



Πανεπιστήμιο Αιγαίου  
Διοίκηση Επιχειρήσεων για Στελέχη -  
Executive MBA

## Industry 4.0 Evolution Vs Revolution

Βιομηχανία 4.0 Εξέλιξη ή Επανάσταση

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μιχαλέας Χ. Ιωάννης

Επιβλέπων Καθηγήτρια: Μαύρη Μάνια  
(Αντιπρύτανης Παν. Αιγαίου)

Αθήνα, Μάρτιος 2019





Πανεπιστήμιο Αιγαίου  
Διοίκηση Επιχειρήσεων για Στελέχη -  
Executive MBA

## Industry 4.0 Evolution Vs Revolution

Βιομηχανία 4.0 Εξέλιξη ή Επανάσταση

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μιχαλέας Χ. Ιωάννης

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Αθήνα, Μάρτιος 2019

finis coronat opus

Αφιερωμένο στον μεγαλύτερο δάσκαλο της ζωής μου που έφυγε νωρίς, πριν την συγγραφή της διπλωματικής μου εργασίας. Bonum iter rector

## Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε το διάστημα μεταξύ Σεπτεμβρίου 2018 και Μαρτίου 2019 στα πλαίσια του μεταπτυχιακού προγράμματος στη Διοίκηση Υπηρεσιών του τμήματος Διοίκησης Επιχειρήσεων του Πανεπιστημίου Αιγαίου. Ως την ελάχιστη δυνατή μνεία, με την παρούσα παράγραφο οφείλω να ευχαριστήσω όλους όσους συνέβαλαν στην εκπόνησή της και ιδιαίτερα:

Την επιβλέπουσα καθηγήτρια μου κα. Μαύρη Μάνια για την πολύτιμη συνδρομή της και τις συμβουλές, καθώς και το πολύ καλό κλίμα συνεργασίας που διαμόρφωσε συμβάλλοντας τα μέγιστα για την κατάρτιση της διπλωματικής μου εργασίας, καθώς και την συνολική της προσφορά στην ακαδημαϊκή μου γνώση.

Επίσης θέλω να ευχαριστήσω για την υπομονή τους την Μητέρα μου και την Αδερφή μου για την στήριξη τους έμπρακτα όλα αυτά τα χρόνια της ακαδημαϊκής μου πορείας.

Επίσης ευχαριστίες για την υποστήριξη τους σε όλη την διάρκεια του μεταπτυχιακού μου προγράμματος θέλω να απευθύνω στους συνεργάτες μου για την υπομονή τους, ιδιαίτερως στην Δέσποινα που συνέβαλλε τα μέγιστα τόσο σε προσωπικό όσο και σε επαγγελματικό επίπεδο, καθώς και στον συμφοιτητή μου Νίκο που ήταν παρόν σε κάθε δύσκολη στιγμή και σε όλα τα ατελείωτα βράδια που διαβάζαμε μαζί.

Copyright © Μιχαέας Χ. Ιωάννης 2019

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα.

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

## Πίνακας περιεχομένων.

### Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup> Εισαγωγή στην Βιομηχανία 4.0

1.1. Πίνακας περιεχομένων .....	3
1.2. Περίληψη .....	8
1.3. Εισαγωγή.....	11
1.4. Ιστορική Αναδρομή της Βιομηχανικής επανάστασης .....	13
1.5. Τεχνολογία και επιστήμη .....	16

### Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup> Ανάπτυξη Βιομηχανία 4.0

2.1. Τι είναι η Βιομηχανία 4.0 .....	19
2.2. Ορισμός Βιομηχανίας 4.0 .....	21
2.3. Το περιβάλλον της βιομηχανίας 4.0 .....	23
2.4. Έννοιες για την Βιομηχανία 4.0 .....	24
2.5. Οροί σχετικά με την Βιομηχανία 4.0 .....	27
2.6. Προϋποθέσεις για την Βιομηχανία 4.0 .....	29

### Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup> Υλοποίηση Βιομηχανίας 4.0

3.1. Βασικά Χαρακτηριστικά Βιομηχανίας 4.0 .....	33
3.2. Επιθυμητά Χαρακτηριστικά Βιομηχανίας 4.0 .....	37
3.3. Βασικά στοιχεία Βιομηχανίας 4.0 .....	40

3.4. Επίπεδα υλοποίησης Βιομηχανίας 4.0 .....	44
3.5. Οφέλη Χρήσης Βιομηχανίας 4.0 .....	53
3.6. Βασικά Οφέλη Βιομηχανίας 4.0 .....	56

#### **Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup> Το μέλλον της Βιομηχανίας 4.0.**

4.1. Προκλήσεις Βιομηχανίας 4.0.....	58
4.2. Κρυμμένες λογικές της Βιομηχανίας 4.0 .....	62
4.3. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της Βιομηχανίας 4.0 .....	65
4.4. Εμπόδια εισόδου στην βιομηχανία 4.0 .....	71
4.5. Το παράδοξο της Βιομηχανίας 4.0 .....	73

#### **Κεφάλαιο 5<sup>ο</sup> Εργασία στην Βιομηχανία 4.0**

5.1. Η μελλοντική Εργασία στην Βιομηχανία 4.0.....	75
5.2. 25 Θέσεις για την Ανάπτυξη του Δικτύου της Εργασίας.....	79
5.3. Παγκοσμιοποίηση και Βιομηχανία 4.0.....	83
5.4. Επιδράσεις στην οικονομία και εργασία στην Βιομηχανία 4.0 .....	85

6.1. Βιβλιογραφικές Αναφορές .....	3
------------------------------------	---

# Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>

## Εισαγωγή στην Βιομηχανία 4.0.

### 1.2. Περίληψη

Τα νέα δεδομένα της παγκοσμιοποίησης της αγοράς έφεραν τις έννοιες «Βιομηχανία 4.0» και αντίστοιχα «Εργασία 4.0» οι οποίες χρησιμοποιούνται από την ευρύτερη αγορά ως στρατηγικές εκσυγχρονισμού ώστε να επιφέρουν νέα έννοια στις διαπραγματεύσεις μεταξύ των χωρών που ασχολούνται με την βιομηχανική παραγωγή, να επιφέρουν αλλαγές τόσο στον τρόπο όσο και στον χρόνο της βιομηχανικής παραγωγής, αλλά και πολύ περισσότερο να επιτύχουν τον κοινωνικό και επαγγελματικό καταμερισμό της εργασίας στην βιομηχανική παραγωγή επιδιώκοντας να ορίσουν της συνθήκες εργασίας σε όλα τα επίπεδα , γράφοντας την δική τους ιστορία από την αρχή σαν να μην υπήρξε τίποτα πριν από αυτό. Οι προστριβές μεταξύ εκείνων που δεν «ακολουθούν» την βιομηχανική επανάσταση και εκείνους που την υιοθετούν χωρίς να το ξέρουν είναι το σημείο τριβής και εκκίνησης μιας συζήτησης ενός νέου κύματος που θα καθορίσει τόσο τις διαδικασίες αυτοματισμού στην βιομηχανική παραγωγή όσο και την ποιότητα τους. Η υιοθέτηση της τεχνολογίας νέων αισθητήρων, της χρησιμοποίησης «μεγάλων» δεδομένων με την επαυξημένη ικανότητα επεξεργασίας τους σε συνδυασμό με έξυπνους αλγόριθμους που είναι ικανοί για μάθηση θα είναι το πρώτο σκαλοπάτι για την πλήρη μετάβαση στην νέα εποχή. Αυτές οι νέες τεχνικές θα δώσουν την ώθηση της δημιουργίας ενός «έξυπνου» εργοστασίου και μιας τεχνητής νοημοσύνης που θα

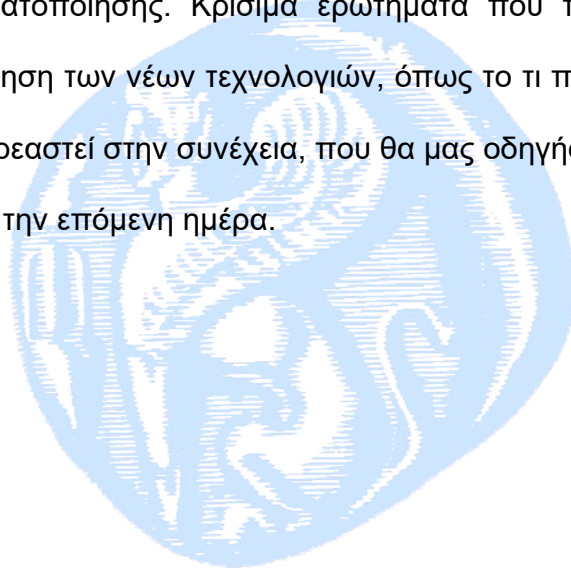


χρησιμοποιείται στις μηχανές παραγωγής και θα εμπλακεί όλο και περισσότερο στις ζωές μας.

Μεγάλη συζήτηση βέβαια έχει ξεκινήσει επίσης με την έννοια «Διαδίκτυο των πραγμάτων» όπου στην εποχή της τεχνολογίας της πληροφορικής έχουμε επικοινωνία μεταξύ μηχανών με μηχανές, υποδομές, ανθρώπους που υλοποιούν δεκάδες εργασίες καθημερινά εξυπηρετώντας τόσο την βιομηχανική παραγωγή όσο και τις αυξημένες δυνατότητες και απαιτήσεις των έξυπνων εργοστασίων. Στην ουσία δεν είναι τίποτα περισσότερο από δεκάδες «έξυπνα» μηχανήματα που έχουν συνδεθεί μεταξύ τους όπως οι νευρώνες στο ανθρώπινο σώμα ανταλλάσσοντας πληροφορίες καθημερινά παρέχοντας τεχνητή νοημοσύνη στο πρώτο επίπεδο και στο τελευταίο την απόλυτη ευφυΐα του πώς, τότε και γιατί πρέπει να γίνονται οι εργασίες. Όλες αυτές οι ευφυείς μηχανές μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους και να συνδέονται με όλα τα μηχανήματα του περιβάλλοντος του εξυπηρετώντας όλα εκείνα που κάνουν την ζωή μας πιο εύκολη κερδίζοντας για εμάς πολύτιμο χρόνο και κόπο αφήνοντας τις επιπτώσεις αυτής της τεχνολογίας να επηρεάσει την δυνατότητα βελτίωσης της ζωής μας και υιοθετώντας την όχι μόνο από ανάγκη αλλά από πραγματική επιθυμία επιβίωσης στον ατελείωτο αγώνα για την πορεία προς την αυτοπραγμάτωση.

Μέσα στο πλαίσιο αυτό έρχεται να ενωθεί και αυτό που αποκαλείται εικονική επιχείρηση που αντικαθιστά το κλασικό μοντέλο εργοστασίου με τις γραμμές παραγωγής, αφήνοντας τον έλεγχο στους έξυπνους αλγόριθμους να καθορίσουν τόσο την ποσότητα παραγωγής όσο και την ίδια την διαδικασία παραγωγής. Από την άλλη η εργασία επηρεάζεται σε πολύ μεγάλο βαθμό και επέρχονται αλλαγές σε αυτό που

ονομάζουμε μισθωτή εργασία. Το νέο κύμα αυτοματοποίησης των μηχανών και των διαδικασιών απαιτεί νέες δεξιότητες στην εργασία γεγονός που κάνει δύσκολη την πρόβλεψη θέσεων εργασίας με την χρήση των υπάρχουσών μοντέλων που έχουμε. Ο επιμερισμός της εργασίας και η νέα σύνθεση των δομών καλείται να αντιμετωπίσει νέα θέματα που εξαρτώνται από τον βαθμό εμπλοκής στο «Διαδίκτυο των πραγμάτων» και της ψηφιοποίησης των υπηρεσιών ώστε να υπάρχει τόσο κοινωνικός όσο και επαγγελματικός καταμερισμός της εργασίας που να εναρμονίζεται στην νέα σύνθεση του μοντέλου αυτοματοποίησης. Κρίσιμα ερωτήματα που πρέπει να απαντηθούν σχετικά με την υιοθέτηση των νέων τεχνολογιών, όπως το τι πρέπει να σχεδιασθεί και από ποιον, τι θα επηρεαστεί στην συνέχεια, που θα μας οδηγήσει το νέο μοντέλο, είναι καίριας σημασίας για την επόμενη ημέρα.



