



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**" Η συνδρομή του Internet of Things στην
βιομηχανία 4.0"**

**"The subscription of Internet of Things in industry
4.0"**

ΦΟΙΤΗΤΗΣ:

ΜΙΧΑΛΟΠΟΥΛΟΣ ΓΕΩΡΓΟΣ (1976)

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΠΑΡΑΣΚΕΥΑΣ ΜΙΧΑΛΗΣ

ΠΑΤΡΑ 2022

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	3
ABSTRACT.....	4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΤΟ INTERNET OF THINGS.....	5
1.1 Εισαγωγή.....	5
1.2 Ορισμός του Internet of Things.....	5
1.3 Ιστορική αναδρομή.....	6
1.4 Μοντέλα επικοινωνίας.....	10
1.5 Σύνοψη των μοντέλων.....	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΣΥΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΤΟΥ ΙοΤ.....	16
2.1 Αρχιτεκτονική του ΙοΤ.....	16
2.2 Το μοντέλο ARM.....	19
2.3 Τεχνολογίες.....	23
2.4 Ασφάλεια.....	30
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Η ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ 4.0.....	36
3.1 Εισαγωγή.....	36
3.2 Ορισμός.....	36
3.3 Βασικά χαρακτηριστικά & θεμελιώδεις αρχές.....	39
3.4 Τεχνολογικές τάσεις στην βιομηχανική παραγωγή 4.0.....	45
3.5 Η βιομηχανία 4.0 στην παραγωγή και η χρήση των ΙοΤ.....	49
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΤΟ ΈΞΥΠΝΟ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ.....	53
4.1 Ορισμός του έξυπνου εργοστασίου.....	53
4.2 Χαρακτηριστικά του έξυπνου εργοστασίου.....	55
4.3 Τεχνολογίες ενεργοποίησης έξυπνων εργοστασίων.....	58
4.4 Smart Factory LAN.....	69
4.5 Θετικές επιπτώσεις του έξυπνου εργοστασίου στη παραγωγή.....	72
4.6 Μετατροπή ενός εργοστασίου σε έξυπνο.....	74
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	79
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	80

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η κοινωνία σήμερα 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 (IoT) έρχεται να διαχειριστεί τη ροή δεδομένων και να εξάγει πληροφορίες, να πάρει αποφάσεις κι εν τέλει να απλουστεύσει τις διαδικασίες.

Στην πτυχιακή αυτή εργασία γίνεται μια μελέτη του IoT και εξετάζεται η εφαρμογή του στην βιομηχανία 4.0.

Αρχικά αναλύεται το Διαδίκτυο των Πραγμάτων και μετά από μια ιστορική αναδρομή της εξέλιξης της βιομηχανίας, περιγράφεται η Βιομηχανία 4.0 όπου και αναφέρονται διάφορα παραδείγματα εφαρμογής της. Επιπλέον, παρουσιάζονται και τα «Έξυπνα» εργοστάσια που είναι απόρροια του συνδυασμού των προηγούμενων. Τέλος, αναδεικνύονται οι προοπτικές των συγκεκριμένων τεχνολογικών διαδικασιών.

ABSTRACT

Society today is overwhelmed by technological achievements that try to make people's daily lives easier. Any technological object is a source of data, which until now has been untapped. The Internet of Things (IoT) is coming to manage data flow and extract information, make decisions and ultimately simplify processes.

In this thesis, a study of IoT is made and its application in industry 4.0 is examined.

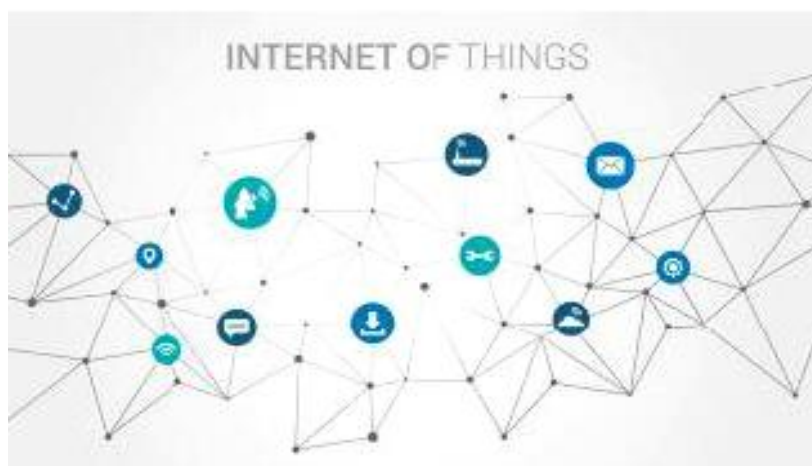
First, the Internet of Things is analyzed and after a historical review of the evolution of the industry, Industry 4.0 is described, where various examples of its application are mentioned. In addition, the "Smart" factories that are the result of the combination of the previous ones are also presented. Finally, the perspectives of the specific technological processes are highlighted.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΤΟ INTERNET OF THINGS

1.1 Εισαγωγή

Ο όρος Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT) χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά το 1999 από τον Kevin Ashton για να περιγράψει ένα σύστημα στο οποίο τα αντικείμενα του φυσικού κόσμου θα μπορούσαν να συνδεθούν με το Internet μέσω αισθητήρων χρησιμοποιώντας ταυτοποίηση με τεχνολογία ραδιοσυχνοτήτων RFID (Radio Frequency Identification).

Σήμερα ο όρος IoT χρησιμοποιείται για να περιγράψει ένα δίκτυο επικοινωνίας οικιακών συσκευών, αυτοκινήτων και διάφορων άλλων συσκευών που ενσωματώνουν ηλεκτρονικά μέσα ώστε να μπορούν να συνδεθούν με το δίκτυο, αλλά και μεταξύ τους, και να ανταλλάζουν δεδομένα.



Εικόνα 1.1: Internet of Things.

1.2 Ορισμός του Internet of Things

Το Internet of Things (IoT) ονομάζουμε ένα δίκτυο φυσικών αντικειμένων, συσκευών, οχημάτων, κτιρίων αλλά και άλλων αντικειμένων τα οποία περιέχουν ενσωματωμένα ηλεκτρονικά συστήματα, λογισμικά, αισθητήρες και διαδικτυακή δυνατότητα σύνδεσης, κάτι που επιτρέπει σε αυτά τα αντικείμενα να συλλέγουν και να ανταλλάσσουν δεδομένα.

Το IoT επιτρέπει στα αντικείμενα αυτά να ελέγχονται απομακρυσμένα μέσω μιας δικτυακής υποδομής δημιουργώντας ευκαιρίες αλληλεπίδρασης του φυσικού κόσμου με τα υπολογιστικά συστήματα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη βελτίωση της

αποτελεσματικότητας των συσκευών αυτών, της ακρίβειας αλλά και τη μείωση του κόστους.

Επιπλέον το IoT στηρίζεται σε τεχνολογία που συμπεριλαμβάνει αισθητήρες και ενεργοποιητές τα οποία αποτελούν μέρος των καθημερινών έξυπνων συστημάτων όπως τα έξυπνα σπίτια και τα έξυπνα οχήματα. Κάθε αντικείμενο αναγνωρίζεται ξεχωριστά από το ενσωματωμένο υπολογιστικό σύστημα και μπορεί να λειτουργεί τόσο αυτόνομα όσο και σε συνεργασία με την υπόλοιπη διαδικτυακή υποδομή.

1.3 Ιστορική αναδρομή

Η τεχνολογία αυτή αναπτύχθηκε βίαια στα πρόθυρα της νέας γενιάς του IoT, για να επιτρέψει την ασύγχρονη επικοινωνία αυτών των συσκευών, όμως το IoT άρχισε να υφίσταται σαν μια αόριστη σκέψη ήδη από το 1950.

- Οι μηχανικοί της IBM είχαν την ανάγκη να ορίσουν ταυτότητες σε κάθε αντικείμενο και μηχανήμα που χρησιμοποιούσαν στην επιχείρηση . Η διαρκής ενασχόληση και οι πειραματισμοί με γραμμικά σχήματα, οδήγησαν στην ανακάλυψη των barcodes. Νέοι πειραματισμοί από μηχανικούς και επιστήμονες ακολούθησαν σε επίπεδο hardware και κινητών φορητών συσκευών τις οποίες μπορείς να φοράς στον καρπό σου (wearables). Η πρώτη και αξιοσημείωτη συσκευή του Edward O. Thorp το 1955 ο οποίος κατασκεύασε ένα ρολόι το οποίο πρόβλεπε τους κύκλους που έκαναν οι ρουλέτες στα καζίνα του Las Vegas μέσα από περίπλοκούς αλγορίθμους.
- Το 1967 από τον Hubert Upton δημιουργήθηκε η πρώτη συσκευή σε σχήμα μωπικών γυαλιών η οποία βοηθούσε τα άτομα με ειδικές ανάγκες να διαβάζουν τα χείλια των ανθρώπων. Το 2011 η εταιρία Google χρησιμοποιώντας την ιδέα του Hubert επινόησε και δημιούργησε το project Google Glass.



Εικόνα 1.2: Smart Glasses.

- Τρία χρόνια μετά, το 1970, δημιουργήθηκε το δίκτυο ARPANET για την επικοινωνιακή ανταλλαγή δεδομένων ανάμεσα στις στρατιωτικές βάσεις των ΗΠΑ. Στάλθηκε το πρώτο μήνυμα απομακρυσμένων υπολογιστών αποτελώντας το πρώτο δίκτυο που σήμανε νέα εποχή δικτύωσης, και το ξεκίνημα της εποχής του Internet.
- Το 1982 ήταν η γενιά του Internet και του πρωτόκολλου TCP/IP, το οποίο έγινε πρότυπο. Με το πρωτόκολλο TCP/IP ξεκινά μια νέα εποχή, ενός παγκόσμιου ιστού με δίκτυα που ενώνονται μεταξύ τους, για να δημιουργηθεί το διαδίκτυο όπως το ξέρουμε σήμερα.
- Η τεχνολογία του RFID που θα χρησιμοποιηθεί κατά κόρων στην εποχή του Internet of Things, είναι η τεχνολογία που μας επιτρέπει την ασύρματη αλλά παθητική ανάγνωση και εγγραφή δεδομένων σε συσκευές. Η τεχνολογία αυτήν δημιουργήθηκε τον Ιανουάριο του 1973 από τον Mario Cardullo και όμως η ευρεία χρήση του RFID, κυρίως στον επιχειρησιακό κλάδο ξεκίνησε το 2013 με την πολυεθνική Inditex, να χρησιμοποιεί την τεχνολογία μαζικά σε όλα τα καταστήματα της, και εν συνεχεία με άλλες επιχειρήσεις να ασπάζονται το όραμα του Internet of Things.
- Μια δεκαετία μετά, αναπτύχθηκε η σκέψη επικοινωνίας «Machine to Machine» από φοιτητές του Πανεπιστημίου Carnegie Mellon της Pennsylvania. Εγκατέστησαν μηχανισμούς για την παρακολούθηση θερμοκρασίας από τερματικούς υπολογιστές, στα μηχανήματα αυτόματων πολιτών που υπήρχαν στο Πανεπιστήμιο.
- Το 1995 η Siemens ανακοίνωσε το πρώτο chip το οποίο μέσω δικτύου GSM επιτρέπει βιομηχανικά συστήματα να επικοινωνούν μεταξύ τους ασύρματα και

να εκτελούν εντολές, ενώ η IEEE ξεκίνησε το πρώτο διεθνές φόρουμ για τα wearable computers.

- Το 1999 το MIT δημιουργεί το πρώτο κέντρο ερευνών με σύγχρονα συστήματα για έρευνες και μέσα σε δυο χρόνια ο David Brock ανακοίνωσε την εξέλιξη των Barcodes σε ένα νέο σύστημα ποιο έξυπνων τρόπων ανάγνωσης πληροφοριών. Αυτός ο τρόπος θα επέτρεπε τις τεχνολογίες RFID, Bluetooth και άλλες ασύρματες τεχνολογίες να τροποποιήσουν, διαβάσουν και να γράψουν δεδομένα σε αντικείμενα, μέσω ενός RFID tag. Αυτό το νέο σύστημα ονομάστηκε EPC (Electronic Product Code). Ένα χρόνο μετά έγινε το πρώτο υπερσύγχρονο δίκτυο ανάπτυξης και standardizing του Internet of Things.
- Το 2000 ο υπάλληλος της IBM Andy Stanford και ο υπάλληλος Arlen Nipper της εταιρίας Eurotech δημιούργησαν το πρώτο πρωτόκολλο επικοινωνίας Machine to Machine, για συσκευές οι οποίες είναι διασυνδεδεμένες με τον ιστό. Το πρωτόκολλο ονομάστηκε από τους ίδιους MQ Telemetry Transport (MQTT), και ήταν ένα σημαντικό βήμα προς την ενίσχυση της ιδέας για το IoT.
- Το 2005 μέλη από το πρόγραμμα Interaction Design Institute Ivrea κατασκεύασαν την πλατφόρμα του Arduino, για μια φτηνή λύση μικροελεγκτή που προορίζονταν για τους φοιτητές.
- Το 2008 η ομάδα IPSO συντάχθηκε με σκοπό να διαδώσουν το πρωτόκολλο IP σε όλα τα μελλοντικά σχέδια και προτάσεις του Internet of Things. Πλέον η IPSO έχει πάνω από 50 εταιρικά μέλη για την διάδοση του πρωτοκόλλου προς το μέλλον.
- Δύο χρόνια μετά, η τεχνολογία του Bluetooth αναβαθμίζεται και έρχεται στην αγορά ένα νέο standard με ονομασία Smart Bluetooth ή αλλιώς Bluetooth Low Energy (BLE), επιτρέποντας νέες εφαρμογές και συνδεδεμένες συσκευές στους τομείς της υγείας, άθλησης, και home entertainment να ενταχθούν στον κόσμο του IoT.
- Το 2010 πληροφορίες που διέρρευσαν σχετικά με το ότι η υπηρεσία της Google, Street View φωτογραφούσε 360 μοιρών φωτογραφίες και αποτύπωνε γειτονιές και δρόμους σε ηλεκτρονική μορφή, αλλά επίσης είχε αποθηκευμένους τόνους δεδομένων των δικτύων WiFi των ανθρώπων σε αυτές τις περιοχές. Οι άνθρωποι συζητούσαν αυτή την πληροφορία σαν την αρχή μιας νέας στρατηγικής της

Google. Την ίδια χρονιά, η κινεζική κυβέρνηση ανακοίνωσε ότι θα κάνει το IoT να αποτελεί στρατηγική προτεραιότητα στο πενταετές σχέδιο τους.

- Ενώ το 2011, η Gartner, η εταιρεία έρευνας της αγοράς που εφηύρε την περίφημη «διαφημιστική εκστρατεία του κύκλου για τις αναδύμενες τεχνολογίες» περιλαμβάνεται ένα νέο στη λίστα της «Το Internet of Things».
- Το επόμενο έτος, το θέμα της μεγαλύτερης ευρωπαϊκής διαδικτυακής διάσκεψης LeWeb ήταν το «Internet of Things». Ταυτόχρονα δημοφιλή περιοδικά που εστιάζουν στην τεχνολογία όπως το Forbes, το Fast Company, και το Wired άρχισαν να χρησιμοποιούν το IoT στο λεξιλόγιό τους για να περιγράψουν το νέο αυτό φαινόμενο. Την ίδια χρονιά το πρωτόκολλο του IP 22 άλλαξε versioning και με την νέα έκτη έκδοση του υποστηρίζει περισσότερες συσκευές γρηγορότερες, αποδοτικότερες σε θέματα διασύνδεσης και με την υπόσχεση ότι μπορεί να υποστηρίξει των καλπάζοντας ρυθμό ζήτησης για διευθύνσεις έως το 2128.
- Τον Οκτώβριο του 2013, η IDC δημοσίευσε μια έκθεση που αναφέρει ότι το IoT θα στοίχιζε \$8.900 δισεκατομμύρια στην αγορά το 2020 και ο όρος Internet of Things έφτασε στη μαζική συνειδητοποίηση της αγοράς, όταν η Google ανακοίνωσε την αγορά της Nest για \$3,2 δις μια εταιρία που κατασκεύαζε συσκευές για το IoT καθώς την ίδια στιγμή το Consumer Electronics Show (CES) στο Λας Βέγκας πραγματοποιήθηκε υπό το θέμα του IoT.
- Το 2014 η Apple ανακοίνωσε το HealthKit & HomeKit, δυο πλατφόρμες ανάπτυξης υλοποιήσεων και την υποστήριξη της πλατφόρμας από τις νέες συσκευές, με σκοπό η ιδέα του έξυπνου σπιτιού & τρόπο ζωής να έρθει πιο κοντά στο σήμερα. Επίσης η τεχνολογία iBeacon έφερε νέα πρότυπα στην αγορά των καταστημάτων και της πώλησης.

Όπως φαίνεται από τις πιο πάνω ιστορικές αναδρομές, τα σημεία κλειδιά για την ανάπτυξη του Internet of Things ήταν η τεχνολογία του RFID και συναφείς τεχνολογίες διευθυνσιοδότησης -που αναπτύχθηκαν πρώτα στο κέντρο Auto ID Lab - καθώς και οι δυνατότητες του IPv6 θα επιτρέψουν κάθε αντικείμενο να έχει την δικιά του ξεχωριστή IP διεύθυνση, και αυτά τα αντικείμενα να «εισέλθουν» στο κόσμο του IoT.

1.4 Μοντέλα επικοινωνίας

Όπως αναφέρθηκε το IoT έχει ως βάση τη σύνδεση διάφορων μικρών συσκευών ή οχημάτων με ενσωματωμένους αισθητήρες και εξοπλισμό διασύνδεσης τόσο μεταξύ τους όσο και με το κατασκευαστή, για να λαμβάνουν και να μεταδίδουν σχετικά δεδομένα με στόχο να προσφέρουν περισσότερες υπηρεσίες.

Το IoT απεικονίζεται ως μια σειρά από νέα ανεξάρτητα ενσωματωμένα συστήματα διαστάσεων μικροτσιπ, 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 σύνδεσή τους.

Τα τρία κύρια μέρη ενός IoT είναι:

1. Οι συσκευές που συλλέγουν πληροφορίες οπουδήποτε και οποιαδήποτε στιγμή χρησιμοποιώντας RFID τεχνολογία, αισθητήρες και κώδικα.
2. Τα δίκτυα επικοινωνιών που συνδέουν τις συσκευές αυτές.
3. Τα υπολογιστικά συστήματα και οι εφαρμογές που επεξεργάζονται όσα δεδομένα ρέουν από και προς τις συσκευές αυτές.

Η συνδεσιμότητα των τριών αυτών μερών του IoT πραγματοποιείται με τέσσερις τρόπους δικτύωσης.

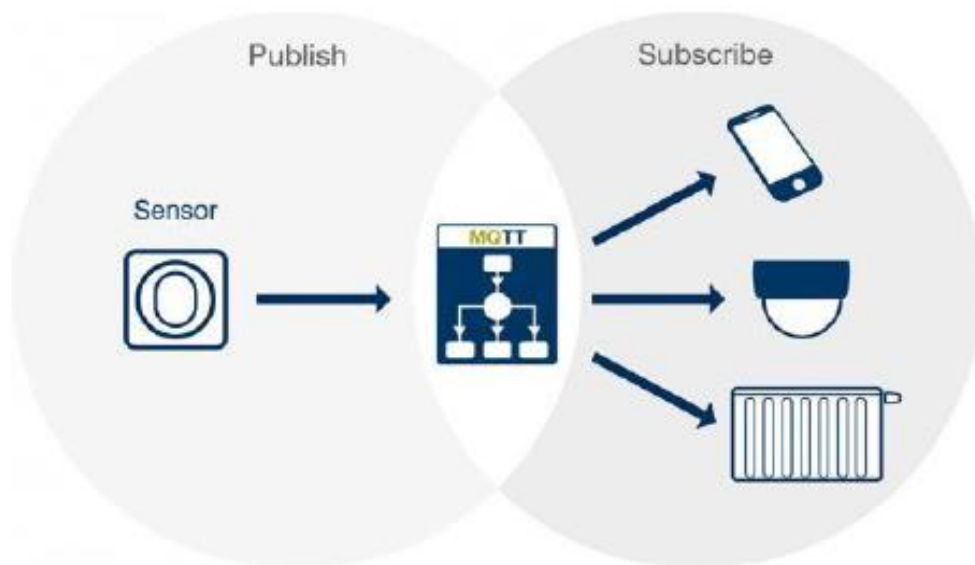
Μοντέλο Device-to-Device

Το μοντέλο επικοινωνίας device to device αντιπροσωπεύει δυο ή περισσότερες συσκευές που συνδέονται άμεσα και επικοινωνούν μεταξύ τους, και όχι μέσω ενδιάμεσου server εφαρμογών. Αυτές οι συσκευές επικοινωνούν μέσω πολλών τύπων δικτύων, συμπεριλαμβανομένων των δικτύων IP ή το Internet, χρησιμοποιώντας πρωτόκολλα όπως Bluetooth, Z-Wave ή ZigBee.

Τα μοντέλα αυτά, device-to-device δίνουν την δυνατότητα στις συσκευές που στηρίζονται σε ένα συγκεκριμένο πρωτόκολλο επικοινωνίας να επικοινωνούν και να ανταλλάσσουν μηνύματα μεταξύ τους. Το device-to-device χρησιμοποιείται ευρέως σε εφαρμογές όπως τα συστήματα οικιακού αυτοματισμού, που συνήθως χρησιμοποιούν μικρά πακέτα δεδομένων πληροφοριών για την επικοινωνία μεταξύ συσκευών και χαρακτηρίζονται από χαμηλό ρυθμό μετάδοσης δεδομένων.

Οικιακές IoT συσκευές όπως λαμπτήρες, διακόπτες φωτισμού, θερμοστάτες και κλειδαριές στις πόρτες συνήθως στέλνουν μικρές ποσότητες πληροφοριών μεταξύ τους.

