κατασκευής.
2. Αυτές οι συσκευές είναι συνδεδεμένες, ενσωματωμένες και χρησιμοποιούνται ευρέως.
3. Αποτέλεσμα της εξάπλωσης των έξυπνων συσκευών είναι τα συστήματα ελέγχου να καταστούν πολύ πιο ευέλικτα, πολύπλοκα και ευρέως διαδεδομένα.
4. Οι ασύρματες τεχνολογίες συνδέουν αυτές τις καταναμημένες μονάδες ελέγχου για να ενεργοποιήσουν τη δυναμική επαναδιαμόρφωση των στοιχείων του συστήματος ελέγχου.
5. Οι ευαίσθητες πληροφορίες γίνονται όλο και πιο σημαντικές, διότι είναι αδύνατο να προβλεφθούν και να ληφθούν υπόψη όλες οι περιβαλλοντικές αλλαγές στις οποίες θα πρέπει να ανταποκριθούν τα συστήματα ελέγχου.

6.2. Cloud computing

Άλλα βασικά στοιχεία του Industrial Internet of Things περιλαμβάνουν τα cloud και fog computing. Το cloud computing επιτρέπει την ευέλικτη προσπέλαση σε υπολογιστικούς πόρους (δίκτυα, διακομιστές, αποθηκευτικοί χώροι κ.α.) και εφαρμογές που παρέχονται μέσω διαδικτύου. Οι μέθοδοι μεταφοράς δεδομένων από μια συσκευή σε σύννεφο (cloud) πρέπει να λειτουργούν ανεξάρτητα από το αν τα διαθέσιμα κανάλια επικοινωνίας είναι σταθερά ή με διαταραχές. Η τεχνολογία Cloud σε συνδυασμό με τις κινητές συσκευές παρέχει διαφάνεια και προβολή των πληροφοριών σε κάθε τοποθεσία και ώρα, ακόμη και μεταξύ διαφόρων συνεργατών ενός δικτύου.

Τα δεδομένα που συλλέγονται πρέπει να μεταφέρονται στα συστήματα επεξεργασίας είτε μέσω του cloud computing είτε μέσω εσωτερικής υποδομής πυρήνα. Πρέπει να υπάρχει η δυνατότητα αποθήκευσης και επεξεργασίας μεγάλων όγκων δεδομένων καθώς και του ιστορικού τους, και άμεση ανταπόκριση στις εισερχόμενες ροές δεδομένων. Το γεγονός αυτό καθιστά το cloud computing την κατάλληλη λύση του IoT. Οι νεοεμφανιζόμενες λύσεις IoT που βασίζονται σε cloud

computing παρέχουν τη δυνατότητα να ενσωματώνουν όχι μόνο εφαρμογές και διαδικασίες αλλά και «πράγματα» και αισθητήρες. Επιπλέον, οι λύσεις που βασίζονται σε σύννεφο (cloud) επιτρέπουν στις επιχειρήσεις να μειώσουν την απαιτούμενη βασική υποδομή υπολογιστών και να ανταποκριθούν με ευελιξία στις μεταβαλλόμενες ανάγκες στην υποδομή που με τη σειρά τους προκαλούνται από μεταβαλλόμενες απαιτήσεις στο περιβάλλον παραγωγής.

6.3. Ανάλυση δεδομένων (Big Data)

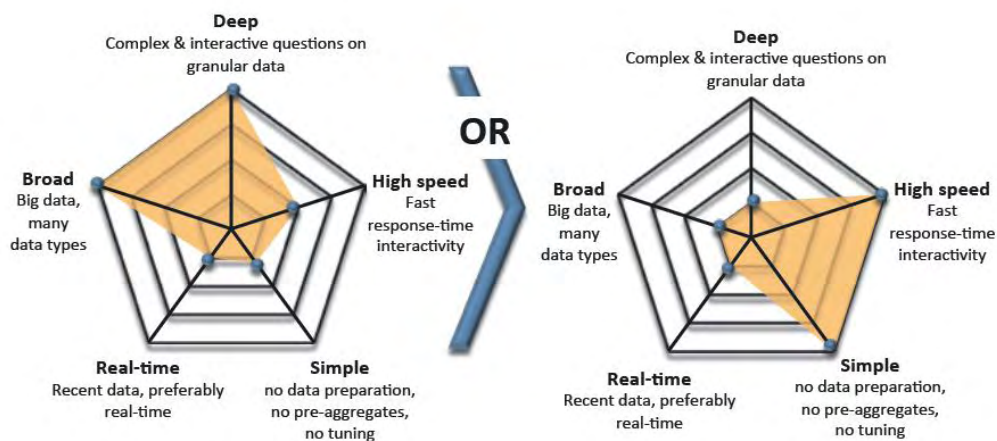
Τόσο η τεχνολογία IoT όσο και η τεχνολογία που βασίζεται σε cloud computing αυξάνουν την παραγωγή και τη διαθεσιμότητα δεδομένων σε περιβάλλοντα κατασκευής. Για παράδειγμα, η γενική παραγωγή δεδομένων αναμένεται να αυξηθεί κατά 40% ετησίως, συνολικού ύψους 35 zettabytes έως το 2020, με περίπου 25-50 δισ. συνδεδεμένα “πράγματα” που δημιουργούν τρισεκατομμύρια gigabytes δεδομένων [59]. Για τον τομέα κατασκευής, τα δεδομένα αυτά επιτρέπουν στις επιχειρήσεις να παρακολουθούν και να ελέγχουν τις διαδικασίες σε ένα πολύ υψηλότερο επίπεδο πολυπλοκότητας. Προηγουμένως άγνωστες πηγές ανεπιθύμητων περιστατικών, θα εντοπιστούν, θα προβλεφθούν και θα αποφευχθούν.

Η διαθεσιμότητα τόσο μεγάλου αριθμού δεδομένων διευρύνει τους ορίζοντες της ανάλυσης και της οπτικής αναπαράστασης. Αλγόριθμοι μπορούν να εφαρμοστούν για να παράγουν αυτοματοποιημένες αποφάσεις, οι οποίες έχουν επιπτώσεις στη λειτουργία κατασκευής και συμβάλλουν στην βελτιστοποίηση του συστήματος παραγωγής. Εκτός από τα δεδομένα που συλλέγονται σχετικά με τη βιομηχανική παραγωγή, σημαντικά δεδομένα για την ανάλυση αποτελούν και οι συνθήκες που επικρατούν σε ένα διεπαγγελματικό επίπεδο .

Για την εξαγωγή πολύτιμων αποτελεσμάτων από την ανάλυση του τεράστιου όγκου δεδομένων χρειάζεται εξόρυξη ιστορικών δεδομένων για συγκεκριμένα πρότυπα. Απαιτείται λοιπόν υποδομή ικανή να υποστηρίζει τα πολύ μεγάλα σύνολα δεδομένων και να εφαρμόζει αλγόριθμους μηχανικής μάθησης στα δεδομένα. Η πρόκληση είναι να αποθηκευτούν μόνο οι απαιτούμενες πληροφορίες - τα σωστά δεδομένα – και όχι όλα τα δεδομένα που παράγονται από μια συσκευή, εξοπλισμό ή

λειτουργία. Τα πρότυπα που προκύπτουν μπορούν στη συνέχεια να χρησιμοποιηθούν για την εξαγωγή πληροφοριών σχετικά με τις υπάρχουσες και τις μελλοντικές λειτουργίες. Τα μοντέλα που προκύπτουν μπορούν να ενσωματωθούν στις επιχειρησιακές ροές, έτσι ώστε, καθώς λαμβάνονται δεδομένα, να παράγουν προβλέψεις και συστάσεις για τη βελτίωση της τρέχουσας επιχειρησιακής κατάστασης.

Η πρόκληση εδώ είναι να γνωρίζουμε ποιο υποσύνολο των σωστών δεδομένων πρέπει να είναι προσβάσιμο για τη βελτίωση και τη βελτιστοποίηση των επιχειρηματικών διαδικασιών. Επί του παρόντος, τα δεδομένα του IoT μπορούν να αναλυθούν βαθιά και ευρέως, αλλά όχι και ταχέως ταυτόχρονα. Με τις υπάρχουσες τεχνολογίες, η βελτιστοποίηση και στις πέντε διαστάσεις του διαγράμματος αράχνης που φαίνεται στην παρακάτω εικόνα δεν είναι δυνατή.



Εικόνα 28 Ανάλυση δεδομένων

Στις δυνατότητες ανάλυσης δεδομένων περιλαμβάνονται η επεξεργασία ροής συμβάντων (event stream processing ESP) και η σύνθετη επεξεργασία συμβάντων (complex event processing CEP). Τα δεδομένα IoT συνήθως αντιπροσωπεύουν ένα γεγονός το οποίο λαμβάνει χώρα στο περιβάλλον παραγωγής. Για παράδειγμα, η απενεργοποίηση ενός μηχανήματος λειτουργίας αποτελεί ένα γεγονός, η αλλαγή της θερμοκρασίας είναι ένα γεγονός, η μετακίνηση ενός εξαρτήματος από το ένα μέρος στο άλλο είναι ένα γεγονός. Πολλά από αυτά τα γεγονότα μπορούν να συσχετιστούν

και να βγει ένα συμπέρασμα για την διαδικασία παραγωγής, για παράδειγμα, η θερμοκρασία αυξήθηκε σε τέτοιο βαθμό που μια μηχανή απενεργοποιήθηκε. Το ESP καθιστά δυνατή τη ροή, επεξεργασία, φιλτράρισμα και ομαδοποίηση όλων των δεδομένων και των γεγονότων που συλλέγονται από το IoT. Οι επιχειρηματικοί κανόνες ESP δημιουργούνται για να καθορίσουν ποια γεγονότα είναι σημαντικά, ποια δεδομένα θα πρέπει να φιλτραριστούν και τα οποία πρέπει να διατηρηθούν, και ποια συσχέτιση συμβάντων ή πρότυπα πρέπει να ενεργοποιήσουν ένα ευρύτερο επιχειρηματικό γεγονός, ειδοποίηση ή απόφαση. Η CEP είναι μια πιο εξελιγμένη δυνατότητα, η οποία αναζητά σύνθετα μοτίβα σε μια διατεταγμένη σειρά γεγονότων.

Προκειμένου να αξιοποιηθούν οι πληροφορίες και οι γνώσεις που συλλέγονται από τις αναλύσεις δεδομένων, πρέπει να εφαρμοστούν μηχανισμοί λήψης αποφάσεων που επιτρέπουν στο IoT να κατευθύνει αυτομάτως τους επιχειρηματικούς στόχους. Για να γίνει αυτό, πρέπει να συγκριθούν διάφορες επιλογές, με την καλύτερη να επιλέγεται σύμφωνα με τους τρέχοντες επιχειρηματικούς στόχους. Οι διαθέσιμες επιλογές μπορούν να ληφθούν από τη συγκέντρωση δεδομένων IoT καθώς και από την ανάλυση αυτών και των διαδρομών προσομοίωσης. Οι προτεραιότητες των αντίστοιχων επιχειρηματικών στόχων θα μπορούσαν να προσαρμοστούν κατά το χρόνο εκτέλεσης ανάλογα με τις μεταβαλλόμενες συνθήκες του περιβάλλοντος παραγωγής.

Ο μεγάλος όγκος δεδομένων IoT που διατίθεται από ανθρώπους, πράγματα και μηχανές, καθώς και η πολυπλοκότητα της επεξεργασίας των γεγονότων και της λήψης αποφάσεων, οδηγούν στην ανάγκη μιας ενοποιημένης αρχιτεκτονικής και διεπαφών υποδομής IoT. Μια τέτοια υποδομή μπορεί να χρησιμεύσει ως βάση για βιομηχανικές εφαρμογές οι οποίες, για παράδειγμα, επιτρέπουν στις εταιρείες να έχουν πρόσβαση σε πληροφορίες που αφορούν τις προτιμήσεις των πελατών και τις παραλλαγές της αγοράς, τη δημιουργία και χρήση προϊόντων και υπηρεσιών, καθώς και λειτουργίες πρόβλεψης και ανάλυσης που εφαρμόζονται [60].

6.4. Έξυπνη ρομποτική

Η εμφάνιση της πληροφορικής στη βιομηχανία δεν εισάγει απλά νέες λύσεις όπως τεχνολογίες IoT αλλά αλλάζει και τα υπάρχοντα συστήματα αυτοματισμού και

ελέγχου, ειδικά τη ρομποτική. Για παράδειγμα, η συνεργασία ανθρώπου-ρομπότ συνδυάζει την ευελιξία των ανθρώπων με την ακρίβεια, τη δύναμη και την απόδοση των ρομπότ. Στα παραδοσιακά συστήματα παραγωγής η γραμμική παραγωγή είναι συνήθης πρακτική, στην οποία συμμετέχουν εργαζόμενοι και διεκπεραιώνουν διάφορα καθήκοντα χρησιμοποιώντας καλά διαμορφωμένες συσκευές. Ωστόσο οι πρόσφατες απαιτήσεις για ταυτόχρονη εφαρμογή της ευελιξίας, της αποδοτικότητας και της αξιοπιστίας δεν ικανοποιούνται από τέτοια συστήματα, τα οποία λειτουργούν αποκλειστικά από ανθρώπους ή από πλήρως αυτοματοποιημένες γραμμές παραγωγής. Ρομποτικά συστήματα, στα οποία τα ρομπότ υποστηρίζουν τους ανθρώπους στην εκτέλεση των παραγωγικών εργασιών, αναπτύσσονται για να ξεπεράσουν αυτό το ζήτημα.

Υπάρχουν τρία είδη συνεργασίας ανθρώπων και μηχανών, η συγχρονισμένη συνεργασία, η ταυτόχρονη συνεργασία και η ενισχυμένη συνεργασία. Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται η συγχρονισμένη συνεργασία στην οποία το ίδιο στοιχείο επεξεργάζεται από ανθρώπους χειριστές και ρομπότ μαζί, χωρίς φυσικό διαχωρισμό. Έτσι, τα ρομπότ και οι χειριστές μπορούν να συνεργάζονται στενά, για παράδειγμα, να χειρίζονται και να επεξεργάζονται προϊόντα από κοινού για να ενσωματώσουν τόσο την ευκινησία και την αξιοπιστία που προσφέρουν τα ρομπότ και την ευελιξία που προσφέρουν οι άνθρωποι χειριστές.



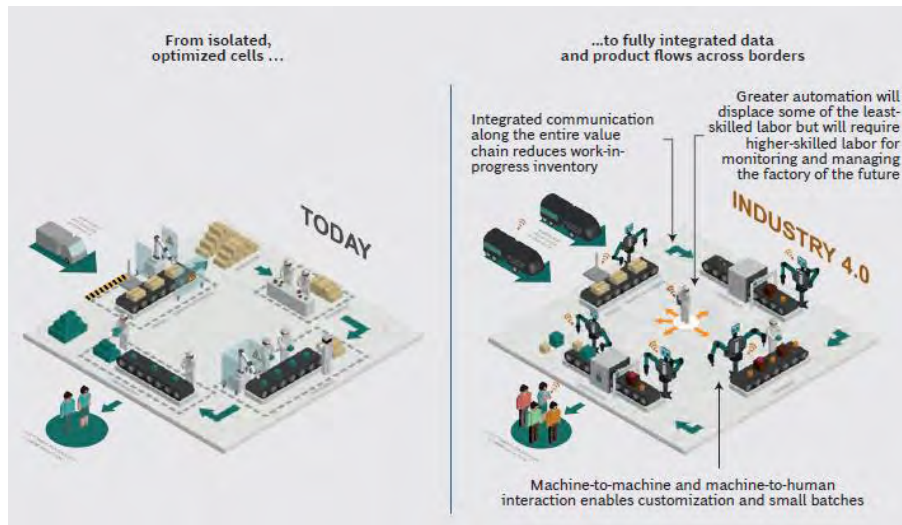
Εικόνα 29 Συγχρονισμένη συνεργασία ανθρώπου - ρομπότ

Ωστόσο, η συνεργασία ανθρώπων και μηχανημάτων μπορεί να προκαλέσει προβλήματα ασφαλείας, καθώς οι αποτυχίες του εμπλεκόμενου ενεργού ρομπότ μπορεί να οδηγήσουν σε τραυματισμό του ανθρώπινου εργατικού δυναμικού. Επιπλέον, επί του παρόντος δεν υπάρχουν πρότυπα και κανονισμοί ασφαλείας της βιομηχανίας που να καλύπτουν αυτό το είδος συνεργασίας ανθρώπου-ρομπότ, έτσι απαιτείται τόσο η καινοτομία της τεχνολογίας ολοκλήρωσης συστημάτων όσο και η δημιουργία νέων προτύπων και κανονισμών ασφαλείας.

Η ενσωμάτωση εξελιγμένων αισθητήρων και η εφαρμογή της τεχνητής νοημοσύνης (AI) επιτρέπουν την όραση του μηχανήματος, την ευαισθητοποίηση στο περιβάλλον και την ευφυΐα του μηχανήματος. Αυτό παράγει συνεργατικά ρομπότ που όχι μόνο αλληλοεπιδρούν με τους ανθρώπους για την εκτέλεση ενός καλά καθορισμένου έργου, αλλά προβλέπουν επίσης ανάγκες. Από τη μία πλευρά, αυτό κάνει δυνατή την εφαρμογή της ρομποτικής σε περιπτώσεις που παλαιότερα η χρήση της ήταν αδύνατη και, αφετέρου, οδηγεί σε υψηλότερη παραγωγικότητα.

Η ευελιξία της συνεργασίας μπορεί να υλοποιηθεί όχι μόνο για την αλληλεπίδραση ανθρώπου-ρομπότ, αλλά και για τη συνεργασία μεταξύ των ρομποτικών συστημάτων. Τα προηγμένα ρομπότ μπορούν να βελτιώσουν την αντίληψη, την επιδεξιότητα, την κινητικότητα και την ευφυΐα σε πραγματικό χρόνο, χρησιμοποιώντας τεχνολογίες όπως την επικοινωνία machine-to-machine, την μηχανική όραση και τους αισθητήρες. Αυτό καθιστά τα ρομπότ ικανά να επικοινωνούν ή να αλληλοεπιδρούν πολύ πιο εύκολα μεταξύ τους. Η δυνατότητα σύνδεσης με το περιβάλλον και η αναγνώριση του σχετικού πλαισίου παραγωγής καθιστούν τα προηγμένα ρομπότ εύκολα προσαρμόσιμα σε νέες ή μεταβαλλόμενες εργασίες παραγωγής, συμπεριλαμβανομένων αυτών που πρόκειται να εκτελεστούν σε συνεργασία με τους ανθρώπους.

Η ευελιξία των ρομποτικών συστημάτων αυξάνεται επίσης με ανοικτές ρομποτικές πλατφόρμες που επιτρέπουν σε τρίτους να εμπλουτίσουν τα ρομπότ με υλικό και λογισμικό ειδικά για την εφαρμογή. Παραδείγματα περιλαμβάνουν λαβές ειδικού σκοπού και σχετικό λογισμικό ελέγχου. Η αυξημένη ευελιξία που παρέχεται οδηγεί σε μεγαλύτερης έκτασης υιοθέτησης της ρομποτικής στις μεταποιητικές επιχειρήσεις, καθώς η ρομποτική μπορεί να εφαρμοστεί σε μια ευρύτερη περιοχή. Προηγούμενα εμπόδια, όπως το υψηλό κόστος, θα μειωθούν σημαντικά [60].



Εικόνα 30 Εργοστάσια σήμερα VS εργοστάσια του μέλλοντος

6.5. Προσομοίωση παραγωγής προϊόντων

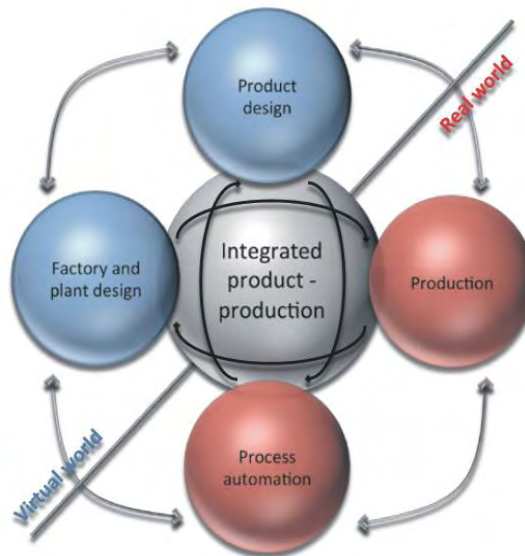
Οι καινοτομίες που βασίζονται σε τεχνολογίες, όπως το IoT, την ανάλυση δεδομένων και την έξυπνη ρομποτική, δεν είναι οι μόνες που θα έχουν αντίκτυπο στο εργοστάσιο του μέλλοντος. Το ψηφιακό εργοστάσιο, δηλαδή η αναπαράσταση των συστημάτων παραγωγής, θα υποστεί σημαντικές αλλαγές σε σχέση με το παραδοσιακό εργοστάσιο. Το ψηφιακό εργοστάσιο αναφέρεται σε μια ολοκληρωμένη προσέγγιση για την ενίσχυση των διαδικασιών παραγωγής και της προσομοίωσης προϊόντων. Σκοπός του είναι να βελτιώσει το προϊόν και την παραγωγή σε όλα τα επίπεδα χρησιμοποιώντας διαφορετικούς τύπους προσομοίωσης, διάφορα στάδια και επίπεδα σε όλη την αλυσίδα παραγωγής. Υπάρχουν διάφοροι τύποι προσομοίωσης που δημιουργούν εικονικά μοντέλα του προϊόντος και της παραγωγής, συμπεριλαμβανομένων των: προσομοίωση διακριτών συμβάντων, προσομοίωση 3D, προσομοίωση σε επίπεδο συστήματος, προσομοίωση της εφοδιαστικής αλυσίδας, η ρομποτική προσομοίωση και η εργονομική προσομοίωση. Ο απώτερος στόχος είναι να δημιουργηθεί ένα πλήρως εικονικό προϊόν για δοκιμές και βελτιστοποίηση [60].

Το προϊόν και το σχέδιο παραγωγής διαχωρίζονται. Οι απαιτήσεις για το προϊόν πρέπει να διευκρινιστούν πλήρως πριν αρχίσει το στάδιο παραγωγής και μηχανικής.

Αυτό προκαλεί μια διαδοχική διαδικασία, κατά την οποία οι τυχόν αλλαγές προκαλούν πρόσθετο κόστος και καθυστερήσεις. Αυτή η προσέγγιση υπόσχεται μια ασφαλή πρόσβαση σε όλες τις σχετικές πληροφορίες εντός της εταιρείας και σε όλους τους οργανισμούς-εταίρους.

Τα εργαλεία προσομοίωσης των προϊόντων και των διαδικασιών παραγωγής δίνουν έμφαση σε διάφορες λεπτομέρειες, όπως η εφοδιαστική αλυσίδα όσον αφορά τις διαδρομές υλικού ή τα μεγέθη των προσωρινών αποθεμάτων, διαδικασίες όπως η συναρμολόγηση ή θερμικά χαρακτηριστικά των υλικών. Στις ολοκληρωμένες εφαρμογές προσομοίωσης, αυτά τα συγκεκριμένα μοντέλα μοιράζονται και ενσωματώνονται για να μεταφέρουν γνώση και να συγχρονίσουν τον προγραμματισμό μεταξύ συγκεκριμένων σταδίων της παραγωγής. Για παράδειγμα, η τοποθέτηση ρομπότ και ο σχεδιασμός διαδρομών, μπορούν να υπολογιστούν με απευθείας πρόσβαση στα μοντέλα 3D CAD των προϊόντων που κατασκευάζονται. Χρησιμοποιώντας τα αποτελέσματα αυτών των υπολογισμών, τα προγράμματα PLC μπορούν να δημιουργηθούν αυτόματα για παραγωγή.