### 1.3. Εισαγωγή

Η συζήτηση για το θέμα της βιομηχανικής παραγωγής και το «Industry 4.0.» είναι πλέον δημοφιλές τα τελευταία χρόνια και απασχολεί όλο και περισσότερο τον ψηφιοποιημένο κόσμο της εργασίας και το σύνολο των μελών της ψηφιακής κοινωνίας. Όλα τα θέματα που αφορούν την ψηφιακή επικοινωνία όπως ο άνθρωπος, τα μέσα, ο κόσμος, ο χρόνος και άλλες ασαφείς έννοιες έως σήμερα για την υλοποίηση των διαδικασιών έρχονται σήμερα να υλοποιηθούν με σχετική ακρίβεια και να απασχολήσουν όλους και όλα καθώς βρισκόμαστε σε ένα σημείο μη αναστρέψιμης εξέλιξης και αλλαγής όπου το μέλλον μπορεί να μην έχει καθοριστεί ακόμα αλλά ήδη γράφεται μέσα από την βιομηχανική επανάσταση Industry 4.0. και έχει πιο βαθιές ρίζες από τις προηγούμενες φορές. Ωστόσο οι κίνδυνοι, τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης είναι κάτι που πρέπει να μας απασχολήσει άμεσα καθώς προβλέπονται να υπάρξουν ανωμαλίες στην ασφάλεια της εργασίας, το κοινωνικό περιβάλλον, το επαγγελματικό μέλλον καθώς οι απαιτήσεις αλλάζουν ραγδαία και ίσως κανείς με το σημερινό προσδόκιμο, που είναι και σε υψηλά επίπεδα, να μπορεί να ακολουθήσει. Κανείς δεν θα μπορούσε άλλωστε να αμφισβητήσει την ύπαρξη αυτής της ραγδαίας αλλαγής που κινείται στα όρια και ανατρέπεται την ισορροπία μεταξύ της ζωής και της εργασίας. Δυστυχώς του ίδιου θέματος επιβίωσης και ανάπτυξης της σημερινής κοινωνίας που αφορά όλα τα μέρη της οικονομίας και των επιχειρήσεων, όχι μόνο για την επίτευξη της αυτοπραγμάτωσης αλλά για την κοινωνική συνοχή. Τα ενδιαφερόμενα μέρη ασκούν πίεση και προσανατολίζονται ο καθένας στο να επιτύχει το δικό του στόχο αξιοποιώντας βέβαια τις ευκαιρίες οι οποίες

εγκυμονούν κινδύνους και έχουν μακροπρόθεσμα κοινωνικό κόστος. Οι εξελίξεις σε κάθε περίπτωση είναι αναπόφευκτες και η ανάγκη για υψηλού επιπέδου τεχνολογικές λύσεις γίνεται καθημερινά και μεγαλύτερη καθώς η ίδια η κοινωνία στροβιλιζόμενη στην ίδια δίνη που δημιουργεί παρασύρεται στο τεχνολογικό μέλλον που ήδη επιθυμεί να αποκτήσει. Οι στρατηγικές και λειτουργικές ανάγκες όλων των εμπλεκόμενων μερών θα ικανοποιηθούν είτε με τον ένα, είτε με τον άλλο τρόπο και παρουσιάζει ενδιαφέρον το πώς αυτή η δυναμική ανάπτυξη σύμφωνα με την βιομηχανική επανάσταση καθορίζει νέα ψηφιακά δεδομένα που επηρεάζουν τον τρόπο και εξορθολογούν τα μέσα.

Εν κατακλείδι λοιπόν το βάθος της πολυπλοκότητας της βιομηχανικής επανάστασης δεν είναι εύκολο να εκτιμηθεί και σε καμία περίπτωση δεν μπορεί να ερμηνευτεί μόνο με μια ματιά είτε συγκρίνοντας δεδομένα στο παρελθόν είτε αναλύοντας και προβλέποντας γεγονότα στο εγγύς μέλλον. Η συμβολή της ψηφιακής τεχνολογίας ωστόσο είναι μεγάλη και απαραίτητη για την διαμόρφωση της κοινής γνώμης και του επηρεασμού όλων των ομάδων ώστε να καθοριστεί ο τρόπος αξιοποίησης των εργαλείων που δίνονται για την συνέχιση της πορείας προς το μέλλον.

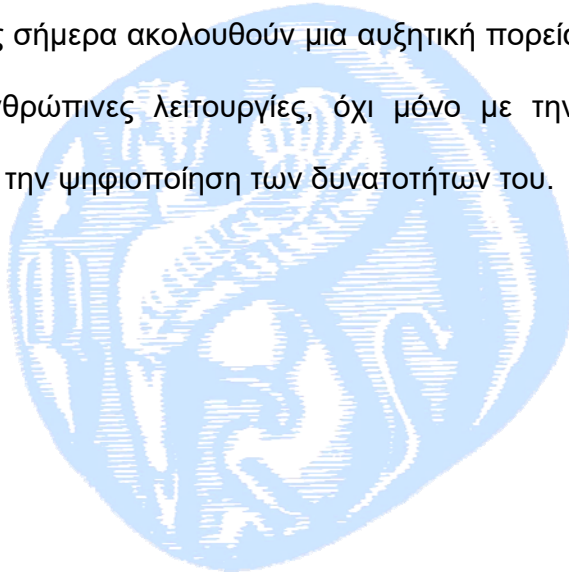
#### 1.4. Ιστορική Αναδρομή της Βιομηχανικής επανάστασης.

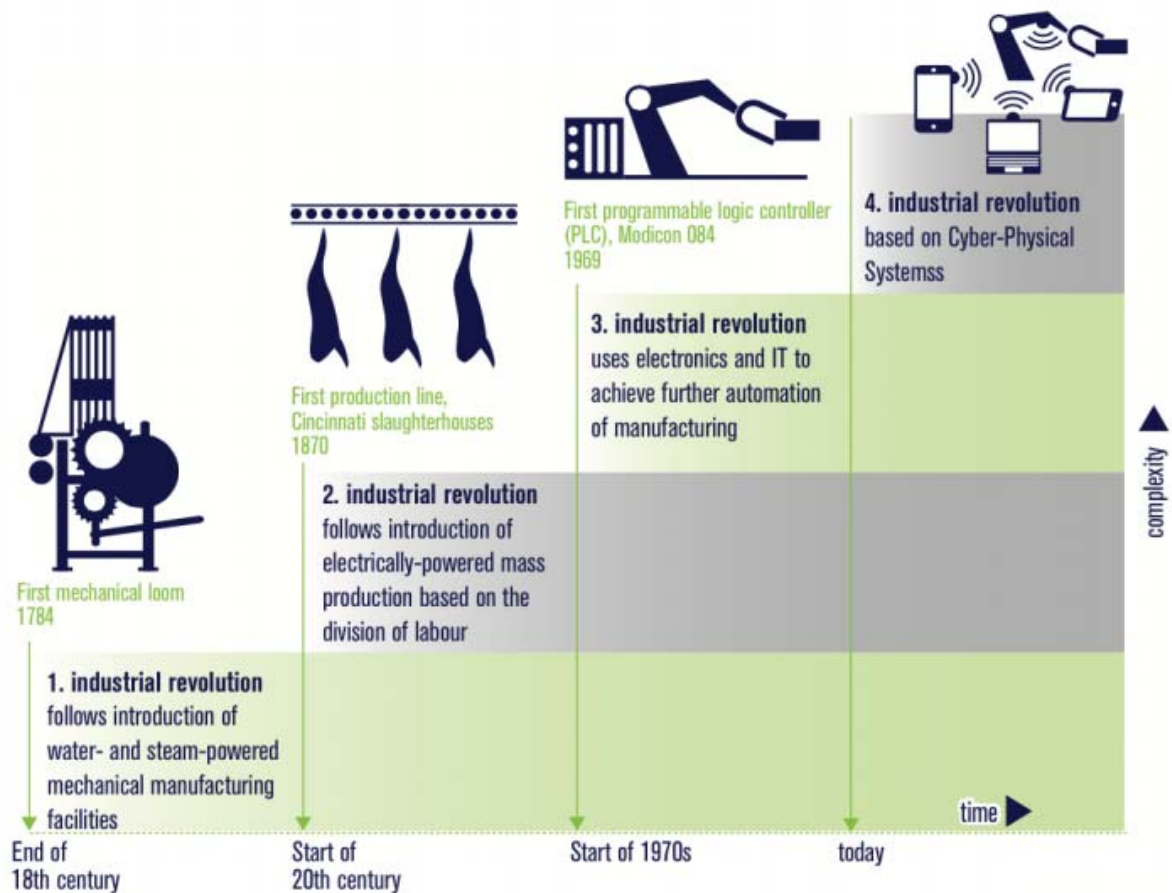
Από τα τέλη του 18ου αιώνα όπου άρχισε η χρήση της παραγωγής νερού και ατμού υφίσταται η έννοια της μηχανικής παραγωγής και της βιομηχανικής μεταποίησης καθώς η πορεία εξέλιξης της τεχνικής της εποχής καθόρισε τις εξελίξεις. Οι βιομηχανίες του Ηνωμένου βασιλείου απέκτησαν δυναμική εξαιτίας της βελτίωσης της τεχνικής μεθόδου της παραγωγής και αυτό συντέλεσε στην δημιουργία της 1<sup>ης</sup> Βιομηχανικής Επανάστασης. Στην συνέχεια της περιόδου αυτής με αυξημένη ζήτηση για κάλυψη των αναγκών της αγοράς, αυξήθηκαν και οι απαιτήσεις της καθημερινότητας. Η βιομηχανική επανάσταση στη Βρετανία αποσκοπούσε στην δημιουργία του πρώτου επιπέδου υιοθέτησης παραγωγής και βελτίωσης των συνθηκών έμμεσης μετάβασης από την χειρωνακτική εργασία και χρήση ατμοκίνητων κινητήρων και νερού ως κύρια πηγή ενέργειας. Πλέον ο όρος εργοστάσιο καθιερώνεται συστηματικά και η γεωργία βρίσκει τρόπο να εξυπηρετείται πιο αποτελεσματικά (Kagermann et all, 2013).

Όμως η έλλειψη των δυνατοτήτων των μονάδων της νέας βιομηχανίας και των χρησιμοποιούμενων τεχνικών και μέσων της εποχής οδήγησε στην 2<sup>η</sup> Βιομηχανική Επανάσταση που ξεκίνησε τον 19<sup>ο</sup> αιώνα. Η χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας, των τεχνολογιών μαζικής παραγωγής προϊόντων και της υιοθέτησης γραμμών συναρμολόγησης έφερε ραγδαίες εξελίξεις στους τομείς της τεχνολογίας και της ανάπτυξης νέων συσκευών. Τα έξυπνα για την εποχή συστήματα και οι τεχνολογικές μηχανές άρχισαν να εξελίσσονται προκαλώντας την 3<sup>η</sup> βιομηχανική Επανάσταση

εδραιώνοντας πλέον την ολοκληρωμένη παραγωγή και το πρώτο στάδιο αυτοματοποίησης πριν την έναρξη του 20<sup>ου</sup> αιώνα (Kagermann et all, 2013).

Η λεγόμενη και ψηφιακή επανάσταση κυρίως επήλθε από την μετάβαση των αναλογικών μηχανημάτων σε ψηφιακά, και σε συνδυασμό με την χρήση της πληροφορίας η 3<sup>η</sup> βιομηχανική επανάσταση ήταν ο κινητήριος μοχλός της ραγδαίας ανάπτυξης στον τομέα της τεχνολογίας των υπολογιστών, της τεχνολογίας της πληροφορίας και της επικοινωνίας μεταξύ όλων των βιομηχανικών μονάδων. Οι τεχνολογικές εξελίξεις σήμερα ακολουθούν μια αυξητική πορεία και οι μηχανές τείνουν να αντικαθιστούν ανθρώπινες λειτουργίες, όχι μόνο με την αυτοματοποίηση των διαδικασιών αλλά και την ψηφιοποίηση των δυνατοτήτων του.





Εικόνα 1. Οι 4 Βιομηχανικές Επανάστασεις (Kagermann et al, 2013)

Η ύπαρξη της 4<sup>ης</sup> Βιομηχανικής επανάστασης ήδη μας έχει κρούσει τον «κώδωνα του κινδύνου» και δηλώνει δυναμικά την παρουσία της. Οι μηχανές συνεχίζουν να εξελίσσονται και αντικαθιστούν πλέον όχι μόνο υποστηρικτικές εργασίες της βιομηχανίας αλλά κύριες και σε συνδυασμό με την αυτοματοποίηση και ψηφιοποίηση τους μόλις η 4<sup>η</sup> βιομηχανική επανάσταση έχει ξεκινήσει. Ενώ στην προηγούμενη φάση της βιομηχανικής επανάστασης έχουμε μονό την δυνατότητα του προγραμματισμού πλέον οι μηχανές γίνονται ολοένα και πιο έξυπνες αναλύοντας δεδομένα και αυξάνοντας

την δυνατότητα αποθήκευσης εντολών και της λειτουργίας τους βάσει τεχνητής νοημοσύνης. Δεκάδες δυναμικοί αλγόριθμοι αναλύουν τα δεδομένα που έρχονται όχι μόνο από τον άνθρωπο αλλά και από τις υπόλοιπες μηχανές και επιλέγουν τα μέσα και τον τρόπο που θα υλοποιηθεί ο προγραμματισμός της παραγωγής. Είμαστε ήδη στην αρχή της δημιουργίας ενός έξυπνου εργοστασίου (Benzie, 2014).