Όμως αυτή η προσέγγιση του μοντέλου επικοινωνίας device-to-device απεικονίζει πολλές από τις προκλήσεις της διαλειτουργικότητας. Αυτές οι συσκευές έχουν συχνά άμεση σχέση μεταξύ τους και έχουν συνήθως ενσωματωμένη ασφάλεια, αλλά χρησιμοποιούν επίσης μοντέλα δεδομένων για συγκεκριμένες συσκευές που απαιτούν περαιτέρω προσπάθειες ανάπτυξης από τις κατασκευαστές τους. Αυτό σημαίνει ότι οι κατασκευαστές να πρέπει να επενδύσουν στην αναπτυξιακή προσπάθεια για την υλοποίηση συσκευών με συγκεκριμένες μορφές δεδομένων και όχι ανοιχτές προσεγγίσεις που επιτρέπουν τη χρήση τυποποιημένων μορφών δεδομένων. Από τη πλευρά του χρήστη, αυτό σημαίνει ότι τα πρωτόκολλα επικοινωνίας του μοντέλου device-to-device δεν είναι συμβατά, αναγκάζοντάς τον να επιλέξει μια οικογένεια συσκευών που χρησιμοποιούν ένα κοινό πρωτόκολλο. Για παράδειγμα, η οικογένεια των συσκευών που χρησιμοποιούν τα πρωτόκολλα Z-Wave δεν είναι συμβατή με την οικογένεια συσκευών που χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο ZigBee.



Εικόνα 1.3: Device-to-Device.

Μοντέλο Device-to-Cloud

Σε αυτό το μοντέλο, η IoT συσκευή συνδέεται απευθείας σε μια διαδικτυακή υπηρεσία cloud όπως ένας πάροχος υπηρεσιών εφαρμογής, ώστε να ανταλλάσσει δεδομένα και να διαχειρίζεται την κίνηση μηνυμάτων.

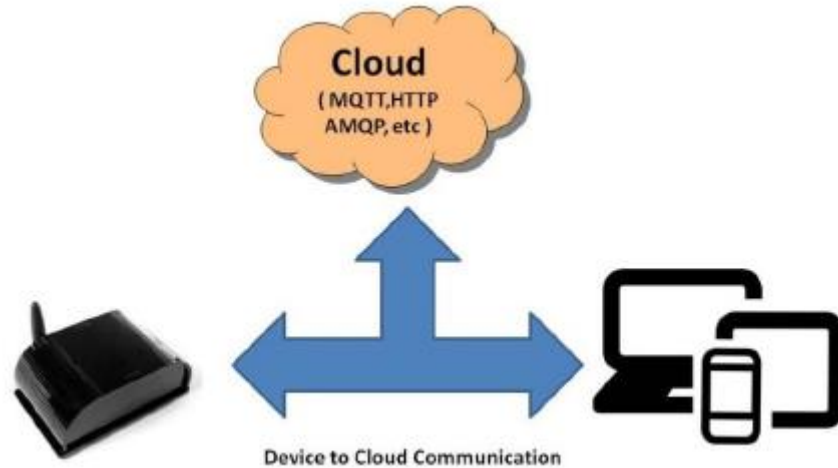
Αυτό το μοντέλο συχνά εκμεταλλεύεται υπάρχοντες μηχανισμούς επικοινωνίας όπως η παραδοσιακή ενσύρματη Ethernet ή Wi-Fi συνδέσεις για να εγκαταστήσει μια

σύνδεση μεταξύ της συσκευής και του δικτύου IP, το οποίο συνδέεται τελικά με υπηρεσία cloud.

Το επικοινωνιακό αυτό μοντέλο χρησιμοποιείται από κάποιες γνωστές καταναλωτικές IoT συσκευές όπως η SmartTV της Samsung και το Learning Thermostat της Nest Labs. Στην δεύτερη περίπτωση, η συσκευή μεταδίδει δεδομένα σε μια cloud βάση δεδομένων όπου τα δεδομένα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να αναλύσουν την κατανάλωση οικιακής ενέργειας. Επιπλέον αυτή η σύνδεση με το cloud δίνει τη δυνατότητα στον χρήστη να αποκτήσει εξ αποστάσεως πρόσβαση στον θερμοστάτη του μέσω ενός smartphone ή μέσου του ιστού και επίσης υποστηρίζει αναβαθμίσεις λογισμικού για τον θερμοστάτη.

Παρομοίως με την τεχνολογία SmartTV η τηλεόραση χρησιμοποιεί μια διαδικτυακή σύνδεση για να μεταδίδει πληροφορίες προβολών του χρήστη στη Samsung για ανάλυση και να ενεργοποιεί τις διαδραστικές λειτουργίες αναγνώρισης ομιλίας που διαθέτει η τηλεόραση. Σε αυτές τις περιπτώσεις το μοντέλο Device-to-Cloud προσθέτει αξία στον χρήστη επεκτείνοντας τις δυνατότητες της συσκευής πέρα από τα εγγενή της χαρακτηριστικά.

Παρόλα αυτά, προκλήσεις στη διαλειτουργικότητα μπορούν να προκληθούν όταν γίνεται προσπάθεια ενοποίησης συσκευών οι οποίες είναι φτιαγμένες από διαφορετικούς κατασκευαστές. Συχνά η συσκευή και η υπηρεσία cloud είναι από το ίδιο προμηθευτή. Αν χρησιμοποιούνται πρωτόκολλα δεδομένων βιομηχανικής ιδιοκτησίας μεταξύ της συσκευής και της υπηρεσίας cloud, ο ιδιοκτήτης ή ο χρήστης της συσκευής ίσως να δεσμεύεται από συγκεκριμένη υπηρεσία cloud, περιορίζοντας ή αποτρέποντας τη χρήση εναλλακτικών πάροχων υπηρεσιών. Αυτό αναφέρεται ως «κλείδωμα προμηθευτών» (vendor lock-in), ένας όρος που περικλείει άλλες όψεις της σχέσης με το πάροχο όπως η ιδιοκτησία και η πρόσβαση στα δεδομένα. Ταυτόχρονα οι χρήστες μπορούν να είναι σίγουροι ότι συσκευές που είναι σχεδιασμένες για τη συγκεκριμένη πλατφόρμα μπορούν να ενσωματωθούν.



Εικόνα 1.4: Device-to-Cloud.

Μοντέλο Device-to-Gateway

Στο μοντέλο Device-to-Gateway η συσκευή συνδέεται μέσω μιας υπηρεσίας ALG ως αγωγός για να επιτευχθεί μια σύνδεση με την υπηρεσία cloud. Διαθέτει λογισμικό εφαρμογής, το οποίο δρα ως διαμεσολαβητής μεταξύ της συσκευής και της υπηρεσίας cloud και παρέχει ασφάλεια και άλλες λειτουργίες όπως δεδομένα ή μετάφραση πρωτόκολλων.

Αυτό το μοντέλο βρίσκει εφαρμογή σε συσκευές καταναλωτών. Οι συσκευές που χρησιμοποιούν αυτό το μοντέλο επικοινωνίας είναι τα smartphones, τα οποία τρέχουν εφαρμογές για να επικοινωνήσουν με τις IoT συσκευές και να μεταφέρουν δεδομένα σε μια υπηρεσία cloud. Οι συσκευές αυτές δεν έχουν τη δυνατότητα να συνδεθούν απευθείας με μια υπηρεσία cloud οπότε βασίζονται συχνά σε εφαρμογές των smartphones οι οποίες λειτουργούν ως μεσάζοντες.

Άλλη μορφή αυτού του μοντέλου επικοινωνίας αποτελούν οι συσκευές «Hub» σε εφαρμογές οικιακού αυτοματισμού. Τα «Hub» είναι συσκευές που λειτουργούν ως Gateway μεταξύ των μεμονωμένων IoT συσκευών και μιας υπηρεσίας cloud, αλλά ταυτόχρονα μπορούν να γεφυρώσουν το χάσμα της διαλειτουργικότητας μεταξύ των IoT συσκευών. Παράδειγμα αυτού του μοντέλου αποτελεί το Hub SmartThings που είναι μια αυτόνομη συσκευή Gateway που έχει εγκατεστημένους Z-Wave και ZigBee πομποδέκτες για να μπορεί να επικοινωνεί και με τις δυο οικογένειες συσκευών. Έπειτα συνδέεται με την υπηρεσία cloud Smart Things, επιτρέποντας στον χρήστη να αποκτήσει πρόσβαση στις συσκευές χρησιμοποιώντας μόνο μια εφαρμογή smartphone και μια σύνδεση στο Internet. Μειονέκτημα αυτής της προσέγγισης

αποτελεί η απαραίτητη ανάπτυξη του συστήματος και του λογισμικού εφαρμογών πράγμα που το κάνει πολύπλοκο και μεγάλου κόστους.

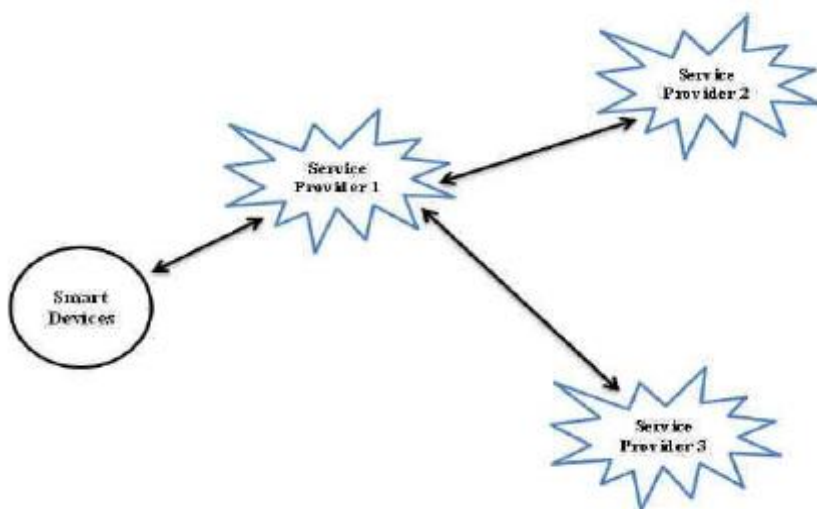


Εικόνα 1.5: Device-to-Gateway.

Μοντέλο Back-End Data Sharing

Το μοντέλο αυτό αναφέρεται σε μια αρχιτεκτονική επικοινωνίας η οποία επιτρέπει στους χρήστες να εξάγουν και να αναλύσουν τα δεδομένα του έξυπνου αντικειμένου από μια υπηρεσία cloud, σε συνδυασμό με δεδομένα από άλλες πηγές. Αποτελεί επέκταση του μοντέλου Device-to-Cloud η οποία επιτρέπει στις συσκευές να ανεβάζουν δεδομένα μόνο για έναν πάροχο υπηρεσιών εφαρμογής. Το μοντέλο αυτό επιτρέπει τα δεδομένα που συλλέγονται να συγκεντρώνονται και να αναλύονται. Παράδειγμα χρήσης ενός τέτοιου μοντέλου αποτελεί ένας εταιρικός χρήστης ο οποίος θέλει να συγκεντρώσει και να αναλύσει δεδομένα που παράγονται από όλους τους αισθητήρες IoT. Η χρήση αυτού του μοντέλου θα επιτρέπει στην εταιρία να έχει εύκολη πρόσβαση και ανάλυση των δεδομένων που παράγονται από όλο το φάσμα των συσκευών στο κτίριο. Επιπρόσθετα επιτρέπει και διευκολύνει την ανάγκη για φορητότητα των δεδομένων.

Η αρχιτεκτονική του μοντέλου αυτού είναι μια προσέγγιση για την επίτευξη της διαλειτουργικότητας μεταξύ back-end συστημάτων. Παρόλα αυτά το μοντέλο επικοινωνίας αυτό είναι τόσο αποτελεσματικό όσο τα υποκείμενα σχέδια του IoT συστήματος.



Εικόνα 1.6: Data Sharing.

1.5 Σύνοψη των μοντέλων

Τα τέσσερα αυτά βασικά μοντέλα επιδεικνύουν στρατηγικές σχεδιασμού που χρησιμοποιούνται για να επιτρέψουν στις IoT συσκευές να επικοινωνήσουν και η χρήση των μοντέλων αυτών επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από τη φύση των ίδιων των συσκευών. Στην περίπτωση Device-to-Gateway, το κύριο χαρακτηριστικό αποτελεί η ικανότητα να ξεπεραστούν οι περιορισμοί που υπάρχουν στην συνδεσιμότητα των IoT συσκευών. Αυτό σημαίνει πως η διαλειτουργικότητα των συσκευών αποτελεί βασικός παράγοντας στο σχεδιασμό και στην ανάπτυξη των συστημάτων IoT.

Σε τρία από τα τέσσερα μοντέλα επικοινωνίας οι συσκευές συνδέονται με μια υπηρεσία ανάλυσης δεδομένων σε περιβάλλον cloud. Με αυτό τον τρόπο οι χρήστες και οι πάροχοι υπηρεσιών μπορούν να χρησιμοποιήσουν με μεγαλύτερη ευκολία το σύνολο των δεδομένων, μπορούν να έχουν καλύτερη ανάλυση δεδομένων, οπτικοποίηση των δεδομένων και ανάπτυξη τεχνολογιών πρόβλεψης.

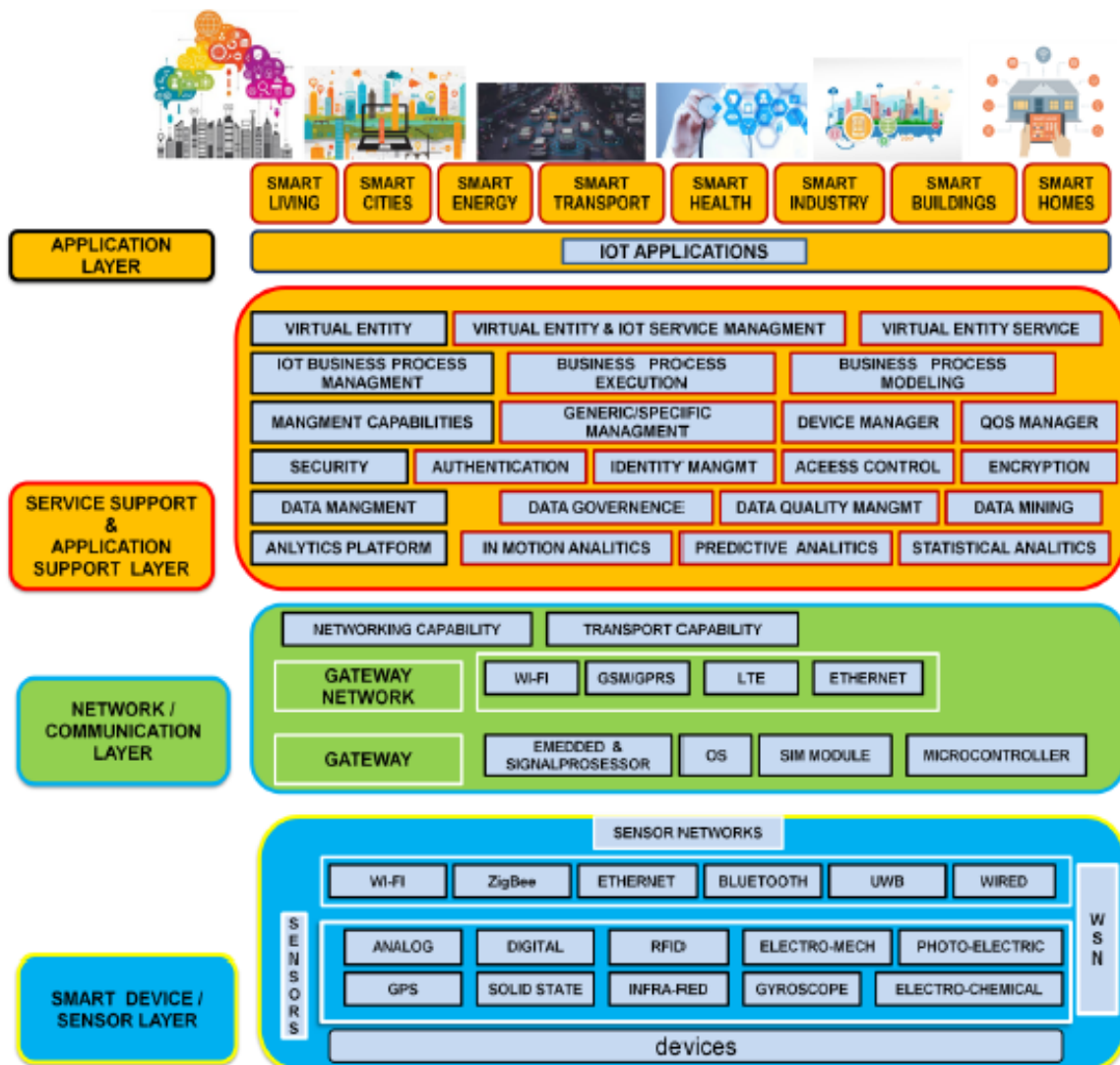
Με άλλα λόγια όσο καλύτερη η αρχιτεκτονική επικοινωνίας τόσο μεγαλύτερη η αξία που προσφέρεται στον τελικό χρήστη, ανοίγοντας δυνατότητες χρήσης των πληροφοριών με νέους τρόπους. Παρόλο που ο χρήστης έχει πολλά οφέλη από αυτά τα μοντέλα επικοινωνίας, θα πρέπει να σημειωθεί πως ενισχύεται και η τεχνολογική καινοτομία και η εμπορική ανάπτυξη. Νέα προϊόντα και υπηρεσίες μπορούν να σχεδιαστούν και να επωφεληθούν από IoT ροές δεδομένων που δεν υπήρχαν στο παρελθόν ενισχύοντας έτσι περαιτέρω καινοτομία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΣΥΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΤΟΥ ΙoT

2.1 Αρχιτεκτονική του ΙoT

Ο σχεδιασμός του Internet of Things δεν έχει ακόμη ολοκληρωθεί, η ακριβής αρχιτεκτονική του αναθεωρείται συνεχώς. Δεν υπάρχει κάποιο κοινά αποδεκτό πρότυπο αρχιτεκτονικής ΙoT. Παρακάτω, γίνεται μια προσπάθεια να περιγραφεί μια αντιπροσωπευτική αρχιτεκτονική ΙoT τεσσάρων επιπέδων.

Σε κάθε επίπεδο χρησιμοποιούνται πολλές και διαφορετικές τεχνολογίες. Είναι απαραίτητη η κατανόηση του τρόπου με τον οποίο σχετίζονται οι διάφορες τεχνολογίες μεταξύ τους, ώστε να επιτευχθεί η επεκτασιμότητα και η παραμετροποίηση των εφαρμογών ΙoT σε μελλοντικά πιθανά σενάρια. Στην παρακάτω εικόνα περιγράφεται η λειτουργία κάθε επιπέδου.



Εικόνα 2.1: Αρχιτεκτονική του ΙoT .

1. Επίπεδο έξυπνων συσκευών / αισθητήρων (smart device / sensor layer)

Το χαμηλότερο επίπεδο αποτελείται από έξυπνα αντικείμενα με ενσωματωμένους αισθητήρες. Οι αισθητήρες υλοποιούν τη διασύνδεση του φυσικού και ψηφιακού κόσμου, επιτρέποντας τη συλλογή και την επεξεργασία πληροφοριών, σε πραγματικό χρόνο. Υπάρχουν διάφοροι τύποι αισθητήρων, που ο καθένας εξυπηρετεί διαφορετικούς σκοπούς. Οι αισθητήρες μετρούν μεγέθη, όπως η θερμοκρασία, η ποιότητα του αέρα, η ταχύτητα, η υγρασία, η πίεση, η ροή, η κίνηση, η ηλεκτρική ενέργεια κ.τ.λ.

Σε ορισμένες περιπτώσεις, μπορεί να έχουν και κάποια μνήμη, επιτρέποντάς τους να καταγράψουν έναν ορισμένο αριθμό μετρήσεων. Ένας αισθητήρας μπορεί να μετρήσει μια φυσική ιδιότητα και να τη μετατρέψει σε σήμα, που μπορεί να γίνει κατανοητό από κάποιο όργανο. Οι αισθητήρες ομαδοποιούνται σε κατηγορίες, σύμφωνα με τον κυρίως στόχο τους, όπως αισθητήρες περιβάλλοντος, αισθητήρες σώματος, αισθητήρες οικιακών συσκευών, αισθητήρες οχημάτων κ.τ.λ.

Οι περισσότεροι αισθητήρες απαιτούν σύνδεση με τις πύλες αισθητήρων, ώστε να είναι εφικτή η συγκέντρωση και μεταφορά των δεδομένων τους. Αυτό μπορεί να έχει τη μορφή τοπικού δικτύου (Local Area Network, LAN), όπως συνδέσεις Ethernet και Wi-Fi ή δικτύου προσωπικής περιοχής (Personal Area Network, PAN), όπως ZigBee, Bluetooth και Ultra Wideband (UWB).

Για τους αισθητήρες, που δεν απαιτούν σύνδεση με τις πύλες αισθητήρων, η σύνδεσή τους με διακομιστές / εφαρμογές (backend servers/applications) μπορεί να παρέχεται με τη χρήση δικτύου ευρείας περιοχής (Wide Area Network, WAN), όπως GSM, GPRS και LTE. Οι αισθητήρες, που χρησιμοποιούν συνδεσιμότητα χαμηλής ισχύος και χαμηλού ρυθμού μετάδοσης δεδομένων, συνήθως σχηματίζουν δίκτυα γνωστά ως ασύρματα δίκτυα αισθητήρων (Wireless Sensor Networks, WSNs). Τα WSNs κερδίζουν συνεχώς δημοτικότητα, καθώς μπορούν να φιλοξενήσουν πολύ περισσότερους κόμβους αισθητήρων, έχουν χαμηλή ενεργειακή κατανάλωση και καλύπτουν μεγάλες περιοχές.