Το παρακάτω σχήμα παρουσιάζει τον διαχωρισμό του εικονικού και του πραγματικού κόσμου. Στον εικονικό κόσμο, το προϊόν, το εργοστάσιο και ο σχεδιασμός των εγκαταστάσεων ανταλλάσσουν πρώτα πληροφορίες για τη βελτιστοποίηση και των δύο. Αυτά τα σχέδια μετατρέπονται στη συνέχεια σε συστήματα παραγωγής και αυτοματισμού πραγματικού κόσμου που αλληλοεπιδρούν για να εκτελέσουν εργασίες παραγωγής. Επιπλέον, ο πραγματικός κόσμος παρέχει πληροφορίες στον προσομοιωμένο κόσμο για τη βελτιστοποίηση των σημερινών ή μελλοντικών σχεδίων προϊόντων και εργοστασίων και για να πάρει ανατροφοδότηση (feedback) σχετικά με πιθανές βελτιώσεις των συστημάτων αυτοματοποίησης και παραγωγής της πραγματικής διαδικασίας. Η αναδυόμενη έννοια του ψηφιακού νήματος επεκτείνει την ολοκληρωμένη προσομοίωση παραγωγής προϊόντων σε ολόκληρη την αλυσίδα αξίας μέσω βρόχων ανατροφοδότησης πληροφοριών που χρησιμοποιούνται για τη συνεχή βελτιστοποίηση τόσο του προϊόντος όσο και της παραγωγής, αλλά και της εξυπηρέτησης, της συντήρησης και της διάθεσης, δηλαδή ολόκληρου του κύκλου ζωής.



Εικόνα 31 Διάκριση εικονικού και φυσικού κόσμου

6.6. Παραγωγή προσθέτων (Additive manufacturing- AM) / 3D εκτύπωση

Η διαδικασία ενοποίησης διαφόρων και πολλαπλών υλικών σε επίπεδα/στρώματα προκειμένου να σχηματίσουν ένα νέο αντικείμενο, ονομάζεται παρασκευή προσθέτων (additive manufacturing). Η τεχνολογία αυτή καλείται συχνά ως "3D εκτύπωση" όμως είναι ορθότερο να διαχωρίσουμε τους δύο όρους, καθώς το AM καλύπτει ένα ευρύτερο φάσμα διαδικασιών παραγωγής.

Σύμφωνα με το Joint Technology Exchange Group (JTEG), «η παραγωγή προσθέτων (AM), που αναφέρεται επίσης και ως 3D εκτύπωση, είναι μια τεχνική διαδοχικής πρόσδεσης επάλληλων στρώσεων για την παραγωγή τρισδιάστατων (3D) αντικειμένων απευθείας από ένα ψηφιακό μοντέλο. Χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο για τη συντήρηση και την επισκευή κατεστραμμένων εξαρτημάτων, ιδιαίτερα για προϊόντα όπου απαιτείται ένας μεγάλος χρόνος ή δαπάνη για την προμήθεια νέων εξαρτημάτων.» [68].

Η παραγωγή προσθέτων (additive manufacturing) είναι μια ισχυρή δύναμη στο χώρο της ψηφιακής κατασκευής, φέρνοντας στο προσκήνιο νέες εφαρμογές και αγορές. Σύμφωνα με την έρευνα της PwC [69] τρεις είναι οι τρόποι με τους οποίους η παραγωγή προσθέτων (additive manufacturing) θα διαταράξει την βιομηχανία:

Η αναδιάρθρωση των αλυσίδων εφοδιασμού: Η ενσωμάτωση της παραγωγής πρόσθετων υλών στις υπάρχουσες διαδικασίες ενδέχεται να απαιτεί πολύ χρόνο

και προσπάθεια για την ψηφιοποίηση και την αναδιάρθρωση των αλυσίδων εφοδιασμού των εταιρειών. Σύμφωνα με την Έρευνα Ψηφιακών Μετασχηματισμών της Jabil [70], το 90% των κατασκευαστών βρίσκεται στο κέντρο των προσπαθειών ψηφιακής μετατροπής τους, ωστόσο μόνο το 23% έχει μια στρατηγική για όλη την εταιρεία.

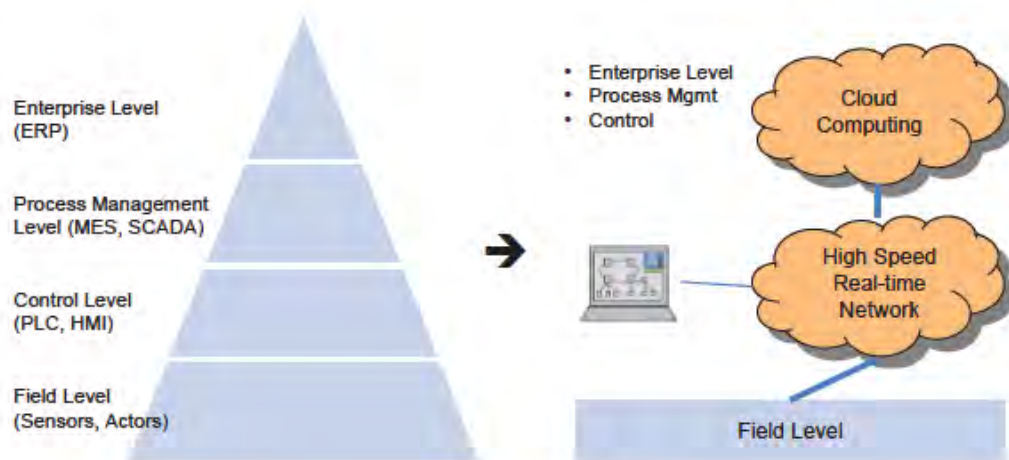
Απειλές πνευματικής ιδιοκτησίας: Η παρασκευή προσθέτων (additive manufacturing) μπορεί να αυξήσει τις περιπτώσεις παραβίασης των διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας, των πνευματικών δικαιωμάτων και των εμπορικών σημάτων. Ενώ οι αρχές της δεκαετίας του 2000 σηματοδότησαν το ύψος της πειρατείας σε ταινίες, τηλεοπτικές εκπομπές και μουσική, το μέλλον της πειρατείας μπορεί να είναι στα αρχεία σχεδιασμού προϊόντων CAD. Αυτές οι απειλές για την πνευματική ιδιοκτησία μπορεί να έχουν ως αποτέλεσμα χρονοβόρες και δαπανηρές διαδικασίες.

Αλλαγμένες σχέσεις με τους πελάτες: Οι σχέσεις των πελατών εξελίσσονται καθώς οι εταιρείες περνούν στον ψηφιακό μετασχηματισμό. Καθώς οι εκτυπωτές 3D γίνονται πανταχού παρόντες και οι αγοραστές έχουν νέους τρόπους να αγοράσουν προϊόντα, οι εταιρείες θα πρέπει να επικεντρωθούν στις στρατηγικές που βασίζονται στον πελάτη.

7. Η δομή των σημερινών και των μελλοντικών συστημάτων βιομηχανικού αυτοματισμού

Τα σημερινά συστήματα βιομηχανικού αυτοματισμού αποτελούνται από επίπεδα που τυπικά αντιπροσωπεύονται ως πυραμίδα:

- Ενεργοποιητές και αισθητήρες (field level).
- Συσκευές ελέγχου, μονάδες εισόδου / εξόδου και τερματικά χειριστή (control level).
- Ένα επίπεδο διαχείρισης διαδικασιών με υπολογιστές για συστήματα μηχανικής, ελέγχου και απόκτησης δεδομένων (SCADA) και MES (process management level).
- Ένα επίπεδο επιχείρησης με επιχειρηματικές διαδικασίες και συστήματα ERP, που συνήθως βρίσκονται σε διακομιστές στο κέντρο δεδομένων πληροφορικής (enterprise level).



Εικόνα 32 Η πυραμίδα συστημάτων βιομηχανικού αυτοματισμού θα εξαφανιστεί

Η βιομηχανία 4.0 και το Internet of Things αλλάζουν την παραπάνω δομή του συστήματος. Η βάση της πυραμίδας (level-field), η οποία αφορά τον εξοπλισμό του εργοστασίου, παραμένει ένα ξεχωριστό επίπεδο αλλά οι συσκευές σε αυτό ενσωματώνουν όλο και περισσότερες πληροφορίες. Ως μέρη των κυβερνο-φυσικών

συστημάτων, εκτελούν αυτόνομα πολλές διαδικασίες. Οι συσκευές αυτές θα αυξηθούν σημαντικά σε αριθμό.

Όλες οι λειτουργίες που βρίσκονται πάνω από το field level, πιθανόν να μετακινηθούν σε διακομιστές υψηλής απόδοσης που βρίσκονται σε ένα σύμπλεγμα διακομιστών, κέντρο δεδομένων ή σε ένα "σύνεφο" (cloud). Η εικονικοποίηση και ο διαχωρισμός των συγκεκριμένων λειτουργιών και του υλικού επεξεργασίας θα γίνεται στο εργοστάσιο.

Το πλεονέκτημα αυτής της δομής είναι ότι μειώνει το πλήθος των πολλών και διαφορετικών συσκευών που υπάρχουν στα παραδοσιακά εργοστάσια για την εκτέλεση κάθε διαδικασίας, γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα την ευκολότερη διαχείριση, την καλύτερη αξιοποίηση των πόρων και την σαφή εξοικονόμηση κόστους.

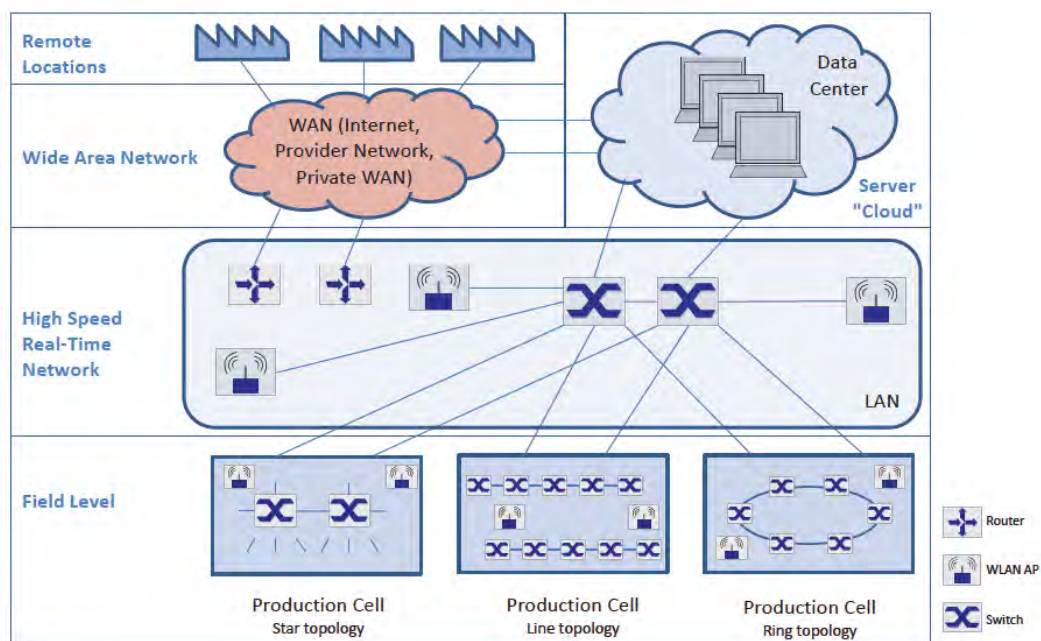
Αυτή η προσέγγιση δεν έχει υιοθετηθεί, λόγω ζητημάτων που σχετίζονται με την απόδοση, τον απαιτούμενο ντετερμινισμό, την αξιοπιστία και την έλλειψη επικοινωνίας από τους διακομιστές στο πρώτο επίπεδο της πυραμίδας. Παρ' όλα αυτά, αυτά τα θέματα θα αντιμετωπιστούν σε νέα και επερχόμενα συστήματα.

7.1. Smart Factory LAN

Όπως προαναφέρθηκε στο μελλοντικό έξυπνο εργοστάσιο οι συνδεδεμένες συσκευές θα αυξηθούν σημαντικά σε αριθμό σε σύγκριση με τα παραδοσιακά εργοστάσια. Το γεγονός αυτό αποτελεί συνέπεια της ανάγκης για συλλογή όσο το δυνατόν περισσότερων δεδομένων σε πραγματικό χρόνο που θα σχετίζονται με κάθε διαδικασία της παραγωγής. Πρόκληση αποτελεί η σύνδεση όλων αυτών των συσκευών με απλό και οικονομικά αποδοτικό τρόπο. Αναμένεται επίσης η μείωση της χρήσης διαύλων επικοινωνίας έτσι ώστε να καταστεί δυνατή η συνεπής και ενοποιημένη επικοινωνία μέσω ενός δικτύου Ethernet. Όλες οι επικοινωνίες θα βασίζονται σε πρωτοκόλλα IP και το Ethernet θα είναι το υποκείμενο πρωτόκολλο επικοινωνίας, ανεξάρτητα από το εάν η σύνδεση είναι ενσύρματη ή ασύρματη [61].

Λόγω του μεγάλου αριθμού συσκευών τα μελλοντικά δίκτυα θα πρέπει να είναι καταταγμένα σε μια σειρά έτσι ώστε να απλοποιείται η διαχείριση και η λειτουργία του δικτύου. Το δίκτυο θα εξακολουθεί να χρησιμοποιεί τοπολογίες αστέρων,

γραμμών ή δακτυλίων ή ένα μείγμα. Η χρήση τοπολογιών αστέρων θα αυξηθεί επειδή έχουν ορισμένα πλεονεκτήματα - όπως χαμηλότερη λανθάνουσα κατάσταση και υψηλότερη αξιοπιστία - σε σύγκριση με άλλες τοπολογίες. Το μειονέκτημα μιας τοπολογίας αστέρα είναι ότι η αποτυχία ενός διακόπτη θα αποσυνδέσει όλες τις συνδεδεμένες συσκευές. Παρ' όλα αυτά, οι προσομοιώσεις δείχνουν σαφώς ότι ένας μεγαλύτερος διακόπτης έχει υψηλότερη συνολική αξιοπιστία σε σύγκριση με ένα σύστημα που αποτελείται από πολλούς διακεκομμένους, μικρούς διακόπτες. Αυτός είναι ο λόγος που οι τοπολογίες αστέρων χρησιμοποιούνται σήμερα στα κέντρα δεδομένων. Θα χρησιμοποιηθούν επίσης γραμμές ή δακτύλιοι, επειδή ορισμένες τοπολογίες μπορεί να έχουν πλεονεκτήματα στην καλωδίωση. Επιπλέον, θα αυξηθεί η χρήση πιο σύνθετων δομών, όπως οι τοπολογίες δικτύου πλέγμα. Με την υιοθέτηση νέων πρωτοκόλλων, τα δίκτυα αυτά θα χρειαστούν λιγότερες προσπάθειες διαχείρισης [61].



Εικόνα 33 Τοπολογία δικτύου στο έξυπνο εργοστάσιο

Στο παρελθόν η επικοινωνία ανάμεσα στις βιομηχανικές εφαρμογές πραγματοποιούνταν ως επί το πλείστο με ενσύρματα δίκτυα. Η χρήση των ασύρματων δικτύων ωστόσο έχει αυξηθεί σημαντικά στη βιομηχανία. Έχουν

υιοθετηθεί για μη κρίσιμες βιομηχανικές εφαρμογές, όπως η διαμόρφωση και η παρακολούθηση και η μεταφορά περιφερειακών δεδομένων. Η πρόκληση με τα ασύρματα δίκτυα είναι ότι αποτελεί ένα "κοινόχρηστο μέσο", δηλαδή όλες οι συσκευές μοιράζονται ένα συγκεκριμένο εύρος συχνοτήτων. Εάν μια συσκευή μεταδίδει, το κανάλι είναι απασχολημένο. Η ραδιοεπικοινωνία μπορεί επίσης να είναι επιρρεπής σε λάθη. Άλλα ραδιοσυστήματα, ηλεκτρομαγνητικές επιδράσεις ή αντικείμενα μπορεί να επηρεάσουν τη μετάδοση και να επιδεινώσουν σημαντικά την ποιότητα, το εύρος ζώνης και την καθυστέρηση. Η σποραδική απώλεια πακέτων δεδομένων είναι ο κανόνας σε ορισμένα ραδιοσυστήματα και πρέπει να αντιμετωπιστεί από τις εφαρμογές. Αυτό γίνεται σε βάρος της απόδοσης και της καθυστέρησης. Παρόλο που αυτό μπορεί να είναι αποδεκτό στα περιβάλλοντα ασύρματης εγκατάστασης επιχειρήσεων (όπως σε γραφεία και επιχειρήσεις), τα βιομηχανικά ασύρματα προϊόντα πρέπει να σχεδιαστούν έτσι ώστε να έχουν αξιόπιστες επιδόσεις.

Το μειονέκτημα της αυξανόμενης συνδεσιμότητας και της χρήσης ανοικτών προτύπων στα βιομηχανικά δίκτυα αποτελεί υψηλό κίνδυνο επιθέσεων στον κυβερνοχώρο. Περιλαμβάνουν εσκεμμένες επιθέσεις καθώς και ακούσια ανθρώπινα σφάλματα και διενέξεις συσκευών.

Το δίκτυο Smart Factory θα πρέπει να υποστηρίζει λειτουργίες ασφαλείας, όπως:

- **Κρυπτογράφηση** για να διασφαλιστεί η εμπιστευτικότητα των δεδομένων και να αποτραπεί οποιαδήποτε μη εξουσιοδοτημένη παρακολούθηση δεδομένων. Είναι ιδιαίτερα σημαντική για την κυκλοφορία δεδομένων που εκτελείται μέσω δημόσιων δικτύων.
- **Έλεγχος πρόσβασης** για επιβεβαίωση ότι μόνο οι συσκευές που επιτρέπεται να επικοινωνούν μεταξύ τους μπορούν να το κάνουν ώστε να αποτραπεί μία μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση κατά τη λειτουργία.
- **Ο έλεγχος ταυτότητας** ως άλλο στοιχείο του ελέγχου πρόσβασης για τον αποκλεισμό μη εξουσιοδοτημένων συσκευών και χρηστών.

Άλλα μέτρα ασφαλείας περιλαμβάνουν την λεπτομερή καταγραφή όλων των συμβάντων μέσω αρχείων καταγραφής για την ακριβή παρακολούθηση της δραστηριότητας του δικτύου, τα εργαλεία διαχείρισης δικτύου και ασφάλειας, τα

οποία μπορούν να ανιχνεύσουν πιθανές απειλές (όπως μη φυσιολογική κυκλοφορία ή μη εξουσιοδοτημένες απόπειρες πρόσβασης) και τη λήψη κατάλληλων μέτρων αντιμετώπισης.

Τα νέα δεδομένα της καινοτόμα τεχνολογίας θα επιτρέψουν:

- Μεταφορά μεγάλων ποσοτήτων δεδομένων με ελάχιστη καθυστέρηση.
- Σύνδεση σε έναν μεγάλο αριθμό μεμονωμένων συσκευών με αξιόπιστο τρόπο και με υψηλά πρότυπα ασφάλειας δεδομένων.
- Χρήση όλο και περισσότερων ασύρματων τεχνολογιών, τόσο εντός της εγκατάστασης όσο και για απομακρυσμένη σύνδεση.
- Λειτουργία με ενεργειακά αποδοτικό τρόπο.

Συνοψίζοντας, η μελλοντική δομή των εργοστασίων θα είναι πολύ διαφορετική, ένας διασυνδεδεμένος συνδυασμός ευφυών τεχνολογιών παραγωγής με τις νεότερες τεχνολογίες πληροφοριών και επικοινωνιών υψηλής απόδοσης. Αυτό θα προσφέρει ψηφιακά ολοκληρωμένη μηχανική και οριζόντια ολοκλήρωση (horizontal integration) σε ολόκληρη την αλυσίδα καθώς και κάθετη ολοκλήρωση (vertical integration) και συνδεσιμότητα σε όλα τα επίπεδα παραγωγής.

7.2. Ασφάλεια

Τα όρια του συστήματος διευρύνονται κατά την εφαρμογή του μοντέλου του εργοστασίου του μέλλοντος ενώ αυξάνεται ο αριθμός των διεπαφών σε απομακρυσμένα συστήματα. Το ίδιο ισχύει και για τα σημεία πρόσβασης για πιθανές απειλές από το εξωτερικό περιβάλλον, γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα την ανάγκη για κατάλληλα μέτρα ασφαλείας. Επιπλέον, η πολυπλοκότητα του συστήματος μεγαλώνει με τον αυξανόμενο αριθμό εξαρτημάτων του συστήματος και τις συνδέσεις μεταξύ τους, γεγονός που μπορεί να προκαλέσει ανεπιθύμητα φαινόμενα. Για την αντιμετώπιση αυτών των ζητημάτων πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στα θέματα ασφαλείας. Στο εργοστάσιο του μέλλοντος, κάθε φυσικός χώρος που συνδέεται με τον κυβερνοχώρο εκτίθεται στη δυνητική απειλή μιας επιδρομής. Για να αποφευχθούν τέτοιες επιθέσεις, οι οποίες μπορεί να οδηγήσουν σε σημαντικά προβλήματα, τα μέτρα ασφαλείας καθίστανται όλο και πιο σημαντικά. Τα συστήματα του έξυπνου εργοστασίου περιλαμβάνουν τόσο τον φυσικό κόσμο όσο και τον

κυβερνοχώρο και η πορεία της προστασίας που θα ακολουθούν θα πρέπει να είναι διαθεσιμότητα, ακεραιότητα και εμπιστευτικότητα.

Προκειμένου να ενισχυθεί η ασφάλεια του εργοστασίου του μέλλοντος, η έννοια του ελέγχου των συστημάτων πρέπει να διευρυνθεί ενώ πρέπει να αναπτυχθούν πρόσθετα μέτρα, ώστε να αντιμετωπιστούν παράλληλα ζητήματα που περιλαμβάνουν τα δίκτυα συστημάτων πληροφοριών. Κατά την μακροχρόνια λειτουργία των εργοστασίων θα εμφανιστούν απροσδόκητες απειλές. Επομένως, το εργοστάσιο του μέλλοντος θα πρέπει να ανιχνεύει αυτές τις απειλές και να αντιδρά σε αυτά προσαρμοστικά. Επιπλέον, επειδή τα διάφορα συστήματα ελέγχου του εργοστασίου του μέλλοντος θα βασίζονται σε ένα άλλο σύστημα, είναι σημαντικό να αποφευχθεί η εξάπλωση ενός συμβάντος σε άλλα συστήματα.

Συνολικά μπορεί να θεωρηθεί ότι κάθε βιομηχανικό σύστημα που λειτουργεί σήμερα είναι ευάλωτο και ότι δεν υπάρχει ενιαία συνεκτική προσέγγιση για την ασφάλεια. Τα υφιστάμενα σήμερα πρότυπα ασφαλείας που ανταποκρίνονται στις τρέχουσες απαιτήσεις δεν επαρκούν, συνεπώς πρέπει να καταβληθούν συνεχείς προσπάθειες για την ανάπτυξη νέων μέτρων ασφαλείας για το εργοστάσιο του μέλλοντος. Για την ασφαλή και σταθερή εφαρμογή της ασφαλείας στα εργοστάσια των μελλοντικών συστημάτων απαιτείται ένας ορισμός πλαισίου ο οποίος θα εφαρμόζεται στις τεχνολογίες που υιοθετούνται εκεί. Το πλαίσιο αυτό πρέπει να διασφαλίσει ότι τα μέτρα αυτά επαρκούν ενάντια στις πιθανές απειλές, για την αποτροπή τόσο των φυσικών όσο και των επιθέσεων στον κυβερνοχώρο, με τοπικά δεδομένα και προγράμματα ανάλογα με τις ανάγκες του επιπέδου του πληροφοριακού συστήματος στο οποίο αναπτύσσονται .