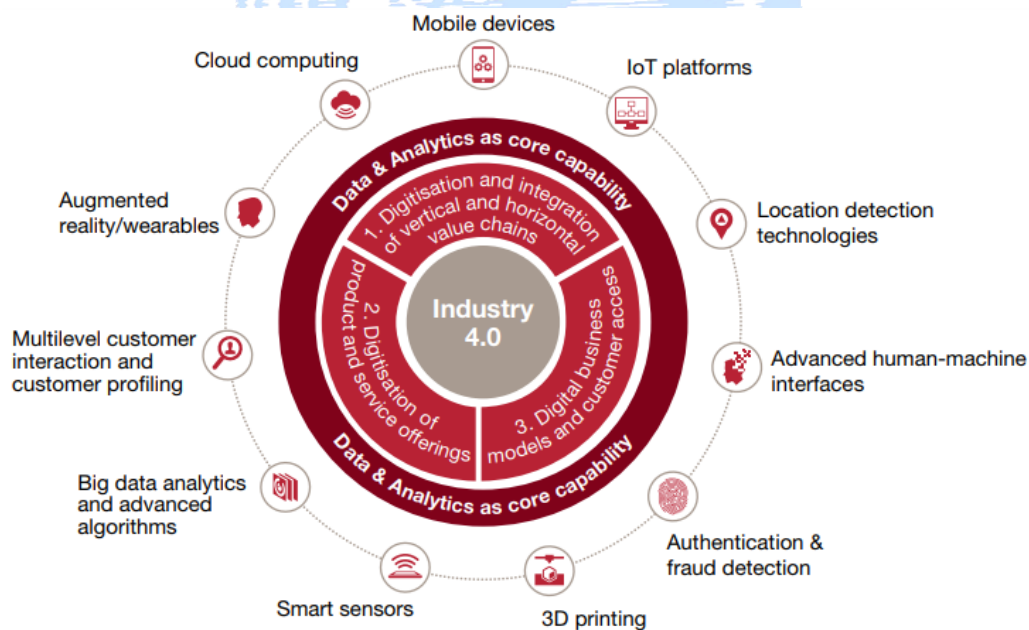




## 1.5. Τεχνολογία και επιστήμη

Εάν εξετάσει κανείς την τεχνολογία και τις μεθόδους τεχνολογικής εξέλιξης σε σχέση με την επιστήμη και το πώς αυτή επηρεάζει το περιβάλλον γύρω μας θα μπορέσει ενδεχόμενα να διαπιστώσει ότι η κατανόηση της αφορά το σύνολο της πολιτιστικής εξέλιξης και των κοινωνικών φαινομένων που παρουσιάζονται κάθε φορά που η τεχνολογική εξέλιξη επιδρά στο κοινωνικό σύνολο. Τόσο η τεχνολογία όσο και η επιστήμη είναι πρωταρχικοί στόχοι της πολιτιστικής αλλαγής και εξέλιξης του κοινωνικού συνόλου και κάθε γενιά διατηρεί και εξελίσσει τα επιτεύγματα, τεχνολογικά ή μη, των προηγούμενων γενεών. Οι μηχανισμοί που χρησιμοποιούνται για την Βιομηχανική Επανάσταση 4.0 έχουν άμεση επίπτωση στην τεχνολογική εξέλιξη τόσο στην καινοτομία και βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης, όσο και στην ύπαρξη κοινωνικών αλλαγών μέσω των νέων μέσων κοινωνικής μάθησης, της τεχνολογικής διευκόλυνσης και πρόσβασης σε κανάλια πολιτιστικής μάθησης και βελτίωσης των αναπτυξιακών λειτουργιών (Nukeaw and Pecharra, 2013). Ο ρόλος της Βιομηχανικής Επανάστασης 4.0. δεν είναι απλά ένας εξωτερικός παράγοντας που επηρεάζει ομαδικά το κοινωνικό σύνολο αλλά και ατομικά το ανθρωπογενές περιβάλλον όπου οι τεχνολογικές εξελίξεις βρίσκουν τον άνθρωπο στα διάφορα στάδια ζωής του και πρέπει να εξεταστούν όλες εκείνες οι συνθήκες που επηρεάζουν την κοινωνική δυναμική σύμφωνα με τις υιοθετούμενες τεχνολογίες. Η πάροδος του χρόνου σύμφωνα με την τεχνολογική εξέλιξη και η υιοθέτηση καινοτόμων λύσεων επιδρά με ποικίλους τρόπους σε κάθε κοινωνικό σύνολο και σύμφωνα με την δομή του κάθε κοινωνικού συνόλου παράγει διαφορετικά αποτελέσματα. Άλλωστε τόσο η τεχνολογική εξέλιξη όσο και

εξέλιξη στην τεχνολογική επιστήμη είναι μιας μορφή πολιτιστικής εξέλιξης και αλλαγής κουλτούρας, καθώς η τεχνολογία και η επιστήμη επηρεάζονται από τις τάσεις και τα πρότυπα που δημιουργούνται από τους μηχανισμούς τεχνολογικής επανάστασης (Hevner et al, 2004). Η τεχνολογία έχει επιτρέψει στους ανθρώπους να εξελιχθούν άλλωστε και να αναπτύξουν την κάθε μορφή ζωής όχι μόνο στον δικό μας πλανήτη αλλά κατακτώντας ότι μπορεί να φανταστεί ο ανθρώπινος νους. Αντίστοιχα όμως εμφανίζονται αρνητικές μορφές της τεχνολογίας όπως η εκμετάλλευση των ορυκτών πόρων πιο γρήγορα από την δυνατότητα αναπλήρωσης από την φύση, η δημιουργία κοινωνικών ανισοτήτων βάσει του τεχνολογικού πλούτου που δημιουργείται μονομερώς, η αρνητική εκμετάλλευση της τεχνολογίας για την πορεία προς ένα νέο παγκόσμιο τεχνολογικό πόλεμο.



Εικόνα 2. Πλαίσιο ψηφιακών τεχνολογιών. (PwC, 2016)

Η τεχνολογία και οι δυνατότητες της μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά τον τρόπο που σκεπτόμαστε και που δρούμε σε σχέση με τους γύρω μας καθώς η εισερχόμενη πληροφορία και η διαχείριση της γίνεται συστηματικά πιο εύκολη με την χρήση των τεχνολογικών μέσων (Nukeaw and Pecharpa, 2013).

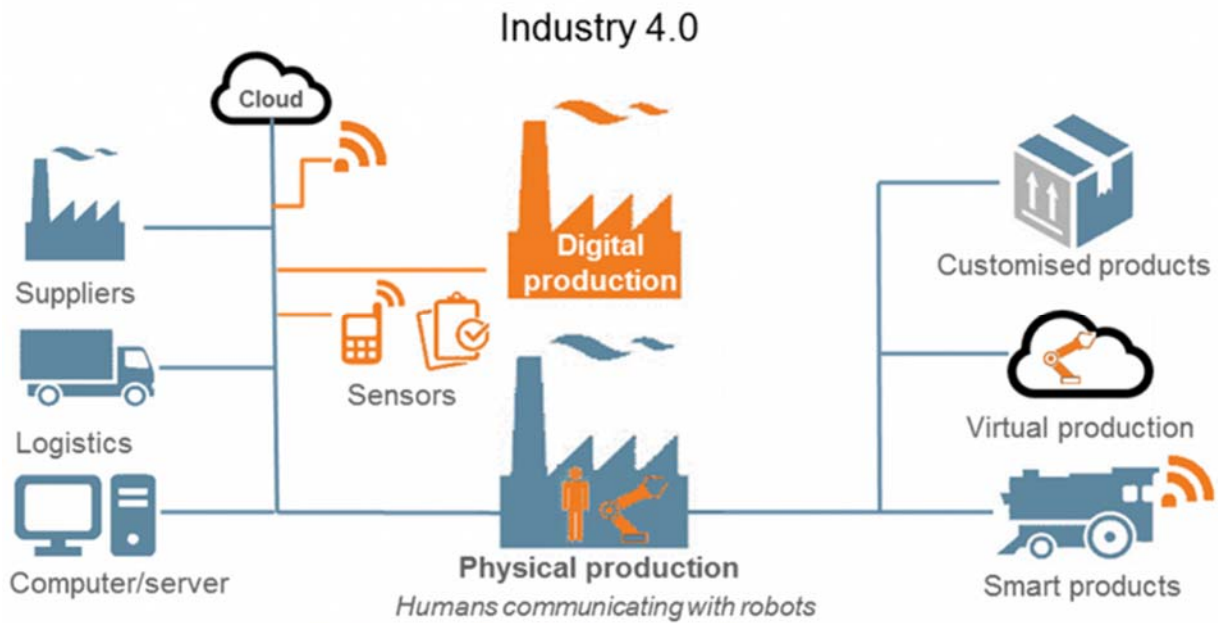


Η επιστήμη από την άλλη επιταχύνεται λόγω των τεχνολογικών εξελίξεων και αναπτύσσεται πιο γρήγορα ώστε γνώση που δεν είχαμε πριν να μπορεί σήμερα να εφαρμοστεί σε πολλά στάδια της ανθρώπινης εξέλιξης. Υπάρχει σαφής πρόοδος όσον αφορά την κατανόηση της γνώσης που δημιουργείται από την τεχνολογική εξέλιξη σε κοινωνικό επίπεδο. Τόσο η τεχνολογία όσο και η επιστήμη αποτελούν έννοιες που χαρακτηρίζουν και χαρακτηρίζονται διαφορετικά σύμφωνα με το πώς μπορούν να χρησιμοποιηθούν, άλλωστε αποτελούν και οι δύο πλέον μια μορφή γνώσης. Η γνώση μεταδίδεται κοινωνικά από άτομο σε άτομο μέσω διάφορων διαδικασιών, που συνήθως προέρχεται είτε από επιστημονικά είτε από τεχνολογικά μέσα (Hevner et all, 2004). Η μοναδική και πρωτοφανής εξέλιξη του ανθρώπου προέρχεται πλέον από την τεχνολογία και εμπλουτίζεται πιθανότατα από την ασυνήθιστα υψηλή κοινωνική μάθηση και συμμετοχή που υπάρχει ολοένα και περισσότερο στα τεχνολογικά κανάλια διανομής της πληροφορίας που η Βιομηχανική Επανάσταση 4.0. ήδη παρέχει απλόχερα στο κοινωνικό σύνολο (PwC, 2016).

## 2.1. Τι είναι η Βιομηχανία 4.0

Η Βιομηχανική Επανάσταση 4.0. είναι ουσιαστικά ο ψηφιακός και βιομηχανικός μετασχηματισμός των βιομηχανικών αγορών σε συνδυασμό με έξυπνες μηχανές και συστήματα που υλοποιούνται σήμερα και που θα υλοποιηθούν στο εγγύς μέλλον. Όμως η βιομηχανική επανάσταση δεν αφορά μόνο την διαδικασία παραγωγής αλλά και την εφοδιαστική αλυσίδα, την ενέργεια, τις μεταφορές, τους βιομηχανικούς πόρους και ευρύτερα σκεπτόμενοι την κοινωνία με την δημιουργία «έξυπνων» πόλεων. (Popkova et al, 2019). Η Βιομηχανική Επανάσταση 4.0. αφορά την εξέλιξη σε κυβερνο-φυσικά συστήματα για την υιοθέτηση της παραγωγικής διαδικασίας με χρήση βιομηχανικής τεχνολογίας σε συνδυασμό με την τεχνητή νοημοσύνη σε όλους τους τομείς παραγωγής, μεταποίησης, εφοδιαστικής και εν γένει της βιομηχανίας σε όλα τα στάδια. Αυτή δεν αφορά μόνο τα έξυπνα εργοστάσια, τις διαδικασίες παραγωγής στο πλαίσιο ανάπτυξης του εργοστασίου αλλά και την στενή έννοια του όρου διαχείρισης της πληροφορίας (Ustundag and Cevikcan, 2018). Ο όρος IoT ( Internet of Things) στην ουσία περιγράφει μόνο μια πτυχή της Βιομηχανικής Επανάστασης 4.0. ως την ύπαρξη βιομηχανικής τεχνολογικής διαδικασίας εντός των αναλογικών μονάδων που ψηφιοποιούν την πληροφορία και την διαχειρίζονται ώστε να πετύχουν πιο αποτελεσματικά τους στόχους τους. Για την πλήρη κατανόηση του Industry 4.0. απαιτείται η ενδελεχής μελέτη της αλυσίδας αξίας που περιλαμβάνει τους προμηθευτές, τους πελάτες, τα μέσα, τις πρώτες ύλες, τα στάδια κατασκευής, την τελική αλυσίδα εφοδιασμού , τα εμπλεκόμενα μέρη ώστε να ικανοποιηθεί ο τελικός στόχος που μπορεί

να αφορά οποιονδήποτε τελικό πελάτη, είτε αυτό ονομάζεται βιομηχανία είτε καταναλωτής (Ustundag and Cevikcan, 2018).



Εικόνα 3. Βιομηχανία 4.0 (Thingtrax.com, 2017)

Με την υιοθέτηση νέων ψηφιοποιημένων μοντέλων παραγωγής, εξυπηρέτησης και αλληλεπίδρασης που έχουν ως επίκεντρο την εξατομίκευση μειώνονται οι αναποτελεσματικότητες στην διαδικασία παραγωγής, το κόστος για την κάλυψη των αναγκών εξατομίκευσης, το κόστος της εφοδιαστικής αλυσίδας και οδηγούμαστε σε νέους στόχους όπου η βιομηχανική επανάσταση Industry 4.0. μπορεί να ικανοποιήσει ολοένα και περισσότερο απαιτητικούς πελάτες που επιθυμούν αποδοτικότητα, αποτελεσματικότητα σε συνδυασμό με την ταχύτητα προσδοκώντας σε καινοτόμες υπηρεσίες προστιθέμενης αξίας (Porokona et all, 2019).