2. Επίπεδο πυλών και δικτύων (Gateways and Networks)

Ο τεράστιος όγκος δεδομένων, που θα παράγεται από τους πολλούς και μικροσκοπικούς αισθητήρες, απαιτεί μια εύρωστη και υψηλής απόδοσης υποδομή ενσύρματου ή ασύρματου δικτύου, που θα λειτουργήσει ως μέσο μεταφοράς. Τα υπάρχοντα δίκτυα, συχνά συνδεδεμένα με διαφορετικά πρωτόκολλα, έχουν

χρησιμοποιηθεί για την υποστήριξη δικτύων μηχανή-με-μηχανή (Machine to Machine, M2M) και των εφαρμογών τους. Η ζήτηση για την εξυπηρέτηση ενός ευρύτερου φάσματος υπηρεσιών και εφαρμογών IoT, όπως οι υπηρεσίες συναλλαγών υψηλής ταχύτητας (high speed transactional services), εφαρμογές «επίγνωσης πλαισίου» (context-aware) κ.τ.λ., χρειάζονται πολλαπλά δίκτυα, με ποικίλες τεχνολογίες και πρωτόκολλα πρόσβασης, που όμως διαλειτουργούν μεταξύ τους. Αυτά τα δίκτυα μπορεί να είναι ιδιωτικά, δημόσια ή υβριδικά μοντέλα, ώστε να υποστηρίζουν τις απαιτήσεις επικοινωνίας, όπως χρόνος καθυστέρησης, εύρος ζώνης και ασφάλεια. Διάφορες πύλες (μικροελεγκτές, μικροεπεξεργαστές) και δίκτυα πύλης (WI-FI, GSM, GPRS) παρουσιάζονται στην εικόνα 2.1.

3. Επίπεδο διαχείρισης υπηρεσιών (Management Service Layer)

Το επίπεδο διαχείρισης υπηρεσιών καθιστά δυνατή την επεξεργασία πληροφοριών, μέσω μεθόδων ανάλυσης (analytics), ελέγχων ασφαλείας (security controls), μοντελοποίησης διαδικασιών (process modeling) και διαχείρισης συσκευών (management of devices).

Ένα από τα σημαντικά χαρακτηριστικά του επιπέδου διαχείρισης υπηρεσιών είναι οι μηχανισμοί επιχειρηματικών κανόνων και διαδικασιών. Το IoT, εκμεταλλευόμενο τη σύνδεση και την αλληλεπίδραση αντικειμένων και συστημάτων, παρέχει πληροφορίες με τη μορφή γεγονότων ή συναφών δεδομένων (contextual data), όπως η θερμοκρασία των προϊόντων, η τρέχουσα τοποθεσία και τα δεδομένα κυκλοφοριακής κίνησης. Ορισμένα από αυτά τα γεγονότα απαιτούν φιλτράρισμα ή δρομολόγηση σε συστήματα για περαιτέρω επεξεργασία (post processing), όπως την περιοδική συλλογή δεδομένων αισθητήρων (periodic sensory data), ενώ άλλα απαιτούν άμεση απόκριση όπως την αντίδραση σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης που αφορούν την υγεία ενός ασθενή. Οι μηχανισμοί κανόνων υποστηρίζουν τη διατύπωση και τυποποίηση (formulation) λογικών αποφάσεων, που θα ενεργοποιούν διαδραστικές και αυτοματοποιημένες διαδικασίες, ώστε να δημιουργήσουν ένα καλύτερα ανταποκρινόμενο σύστημα IoT.

Στον τομέα της ανάλυσης (analytics), χρησιμοποιούνται διάφορα εργαλεία για την ταχύτερη επεξεργασία μεγάλων ποσοτήτων δεδομένων και την εξαγωγή πληροφοριών. Η μέθοδος in memory analytics επιτρέπει την αποθήκευση τεράστιου όγκου δεδομένων στη μνήμη τυχαίας προσπέλασης (RAM) αντί αυτά να αποθηκεύονται σε φυσικούς δίσκους, με κύριο στόχο τη μείωση του χρόνου

αναζήτησης δεδομένων (data query) και λήψης αποφάσεων. Στη μέθοδο streaming analytics τα δεδομένα θεωρούνται δεδομένα σε κίνηση (data in motion) και η ανάλυσή τους απαιτείται να υλοποιείται σε πραγματικό χρόνο, ώστε οι αποφάσεις να λαμβάνονται μέσα σε λίγα δευτερόλεπτα.

Διαχείριση δεδομένων (data management) είναι η δυνατότητα διαχείρισης ροής πληροφοριών, οι οποίες είναι προσπελάσιμες και ελεγχόμενες. Οι εφαρμογές υψηλότερου επιπέδου απαλλάσσονται από την ανάγκη επεξεργασίας περιττών δεδομένων, ενώ ταυτόχρονα μειώνεται ο κίνδυνος της αποκάλυψης απορρήτων δεδομένων. Οι τεχνικές φιλτραρίσματος δεδομένων, όπως η ανώνυμη καταχώρηση δεδομένων (data anonymisation) και ο συγχρονισμός δεδομένων (data synchronization), αποκρύπτουν λεπτομέρειες, παρέχοντας ταυτόχρονα μόνο τις βασικές πληροφορίες, που είναι χρήσιμες στις σχετικές εφαρμογές. Με την γενίκευση δεδομένων (data abstraction) μπορούν να εξαχθούν πληροφορίες για μια κοινή επιχειρηματική προβολή των δεδομένων, καθιστώντας τα πιο εύχρηστα και επαναχρησιμοποιήσιμα.

Η ασφάλεια πρέπει να εφαρμοστεί σε ολόκληρη την αρχιτεκτονική IoT, από το πρώτο επίπεδο, των έξυπνων συσκευών/αισθητήρων, μέχρι το τελευταίο, το επίπεδο εφαρμογής. Η ασφάλεια του συστήματος αποτρέπει την πειρατεία και την πρόσβαση σε μη εξουσιοδοτημένους χρήστες, μειώνοντας έτσι την πιθανότητα κινδύνου.

4. Επίπεδο εφαρμογής (Application Layer)

Το επίπεδο εφαρμογής IoT καλύπτει «έξυπνα» περιβάλλοντα / χώρους σε τομείς, όπως μεταφορές, κτήριο, πόλη, Lifestyle, λιανική πώληση (Retail), γεωργία, εργοστάσιο, εφοδιαστική αλυσίδα, έκτακτη ανάγκη, υγεία, αλληλεπίδραση χρηστών, πολιτισμό και τουρισμό, περιβάλλον και ενέργεια. Αφορά λογισμικά που εκτελούν συγκεκριμένες διεργασίες και είναι το τελικό αγαθό, η τελική υπηρεσία που αλληλεπιδρούν οι χρήστες.

2.2 Το μοντέλο ARM

Στο IoT πρέπει να διασφαλιστεί η διαλειτουργικότητα των λύσεων ανάμεσα στις διαφορετικές πλατφόρμες τόσο σε επίπεδο επικοινωνίας όσο και σε επίπεδο υπηρεσιών. Αυτό οδηγεί, πρώτον, στη δημιουργία ενός Μοντέλου Αναφοράς για τον τομέα του IoT, προκειμένου να προωθηθεί μια κοινή βάση κατανόησης. Δεύτερον, οι

επιχειρήσεις που επιθυμούν να δημιουργήσουν τις δικές τους IoT λύσεις θα πρέπει να υποστηρίζονται από μια Αρχιτεκτονική Αναφορά που περιγράφει τα βασικά δομικά στοιχεία καθώς και τις επιλογές σχεδίασης για την αντιμετώπιση των αντικρουόμενων απαιτήσεων όσον αφορά τη λειτουργικότητα, τις επιδόσεις, την ανάπτυξη και την ασφάλεια. Οι διεπαφές πρέπει να είναι τυποποιημένες και να παρέχουν τις βέλτιστες πρακτικές όσον αφορά τη λειτουργικότητα και τη χρήση των πληροφοριών. Το Internet of Things Architecture (IoT-A) είναι ένα Ολοκληρωμένο Ευρωπαϊκό Έργο που προτείνει τη δημιουργία ενός Αρχιτεκτονικού Μοντέλου Αναφοράς (Architectural Reference Model, ARM) και τον ορισμό ενός αρχικού συνόλου βασικών δομικών στοιχείων τα οποία θεωρούνται ως κρίσιμα θεμέλια για την προώθηση ενός μελλοντικού IoT.

Στόχος του έργου IoT-A είναι να αναπτύξει ένα αρχιτεκτονικό μοντέλο αναφοράς – ARM που θα υποστηρίζει τη διαλειτουργικότητα των Internet-of-Things συστημάτων, περιγράφοντας τις βασικές αρχές και τις κατευθυντήριες γραμμές του τεχνικού σχεδιασμού των πρωτοκόλλων, των διεπαφών και των αλγορίθμων του. Επιπλέον, θα δημιουργηθεί ένας αντίστοιχος μηχανισμός για την αποτελεσματική ενσωμάτωση του μοντέλου στο επίπεδο υπηρεσιών του νέου Διαδικτύου που θα προκύψει. Επίσης, θα προταθεί μια νέα ανάλυση υποδομής, η οποία θα επιτρέπει να κλιμακωθεί η αναζήτηση και ανεύρεση των πόρων του Internet of Things, καθώς και των οντοτήτων του πραγματικού κόσμου και βεβαίως των σχέσεων που προκύπτουν μεταξύ τους. Τέλος, θα αναπτυχθούν νέα συστατικά στοιχεία και θα εφαρμοστούν σε πραγματικές συνθήκες, ώστε να αποδεικνύονται τα πραγματικά οφέλη της αρχιτεκτονικής, που αναπτύχθηκε. Ένα από τα βασικά οφέλη του όλου εγχειρήματος είναι η επιχειρηματική απόδοση.

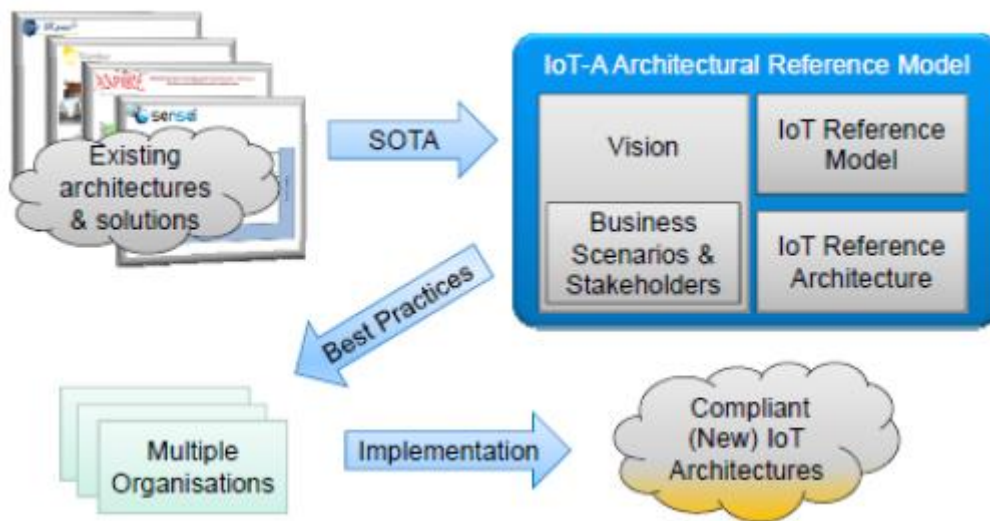
Αγνοώντας τις επιχειρηματικές ανησυχίες και λαμβάνοντας υπόψη μόνο την τεχνική άποψη, είναι εμφανές ότι οι υπάρχουσες λύσεις δεν αντιμετωπίζουν τις απαιτήσεις κλιμάκωσης ενός μελλοντικού IoT, τόσο αναφορικά με τη μεταξύ τους επικοινωνία, όσο και με τη δυνατότητα διαχείρισης των συσκευών. Επιπλέον, ο τομέας IoT περιλαμβάνει πολλά διαφορετικά μοντέλα διακυβέρνησης, τα οποία είναι συχνά ασυμβίβαστα. Αυτό οδηγεί σε μια κατάσταση κατά την οποία η ιδιωτική ζωή και η ασφάλεια αντιμετωπίζονται ανά περίπτωση, λόγω διαφορετικών νομοθετικών διαταγμάτων, με τη συνεχόμενη τροποποίηση των υπαρχόντων, των διαφορετικών εκδοχών αυτών ανά Πολιτεία/κράτος, γεγονός που παρεμποδίζει σοβαρά τη

μεταφορά, τη διαλειτουργικότητα και την ανάπτυξη μιας κοινής βάσης των IoT συστημάτων.

Η εικόνα 2.2 δείχνει μια επισκόπηση της διαδικασίας, που χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό των διαφόρων τμημάτων που αποτελούν το ARM. Το οποίο αποτελείται από τέσσερα μέρη:

1. Το όραμα συνοψίζει το σκεπτικό για τη δημιουργία ενός αρχιτεκτονικού μοντέλου αναφοράς του IoT. Ταυτόχρονα, μελετά τις υποκείμενες υποθέσεις, όπως τα κίνητρα. Επιπλέον, εξετάζει πώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί το μοντέλο ARM, τη μεθοδολογία που εφαρμόστηκε για τη μοντελοποίηση της αρχιτεκτονικής, τα επιχειρηματικά σενάρια και την ομάδα, που αποτελεί τα ενδιαφερόμενα μέρη.
2. Τα επιχειρηματικά σενάρια και τα ενδιαφερόμενα μέρη αποτελούν τους μοχλούς δημιουργίας του αρχιτεκτονικού μοντέλου. Η γνώση των επιχειρηματικών προσδοκιών, μπορεί να βοηθήσει, ώστε να προκύψει μια ολιστική άποψη της αρχιτεκτονικής του IoT. Επιπλέον, μια συγκεκριμένη παρουσία της αρχιτεκτονικής αναφοράς μπορεί να επικυρωθεί έναντι επιλεγμένων επιχειρηματικών σεναρίων. Η ανάλυση των ανησυχιών και των απαιτήσεων της ομάδας, που αποτελεί τα ενδιαφερόμενα μέρη, συμβάλλει στην κατανόηση των πτυχών του αρχιτεκτονικού μοντέλου αναφοράς, που θα δημιουργηθεί. Όπως απεικονίζεται, αυτό το τμήμα αποτελεί ένα υποσύνολο του τμήματος του οράματος.
3. Το IoT μοντέλο αναφοράς (IoT Reference Model) παρέχει το υψηλότερο επίπεδο αφάιρεςης για τον ορισμό του αρχιτεκτονικού μοντέλου αναφοράς IoT-A. Προάγει την κατανόηση του συνόλου της έννοιας IoT. Η περιγραφή του μοντέλου αναφοράς περιλαμβάνει μια γενική παρουσίαση του τομέα IoT, ένα IoT μοντέλο τομέα (domain model) ως περιγραφή ανώτατου επιπέδου, ένα IoT μοντέλο πληροφοριών (information model), που εξηγεί πώς θα γίνει μοντελοποίηση των πληροφοριών του IoT δικτύου και τέλος, ένα IoT μοντέλο επικοινωνίας (communication model), προκειμένου να κατανοηθούν τα συστήματα αλληλεπίδρασης των έξυπνων αντικειμένων.
4. Η IoT αρχιτεκτονική αναφοράς (IoT Reference architecture) είναι το σημείο αναφοράς για την κατασκευή συμβατών IoT αρχιτεκτονικών. Περιγράφει απόψεις και προοπτικές για τις διαφορετικές αρχιτεκτονικές πτυχές του IoT. Η

δημιουργία της IoT Αρχιτεκτονικής Αναφοράς επικεντρώνεται σε αφηρημένα σύνολα μηχανισμών και όχι σε συγκεκριμένες αρχιτεκτονικές εφαρμογών.



Εικόνα 2.2: Επισκόπηση της διαδικασίας προσδιορισμού των διαφόρων τμημάτων του IoT-A.

Οι οργανισμοί οφείλουν να προσαρμόζουν τις τεχνολογίες τους σύμφωνα με τα πρότυπα και τις βέλτιστες πρακτικές του μοντέλου έτσι, ώστε να εξασφαλίζεται η διαλειτουργικότητα των IoT συστημάτων. Αν υπάρξει συμμόρφωση, δημιουργείται ένα παγκόσμιο σύστημα, στο οποίο κάθε ενδιαφερόμενος μπορεί να δημιουργήσει νέες επιχειρήσεις, που «διαλειτουργούν» με τις ήδη υπάρχουσες. Το ARM εφοδιάζει τους οργανισμούς με τις βέλτιστες πρακτικές, ώστε να μπορούν να δημιουργούν συμβατές IoT αρχιτεκτονικές σε διαφορετικούς τομείς εφαρμογών. Αν οι τομείς εφαρμογής επικαλύπτονται, η συμμόρφωση με την IoT αρχιτεκτονική αναφοράς εξασφαλίζει τη διαλειτουργικότητα των λύσεων και επιτρέπει το σχηματισμό νέων συνεργειών σε αυτούς τους τομείς.

Τα οφέλη από τη χρήση του ARM

Οι ωφέλιμες χρήσεις του αρχιτεκτονικού μοντέλου αναφοράς IoT-A περιγράφονται ακολούθως:

Δημιουργία αρχιτεκτονικών (Generation of architectures)

Να δημιουργηθεί γενιά συμβατών αρχιτεκτονικών για συγκεκριμένα συστήματα, που έχει ως στόχο η παραγόμενη αρχιτεκτονική να εξασφαλίσει εγγενώς τη διαλειτουργικότητα των συστημάτων IoT, που κατασκευάζονται σύμφωνα με αυτήν.

Προσδιορισμός διαφορών (Identifying differences)

Η εφαρμογή των αρχιτεκτονικών μοντέλων αναφοράς παρέχει προβλέψεις για την πολυπλοκότητα, το κόστος του συστήματος κλπ. Η εκτίμηση της συνολικής προσπάθειας υλοποίησης ενός έργου γίνεται ευκολότερη και ενδέχεται να υλοποιηθούν ορισμένα έργα που ενδέχεται να μην έχουν πραγματοποιηθεί λόγω αβεβαιότητας.

Συγκριτική αξιολόγηση (Benchmarking)

Η NASA χρησιμοποίησε μια αρχιτεκτονική αναφοράς για την περιγραφή του νέου της οχήματος, ώστε να συγκρίνει τις προσφορές, που θα λάμβανε, από ένα δημόσιο μειοδοτικό διαγωνισμό. Με άλλα λόγια, ενώ το μοντέλο αναφοράς προδιαγράφει τη γλώσσα, που πρέπει να χρησιμοποιηθεί στα συστήματα / αρχιτεκτονικές προς αξιολόγηση, η αρχιτεκτονική αναφοράς δηλώνει την ελάχιστη (λειτουργική) απαίτηση αυτών. Επίσης, με τον τρόπο αυτό, παρέχει υψηλό επίπεδο διαφάνειας στη διαδικασία συγκριτικής αξιολόγησης.

Γνωστική βοήθεια (Cognitive aid)

Κατά τη διαδικασία δημιουργίας νέων προϊόντων και άλλων δραστηριοτήτων, ένα αρχιτεκτονικό μοντέλο αναφοράς έχει τετραπλή χρήση.

Πρώτον, βοηθά στην καθοδήγηση των συζητήσεων, καθώς παρέχει μια κοινή γλώσσα επικοινωνίας στους συμμετέχοντες η οποία είναι στενά συνδεδεμένη με την αρχιτεκτονική, το σύστημα, τον τομέα χρήσης κ.λπ.

Δεύτερον, έχει υψηλή εκπαιδευτική αξία, καθώς παρέχει μια σύντομη και πλούσια εικόνα του τομέα IoT και βοηθά τους νεοεισερχόμενους στον τομέα να κατανοήσουν την πολυπλοκότητα του IoT και τις τεχνικές πτυχές του.

Τρίτον, βοηθά τους επικεφαλείς του έργου στον προγραμματισμό και την οργάνωση των ομάδων εργασίας, που θα συμμετέχουν σε αυτό το έργο.

Τέταρτον, βοηθά στην αναγνώριση των ανεξάρτητων δομικών στοιχείων των συστημάτων IoT και παρέχει πολύτιμη πληροφόρηση, σχετικά με τη δομή του συστήματος, την επιλογή εξωτερικού προμηθευτή, την επαναχρησιμοποίηση των ήδη αναπτυγμένων στοιχείων.

2.3 Τεχνολογίες

Η ανάπτυξη υπολογιστικών συστημάτων όπου τα ψηφιακά «πράγματα» μπορούν να αλληλεπιδρούν με άλλα «πράγματα» για τη συλλογή δεδομένων οδήγησε στην ανάγκη για εύρεση και συνδυασμό νέων και αποτελεσματικών τεχνολογιών, οι οποίες

έχουν την δυνατότητα να κάνουν τα πράγματα να εντοπίζονται και να επικοινωνούν μεταξύ τους.

Οπότε, όλα καθοδηγούνται από τις νέες δυνατότητες ψηφιακής αντίληψης, τα ενσωματωμένα συστήματα πληροφορικής και επικοινωνιών που συνδέονται μέσω RFID (αναγνώρισης ραδιοσυχνότητας), ασύρματων δικτύων αισθητήρων (WSN), micro-chips, barcodes, QR (Quick Response) κωδικούς, Bluetooth, Wi-Fi, Beacons, Big Data, Analytics και Business Intelligence.

RFID- Ταυτοποίηση μέσω Ραδιοσυχνότητας

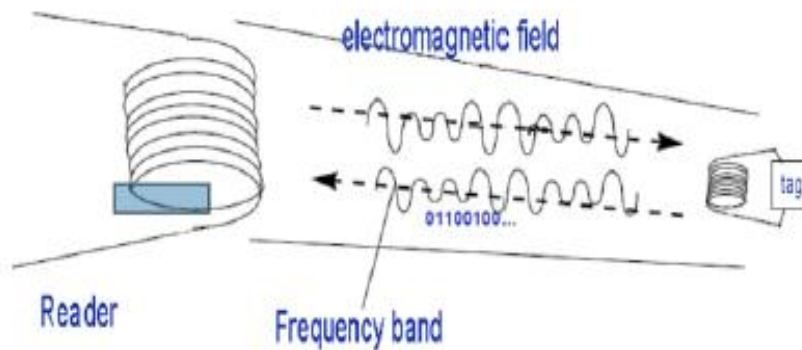
Το θεμέλιο του IoT είναι η τεχνολογία αντίληψης της συσκευής. Προς το παρόν η συλλογή πληροφοριών σε αυτό το σύστημα πραγματοποιείται από ηλεκτρονικές ετικέτες και αισθητήρες. Το IoT χρησιμοποιεί ευρέως φάσματος τεχνολογίες που στέλνουν σήμα σε ένα ευρύ φάσμα συχνοτήτων όπως η RFID.