Η ασφάλεια των εργαζομένων και του εξοπλισμού αποτελεί επίκεντρο προσοχής κατά την αντιμετώπιση τυχαίων βλαβών του συστήματος ελέγχου ή εσκεμμένων επιθέσεων στον κυβερνοχώρο. Μέχρι σήμερα, τα συστήματα ενεργοποίησης ήταν εγκλωβισμένα σε σχέση με τα συστήματα ελέγχου, δηλαδή οι εξωτερικοί μηχανισμοί δεν ήταν σε θέση να επηρεάσουν τη συμπεριφορά μηχανών και άλλων ενεργοποιητών σε περιβάλλοντα κατασκευής. Ωστόσο, λόγω της αυξανόμενης διασύνδεσης των βιομηχανικών συστημάτων ελέγχου και της αυτοματοποίησης της ανταλλαγής πληροφοριών, αυτή η προστασία δεν είναι πλέον εγγυημένη. Ως

αποτέλεσμα, τα θέματα ασφαλείας κατά μήκος των ορίων του συστήματος με τη μορφή που έχουν από καιρό ισχύσει δεν επαρκούν για τα εργοστάσια του μέλλοντος.

8. Μετατροπή ενός εργοστασίου σε έξυπνο εργοστάσιο

Τα παραδοσιακά εργοστάσια προκειμένου να υιοθετήσουν το μοντέλο του έξυπνου εργοστασίου και να επωφεληθούν από όλα τα πλεονεκτήματα που το Internet of Things και η Βιομηχανία 4.0 προσφέρουν, πρέπει να μεταβούν σε ριζικές αλλαγές σε κάθε τομέα της επιχείρησής τους. Αρχικά οι επιχειρηματίες πρέπει να συνειδητοποιήσουν την τρέχουσα κατάσταση στην οποία βρίσκονται οι εγκαταστάσεις τους και ο εξοπλισμός τους, καθώς και οι διαδικασίες παραγωγής και οι στρατηγικές που ακολουθούν και οι τρέχουσες τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται και να σκεφτούν το επίπεδο στο οποίο θέλουν η επιχείρησή τους να φτάσει. Πρωταρχικός στόχος ενός παραδοσιακού εργοστασίου για την υιοθέτηση μιας στρατηγικής IoT, έτσι ώστε να μπορεί να χαρακτηριστεί «έξυπνο», πρέπει να είναι η δημιουργία του ψηφιακού διδύμου. Δηλαδή η ψηφιοποίηση του εξοπλισμού του εργοστασίου και των διαδικασιών παραγωγής τα οποία θα πρέπει να λειτουργούν χωρίς προβλήματα.

Για την δημιουργία του ψηφιακού διδύμου οι επιχειρήσεις και η τεχνολογία της πληροφορικής (IT) πρέπει να ευθυγραμμιστούν στενά και να συνεργαστούν. Η σχέση των επιχειρήσεων και των τεχνολογιών πληροφορικής είναι καθοριστική για την επίτευξη του στόχου και της δημιουργίας του έξυπνου εργοστασίου. Ωστόσο λόγω της συνεχώς εξελισσόμενης τεχνολογίας και της πληροφορικής, η ψηφιοποίηση αυτή αποτελεί επικίνδυνη διαδικασία καθώς η τεχνολογία της πληροφορικής σε κάθε επιχείρηση θα πρέπει πάντα να ευθυγραμμίζεται με την επιχειρηματική στρατηγική. Ως εκ τούτου, είναι επιτακτική ανάγκη η τεχνολογία της πληροφορικής (IT) να συμμετέχει πλήρως στο έργο διαφορετικά μπορεί να οδηγήσει τελικά σε αποσυνδέσεις και κενά στο πρόγραμμα [29]. Ο ψηφιακός μετασχηματισμός είναι ένα εξαιρετικά δύσκολο έργο για την διαχείριση που απαιτεί χρόνο, όμως ούτε οι πελάτες ούτε οι εταίροι ούτε ο ανταγωνισμός πρόκειται να περιμένουν να συμβεί η αλλαγή.

«Ο ψηφιακός μετασχηματισμός μπορεί να αναδιαμορφώσει κάθε πτυχή της σύγχρονης επιχείρησης, με τέσσερα βασικά στοιχεία» [26] :

- Συνδεσιμότητα με πελάτες και συνεργάτες.
- Καινοτομία προϊόντων, επιχειρηματικών μοντέλων και διαδικασιών.
- Αυτοματισμοί αντικαθιστώντας την εργασία από ανθρώπους με την τεχνολογία.

- Λήψη αποφάσεων με τη χρήση του Big Data και προηγμένων αναλυτικών στοιχείων.

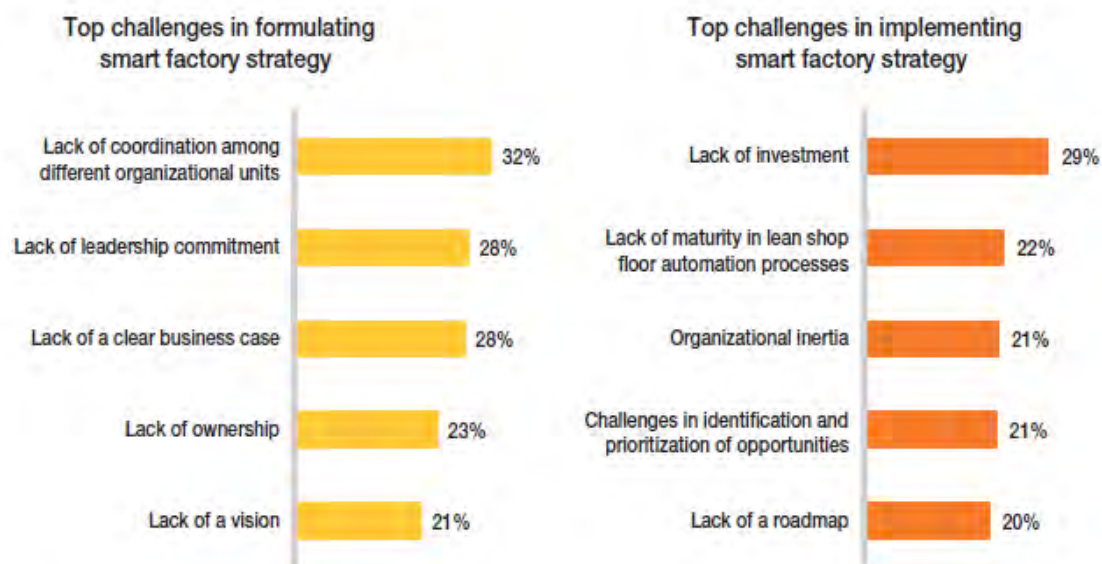
Καθοριστικό ρόλο στην μετατροπή σε έξυπνο εργοστάσιο κατέχει η καινοτόμα τεχνολογία για την ανάπτυξη νέων επιχειρηματικών μοντέλων. Για να καταφέρουν τα παραδοσιακά εργοστάσια να εκμεταλλευτούν πλήρως τις ευκαιρίες που θα αποκτήσουν θα πρέπει να αποκτήσουν τρεις βασικές συνιστώσες. Τερματικά ελέγχου που βασίζονται σε αισθητήρες, βιομηχανικές αναλύσεις και έξυπνες εφαρμογές μηχανών.

Τα τερματικά ελέγχου που βασίζονται σε αισθητήρες αποτελούν τη βάση του Industrial Internet καθώς παρέχουν την σύνδεση μεταξύ ψηφιακού και φυσικού κόσμου. Οι αισθητήρες είναι αντικείμενα με αντίληψη της κατάστασης και του περιβάλλοντος τους και παρέχουν τα απαραίτητα δεδομένα στο υπόλοιπο σύστημα για την παραγωγή γνώσεων σχετικά με τις παραγωγικές διαδικασίες και την λήψη αυτόματων αποφάσεων.

Οι βιομηχανικές αναλύσεις των ακατέργαστων δεδομένων που προέρχονται από τους αισθητήρες μετατρέπονται σε κατανοητή γνώση για τον άνθρωπο. Οι αναλύσεις, λόγω των ορίων της τεχνολογίας, μέχρι πρόσφατα επικεντρώνονταν σε ιστορικά δεδομένα όπως οι μηνιαίες πωλήσεις των προϊόντων. Με την εμφάνιση, όμως, των νέων τεχνολογιών, όπως για παράδειγμα το cloud computing, και τη μαζική αποθήκευση μεγάλων όγκων δεδομένων (mass data storage) οι αναλύσεις δεδομένων είναι εμπορικά διαθέσιμες και παρέχουν πλήρη αναφορά για όλα τα συμβάντα κατά τη διάρκεια της παραγωγής, πότε μπορεί να συμβεί ένα ανεπιθύμητο γεγονός και πώς μπορεί να αντιμετωπιστεί.

Εκτός από τις αναλύσεις των δεδομένων, οι οποίες έχουν καταλυτικό ρόλο στη λειτουργία του έξυπνου εργοστασίου καθώς παρέχουν τις πρακτικές γνώσεις που διευκολύνουν τον έξυπνο έλεγχο των διαδικασιών και την προορατική λήψη αποφάσεων, απαιτούνται έξυπνες μηχανές με τεχνητή νοημοσύνη. Οι μηχανές αυτές διαθέτουν αυτογνωσία και πλήρη επίγνωση της κατάστασης τους, γεγονός που τους επιτρέπει να προβλέπουν συμβάντα αποτυχίας των εξαρτημάτων και του εξοπλισμού τους και δίνει το πλεονέκτημα της διόρθωσης των σφαλμάτων πριν συμβεί η αποτυχία προσφέροντας έτσι στην βιομηχανία οικονομικά οφέλη.

Το πραγματικό όφελος των έξυπνων μηχανών είναι ότι μπορούν να συνεργαστούν μεταξύ τους σε όλους τους τομείς. Η αξιοποίηση των βέλτιστων οφελών της έξυπνης συνδεδεμένης τεχνολογίας απαιτεί μια στρατηγική επανεξέταση της διαδικασίας παραγωγής. Ωστόσο, όλη αυτή η δημιουργικότητα πρέπει να βασίζεται σε μια ισχυρή τεχνική αρχιτεκτονική και υποδομή, η οποία απαιτεί πλατφόρμα ΙοΤ.



Percentages indicate share of organizations that selected the particular option as a challenge area out of 8 challenges areas in strategy formulation and 12 areas in implementation; percentages do not total to 100 as multiple options could be selected.

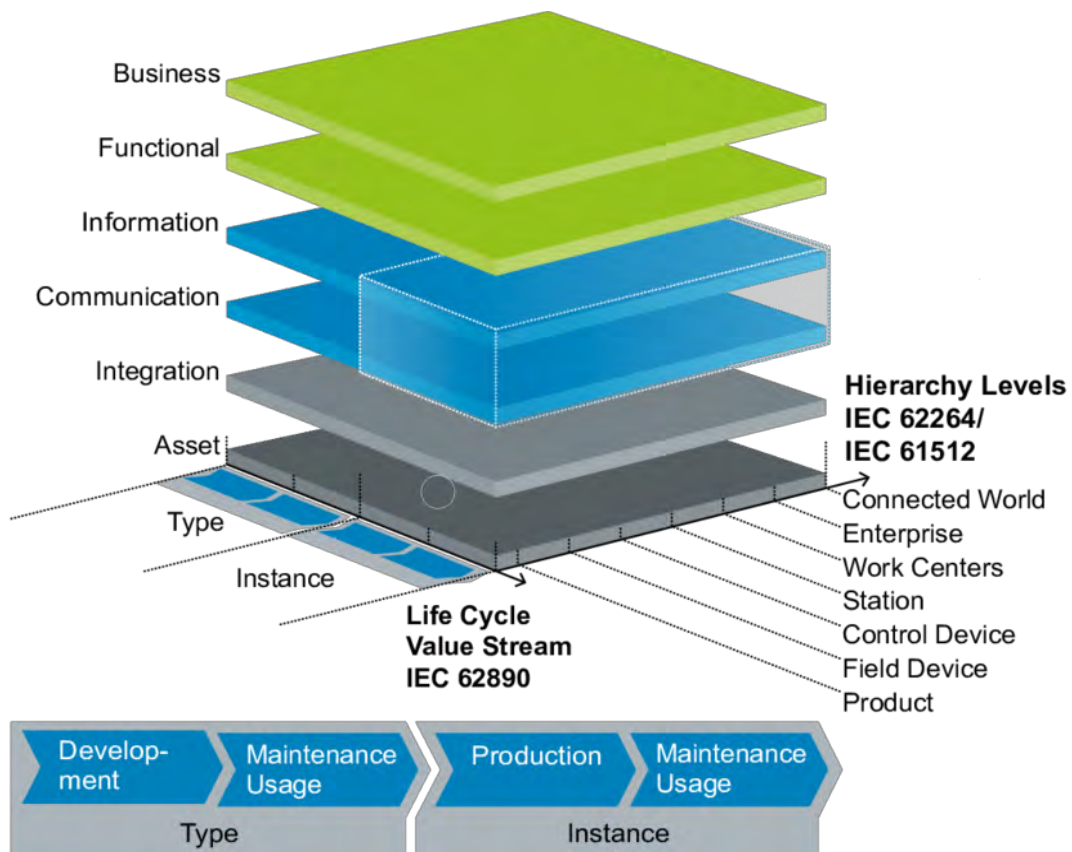
Εικόνα 34 Προκλήσεις στην υιοθέτηση του μοντέλου του έξυπνου εργοστασίου

Το εργοστάσιο του μέλλοντος πρέπει να χαρακτηρίζεται από συνδεδεσιμότητα και διαλειτουργικότητα. Προκειμένου να αυξηθεί η αποδοτικότητα και η ποιότητα στο εργοστάσιο του μέλλοντος πρέπει να εφαρμοστούν αμφίδρομες ροές ψηφιακών πληροφοριών. Οι ροές αυτές απαιτούν στενότερη συνδεδεσιμότητα μεταξύ των συνιστωσών που αποτελούν το σύστημα παραγωγής. Δεδομένου ότι η ολοκλήρωση των συστημάτων παραγωγής αποτελεί βασικό παράγοντα των μελλοντικών εργοστασίων, η διαλειτουργικότητα πρέπει να θεσπιστεί σε διάφορα επίπεδα:

- Σε φυσικό επίπεδο κατά τη συναρμολόγηση και σύνδεση του εξοπλισμού παραγωγής ή των προϊόντων.
- Στο επίπεδο πληροφορικής κατά την ανταλλαγή πληροφοριών ή υπηρεσίες κοινής χρήσης.
- Σε επιχειρηματικό επίπεδο, όπου λειτουργίες και στόχοι πρέπει να ευθυγραμμιστούν.

Κατά την καθιέρωση της διαλειτουργικότητας σε βιομηχανικά περιβάλλοντα, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη διάφορες διαστάσεις της ολοκλήρωσης (integration) [60]:

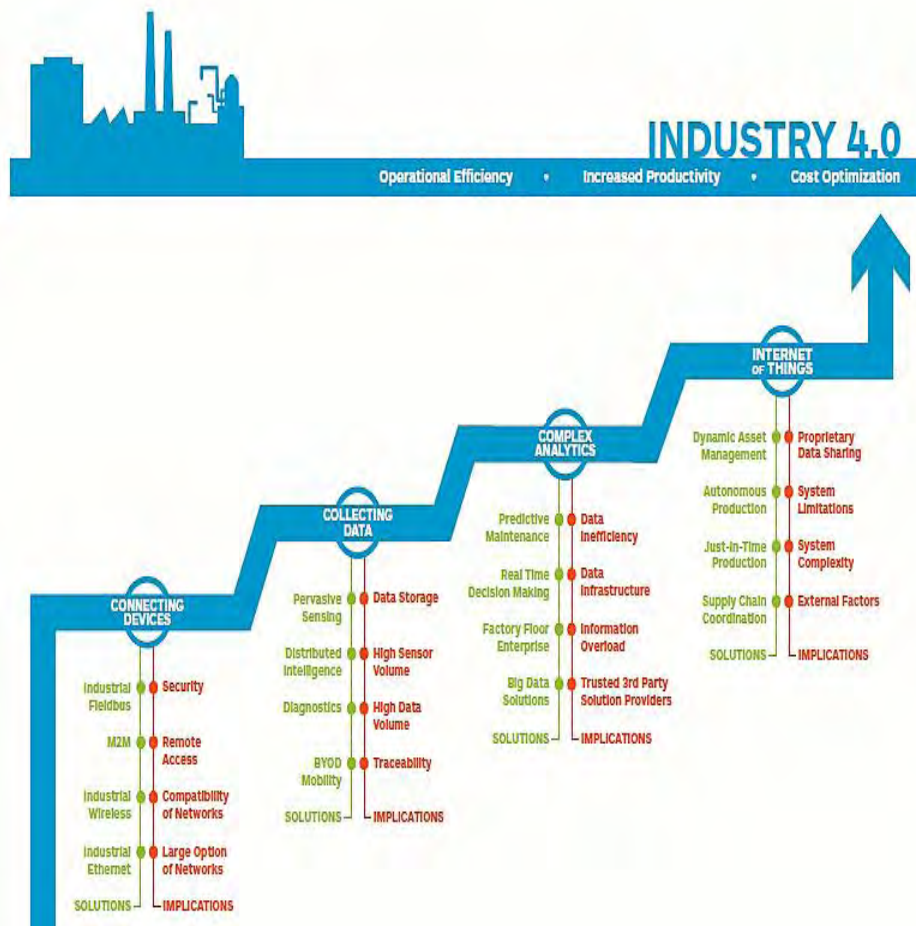
- Κατακόρυφη ολοκλήρωση (vertical integration), κατά μήκος της πυραμίδας αυτοματισμού όπως ορίζεται από το IEC 622264 / IEC 612512 (εικόνα 13). Περιλαμβάνει εργοστασιακή εσωτερική ολοκλήρωση, από αισθητήρες και ενεργοποιητές εντός μηχανών μέχρι συστήματα ενδοεπιχειρησιακού σχεδιασμού ERP (enterprise resource planning).
- Οριζόντια ολοκλήρωση (horizontal integration), κατά μήκος της αλυσίδας αξίας και σε όλα τα δίκτυα παραγωγής. Περιλαμβάνει την ολοκλήρωση των δικτύων παραγωγής σε επιχειρηματικό επίπεδο, όπως επιτυγχάνεται με την αυτήν της αλυσίδας εφοδιασμού με βάση την ηλεκτρονική ανταλλαγή δεδομένων EDI (Electronic Data Interchange). Μπορεί, βέβαια, να περιλαμβάνει περισσότερα στο μέλλον όταν ανταλλάσσονται πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο και συγκεκριμένα προϊόντα ή διεργασίες ώστε να αυξηθεί το επίπεδο της ποιότητας κατά τη βελτιστοποίηση της κατανεμημένης παραγωγής.
- Ολοκλήρωση ως προς τις τεχνολογικές εφαρμογές και εφαρμογές του κύκλου ζωής των προϊόντων, προκειμένου να γίνει με ευκολία η ανταλλαγή γνώσεων και ο συγχρονισμός μεταξύ της ανάπτυξης προϊόντων και υπηρεσιών και των περιβάλλοντων κατασκευής.



Εικόνα 35 Πυραμίδα αυτοματισμού όπως ορίζεται από το IEC 622264 / IEC 612512.

Ένα παραδοσιακό εργοστάσιο αποτελείται από ανεξάρτητα συστήματα, συμπεριλαμβανομένων των συστημάτων υλικού (PLC, DCS, CNC κ.λπ.) και των συστημάτων λογισμικού (MES, ERP, QMS κλπ.) που υποστηρίζουν το σχεδιασμό προϊόντων, εκτέλεσης και υπηρεσιών, εκ των οποίων το καθένα έχει τις δικές του μορφές δεδομένων και μοντέλα, καθιστώντας δύσκολη την ενοποίησή τους [60]. Λόγω της διαλειτουργικότητας στο εργοστάσιο του μέλλοντος, τα όρια μεταξύ των ανεξάρτητων συστημάτων δε θα είναι πλέον διακριτά. Θα υπάρχει ένα δίκτυο συνδεδεμένων συστημάτων, διαδικασιών και πελατών που χαρακτηρίζεται από ακρίβεια και αποτελεσματικότητα.

Η παρακάτω εικόνα παρουσιάζει όλες τις τεχνολογίες, και τί προσφέρει η καθεμία (θετικά και αρνητικά), που θα πρέπει να υιοθετηθούν από το παραδοσιακό εργοστάσιο έτσι ώστε να μπορεί να χαρακτηριστεί «Έξυπνο».



Εικόνα 36 Θετικά και αρνητικά των τεχνολογιών ενός έξυπνου εργοστασίου

9. Οικονομικά Οφέλη και Παραδείγματα Έξυπνων εργοστασίων

9.1. Οφέλη

Το ινστιτούτο τεχνολογίας Cargemini (Cargemini Transformation Institute) [71] προκειμένου να αξιολογήσει τον τρόπο με τον οποίο οι κατασκευαστές μπορούν να αυξήσουν την αξία μετατρέποντας τα εργοστάσια τους σε έξυπνα, ερεύνησαν και πήραν συνεντεύξεις από 1000 στελέχη μεγάλων εταιριών σε βασικούς βιομηχανικούς τομείς διαφόρων χωρών. Τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας παρουσιάζονται παρακάτω.

Πάρα πολλά εργοστάσια ανά την υφήλιο έχουν ήδη ενσωματώσει έξυπνες τεχνολογίες στις διαδικασίες παραγωγής τους ή βρίσκονται στη διαδικασία της ψηφιοποίησης του εργοστασίου τους. Η Infineon, μια γερμανική εταιρεία

κατασκευής ημιαγωγών πρόκειται να επενδύσει την επόμενη πενταετία 105 εκατομμύρια δολάρια για να μετατρέψει το εργοστάσιο της στην Σιγκαπούρη σε έξυπνο. Η adidas επανέφερε την παραγωγή της στην Γερμανία υιοθετώντας τεχνολογίες όπως την τρισδιάστατη εκτύπωση και την έξυπνη ρομποτική [62]. Ένας κορυφαίος κατασκευαστής αρωμάτων στην Ελβετία αύξησε την παραγωγικότητά του κατά ένα τρίτο τα τελευταία τρία χρόνια [63], μέσω της προσθήκης ρομπότ στις διαδικασίες παραγωγής του. Ένα εργοστάσιο στην Κίνα πρόσθεσε ρομπότ στις λειτουργίες του, οι οποίες οδήγησαν σε αύξηση της παραγωγής κατά 250% και μειώσεις ελαττωμάτων κατά 80% [64].