Συνεπώς η Βιομηχανική Επανάσταση 4.0. έχει ως επίκεντρο την δημιουργία καινοτόμων ιδεών και του μετασχηματισμού των επιχειρηματικών μοντέλων και διαδικασιών προς όφελος των τεχνολογικά βιομηχανικών μονάδων προς όφελος της αύξησης των καθαρών κερδών, της μείωσης του επιχειρηματικού κόστους, της βελτιστοποίησης των παρεχόμενων υπηρεσιών και προϊόντων, την ενίσχυση των πελατειακών δεσμών και σχέσεων με τον καταναλωτή και την βιομηχανία, την μαζική παραγωγή προϊόντων υψηλών προδιαγραφών σε προσιτή τιμή και βέβαια την τεχνολογική δημιουργία καινοτόμων προϊόντων που βελτιώνουν την καθημερινότητα μειώνοντας πολλές φορές το ενεργειακό αποτύπωμα που η ίδια η βιομηχανική επανάσταση δημιούργησε (Ustundag and Cevikcan, 2018). Αγαθά και υπηρεσίες μπορούν πλέον να είναι προσβάσιμα πιο άμεσα, πιο γρήγορα, πιο αποτελεσματικά και σαφώς πιο αποδοτικά. Δεν πρέπει όμως να ξεχνάμε ότι σε κάθε περίπτωση ήδη προϊόντα εξαφανίζονται εξαιτίας της 4<sup>ης</sup> βιομηχανικής επανάστασης με αποτέλεσμα τον αρνητικό κοινωνικό αντίκτυπο στις χαμηλότερες τεχνολογικά ανεπτυγμένες χώρες που η Industry 4.0. διαδικασία δεν έχει ακόμα επιδράσει θετικά (Porokova et al, 2019).

## **2.2. Ορισμός Βιομηχανίας 4.0**

Ο όρος Industry 4.0. χρησιμοποιήθηκε αρχικά από την Γερμανία και την Γερμανική Κυβέρνηση που προσπάθησε να περιγράψει την ενσωμάτωση του συνόλου των τεχνολογικών μεταβολών στους τομείς της παραγωγής και της μεταποίησης. Το πλαίσιο αυτό καθόριζε τις προτεραιότητες στην εφαρμογή της στρατηγικής της Γερμανίας και



του καθορισμού των στόχων και προτεραιοτήτων για την διατήρηση της ανταγωνιστικότητας της στην Γερμανική Βιομηχανία, όχι μόνο για ευημερία και την δημιουργία μακρόχρονης βιωσιμότητας της Γερμανικής Βιομηχανίας αλλά κυρίως για την μετάδοση της γνώσης άμεσα σε όλα τα στάδια παραγωγής ώστε να επιτευχθεί το καλύτερο αποτέλεσμα για την δημιουργία κεντρικού κορμού βιομηχανικής παραγωγής και εξαγωγών, σε σκοπό την κατάκτηση των εξαγωγών σε Ε.Ε. και Η.Π.Α. (E.U. Parliament, 2016). Το πλαίσιο που περιέγραφε την ενσωμάτωση των μεταβολών απαιτούσε και πολιτικές πρωτοβουλίες οδηγώντας την Γερμανική Κυβέρνηση να υιοθετήσει ένα νέο μοντέλο έρευνας και ανάπτυξης που θα οδηγούσε στην ανάπτυξη της βιομηχανικής παραγωγής. Αυτό το πλαίσιο βρήκε άμεσους υποστηρικτές από την Κυβέρνηση και τους επιχειρηματικούς εταίρους της Γερμανίας και σύντομα το Industry 4.0. περιέγραφε την οργάνωση των νέων διαδικασιών παραγωγής βασιζόμενο στην τεχνολογία και τις συσκευές που μπορούν έξυπνα να επικοινωνούν μεταξύ τους μεταδίδοντας τις πληροφορίες κατά μήκος της τεχνολογικής και βιομηχανικής αλυσίδας. Το νέο μοντέλο που αφορούσε το «έξυπνο» εργοστάσιο όριζε ότι τα αυτοματοποιημένα συστήματα ελέγχονται με φυσικές διαδικασίες αλλά έχουν τεχνητή νοημοσύνη και μπορούν να αποφασίσουν μόνα τους για το σύνολο της παραγωγικής διαδικασίας. Το πλαίσιο αυτό όριζε την δημιουργία ενός αντιγράφου του φυσικού εργοστασίου σε εικονικό με δυνατότητα ψηφιοποίησης των διαδικασιών όπου ο μετασχηματισμός των βιομηχανικών μονάδων πλέον θα αφορούσε τεχνολογικά συστήματα που μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους ώστε σε όλα τα στάδια παραγωγής να συνεχίζονται απρόσκοπτα σύμφωνα με τον διαρκή έλεγχο του δικτύου πληροφοριών που θα

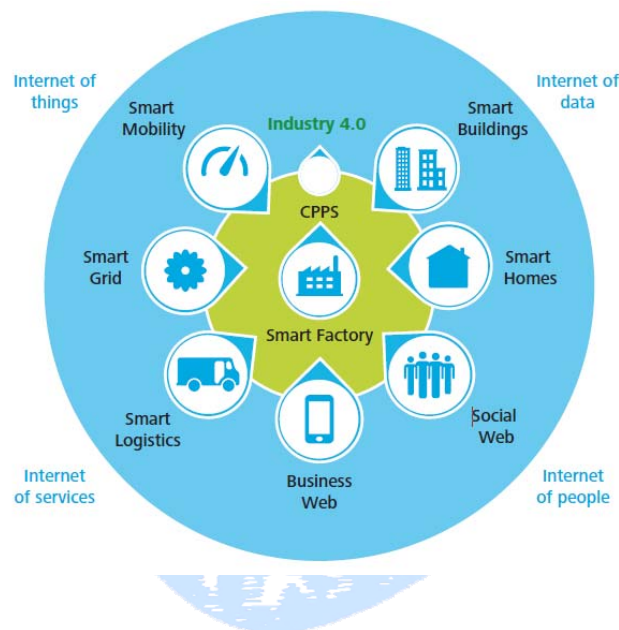


μπορούσε να δημιουργηθεί (E.U. Parliament, 2016). Η πληροφορία και η διαχείριση της ανάμεσα στις βιομηχανικές μονάδες και τις έξυπνες μηχανές είναι κρίσιμη για την ανάπτυξη του δικτύου πληροφοριών ώστε να επιτευχθεί το αναμενόμενο αποτέλεσμα δυνατότητας πραγματοποίησης κάθετης βιομηχανικής παραγωγής ανεξάρτητων βιομηχανικών μονάδων που συνδέονται όχι μόνο μεταξύ τους αλλά και με τις επιχειρηματικές διαδικασίες άλλων εργοστασίων και επιχειρήσεων οριζόντιας ολοκλήρωσης με ένα και μόνο στόχο. Την βελτίωση του παραγόμενου προϊόντος σε συνδυασμό με την εκμετάλλευση πληροφοριών πιο γρήγορα από πριν . Πλέον τα έξυπνα βιομηχανικά μέρη μπορούν να διαχειρίζονται σε πραγματικό χρόνο το σύνολο των εντολών από όλες τις βιομηχανικές συνδεδεμένες συσκευές (E.U. Parliament, 2016). Οι εξελίξεις της τεχνολογίας θα μειώνουν την διάκριση μεταξύ της βιομηχανίας και των υπηρεσιών και οι ψηφιακές τεχνολογίες μπορούν πλέον να συνδέουν τα βιομηχανικά προϊόντα και τις ζητούμενες εξατομικευμένες υπηρεσίες σε υβριδικά προϊόντα που δεν θα μπορούν να αποκαλούνται ούτε υλικά αγαθά αλλά ούτε υπηρεσίες κατά αποκλειστικότητα. Πράγματι, τόσο οι όροι IoT «Διαδίκτυο των πραγμάτων» όσο και όσο και IoS «Διαδίκτυο των υπηρεσιών» μπορούν πλέον να θεωρούνται κύρια στοιχεία της Βιομηχανίας 4.0 (E.U. Parliament, 2016).

### **2.3. Το περιβάλλον της βιομηχανίας 4.0**

Το περιβάλλον της βιομηχανίας 4.0 αποτελείται όπως φαίνεται στο παραπάνω σχήμα από το Διαδίκτυο των πραγμάτων, το διαδίκτυο των δεδομένων, το διαδίκτυο των

υπηρεσιών και το Διαδίκτυο των ανθρώπων. Κάθε δομικό στοιχείο της Βιομηχανίας 4.0 περιέχει και επηρεάζεται από τα συστατικά που την αφορούν στο εσωτερικό και στο εξωτερικό περιβάλλον. Αυτό τελικά που ονομάζουμε έξυπνο εργοστάσιο δεν είναι τίποτα άλλο από όλα τα καθημερινά στοιχεία που χρησιμοποιούμε όπως τα κοινωνικά δίκτυα με τις έξυπνες συσκευές και την δικτύωση τους (E.U. Parliament, 2016).



Εικόνα 4. Το περιβάλλον της Βιομηχανίας 4.0 (Deloitte, 2015)

### 3.5. Έννοιες για την Βιομηχανία 4.0

Τα τελευταία χρόνια επικρατεί μια συζήτηση και διάφορες έννοιες παρουσιάζονται για την σημαντική παραγωγή δικτύων. Παντού εμφανίζονται έννοιες όπως το «Big Data», η σημασία του Διαδικτύου των πραγμάτων, η σημασία του Διαδικτύου των υπηρεσιών, η ρομποτική και η αυτοματοποίηση. Προφανώς υπάρχει μια ουσιαστική σύνδεση όλων

αυτών των υποκειμενικών εννοιών στην αντικειμενική έννοια της Βιομηχανίας 4.0. Ο αντίκτυπος των τεχνολογικών αλλαγών στο κέντρο της βιομηχανικής παραγωγής συνδέεται με ότι ονομάζουμε αυτή την στιγμή Βιομηχανία 4.0. (Moon et all, 2018). Ο σχηματισμός της Βιομηχανίας 4.0 και τα στοιχεία της φαίνεται να επιφέρουν ουσιαστικά άλματα όσον αφορά την ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών και προϊόντων οπότε προκύπτει μια συνεχής και ανοδική ανάπτυξη των τεχνικών και των μέσων για να επιτευχθεί η αυτοματοποιημένη παραγωγική διαδικασία. Υπό αυτή την έννοια είμαστε σε ένα ιστορικό σημείο εκκίνησης ώστε να ξεκινήσει μια συζήτηση και μια αντιπαράθεση ιδεών και αντιφάσεων για το τι θα συμβεί στο άμεσο μέλλον όχι μόνο στο οικονομικό περιβάλλον αλλά και στο κοινωνικό, το πολιτιστικό – επηρεάζοντας την κουλτούρα μας- ακόμα και το πολιτικό (Moon et all, 2018). Η συζήτηση για την Βιομηχανία 4.0 και τις αλλαγές που θα επιφέρει στους βιομηχανικούς τομείς τόσο των προϊόντων όσο και των υπηρεσιών προκύπτει συνεχώς καθώς οι προοπτικές που παρουσιάζονται αμβλύνουν τις αντιθέσεις και λειαίνουν τις καταστάσεις σε όλους τους τομείς και τους κλάδους της επιχειρηματικότητας που σχετίζονται με την υιοθέτηση της τεχνολογίας και της ψηφιοποίησης σταδίων παραγωγής. Τα επιχειρήματα είτε υπέρ είτε κατά της Βιομηχανίας 4.0 προκύπτουν σύμφωνα με τα αποτελέσματα μετά την εφαρμογή καθώς το άγχος της επιτυχίας και οι ανησυχίες μεγαλώνουν συστηματικά, καθώς η τεχνολογία εισβάλλει όλο και περισσότερο σε περισσότερους τομείς, αφήνοντας ανεξίτηλα τα στίγματα της στην καθημερινότητα μας. Προκειμένου να επιτευχθεί ο σωστός σχεδιασμός του περιβάλλοντος τεχνολογικής ανάπτυξης και ψηφιοποιημένης παραγωγής, πρέπει να αρθούν οι τεχνολογικοί περιορισμοί. Συνεπώς πρέπει να