Αποτελεί τη πιο βασική τεχνολογία του IoT για την αναγνώριση, τον προσδιορισμό και τη σύνδεση των «πραγμάτων». Είναι ένα μικροσίπ πομποδέκτης μαζί με ραδιοκύματα παρόμοιο με μία ετικέτα το οποίο θα μπορούσε να είναι είτε ενεργητικό είτε και παθητικό, ανάλογα με τον τύπο της εφαρμογής που χρησιμοποιείται. Οι ενεργητικές ετικέτες αποτελούνται από μια μπαταρία, που λειτουργεί σαν παροχή ισχύος, εκπέμποντας συνεχώς σήματα δεδομένων, ενώ οι παθητικές ετικέτες δεν έχουν κάποια τροφοδοσία και απορροφούν ενέργεια από το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο που δημιουργεί η κεραία της συσκευής ανάγνωσης.

Το RFID σύστημα αποτελείται από ετικέτες/ αναμεταδότες, ένα πρόγραμμα ανάγνωσης και λογισμικό υποστήριξης. Ανάλογα με τον τύπο της εφαρμογής, οι συχνοτητες RFID διαιρούνται σε τέσσερις διαφορετικές περιοχές συχνοτήτων:

- Χαμηλής συχνότητας (135kHz ή λιγότερο)
- Υψηλής συχνότητας (13.56 MHz)
- Ultra High συχνότητα (862 MHz, 928MHz)
- Συχνότητα μικροκυμάτων (2,4GHz)

Το βασικό πλεονέκτημα της τεχνολογίας RFID αποτελεί το χαμηλό της κόστος, γεγονός που επιτρέπει την εξάπλωσή της. Έχει σημειώσει ιδιαίτερη απήχηση σε τομείς όπως αυτός της ρομποτικής και στο κλάδο της βιομηχανίας.



Εικόνα 2.3: RFID system.

Ασύρματες Τεχνολογίες

Θα παρουσιαστούν οι τεχνολογίες δικτύου που μπορούν να βοηθήσουν στην μεγάλης κλίμακας ανάπτυξη του IoT. Εφόσον η κάθε συσκευή ενδέχεται να χρειάζεται να επικοινωνήσει με άλλες σε οποιαδήποτε απόσταση και με διαφορετικό μέσο επικοινωνίας, υπάρχουν συγκεκριμένες κατάλληλες τεχνολογίες αναλόγως των αποστάσεων:

- BAN (Body Area Network), μερικά μέτρα PAN (Personal Area Network), από 10 έως 100 m.
- LAN (Local Area Network), μερικά km MAN (Metropolitan Area Network), 10 έως 100 km.
- WAN (Wide Area Network), 1000 km GAN (Global Area Network).



Εικόνα 2.4: Wireless Communication.

Οι ασύρματες τεχνολογίες (με τα πρωτόκολλα) για το IoT που έχουν αναπτυχθεί είναι οι ακόλουθες: ZigBee , WiMax , WiFi, UWB και Flash OFDM κυψελωτά συστήματα.

Το ZigBee είναι μια ασύρματη τεχνολογία που αναπτύχθηκε για να καλύψει τις ανάγκες για χαμηλό κόστος, χαμηλή ισχύς των ασύρματων δικτύων αισθητήρων. Το ZigBee στοχεύει στις εφαρμογές ραδιοσυχνότητας (RF) που απαιτούν ένα χαμηλό ρυθμό μεταφοράς δεδομένων, μεγάλη ζωή μπαταριών, και εξασφαλισμένη δικτύωση. Το WiMAX αποκαλείται η τεχνολογία ασύρματης δικτύωσης η οποία λειτουργεί με παρεμφερή τρόπο με το Wi-Fi, ωστόσο με πολύ μεγαλύτερη εμβέλεια. Συγκεκριμένα, ενώ το Wi-Fi εξασφαλίζει εμβέλεια επικοινωνίας μέχρι 100 μέτρα, το WiMax φθάνει τα 35 χιλιόμετρα ή και παραπάνω.

Η UWB τεχνολογία μπορεί γενικά να οριστεί σαν μια οποιαδήποτε ασύρματη μεταβίβαση που καταλαμβάνει ένα μήκος κύματος με συχνότητα 1,5 GHz. Είναι μια νέα μορφή της ασύρματης τεχνολογίας που βασίζεται σε μεταβίβαση χαμηλής ισχύος και κωδικοποιημένες ωθήσεις σε περιβάλλον μικρής απόστασης. Η UWB τεχνολογία χρησιμοποιείται σε εμπορικές και βιομηχανικές εφαρμογές για τον καθορισμό αποστάσεων ανάμεσα σε αντικείμενα, στην ανίχνευση αντικειμένων και καταστάσεων δια μέσου οικοδομών, σε συστήματα ασφαλείας και σε ιατρικά συστήματα.

Η ανακάλυψη των Flash OFDM κυψελωτών ραδιοσυστημάτων βελτίωσε τις ασύρματες επικοινωνίες, αφού προσέφερε χρήση περισσότερων καναλιών, επικάλυψη ραδιοσυχνοτήτων, ενώ πομποί και δέκτες χρειαζόταν πλέον λιγότερη ισχύ για την λειτουργία τους, κάτι που σήμαινε μικρότερο κόστος, βάρος και μέγεθος, καθώς και λιγότερες παρεμβολές. Η βασική ιδέα είναι ότι η γεωγραφική περιοχή που καλύπτει το σύστημα επικοινωνίας, χωρίζεται σε κυψέλες. Κάθε κυψέλη χρησιμοποιεί ένα σύνολο συχνοτήτων που μπορεί να χρησιμοποιούν και άλλες κοντινές κυψέλες αλλά όχι οι γειτονικές της.

Cloud Computing

Πρόκειται για μια έξυπνη τεχνολογία υπολογιστών με την οποία μεγάλος αριθμός servers συγκλίνουν σε μία πλατφόρμα cloud, η οποία επιτρέπει την κατανομή των πόρων μεταξύ τους και την πρόσβαση στα πράγματα οποιαδήποτε στιγμή και από οποιοδήποτε μέρος. Το cloud computing είναι το πιο σημαντικό μέρος του IoT, το οποίο δεν συνδέει μόνο τους διακομιστές, αλλά αναλύει και τις χρήσιμες

πληροφορίες που λαμβάνονται από τους αισθητήρες παρέχοντας υψηλή ικανότητα αποθήκευσης.



Εικόνα 2.5: Cloud Computing Model.

Το cloud μοντέλο αποτελείται από πέντε βασικά χαρακτηριστικά, τρία μοντέλα παροχής υπηρεσιών, και τέσσερα μοντέλα ανάπτυξης:

- Private Cloud: Η υποδομή αυτή λειτουργεί αποκλειστικά και μόνο για έναν χρήστη και η διαχείρισή της μπορεί να γίνεται από τον ίδιο τον οργανισμό.
- Community Cloud: Η υποδομή αυτή μοιράζεται μεταξύ πολλών οργανισμών και υποστηρίζει μια συγκεκριμένη κοινότητα που έχει κοινές ανησυχίες και σκοπό. Η διαχείρισή της γίνεται από τον ίδιο τον οργανισμό.
- Public Cloud: Η υποδομή διατίθεται σε ευρύ κοινό και ανήκει σε έναν οργανισμό που πουλά υπηρεσίες cloud.
- Hybrid Cloud: Η υποδομή αυτή αποτελεί σύνθεση δυο ή περισσότερων clouds (private, community ή public) τα οποία παραμένουν μοναδικές οντότητες αλλά συνδέονται με τυποποιημένη ή αποκλειστική τεχνολογία που επιτρέπει τη μεταφορά δεδομένων και εφαρμογών.

Υπάρχουν και αντίστοιχα διάφορα μοντέλα παροχής υπηρεσιών που προσφέρουν διαφορετικές δυνατότητες. Συνοπτικά αναφέρονται παρακάτω:

- Cloud Service as a Software (SAAS): Ο καταναλωτής έχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιεί τις εφαρμογές του παρόχου που τρέχουν στην υποδομή του. Οι εφαρμογές αυτές είναι προσβάσιμες από διάφορες client συσκευές μέσω ενός

interface, όπως ένα πρόγραμμα περιήγησης Web. Ένα παράδειγμα αποτελεί το Google Drive και οι εφαρμογές του μπορούν να τρέξουν απ' ευθείας σε αυτό. Ο καταναλωτής δεν έχει τον έλεγχο ή τη διαχείριση της υποδομής παρά μόνο κάποιων user specific ρυθμίσεων παραμετροποίησης εφαρμογών.

- Cloud Platform as a Service (PAAS): Ο καταναλωτής έχει τη δυνατότητα να αναπτύσσει πάνω στην cloud υποδομή εφαρμογές που έχει δημιουργήσει ή εφαρμογές που έχει αποκτήσει. Και πάλι δεν έχει τον έλεγχο ή τη διαχείριση της υποδομής αλλά έχει τον έλεγχο των εφαρμογών που έχουν αναπτυχθεί.
- Storage as a Service (STAAS): Υπάρχει πάροχος αποθηκευτικού χώρου online ο οποίος το νοικιάζει έναντι κάποιας αμοιβής. Παράδειγμα τέτοιας υποδομής αποτελεί το Drop box.
- Hardware as a Service (HAAS): Έναντι κάποιας αμοιβής ο προμηθευτής παρέχει hardware που χρειάζεται ένας χρήστης όπως web servers, μνήμη CPU, αποθηκευτικό χώρο και ότι άλλο μπορεί να χρειαστεί σε επίπεδο hardware.
- Database as a Service (DAAS): Υπάρχει μια online υπηρεσία που παρέχει βάση δεδομένων η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για web application. Η αμοιβή είναι ανάλογη της χρήσης, οπότε όσο περισσότερος κόσμος χρησιμοποιεί την εφαρμογή τόσο μεγαλύτερο το κόστος.
- Cloud Infrastructure as a Service (IAAS): Η δυνατότητα που προσφέρεται στο χρήστη είναι να μπορεί να δεσμεύσει προς χρήση επεξεργαστική ισχύ, αποθηκευτικά μέσα, δίκτυα και άλλους υπολογιστικούς πόρους όπου μπορεί να αναπτυχθεί λογισμικό το οποίο περιλαμβάνει λειτουργικά συστήματα και εφαρμογές. Ο καταναλωτής δεν έχει τον έλεγχο της χρησιμοποιημένης cloud υποδομής αλλά έχει τον έλεγχο των λειτουργικών συστημάτων που έχει αναπτύξει.

Τεχνολογίες Δικτύου

Οι τεχνολογίες αυτές έχουν παίξει σημαντικό ρόλο στην επιτυχία του IoT δεδομένου ότι είναι υπεύθυνες για την σύνδεση μεγάλου αριθμού πραγμάτων, προσφέροντας ένα γρήγορο και αποτελεσματικό δίκτυο. Για ευρύ φάσμα δίκτυο συνήθως χρησιμοποιούνται τα 3G, 4G κ.λπ. ενώ για ένα δίκτυο επικοινωνίας μικρής εμβέλειας χρησιμοποιούνται τεχνολογίες όπως Bluetooth, WiFi κ.α. Παρακάτω αναλύονται οι σημαντικότερες εξ αυτών:

1. Δίκτυο Ασύρματων Αισθητήρων- Wireless Sensor Network (WSN)

Ιδιαίτερα σημαντική τεχνολογία του IoT αποτελεί το Δίκτυο ασύρματων αισθητήρων (Wireless Sensor Network (WSN)). Το WSN αποτελείται από ένα μεγάλο αριθμό μικροσκοπικών κόμβων αισθητήρων, με δυνατότητα ανίχνευσης των «πραγμάτων». Ο ρόλος των αισθητήρων είναι η παροχή ακατέργαστων πληροφοριών για επεξεργασία, μετάδοση, ανάλυση και ανατροφοδότηση πληροφοριών.

Οι κόμβοι συλλέγουν και προωθούν τα δεδομένα στο σταθμό βάσης για την από κοινού παρακολούθηση των «πραγμάτων». Στα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων υπάρχουν ένας ή περισσότεροι σταθμοί βάσης και αρκετοί κόμβοι αισθητήρων. Η βασική σύνθεση του κόμβου δικτύου αισθητήρων περιλαμβάνει τη μονάδα επεξεργασίας, τη μονάδα επικοινωνίας και τη μονάδα ενέργειας. Ο σταθμός βάσης χρησιμεύει ως επεξεργαστής δεδομένων που συνδέει το δίκτυο αισθητήρων με τον εξωτερικό κόσμο.

2. Beacon Technology

Εξίσου σημαντική η οποία αποτελείται από μικρές ασύρματες συσκευές/ μικροπομποί που μεταδίδουν συνεχώς ένα απλό ραδιοφωνικό σήμα. Όταν η κινητή συσκευή ανιχνεύει το σήμα Beacon, διαβάζει τον αριθμό αναγνώρισης του πομπού (ID), υπολογίζει την απόσταση από το πομπό και με βάση αυτά τα δεδομένα, ενεργοποιεί την εφαρμογή του κινητού. Πρόκειται για μια Real-time επικοινωνία με τους χρήστες. Προσφέρει άμεση και σε πραγματικό χρόνο πρόσβαση στις παρεχόμενες υπηρεσίες οποιαδήποτε στιγμή.

3. Επικοινωνία Κοντινού Πεδίου (NFC)

Μία άλλη τεχνολογία το NFC (Near field communication) ή αλλιώς «επικοινωνία κοντινού πεδίου» που δημιουργήθηκε από τις εταιρείες Nokia, Philips και Sony και αποτελεί μια ασύρματη τεχνολογία διασυνδεσιμότητας η οποία επιτρέπει την ανταλλαγή πληροφοριών ανάμεσα σε συσκευές όπως smartphones και tablets.

Η λειτουργία του NFC είναι αρκετά απλή, αρκεί να πλησιάσουν μεταξύ τους δύο συσκευές που υποστηρίζουν NFC για να αλληλεπιδράσουν και να ανταλλάξουν πληροφορίες σε αντίθεση με τις τεχνολογίες Bluetooth και WiFi στις οποίες προϋπόθεση για την επικοινωνία των συσκευών αποτελεί η εδραίωση της σύνδεσης (ενεργοποίηση-ανακάλυψη-σύζευξη).

Το πλαίσιο λειτουργίας της NFC τεχνολογίας ορίζει δύο τρόπους λειτουργίας τον ενεργό, κατά τον οποίο και οι δύο συσκευές παράγουν ένα RF σήμα μέσω του οποίου πραγματοποιείται η μεταφορά των δεδομένων, και τον παθητικό, κατά τον οποίο

μόνο η μία συσκευή παράγει RF σήμα ενώ η άλλη συσκευή λειτουργεί ως «στόχος» μεταφέροντας τα δεδομένα στην πρώτη χωρίς να τροφοδοτείται από εξωτερική πηγή ενέργειας. Σε εφαρμογές όπως η λιανική η τεχνολογία NFC χρησιμοποιείται, όπου μια συσκευή NFC μπορεί να λειτουργεί ως scanner διαβάζοντας πληροφορίες από RFID ετικέτες, σε οποιοδήποτε είδους πληρωμές και ως επαγγελματική κάρτα, για την ανταλλαγή των στοιχείων των επαφών που είναι καταχωρημένες στις συσκευές μας.

4. Narrow Band IoT

Για τη διασύνδεση συσκευών στο IoT χρησιμοποιήθηκαν τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας. Με τη περαιτέρω ανάπτυξη του “Internet of Things”, το πρόβλημα που εμφανίστηκε είναι ότι τα υπάρχοντα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας δεν μπορούσαν να υποστηρίξουν την ταυτόχρονη σύνδεση στο διαδίκτυο χιλιάδων συσκευών που είναι στον ίδιο χώρο, ενώ η κατανάλωση ενέργειας είναι αρκετά μεγάλη. Γι’ αυτό το λόγο επινοήθηκε η Narrow-Band IoT (NB-IoT). Πρόκειται για μία τεχνολογία σύνδεσης συσκευών μέσω δικτύων κινητής επικοινωνίας όπου η κατανάλωση ενέργειας κινείται σε πολύ χαμηλά επίπεδα, επιτρέποντας την ταυτόχρονη σύνδεση στο διαδίκτυο μεγάλου αριθμού συσκευών.

2.4 Ασφάλεια

Το περιβάλλον ενός συστήματος Internet of Things θα πρέπει να δομηθεί με τέτοιο τρόπο ώστε να διασφαλίζει την ασφάλεια και να παρέχει ευκολία στη χρήση. Αφού σε ένα σύστημα IoT κάθε έξυπνο αντικείμενο έχει τη δυνατότητα να συνδέεται με κάποιο άλλο έξυπνο αντικείμενο δημιουργούνται θέματα ασφαλείας και ιδιωτικότητας. Όσο πιο αυτόνομο είναι ένα αντικείμενο τόσες περισσότερες πρωτοβουλίες μπορεί να πάρει και αναδύονται περισσότερα θέματα με την ασφάλεια. Οι βασικές αρχές που θα πρέπει να διασφαλιστούν είναι:

- Εμπιστευτικότητα
- Ιδιωτικότητα
- Ακεραιότητα
- Διαθεσιμότητα
- Αυθεντικότητα
- Αξιοπιστία
- Έλεγχος Πρόσβασης

Βασικές Απαιτήσεις Ασφάλειας

Εμπιστευτικότητα

Οι υπηρεσίες IoT μπορεί να εμπεριέχουν ευαίσθητα δεδομένα και πληροφορίες. Για αυτό το λόγο θα πρέπει να είναι διασφαλισμένα σχετικά με τους χρήστες που τα διαχειρίζονται. Η εμπιστευτικότητα μπορεί να επιτευχθεί μέσω συμμετρικής ή ασύμμετρης κρυπτογράφησης.

Ιδιωτικότητα

Όπως έχει ήδη αναφερθεί το σύστημα IoT εμπεριέχει προσωπικά δεδομένα των χρηστών. Θα πρέπει να χρησιμοποιούνται τεχνικές στις ροές πληροφοριών (Information Flow Control) ώστε να δίνουν τη δυνατότητα στα μεταδιδόμενα δεδομένα να χαρακτηρίζονται ως προς το λόγο μεταφοράς τους και με αυτό τον τρόπο να προστατεύονται τα προσωπικά δεδομένα του χρήστη. Παράλληλα μπορούν να χρησιμοποιηθούν πρωτόκολλα ελέγχου πρόσβασης και τεχνικές που βοηθούν στην προστασία της ανωνυμίας.

Ακεραιότητα

Στα πλαίσια του IoT μεταδίδονται σημαντικά δεδομένα με φορείς όπως κυβερνητικές αρχές και πάροχοι υπηρεσιών διαδικτύου οπότε είναι απαραίτητης σημασίας η ακεραιότητα των δεδομένων ώστε να μην αλλοιώνονται. Αυτό επιτυγχάνεται με συναρτήσεις κατακερματισμού και κώδικες αυθεντικοποίησης μηνύματος.

Διαθεσιμότητα

Σε ένα IoT περιβάλλον θα υπάρχουν κόμβοι που λειτουργούν ως εξυπηρετητές/διακομιστές. Σε αυτή τη περίπτωση θα πρέπει οι πληροφορίες αυτές να είναι ανά πάσα στιγμή διαθέσιμες στους χρήστες. Αυτό συνήθως αποτελεί αντικείμενο συμφωνιών σε επίπεδο υπηρεσιών μεταξύ χρηστών και παρόχων.

Αυθεντικότητα

Σχετίζεται με την επαλήθευση ταυτότητας κάποιου χρήστη. Αυτό όμως θα πρέπει να επιτυγχάνεται από τις δυο πλευρές. Ο αποδέκτης των δεδομένων θα πρέπει να είναι σίγουρος για τη ταυτότητα του αποστολέα και την αυθεντικότητα της πηγής αλλά και ο πάροχος των δεδομένων οφείλει να ταυτοποιεί τον αποδέκτη της πληροφορίας. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν αλγόριθμοι αυθεντικοποίησης.

Αξιοπιστία

Θα πρέπει τα συστήματα IoT να εξασφαλίζουν την αξιοπιστία που παρέχουν. Αυτό περιλαμβάνει και τα σωστά δεδομένα τα οποία θα πρέπει να ανανεώνονται συστηματικά και μεταδίδονται σωστά.

Έλεγχος Πρόσβασης

Οι μηχανισμοί ελέγχου πρόσβασης αναλαμβάνουν να υλοποιούν μοντέλα για τη διασφάλιση της εξουσιοδοτημένης πρόσβασης σε δεδομένα και πόρους, λαμβάνοντας αποφάσεις βάσει ενός μοντέλου ελέγχου πρόσβασης. Το βασικό στοιχείο που χρησιμοποιείται είναι οι λίστες ελέγχου πρόσβασης που καθορίζουν τα δικαιώματα των χρηστών και ταυτόχρονα υπάρχει ένας έλεγχος πρόσβασης που στηρίζεται στο ρόλο των χρηστών.