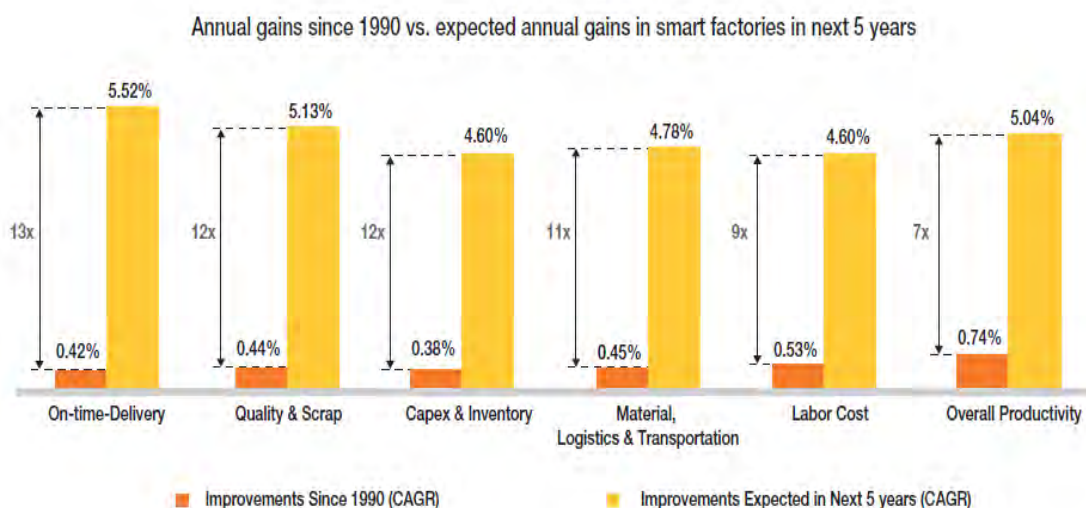
Βασικά ευρήματα από την παγκόσμια έρευνα που διεξήγαγε το Ινστιτούτο [71]:

- Τα έξυπνα εργοστάσια θα μπορούσαν να προσθέσουν από 500 δισεκατομμύρια δολάρια μέχρι και 1,5 τρισεκατομμύρια δολάρια προστιθέμενης³ αξίας στην παγκόσμια οικονομία μέσα σε πέντε χρόνια.
- Η συνολική αποδοτικότητα θα αυξηθεί ετησίως 7 φορές περισσότερο κατά τα επόμενα πέντε χρόνια.
- Υπάρχει η εκτίμηση ότι τα έξυπνα εργοστάσια μπορούν σχεδόν να διπλασιάσουν το λειτουργικό κέρδος και το περιθώριο κέρδους για έναν μέσο κατασκευαστή αυτοκινήτων OEM.
- Το 76% των κατασκευαστών είτε έχουν ένα έξυπνο εργοστασιακό σχέδιο που βρίσκεται σε εξέλιξη είτε εργάζονται για τη διαμόρφωσή του. Και περισσότεροι από τους μισούς κατασκευαστές (56%) έχουν επενδύσει 100 εκατομμύρια δολάρια ή περισσότερα για την μετατροπή των εργοστασίων τους σε έξυπνα εργοστάσια.
- Ωστόσο, μόνο το 14% των εταιρειών είναι ικανοποιημένοι από το επίπεδο της έξυπνης εργοστασιακής τους επιτυχίας και μόνο το 6% των κατασκευαστών είναι σε προχωρημένο στάδιο της ψηφιοποίησης των διαδικασιών παραγωγής.

³ Το αμερικανικό γραφείο οικονομικής ανάλυσης ορίζει την προστιθέμενη αξία της βιομηχανίας ως συνεισφορά στο συνολικό ΑΕΠ μιας βιομηχανίας ή τομέα. Υπολογίζεται ως η διαφορά μεταξύ της ακαθάριστης παραγωγής ενός κλάδου και του κόστους των ενδιάμεσων εισροών του. Γραφείο Οικονομικής Ανάλυσης των ΗΠΑ, FAQ: "Τι είναι η προστιθέμενη αξία της βιομηχανίας;", Μάρτιος 2006.

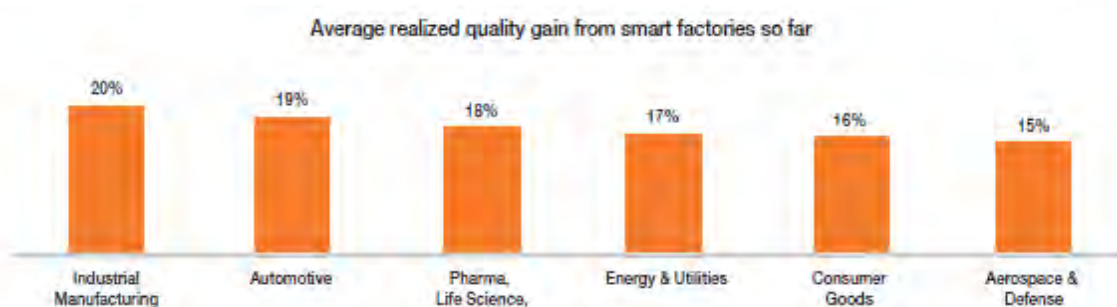
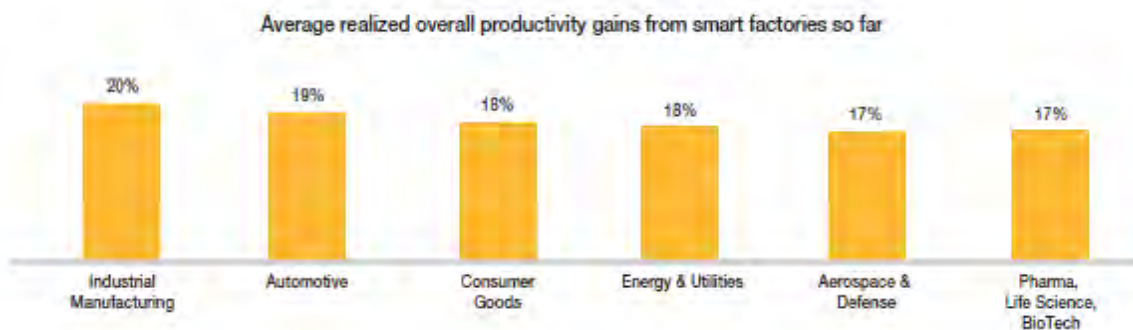
Τα επόμενα πέντε χρόνια, οι κατασκευαστές αναμένουν τα έξυπνα εργοστάσια να οδηγήσουν σε βελτιώσεις απόδοσης που υπερβαίνουν σημαντικά τις προσπάθειες προηγούμενων ετών [71]:

- Ο χρόνος παράδοσης των τελικών προϊόντων αναμένεται να επιταχυνθεί κατά 13 φορές, ενώ οι δείκτες ποιότητας αναμένεται να βελτιωθούν περισσότερο από 12 φορές από το ρυθμό βελτίωσης του 1990.
- Η συνολική βελτίωση της παραγωγικότητας και του κόστους εργασίας αναφέρθηκε ότι επιταχύνεται κατά 7 φορές και 9 φορές από το 1990, αντίστοιχα.



Εικόνα 37 Οι κατασκευαστές αναμένουν μεγάλα κέρδη από τα έξυπνα εργοστάσια

Οι δυνατότητες του έξυπνου εργοστασίου έχουν ήδη αρχίσει να αξιοποιούνται και η βιομηχανική παραγωγή [65] βλέπει τα μεγαλύτερα κέρδη στην παραγωγικότητα και την ποιότητα της παραγωγής. Η General Electric στο εργοστάσιο της στο Grove City, κατάφερε να μειώσει τις απρογραμματίστες διακοπές λειτουργίας κατά 10% έως 20%, να βελτιώσει το χρόνο του κύκλου και να μειώσει το κόστος [66] (η GE περιγράφεται ως ένα εξελιγμένο εργοστάσιο που συνδυάζει την άψογη κατασκευή, την παραγωγή προσθέτων – additive manufacturing - με προηγμένες αναλύσεις λογισμικού για την αύξηση της παραγωγικότητας).

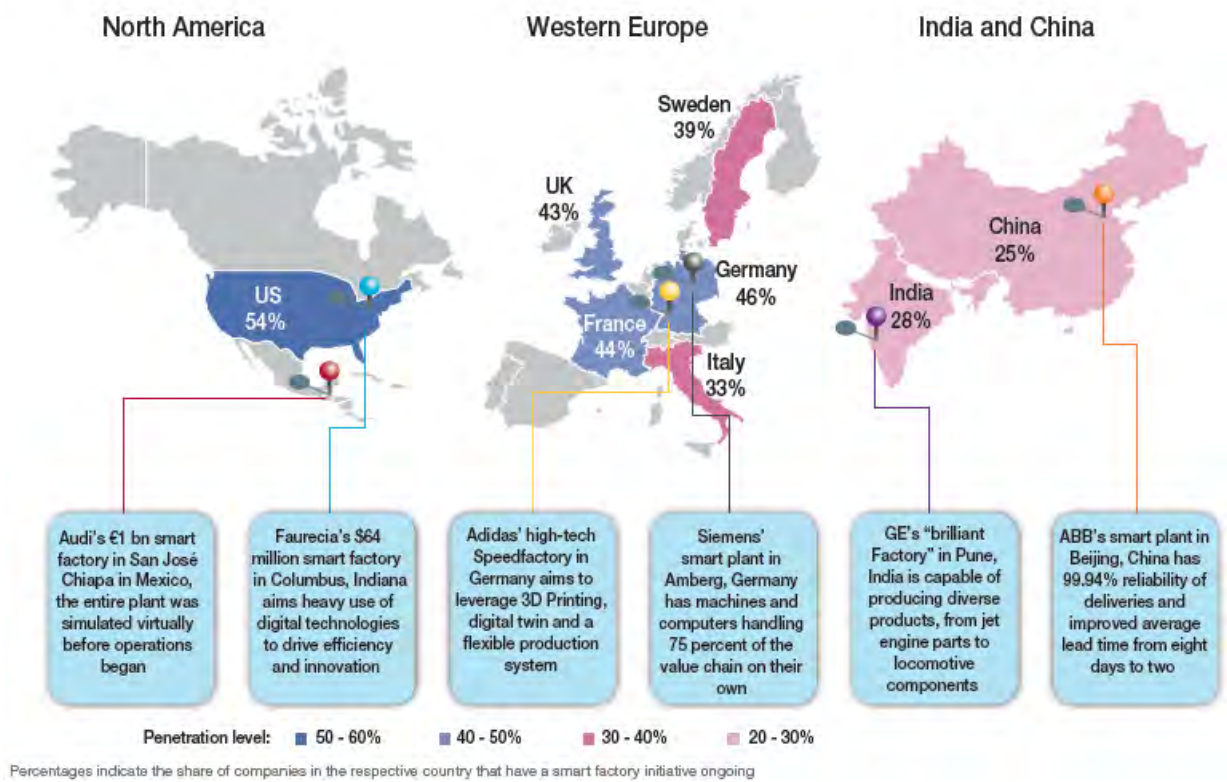


Εικόνα 38 Πόσο όφελος έχουν οι κατασκευαστές από τα έξυπνα εργοστάσια μέχρι σήμερα

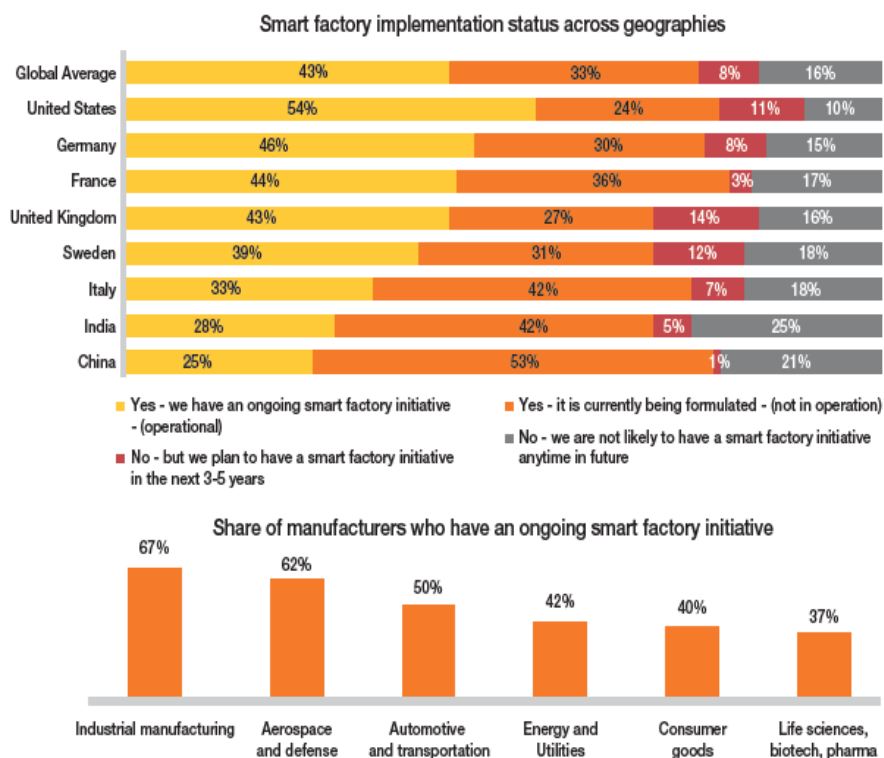
Το 43% των παραγωγών που συμμετείχαν στην έρευνα έχουν ήδη ενσωματώσει μια έξυπνη τεχνολογία στις εγκαταστάσεις τους ενώ το 33% βρίσκεται στην διαδικασία ενσωμάτωσης κάποιας τεχνολογίας.

Πρωτοπόρες γεωγραφικές περιοχές στην υιοθέτηση του μοντέλου του έξυπνου εργοστασίου είναι οι ΗΠΑ και η δυτική Ευρώπη. Σχεδόν οι μισοί από τους κατασκευαστές στις ΗΠΑ, τη Γαλλία, τη Γερμανία και το Ηνωμένο Βασίλειο έχουν μια συνεχή εξέλιξη ενσωματώνοντας όλο και περισσότερες έξυπνες τεχνολογίες στα εργοστάσια τους. Στην κατάταξη παγκόσμιας ανταγωνιστικότητας κατασκευής (US Council on Competitiveness) που εξέδωσε το Συμβούλιο των ΗΠΑ, οι ΗΠΑ ανέβηκαν από το # 3 το 2013 στο # 2 το 2015 και αναμένεται να εκτοπίσουν την Κίνα ως # 1 έως το 2021. Στην Κίνα, το ένα τέταρτο των εταιρειών έχουν μια συνεχή έξυπνη εργοστασιακή εξέλιξη (25%). Και ενώ αυτό είναι χαμηλό ποσοστό σε σύγκριση με

άλλες χώρες, το 53% διαμορφώνει ένα έξυπνο εργοστασιακό μοντέλο, που σημαίνει ότι το 78% είτε βρίσκεται σε εξέλιξη είτε έχει την πρόθεση.



Εικόνα 39 Πρωτοπόρες γεωγραφικές περιοχές στην υιοθέτηση του μοντέλου του έξυπνου εργοστασίου



Percentages indicate share of organizations in each industry which reported they have an ongoing smart factory initiative

Εικόνα 40 Τομείς στην υιοθέτηση του μοντέλου του έξυπνου εργοστασίου

Το ινστιτούτο εκτιμά ότι σε ένα όχι και τόσο αισιόδοξο σενάριο, η προστιθέμενη παραγωγή στην οικονομία από τα έξυπνα εργοστάσια θα φτάσει τα 500 δισεκατομμύρια δολάρια ετησίως τα επόμενα πέντε χρόνια (πίνακας 2). Το ποσό αυτό αντιπροσωπεύει το 0,7% της ετήσιας παγκόσμιας παραγωγής ΑΕΠ. Σε ένα αισιόδοξο σενάριο όπου οι κατασκευαστές επιταχύνουν τις προσπάθειες για το έξυπνο εργοστάσιο τους και αναπτύσσουν ή μετατρέπουν περισσότερο από το 50% της βάσης τους σε έξυπνα εργοστάσια, η προστιθέμενη παραγωγή θα ανερχόταν σε 1.500 δισεκατομμύρια δολάρια σε οκτώ γεωγραφικές περιοχές ή σε ποσοστό, 2% του παγκόσμιου ΑΕΠ.

| Παράγοντας | Μετριοπαθής εκτίμηση | Αισιόδοξη εκτίμηση |
|--|------------------------|-------------------------|
| Μέση αναμενόμενη συνολική αύξηση της παραγωγικότητας σε έξυπνα εργοστάσια. | 27% ⁴ | 28% ⁵ |
| Έξυπνα εργοστάσια ως μερίδιο όλων των εργοστασίων παραγωγής | 21% | 60% |
| Προσθηθέμενη παραγωγικότητα από τους κατασκευαστικούς οργανισμούς λόγω των έξυπνων εργοστασίων. | 5.7% | 16.8% |
| Η αύξηση της προστιθέμενης αξίας στην παγκόσμια οικονομία, υποθέτοντας ότι η αυξημένη παραγωγικότητα μεταφράζεται πλήρως σε προστιθέμενη αξία. | \$500 δις. εκατομμύρια | \$1483 δις. εκατομμύρια |

Πίνακας 2 Τα έξυπνα εργοστάσια αναμένεται να ενισχύσουν την παγκόσμια οικονομία προσθέτοντας 500 δισεκατομμύρια δολάρια έως 1.500 δισεκατομμύρια δολάρια ετησίως στην παγκόσμια οικονομία τα επόμενα 5 χρόνια

⁴ Το μέσο κέρδος παραγωγικότητας που εκτιμάται σε όλους τους κλάδους.

⁵ Το υψηλότερο κέρδος παραγωγικότητας που εκτιμάται από οποιαδήποτε βιομηχανία.

Πηγή: United Nations National Accounts Main Aggregates Database, accessed April 2017; Capgemini Digital Transformation Institute, smart factory survey, February-March 2017; Capgemini Digital Transformation Institute analysis

9.2. Επιπλέον παραδείγματα.

9.2.1. Siemens

Η Γερμανία, όπως έχουμε ήδη αναφέρει, βρίσκεται εδώ και πολύ καιρό στην κορυφή της καινοτομίας στον τομέα της βιομηχανίας. Το εργοστάσιο της Siemens AG αποτελεί μέρος μιας συντονισμένης προσπάθειας του γερμανικού κυβερνητικού σχεδίου να αναπτύξει πλήρως αυτοματοποιημένα, διαδικτυακά, "έξυπνα" εργοστάσια.

Η Siemens είναι ο κορυφαίος προμηθευτής PLC παγκοσμίως και η Amberg Electronics Plant (German abbreviation: EWA) είναι η βιτρίνα της εταιρείας για τα συστήματα αυτά. Η ποιότητα παραγωγής αγγίζει το 99,99885% και μια σειρά σταθμών ελέγχου ανιχνεύει τα λίγα ελαττώματα που συμβαίνουν. Το εργοστάσιο κατασκευάζει 12 εκατομμύρια προϊόντα Simatic ετησίως. Σε 230 εργάσιμες ημέρες το χρόνο, αυτό σημαίνει ότι η EWA παράγει μία μονάδα ελέγχου κάθε δευτερόλεπτο.

Η παραγωγή είναι σε μεγάλο βαθμό αυτοματοποιημένη. Οι μηχανές και οι υπολογιστές χειρίζονται το 75% της αλυσίδας αξίας από μόνα τους και το υπόλοιπο έργο γίνεται από τους ανθρώπους. Μόνο στην αρχή της διαδικασίας κατασκευής συμβάλλουν ανθρώπινα χέρια, όταν ένας υπάλληλος τοποθετεί την αρχική συνιστώσα (ένα γυμνό κύκλωμα) σε μια γραμμή παραγωγής. Από εκείνο το σημείο, όλα εκτελούνται αυτόματα. Αυτό που είναι αξιοσημείωτο είναι ότι οι μονάδες Simatic ελέγχουν την παραγωγή μονάδων Simatic. Περίπου 1.000 τέτοιοι έλεγχοι χρησιμοποιούνται κατά τη διάρκεια της παραγωγής, από την αρχή της διαδικασίας παρασκευής μέχρι το σημείο αποστολής.

Σύμφωνα με ανακοίνωση της Siemens, την 1η Σεπτεμβρίου 2016 η ίδια και οι συνεργάτες της, το Ινστιτούτο Fraunhofer IIS, το κέντρο Fraunhofer SCS και οι εταιρείες iTiZZiMO και KINEXON ξεκίνησαν το ερευνητικό έργο "Road to Digital Production (R2D)" («Ο δρόμος προς την ψηφιακή παραγωγή»). Ο στόχος του συγκεκριμένου έργου, που θα διαρκέσει 26 μήνες, είναι να δώσει ώθηση στην ανάπτυξη προϊόντων και τεχνολογιών που θα επιτρέψουν την υλοποίηση της ψηφιακής βιομηχανικής παραγωγής. Αυτό το πρόγραμμα R&D έχει σκοπό να δείξει ότι η ψηφιοποίηση δεν θα αυξήσει μόνο την αποτελεσματικότητα, αλλά θα ανοίξει και το δρόμο για τη βέλτιστη διασφάλιση της ποιότητας. Έτσι, λοιπόν, θα βοηθηθεί η

ανάπτυξη νέων τεχνολογιών για Κυβερνο-Φυσικά Συστήματα Παραγωγής (CPPS) και θα καθοριστούν οι αρχές και οι μέθοδοι για την κατασκευή και τη συναρμολόγηση ενός προϊόντος που αφορά παρτίδα με κάποιο συγκεκριμένο μέγεθος.

Στόχος του έργου αυτού είναι η διάκριση του τρόπου με τον οποίο η κάθετη ολοκλήρωση μπορεί να υλοποιηθεί με επιτυχία, χρησιμοποιώντας πληροφορίες από τα IT συστήματα για τη διαδικασία παραγγελιών και engineering και επιτρέποντας την υλοποίηση της έξυπνης παραγωγής χωρίς χρήση χαρτιού με τη δυνατότητα απόκρισης σε πραγματικό χρόνο.

Προκειμένου να ψηφιοποιηθεί η αλυσίδα αξίας μέσα στην παραγωγή, μία έξυπνη ετικέτα (smart tag) με λειτουργικότητα επικοινωνίας και εντοπισμού θα συνοδεύει το προϊόν καθ' όλη τη διαδικασία παραγωγής ως μέρος του συστήματος που είναι γνωστό ως «Κυβερνο-Φυσικό Σύστημα (CPS)». Χρησιμοποιώντας τα δεδομένα του προϊόντος, καθώς και τις σχετικές πληροφορίες που αποκτήθηκαν μέσα από το σύστημα, στόχος είναι η έξυπνη ετικέτα να έχει τη δυνατότητα να αναγνωρίζει, να συνδέεται και να ελέγχει τα στάδια της παραγωγής αυτόνομα. Το κεντρικό θέμα της έρευνας είναι πώς ο σχεδιασμός της παραγωγής και η παροχή υλικού που προηγουμένως πραγματοποιούνταν κεντρικά, μπορεί να αποκεντρωθεί και να αυξήσει τη δυναμική του. Με αυτήν την πιλοτική δοκιμή, οι συνεργάτες θα προσπαθήσουν να εξακριβώσουν όχι μόνο τη λειτουργικότητα του συστήματος αλλά και την οικονομία του. Μετά την ολοκλήρωση του έργου, υπάρχει η ελπίδα ότι η εμπειρία που θα αποκτηθεί θα επιτρέψει τη μεταφορά της ιδέας και σε άλλες παραγωγικές γραμμές, εργοστάσια και εταιρείες – και θα χρησιμοποιηθεί ως πλαίσιο αναφοράς για την εξατομικευμένη βιομηχανική παραγωγή.

Εντός του πλαισίου υλοποίησης του κοινού έργου, η Siemens εργάζεται με τους συνεργάτες της για να προσδιορίσει τις απαιτήσεις και τις περιγραφές της διαδικασίας. Επιπλέον, οι συνεργάτες θα δημιουργήσουν ένα περιβάλλον δοκιμών στο Κέντρο Δοκιμών και Εφαρμογών L.I.N.K. που το διαχειρίζεται το Ινστιτούτο Fraunhofer IIS στη Νυρεμβέργη. Με την ολοκλήρωση του έργου, οι συνεργάτες σκοπεύουν να μεταφέρουν μία εγκατάσταση στη γραμμή συναρμολόγησης κινητήρων χαμηλής τάσης στο εργοστάσιο της Siemens στη Νυρεμβέργη για δοκιμή.