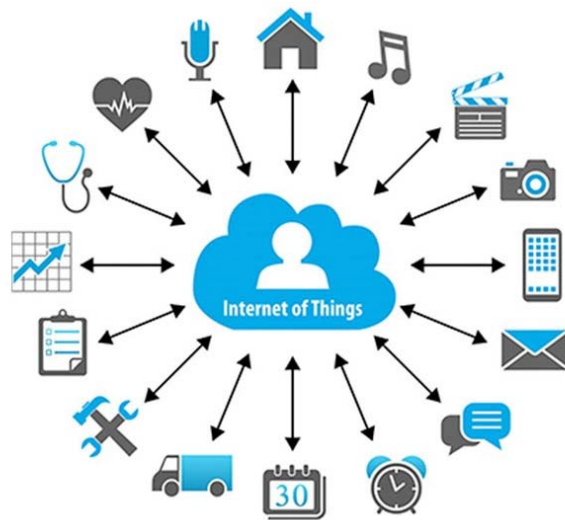
υπολογιστούν τα οφέλη που θα προκύψουν από τον εξορθολογισμό της αρχιτεκτονικής και του σχεδιασμού παραγωγής σύμφωνα με την ψηφιακή βιομηχανία, με την οικονομία να οδηγείται σε νέα μονοπάτια και αχαρτογράφητα νερά καθώς επίκεινται τεχνολογικές αλλαγές που δεν μπορεί κανείς να προβλέψει που μπορούν να μας οδηγήσουν (Moon et all, 2018). Το ζήτημα της εργασίας και των προσόντων που απαιτούνται για την υλοποίηση είναι ένας πολύ μεγάλος τομέας που επηρεάζεται άμεσα καθώς τα προσόντα που απαιτούνται για την ψηφιοποιημένη βιομηχανική παραγωγή είναι δυσανάλογα του χρόνου υλοποίησης και εφαρμογής, συνεχώς αυξάνοντας τις απαιτήσεις όχι μόνο σε νέα τεχνολογικά συστήματα αλλά και σε υπάρχουσα. Αυτά τα τεχνολογικά συστήματα δημιουργούν παγκόσμια υπεραξία μέσω της αύξησης της παραγωγικότητας, της αποτελεσματικότητας και της αποδοτικότητας καθώς η Βιομηχανία 4.0 δεν είναι μια συντόμευση της τεχνολογικής καινοτομίας αλλά ένα ρηξικέλευθο τεχνολογικό βήμα για το επόμενο άλμα. Η οργάνωση του νέου κόσμου με τα δεδομένα που προκύπτουν είναι κρίσιμη και πρέπει να απαντηθούν πολλαπλά ερωτήματα όπως το ποιο θα είναι το κοινωνικό αντίκτυπο από αυτές τις εφαρμογές, πώς αντιλαμβάνεται το κοινωνικό σύνολο τις επιπτώσεις στον κόσμο της εργασίας, πώς επηρεάζονται οι οικονομικοί τομείς από αυτές τις εξελίξεις και ποιες θα είναι οι αλλαγές στον επαγγελματικό καταμερισμό της εργασίας (Moon et all, 2018). Όλοι οι φορείς που συμμετέχουν είτε παθητικά είτε ενεργητικά σε αυτές τις τεχνολογικές αλλαγές έχουν συμμετοχή στην 4<sup>η</sup> Βιομηχανική επανάσταση για την διαχείριση του εργατικού δυναμικού, την εφαρμογή της νέας βιώσιμης κουλτούρας που αναδύεται, την συμμετοχή στην γνώση, την διαχείριση των πληροφοριών, την καινοτομία και κοινωνική ευθύνη σε

σχέση με την νέα ψηφιακή επιχειρηματικότητα. Οι νέες τεχνολογικές γνώσεις που απαιτούνται θα αντικαταστήσουν τις ικανότητες και νέες ενισχυμένες δεξιότητες ηγεσίας θα προκύψουν μέσω των ενισχυμένων δικτύων. Η χρονική και γεωγραφική τοποθεσία δεν θα έχει πλέον κανένα ουσιαστικό νόημα καθώς η μετάβαση στην ψηφιακή εποχή θα ολοκληρώνεται συνεχώς αποδίδοντας καρπούς σε ένα συνεχώς μεταβαλλόμενο περιβάλλον.

## **2.5. Οροί σχετικά με την Βιομηχανία 4.0**

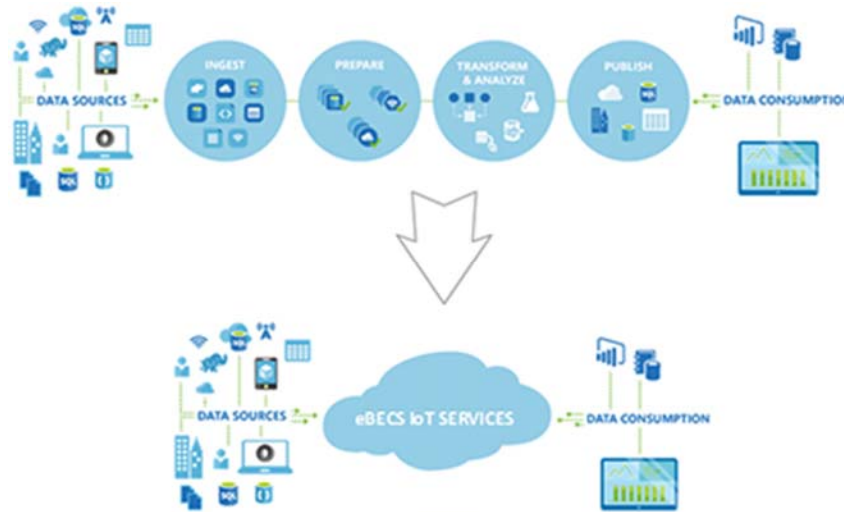
Η Βιομηχανία 4.0 προφανώς είναι ο ο μοναδικός όρος που περιγράφει την νέα βιομηχανική επανάσταση. Για την πλήρη περιγραφή των στοιχείων της Βιομηχανίας 4.0 αναλύονται επίσης και οι παρακάτω όροι όπως.

**Το Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT).** Το Διαδίκτυο των πραγμάτων είναι μια αναφορά στα συστήματα πληροφορικής που είναι συνδεδεμένα με άλλα υποσυστήματα, δίκτυα πελατών και προμηθευτών, διαδικασίες , καθώς και εσωτερικές και εξωτερικές τεχνολογικές μηχανές . Όλα αυτά καταφέρνουν και συνεργάζονται τόσο μεταξύ τους όσο και με ανθρώπους για να επιτευχθεί το σύνολο της επικοινωνίας. Περισσότερες από 30 Δις συσκευές θα έχουν συνδεθεί μεταξύ τους έως την αρχή της επόμενης δεκαετίας.



Εικόνα 5. Διαδίκτυο των πραγμάτων( JustCreative.com, 2018)

**Το Διαδίκτυο των Υπηρεσιών (IoS).** Το Διαδίκτυο των υπηρεσιών είναι μια αναφορά στις εσωτερικές και οργανωτικές υπηρεσίες σε όλα τα επίπεδα δικτύωσης οι οποίες προσφέρονται και αξιοποιούνται από τους συμμετέχοντες δημιουργώντας υπεραξία στην αλυσίδα δικτύωσης και περιέχουν μεγάλα δεδομένα και πληροφορίες που βρίσκονται στο σύννεφο δικτύωσης "Cloud Services".



Εικόνα 6. Διαδίκτυο των υπηρεσιών (eBECS, 2016)

**Βιομηχανικό Διαδίκτυο.** Το Βιομηχανικό δίκτυο αναφέρεται από την εταιρεία General Electric, η οποία περιγράφει με αυτόν τον τρόπο παρόμοιες καταστάσεις δικτύωσης και επικοινωνίας, που επιφέρει καινοτόμες επαναστατικές δομές και συνέργειες, ακριβώς όπως η έννοια της Βιομηχανίας. Στην προκειμένη περίπτωση το Βιομηχανικό Διαδίκτυο υπερβαίνει την παραγωγή για να καλύψει την ζήτηση και αναζητά την επικοινωνία και την δικτύωση σε όλες τις μορφές οικονομικής δραστηριότητας.

## 2.6. Προϋποθέσεις για την Βιομηχανία 4.0

Βασικός σκοπός της ύπαρξης της Βιομηχανίας 4.0 είναι να προσδιοριστούν οι προϋποθέσεις για την επιτυχή εφαρμογή στους κλάδους της παραγωγής και μεταποίησης. Η ύπαρξη των προϋποθέσεων αναλόγως με την χώρα που εφαρμόζεται η Βιομηχανία 4.0 απαιτεί μια εναρμόνιση όσον αφορά την τυποποίηση συστημάτων, την δημιουργία πλατφορμών, την επικοινωνία πρωτόκολλων, τις συνδέσεις δικτύωσης και



την εφαρμογή της αντίστοιχης αρχιτεκτονικής για την δημιουργία προτύπων που θα διευκολύνει τις επιχειρήσεις να την εφαρμόσουν. Η ύπαρξη ανοικτών πρωτόκολλων συνεργασίας θα βοηθήσει στην επικοινωνία των εταιρειών ανεξαρτήτως γεωγραφικής θέσης (Hermann et al, 2015). Η οργάνωση της εργασίας θα αλλάξει και το επιχειρηματικό μοντέλο θα προσδιοριστεί όχι μόνο σύμφωνα με τα νέα δεδομένα αλλά και με τις επιρροές του περιβάλλοντος της Βιομηχανίας 4.0. Σύνθετα συστήματα θα δημιουργηθούν που θα χειρίζονται από χρήστες που θα εφαρμόζουν τα ανοικτά πρωτόκολλα επικοινωνίας ώστε σε πραγματικό χρόνο να μπορούν να προγραμματίσουν τις διεργασίες που απαιτούνται (Hermann et al, 2015).

Ο έλεγχος και η εφαρμογή των διαδικασιών σε πραγματικό χρόνο θα μετασχηματίσει το περιεχόμενο της εργασίας και θα μετασχηματίσει τις διαδικασίες αναλόγως με το περιβάλλον εφαρμογής με αποτέλεσμα την αυξημένη ευθύνη και την συνεχή ανάπτυξη δεξιοτήτων από τους χρήστες. Αυτό θα απαιτεί και μια συντονισμένη προσπάθεια μεταξύ των εμπλεκόμενων μερών, τεχνολογικά εξελιγμένων και μη, προκειμένου να είναι επιτυχής (Hermann et al, 2015).

Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία διαθέσιμων προϊόντων μαζικής παραγωγής που μπορούν να διατεθούν τόσο στους καταναλωτές όσο και στους προμηθευτές προκειμένου να μετασχηματίσουν το προϊόν που προσφέρουν αξιοποιώντας όχι μόνο τις πρώτες ύλες αλλά και την τεχνολογία παραγωγής και ψηφιοποιημένης μεταποίησης.



Τα νέα επιχειρηματικά μοντέλα και το κόστος που θα προκύψει για την εφαρμογή τους δεν είναι σαφώς προσδιορισμένα καθώς εγκυμονούν κίνδυνοι σχετικά με το οικονομικό αποτέλεσμα, μιας και η πρωτοβουλία για την εφαρμογή του νέου μοντέλο Βιομηχανίας 4.0 δεν είναι σίγουρο ότι θα πετύχει να υιοθετηθεί με βεβαιότητα από όλα τα τμήματα της παραγωγής. Κρίσιμα ερωτήματα όπως η ασφάλεια και η προστασία της τεχνογνωσίας σε ένα ευρύτερα ανταγωνιστικό περιβάλλον είναι κρίσιμα και χρήζουν ιδιαίτερης προσοχής. Οι επιχειρηματικοί κολοσσοί σε συνδυασμό με τις κυβερνήσεις επενδύουν στην Έρευνα και την ανάπτυξη όσον αφορά τις τεχνολογικές καινοτομίες αλλά πολλές φορές το κόστος της επένδυσης μπορεί να μην είναι ανάλογο με τα πιθανά κέρδη (Hermann et all, 2015). Το εργατικό δυναμικό θα πρέπει να εκπαιδευτεί προκειμένου να χειριστεί τις νέες δυνατότητες της βιομηχανικής παραγωγής και οι κατασκευαστές των τεχνολογιών θα πρέπει να προστατεύουν τις βιομηχανίες από την μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση με απομακρυσμένα μέσα και να εφαρμόζουν μοναδικά αναγνωριστικά στοιχεία ώστε να προστατεύουν τα τεχνολογικά τους συστήματα.

Θα απαιτηθούν εξειδικευμένοι εργαζόμενοι προκειμένου να σχεδιαστούν οι γραμμές παραγωγής και οι επιχειρήσεις που υιοθετούν τα νέα συστήματα πρέπει να επενδύσουν περαιτέρω στην ανάπτυξη των δεξιοτήτων τους και την συνεχή εκπαίδευσή τους εντός και εκτός των νέων εγκαταστάσεων της βιομηχανικής παραγωγής. Το θέμα της δια βίου μάθησης είναι και πάλι στο προσκήνιο και είναι ένα φαινόμενο ιδιαίτερα σημαντικό για την εφαρμογή της Βιομηχανίας 4.0 όπου απαιτούνται υψηλά τεχνολογικά συστήματα που θα χειρίζονται από χρήστες με ειδικές δεξιότητες (Hermann et all, 2015).

Για να υλοποιηθεί η Βιομηχανία 4.0 τόσο σε δημόσιο όσο και σε ιδιωτικό πλαίσιο πρέπει να υλοποιηθούν οι ανάλογες έρευνες τόσο από τις Κυβερνήσεις όσο και από τους ιδιωτικούς φορείς. Το νομικό πλαίσιο που θα επιτρέψει την ψηφιοποίηση της βιομηχανίας πρέπει να αναπτυχθεί και να εφαρμοστεί σε Ευρωπαϊκό επίπεδο ώστε να υπάρχει μια ενιαία ψηφιακή αγορά που θα επιτρέψει τον υγιή ανταγωνισμό και ανάπτυξη εντός του επιχειρηματικού περιβάλλοντος. Οι πόροι που απαιτούνται για να συγκεντρωθούν για τέτοιες επενδύσεις τόσο στον Δημόσιο τομέα όσο και στον ιδιωτικό είναι μεγάλοι και προϋποθέτουν αναγκαίες επενδύσεις για την ενσωμάτωση των συστημάτων παραγωγής στην ψηφιακή εποχή, την προστασία των εταιρικών δεδομένων, τα θέματα ευθύνης, το ηθικό δίλλημα ύπαρξης ψηφιακής νοημοσύνης, τη διαχείριση των προσωπικών δεδομένων και το ψηφιακό εμπόριο, επενδύσεις που πρέπει να αντιμετωπιστούν με ειδικά κανονιστικά πλαίσια (Hermann et all, 2015).