Ασφάλεια στην Αρχιτεκτονική

Εκτός από θέματα ασφάλειας που προκύπτουν από τα δίκτυα αισθητήρων το διαδίκτυο και τις κινητές επικοινωνίες δημιουργούνται και θέματα ασφάλειας που προκύπτουν με την αποθήκευση των δεδομένων. Τα RFID συστήματα έρχονται πρώτα σε επαφή με τις εκάστοτε πληροφορίες και για αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται τεχνικές όπως οι ψηφιακές υπογραφές και η κρυπτογράφηση για να επιτευχθεί η εμπιστευτικότητα. Ανασταλτικός παράγοντας που προκύπτει κατά τη μετάδοση δεδομένων είναι η πολυπλοκότητα των δικτύων και των τεχνολογιών. Προκύπτουν πολυπλοκότητες που δυσχεραίνουν την ανάπτυξη εμπιστοσύνης στις επικοινωνίες των ΙοΤ κόμβων.

Μια αρχιτεκτονική ΙοΤ χωρίζεται σε τρία επίπεδα: Επίπεδο Αντίληψης, Επίπεδο Μεταφοράς και Επίπεδο Εφαρμογών. Για να επιτευχθεί ασφάλεια θα πρέπει να γίνει σαφές το αντικείμενο που κάθε φορά θα πρέπει να διασφαλιστεί ανάλογα με το επίπεδο αρχιτεκτονικής στο οποίο βρίσκεται.

Ασφάλεια στο Επίπεδο Αντίληψης

Το επίπεδο αυτό είναι υπεύθυνο για τη συλλογή πληροφοριών και συμπεριλαμβάνονται οι τεχνολογίες RFID και WSN.

1. RFID

Η τεχνολογία RFID που χρησιμοποιείται ευρέως βρίσκεται αντιμέτωπη με μια σειρά από προβλήματα:

Ενιαία Κωδικοποίηση

Εάν δεν υπάρχει ενιαία κωδικοποίηση προκύπτουν ζητήματα ανάγνωσης από τον RFID αναγνώστη.

Συνωστισμός Δεδομένων

Όταν υπάρχει συνωστισμός δεδομένων δημιουργείται μια σύγκυση κατά τη διαδικασία ανάγνωσης με αποτέλεσμα η μη επίτευξή της. Θα πρέπει να χρησιμοποιούνται τεχνικές κατά των συγκρούσεων (Anti-collision) των δεδομένων που θα τα τοποθετεί σε σειρά.

Ιδιωτικότητα

Η ανάγκη για χαμηλού κόστους συστημάτων RFID οδήγησε στο περιορισμό των υπολογιστικών τους πόρων. Θα πρέπει να βρεθούν αξιόπιστες λύσεις σε θέματα ιδιωτικότητας που δεν θα απαιτούν μεγάλη επεξεργαστική ισχύ. Μπορεί να είναι φυσικές είτε να στηρίζονται σε κωδικούς.

Διαχείριση Εμπιστευτικότητας

Εδώ η ψηφιακή υπογραφή μπορεί να αποτελέσει σημαντικό ρόλο στη διασφάλιση της εμπιστευτικότητας των δεδομένων. Εδώ χρησιμοποιούνται αλγόριθμοι και πρωτόκολλα κρυπτογραφίας.

2. WSN

Τα δίκτυα αισθητήρων WSN πάσχουν σε θέματα επεξεργαστικών ικανοτήτων, χωρητικότητας και εμβέλειας. Αφού είναι υπεύθυνα για τη συλλογή δεδομένων, αυτά τα δεδομένα μπορεί να είναι εκτεθειμένα σε πιθανές υποκλοπές, αλλοιώσεις περιεχομένου και παράνομη αναδρομολόγηση. Αυτό επηρεάζει σημαντικά ένα ΙοΤ σύστημα. Τα προβλήματα που θα πρέπει να αντιμετωπιστούν:

Αλγόριθμοι Κρυπτογραφίας

Η κρυπτογράφηση μπορεί να δώσει λύση αφού τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων απαιτούν υψηλό επίπεδο ασφαλείας. Βέλτιστη λύση αποτελούν οι συμμετρικοί αλγόριθμοι κρυπτογράφηση αφού σε αντίθεση με τους ασύμμετρους δεν απαιτούν ιδιαίτερους πόρους.

Διαχείριση Κλειδιών

Όταν αναφερόμαστε σε διαχείριση κλειδιών εννοούμε τη παραγωγή τους, τη διανομή τους, την αποθήκευσή τους, την ανανέωσή τους και την καταστροφή τους. Η διανομή του κλειδιού στους νόμιμους αποδέκτες θα πρέπει να έχει στόχο να μην είναι απαιτητική σε πόρους. Έρευνες σε αυτό το τομέα προσανατολίζονται στην ανάπτυξη αλγορίθμων που θα συνδυάζουν τη φιλοσοφία των συμμετρικών ασύμμετρων κρυπτοσυστημάτων, αξιοποιώντας ταυτόχρονα τα πλεονεκτήματά τους για την ασφαλή διαχείριση κλειδιού.

Πρωτόκολλα για Ασφαλή Δρομολόγηση

Υπάρχουν περιορισμοί σε ενεργειακά αποθέματα, χωρητικότητα και επεξεργαστική ισχύ που δεν επιτρέπουν την εφαρμογή παραδοσιακών πρωτοκόλλων δρομολόγησης στα ασύρματα δίκτυα. Για να εξασφαλιστεί η αυθεντικότητα και η ακεραιότητα των δεδομένων πρέπει να εξειδικευτούν οι έρευνες σε πρωτόκολλα που μπορούν να εστιάσουν σε θέματα ενεργειακής κατανάλωσης.

Διαχείριση Εμπιστοσύνης των Κόμβων

Ο μοναδικός τρόπος επικοινωνίας κόμβων και σταθμών βάσης καθιστούν τα συστήματα WSN ευάλωτα σε επιθέσεις. Για αυτό το λόγο θα πρέπει, εκτός από κρυπτογραφικούς αλγόριθμους, να αναπτυχθεί ένα σύστημα διαχείρισης εμπιστοσύνης των κόμβων. Αυτό περιλαμβάνει μηχανισμούς μέτρησης λαθών, τυποποίηση σχέσεων εμπιστοσύνης και τη τακτική ανανέωσή τους.

Πρόβλημα Ετερογένειας

Σε ένα περιβάλλον IoT υπάρχει μεγάλος όγκος δεδομένων που πρέπει να συλλεχθεί, να επεξεργαστεί και να αποθηκευτεί. Τα δεδομένα αυτά όμως συλλέγονται με διαφορετικούς τρόπους και διαφορετικά πρωτόκολλα. Άρα πρέπει πρώτα να ομογενοποιηθούν τα δεδομένα, οπότε προκύπτουν ζητήματα συμβατότητας.

Ασφάλεια στο Επίπεδο Μεταφοράς

Το επίπεδο μεταφοράς περιλαμβάνει τη μετάδοση των πληροφοριών και την αποθήκευσή τους για χρήση σε εφαρμογές ανωτέρου επιπέδου. Βασικό ζήτημα ασφάλειας είναι στο ζήτημα στο επίπεδο του Wi-Fi.

Στα πλαίσια του IoT, οι εφαρμογές Wi-Fi που χρησιμοποιούνται περιλαμβάνουν browsers για τη περιήγηση στο διαδίκτυο και εφαρμογές ανταλλαγής μηνυμάτων ηλεκτρονικού ταχυδρομείου. Η έννοια της ασφάλειας κατέχει σημαντική θέση. Για να αντιμετωπιστούν αυτά τα θέματα ασφαλείας χρησιμοποιούνται έλεγχοι πρόσβασης και μηχανισμοί κρυπτογράφησης του δικτύου.

Ο έλεγχος πρόσβασης αφορά ώστε μόνο πιστοποιημένοι χρήστες έχουν πρόσβαση στο διαδίκτυο ενώ η κρυπτογράφηση διασφαλίζει πως μόνο ο αποδέκτης που έχει πρόσβαση στο κλειδί θα έχει και τη δυνατότητα αποκρυπτογράφησης των δεδομένων. Τα πρωτόκολλα WPA/WPA2 χρησιμοποιούνται ως μέθοδοι κωδικοποίησης.

Ασφάλεια στο Επίπεδο Εφαρμογών

Αυτό το επίπεδο υποστηρίζει όλα τα είδη επιχειρηματικών λειτουργιών, κάνει έξυπνους υπολογισμούς, επεξεργάζεται τα εισερχόμενα δεδομένα και συνεισφέρει στη λήψη αποφάσεων. Ταυτόχρονα μπορεί να φιλτράρει και τα κακόβουλα δεδομένα. Ο όγκος των δεδομένων που θα κληθεί να υποστηρίξει είναι μεγάλος οπότε πρέπει να έχει μεγάλα αποθέματα αποθηκευτικού χώρου και να μπορεί γραμμικά να επεκταθεί η χωρητικότητά του. Το λογισμικό θα πρέπει να διαχειριστεί εισερχόμενα μηνύματα που μπορεί να έχουν ένα χρόνο ζωής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Η ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ 4.0

3.1 Εισαγωγή

Η Τέταρτη Βιομηχανική Επανάσταση (ή Βιομηχανία 4.0) είναι η συνεχιζόμενη αυτοματοποίηση των παραδοσιακών βιομηχανικών και βιομηχανικών πρακτικών, χρησιμοποιώντας σύγχρονη έξυπνη τεχνολογία. Η επικοινωνία από μηχανή σε μηχανή μεγάλης κλίμακας (M2M) και το Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT) είναι ενσωματωμένα για αυξημένο αυτοματισμό, βελτιωμένη επικοινωνία και αυτοπαρακολούθηση και παραγωγή έξυπνων μηχανών που μπορούν να αναλύσουν και να διαγνώσουν ζητήματα χωρίς την ανάγκη ανθρώπινης παρέμβασης.

Η φράση Τέταρτη Βιομηχανική Επανάσταση εισήχθη για πρώτη φορά από μια ομάδα επιστημόνων που ανέπτυξε μια στρατηγική υψηλής τεχνολογίας για τη γερμανική κυβέρνηση. Ο Klaus Schwab, εκτελεστικός πρόεδρος του Παγκόσμιου Οικονομικού Φόρουμ, παρουσίασε τη φράση σε ένα ευρύτερο κοινό σε ένα άρθρο του 2015 που δημοσιεύθηκε από τις Εξωτερικές Υποθέσεις. Davos-Klosters, Ελβετία. Στις 10 Οκτωβρίου 2016, το Φόρουμ ανακοίνωσε την έναρξη του Κέντρου για την Τέταρτη Βιομηχανική Επανάσταση στο Σαν Φρανσίσκο. Αυτό ήταν επίσης θέμα και τίτλος του βιβλίου του Schwab για το 2016. Η Schwab περιλαμβάνει σε αυτήν την τέταρτη εποχή τεχνολογίες που συνδυάζουν υλικό, λογισμικό και βιολογία (κυβερνο-φυσικά συστήματα) και υπογραμμίζει τις εξελίξεις στην επικοινωνία και τη συνδεσιμότητα.

Η Schwab αναμένει ότι η εποχή αυτή θα σηματοδοτηθεί από καινοτομίες σε αναδυόμενες τεχνολογίες σε τομείς όπως η ρομποτική, η τεχνητή νοημοσύνη, η νανοτεχνολογία, η κβαντική πληροφορική, η βιοτεχνολογία, το διαδίκτυο των πραγμάτων, το βιομηχανικό διαδίκτυο των πραγμάτων, η αποκεντρωμένη συναίνεση, οι ασύρματες τεχνολογίες πέμπτης γενιάς, η εκτύπωση 3D, και πλήρως αυτόνομα οχήματα.

Στην πρόταση Great Reset του Παγκόσμιου Οικονομικού Φόρουμ, η Τέταρτη Βιομηχανική Επανάσταση περιλαμβάνεται ως Στρατηγική Νοημοσύνη στη λύση για την ανοικοδόμηση της οικονομίας με βιώσιμο τρόπο μετά την πανδημία COVID-19.

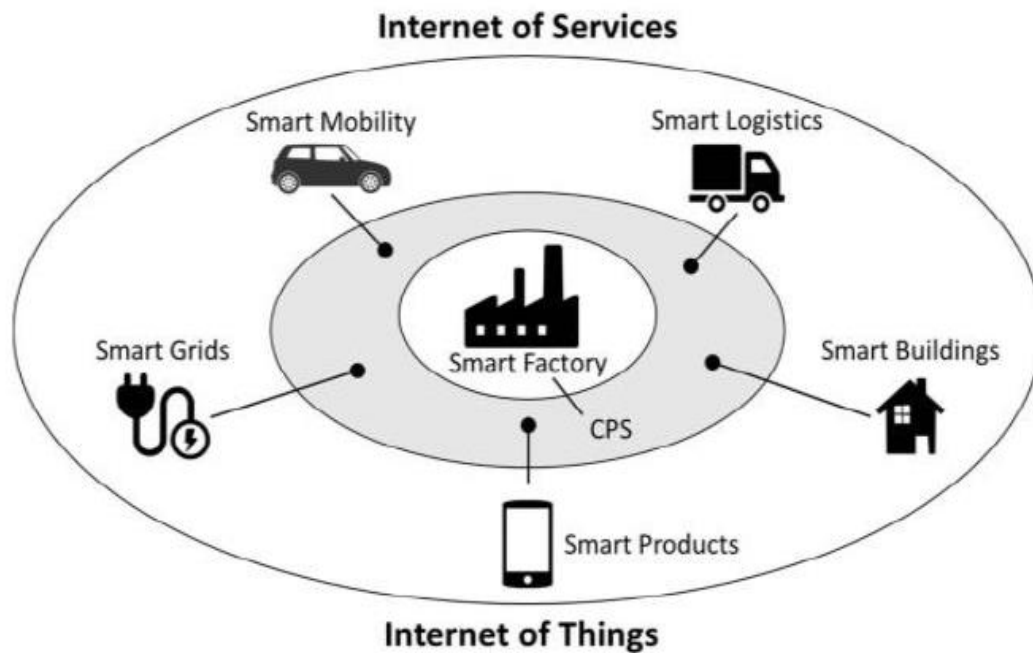
3.2 Ορισμός

Η υιοθέτηση της τεχνολογίας της Πληροφορικής και των Τηλεπικοινωνιών στη μεταποιητική βιομηχανία ξεκίνησε τη δεκαετία του 1970. Ωστόσο, οι βασικές ιδέες

του Industry 4.0 δημοσιεύθηκαν για πρώτη φορά το 2011 (Kagermann H, 2011). Την ίδια χρονιά υπήρξε μια στρατηγική πρωτοβουλία της γερμανικής κυβέρνησης η οποία συμπεριλήφθηκε στο «Σχέδιο δράσης για τη στρατηγική υψηλής τεχνολογίας έως το 2020». Παρόμοιες στρατηγικές έχουν επίσης προταθεί σε άλλες βιομηχανικές χώρες, π.χ. σε ευρωπαϊκό επίπεδο ο αντίστοιχος όρος είναι "Εργοστάσια του μέλλοντος", στις ΗΠΑ "Βιομηχανικό Διαδίκτυο" και στην Κίνα "Internet +".

Παρά το μεγάλο ενδιαφέρον για το Industry 4.0 παγκοσμίως, δεν υπάρχει κάποιος συγκεκριμένος ορισμός για αυτό. Ορίζεται ως «η ολοκλήρωση σύνθετων φυσικών μηχανών και συσκευών με δίκτυα αισθητήρων και προγραμμάτων λογισμικού, και το τελευταίο χρησιμοποιείται για την πρόβλεψη, τον έλεγχο και το σχεδιασμό καλύτερων επιχειρηματικών και κοινωνικών αποτελεσμάτων» (Consortium, The Industrial Internet, 2018). Ένας άλλος ορισμός είναι «ένα νέο οργανωτικό και διοικητικό επίπεδο στην αλυσίδα αξίας σε όλη τη διάρκεια ζωής των προϊόντων» (Kagermann H, Helbig J ., 2013). Επίσης έχει αναφερθεί και ως ένας «συλλογικός όρος για τεχνολογίες και ιδέες στην οργάνωση της αλυσίδας αξίας» (Hermann M, Pentek T, Otto B, 2015).

Έτσι, η έννοια του Industry 4.0 μπορεί να γίνει αντιληπτή ως στρατηγική για την ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας στο μέλλον. Επικεντρώνεται στη βελτιστοποίηση της αλυσίδας αξίας των προϊόντων λόγω της εφαρμογής αυτοτελούς ελέγχου και δυναμικής παραγωγής. Καλύπτει το σχεδιασμό και την υλοποίηση ανταγωνιστικών προϊόντων και υπηρεσιών, τη διοίκηση ισχυρών και ευέλικτων συστημάτων εφοδιασμού και παραγωγής (Kempf, 2018).



Εικόνα 3.1: Διαδίκτυο των Αντικειμένων (IoT) – εφαρμογή στο πλαίσιο του Industry 4.0.

Προκειμένου να επιτευχθεί η διόγκωση της αυτοματοποίησης, οι τεχνολογικές έννοιες των Κυβερνο-Φυσικών Συστημάτων (CyberPhysical Systems-CPS) μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να λειτουργήσουν αυτόνομα και να αλληλεπιδρούν με το περιβάλλον παραγωγής τους μέσω μικροελεγκτών, ενεργοποιητών, αισθητήρων και διεπαφών επικοινωνίας (Broy M, Kargermann H, Achatz R., 2010). Ωστόσο, η εισαγωγή τόσο του CSP όσο και του IoT, όπου τα αντικείμενα πρέπει να ξεκινήσουν μια διαδικασία προετοιμασίας, σχεδιασμού, προγραμματισμού, βελτιστοποίησης, καθώς επίσης εργασίες για εργαλεία, και ανθρώπινο δυναμικό αν είναι απαραίτητο, οδηγεί σε μία 4η Βιομηχανική Επανάσταση στο εγγύς μέλλον (Πίνακας 3.1).

	Παρελθόν	Παρόν	Μέλλον
Σύστημα επικοινωνιών	Αναλογικό	Διαδίκτυο και Εσωτερικό Δίκτυο	Δίκτυο Αντικειμένων Δίκτυο Κυβερνο-Φυσικών Συστημάτων
Έννοια	Νέο-Τειλορισμός	Λιτή Παραγωγή (Lean Manufacturing)	Έξυπνη Παραγωγή
Λύση	Μηχανοποίηση και Αυτοματισμός	Αυτοματοποίηση και εφαρμογή υπολογιστικής	Αποϋλοποίηση (Virtualisation) και ολοκλήρωση

Πίνακας 3.1: Εξέλιξη της παραγωγής.

Το CPS είναι παρόμοιο με το IoT, καθώς μοιράζεται την ίδια βασική αρχιτεκτονική. Ωστόσο, παρουσιάζει υψηλότερο βαθμό συνδυασμού και συντονισμού μεταξύ φυσικών και υπολογιστικών στοιχείων.

Το Industry 4.0 χαρακτηρίζεται επιπρόσθετα από τις εξής έννοιες: έξυπνο προϊόν, έξυπνο μηχάνημα και ενισχυμένος χειριστής. Η κύρια ιδέα του έξυπνου προϊόντος είναι να αλλάξει το ρόλο του τεμαχίου εργασίας από ένα παθητικό σε ένα ενεργό μέρος του συστήματος. Σε ένα τέτοιο σύστημα τα προϊόντα έχουν μνήμη για την αποθήκευση των λειτουργικών δεδομένων και των μεμονωμένων απαιτήσεων, και μπορούν να ζητήσουν τους απαιτούμενους πόρους και να συντονίσουν τις διαδικασίες παραγωγής για την ολοκλήρωσή τους.

Η έννοια της Έξυπνης Μηχανής επικεντρώνεται στην αντικατάσταση της παραδοσιακής ιεραρχίας στη παραγωγή από μία αποκεντρωμένη που οργανώνεται από μόνη της παραγωγή με επίκεντρο τα CPS συστήματα. Σε ένα τέτοιο σύστημα ανοικτά δίκτυα και σημασιολογικές περιγραφές επιτρέπουν την επικοινωνία μεταξύ των αυτόνομων CPS στοιχείων, ενώ τεχνητή νοημοσύνη σε επίπεδο μονάδας επιτρέπει την επικοινωνία με άλλες συσκευές, μονάδες παραγωγής και προϊόντα που κάνουν τη γραμμή παραγωγής ευέλικτη και αρθρωτή. Αυτό οδηγεί στην αυτο-οργάνωση των μηχανών εντός του δικτύου παραγωγής, την αυτόματη ενσωμάτωση και χωρίς προγραμματισμό ή ακόμα και αντικατάσταση νέων παραγωγικών μονάδων. Τέλος, ο Ενισχυμένος Χειριστής ασχολείται με την αυτοματοποίηση των γνώσεων καθιστώντας τη φυσική οντότητα πιο ευέλικτο και προσαρμοστικό μέρος στο σύστημα παραγωγής. Ένας τέτοιος εργαζόμενος έχει μπροστά του τη πρόκληση νέων θέσεων εργασίας όπως ο ορισμός προδιαγραφών, η παρακολούθηση και η επαλήθευση στρατηγικών παραγωγής. Την ίδια στιγμή μπορεί να παρεμβαίνει χειροκίνητα στο αυτόνομα οργανωμένο σύστημα παραγωγής. Του παρέχεται η υποστήριξη μέσα από κινητές, ευέλικτα διασυνδεδεμένες διεπαφές και συστήματα υποστήριξης φιλικές προς τον χρήστη. Του επιτρέπει να εκπληρώσει τις δυνατότητες και να έχει το ρόλο του στρατηγικά υπεύθυνου για τη λήψη αποφάσεων. Επίσης έχει τη γνώση ευέλικτων μηχανισμών επίλυσης προβλημάτων στη σταδιακά αυξανόμενη τεχνική πολυπλοκότητα.