Το Ινστιτούτο Fraunhofer IIS και το κέντρο Fraunhofer SCS συνεργάζονται με τη Siemens για να αναπτύξουν το κυβερνο-φυσικό σύστημα παραγωγής, καθώς και τις έξυπνες ετικέτες. Η συνεργαζόμενη εταιρεία KINEXON θα είναι υπεύθυνη για το υψηλής ακρίβειας σύστημα σε πραγματικό χρόνο, για 3D εντοπισμό και ανίχνευση κίνησης. Ο ρόλος της εταιρείας iTiZZiMO αφορά στην υλοποίηση της ενσωμάτωσης λογισμικού, χρησιμοποιώντας έξυπνες συσκευές. [72][73]

9.2.2. AGCO

Όπως δημοσιεύεται στην επίσημη ιστοσελίδα της εταιρείας Mutual Mobile [74] – στρατηγικός συνεργάτης της AGCO - η γη θα φιλοξενεί πληθυσμό 10 δισεκατομμυρίων μέχρι το 2050, πράγμα που ισοδυναμεί με αύξηση κατά 70% της ποσότητας τροφίμων που πρέπει να παράγουμε. Παράλληλα, η τεχνολογία θα διαδραματίσει βασικό ρόλο, με την παγκόσμια αγορά της γεωργίας ακριβείας να εκτιμάται ότι θα φθάσει τα 6,43 δισ. Δολάρια μέχρι το 2022.

Για να βοηθήσει στην αντιμετώπιση αυτής της έλλειψης τροφίμων και προκειμένου να εξοπλίσει τους πελάτες με τα εργαλεία που απαιτούνται για να ανταποκριθούν στις σημερινές απαιτήσεις, η AGCO αναφέρει ότι έχει αναπτύξει μια «φουτουριστική προσέγγιση» στη γεωργία ακριβείας. Η λύση της είναι το AgCommand, ένα εργαλείο τηλεμετρίας που επιτρέπει στους χρήστες να κατανοούν καλύτερα την απόδοση της επιχείρησής.

Τα κύρια χαρακτηριστικά της καινοτόμα τεχνολογίας της περιλαμβάνουν:

- **Έλεγχος με μία Οθόνη:** Παρέχει γρήγορη πρόσβαση σε βασικές πληροφορίες για τους αντιπροσώπους μηχανών που παρακολουθούν για λογαριασμό των πελατών τους. Περιλαμβάνει τη θέση κάθε μηχανής, τη σοβαρότητα τυχόν προβλημάτων ή ειδοποιήσεων, εικονίδια με έγχρωμη κωδικοποίηση και γρήγορη πρόσβαση σε λεπτομερή δεδομένα παραμέτρων απόδοσης που εμφανίζονται μέσω γραφημάτων και γραφημάτων.
- **Παρακολούθηση συντήρησης:** Παρέχει στους αντιπροσώπους τη δυνατότητα να παρακολουθούν συγκεκριμένα χρονοδιαγράμματα συντήρησης, τόσο τα συνιστώμενα χρονικά διαστήματα της AGCO όσο και προσαρμοσμένη παρακολούθηση από εξειδικευμένους αντιπροσώπους, βάσει του κύκλου

καλλιέργειας. Βελτιώνει την υποστήριξη και δημιουργεί νέες ευκαιρίες εσόδων για τους αντιπροσώπους και καλύτερη εξυπηρέτηση της σχέσης μεταξύ του αντιπροσώπου και του αγρότη.

- **Αναφορές:** Το AgCommand προσφέρει μια ποικιλία χρήσιμων αναφορών που μπορούν να βελτιώσουν και να προσθέσουν αξία στη λειτουργία ενός γεωργού.

- **Αυτόματες ειδοποιήσεις:** Το AgCommand μπορεί να στείλει αυτόματα ειδοποιήσεις πελατών που συμβουλεύουν ότι η υπηρεσία θα είναι προγραμματισμένη τον επόμενο μήνα. Αυτό επιτρέπει στους πελάτες να προγραμματίσουν το χρόνο διακοπής λειτουργίας και να εξασφαλίσουν την έγκαιρη εξυπηρέτηση.

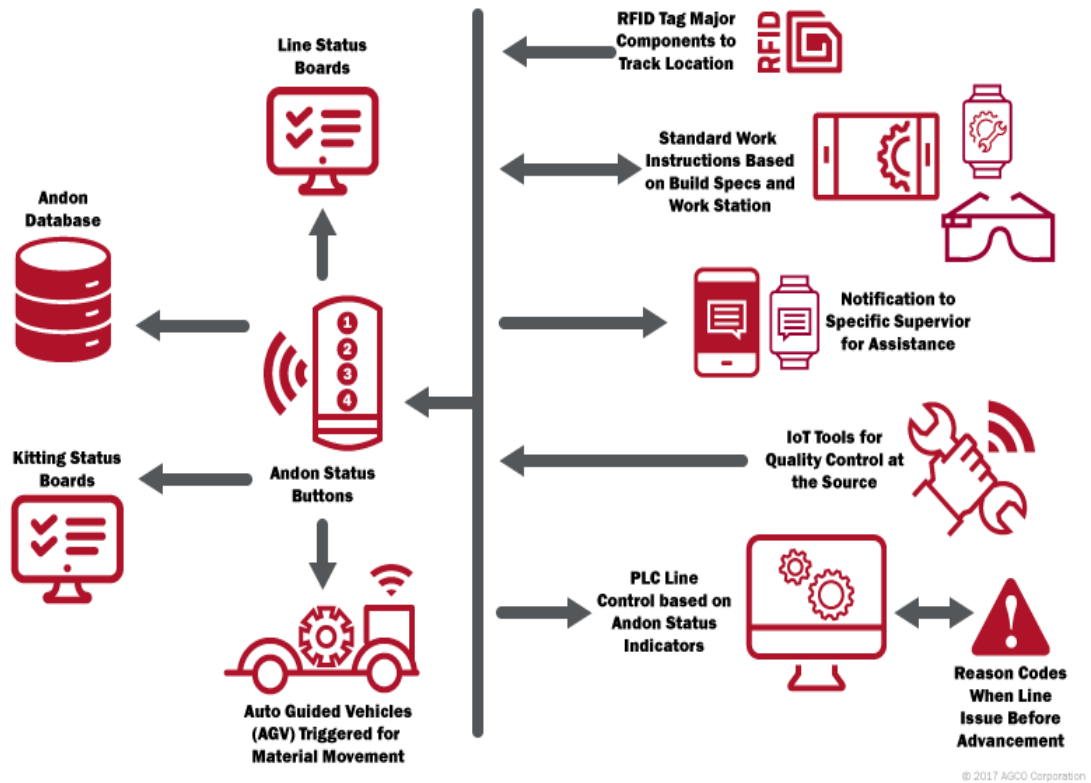
- **Geofences και Παρακολούθηση περιουσιακών στοιχείων:** Οι χρήστες έχουν τη δυνατότητα να έχουν πλήρη εικόνα των συμβάντων και του εξοπλισμού τους, πράγμα που τους επιτρέπει να γνωρίζουν πού βρίσκεται ο εξοπλισμός τους ανά πάσα στιγμή και ακόμη βοηθά στην αποκατάσταση κάποιας κλοπής.

- **Μέτρα προστασίας ιδιωτικού απορρήτου:** Το AgCommand τραβά μόνο δεδομένα μηχανών και εξοπλισμού χωρίς να επεξεργάζεται γεωπονικά δεδομένα. Αυτός ο διαχωρισμός πληροφοριών επιτρέπει τη διαφύλαξη των ιδιοκτησιακών πληροφοριών των μεμονωμένων γεωργών.

Με την AgCommand να προωθείται σε αντιπροσώπους σε όλο τον κόσμο, η AGCO και η Mutual Mobile επικεντρώνονται στη συνεχή ανάπτυξη αυτού του προϊόντος, καθώς και στη δημιουργία νέων στρατηγικών τεχνολογιών στο εγγύς μέλλον.

Strategic Internet of Things (IoT)

AGCO Corp | Jackson Operations



Εικόνα 41 Στρατηγικές τεχνολογίες

9.2.3. Mercedes

Σύμφωνα με τον Eckart Mayer [75], πρόεδρο και CEO της Mercedes-Benz στη Taiwan, η αυτοκινητοβιομηχανία υφίσταται σήμερα τις πιο δραματικές αλλαγές της από την εφεύρεση του αυτοκινήτου. Εκτός από τα καινοτόμα προϊόντα, όπως τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα και την αυτόνομη οδήγηση, η Mercedes-Benz έχει επίσης την πρόθεση να είναι ηγέτης στη χρήση ψηφιακών τεχνολογιών για τη μετατροπή των παραγωγικών δυνατοτήτων και επιδόσεων.

Στο εργοστάσιο, το οποίο αποτελεί το κεντρικό σημείο των προσπαθειών ψηφιοποίησης της εταιρείας, πραγματοποιούνται οι πιο ενδιαφέρουσες εξελίξεις. Για τη Mercedes-Benz, ένα έξυπνο εργοστάσιο είναι ένας τόπος όπου τα προϊόντα, τα μηχανήματα και ολόκληρο το περιβάλλον θα δικτυωθούν μεταξύ τους, αλλά και θα συνδεθούν με το διαδίκτυο, για να δημιουργήσουν το ψηφιακό δίδυμο δηλαδή τη συμβολή του ψηφιακού και του φυσικού κόσμου.

Η τεχνολογία που υιοθετήθηκε στην αυτοκινητοβιομηχανία στοχεύει στην επίτευξη συγκεκριμένων στόχων στην παραγωγή. Μεγαλύτερη ελαστικότητα μέσω της γρήγορης ανταπόκρισης στις διακυμάνσεις της αγοράς, η οποία προσφέρει ολοένα και πιο προσαρμοσμένα οχήματα. Μεγαλύτερη ταχύτητα μέσω της απλοποιημένης τροποποίησης των εγκαταστάσεων παραγωγής ώστε να καταστεί δυνατή η ταχύτερη διάθεση στην αγορά. Μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα μέσω μιας πλήρους ψηφιακής αλυσίδας επεξεργασίας η οποία επιτρέπει στις εγκαταστάσεις παραγωγής να ελέγχονται από οπουδήποτε με την παράλληλη και συνεχή διαχείριση αποθεμάτων.

Η Mercedes Benz έχει ήδη υλοποιήσει αρκετά έργα Smart Industries 4.0, Smart Operations. Ένας ενδιαφέρον τομέας είναι αυτός της συνεργασίας ανθρώπου-ρομπότ (HRC human-robot-co-operation). Ενώ τα ρομπότ στην αυτοκινητοβιομηχανία δεν είναι και τόσο καινούργια, η HRC αναγνωρίζει ότι υπάρχουν πολλές διαδικασίες συναρμολόγησης που μπορούν να επωφεληθούν από τη γνωστική ανωτερότητα των ανθρώπων σε συνδυασμό με τη μεγαλύτερη αντοχή και αξιοπιστία του ρομπότ.

Ένα παράδειγμα μιας εφαρμοζόμενης εφαρμογής HRC είναι ένα μπροστινό συγκρότημα μετάδοσης διπλού συμπλέκτη (front double-clutch transmission assembly). Η παραδοσιακή διαδικασία χειροκίνητης συναρμολόγησης είναι περίπλοκη και επίπονη καθώς απαιτεί τον χειρισμό ενός βαρύ τεμαχίου και την

άψογη ευθυγράμμιση τα γραναζιών της πλάκας συμπλέκτη. Όμως, με την τελευταία γενιά ρομπότ, τα οποία μπορούν να παρακολουθούν το περιβάλλον, ο χειριστής και το ρομπότ εργάζονται με ασφάλεια ο ένας δίπλα στον άλλο χωρίς την ανάγκη εξοπλισμού φύλαξης. Το ρομπότ χειρίζεται το φορτίο και ελέγχει για ακεραιότητα θέσης. Σε μια άλλη συνεργασία ανθρώπου-ρομπότ, στο εργοστάσιο Mercedes-Benz C-Class στη Βρέμη, ένα ρομπότ χειρίζεται πλέον το απαιτητικό μέρος της συναρμολόγησης ενός πακέτου υβριδικών μπαταριών στο πίσω άκρο του αυτοκινήτου.

Ενώ ακούμε συχνά ότι τα ρομπότ αντικαθιστούν τους εργαζόμενους και προσφάτως ότι τα ρομπότ συνεργάζονται με τους εργαζόμενους, είναι σπάνιο να ακούσουμε ότι οι εργαζόμενοι αντικαθιστούν τα ρομπότ. Αλλά πράγματι, αυτό ισχύει για ένα έργο της Mercedes Benz Industrie 4.0 που περιλαμβάνει τη βαθμονόμηση θέσης των head-up οθονών (HUD). Μετά την εγκατάσταση, το HUD πρέπει να προσαρμοστεί προσεκτικά ώστε να διασφαλιστεί ότι βρίσκεται ακριβώς στη σωστή θέση για τον οδηγό. Προηγουμένως στη γραμμή συναρμολόγησης της Mercedes Benz, το αυτοκίνητο έπρεπε να σταθμεύσει σε πολύ ακριβή θέση πριν από την είσοδο ενός βραχίονα ρομπότ στο όχημα ώστε να ρυθμίσει τη θέση της οθόνης κεφαλής. Αλλά τώρα, με τη βοήθεια της τεχνολογίας επαυξημένης πραγματικότητας, ένας χειριστής εισέρχεται στο όχημα και παίρνει οπτική καθοδήγηση σε μια συσκευή τάμπλετ σχετικά με το πως να γύρει την οθόνη στη σωστή θέση. Ανατρέποντας τα συνήθη οικονομικά στοιχεία ανθρώπων-ρομπότ, η διαδικασία βαθμονόμησης HUD είναι ταχύτερη και φθηνότερη όταν εκτελείται από έναν χειριστή που υποστηρίζεται από την κατάλληλη τεχνολογία.

Μια σημαντική πτυχή του Industrie 4.0 είναι ένα άλμα στο επίπεδο της συνδεσιμότητας των εγκαταστάσεων. Η Mercedes Benz έχει τώρα τη δυνατότητα να συνδέσει όλα τα εργοστάσια της σε όλο τον κόσμο και να αποκτήσει ορατότητα μέχρι το επίπεδο των αισθητήρων. Αυτό σημαίνει ότι μια μονάδα παραγωγής αυτοκινήτων, για παράδειγμα, μπορεί να έχει πρόσβαση σε δεδομένα από άλλες εγκαταστάσεις αυτοκινήτων και να μπορεί να βοηθήσει με οποιαδήποτε αντιμετώπιση προβλημάτων μέχρι ακόμα και να επαναπρογραμματίσει ρομπότ. Επίσης, επιτρέπει ταυτόχρονες και όχι διαδοχικές αναβαθμίσεις των εγκαταστάσεων, καθώς οι ομάδες δεν χρειάζεται πλέον να ταξιδεύουν από το ένα εργοστάσιο στο άλλο.

9.2.4. SatisFactory

Ο Ιανουάριος του 2015 αποτέλεσε αφετηρία για την έναρξη του έργου SatisFactory, ένα ερευνητικό έργο διάρκειας τριών ετών με συντονιστή το Ινστιτούτο Τεχνολογιών Πληροφορικής και Επικοινωνιών (ΙΠΤΗΛ) του Εθνικού Κέντρου Έρευνας και Τεχνολογικής Ανάπτυξης (ΕΚΕΤΑ).

Στόχος του έργου ήταν η δημιουργία πρωτοπόρων μεθόδων και αλγορίθμων για την μετάδοση της γνώσης καθώς και η ανάπτυξη έξυπνου εξοπλισμού με σκοπό την εισαγωγή της καινοτομίας στην παραγωγή των εργοστασίων και στις εργασίες των γραμμών παραγωγής, στηρίζοντας παράλληλα και αλληλοεπιδρώντας με το ανθρώπινο δυναμικό. Όραμα του έργου SatisFactory είναι το εργοστάσιο του μέλλοντος να συνιστά έναν ευχάριστο χώρο για τους ανθρώπους που εργάζονται εκεί, βελτιώνοντας την ποιότητα των συνθηκών εργασίας και καθιστώντας την βιομηχανική απασχόληση ελκυστική, κυρίως για τους νέους ανθρώπους. Το έργο θα προσπαθήσει να υλοποιήσει τους παραπάνω στόχους εφαρμόζοντας βασικές τεχνολογίες επαυξημένης πραγματικότητας, φορητές συσκευές και προσαρμοσμένες πλατφόρμες επικοινωνίας.

Ο διευθυντής του ΙΠΤΗΛ/ΕΚΕΤΑ και συντονιστής του έργου SatisFactory Δρ. Δημήτριος Τζοβάρας επισημαίνει: «Η βιομηχανία είναι ένα ζωτικής σημασίας συστατικό της κοινωνίας μας, αλλά θα μπορεί να αξιοποιεί πλήρως τις δυνατότητές της, μόνο αν εναρμονιστεί με τις συνεχιζόμενες αλλαγές στην παγκόσμια οικονομία και την τεχνολογία. Υπάρχει μια ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας των πληροφοριών προς τη βελτίωση της λειτουργίας των εργοστασίων. Οι επιχειρήσεις θα πρέπει να ενσωματώσουν ανθρωποκεντρικές τεχνολογίες, αφενός για να αυξήσουν την ανταγωνιστικότητά τους και αφετέρου να προσφέρουν ένα καλύτερο, ελκυστικό και ασφαλέστερο εργασιακό περιβάλλον.»

Μεταξύ των στόχων του έργου συμπεριλαμβάνονται:

- Σχεδιασμός και ανάπτυξη παιχνιδιών για την κίνηση του ενδιαφέροντος των εργαζομένων και την ευχάριστη μετάδοση της γνώσης,
- Ανάπτυξη εφαρμογών επαυξημένης πραγματικότητας για την διαδραστική εκπαίδευση,
- Ανάπτυξη μεθόδων λήψης αποφάσεων για την αύξηση της παραγωγικότητας,

- Ανάπτυξη μεθόδων λήψης αποφάσεων για την άνεση των εργαζομένων,
- Προσαρμοσμένες και επαυξημένης επικοινωνίας διεπαφές.

9.2.5. Sunlight

Η βιομηχανία «Συστήματα Sunlight» ειδικεύεται στην ανάπτυξη, την παραγωγή και την διάθεση μπαταριών και συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας για βιομηχανικές εφαρμογές προηγμένης τεχνολογίας. Η εταιρεία Συστήματα Sunlight, αποτελεί μέλος του έργου SatisFactory και συμβάλει στον εκσυγχρονισμό του εργασιακού περιβάλλοντος των βιομηχανικών μονάδων διαθέτοντας καινοτόμα τεχνολογικά συστήματα και διευκολύνοντας την μετάβαση από τα παραδοσιακά εργοστάσια στα έξυπνα εργοστάσια του μέλλοντος.

Στόχοι του έργου SatisFactory που κατάφερε να υλοποιήσει η εταιρεία Συστήματα Sunlight είναι η ασφάλεια των εργαζομένων και η βελτίωση της ποιότητας εργασίας, η υιοθέτηση του σύγχρονου μοντέλου του έξυπνου εργοστασίου χρησιμοποιώντας τεχνολογίες αιχμής, η ανάπτυξη καινοτόμων λογισμικών, η παροχή βοήθειας στην λήψη αποφάσεων σε διάφορα συμβάντα και η παροχή κινήτρων μέσω της ανάπτυξης παιγνίων για την εφαρμογή τους στις διαδικασίες παραγωγής.

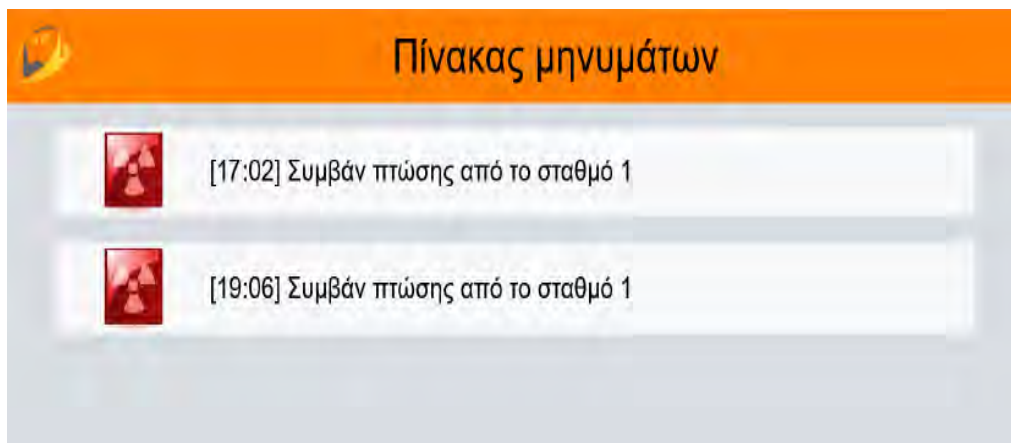
Σύμφωνα με δελτίο τύπου που δημοσιεύτηκε, από την συνεργασία της εταιρείας Συστήματα Sunlight και των εταίρων του έργου SatisFactory αναπτύχθηκαν τα παρακάτω προϊόντα και λογισμικά με τα εξής οφέλη:

➤ **Αλληλεπίδραση των εργαζόμενων με βιομηχανικά συστήματα εν ώρα εργασίας με χρήση μη παρεμβατικών εργαλείων συλλογής δεδομένων.**

- **Χρήση Καμερών Βάθους:** Ανέπαφη χρήση εργαλείων με κατάλληλες χειρονομίες παρέχοντας ασφάλεια στους εργαζομένους, δυνατότητα εντοπισμού ατυχημάτων και παροχή άμεσης βοήθειας.

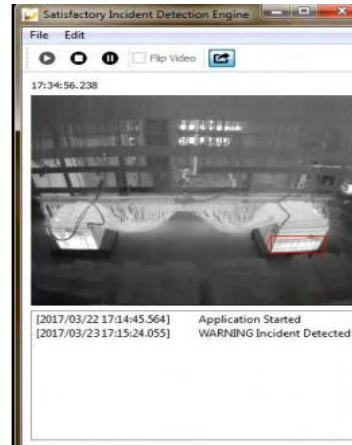


Εικόνα 42 Χρήση χειρονομίας για αναγνώριση ενέργειας από την κάμερα βάθους



Εικόνα 43 Ειδοποιήσεις συμβάντων από κάμερες βάθους

- **Χρήση θερμικών καμερών:** Έλεγχος της θερμοκρασίας του εξοπλισμού σε πραγματικό χρόνο.



Εικόνα 44 Θερμική κάμερα και λήψη από την θερμική κάμερα

- **Εισαγωγή ελκυστικότητας στο βιομηχανικό χώρο με γυαλιά επαυξημένης πραγματικότητας:** εργαλείο παροχής οπτικοακουστικού υλικού ως βοήθεια των τεχνικών.



Εικόνα 45 Γυαλιά επαυξημένης πραγματικότητας

- **Συσκευή Εντοπισμού Θέσης και Εργονομίας:**
Παροχή ασφαλείας στους εργαζομένους σε σημεία με αυξημένο επίπεδο κινδύνου. Παραγωγή προειδοποιήσεων για την αποφυγή ατυχημάτων.



Εικόνα 46 Συσκευή εντοπισμού θέσης και εργονομίας

➤ **Δίκτυο Αισθητήριων Άνεσης**

Καταγραφή και παρακολούθηση των συνθηκών που επικρατούν στο περιβάλλον εργασίας (θερμοκρασία, υγρασία, επίπεδα οξυγόνου και διοξειδίου του άνθρακα, φωτεινότητα κ.α) με σκοπό τη λήψη κατάλληλων μέτρων για την άνεση και την ασφάλεια των εργαζομένων.