Προκειμένου να μην υπάρξουν φαινόμενα μονοπωλίων για άλλη μια φορά στην Βιομηχανία 4.0 οι χαλαρές πολιτικές των κυβερνήσεων πρέπει να εκλείψουν ώστε να καθοριστούν ανοιχτά πρότυπα και να μειωθούν τα εμπόδια εισόδου νέων επιχειρήσεων στην ψηφιακή εποχή. Ωστόσο είναι αντιφατικό το επιχείρημα της ανυπαρξίας των χαλαρών πολιτικών καθώς ωφελούν τις μεγάλες εταιρείες δημιουργώντας μονοπώλια και καθορίζοντας πρότυπα που τους ωφελούν αυξάνοντας κατά συνέπεια τα εμπόδια εισόδου για τις ΜΜΕ και τους νεοεισερχόμενους. Οι δημόσιες επενδύσεις στην ψηφιακή τεχνολογία και την ευρυζωνική υποδομή για τη βιομηχανία θα πρέπει να αυξηθούν προκειμένου να διευκολυνθεί η εφαρμογή των διασυνδεδεμένων δίκτυα παραγωγής και να επιτευχθεί η ολοκλήρωση της ψηφιακής ενιαίας αγοράς. Οι επενδύσεις που είναι

απαραίτητες για την υλοποίηση της βιομηχανίας 4.0 αφορούν την ενσωμάτωση της βιομηχανίας σε συνδυασμό με τις προηγμένες τεχνολογίες ΤΠΕ, αγορά νέου και σύγχρονου εξοπλισμού, εφαρμογή ψηφιακών εργαλείων, βελτίωση της ενεργειακής και υλικής απόδοσης για την εξοικονόμηση κόστους, μείωση του ενεργειακού αποτυπώματος, ενσωμάτωση της παραγωγής στις νέες καθαρές τεχνολογικές πρακτικές και βέβαια την εξειδικευμένη κατάρτιση του προσωπικού και της διοίκησης (Hermann et all, 2015).



### 3.1. Βασικά Χαρακτηριστικά Βιομηχανίας 4.0

Αρχές Σχεδιασμού των στοιχείων της Βιομηχανίας 4.0				
	Κυβερνο-φυσικά συστήματα	Διαδίκτυο των Πραγμάτων	Διαδίκτυο των Υπηρεσιών	Έξυπνο Εργοστάσιο
Διαλειτουργικότητα	x	x	x	x
Εικονικοποίηση	x			x
Αποκέντρωση	x			x
Δυνατότητα Πραγματικού Χρόνου				x
Προσανατολισμός σε υπηρεσίες			x	
Αρθρωτότητα			x	

Πίνακας 1. Αρχές σχεδιασμού Βιομηχανίας 4.0 (Hermann et all, 2015)

Διαλειτουργικότητα. Τα κυβερνο-φυσικά συστήματα όπως οι φορητές συσκευές, οι σταθμοί συναρμολόγησης και τα ψηφιακά προϊόντα μπορούν και επιτρέπουν στους ανθρώπους και τα έξυπνα συστήματα να επικοινωνούν. Τα αντικείμενα, οι μηχανές και οι άνθρωποι πρέπει να μπορούν να επικοινωνούν μέσω του Διαδικτύου των πραγμάτων και του Ίντερνετ των ανθρώπων. Αυτή είναι η πιο βασική αρχή που κάνει πραγματικά ένα εργοστάσιο έξυπνο. Η σύνδεση μεταξύ των έξυπνων μηχανών και των έξυπνων εργοστασίων είναι πλέον μια φυσική προέκταση των δυνατοτήτων των ανθρώπων συνεπώς γίνεται ολοένα και μεγαλύτερη χρήση της τεχνολογίας για τον συγκεκριμένο σκοπό (Gorecky et all, 2014).

Εικονικοποίηση. Ένα εικονικό αντίγραφο του έξυπνου εργοστασίου μπορεί να δημιουργηθεί με σκοπό την σύνδεση δεδομένων μέσω αισθητήρων με μοντέλα

εικονικών εγκαταστάσεων και μοντέλα προσομοίωσης. Τα κυβερνο-φυσικά συστήματα πρέπει να είναι σε θέση να προσομοιώσουν και να δημιουργήσουν ένα εικονικό αντίγραφο του πραγματικού κόσμου, όπως και να μπορούν να είναι σε θέση να παρακολουθούν αντικείμενα που υπάρχουν στο περιβάλλον. Με απλά λόγια, πρέπει να υπάρχει ένα εικονικό αντίγραφο όλων, οπότε και η ικανότητα των συστημάτων πληροφοριών θα είναι πλέον ικανή να δημιουργεί το εικονικό αντίγραφο του φυσικού κόσμου, εμπλουτίζοντας τα ψηφιακά μοντέλα των εγκαταστάσεων με δεδομένα αισθητήρων. Αυτό απαιτεί τη συσσωμάτωση των δεδομένων ακατέργαστου αισθητήρα σε πληροφορίες πλαισίου υψηλότερης αξίας (Gorecky et all, 2014).

Αποκέντρωση. Πλέον υπάρχει η δυνατότητα των τεχνολογικών μηχανών και των κυβερνο-φυσικών συστημάτων να παίρνουν τις δικές τους αποφάσεις και συνεχίζουν να διακόπτουν την παραγωγή χάρη στις εξελιγμένες τεχνολογίες όπως η τρισδιάστατη εκτύπωση. Η ικανότητα πλέον των συστημάτων να υποστηρίζουν τους φυσικούς χρήστες με την συγκέντρωση και την οπτικοποίηση των πληροφοριών με σαφήνεια γίνεται για την περαιτέρω λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων και επίλυση επειγόντων προβλημάτων σε σύντομο χρονικό διάστημα. Με αυτόν τον τρόπο η ικανότητα των κυβερνο-φυσικών συστημάτων μπορεί να υποστηρίξει φυσικά τον άνθρωπο με τη διεξαγωγή μιας σειράς εργασιών που είναι εξαντλητικές ή μπορούν να οδηγήσουν σε σφάλματα από τους χρήστες. Μόνο σε περιπτώσεις εξαιρέσεων, παρεμβολών ή αντικρουόμενων στόχων, τα καθήκοντα μεταβιβάζονται σε υψηλότερο επίπεδο (Gorecky et all, 2014).

Δυνατότητα πραγματικού χρόνου. Η δυνατότητα συλλογής δεδομένων σε πραγματικό χρόνο καθώς και η ανάλυση των παρέχουν άμεσα στον χρήστη ή στην έξυπνη συσκευή την πληροφορία που απαιτείται για τις αποφάσεις που πρέπει να πάρει. Η ικανότητα των κυβερνο-φυσικών συστημάτων να εργάζονται ανεξάρτητα, δίνει χώρο για προσαρμοσμένα προϊόντα και επίλυση προβλημάτων, δημιουργώντας ένα πιο ευέλικτο περιβάλλον παραγωγής. Σε περιπτώσεις αποτυχίας ή έχοντας αντικρουόμενους στόχους, το θέμα μεταβιβάζεται σε υψηλότερο επίπεδο. Ένα έξυπνο εργοστάσιο πρέπει να είναι σε θέση να συλλέγει δεδομένα σε πραγματικό χρόνο, να τα αποθηκεύει ή να το αναλύει και να λαμβάνει αποφάσεις βάσει των εισερχομένων πληροφοριών. Αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε εσωτερικές διαδικασίες όπως η αποτυχία μιας μηχανής στη γραμμή παραγωγής. Τα έξυπνα συστήματα πρέπει να είναι σε θέση να εντοπίσουν το ελάττωμα και να αναθέσουν εργασίες σε άλλες μηχανές λειτουργίας. Αυτό συμβάλλει επίσης σημαντικά στην ευελιξία και τη βελτιστοποίηση της παραγωγής. Συνεπώς η συγκεκριμένη λειτουργία διεργασίας μπορεί να κατασκευαστεί με βάση τις ειδικές απαιτήσεις του πελάτη που παρέχονται από την ετικέτα RFID. Ωστόσο, ακόμη και με την εφαρμογή τέτοιων τεχνολογιών, η ανάγκη διασφάλισης της ποιότητας παραμένει αναγκαιότητα σε ολόκληρη τη διαδικασία καθώς η ικανότητα των κυβερνο-φυσικών συστημάτων να λαμβάνουν αποφάσεις από μόνοι τους και να εκτελούν τα καθήκοντά τους όσο το δυνατόν πιο αυτόνομα και με δυνατότητα πραγματικού χρόνου μπορεί να προλάβει τα σφάλματα και τα προβλήματα των συστημάτων κατά την διάρκεια εκτέλεσης των εργασιών (Gorecky et all, 2014).

Προσανατολισμός υπηρεσιών. Οι υπηρεσίες των εταιρειών, των κυβερνο-φυσικών συστημάτων αλλά και ανθρώπων είναι πλέον διαθέσιμες μέσω του Διαδικτύου των Υπηρεσιών και μπορούν να χρησιμοποιηθούν από όλα τα εμπλεκόμενα μέρη, προσφέροντας λύσεις τόσο εσωτερικά όσο και εξωτερικά. Λύσεις όπως το έξυπνο εργοστάσιο μπορεί να βασίζεται σε αρχιτεκτονική προσανατολισμένη στις υπηρεσίες. Η παραγωγή πρέπει να είναι προσανατολισμένη στον πελάτη. Οι άνθρωποι, τα έξυπνα αντικείμενα και οι τεχνολογικές συσκευές πρέπει να μπορούν να συνδεθούν αποτελεσματικά μέσω του Διαδικτύου των Υπηρεσιών για να δημιουργήσουν προϊόντα με βάση τις προδιαγραφές του πελάτη όποτε και όταν αυτό απαιτείται (Gorecky et all, 2014).

Αρθρωτότητα. Στην ουσία δεν είναι τίποτα περισσότερο από την ευέλικτη προσαρμογή των έξυπνων εργοστασίων στις μεταβαλλόμενες απαιτήσεις των τεχνολογικών συστημάτων όπου το κάθε σύστημα μπορεί να αποτελείται από μικρότερα και να υπάρχει συνεπώς η δυνατότητα αντικατάστασης ή επέκταση μεμονωμένων δομών. Τα έξυπνα εργοστάσια πρέπει να είναι σε θέση να προσαρμόζονται γρήγορα και ομαλά στις εποχιακές αλλαγές και στις τάσεις της αγοράς (Gorecky et all, 2014).



### **3.2. Επιθυμητά Χαρακτηριστικά Βιομηχανίας 4.0**

Με βάση την παραπάνω αναφορά τα χαρακτηριστικά που είναι επιθυμητά για την δημιουργία ενός έξυπνου εργοστάσιο, σχετίζονται τόσο με την ευελιξία όσο και με την δυνατότητα επαναπροσδιορισμού, τόσο με το χαμηλό κόστος όσο και την δυνατότητα αλλαγής, αλλά και την ευκινησία καθώς και την ευκολία (Hermann et al., 2015). Ο τρόπος για να επιτευχθούν ορισμένες από αυτές τις λειτουργίες είναι να μπορεί να εφαρμοστεί η Βιομηχανία 4.0 με τρόπο ευέλικτο ώστε με την εφαρμογή της τεχνολογίας να βελτιστοποιείται το προϊόντος, η διαδικασία μεταποίησης και παραγωγής και η οργάνωση των λειτουργιών της τεχνολογικής υποδομής. Συνεπώς ένα έξυπνο εργοστάσιο θα παρέχει μια λύση παραγωγής που επιτρέπει τέτοιες ευέλικτες και προσαρμοστικές διαδικασίες παραγωγής που θα λύσουν τα προβλήματα που προκύπτουν σε μια γραμμή παραγωγής με ταχέως μεταβαλλόμενες και δυναμικές οριακές συνθήκες σε έναν κόσμο που αυξάνει την πολυπλοκότητα, τις επιλογές και την δυνατότητα εξατομίκευσης. Αυτή η προφανής λύση θα μπορούσε, αφενός, να σχετίζεται με τον αυτοματισμό, που είναι ο συνδυασμός του λογισμικού, του υλικού και της μηχανικής, ο οποίος θα οδηγήσει την βελτιστοποίηση της γραμμής παραγωγής, με αποτέλεσμα τη μείωση της περιττής εργασίας, της σπατάλης πόρων και της εξοικονόμησης ενέργειας. Εάν εξεταστεί το ζήτημα από άλλη σκοπιά η Βιομηχανία 4.0 θα μπορούσε είναι μια δυνατότητα προοπτική συνεργασίας μεταξύ διαφόρων βιομηχανικών και μη βιομηχανικών μονάδων, όπου η έξυπνη κατάσταση προέρχεται από τη διαμόρφωση μιας δυναμικής οργάνωσης, με την χρησιμοποίηση έξυπνων και



μη συσκευών που μπορούν πλέον να συνδέονται μεταξύ τους ανεξαρτήτως τεχνολογικών υποδομών (Hermann et al, 2015).