3.3 Βασικά χαρακτηριστικά & θεμελιώδεις αρχές

Το Βιομηχανικό Διαδίκτυο είναι η σύνθεση αρκετών βασικών τεχνολογιών. Οι τελευταίες εξελίξεις στις τεχνολογίες των αισθητήρων, για παράδειγμα, συμβάλλουν

στο να παράγονται περισσότερα δεδομένα, διαφορετικοί τύποι δεδομένων, με περισσότερα ακρίβεια, αυτογνωσία και δυνατότητα πρόβλεψης για την εναπομένουσα ωφέλιμη ζωή τους. Παρομοίως, οι αισθητήρες πάνω στις παραγωγικές μηχανές διαθέτουν ειδικούς ελεγκτές που μπορούν να αυτο-αναλύσουν, αυτο-προβλέψουν και αυτο-συγκρίνουν, για παράδειγμα τις τρέχουσες ρυθμίσεις παραμέτρων και περιβάλλοντος με προκαθορισμένα βέλτιστα δεδομένα και κατώτατα όρια. Αυτό συμβάλλει στην αυτό-διάγνωση. Η τεχνολογία των αισθητήρων έχει μειωθεί δραματικά τα τελευταία χρόνια σε κόστος και μέγεθος. Αυτό έκανε τον χειρισμό των μηχανημάτων, διαδικασιών ακόμη και των ανθρώπινου δυναμικού οικονομικά και τεχνικά εφικτό.

Προηγμένες τεχνικές ανάλυσης μεγάλου όγκου δεδομένων (bigdataanalytics) αποτελούν επίσης βασικό μοχλό και παράγοντα που βοηθάει στην καλύτερη δυνατή επεξεργασία του ιστορικών δεδομένων, και να προβλέψει για το τι πραγματικά συμβαίνει μέσα σε μια μηχανή ή μια διαδικασία. Οι παραπάνω τεχνικές ανάλυσης και προβλέψεων μπορούν να παράσχουν ακριβή χρονοδιαγράμματα συντήρησης για μηχανήματα και παραγωγικά στοιχεία, διατηρώντας παράλληλα την παραγωγική τους λειτουργία και περιορίζοντας τις αναποτελεσματικές και το κόστος της περιττής συντήρησης. Αυτό επίσης επιταχύνθηκε από την εμφάνιση του υπολογιστικού νέφους (cloudcomputing) την τελευταία δεκαετία, όπου οι πάροχοι υπηρεσιών όπως το Microsoft Azure, Amazon Web Services (AWS) παρέχουν τεράστιες υποδομές υπολογιστών, αποθήκευσης και δικτύωσης που μειώνουν το κόστος της ανάλυσης μεγάλου όγκου δεδομένων.

Οι υποστηρικτές του νέου εγχειρήματος του Industry 4.0 ονομάζουν τέσσερα βασικά και ξεχωριστά χαρακτηριστικά:

1. Κάθετη ολοκλήρωση των έξυπνων συστημάτων παραγωγής

Τα έξυπνα εργοστάσια, τα οποία είναι ουσιαστικά ο πυρήνας του Industry 4.0, δεν μπορούν να λειτουργήσουν σε αυτόνομη βάση. Υπάρχει ανάγκη για τη δικτύωση έξυπνων εργοστασίων, έξυπνων προϊόντων, και άλλα έξυπνων συστημάτων παραγωγής. Ο βασικός σκοπός της κάθετης ολοκλήρωσης πηγάζει από τη χρήση των CPS συστημάτων τα οποία επιτρέπουν στα εργοστάσια και παραγωγικές μονάδες να αντιδρούν γρήγορα και ευέλικτα στις όποιες παραμέτρους όπως επίπεδα ζήτησης, επίπεδα αποθεμάτων, σφάλματα στις μηχανές και απρόβλεπτες καθυστερήσεις.

Ομοίως, η δικτύωση και η ολοκλήρωση περιλαμβάνουν επίσης υπηρεσίες έξυπνης εφοδιαστικής και μάρκετινγκ ενός οργανισμού καθώς και τις έξυπνες υπηρεσίες του,

δεδομένου ότι η παραγωγή είναι προσαρμοσμένη κατά τέτοιο τρόπο ώστε να είναι εξατομικευμένη και στοχοθετημένη στις απαιτήσεις των πελατών.

2. Οριζόντια ολοκλήρωση μέσω παγκόσμιων δικτύων αλυσίδας αξιών

Η ολοκλήρωση θα διευκολύνει τη δημιουργία και διατήρηση δικτύων που δημιουργούν και προσθέτουν αξία. Ειδικά αυτή μεταξύ επιχειρήσεων και πελατών. Ωστόσο, αυτό θα μπορούσε να σημαίνει και την ολοκλήρωση νέων επιχειρηματικών μοντέλων κατά μήκη και πλάτη χωρών και ηπείρων διαμορφώνοντας ένα παγκόσμιο δίκτυο.

3. Διάφανη υλοποίηση σε ολόκληρη την αλυσίδα αξίας

Ολόκληρη η αλυσίδα αξίας στη βιομηχανία υπόκειται σε αυτό που ονομάζεται διάφανη υλοποίηση, κατά την οποία ο πλήρης κύκλος ζωής του προϊόντος ιχνηλατείται από την παραγωγή έως τη απόσυρση. Σύμφωνα με άλλους μεταποιητικούς κλάδους, την ένδυση για παράδειγμα, το επίκεντρο θα ήταν στη διαδικασία μεταποίησης μόνο, δηλαδή στη διαμόρφωση, πώληση και διανομή του τελικού προϊόντος, ενώ κατόπιν η διαδικασία αδιαφορεί σχετικά με αυτό.

Για παράδειγμα, υπάρχει μικρή ανησυχία για το τι συμβαίνει σε ένα παραγόμενο πουκάμισο που έχει ατέλειες, πόσο μάλλον ποιες είναι οι μελλοντικές τάσεις των πωλήσεων, αφότου ο πελάτης το ρίχνει στα σκουπίδια. Ωστόσο, όταν αναφερόμαστε σε βιομηχανικά στοιχεία, η ποιότητα είναι το επίκεντρο. Συνεπώς, πρέπει η παραγωγή να επικεντρώνεται στην ποιότητα και την ικανοποίηση των πελατών. Έτσι ο παραγωγός πρέπει να δημιουργήσει προϊόντα που να ανταποκρίνονται στις προσδοκίες του πελάτη.

Για παράδειγμα, ο ιδιοκτήτης ενός MercedesBenz αυτοκινήτου θα περιμένει ότι έχει παραχθεί από βιομηχανικά στοιχεία με την υψηλότερη δυνατή ποιότητα και συνεπώς θα έχει τη κάθε δυνατή υποστήριξη μετά από κάποιο έλεγχο συντήρησης. Το Industry 4.0 καλύπτει τόσο τη διαδικασία παραγωγής όσο και το συνολικό κύκλο ζωής του προϊόντος.

4. Επιτάχυνση της παραγωγής

Οι επιχειρησιακές δραστηριότητες, ιδίως εκείνες που εμπλέκονται στη παραγωγή κάνουν χρήση πολλών τεχνολογιών, οι περισσότερες δεν είναι καινοτόμες ή ακριβές, και οι περισσότερες από αυτές ήδη υπάρχουν. Όπως φαίνεται από τα παραπάνω τέσσερα χαρακτηριστικά του Industry 4.0, το νέο πλαίσιο επικεντρώνεται κατά πολύ στην έννοια της αλυσίδας αξίας.

Μία από τις βασικές αρχές του Industry 4.0 είναι η διασύνδεση συστημάτων, μηχανών και παραγωγικών μονάδων προκειμένου να δημιουργηθούν έξυπνα δίκτυα κατά μήκος της αλυσίδας αξίας τα οποία μπορούν να λειτουργούν ξεχωριστά και να ελέγχουν το ένα το άλλο με αυτόνομο αλλά συνεκτικό τρόπο. Το Industry 4.0 χαρακτηρίζεται από έξι αρχές ως προς τον σχεδιασμό του τις οποίες οι βιομηχανίες και παραγωγικές επιχειρήσεις λαμβάνουν υπόψη τους σε όποιες προσπάθειες αυτοματοποίησης ή ψηφιοποίησης των παραγωγικών τους διαδικασιών.

- Διαλειτουργικότητα (Interoperability)

Η διαδικασία παραγωγής δεν ακολουθεί απλώς ένα προκαθορισμένο σύνολο μεθόδων ή βήματα και δεν αφορά μόνο τους ανθρώπους, τις μηχανές και τις διαδικασίες που είναι άμεσα εμπλεκόμενοι. Η διαλειτουργικότητα απαιτεί την αλληλεπίδραση μέσα ένα ολόκληρο περιβάλλον και την ευέλικτη συνεργασία μεταξύ όλων των στοιχείων. Για παράδειγμα, οι σταθμοί συναρμολόγησης δεν ξεχωρίζουν από τα προϊόντα που δημιουργούνται ή από τους ανθρώπους που δουλεύουν πάνω σε αυτούς.

Η διαλειτουργικότητα αναφέρεται στη δυνατότητα όλων των οντοτήτων να συνδέονται, επικοινωνούν και να λειτουργούν μεταξύ τους μέσω του Διαδικτύου των Αντικειμένων (IoT). Αυτό περιλαμβάνει τους ανθρώπους, τα έξυπνα εργοστάσια και τις σχετικές τεχνολογίες.

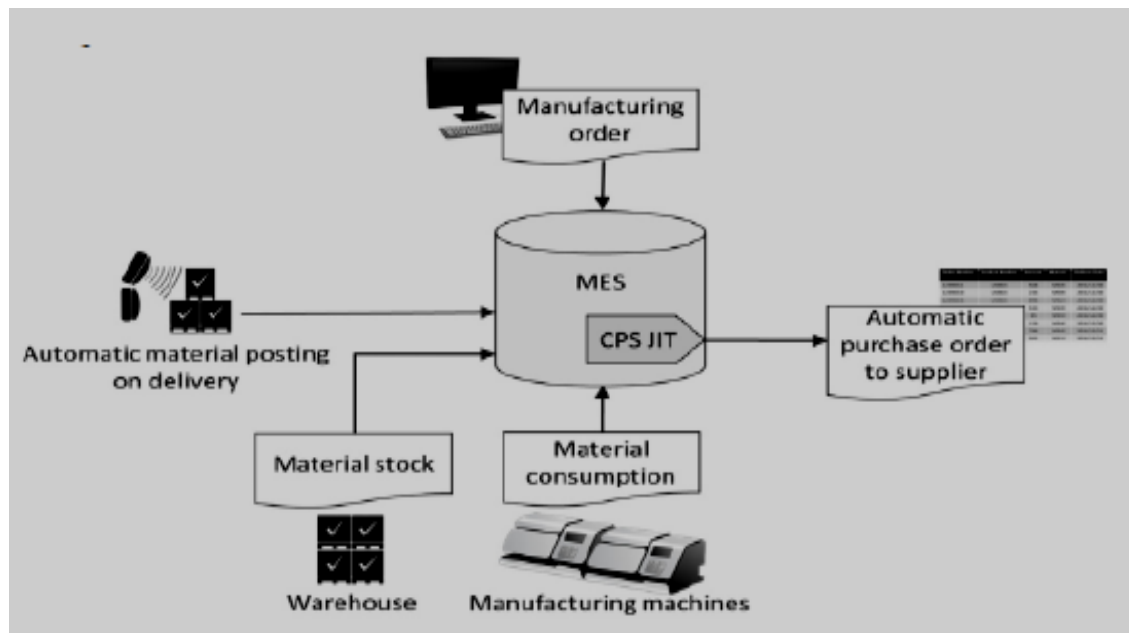
- Αποϋλοποίηση (Virtualisation)

Η παρακολούθηση των πραγματικών διεργασιών και φυσικών μηχανών πραγματοποιείται στο φυσικό κόσμο και τα δεδομένα που λαμβάνονται από τους αισθητήρες θα είναι διαθέσιμα σε εικονικά μοντέλα ή μοντέλα που δημιουργούνται μέσω προσομοίωσης. Οι μηχανικοί και οι σχεδιαστές επί των παραγωγικών διαδικασιών μπορούν τότε να προσαρμόσουν, να αλλάξουν και να δοκιμάσουν αλλαγές ή αναβαθμίσεις σε ένα εικονικό περιβάλλον, χωρίς να επηρεάσουν τις φυσικές διαδικασίες.

Οι παραγωγικές επιχειρήσεις στην εγκατάσταση του Industry 4.0 θα χρησιμοποιήσουν τότε ένα «εικονικό δίδυμο» (virtualtwin) του σχεδίου ενός έξυπνου εργοστασίου για να ενισχύσουν σημαντικά τις υπάρχουσες διαδικασίες και προϊόντα δημιουργώντας νέες παραγωγικές διαδικασίες και μειώνοντας το χρόνο δημιουργίας κερδών από τη διαθεσιμότητα νέων προϊόντων.

- Αποκέντρωση (Decentralisation)

Το Industry 4.0 υποστηρίζει την αποκέντρωση, η οποία επιτρέπει στα διάφορα συστήματα μέσα στο έξυπνο εργοστάσιο να λαμβάνουν αποφάσεις αυτόνομα, χωρίς να αποκλίνουν από την πορεία προς τον ενιαίο, τελικό οργανωτικό στόχο.



Εικόνα 3.2: παράδειγμα εφαρμογής Cyber-Physical Συστημάτων σε μοντέλο παραγωγής και διανομής βάση της ζήτησης (Just-In-Time).

- Δυνατότητα λειτουργίας σε πραγματικό χρόνο (Real-time capability)

Οι προσπάθειες του Industry 4.0 επικεντρώνονται επίσης στην υλοποίηση των πάντων σε πραγματικό χρόνο, κάτι το οποίο απαιτεί τη συλλογή δεδομένων από την παραγωγική διαδικασία, την ανατροφοδότηση και τη παρακολούθηση των διαδικασιών επίσης σε πραγματικό χρόνο.

Για παράδειγμα σε ένα μοντέλο παραγωγής και διανομής βάση της ζήτησης (Just-in-time) η λειτουργία και ο έλεγχος αυτής γίνεται σε τέσσερα βασικά σημεία:

a. Φυσικός κόσμος: Ο σχεδιασμός και υλοποίηση της ροής των φυσικών υλικών βασίζεται σε παραμέτρους όπως οι βιομηχανικές παραγγελίες, το απόθεμα στην αποθήκη, η κατανάλωση των υλικών και η παράδοση/διαθεσιμότητα των υλικών.

b. Συλλογή δεδομένων: Η συλλογή εκτελείται σε συγκεκριμένες γεωγραφικές/τοπολογικές διαστάσεις και επικεντρώνεται στη συγκέντρωση επαρκούς δείγματος.

c. Κυβερνο-κόσμος: οι παραγωγικές διαδικασίες μοντελοποιούνται σε ένα εικονικό κόσμο που αναπαριστούν τη ροή των υλικών ακόμη και τη παραγγελία των πρώτων υλών.

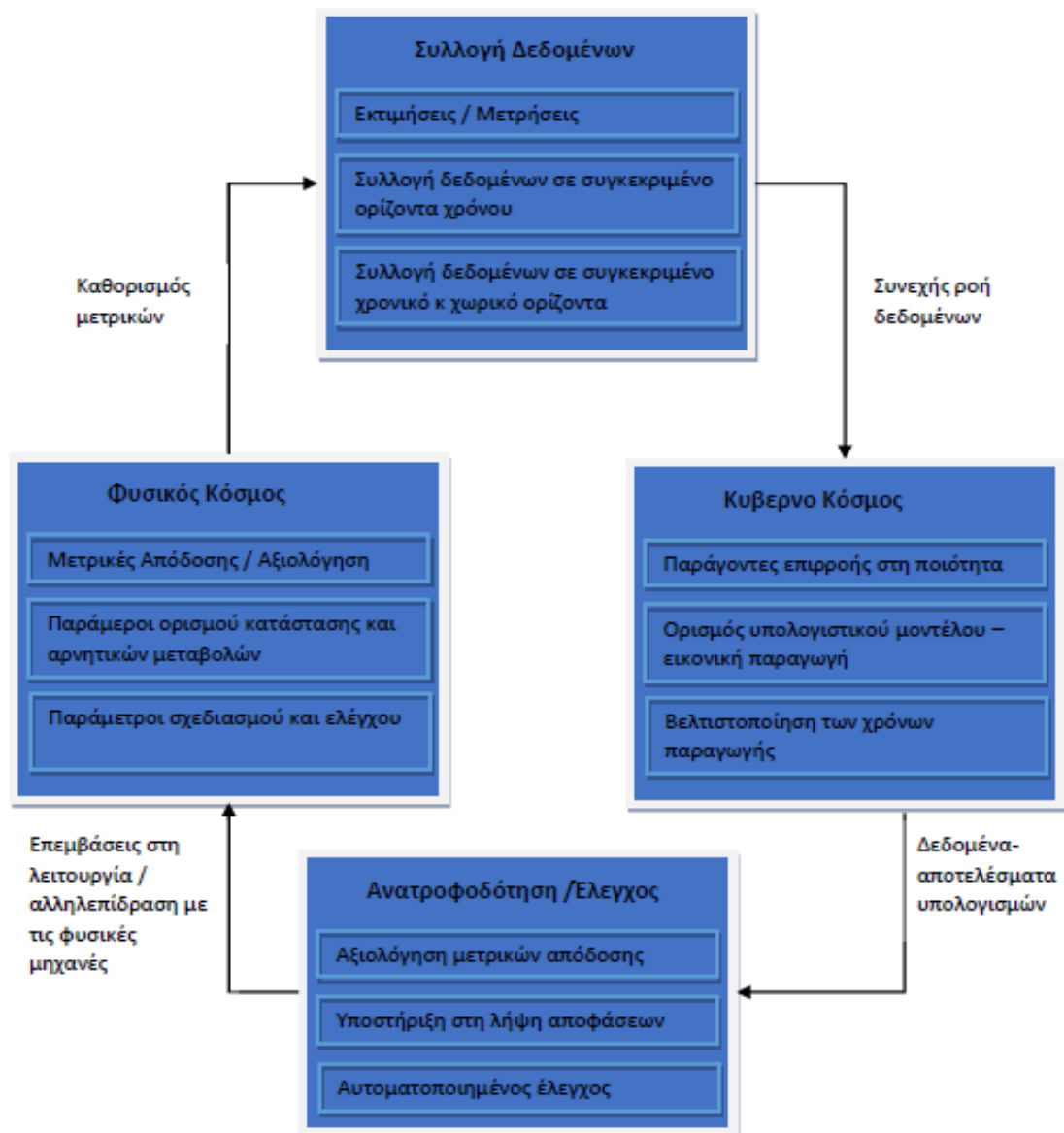
d. Ανατροφοδότηση / Έλεγχος: Η διαδικασία ανατροφοδότησης ελέγχεται αυτόματα όπως επίσης και οι αποφάσεις σχετικά με διορθωτικές ενέργειες εκτελούνται αυτόματα, είναι όμως ορατές / προσβάσιμες στο ανθρώπινο δυναμικό.

- Υπηρεσιο-Κεντρική Αρχιτεκτονική (ServiceOrientation)

Το IoT δημιουργεί δυναμικές υπηρεσίες τις οποίες μπορούν προγράμματα ή υπηρεσίες τρίτων να κάνουν χρήση. Συνεπώς, εσωτερικές και εξωτερικές υπηρεσίες θα εξακολουθήσουν να απαιτούνται από τα έξυπνα εργοστάσια, για αυτό και το IoT είναι τόσο σημαντικό συστατικό στοιχείο του Industry 4.0.

- Οργάνωση σε ενότητες (Modularity)

Η ευελιξία είναι επίσης μια άλλη βασική αρχή στο σχεδιασμό του Industry 4.0 έτσι ώστε τα έξυπνα εργοστάσια να μπορούν εύκολα να προσαρμόζονται στις μεταβαλλόμενες συνθήκες και τις απαιτήσεις. Σχεδιάζοντας και παράγοντας προϊόντα, γραμμές παραγωγής και παραγωγικά συστήματα, το έξυπνο εργοστάσιο διαθέτει την ευελιξία και την ευκολία της προσαρμογής να μπορεί να αλλάξει κάτι από τα παραπάνω. Με λίγα λόγια, οι παραγωγικές μονάδες θα μπορούν να εξασφαλίσουν ότι θα μπορούν μεμονωμένες γραμμές παραγωγής να αντικατασταθούν, χωρίς να επηρεάσουν τον κορμό της παραγωγής (Εικόνα 3.3).



Εικόνα 3.3: κύκλωμα ελέγχου και επεμβάσεων στη παραγωγή είτε συνολικά ή σε μεμονωμένες μονάδες.

3.4 Τεχνολογικές τάσεις στην βιομηχανική παραγωγή 4.0

Εννέα τεχνολογικές τάσεις έχουν προσδιοριστεί ως κύρια εργαλεία για τη διαμόρφωση της βιομηχανικής παραγωγής 4.0.



Εικόνα 3.4: Εννέα τεχνολογίες – καταλύτες εξέλιξης της βιομηχανικής παραγωγής (Industry 4.0).

1. Ανάλυση Μεγάλου Όγκου Δεδομένων (Big Data Analytics)

Ο τομέας της σύγχρονης μεταποίησης βρίσκεται αντιμέτωπος με την αύξηση του όγκου των δεδομένων από διάφορες πηγές και υπάρχει ανάγκη να συγκεντρωθούν όλα αυτά τα δεδομένα, να ταξινομηθούν και οργανωθούν με συνεκτικό τρόπο και να γίνει χρήση εργαλείων ανάλυσης για την υποστήριξη των διαφόρων αποφάσεων της διοίκησης.

Οι επιχειρήσεις δεν έχουν πλέον την πολυτέλεια να αγνοούν τα δεδομένα που εισέρχονται, καθώς θα μπορούσαν να αποδειχθούν πολύ χρήσιμα για τη βελτιστοποίηση της παραγωγής, της ποιότητας και της εξυπηρέτησης, τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας της παραγωγικής διαδικασίας.

Για παράδειγμα, τα δεδομένα μπορούν να συλλεχθούν από τις διάφορες φάσεις της παραγωγικής διαδικασίας. Οι μεγάλοι όγκοι δεδομένων θα αναλυθούν σε συσχέτιση μεταξύ τους, προκειμένου να προσδιοριστούν οι φάσεις με περιττές διαδικασίες που μπορούν να εξορθολογιστούν. Οι συσχετίσεις αυτές είναι:

- Συνδέσεις που σχετίζονται με αισθητήρες και δίκτυα.
- Υπηρεσίες του υπολογιστικού νέφους (cloud computing).
- Εικονικό μοντέλο παραγωγής.