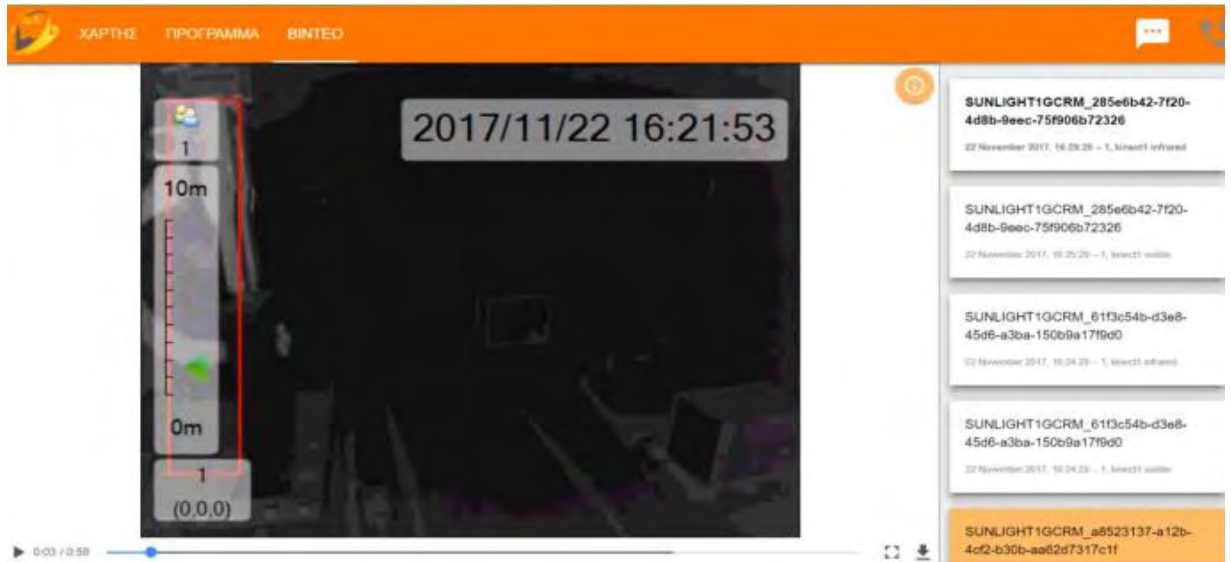
Εικόνα 47 Αισθητήρας άνεσης

➤ **Ομαδικότητα, αλληλοβοήθεια και συνεργατικό πνεύμα μέσω πλατφόρμας κοινωνικής δικτύωσης**

Παρέχει την δυνατότητα επικοινωνίας σε συνεργάτες που εργάζονται σε απομακρυσμένα σημεία επιτρέποντας τους να ανταλλάξουν γνώμες, συμβουλές και εντολές για ζητήματα της δουλειάς τους, γεγονός που πριν δεν ήταν εφικτό λόγω απόστασης ή διαφορετικών ωραρίων εργασίας.

➤ **Αυτόματη διαχείριση πολυμεσικού υλικού**

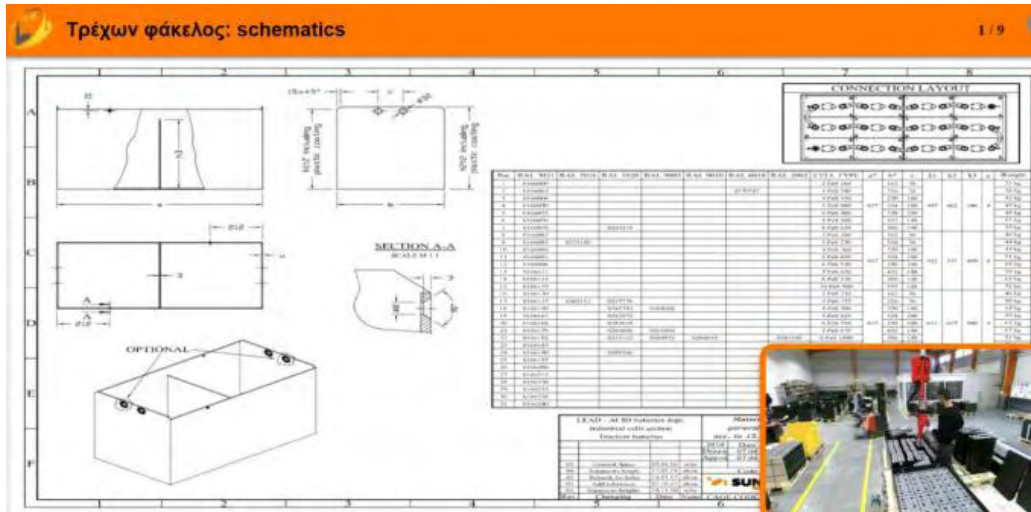
Ο Διαχειριστής Πολυμέσων είναι ένα λογισμικό που επιτρέπει τη ζωντανή μετάδοση βίντεο, τη διαχείριση ηχητικών κλήσεων, καθώς και την καταγραφή όλων των συμβάντων που εντοπίζονται μέσω οπτικοακουστικών μέσων.



Εικόνα 48 Συσκευή διαχείριση πολυμεσικού υλικού

➤ **Έγκυρη και άμεση ενημέρωση εργαζομένων κατά τη διάρκεια της εργασίας τους με τη χρήση του Digital Andon**

Το Digital Andon είναι ένα εργαλείο εμφάνισης πληροφοριών τις οποίες πρέπει να έχει άμεσα στη διάθεσή του ο εργαζόμενος. Είναι ένα ιδιαίτερα χρήσιμο εργαλείο κατά την υλοποίηση προϊόντων με πολλές παραλλαγές. Επιπλέον, υπάρχει η δυνατότητα ανέπαφης πλοήγησης στις πληροφορίες, με τη χρήση χειρονομιών.



Εικόνα 49 Digital Andon

➤ **Δημιουργία ευχάριστου περιβάλλοντος εργασίας με πλατφόρμα παιχνιδιοποίησης.**

Η εισαγωγή τεχνικών παιχνιδιοποίησης στο βιομηχανικό περιβάλλον παρέχει κίνητρα στους εργαζόμενους να αντιμετωπίσουν τις διαδικασίες παραγωγής με περισσότερο ενδιαφέρον. Επιπλέον, η συλλογή δεδομένων από τη συμπεριφορά των χρηστών στις διάφορες παιχνιδιοποιημένες διαδικασίες παρέχει γραφήματα κατάλληλα για τη μελέτη και ανάλυσή τους.

| # | Game title | Game description | Popularity ↓ | Level | Score | Action |
|----|---------------------|----------------------|--------------|---------------------|-------|--------|
| 1. | training | Training app | 97.56% | Level 1 : Novice | 3840 | Leave |
| 2. | SocialCollaboration | Social Collaboration | 1.84% | Level 1 : Novice | 515 | Leave |
| 3. | SUGGEST | Suggestions app | 0.51% | Level 1 : Novice | 17 | Leave |
| 4. | maintenance | Maintenance app | 0.00% | | 0 | Join |
| 5. | All_Actors | Everyone | 0.00% | | 0 | Join |

Εικόνα 50 Στιγμιότυπο από την πλατφόρμα παιχνιδιοποίησης



Εικόνα 51 Πίνακας ελέγχου με αναλυτικά δεδομένα

➤ Σύστημα Υποστήριξης Αποφάσεων – DSS

Το Σύστημα Υποστήριξης Αποφάσεων (Decision Support System) βοηθάει στη λήψη αποφάσεων στο εργοστάσιο. Το σύστημα υλοποιήθηκε για τις διαδικασίες συντήρησης και μπορεί να προβλέψει δυσλειτουργίες μηχανών με βάση τον τρόπο λειτουργίας τους, να προτείνει τον κατάλληλο χρόνο, καθώς και την κατάλληλη

διαδικασία συντήρησης. Το σημαντικότερο κομμάτι του συστήματος είναι η άμεση αντίδρασή του σε συμβάντα εκτός κανονικής λειτουργίας και η δημιουργία προτάσεων και εργασιών συντήρησης που μπορούν να τα επιλύσουν το συντομότερο δυνατό. Οι διάφοροι τύποι συναγερωμών που προέρχονται από τις μηχανές, αλλά και από τους αισθητήρες που έχουν τοποθετηθεί στο εργοστάσιο τροφοδοτούν το DSS με δεδομένα. Το σύστημα χρησιμοποιεί αλγορίθμους διαχείρισης γνώσης, δημιουργεί κανόνες και με βάση αυτούς προτείνει καινούργιες εργασίες ανάλογα με την κρισιμότητα του συναγερωμού.

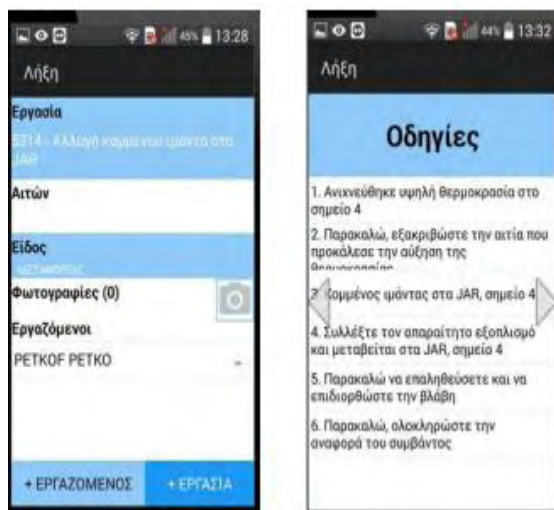
The screenshot shows a configuration window titled "Transitions". It contains several input fields and a table. The "Name" field is "acquiring abnormal messa", "On Parameter" is "sensor X", "From State" is "None Selected", and "To State" is "failure". There is a "Remove" button and a "Seconds To Expire" field. Below these are several conditional fields: "Value >=", "Value <=", "Distance Center", "Distance", "Inside Rectangle (BottomLeft-X, BottomLeft-Y, H, W)", and "Regular Expression". The "Value >=" field has the value "5". To the right, there is an "Actions" section with a table:

| Action | Category | Description |
|--------------|----------|---------------|
| Notification | cat | notify worker |

Εικόνα 52 Σύστημα υποστήριξης αποφάσεων

➤ Πρόγραμμα Τροφοδότησης Πληροφοριών από το Εργοστάσιο

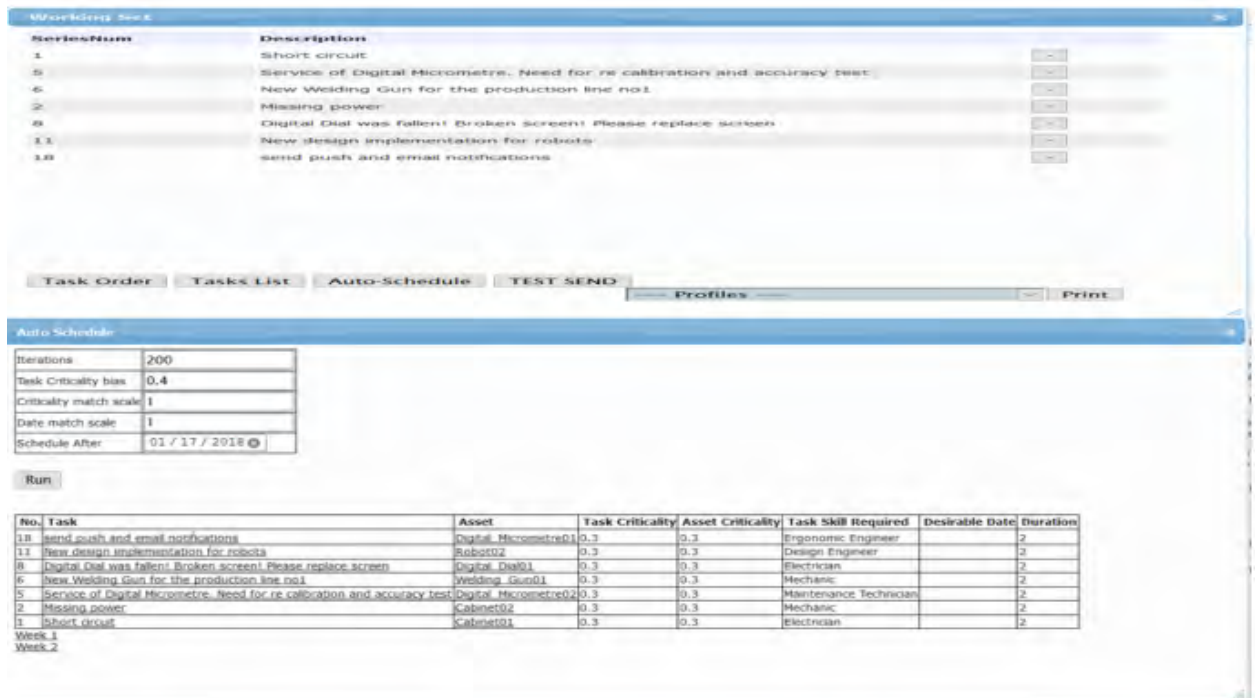
Το πρόγραμμα τροφοδότησης είναι μία εφαρμογή για κινητά που αναπτύχθηκε, ώστε να μπορεί ο κάθε εργαζόμενος να λαμβάνει πληροφορίες σχετικά με τις εργασίες συντήρησης που πρέπει να εκτελέσει ή να μπορεί να δημιουργήσει καινούργιες εργασίες με βάση όσα συμβαίνουν στο εργοστάσιο. Η εφαρμογή επιτρέπει τη λήψη ειδοποιήσεων για τις εργασίες, τη χρήση φωτογραφιών και σχημάτων που βοηθούν στην επίλυση του προβλήματος.



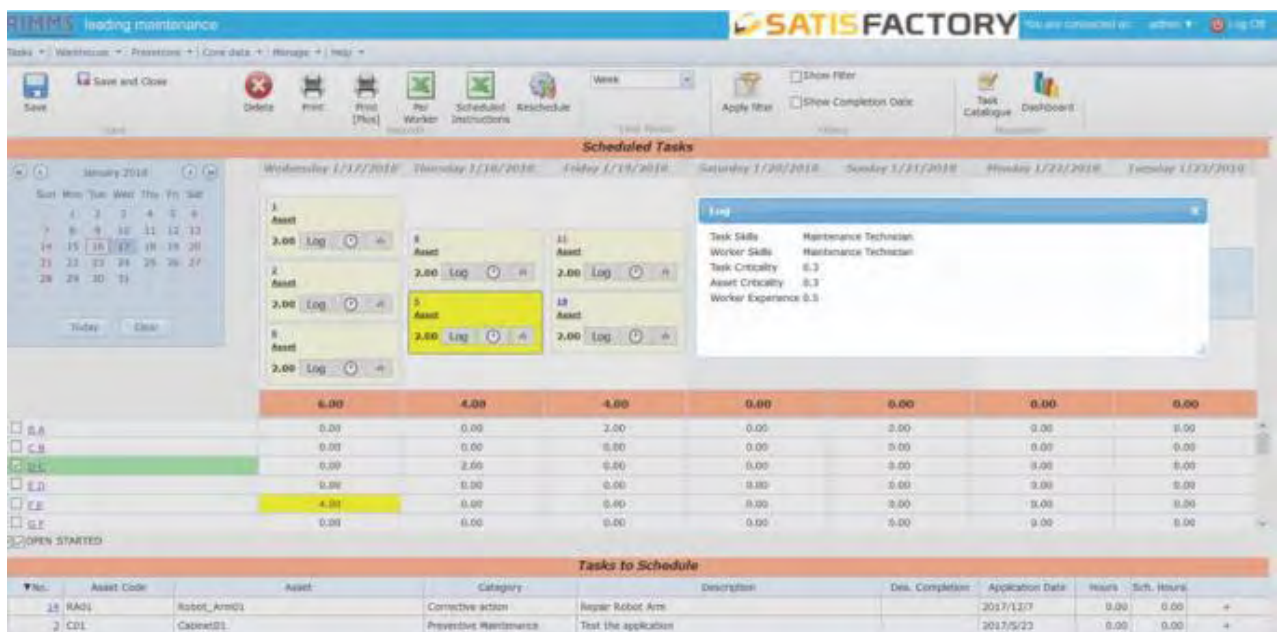
Εικόνα 53 Εφαρμογή τροφοδότησης πληροφοριών

➤ **Αυτόματος Χρονοπρογραμματισμός Εργασιών Ανθρώπινου Δυναμικού**

Ο αυτόματος χρονοπρογραμματισμός των εργασιών γίνεται μέσω της εργαλειοθήκης συντήρησης. Οι ημερήσιες εργασίες επιλέγονται με βάση ορισμένα κριτήρια όπως: η κρισιμότητα της εργασίας, η εμπειρία των εργαζομένων που απαιτούνται, καθώς και την κρισιμότητα της μηχανής ή του εργαλείου που πρέπει να συντηρηθεί.



Εικόνα 54 Χρονοπρογραμματισμός εργασιών



Εικόνα 55 Ημερολόγιο Εργαλειοθήκης Συντήρησης με τη δημιουργία αυτόματου χρονοπρογραμματισμού εργασιών ανθρώπινου δυναμικού

9.2.6. Bosh

Ενώ παλαιότερα ένα εργοστάσιο θα χρειαζόταν εξειδικευμένους μηχανικούς για να επιθεωρήσουν τα μηχανήματα, να παρακολουθήσουν τις διαδικασίες παραγωγής και να παρέμβουν αν αυτό κρίνόταν απαραίτητο, σήμερα όλα αυτά αποτελούν

δουλειές των τερματικών ελέγχου. Συνδέοντας τις λειτουργίες του με τις τελευταίες τεχνολογίες της πληροφορικής και ψηφιοποιώντας όλες τις διαδικασίες παραγωγής το εργοστάσιο της Bosh στο Blaichach της Γερμανίας χαράζει μια διαδρομή προς το μέλλον.

Διαφορετικά τμήματα εργάζονται παράλληλα, συνεργάζονται, μοιράζονται πληροφορίες και οδηγούν σε συνεχείς βελτιώσεις τόσο της διαδικασίας της παραγωγής όσο και των προϊόντων. Ο πλούτος των δεδομένων και η γνώση που μπορούν να προσφέρουν είναι κάτι που πρέπει να αξιοποιηθεί από τις βιομηχανίες εάν επιθυμούν να είναι ανταγωνιστικοί και αποδοτικοί. Όταν η ανάλυση των δεδομένων γίνεται σωστά διασφαλίζεται η ποιότητα και επιταχύνεται η διαδικασία παρακολούθησης των προϊόντων καθώς επίσης δίνεται η δυνατότητα εντοπισμού σφαλμάτων κατά την παραγωγή. Το εργοστάσιο της Bosh στο Blaichach λόγω του συστήματος τεχνικής υποστήριξης που ανέπτυξε και λόγω της εμπειρίας του από την επίλυση σφαλμάτων έχει συνδυάσει επιτυχώς τα παραπάνω πρότυπα.

Το σύστημα που ανέπτυξαν εμφανίζει μηνύματα σε περίπτωση που συμβούν σφάλματα αλλά και δοκιμασμένες προτάσεις για την επίλυση τους. Ακόμη ένα ψηφιακό εργαλείο που ενσωμάτωσαν στις διαδικασίες παραγωγής είναι το tracker επιδόσεων το οποίο επιτρέπει στους ειδικούς να παρακολουθούν τους χρόνους κύκλου και να παρεμβαίνουν εάν είναι απαραίτητο. Μερικές ακόμα λειτουργίες που υποστηρίζουν οι εκμοντερνισμένες γραμμές παραγωγής της Bosch είναι η παραγγελία ανταλλακτικών και υλικών για την παραγωγή και η οργάνωση των εργασιών συντήρησης που είναι απαραίτητες για την διατήρηση της ομαλότητας στην γραμμή παραγωγής. Λειτουργεί επίσης σύστημα το οποίο χρησιμοποιεί ένα δίκτυο αισθητήρων μέσα στα μηχανήματα της γραμμής παραγωγής. Η υιοθέτηση του σύγχρονου μοντέλου επέτρεψε στην Bosh να αυξήσει την παραγωγικότητα της κατά 24% παγκοσμίως και εκτιμάται πως μέχρι το 2020 η είσοδος αυτοματισμών και τεχνολογιών στη γραμμή παραγωγής θα έχει ως αποτέλεσμα, όχι μόνο την αύξηση της παραγωγής, αλλά και την αύξηση των πωλήσεων κατά τουλάχιστον ένα δισεκατομμύριο ευρώ. Επιπλέον, η ποιότητα των προϊόντων της ξεπέρασε κάθε προσδοκία. Ωστόσο, η επιτυχία της τεχνολογίας εξαρτάται από τους ανθρώπους. Πλέον η δουλειά τους έχει αλλάξει και οφείλουν να είναι εκπαιδευμένοι,

ενημερωμένοι και να συνεργάζονται με την ψηφιακή συνδεσιμότητα, να κατανοούν την τεχνολογία και να αξιοποιούν τις ευκαιρίες που προσφέρει. Πρέπει να ερμηνεύουν τις πληροφορίες και να λαμβάνουν τις σωστές αποφάσεις.



Εικόνα 56 Tracker επιδόσεων



Εικόνα 57 Έλεγχος της παραγωγικής διαδικασίας μέσω έξυπνου κινητού τηλεφώνου

Έρευνα της Ευρωπαϊκής Κομισιόν σχετικά με την βελτιστοποίηση της παραγωγής στα εργοστάσια (Σεπτέμβριος του 2014)

Η οικονομική κρίση της εποχής έχει αντίκτυπο και στην βιομηχανία ασκώντας πιέσεις και εισαγωγή νέων απαιτήσεων. Τα εργοστάσια απαιτούν πιο ευέλικτες και αποδοτικές διαδικασίες παραγωγής, οι οποίες είναι σε θέση να ανταποκριθούν γρήγορα σε σφάλματα παραγωγής και άλλες ανεπιθύμητες ενέργειες για να ελαχιστοποιήσουν τις επιπτώσεις στην επιχείρησή τους. Όπως έχει προαναφερθεί χρησιμοποιώντας έξυπνα συστήματα πληροφορικής, τα εργοστάσια μπορούν να

βελτιστοποιήσουν την παραγωγική ικανότητα των μηχανημάτων και των γραμμών παραγωγής. Ωστόσο η διαδικασία της μετάβασης από το παραδοσιακό εργοστάσιο στο σύγχρονο μοντέλο του έξυπνου εργοστασίου ενσωματώνοντας όλες αυτές τις τεχνολογίες της πληροφορικής αποτελεί μια εξαιρετικά δαπανηρή διαδικασία.

Παρόλα αυτά, υπάρχουν σαφή παραδείγματα ότι οι εθνικές κυβερνήσεις αναλαμβάνουν την πρωτοβουλία να διευκολύνουν την υιοθέτηση νέων τεχνολογιών σε περιβάλλοντα κατασκευής. Η γερμανική ομοσπονδιακή κυβέρνηση έχει διαθέσει περίπου 200 εκατομμύρια ευρώ για να βοηθήσει τις βιομηχανικές ενώσεις, τα ερευνητικά ιδρύματα και τις εταιρείες να αναπτύξουν μια στρατηγική εφαρμογής. Η κυβέρνηση των ΗΠΑ αναπτύσσει επίσης την καινοτόμο στρατηγική αφού χορήγησε χρηματοδότηση ύψους 700 δισεκατομμυρίων ευρώ για τη δημιουργία εθνικού δικτύου ερευνητικών ιδρυμάτων και επιχειρήσεων. Οι κυβερνήσεις διασφαλίζουν ότι μέσω στοχοθετημένων επενδύσεων στο «έξυπνο εργοστάσιο», τάσεις όπως η βελτιστοποίηση της παραγωγικής ικανότητας, μπορούν να αναπτυχθούν ταχύτερα.

Η χρήση των ψηφιακών τεχνολογιών για τη βελτιστοποίηση των διαδικασιών παραγωγής είναι αναπόφευκτα ένα από τα βασικά στοιχεία του έξυπνου εργοστασίου. Οι δημόσιες αρχές είναι υπεύθυνες για τη διάθεση ευρέων δικτύων και η βιομηχανία χρειάζεται να καθιερώσει εγκαίρως τα συστήματα ανάλυσης δεδομένων και πρωτοκόλλων μετάδοσης. Αυτό θα επιτρέψει την ταχύτερη παράδοση προϊόντων και υπηρεσιών, με διαφορετικούς τρόπους και με χαμηλότερο κόστος για τον καταναλωτή. Έτσι, η βελτιστοποίηση της παραγωγικής ικανότητας επιτρέπει ένα τεράστιο άλμα στη διαλειτουργικότητα και τη διαμόρφωση των γραμμών παραγωγής [76].

Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας για την κοινωνία όσον αφορά την έξυπνη βιομηχανία γενικά, και τη βελτιστοποίηση της παραγωγικής ικανότητας ειδικότερα, είναι ότι η παραγωγή μπορεί να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικότερα μειώνοντας έτσι το περιβαλλοντικό αποτύπωμα. Για παράδειγμα, χρησιμοποιώντας αισθητήρες, τα μηχανήματα μπορούν να απενεργοποιηθούν αυτόματα όταν δεν χρησιμοποιούνται. Αυτό έχει θετικό αντίκτυπο στη χρήση υλικών και ενέργειας στις διαδικασίες παραγωγής. Η παραγωγή με τη χρήση αυτών των επονομαζόμενων αρχέγονων μεθόδων παραγωγής δημιουργεί ένα επιχειρησιακό και πολιτιστικό περιβάλλον που συμβάλλει ιδιαίτερα στην ελαχιστοποίηση των αποβλήτων και την

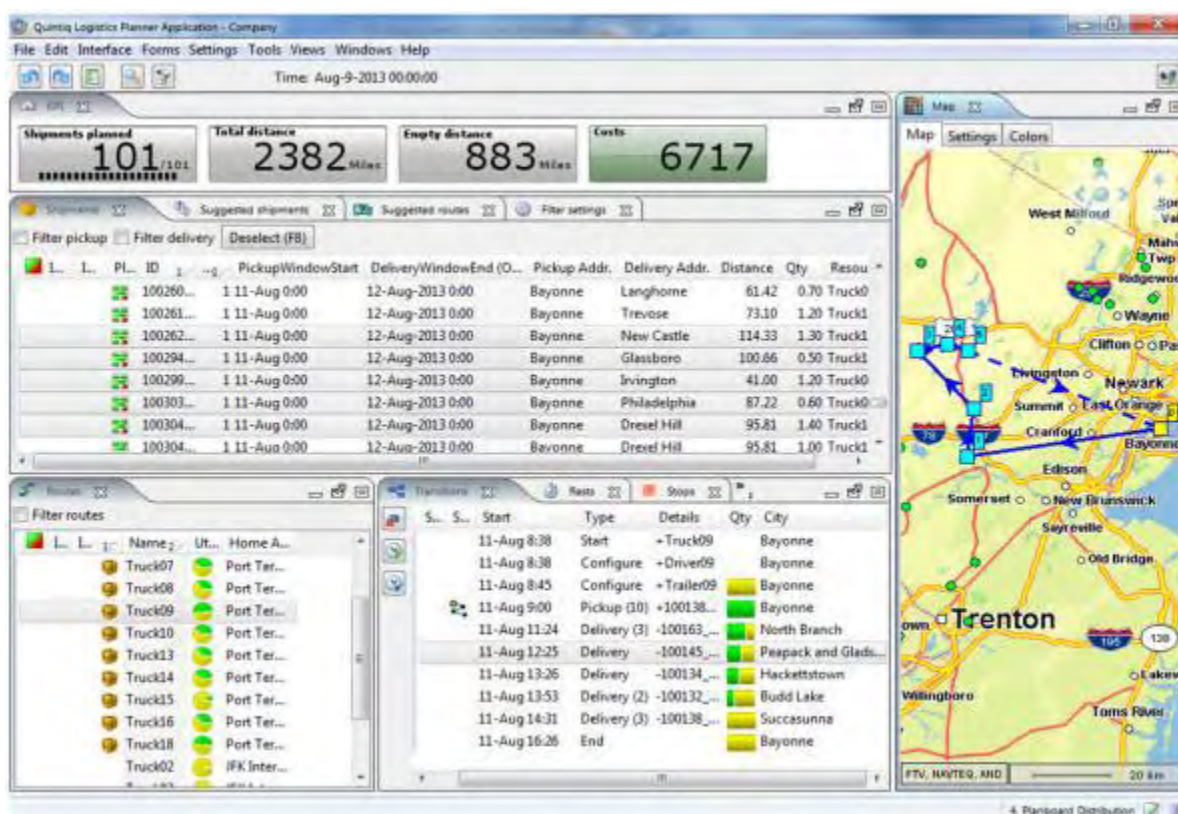
πρόληψη της ρύπανσης. Οι μέθοδοι βελτιστοποίησης επικεντρώνονται στη συνεχή βελτίωση της παραγωγικότητας των πόρων και της αποδοτικότητας της παραγωγής, η οποία συχνά μεταφράζεται σε λιγότερα υλικά και κεφάλαια, λιγότερη ενέργεια και συνεπώς περιορισμός των αποβλήτων ανά μονάδα παραγωγής. Στην ουσία, η βελτιστοποίηση της παραγωγικής ικανότητας αφορά τη μέγιστη αξιοποίηση των υπάρχοντων υλικών και πηγών, συμβάλλοντας έτσι στη μείωση των περιβαλλοντικών πιέσεων.

Παρακάτω εξετάζονται τα οφέλη της βελτιστοποίησης της παραγωγικής ικανότητας μέσω πέντε εταιρειών που επέλεξε η ευρωπαϊκή κομισιόν να συμπεριλάβει στην έρευνα της. Γίνεται εισαγωγή των προβλημάτων που αντιμετωπίζουν οι εταιρείες αυτές και πώς η βελτιστοποίηση της παραγωγικής ικανότητας ασχολείται με αυτά τα προβλήματα.

Πρόβλημα 1: Τα παραδοσιακά εργοστάσια έχουν επικεντρωθεί στην προσπάθεια βελτιστοποίησης της αλυσίδας εφοδιασμού, η οποία έχει οδηγήσει σε ένα όχι και τόσο ξεκάθαρο τοπίο διαφορετικών λύσεων και διεργασιών. Συνέπεια αυτού είναι οι οργανώσεις να μην έχουν ενιαία άποψη της αλυσίδας εφοδιασμού εμποδίζοντας έτσι την συνεργασία μεταξύ των τμημάτων της επιχείρησης.

Καινοτόμος λύση 1: Από την ίδρυσή του το 1997, το λογισμικό Quintiq έχει επικεντρωθεί στην παροχή μιας ενιαίας πλατφόρμας για επιχειρήσεις που στοχεύουν στη βελτιστοποίηση της αλυσίδας εφοδιασμού τους. Σήμερα, η έκδοση 5.0 του λογισμικού βελτιστοποίησης της αλυσίδας εφοδιασμού προσφέρει υπηρεσίες σε τομείς όπως ο προγραμματισμός της παραγωγής, ο προγραμματισμός του δικτύου και τα logistics, ο προγραμματισμός των εργασιών του ανθρώπινου δυναμικού. Ο πυρήνας της βελτιστοποίησης περιστρέφεται γύρω από την τεχνολογία βελτιστοποίησης, τον μαθηματικό προγραμματισμό καθώς και τους αλγορίθμους βελτιστοποίησης, που αναπτύχθηκαν σε συνεργασία με ειδικούς του επιχειρηματικού και του ακαδημαϊκού κόσμου. Παρέχεται δυνατότητα πρόσβασης στο πρόγραμμα σε πραγματικό χρόνο, με έναν πολύ μεγάλο αριθμό χρηστών να το χρησιμοποιούν ταυτόχρονα.

Ενώ άλλες λύσεις απαιτούν σημαντικό χρόνο και πόρους για την προσαρμογή τους σε συγκεκριμένες καταστάσεις, η λύση της Quintiq ξεχωρίζει για τη σχετική ευκολία της εφαρμογής και τα ελάχιστα ζητήματα προγραμματισμού. Έχει την δυνατότητα να προσαρμόζεται και να περιλαμβάνει τις προσαρμοσμένες παραμέτρους για τα προγράμματα οδήγησης αξίας και συγκεκριμένους περιορισμούς σε συγκεκριμένους τύπους αλυσίδων εφοδιασμού.



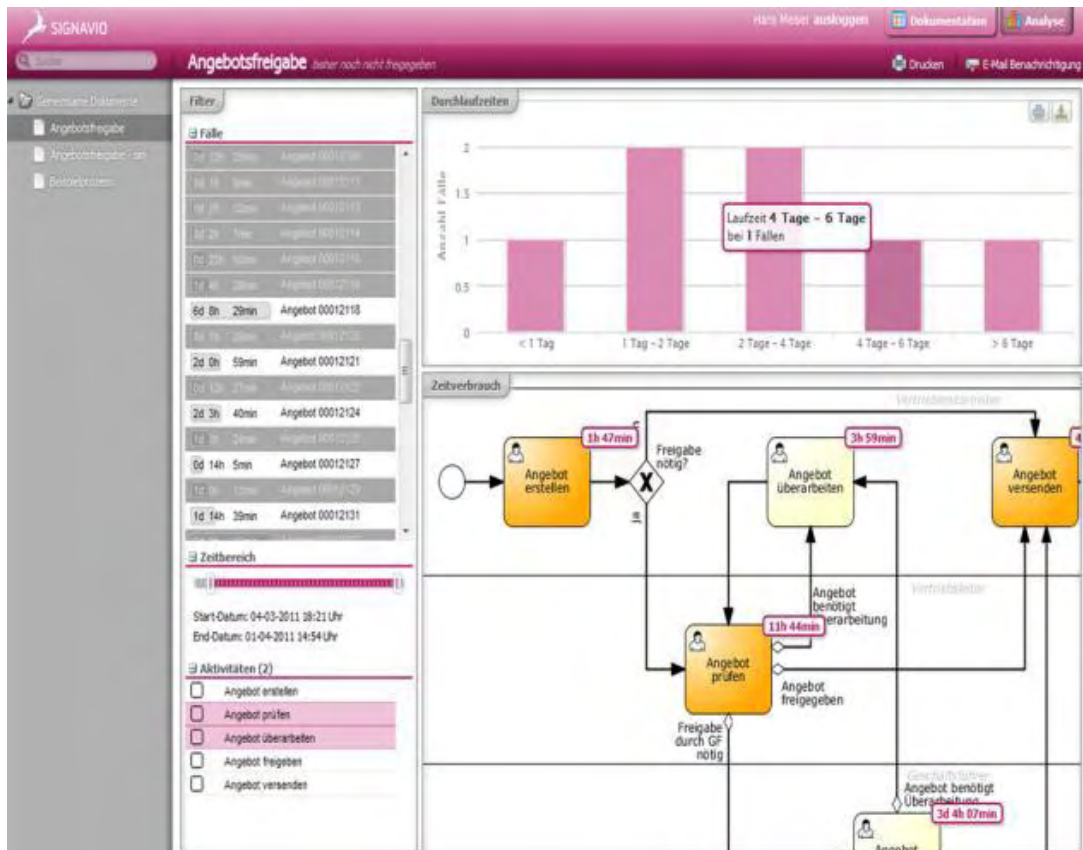
Εικόνα 58 Quintiq software: Λογισμικό βελτιστοποίησης των γραμμών

Πρόβλημα 2: Η διαχείριση επιχειρησιακών διαδικασιών διαδραματίζει ουσιαστικό ρόλο στη μεταποιητική βιομηχανία. Οι οργανισμοί προσπαθούν να βελτιώνουν συνεχώς την ποιότητα των προϊόντων και τις διαδικασίες τους. Οι πρωτοβουλίες διαχείρισης επιχειρησιακών διαδικασιών είναι πιο επιτυχείς καθώς εμπλέκονται περισσότεροι φορείς στο σχεδιασμό των διαδικασιών, ωστόσο αυτό δεν εφαρμόζεται πάντοτε στην πράξη. Πολλές επιχειρήσεις έχουν να αντιμετωπίσουν περίπλοκα περιβάλλοντα επιχειρηματικού μοντέλου που στην πράξη χρησιμοποιούν μόνο

εμπειρογνώμονες. Αυτό οδηγεί σε μοντέλα διαδικασιών που δεν έχουν κρίσιμη συμβολή.

Καινοτόμος λύση 2: Το Signavio Process Editor (SaaS) είναι ένα εργαλείο μοντελοποίησης διαδικασιών που βασίζεται στο διαδίκτυο. Δεν απαιτείται η εγκατάσταση λογισμικού στον υπολογιστή και έχει αναπτυχθεί με σκοπό να επιτρέπει τον σχεδιασμό επαγγελματικών διαδικασιών, συμπεριλαμβανομένης της προσομοίωσης διαδικασιών, της επικοινωνίας των διαδικασιών και της σχετικής τεκμηρίωσης μέσω της διαδικτυακής πύλης διαδικασιών, της συμμόρφωσης και της διαχείρισης κινδύνου, του υπολογισμού του κόστους και τις απαιτήσεις σε πόρους.

Αυτό που είναι επίσης μοναδικό στο Signavio είναι η προσπάθειά του να εξαλείψει τα εμπόδια στη χρήση που έχουν μερικά περίπλοκα εργαλεία μοντελοποίησης διαδικασιών. Ακόμη και οι υπάλληλοι με μικρή ή και καθόλου εμπειρία μπορούν να ξεκινήσουν να σχεδιάζουν μοντέλα διαδικασιών παραγωγής με το Signavio και η συνεργασία γίνεται εύκολη καθώς οποιοσδήποτε διαθέτει δικαιώματα πρόσβασης μπορεί να δει ή να επεξεργαστεί τα μοντέλα. Για παράδειγμα, οι διαχειριστές με λειτουργική ευθύνη μπορούν να καταγράψουν, να τεκμηριώσουν και να μοιραστούν μοντέλα επαγγελματικών διαδικασιών χωρίς να επενδύσουν πολύ χρόνο. Χρησιμοποιώντας το QuickModel (ένα εργαλείο σχεδιασμού διαδικασιών όπως το υπολογιστικό φύλλο), ακόμη και οι εργαζόμενοι χωρίς καμία γνώση είναι σε θέση να δημιουργήσουν μοντέλα διαδικασιών. Αυτά τα μοντέλα μπορούν στη συνέχεια να μοιραστούν με τους εμπειρογνώμονες οι οποίοι μπορούν να καθορίσουν περαιτέρω το μοντέλο σε όρους συστημάτων πληροφορικής ή να ενσωματώσουν μοντέλα για να αποτυπώσουν μια πλήρη εικόνα των διαδικασιών του οργανισμού.



Εικόνα 59 Signavio Process Editor (SaaS): εργαλείο μοντελοποίησης διαδικασιών

Πρόβλημα 3: Λόγω της ανάγκης για μικρότερους κύκλους ζωής του προϊόντος και της αυξανόμενης πολυπλοκότητας στην κατασκευή και το σχεδιασμό αυτοκινήτων, η ευκολία σύγκρισης μεταξύ των πραγματικών πρωτοτύπων και των μοντέλων CAD 3D είναι καθοριστική για τη μείωση του χρόνου και του κόστους. Αλλά η ποιότητα των σχετικών εγγράφων CAD στην αρχή κάθε νέου έργου μπορεί να είναι αναξιόπιστη. Αν τα σχέδια βασίζονται σε λανθασμένα δεδομένα, σημαντικά ζητήματα θα προκύψουν κατά την ολοκλήρωση ενός νέου μοντέλου αυτοκινήτου.

Καινοτόμος λύση 3: Η επαυξημένη πραγματικότητα είναι ένας τύπος όρασης του υπολογιστή που χρησιμοποιεί κάμερες για να αναγνωρίζει εικόνες, αντικείμενα και περιβάλλοντα πραγματικού κόσμου και να υπερθέτει εικονικές πληροφορίες και δεδομένα στην πραγματικότητα σε πραγματικό χρόνο. Η Metaio είναι παγκόσμιος ηγέτης στην έρευνα και την τεχνολογία της επαυξημένης πραγματικότητας, προσφέρει μια πλήρη γκάμα υπηρεσιών για οργανισμούς που επιθυμούν να ενσωματώσουν την επαυξημένη πραγματικότητα στις διαδικασίες τους, για

παράδειγμα, τοποθετώντας τα μοντέλα CAD σε εικόνες των εργοστασιακών δαπέδων ή των γραμμών παραγωγής.

Η Metaio Engineer είναι ένα ισχυρό εργαλείο επαυξημένης πραγματικότητας που εφαρμόζεται στη βιομηχανία και χρησιμεύει για την απεικόνιση των μελλοντικών εγκαταστάσεων μέσα σε ένα τρέχον περιβάλλον παραγωγής και στη μέτρηση της απόκλισης ανάμεσα σε ένα μοντέλο CAD και το πραγματικό μοντέλο. Η εισαγωγή μοντέλων CAD είναι συνήθως επιρρεπής σε σφάλματα, το Metaio Engineer ενισχύει και επιταχύνει τη διαδικασία επαλήθευσης των δεδομένων CAD έτσι ώστε να ελαχιστοποιηθεί αυτός ο κίνδυνος.

Η Metaio Engineer επιτρέπει οπτικές συγκρίσεις. Με βάση τα δεδομένα, η ποιότητα των μοντέλων CAD μπορεί να προσδιοριστεί αμέσως. Όταν χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με τους δείκτες θέσης, το Metaio Engineer υποστηρίζει την ανάλυση των αποκλίσεων στις θέσεις εξοπλισμού με μια λειτουργία μέτρησης για να προσδιορίσει τη διαφορά μεταξύ πραγματικού και εικονικού εξοπλισμού και να μεταφέρει αυτές τις πληροφορίες στο λογισμικό CAD που χρησιμοποιείται.



Εικόνα 60 Metaio Engineer

Πρόβλημα 4: Ελαττώματα, διακοπές, απόρριψη και περίοδοι αναμονής είναι ανεπάρκειες που επηρεάζουν κάθε εταιρεία που ασχολείται με την κατασκευή.

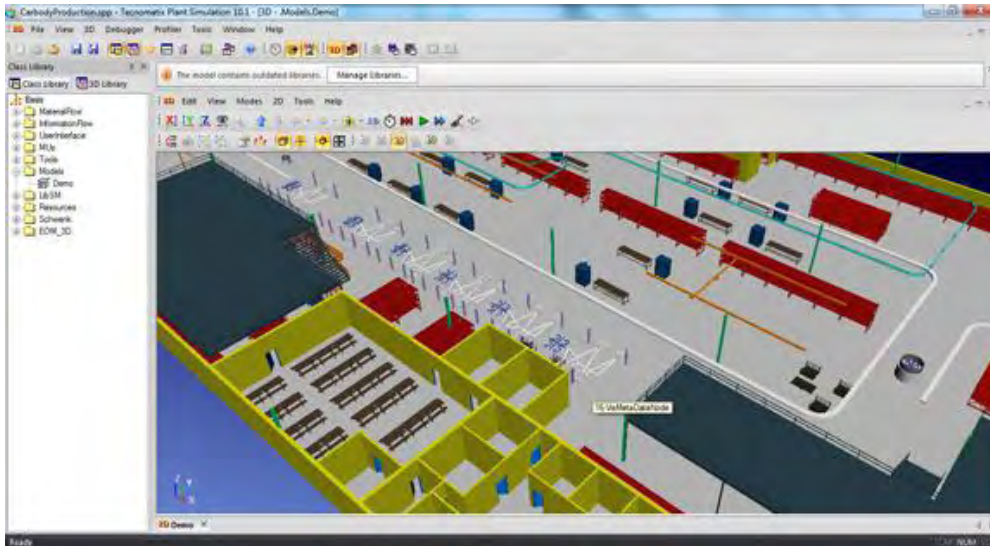
Καινοτόμος λύση 4: Το εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρονικών ειδών της Siemens στο Amsberg της Γερμανίας, αποτελεί παράδειγμα του εργοστασίου του μέλλοντος, όπου οι έξυπνες μηχανές συνεργάζονται μεταξύ τους και χωρίς ελαττώματα, διακοπές, σπατάλες και περιόδους αναμονής. Για την επιτυχή και αποτελεσματική εγκατάσταση των συστημάτων παραγωγής με χαμηλό κόστος, οι μηχανικοί στο εργοστάσιο της Amsberg προγραμματίζουν τη διαδικασία παραγωγής ψηφιακά από

την αρχή μέχρι το τέλος με τη λύση Tecnomatix, μια λύση διαχείρισης του κύκλου ζωής προϊόντος (Life Cycle Management) από το λογισμικό της Siemens PLM [77].

Αυτό επιτρέπει στους μηχανικούς να επεξεργαστούν διαφορετικές εκδόσεις παραγωγής και να συγκρίνουν το κόστος, τη διεκπεραίωση και άλλες λεπτομέρειες, ακόμα και στη φάση σχεδιασμού του προϊόντος. Το λογισμικό υποστηρίζεται από την Teamcenter, μια ενοποιημένη βάση δεδομένων από τη Siemens PLM Software η οποία διαχειρίζεται όλο τον κύκλο ζωής του προϊόντος ψηφιακά και συγκεντρώνει όλες τις πληροφορίες σχετικά με το προϊόν από το σχεδιασμό, την ανάπτυξη και την παραγωγή, τις πωλήσεις και τη συντήρηση.

Η ολοκληρωμένη ενσωμάτωση των δεδομένων που επιτυγχάνονται με το λογισμικό Teamcenter προσφέρει τεράστια οφέλη, καθώς ο χρόνος που απαιτείται για την ανάπτυξη ενός προϊόντος μπορεί να μειωθεί σημαντικά, γεγονός που όχι μόνο οδηγεί σε ανταγωνιστικό πλεονέκτημα, αλλά μειώνει επίσης το κόστος και το ποσό της ενέργειας και των πόρων που χρειάζονται. Το λογισμικό μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό των πιθανών επιπτώσεων του προϊόντος στο περιβάλλον.

Η Siemens είναι μια από τις πρώτες εταιρείες που υιοθέτησε το μοντέλο του έξυπνου εργοστασίου, και εισήγαγε τη ρομποτική στις εγκαταστάσεις της για να καταστήσει πιο αποτελεσματικές τις γραμμές παραγωγής. Η εταιρεία έχει επενδύσει πρόσφατα σε εξαιρετικά ευέλικτες εγκαταστάσεις, κατευθυνόμενες από λογισμικό, συνδεδεμένες μέσω αισθητήρων και διαδικτύου και αξιοποιώντας πλήρως την ανάλυση δεδομένων [78].



Εικόνα 61 Παράδειγμα των λύσεων της Siemens για τη διαχείριση του κύκλου ζωής προϊόντων

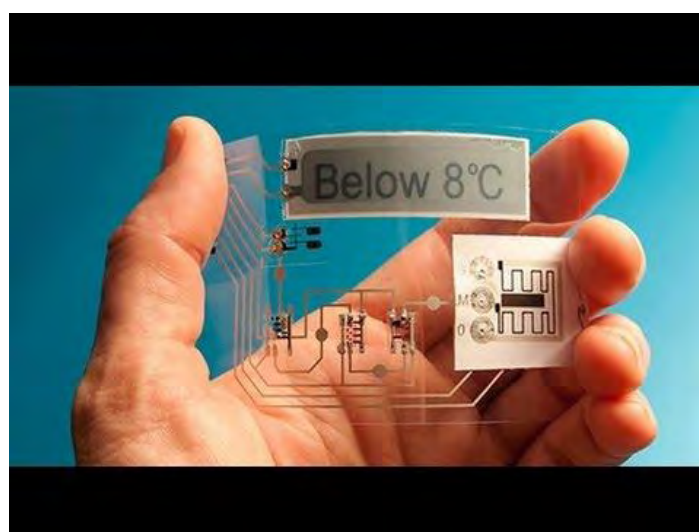
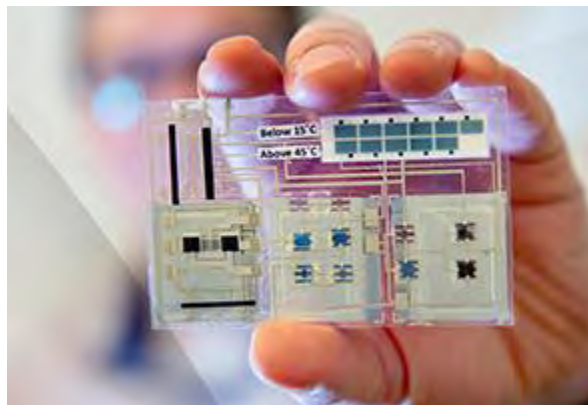
Πρόβλημα 5: Ενώ τα μηχανήματα μπορεί να είναι πιο εύκολο να ψηφιοποιηθούν και να επικοινωνούν με το δίκτυο, τα φυσικά προϊόντα από την παραγωγή που καταλήγουν στα χέρια του καταναλωτή είναι πολύ πιο δύσκολο να ψηφιοποιηθούν.