Με την ταχεία ανάπτυξη των τεχνολογιών του Διαδικτύου, των υπηρεσιών και των συστημάτων δικτύων είναι δυνατόν να υποθέσουμε ότι ανοίγει και ο δρόμος για την περαιτέρω ανάπτυξη έξυπνων μηχανών που σε κάποια στιγμή θα έχουν τη δυνατότητα να μαθαίνουν, να σκέφτονται, να αποφασίζουν και να θυμούνται τις εντολές που δέχτηκαν από χρήστες και έλαβαν από άλλα μηχανήματα σε όλες τις στιγμές της γραμμής παραγωγής ώστε σε μια δεδομένη στιγμή να μοιράζονται δεδομένα και εντολές ή να αντιδρούν αναλόγως σε δύσκολες καταστάσεις προς όφελος της βιομηχανικής παραγωγής. Αυτό που σήμερα ακούγεται ως αφηρημένη έννοια, στο εγγύς μέλλον οι έξυπνες μηχανές θα διαμορφώσουν την τεχνητή νοημοσύνη για να καλύψουν τις απαραίτητες θέσεις εργασίας, τόσο στις διαδικασίες παραγωγής όσο και τα τεχνολογικά συστήματα παραγωγής (Hermann et al, 2015). Το ευφυές προϊόν δεν θα είναι απλά μια μεταφορά για τη βελτιστοποίηση της γραμμής παραγωγής αλλά θα συντελεί με την σειρά του στην μείωση τους κόστους του και των λαθών που προκύπτουν από κάθε ελαττωματικό προϊόν που προκύπτει από την προηγούμενη μετασχηματιστική διαδικασία στην γραμμή παραγωγής. Αυτά τα σφάλματα στην παραγωγική διαδικασία συχνά οδηγούν σε απώλειες χρόνου και χρήματος με αποτέλεσμα την μείωση της παραγωγικότητας.

Η διαμόρφωση του τεχνολογικού συστήματος στον τομέα των πληροφοριών σχετικά με τα προϊόντα, τις παραμέτρους παραγωγής τους, θα δίνει στην παραγωγή ένα έξυπνο

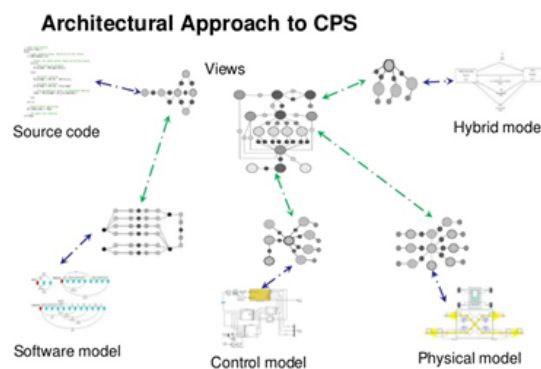
προϊόν, το οποίο θα είναι διαθέσιμο στην κατάλληλη στιγμή και στη σωστή θέση το οποίο μπορεί να επεξεργαστεί και ψηφιακά. Συνεπώς το ιστορικό παραγωγής ευφυών προϊόντων θα μπορεί να καταγράφεται πλέον απευθείας και στο ίδιο το προϊόν, γεγονός που καθιστά τη διαδικασία πιο γρήγορη και αποτελεσματικότερη. Έτσι, το έξυπνο προϊόν θα γίνεται κάθε φορά το μέσο ώστε να διαβιβάζεται η πληροφορία από το προηγούμενο στο επόμενο και από το επόμενο στο πρώτο ώστε οι πληροφορίες σχετικά με την ολοκλήρωση της διαδικασίας παραγωγής να διαμοιράζεται σε όλα τα στάδια της διαδικασίας και τελικώς το προϊόν να συντελείται και να παράγεται από τα ίδια τα χαρακτηριστικά του, τα οποία διαμοιράστηκαν σε πραγματικό χρόνο κατά την διαδικασία παραγωγής (Hermann et all, 2015).

Η εξέλιξη των έξυπνων μηχανών στον τομέα της τεχνολογίας των υπολογιστών επηρέασε άμεσα την ανάπτυξη και τη βελτίωση της τεχνολογίας αισθητήρων, ειδικά όταν πρόκειται για ευφυείς αισθητήρες. Ο αισθητήρας είναι μια συσκευή που παρέχει την κατάλληλη απόδοση σε απόκριση μιας συγκεκριμένης μετρούμενης τιμής που χειριστεί σύμφωνα με τα πρότυπα παραγωγής και ελέγχεται από τους αλγόριθμους. Οι περισσότεροι αισθητήρες ουσιαστικά συμπεριφέρονται ως παθητική συσκευή των οποίων οι τιμές αλλάζουν ανάλογα με το εξωτερικό περιβάλλον. Οι αισθητήρες δεν λειτουργούν ανεξάρτητα αλλά αποτελούν μέρος ενός μεγαλύτερου συστήματος που περιέχει σήματα μέσα σε διαφορετικά αναλογικά και ψηφιακά κυκλώματα σε όλη την γραμμή παραγωγής. Το τεχνολογικό σύστημα στην γραμμή παραγωγής μπορεί να ποικίλει και ενδέχεται να είναι ένα σύστημα μέτρησης, ένα σύστημα απόκτησης δεδομένων ή ένα σύστημα ελέγχου της διαδικασίας (Hermann et all, 2015).

### 3.3. Βασικά στοιχεία Βιομηχανίας 4.0

Τα Κυβερνο-Φυσικά Συστήματα, το Ίντερνετ των πραγμάτων, το Έξυπνο Εργοστάσιο και το Ίντερνετ Υπηρεσιών είναι τέσσερις πιο συχνά χρησιμοποιούμενοι όροι που σχετίζονται με την Βιομηχανία 4.0, συνεπώς αυτά μπορούν να θεωρηθούν τα τέσσερα και κυριότερα βασικά στοιχεία της.

**Κυβερνο-Φυσικά Συστήματα.** Τα κυβερνο-φυσικό σύστημα στοχεύουν στην ενσωμάτωση των υπολογισμών και των φυσικών διεργασιών. Οι υπολογιστές και τα δίκτυα λοιπόν είναι σε θέση να προγραμματίσουν την παραγωγή και να ολοκληρώσουν τη φυσική διαδικασία κατασκευής μέσω συγκεκριμένων πρωτοκόλλων ακολουθώντας μια συγκεκριμένη διαδικασία. Ένα κυβερνο-φυσικό σύστημα είναι γνωστό στις μέρες μας. (Porokona et all, 2019). Οι μηχανές μπορούν να ανταλλάξουν δεδομένα και, σε πολλές εφαρμογές, μπορούν να αισθανθούν τις αλλαγές στο περιβάλλον γύρω τους. Οι συναγερμοί πυρκαγιάς είναι ένα καλό παράδειγμα της τεχνολογίας που χρησιμοποιείται μέσω των αισθητήρων του.



## Εικόνα 7. Αρχιτεκτονική των κυβερνο-φυσικών συστημάτων (Ruchkin,2013)

Η ανάπτυξη ενός τέτοιου συστήματος αποτελείται από τρία στάδια:

Ταυτοποίηση. Η μοναδιαία αναγνώριση είναι απαραίτητη για την κατασκευή και η συγκεκριμένη βασική γλώσσα είναι αυτή που μπορεί να επικοινωνήσει η τεχνολογική μηχανή. Η RFID (αναγνώριση ραδιοσυχνοτήτων) χρησιμοποιεί ένα ηλεκτρομαγνητικό πεδίο για να εντοπίσει μια συγκεκριμένη ετικέτα που συχνά συνδέεται με ένα αντικείμενο (Ustundag and Cevikcan, 2018).

Ενσωμάτωση αισθητήρων. Η ενσωμάτωση αισθητήρων είναι πλέον απαραίτητη για την λειτουργία των μηχανών, καθώς μέσω των αισθητήρων και των ενεργοποιητών μπορεί πλέον η κίνηση μιας συγκεκριμένης μηχανής να ελεγχθεί και δίνει το δικαίωμα στον χρήστη η σε άλλη μηχανή να αντιληφθεί τις άμεσες αλλαγές στο περιβάλλον της. Με την ενσωμάτωση αισθητήρων και ενεργοποιητών η χρήση των μηχανών γίνεται απεριόριστη και τους επιτρέπει να επικοινωνούν μεταξύ τους (Ustundag and Cevikcan, 2018).

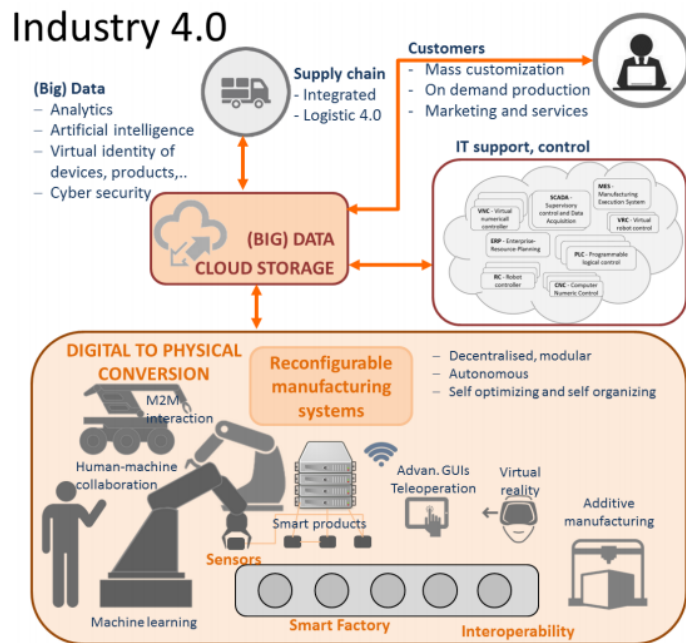
Η ανάπτυξη αισθητήρων και ενεργοποιητών. Η ανάπτυξη των αισθητήρων επιτρέπει στις μηχανές να αποθηκεύουν και να αναλύουν μεγάλα δεδομένα. Ένα κυβερνο-φυσικό σύστημα είναι πλέον εξοπλισμένο με πολλαπλούς αισθητήρες και ενεργοποιητές που μπορούν να δικτυωθούν για την ανταλλαγή πληροφοριών (Ustundag and Cevikcan, 2018).

**Το Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT).** Το Ίντερνετ των πραγμάτων σε κάθε περίπτωση θεωρείται θεμέλιος λίθος για την Βιομηχανία 4.0. Το Ίντερνετ των πραγμάτων είναι αυτό που επιτρέπει στα αντικείμενα και τα μηχανήματα όπως τα κινητά τηλέφωνα, τεχνολογικές συσκευές, κυβερνο-φυσικά συστήματα, αισθητήρες, ενεργοποιητές να επικοινωνούν μεταξύ τους δίνοντας την ευκαιρία στους χρήστες να αποφασίζουν και να επεξεργάζονται λύσεις. Η ενσωμάτωση της τεχνολογίας σε τέτοιο επίπεδο επιτρέπει στα αντικείμενα να λειτουργούν και να επιλύουν προβλήματα ανεξάρτητα με την δυνατότητα πάντα στους φυσικούς χρήστες να μπορούν και να παρεμβαίνουν (Popkova et all, 2019).

**Το Διαδίκτυο των Υπηρεσιών (IoS).** Σε όλες τις σημερινές συσκευές που γνωρίζουμε , κάθε ηλεκτρονική συσκευή είναι πολύ πιθανό να συνδέεται είτε με μια άλλη συσκευή είτε με το διαδίκτυο μέσω των έξυπνων εφαρμογών. Με την τεράστια ανάπτυξη και ποικιλομορφία σε ηλεκτρονικές και έξυπνες συσκευές, η απόκτηση όλο και περισσότερων δυνατοτήτων αλλά και συσκευών δημιουργεί πολλαπλές δυνατότητες και βοηθάει τη χρησιμότητα κάθε πρόσθετης συσκευής που συνδέεται. Τα έξυπνα τηλέφωνα, τα tablet, οι φορητοί υπολογιστές, τα ρολόγια γίνονται ολοένα και περισσότερο διασυνδεδεμένα βοηθώντας τους φυσικούς χρήστες αλλά και τις συσκευές μεταξύ τους για θέματα ασφαλείας. Το Internet των Υπηρεσιών στοχεύει στη δημιουργία ενός πλαισίου που απλοποιεί τις καταστάσεις ώστε όλες τις συνδεδεμένες συσκευές να αξιοποιήσουν στο έπακρο τις δυνατότητες τους Είναι η πύλη του πελάτη προς τον

κόσμο και η σύνδεση του με την τεχνολογική μηχανή και τον κατασκευαστή της (Porokona et all, 2019).

Έξυπνα εργοστάσια. Τα έξυπνα εργοστάσια αποτελούν βασικό χαρακτηριστικό της βιομηχανίας 4.0. Ένα έξυπνο εργοστάσιο υιοθετεί ένα ήρεμο σύστημα το οποίο είναι το σύστημα που μπορεί να αντιμετωπίσει τόσο τον φυσικό όσο και τον εικονικό κόσμο που δημιουργείται από το περιβάλλον γύρω του. Τέτοια συστήματα ονομάζονται "συστήματα υποβάθρου" και κατά κάποιο τρόπο λειτουργούν παρασκηνακά έχοντας την δυνατότητα της ανάλυσης και επίγνωσης του περιβάλλοντος χώρου και των αντικειμένων γύρω του (Porokona et all, 2019). Το σύστημα μπορεί να τροφοδοτηθεί με συνεχείς πληροφορίες είτε από τεχνολογικά συστήματα είτε από χρήστες. Το έξυπνο εργοστάσιο μπορεί να επικοινωνεί μέσω του Διαδικτύου και των κυβερνο-φυσικών συστημάτων βοηθώντας τους χρήστες και τα άλλα μηχανήματα στο να εκτελούν τα καθήκοντα τους (Herman et all, 2015). Ο όρος έξυπνο εργοστάσιο χρησιμοποιείται τόσο στην βιομηχανία όσο και σε επιστημονικό πεδίο χωρίς να υπάρχει κάποιος σαφής ορισμός.