- Περιεχόμενο / πλαίσιο παραγωγής.
- Κοινή χρήση και συνεργασία μεταξύ ενδιαφερομένων.
- Προσαρμογή βάσει κριτηρίων.

2. Ρομποτική

Η χρήση ρομπότ στη παραγωγική διαδικασία δεν είναι κάτι το καινοτόμο. Ωστόσο, τα ρομπότ υπόκεινται επίσης σε βελτιώσεις και εξέλιξη. Οι δημιουργοί τους τα σχεδιάζουν να είναι αυτόνομα και διαδραστικά, έτσι ώστε να μην είναι πλέον απλά εργαλεία που χρησιμοποιούνται από τον άνθρωπο, αλλά να είναι ήδη ενσωματωμένες μονάδες εργασίας που λειτουργούν μαζί με τους ανθρώπους.

3. Προσομοίωση

Σε προηγούμενες φάσεις, αν οι κατασκευαστές ήθελαν να ελέγξουν εάν μια διαδικασία λειτουργεί αποδοτικά και αποτελεσματικά, απαιτούνταν δοκιμές και σφάλματα. Το Industry 4.0 χρησιμοποιεί μηχανισμούς για τη δημιουργία ψηφιακών δίδυμων που χρησιμοποιούνται για προσομοίωση μοντέλων και δοκιμών. Οι μηχανισμοί προσομοίωσης θα διαδραματίσουν σημαντικότερους ρόλους στη βελτιστοποίηση της παραγωγής, καθώς και τη ποιότητα των μελλοντικών προϊόντων.

4. Οριζόντια και κάθετη ολοκλήρωση συστημάτων

Το να υπάρχουν ολοκληρωμένα λειτουργικά/παραγωγικά και πληροφοριακά συστήματα είναι κάτι στο οποίο στοχεύει το Industry 4.0. Ο στόχος είναι να δημιουργηθεί ένα σενάριο όπου η μηχανική, η παραγωγή, η εμπορία, και η εξυπηρέτηση μετά την πώληση θα είναι στενά συνδεδεμένα. Ομοίως, οι εταιρείες στην αλυσίδα εφοδιασμού επίσης, να είναι πιο ολοκληρωμένες, δημιουργώντας δίκτυα ενσωμάτωσης δεδομένων, συνεργασίες σε επίπεδα αυτοματοποίησης και αλυσίδες αξίας που είναι πλήρως αυτοματοποιημένες.

5. Βιομηχανικό Διαδίκτυο Αντικειμένων

Ενσωματωμένοι μικρο-υπολογιστές και η επέκταση των δικτύων υπολογιστών επιτρέπουν τη σύνδεση μορφοτροπέων (transducers) και συσκευών καθώς αυτό αποτελεί ουσιαστικό μέρος του Industry 4.0. Το βιομηχανικό Διαδίκτυο των Αντικειμένων (Industrial IoT) θα το καταστήσει εφικτό, καθώς οι μορφοτροπείς και οι νέες συσκευές στο παραγωγικό πεδίο έχουν σχεδιαστεί να είναι συμβατές με το IoT. Είναι εξοπλισμένες με ασύρματη δικτύωση χαμηλής ισχύος για να τους επιτρέψουν να αλληλοεπιδρούν και να επικοινωνούν μεταξύ τους, ενώ ταυτόχρονα συνδέονται μέσω πύλης σε ένα επίπεδο ελέγχου και διαχείρισης. Με τον τρόπο αυτό

θα γίνει πανταχού παρούσα σε όλο το Έξυπνο Εργοστάσιο και την αλυσίδα εφοδιασμού.

6. Κυβερνο-ασφάλεια

Τα βιομηχανικά συστήματα γίνονται όλο και πιο ευάλωτα σε απειλές, όπως αυτό προέκυψε από τις πρόσφατες επιθέσεις κατά βιομηχανικών στόχων τα τελευταία τρία χρόνια. Για να αντιμετωπιστεί αυτό, πρέπει να θεσπιστούν μέτρα για την ασφάλεια στον κυβερνοχώρο που να αναγνωρίζουν τα νέα τρωτά σημεία και τις προκλήσεις που φέρνει στον βιομηχανικό έλεγχο, διαδικασίες και συστήματα, η σύνδεση με το Διαδίκτυο.

7. Υπολογιστικό Νέφος (CloudComputing)

Οι μεγάλοι όγκοι δεδομένων που εμπλέκονται στο Industry 4.0 σημαίνουν ότι η ανταλλαγή δεδομένων δεν θα είναι μόνο επιθυμητή αλλά επιτακτική ανάγκη για να αξιοποιηθούν οι πλήρεις δυνατότητες του μέσα στην αξιακή αλυσίδα. Ωστόσο, λίγες μονάδες παραγωγής θα έχουν τη δυνατότητα αποθήκευσης και ανάλυσης τεράστιου όγκου δεδομένων που συλλέγονται.

Παρόλα αυτά, οι πάροχοι υπηρεσιών υπολογιστικού νέφους έχουν την ικανότητα και μπορούν να δημιουργήσουν ιδιωτικά δίκτυα υπηρεσιών υπολογιστικού νέφους κατάλληλα για την αποθήκευση και επεξεργασία παραγωγικών δεδομένων.

8. Προσθετική Κατασκευή

Η προσθετική κατασκευή όπως η εκτύπωση τρισδιάστατων (3D) αντικειμένων επιτρέπει στους κατασκευαστές να σχεδιάζουν πρωτότυπα και μοντέλα νέων ιδεών, τα οποία μειώνουν σημαντικά τον σχεδιαστικό χρόνο και προσπάθεια. Η προσθετική κατασκευή επιτρέπει επίσης την παραγωγή σε μικρές παρτίδες προϊόντων που είναι προσαρμοσμένα σε ομάδες προτιμήσεων και προσφέρουν περισσότερη αξία στους πελάτες ή τους τελικούς χρήστες, μειώνοντας παράλληλα το κόστος και την αναποτελεσματικότητα του κατασκευαστή.

9. Επαυξημένη Πραγματικότητα (AugmentedReality)

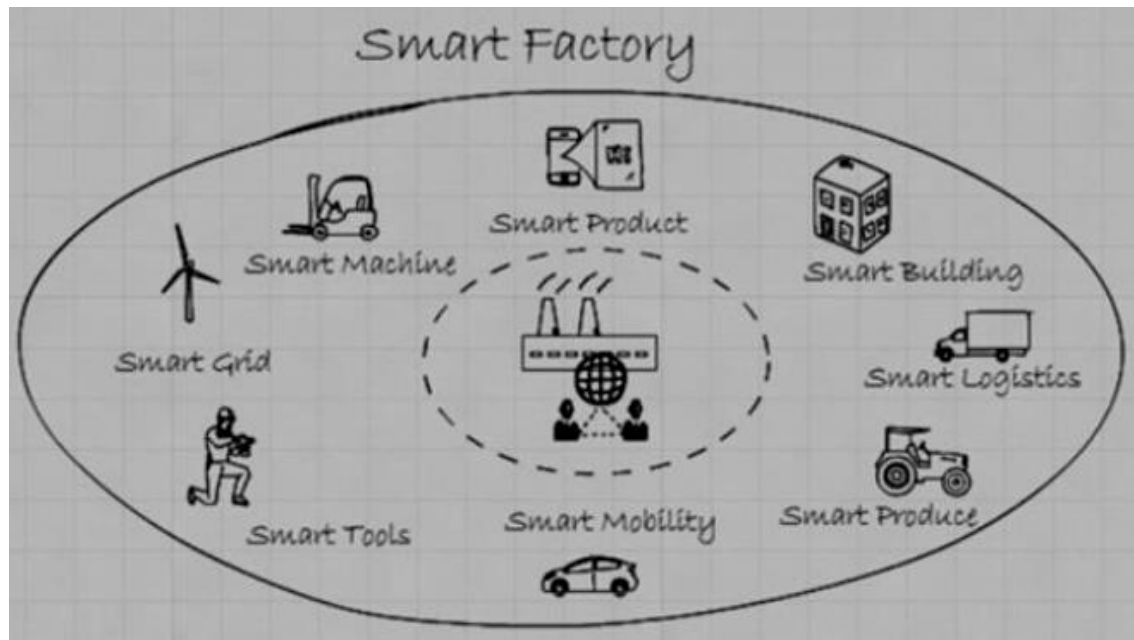
Οι επιχειρήσεις προσπαθούν όλο και περισσότερο να μειώσουν τα έξοδα συντήρησης και κατάρτισης που σχετίζονται με την παραγωγή, το μάρκετινγκ και την υποστήριξη μετά την πώληση. Οι κατασκευαστές στρέφονται προς συστήματα που βασίζονται στην επαυξημένη πραγματικότητα για να βελτιώσουν τις διαδικασίες συντήρησής τους, ενώ ταυτόχρονα μειώνεται το κόστος της παρουσίας ειδικών συμβούλων στο χώρο τους.

3.5 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.

“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. Ένα Έξυπνο Εργοστάσιο (Smart Factory) φιλοξενεί έξυπνες διαδικασίες παραγωγής έχοντας ως βασικά συστατικά του όσα περιγράψαμε στη προηγούμενη ενότητα και υπόσχοντας σημαντικές βελτιώσεις όσον αφορά τους δείκτες αποδοτικότητας και παραγωγικότητας.



Εικόνα 3.5: Έξυπνο Εργοστάσιο (Smart Factory).

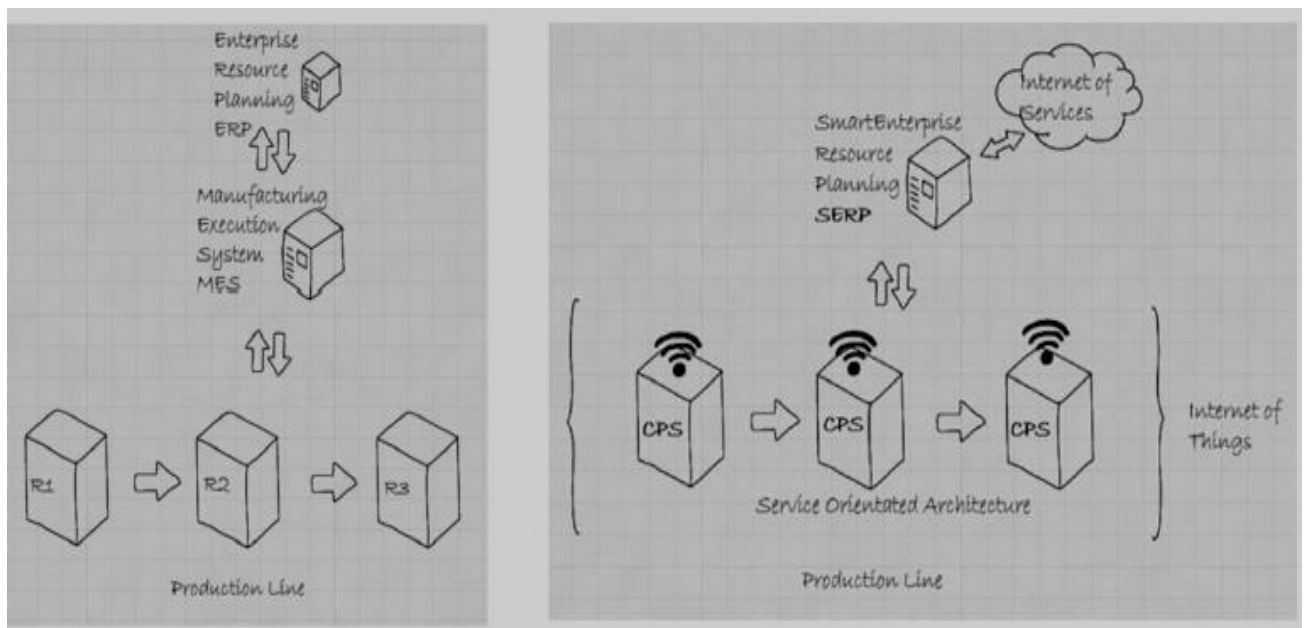
Η παρακάτω Εικόνα 3.6, δείχνει τις διαφορές ανάμεσα στο παραδοσιακό μοντέλο παραγωγής και το αντίστοιχο στο νέο μοντέλο του Έξυπνου Εργοστασίου.

Στο παραδοσιακό μοντέλο παραγωγής, η παραγωγή ενός σαμπουάν για παράδειγμα θα απαιτούσε τρεις πόρους, μία μονάδα ελέγχου, το σύστημα εκτέλεσης της παραγωγής (MES), και το σύστημα διαχείρισης πόρων και λειτουργιών (ERP). Ο πρώτος πόρος R1 παράγει και αποθηκεύει τα βασικά συστατικά. Ο δεύτερος πόρος R2 λαμβάνει μια ελεγχόμενη ποσότητα από το βασικό υγρό, το οποίο αναμιγνύεται με παραλλαγές συγκεκριμένων πρόσθετων χρωμάτων, αρώματα, και χημικά / θρεπτικά συστατικά. Ο πόρος R3 δέχεται το μείγμα από το R2 και γεμίζει την κατάλληλη φιάλη.

Το σύστημα ERP ελέγχει το επίπεδο παραγωγής παρακολουθώντας ταυτόχρονα τις παραγγελίες μέσω του δικτύου πωλήσεων, τις αλυσίδες μεταπωλητών και τα σούπερ μάρκετ. Με τον τρόπο αυτό καθορίζει τις οδηγίες προς το MES για την παραγωγή των κατάλληλων ποσοτήτων ανά είδος. Το MES κινεί την παραγωγή για να εκπληρώσει τις παραγγελίες και παρέχει ανατροφοδότηση για την κατάσταση στη παραγωγή προς το σύστημα ERP.

Εξετάζοντας μερικές από τις αδυναμίες του παραδοσιακού μοντέλου, η πρώτη αδυναμία βρίσκεται στην σειριακή γραμμή παραγωγής και συγκεκριμένα στο βαθμό που αν αποτύχει ένας πόρος, τότε ολόκληρη η γραμμή παραγωγής αποτυγχάνει. Δεύτερον, οποιαδήποτε αποτυχία στο ERP ή στο MES θα εμποδίσει επίσης την

παραγωγή. Η επέκταση ή η αναδιάρθρωση της γραμμής παραγωγής είναι δύσκολη λόγω των δυσκολιών διασύνδεσης μεταξύ του MES και των πόρων, καθώς μπορεί να υπάρχουν εκατοντάδες επιλογές διασύνδεσης. Ομοίως, η διασύνδεση με το σύστημα ERP μπορεί να είναι πολύπλοκη λόγω της μονολιθικής αρχιτεκτονικής τους. Τρίτον, αν και είναι πολύ επιθυμητό, δεν είναι πάντα εφικτό να ενημερώνεται το σύστημα ERP σε πραγματικό χρόνο από το MES για την κατάσταση της παραγωγής, για παράδειγμα, για τον αριθμό των φιαλών που παράχθηκαν και την υπόλοιπη ποσότητα για να ολοκληρωθεί μια παραγγελία.



Εικόνα 3.6: παραδοσιακή γραμμή παραγωγής έναντι γραμμής παραγωγής έξυπνου εργοστασίου.

Το μοντέλο του Industry 4.0 μπορεί να μετριάσει ορισμένες, αν όχι όλες, από αυτές τις αδυναμίες. Ο τρόπος λειτουργίας του Industry 4.0 είναι ότι οι πόροι του προηγούμενου παραδείγματος αντικαθίστανται από μονάδες CPS. Με τις μονάδες αυτές η αυστηρή σειριακή γραμμή δεν είναι πλέον σταθερή. Γίνεται ευέλικτη καθώς οι μονάδες CPS είναι ευφυείς και διαδραστικές. Οι μονάδες CPS έχουν ενσωματωμένους αισθητήρες και μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω ασύρματων ραδιοζεύξεων, πράγμα που επιτρέπει σε ένα CPS να αναλάβει τα καθήκοντα ενός άλλου CPS που παρουσίασε σφάλμα.

Η δυνατότητα αυτή των CPS αυτοδιάγνωσης και ελέγχου της κατάστασης στη γραμμή παραγωγή και στη συνέχεια να μπορούν να λάβουν κατάλληλη συνεργατική δράση, παρέχει βελτιωμένη διαθεσιμότητα και ανθεκτικότητα. Επιπλέον, επειδή τα CPS διασυνδέονται μεταξύ τους απευθείας, δεν απαιτούν ένα σύστημα MES και έτσι

παραλείπεται ένα άλλο πιθανό σημείο αποτυχίας. Το πιο σημαντικό είναι ότι η κατάργηση του MES μετριάζει τα προβλήματα με αναντιστοιχία διασύνδεσης και επαναπαραμετροποίησης που ήταν ένα σημαντικό νευραλγικό σημείο με την προηγούμενη τοπολογία.

Στο νέο μοντέλο, το προϊόν είναι επίσης έξυπνο. Για παράδειγμα, τα μπουκάλια σαμπουάν είναι εφοδιασμένα με ετικέτες RFID, οι οποίες προσδιορίζουν ποια μάρκα και παραλλαγή είναι και τη κατάσταση της παραγωγής (το ιστορικό παραγωγής μέχρι σήμερα), καθώς και το επόμενο στάδιο για την ολοκλήρωση της παραγωγής του. Επιπλέον, η ευφυΐα του προϊόντος εκτείνεται πέρα από τη γραμμή παραγωγής και το έξυπνο εργοστάσιο, στην αποθήκη και αργότερα στην αλυσίδα μεταπωλητών. Επιπλέον, η ευφυΐα του προϊόντος παραμένει ενεργή ακόμη και στην υπηρεσία του πελάτη.

Για παράδειγμα, στη περίπτωση κατασκευής ενός κινητήρα ο έξυπνος κινητήρας θα μπορούσε κατά τη διάρκεια της παραγωγικής του ζωής να παρέχει αυτό-διάγνωση και προειδοποίηση προς τον πελάτη ή το τμήμα εξυπηρέτησης για τη κατάσταση συντήρησης και ακόμη και πρόβλεψη βλάβης ενός εξαρτήματος. Αυτό είναι σημαντική αλλαγή στον κύκλο συντήρησης και εξυπηρέτησης του τελικού καταναλωτή με σκοπό την αποφυγή της διακοπής της υπηρεσίας και πολύ καλύτερη εμπειρία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΤΟ ΞΕΥΠΝΟ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ

4.1 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. Αντί 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. 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. 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. 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.

4.2 Χαρακτηριστικά του έξυπνου εργοστασίου

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 αλληλεπιδρούν 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 αυτό-διορθώνει. Αυτό είναι το κύριο χαρακτηριστικό που διακρίνει το εργοστάσιο του μέλλοντος από το παραδοσιακό.

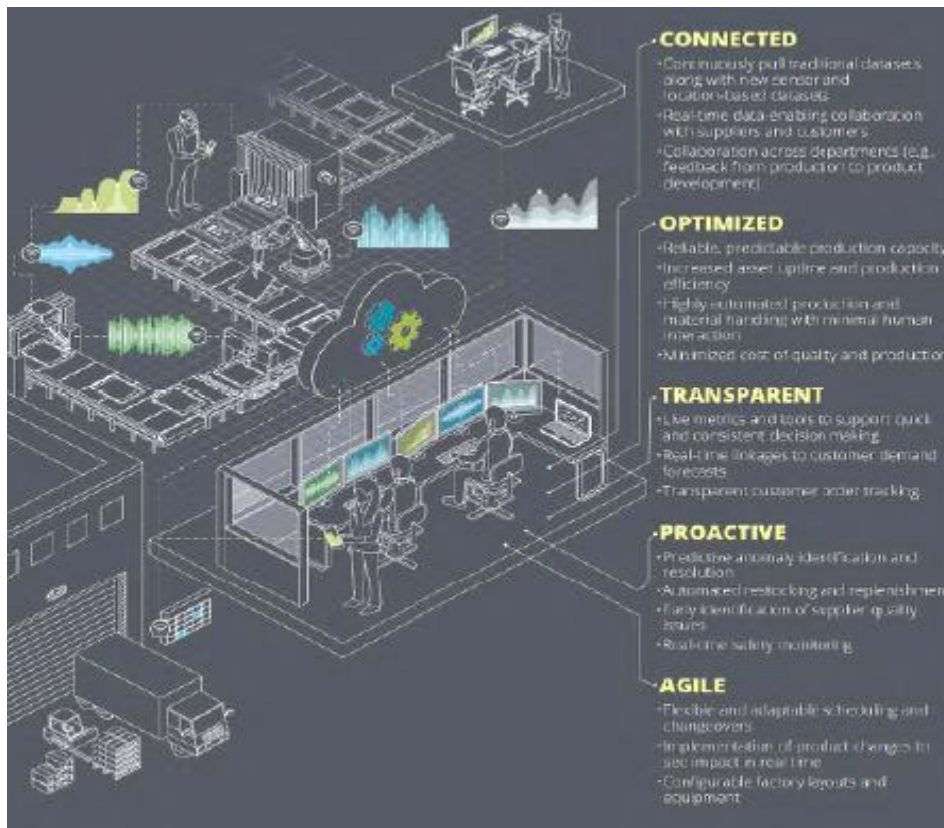
Σε ένα **προορατικό** σύστημα, οι εργαζόμενοι και τα συστήματα μπορούν να προβλέψουν και να ενεργήσουν προτού προκύψουν προβλήματα ή προκλήσεις, αντί απλά να αντιδράσουν αφού αυτά συμβούν. Αυτό το χαρακτηριστικό περιλαμβάνει μεταξύ άλλων τον εντοπισμό σφαλμάτων, την αποκατάσταση και την ανανέωση του αποθέματος, τον εντοπισμό και την προληπτική αντιμετώπιση προβλημάτων στην ποιότητα, 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.

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. Η μεγαλύτερη αυτονομία των διαδικασιών μπορεί να προσφέρει λιγότερες πιθανότητες για ανθρώπινο σφάλμα, συμπεριλαμβανομένων βιομηχανικών ατυχημάτων που προκαλούν τραυματισμό. 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.