Καινοτομική λύση 5: Η Thinfilm είναι η πρώτη εταιρεία που εμπορεύεται τυπωμένη επανεγγράψιμη μνήμη και δημιουργεί προϊόντα που περιλαμβάνουν μνήμη, ανίχνευση και δυνατότητα ασύρματης επικοινωνίας. Το Thinfilm προσφέρει πολλά προϊόντα που αξιοποιούν την τυπωμένη ηλεκτρονική τεχνολογία, όπως NFC SpeedTap (tm), NFC OpenSense (tm), ετικέτες EAS (ηλεκτρονική παρακολούθηση αντικειμένων) και έξυπνες ετικέτες αισθητήρα θερμοκρασίας. Αυτά τα ολοκληρωμένα συστήματα θα επιτρέψουν τη χρήση ηλεκτρονικών πληροφοριών σε εφαρμογές όπου ποτέ πριν δεν ήταν προσιτές όπως για παράδειγμα, σε αναλώσιμα αγαθά.

Η Thinfilm ανακοίνωσε συνεργασία με την EVRYTHING (Evrythng.com), μια εταιρεία λογισμικού που μετατρέπει τα φυσικά προϊόντα σε «έξυπνα» συνδέοντάς τα με μοναδικές ψηφιακές ταυτότητες στο διαδίκτυο. Με τη συνδυασμένη τεχνογνωσία που καλύπτουν τα έντυπα ηλεκτρονικά και το λογισμικό που βασίζεται σε σύννεφο, η Thinfilm και η Evrythng μπορούν να συνδυάσουν προϊόντα με ψηφιακό προφίλ σε

καθημερινά αντικείμενα. Οι χρήστες θα μπορούν να συνδεθούν απευθείας με την ψηφιακή ταυτότητα του προϊόντος για διαδραστικότητα και λειτουργικότητα.

Η πλατφόρμα SaaS που βασίζεται στο cloud της Enrythng θα ενισχυθεί για να υποστηρίξει τις έξυπνες ετικέτες Thinfilm NFC, οι οποίες επικοινωνούν τόσο με μοναδικά αναγνωριστικά όσο και με πληροφορίες αισθητήρων σε πραγματικό χρόνο. Αυτό μπορεί να επιτρέψει μια ευρεία ποικιλία εφαρμογών, συμπεριλαμβανομένης της πανταχού παρούσας παρακολούθησης χαμηλού κόστους παρακολούθησης και παρακολούθησης για ιατρικά προϊόντα ευαίσθητα στη θερμοκρασία όπως τα φαρμακευτικά προϊόντα και τα εμβόλια, καθώς και τρόφιμα όπως το κρέας, τα θαλασσινά κ.α.



Εικόνα 62 Προϊόντα της ThinFilm

10. Συμπεράσματα

Το Smart Manufacturing ή Industry 4.0 περιγράφει τη σύγκλιση καινοτόμων τεχνολογιών, μεθόδων, υλικών και προϊόντων που θα αλλάξουν τις επιχειρήσεις και την παγκόσμια οικονομία. Φυσικά, αυτά τα οφέλη δεν θα έρθουν χωρίς κόστος. Στα κόστη αυτά συμπεριλαμβάνονται η ευπάθεια σε επιθέσεις στον κυβερνοχώρο, των δεδομένων και της προστασίας της πνευματικής ιδιοκτησίας και της αλυσίδας εφοδιασμού. Θα πρέπει να επανεξεταστεί η υποδομή της οργάνωσης και των εσωτερικών διαδικασιών για να αντιμετωπιστούν οι αυξημένες και ψηφιακές πληροφορίες κινδύνου.

Οι βιομηχανίες με την εισαγωγή των νέων τεχνολογιών στις εγκαταστάσεις τους και στην διαδικασία παραγωγής μπορούν να επιτύχουν νέα επίπεδα αποδοτικότητας και παραγωγικότητας, μείωση του κόστους και να ανακαλύψουν νέες ευκαιρίες εσόδων. Καθώς όμως οι μηχανές έχουν την δυνατότητα να επικοινωνούν μεταξύ τους και να αναλαμβάνουν περισσότερα καθήκοντα, η ψηφιακή ωριμότητα των βιομηχανιών γίνεται ολοένα και πιο κρίσιμη. Οι βιομηχανίες πρέπει να ψηφιοποιούν διαδικασίες από τον σχεδιασμό και τον προγραμματισμό έως την παραγωγή και να χρησιμοποιούν βασικές τεχνολογίες, από το Internet of Things και την τεχνητή νοημοσύνη μέχρι τις αναλύσεις δεδομένων.

Οι βιομηχανίες που υπερέχουν σε αυτούς τους τομείς επιτυγχάνουν καλύτερα αποτελέσματα λόγω των έξυπνων εργοστασίων τους και είναι σε θέση να αντιμετωπίσουν τις βασικές προκλήσεις που ενδέχεται να προκύψουν. Η έρευνά του ινστιτούτου Cargemini που παρουσιάστηκε παραπάνω, διαπίστωσε ότι υπάρχει ήδη μια ηγετική ομάδα παραγωγών που υπερέχουν σε αυτούς τους τομείς και τα αποτελέσματα της υιοθέτησης του έξυπνου εργοστασίου κάθε άλλο παρά αρνητικά είναι. Αυξημένα έσοδα, μείωση κόστους, μικρότερο περιβαλλοντικό αποτύπωμα, αποφυγή ατυχημάτων είναι μόνο λίγα από τα οφέλη του έξυπνου εργοστασίου.

Αναφορές

[1] S. Madakam, R. Ramaswamy and S. Tripathi, “Internet of Things (IoT): A Literature Review”, Journal of Computer and Communications, vol. 3, pp 164-173, 2015.

[2] M. Rouse, “Internet of Things (IoT)”, Available: <https://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/Internet-of-Things-IoT> [Accessed: 07- March - 2018].

[3] M. Burgers, “What is the Internet of Things?”, Available: <http://www.wired.co.uk/article/internet-of-things-what-is-explained-iot> [Accessed: 07- March - 2018].

[4] V. Beal, “The Difference between the Internet and World Wide Web”, Available: https://www.webopedia.com/DidYouKnow/Internet/Web_vs_Internet.asp [Accessed: 07- March- 2018].

[5] El.wikipedia.org, «Διαδίκτυο των πραγμάτων», Available: https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%94%CE%B9%CE%B1%CE%B4%CE%AF%CE%BA%CF%84%CF%85%CE%BF_%CF%84%CF%89%CE%BD_%CF%80%CF%81%CE%B1%CE%B3%CE%BC%CE%AC%CF%84%CF%89%CE%BD [Accessed: 07- March -2018].

[6] J. Clark, “What is the Internet of Things”, Available: <https://www.ibm.com/blogs/internet-of-things/what-is-the-iot/> [Accessed: 08- March- 2018].

[7] D. Lake, A. Rayes, and M. Morrow, “The Internet of Things - The Internet Protocol Journal”, Cisco, V.15, No. 3, Available: <https://www.cisco.com/c/en/us/about/press/internet-protocol-journal/back-issues/table-contents-57/153-internet.html> [Accessed: 08- March- 2018].

[8] INTEL, “The Internet of Things (IoT) starts with INTEL inside”, INTEL, Available: <https://www.intel.com/content/www/us/en/internet-of-things/overview.html> , [Accessed: 25- May- 2018].

[9] H. Tschofenig, “RFC 7452 - Architectural Considerations in Smart Object Networking”, IAB, ARM Ltd, 2015.

[10] D. Uckelmann, M. Harrison and F. Michahelles, “An Architectural Approach Towards the Future Internet of Things”, Springer, 2011.

[11] ITU-T, “SERIES Y: GLOBAL INFORMATION INFRASTRUCTURE, INTERNET PROTOCOL ASPECTS AND NEXT-GENERATION NETWORKS, Overview of the Internet of things”, 2012.

- [12] Γ. Λυμπερόπουλος, «Ιστορική Αναδρομή στην Εξέλιξη της Διοίκησης Παραγωγής», Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, 2006.
- [13] Σ. Χ. Φουσέκη, “Από τη βιομηχανική πόλη στην αποβιομηχανοποίηση, ελληνικές και ευρωπαϊκές βιομηχανοπόλεις, δημιουργία σύγχρονου μοντέλου βιομηχανικής πόλης”, Διπλωματική Εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, 2014.
- [14] J. Mokyr, “The Lever of Riches”, Oxford University Press, 1990.
- [15] “Manufacturing, The Third industrial revolution”, The Economist, 2012.
Available: <https://www.economist.com/node/21553017>, [Accessed: 20- March- 2018].
- [16] A. Hirschi, “The fourth Industrial Revolution: Issues and Implications for Career Research and Practice”, Career Development Quarterly, 2017.
- [17] M. Schafer, “The fourth industrial revolution: How the EU can lead it”, Sage Journals, Vol 17, (1), pp. 5-12, 2018. <https://doi.org/10.1177/1781685818762890>.
- [18] Γ. Μεγας, «Industry 4.0 – Η Τέταρτη Βιομηχανική Επανάσταση!» Available: <http://www.epixeiro.gr/article/48191>, [Accessed: 22- March- 2018].
- [19] F. Almanda-Lobo, “The Industry 4.0 revolution and the future of Manufacturing Execution Systems (MES)”, Journal of Innovation Management, vol. 3, pp. 16-21, 2015.
- [20] S. Wang, J. Wan, D. Li and C. Zhang, “Implementing Smart Factory of Industrie 4.0: An Outlook”, International Journal of Distributed Sensor Networks, pp. 1-10, 2016.
- [21] J. Possada, C. Toro, I. Barandiaran and D. Oyarzun, “Visual Computing as a Key Enabling Technology for Industrie 4.0 and Industrial Internet”, IEEE Computer Society, pp.26-40, 2015.
- [22] Γ. Παλαιολόγος, «Το ψηφιακό θαύμα της Εσθονίας: Πώς η πάμφτωχη πρώην Σοβιετική Δημοκρατία έγινε πρωτοπόρος της Ε.Ε.», Εφημερίδα Η καθημερινή, Available: <http://www.kathimerini.gr/964810/article/epikairothta/ellada/to-yhfiako-8ayma-ths-es8onias-pws-h-pamftwxh-prwhn-sovietikh-dhmokratia-egine-prwtoporos-ths-ee>, [Accessed: 25- May- 2018].
- [23] M. Hermann, T. Pentek and B. Otto, “Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios”, IEEE Computer Society, pp. 3928-3937, 2016.
- [24] F. Shrouf, J. Odieres and G. Miragliotta, “Smart Factories in Industry 4.0: A Review of the Concept and of Energy Management Approached in Production Based on the Internet of Things Paradigm”, IEEE, pp 697-701, 2014.

[25] “Industrial Internet of Things: Unleashing the Potential of Connected Products and Services”, World Economic Forum. Available:

<https://www.weforum.org/press/2015/01/industrial-internet-of-things-unleashing-the-potential-of-connected-products-and-services/> [Accessed: 15- April- 2018].

[26] GE Digital, “Everything You Need to Know About the Industrial Internet of Things”, General Electric, Available at <https://www.ge.com/digital/blog/everything-you-need-know-about-industrial-internet-things>, [Accessed: 15- April- 2018]

[27] El.wikipedia.org, “RFID”, [online] Available: <https://el.wikipedia.org/wiki/RFID>, [Accessed: 16- April- 2018]

[28] M. Rouse, “IoT analytics guide: Understanding Internet of Things data”, Available: <https://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/machine-to-machine-M2M>, [Accessed: 20- April- 2018]

[29] A. Gilchrist, “Industry 4.0, The Industrial Internet of Things”, Apress, 2016.

[30] Iiconsortium.org, «Industrial Internet Consortium», Available: <http://www.iiconsortium.org/> [Accessed: 21-May-2018]

[31] El.wikipedia.org, «Σύστημα ενδοεπιχειρησιακού σχεδιασμού», Available: https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A3%CF%8D%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BC%CE%B1_%CE%B5%CE%BD%CE%B4%CE%BF%CE%B5%CF%80%CE%B9%CF%87%CE%B5%CE%B9%CF%81%CE%B7%CF%83%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%BF%CF%8D_%CF%83%CF%87%CE%B5%CE%B4%CE%B9%CE%B1%CF%83%CE%BC%CE%BF%CF%8D [Accessed 29- April-2018].

[32] El.wikipedia.org, «Συστήματα Διαχείρισης Πελατειακών Σχέσεων», Available: https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A3%CF%85%CF%83%CF%84%CE%AE%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1_%CE%94%CE%B9%CE%B1%CF%87%CE%B5%CE%AF%CF%81%CE%B9%CF%83%CE%B7%CF%82_%CE%A0%CE%B5%CE%BB%CE%B1%CF%84%CE%B5%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CF%8E%CE%BD_%CE%A3%CF%87%CE%AD%CF%83%CE%B5%CF%89%CE%BD, [Accessed 29-April-2018].

[33] N. Williams, J. M. Lee and D. S. Kim, “Energy-aware Data Center for Industrial Internet of Things (IIoT)”. Available:

https://www.researchgate.net/publication/322831246_Energy-aware_Data_Center_for_Industrial_Internet_of_Things_IIoT, [Accessed: 8- April- 2018]

[34] G. Writer, “IoT Application in Agriculture”, Available:

<https://www.iotforall.com/iot-applications-in-agriculture/>, [Accessed 29-April-2018].

- [35] B. Buntz, "The top 20 Industrial IoT applications", Available: <https://www.ioti.com/industrial-iot-iiot/top-20-industrial-iot-applications>, [Accessed 29-May-2018].
- [36] GE Digital, Minds + Machines: Meet A Digital Twin. 2016.
- [37] IBM Watson Internet of Things, Introduction to Digital Twin: Simple, but detailed. 2017.
- [38] PTC, Shaping the Future of the IoT. 2015.
- [39] A. Gąsiorek, "Digital Twin for MRO operations", LinkedIn Pulse, 2015. [Online]. Available: <https://www.linkedin.com/pulse/digital-twin-mro-operations-adam-g%C4%85siorek>. [Accessed: 25- May- 2018].
- [40] B. Marr, "What Is Digital Twin Technology - And Why Is It So Important?", Forbes.com, 2017. [Online]. Available: <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2017/03/06/what-is-digital-twin-technology-and-why-is-it-so-important/#609bd8212e2a>. [Accessed: 25- May- 2018].
- [41] Transition Technologies, Digital Twin for SLM. 2015.
- [42] M. Bacidore, "Digital twin to enable asset optimization", Smart Industry, 2015. [Online]. Available: <https://www.smartindustry.com/articles/2015/digital-twin-to-enable-asset-optimization/>. [Accessed: 25- May- 2018].
- [43] D. Bolton, "What Are Digital Twins And Why Will They Be Integral To The Internet Of Things?", Applause Blog, 2016. [Online]. Available: <https://www.applause.com/blog/digital-twins-iiot-faq/>. [Accessed: 25- May- 2018].
- [44] A. Parrott and L. Warshaw, "Industry 4.0 and the digital twin: Manufacturing meets its match ", Deloitte Insights, 2017. [Online]. Available: <https://www2.deloitte.com/insights/us/en/focus/industry-4-0/digital-twin-technology-smart-factory.html>. [Accessed: 25- May- 2018].
- [45] "About Actuators", www.thomasnet.com. [Online]. Available: <https://www.thomasnet.com/about/actuators-301168.html>. [Accessed: 25- May- 2018].
- [46] S. Kalpakjian and S. Schmid, Manufacturing engineering and technology, 5th ed. Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall, 2006, p. 1192.

- [47] P. Feuilherade, "Connecting machines, IoT and the Cloud", IEC e-tech, 2015. [Online]. Available: <https://iecetech.org/index.php/issue/2015-04/Connecting-machines-IoT-and-the-Cloud>. [Accessed: 25- May- 2018].
- [48] El.wikipedia.org, «Διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας», Available: https://el.wikipedia.org/wiki/Διαχείριση_εφοδιαστικής_αλυσίδας. [Accessed: 25- May- 2018].
- [49] A. Radziwon, A. Bilberg, M. Bogers and E. Madsen, "The Smart Factory: Exploring Adaptive and Flexible Manufacturing Solutions", Procedia Engineering, vol. 69, pp. 1184-1190, 2014.
- [50] Germany Trade and Invest, "GTAI - SMART FACTORY", Gtai.de. [Online]. Available: <https://www.gtai.de/GTAI/Navigation/EN/Invest/Industries/Industrie-4-0/Industrie-4-0/industrie-4-0-what-is-it.html#1798436>. [Accessed: 25- May- 2018].
- [51] G. Ramasubramanian, "Machine Learning Is Revolutionizing Every Industry", Observer, 2016. [Online]. Available: <http://observer.com/2016/11/machine-learning-is-revolutionizing-every-industry/>. [Accessed: 25- May- 2018].
- [52] R. Hadar and A. Bilberg, "Glocalized Manufacturing – Local Supply Chains on a Global Scale and Changeable Technologies", in FAIM, Helsinki, 2012.
- [53] B. Sniderman, M. Mahto and M. Cotteleer, "Industry 4.0 and manufacturing ecosystems: Exploring the world of connected enterprises", Deloitte Insights, 2016. [Online]. Available: <https://www2.deloitte.com/insights/us/en/focus/industry-4-0/manufacturing-ecosystems-exploring-world-connected-enterprises.html>. [Accessed: 25- May- 2018].
- [54] C. Coleman, S. Damodaran, M. Chandramouli and E. Deuel, "Making maintenance smarter: Predictive maintenance and the digital supply network", Deloitte Insights, 2017. [Online]. Available: <https://www2.deloitte.com/insights/us/en/focus/industry-4-0/using-predictive-technologies-for-asset-maintenance.html>. [Accessed: 25- May- 2018].
- [55] J. Park, Y. Pan, G. Yi and V. Loia, "Advances in Computer Science and Ubiquitous Computing", Lecture Notes in Electrical Engineering, vol. 421, 2016.
- [56] Yoon Sung-won, "Samsung expediting smart factory for home appliances", The Korea Times, 2017. [Online]. Available:

https://www.koreatimes.co.kr/www/tech/2017/04/133_227896.html. [Accessed: 25- May- 2018].

[57] "Predictive maintenance and the smart factory", deloitte.com. [Online].

Available:

<https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/process-and-operations/us-cons-predictive-maintenance.pdf>. [Accessed: 25- May- 2018].

[58] R. Howells, "Are You Ready For The Internet Of Everything?", Forbes.com, 2014.

[Online]. Available: <https://www.forbes.com/sites/sap/2014/07/09/are-you-ready-for-the-internet-of-everything/>. [Accessed: 25- May- 2018].

[59] J. Manyika, M. Chui, B. Brown, J. Bughin, R. Dobbs, C. Roxburgh and A. Byers, "Big data: The next frontier for innovation, competition, and productivity", 2011.

[60] Factory of the future. International Electrotechnical Commission, 2015.

[61] "The Smart Factory of the Future – Part 2", Belden.com, 2015. [Online].

Available: <https://www.belden.com/blog/industrial-ethernet/the-smart-factory-of-the-future-part-2>. [Accessed: 25- May- 2018].

[62] "Adidas's high-tech factory brings production back to Germany", The Economist, January 2017.

[63] "Robots Rule at Swiss Factories as Strong Franc and Wages Bite", Bloomberg, February 2017.

[64] "Production Soared After This Factory Replaced 90% of Its Employees With Robots", Futurism, February 2017.

[65] "Industrial manufacturing includes electronic & electrical equipments, diversified industrials, industrial engineering, oil & gas refining, and PLC & hi-tech manufacturing".

[66] GE, "Reducing Unplanned Downtime at Grove City", June 2016, GE Brilliant Factory webpage.

[67] C. Bartodziej, The Concept Industry 4.0: An Empirical Analysis of Technologies and Applications in Production Logistics. Springer Fachmedien Wiesbaden Gabler, 2017.

[68] "Technology Ideas | JTEG", Jteg.ncms.org, 2018. [Online]. Available:

<http://jteg.ncms.org/tech-corner/technology-ideas/>. [Accessed: 01- Jul- 2018].

- [69] "3D printing and the new shape of industrial manufacturing", pwc.com, 2014. [Online]. Available: <https://www.pwc.com/us/en/industrial-products/publications/assets/pwc-3d-printing-new-shape-industrial-manufacturing.pdf>. [Accessed: 01- Jul- 2018].
- [70] "TRENDS IN DIGITAL TRANSFORMATION: A SURVEY OF TECHNOLOGY AND BUSINESS STAKEHOLDERS IN MANUFACTURING COMPANIES JANUARY 2018", Jabil, 2018. [Online]. Available: https://cdn2.hubspot.net/hubfs/362383/Jabil%202018%20Digital%20Transformation%20Report.pdf?t=1519017686566&utm_campaign=Acquire%20New%20Aim%20Higher%20Subscribers&utm_source=hs_automation&utm_medium=email&utm_content=60492310&_hsenc=p2ANqtz-_X0sqHclRVAVau1_fuSyOEK-2otV0kcOGyTtNXwzP07HCDi-BzYsFz41tcl1C1imw5F71BNFbpEEKCXXRty72ZvSDgSRM9QPXezgfchIKFiRSVClk&_hsmi=60492310. [Accessed: 01- Jul- 2018].
- [71] "Smart Factories: How can manufacturers realize the potential of digital industrial revolution", Capgemini Digital Transformation Institute. [Online]. Available: https://www.capgemini.com/wp-content/uploads/2017/05/dti-smart-factories-full-report-rebranded-web-version_16032018.pdf. [Accessed: 01- Jul- 2018].
- [72] U. Kreuzer, "The End of Defects", Siemens.com, 2014. [Online]. Available: <https://www.siemens.com/innovation/en/home/pictures-of-the-future/industry-and-automation/digital-factories-defects-a-vanishing-species.html>. [Accessed: 01- Jul- 2018].
- [73] "SIEMENS AND ITIZZIMO AT AWE EUROPE 2017", iTiZZiMO, 2017. [Online]. Available: <https://www.itizzimo.com/en/siemens-and-itizzimo-at-awe-europe-2017/>. [Accessed: 01- Jul- 2018]. [74] <https://mutualmobile.com/work/agco-agcommand>
- [75] B. Gill, "Mercedes Moves to Smart Manufacturing", Industrial IoT/Industrie 4.0 Viewpoints, 2017. [Online]. Available: <https://industrial-iot.com/2017/03/mercedes-moves-towards-industrie-4-0/>. [Accessed: 01- Jul- 2018].
- [76] R. Riemenschneider, "LEIT – Factories of the Future", DG Connect, 2014.

[77] "Pictures of the Future - Race to the Real World", Siemens.com, 2011. [Online]. Available: <https://www.siemens.com/content/dam/internet/siemens-com/innovation/pictures-of-the-future/pof-archive/pof-fall-2011.pdf>. [Accessed: 01-Jul- 2018].

[78] C. Bryant, "Europe's manufacturers experiment with the 'smart factory'", Financial Times, 2014. [Online]. Available: <https://www.ft.com/content/5a964d42-bbde-11e3-84f1-00144feabdc0>. [Accessed: 01- Jul- 2018].