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.

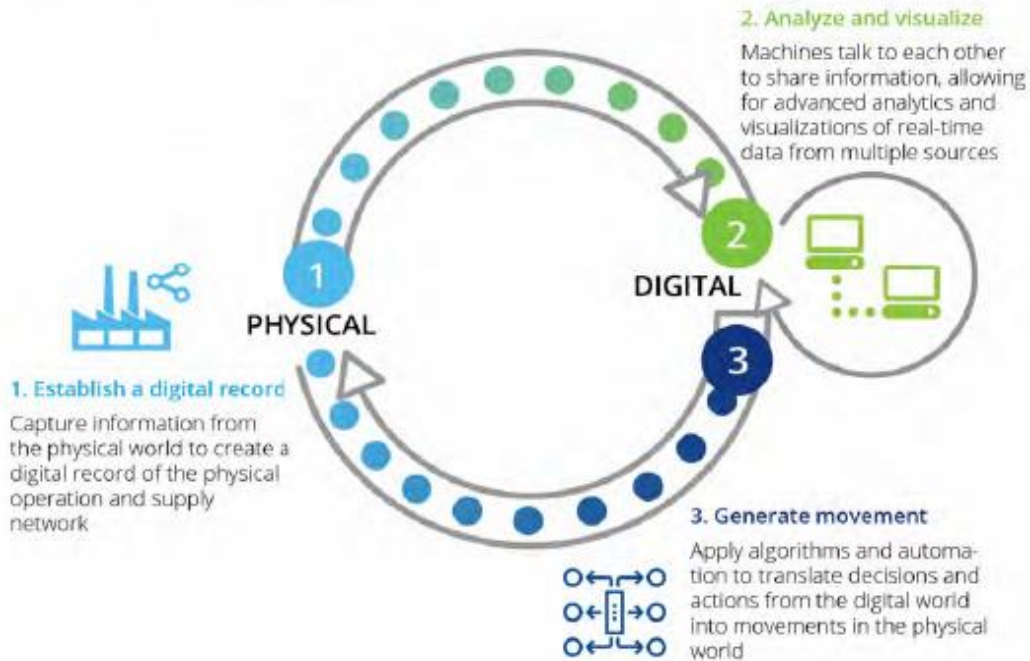


Εικόνα 4.1: Χαρακτηριστικά Smart Factory.

4.3 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 4.2: Βρόχος τριών βημάτων που ακολουθούν τα δεδομένα.

Physical-to-Digital: Στο ΠoT τα δεδομένα δημιουργούνται με μία συνεχή ροή από τις διάφορες συσκευές σε διακομιστές ιδιωτικών επιχειρήσεων. Το ΠoT 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 ΠoT 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.

Παρακάτω παρουσιάζονται ορισμένα παραδείγματα αναδυόμενων τεχνολογιών που θεωρείται ότι σχετίζονται με την εφαρμογή του έξυπνου εργοστασίου.

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 αναπαράσταση 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.

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:

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 κατανεμημένες 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.

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.

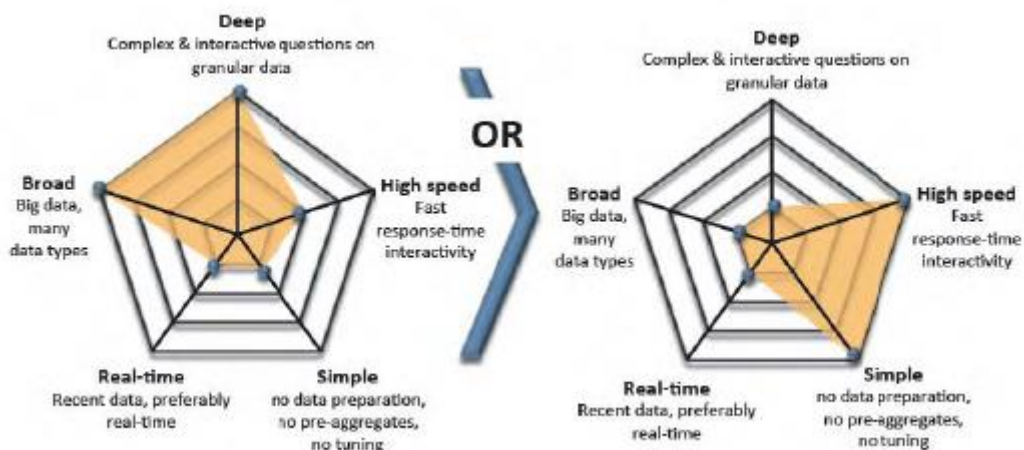
3. Ανάλυση δεδομένων (Big Data)

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. 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 4.3: 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.

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

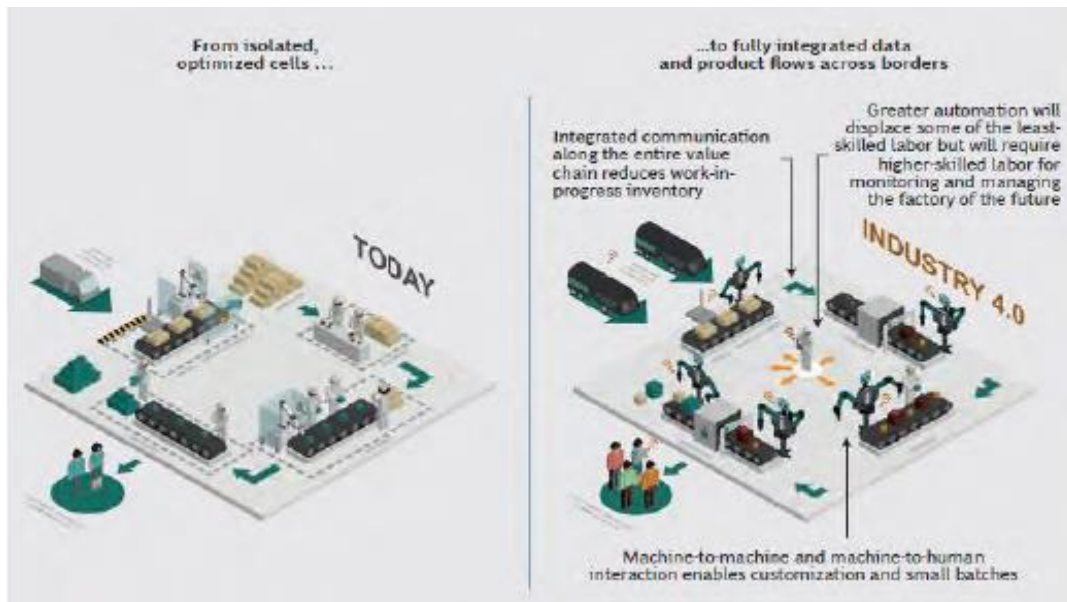
τόσο την ευκινησία και την αξιοπιστία που προσφέρουν τα ρομπότ και την ευελιξία που προσφέρουν οι άνθρωποι χειριστές.

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 αλληλεπιδρούν 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 αλληλεπιδρούν 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.



Εικόνα 4.4: Εργοστάσια σήμερα vs εργοστάσια του μέλλοντος.

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.

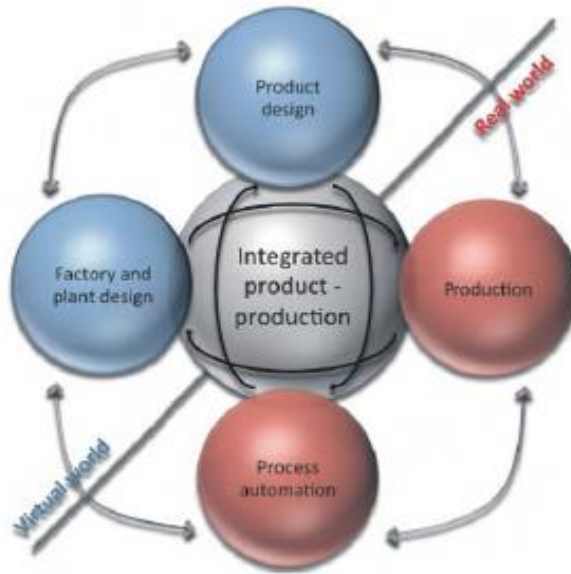
Το προϊόν και το σχέδιο παραγωγής διαχωρίζονται. Οι απαιτήσεις για το προϊόν πρέπει να διευκρινιστούν πλήρως πριν αρχίσει το στάδιο παραγωγής και μηχανικής. Αυτό προκαλεί μια διαδοχική διαδικασία, κατά την οποία οι τυχόν αλλαγές προκαλούν πρόσθετο κόστος και καθυστερήσεις. Αυτή η προσέγγιση υπόσχεται 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 αλληλεπιδρούν 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 4.5: Διάκριση εικονικού και φυσικού κόσμου.

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 πρόσθεσης 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».

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 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, 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.

4.4 Smart Factory LAN

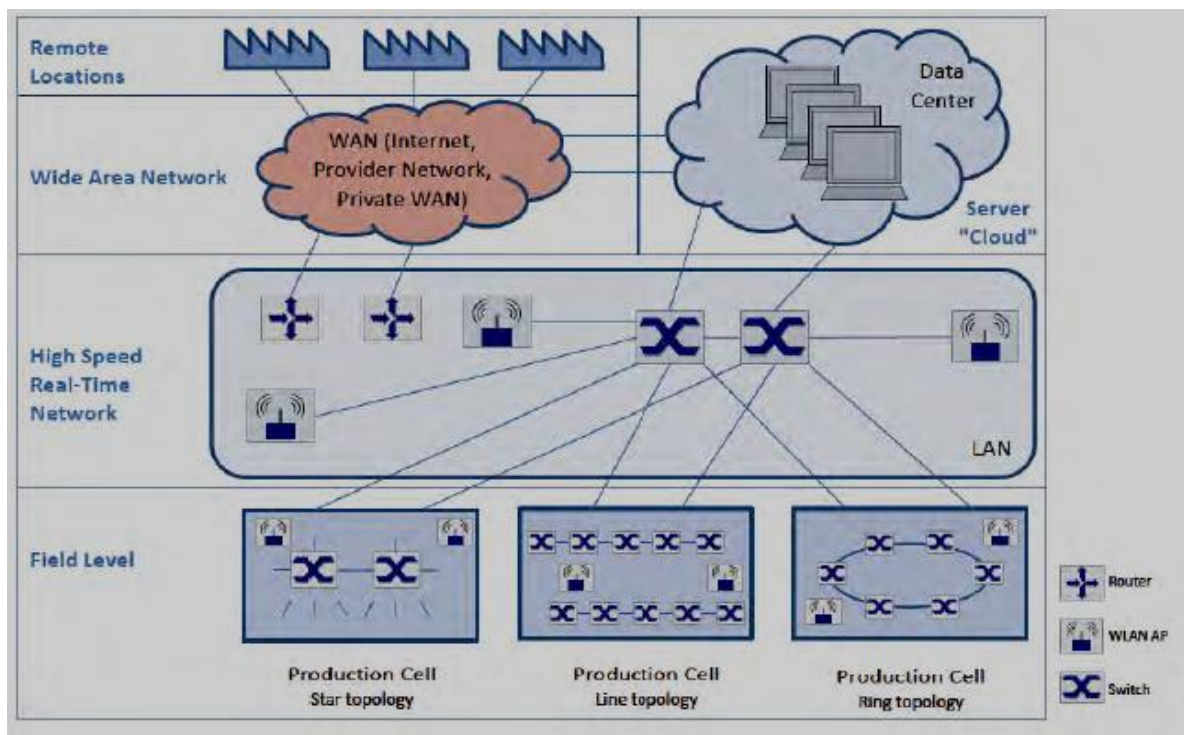
Όπως προαναφέρθηκε στο μελλοντικό έξυπνο εργοστάσιο οι συνδεδεμένες συσκευές θα αυξηθούν σημαντικά σε αριθμό σε σύγκριση με τα παραδοσιακά εργοστάσια. Το γεγονός αυτό αποτελεί συνέπεια της ανάγκης για συλλογή όσο το δυνατόν περισσότερων δεδομένων σε πραγματικό χρόνο που θα σχετίζονται με κάθε διαδικασία 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 πρωτόκολλα IP και το Ethernet θα είναι το υποκείμενο πρωτόκολλο επικοινωνίας, ανεξάρτητα από το εάν η σύνδεση είναι ενσύρματη ή ασύρματη.

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.

Παρόλα 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.



Εικόνα 4.6: 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 ευφών 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.

4.5 Θετικές επιπτώσεις του έξυπνου εργοστασίου στη παραγωγή

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 4.1. 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
<u>Κατασκευαστικές λειτουργίες</u>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Παραγωγή προσθέτων για την παραγωγή ταχέων πρωτοτύπων ή ανταλλακτικών μικρού όγκου (additive manufacturing). 2. Προχωρημένο σχεδιασμό και προγραμματισμό χρησιμοποιώντας δεδομένα παραγωγής σε πραγματικό χρόνο και για την ελαχιστοποίηση του χρόνου αποβλήτων και κύκλου. 3. Διαδικτυακά ρομπότ (internet bots) και αυτόνομα ρομπότ για την αποτελεσματική εκτέλεση διαδικασιών

	<p>ρουτίνας με ελάχιστο κόστος και υψηλή ακρίβεια.</p> <p>4. Ψηφιακό δίδυμο (digital twin) για να ψηφιοποιήσει μια λειτουργία και να προχωρήσει, πέρα από την αυτοματοποίηση και την ενσωμάτωση, στην προβλεπτική ανάλυση.</p>
<u>Λειτουργίες αποθήκης</u>	<p>1. Επαυξημένη πραγματικότητα (augmented reality) για να βοηθήσει το προσωπικό με τα καθήκοντα pick-and-place.</p> <p>2. Αυτόνομα ρομπότ για την εκτέλεση εργασιών αποθήκης.</p>
<u>Παρακολούθηση αποθέματος</u>	<p>1. 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.</p> <p>2. Αναλυτικά στοιχεία για τη βελτιστοποίηση του αποθέματος και αυτόματο σήμα για την αναπλήρωση αποθέματος.</p>
<u>Ποιότητα</u>	<p>1. Δοκιμές ποιότητας με οπτικές αναλύσεις.</p> <p>2. Παρακολούθηση εξοπλισμού σε πραγματικό χρόνο για την πρόβλεψη πιθανών ζητημάτων ποιότητας.</p>
<u>Συντήρηση</u>	<p>1. Επαυξημένη πραγματικότητα (augmented reality) για να βοηθήσει το προσωπικό στη συντήρηση και την επισκευή του εξοπλισμού.</p> <p>2. Αισθητήρες πάνω στον εξοπλισμό για την οδήγηση αναλυτικών στοιχείων πρόγνωσης και συντήρησης.</p>
<u>Περιβάλλον, υγεία και ασφάλεια</u>	<p>1. Αισθητήρες για την παρακολούθηση των περιβαλλοντικών συνθηκών, πιθανής αδυναμίας κίνησης του προσωπικού ή άλλων πιθανών απειλών.</p> <p>2. Αισθητήρες σε επικίνδυνο εξοπλισμό που βρίσκεται σε άμεση επαφή με ανθρώπους.</p>

Πίνακας 4.1. 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.

4.6 Μετατροπή ενός εργοστασίου σε έξυπνο

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. 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»:

- 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.

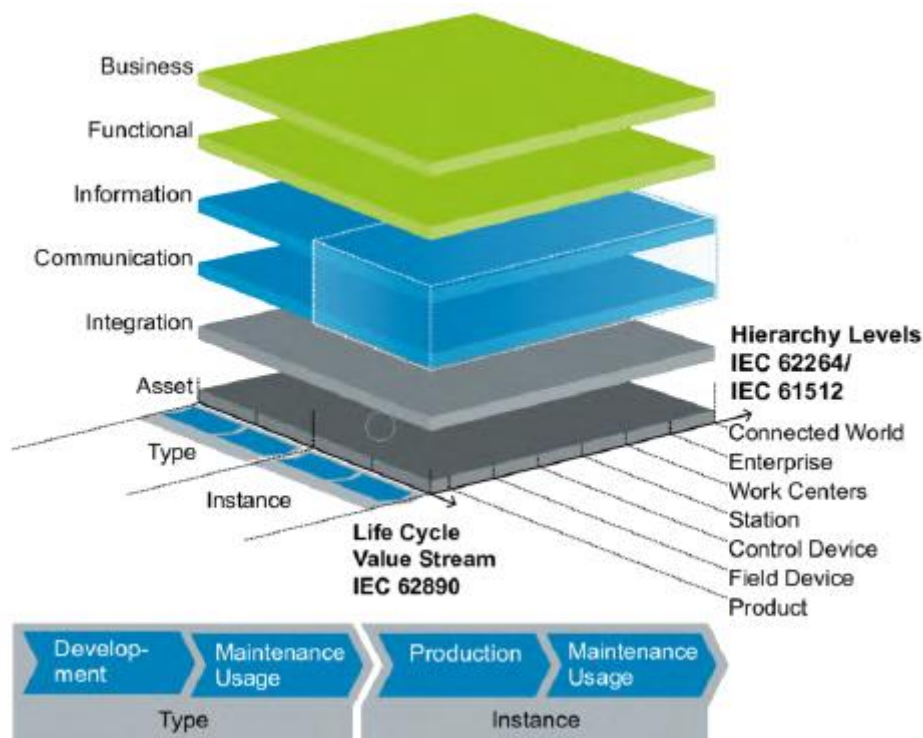
Το πραγματικό όφελος των έξυπνων μηχανών είναι ότι μπορούν να συνεργαστούν μεταξύ τους σε όλους τους τομείς. Η αξιοποίηση των βέλτιστων οφελών της έξυπνης συνδεδεμένης τεχνολογίας απαιτεί μια στρατηγική επανεξέταση της διαδικασίας παραγωγής. Ωστόσο, όλη αυτή η δημιουργικότητα πρέπει να βασίζεται σε μια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

Το εργοστάσιο του μέλλοντος πρέπει να χαρακτηρίζεται από συνδεσιμότητα 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 συνδεσιμότητα 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):

- Κατακόρυφη ολοκλήρωση (vertical integration), κατά μήκος της πυραμίδας αυτοματισμού όπως ορίζεται από το IEC 62264 / IEC 612512 (εικόνα 4.7). 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 του περιβάλλοντος κατασκευής.



Εικόνα 4.7: Πυραμίδα αυτοματισμού όπως ορίζεται από το IEC62264 / IEC612512.

Ένα παραδοσιακό εργοστάσιο αποτελείται από ανεξάρτητα συστήματα, συμπεριλαμβανομένων των συστημάτων υλικού (PLC, DCS, CNC κ.λπ.) και των συστημάτων λογισμικού (MES, ERP, QMS κ.λπ.) 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 4.8: Θετικά και αρνητικά των τεχνολογιών ενός έξυπνου εργοστασίου.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η βιομηχανία 4.0 περιγράφει τη σύγκλιση καινοτόμων τεχνολογιών, μεθόδων, υλικών και προϊόντων που θα αλλάξουν τις επιχειρήσεις και την παγκόσμια οικονομία. Τα οφέλη θα έχουν κόστος καθώς 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.

Αυξημένα έσοδα, μείωση κόστους, μικρότερο περιβαλλοντικό αποτύπωμα, αποφυγή ατυχημάτων είναι μόνο λίγα από τα οφέλη του έξυπνου εργοστασίου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Ε. Παπαϊωάννου Κινητά και ασύρματα δίκτυα. Εισαγωγικά στοιχεία, Πανεπιστημιακές Σημειώσεις, Πάτρα.
- [2] Σ. Χ. Φουσέκη, Από τη βιομηχανική πόλη στην αποβιομηχανοποίηση, ελληνικές και ευρωπαϊκές βιομηχανουπόλεις, δημιουργία σύγχρονου μοντέλου βιομηχανικής πόλης, Διπλωματική Εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2014.
- [3] A. Gilchrist, Industry 4.0: The Industrial Internet of Things. Bangken, Nonthaburi, Thailand: Alasdair Gilchrist, 2016.
- [4] A. Lyer, Digital Twin: Possibilities of the new Digital twin technology. Amazon Asia-Pacific Holdings Private Limited, 2017.
- [5] ACATTECH, Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0. German National Academy of Science and Engineering, 2013.
- [6] S. Madakam, R. Ramaswamy and S. Tripathi, Internet of Things (IoT): A Literature Review, Journal of Computer and Communications, vol. 3, 2015.
- [7] D. Lake, A. Rayes, and M. Morrow, “The Internet of Things - The Internet Protocol Journal”, Cisco, V.15, No. 3.
- [8] D. Uckelmann, M. Harrison and F. Michahelles, “An Architectural Approach Towards the Future Internet of Things”, Springer, 2011.
- [9] S. Wang, J. Wan, D. Li and C. Zhang, Implementing Smart Factory of Industrie 4.0: An Outlook, International Journal of Distributed Sensor Networks, 2016.
- [10] A. Gilchrist, Industry 4.0, The Industrial Internet of Things, Apress, 2016.
- [11] A. Radziwon, A. Bilberg, M. Bogers and E. Madsen, The Smart Factory: Exploring Adaptive and Flexible Manufacturing Solutions, Procedia Engineering, vol. 69, 2014.
- [12] C. Bartodziej, The Concept Industry 4.0: An Empirical Analysis of Technologies and Applications in Production Logistics. Springer Fachmedien Wiesbaden Gabler, 2017.
- [13] Smart Factories: How can manufacturers realize the potential of digital industrial revolution, Capgemini Digital Transformation Institute. [Online].
- [14] G. Ramasubramanian, Machine Learning Is Revolutionizing Every Industry, Observer, 2016. [Online].
- [15] P. Feuilherade, Connecting machines, IoT and the Cloud, IEC e-tech, 2015. [Online].

- [16] M. Bacidore, "Digital twin to enable asset optimization", Smart Industry, 2015. [Online].
- [17] B. Buntz, The top 20 Industrial IoT applications, [Online].
- [18] Industrial Internet of Things: Unleashing the Potential of Connected Products and Services, World Economic Forum. [Online].