Εικόνα 8. Έξυπνο εργοστάσιο (Rojko, 2017)

### 3.4. Επίπεδα υλοποίησης Βιομηχανίας 4.0

Στο πλαίσιο της ευφυούς κατασκευής, είναι σημαντικό να δημιουργηθεί το έξυπνο εργοστάσιο για να επιτευχθεί προηγμένη κατασκευή με βάση τις τεχνολογίες δικτύων και τα δεδομένα κατασκευής. Επιπλέον, η υλοποίηση ενός έξυπνου εργοστασίου θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη τις υφιστάμενες απαιτήσεις και τις απαιτήσεις κατασκευής. Λόγω των διαφορετικών χαρακτηριστικών του τομέα κατασκευής και πληροφόρησης, υπάρχουν ακόμη πολλά τεχνικά προβλήματα που πρέπει να επιλυθούν προκειμένου να επιταχυνθεί η πορεία του έξυπνου εργοστασίου (Europe, 2020).

Για να δημιουργηθεί ένα έξυπνο εργοστάσιο θα πρέπει να υλοποιηθούν μια σειρά από διαδικασίες βασισμένες στις τεχνολογίες δικτύων και στα δεδομένα κατασκευής. Η



υλοποίηση του απαιτεί την εναρμόνιση των απαιτήσεων κατασκευής σύμφωνα με τα τεχνολογικά πρωτόκολλα διασύνδεσης με άλλα συστήματα αλλά και της απαιτήσεις της τεχνολογικής κατασκευής των έξυπνων μηχανών που θα συνδεθούν (Herman et all, 2015). Τα θέματα που πρέπει να αντιμετωπιστούν και να επιλυθούν προκειμένου να επιτευχθεί η πορεία του έξυπνου εργοστασίου αναλύεται στα παρακάτω επίπεδα (Radziwon et all, 2014).

Στο επίπεδο των φυσικών πόρων, ο τεχνολογικός εξοπλισμός πρέπει να υποστηρίζεται σε πραγματικό χρόνο για να μπορεί να αποκτά πληροφορίες από τις έξυπνες συσκευές καθώς και οι υπόλοιπες συσκευές να μπορούν να παρέχουν μετάδοση πληροφοριών σε υψηλές ταχύτητες. Το περιβάλλον της παραγωγής πρέπει να είναι ευέλικτο και να εξασφαλίζει στην λειτουργικότητα των συστημάτων με την ενίσχυση της τεχνητής νοημοσύνης για την ικανοποίηση των απαιτήσεων του Διαδικτύου των πραγμάτων (Fiasché et all, 2015).

Στο επίπεδο του δικτύου, το βιομηχανικό Διαδίκτυο των πραγμάτων πρέπει να υποστηρίζει όλα τα πρωτόκολλα διασύνδεσης με υψηλές δυνατότητες ευελιξίας και κλιμάκωσης, ενώ νέοι αισθητήρες και ενεργοποιητές θα συνδέονται προσφέροντας ευκαιρίες για ανάπτυξη των βιομηχανικών δικτύων. Για την εξασφάλιση της ποιότητας εξυπηρέτησης θα πρέπει να συνδεθούν τεχνολογίες που προσφέρουν νέα αρχιτεκτονική, νέο λογισμικό και αξιόπιστη επικοινωνία και συνεργασία μεταξύ του παρεχόμενου τεχνολογικά συνδεδεμένου εξοπλισμού (Fiasché et all, 2015).



Στο επίπεδο εφαρμογής δεδομένων, το σύννεφο Cloud θα πρέπει να είναι σε πλήρη λειτουργία ώστε να μπορεί να αναλύει τα δεδομένα. Το έξυπνο εργοστάσιο με τις έξυπνες συσκευές θα μπορούν να εκτελέσουν λειτουργίες αυτόνομα όπως εκείνες της οργάνωσης, της μάθησης, και της διδασκαλίας μέσω της διαδικασίας που εκτελεί. Η λήψη αποφάσεων θα γίνεται με την λήψη πληροφοριών ενώ χρήσιμη θα ήταν και η λειτουργία της εξόρυξης δεδομένων για την βελτιστοποίηση των υπηρεσιών και του ανασχεδιασμού (Zhang et all, 2016).

1<sup>ο</sup> Επίπεδο Φυσικών Πόρων. Οι φυσικοί πόροι περιλαμβάνουν εκείνους τους πόρους που απαιτούνται στην παραγωγή και που έχουν εμπλοκή στον κύκλο ζωής της μεταποίησης και αποτελούν την βάση του έξυπνου εργοστασίου και των ευφυών συστημάτων παραγωγής. Η κατασκευή εξατομικευμένων προϊόντων τόσο αποτελεσματικά όσο και αποδοτικά θέτει υψηλές απαιτήσεις στις γραμμές παραγωγής και στην απόκτηση και εξόρυξη δεδομένων. Το στρώμα των φυσικών πόρων περιλαμβάνει (Fiasché et all, 2015) :

Αναδιαμορφώσιμη Μονάδα Παραγωγής. Στην παρούσα φάση διαπιστώνεται μια έλλειψη ευελιξίας στην γραμμή παραγωγής και ο σημερινός εξοπλισμός κυρίως εξειδικεύεται σε μια και μόνη εργασία με αποτέλεσμα να υπάρχει αδυναμία στην υιοθέτηση νέων προσαρμογών κατά την διάρκεια παραγωγής και μεταποίησης . Με την χρήση νέων τεχνολογιών και έξυπνων συσκευών που μπορούν να επαναπρογραμματιστούν μέσω δυναμικού προγραμματισμού, ένα ρομπότ θα αποτελείται πάντα από τα κύρια μέρη του και θα μπορεί να εκτελεί λειτουργίες σύμφωνα με το προγραμματισμό του (Fiasché et all, 2015). Αυτό θα δώσει επιπλέον ευελιξία στην

γραμμή παραγωγής που θα μπορεί στην ίδια γραμμή να εκτελέσει δυο και τρεις διαφορετικές εργασίες εξατομίκευσης από τις εντολές που θα δέχεται από τον χειριστή, για το εξατομικευμένο προϊόν που κατασκευάζει. Αυτό επιτυγχάνεται με τον συνδυασμό των αρθρωτών μονάδων παραγωγής και τους διαμορφώσιμους ελεγκτές. Οι αρθρωτές μονάδες παραγωγής (Fiasché et al, 2015) είναι στην ουσία αυτόνομα ρομποτικά μηχανήματα που μπορούν να αναπροσαρμόζονται αναλόγως των απαιτήσεων, τα οποία βελτιώνουν την ικανότητα συναρμολόγησης στην γραμμή παραγωγής, σύμφωνα με το πλαίσιο λειτουργίας της βιομηχανίας. Οι διαμορφώσιμοι ελεγκτές είναι η ικανότητα της επαναχρησιμοποίησης των εξαρτημάτων υλικού και λογισμικού της τεχνολογικής υποδομής, για την ενσωμάτωση, επέκταση και αντικατάσταση τους εντός της βιομηχανίας. Η ρύθμιση της γραμμής παραγωγής εξαρτάται από την ευελιξία παραμετροποίησης των ελεγκτών για να ικανοποιηθούν κάθε φορά τα νέα σενάρια από την βιομηχανία και τις απαιτήσεις των πελατών της (Fiasché et al, 2015).

#### Επαναρυθμιζόμενη γραμμή παραγωγής.

Το σύνθημα της αγοράς στις γραμμές παραγωγής είναι οι παραγγελίες σε μικρές ποσότητες που αφορούν μεγάλες ποικιλίες. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα κάθε γραμμή παραγωγής να θέτει τα δικά της ελάχιστα όρια παραγγελίας και το κόστος πολλές φορές να παραμένει το ίδιο για τον τελικό πελάτη αφού δεν υπάρχει δυνατότητα κατασκευής σε μεγάλη ποικιλία και μικρή ποσότητα. Με την βιομηχανία 4.0 το έξυπνο εργοστάσιο θα μπορεί να αναπροσαρμόζει την γραμμή παραγωγής ώστε χωρίς να αλλάζουν οι διαδικασίες να κατασκευάζεται διαφορετικό προϊόν στην ίδια γραμμή με τις εξατομικευμένες απαιτήσεις των πελατών (Kim et al, 2016). Η επαναρυθμιζόμενη

γραμμή παραγωγής μπορεί να παρέχει στους πελάτες μεγάλη γκάμα προϊόντων λόγω της μεταβλητότητας των εισερχόμενων εντολών, της δυνατότητας προγραμματισμού από τον χρήστη και της επεκτασιμότητας με την προσθήκη νέων μηχανημάτων για περισσότερες εναλλαγές στην δημιουργία προϊόντων όπου θα είναι η βάση για την ευέλικτη παραγωγική διαδικασία. Η έγκαιρη ανταπόκριση στις απαιτήσεις της αγοράς θα οδηγήσει τις βιομηχανίες σε ανταγωνιστικό πλεονέκτημα αφού θα μπορούν σε πολύ σύντομο χρόνο να εκτελέσουν λειτουργίες που θα χρειαζόταν ακόμα και μήνες με την κλασική προσέγγιση ενός εργοστασίου με προκαθορισμένη γραμμή παραγωγής (Kim et al, 2016).

Εξαγωγή ευφυών δεδομένων. Οι έξυπνες συσκευές θα μπορούν να αποθηκεύσουν μεγάλα δεδομένα και αυτά να μπορούν να αναλυθούν στην συνέχεια για να αναλυθούν. Οι αισθητήρες και οι ενεργοποιητές που χρησιμοποιούνται από τα έξυπνα εργοστάσια καταγράφουν, αποκτούν και παρακολουθούν τα χιλιάδες δεδομένα των γραμμών παραγωγής. Η έξυπνη εξόρυξη όλων αυτών των δεδομένων με την χρήση σεναρίων παραγωγής και την χρήση τεχνολογικού εξοπλισμού δίνουν την δυνατότητα στις βιομηχανίες να εκτελέσουν τις παραγγελίες των πελατών τους από ήδη εκτελεσμένα σενάρια. Η εκτέλεση των διαδικασιών παραγωγής σε πραγματικό χρόνο όχι μόνο μπορεί να παραβλεφθεί μέσω των εκτελεσμένων σεναρίων παραγωγής αλλά και μέσω της εικονικοποίησης όπου οι έξυπνες συσκευές έχουν ήδη εντοπίσει σφάλματα στην παραγωγή και τροφοδοτούν τους ελεγκτές με χρήσιμες πληροφορίες ώστε να αποφευχθούν τα λάθη και να έχουμε πιο αποτελεσματική παραγωγή σύμφωνα με το σενάριο εκτέλεσης (Kim et al, 2016).

2<sup>ο</sup> Επίπεδο δικτύου. Ίσως το σημαντικότερο επίπεδο της Βιομηχανίας 4.0 καθώς ενσωματώνει όλες εκείνες τις τεχνολογίες όπως οι έξυπνες συσκευές, οι αισθητήρες και οι ενεργοποιητές. Το επίπεδο αυτό κυρίως χαρακτηρίζεται από τις εργασίες ελέγχου, συλλογής δεδομένων και εκτέλεσης εντολών στην παραγωγική διαδικασία. Με την υιοθέτηση της τεχνολογίας σύννεφου (Cloud Computing) η δικτύωση με αισθητήρες για συλλογή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο πρέπει να είναι αξιόπιστη. Η μεταφορά των μεγάλων δεδομένων, η ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ της πλατφόρμας σύννεφου και των έξυπνων συσκευών ικανοποιεί τις απαιτήσεις της παραγωγικής διαδικασίας της Βιομηχανίας 4.0. (Fiasché et al, 2015). Στο δεύτερο επίπεδο συναντάμε τα βιομηχανικά δίκτυα αισθητήρων που αντιπροσωπεύουν την συνδεσιμότητα των τεχνολογικών συσκευών μεταξύ τους είτε ενσύρματα είτε ασύρματα και προορίζονται για βιομηχανική χρήση. Η εφαρμογή τους είναι δύσκολο να καθορισθεί με ένα πρότυπο, αλλά τα βιομηχανικά δίκτυα χαρακτηρίζονται από υψηλή αξιοπιστία, ακρίβεια στην μετάδοση δεδομένων και χαμηλής κατανάλωσης για εξοικονόμηση ενέργειας και κατά συνέπεια κόστους (Fiasché et al, 2015).

Τα βιομηχανικά δίκτυα πρέπει να έχουν μεγάλο βαθμό αλληλεπίδρασης με την βιομηχανική παραγωγή που υλοποιείται με τους παρακάτω τέσσερεις τρόπους (Fernbach et al, 2016).

Μέσω αλληλεπίδρασης βασισμένη σε συστήματα πολλαπλών παραγόντων. Το σύστημα αποτελείται από πολλούς αισθητήρες και ενεργοποιητές σε σύνδεση με ευφυή εξοπλισμό όπου το κάθε αυτόνομο σύστημα μπορεί να μεταδώσει δεδομένα και να

εκτελέσει εντολές. Το σύστημα της αλληλεπίδρασης στο βιομηχανικό δίκτυο χρησιμοποιείται για τη σύνδεση του συστήματος κατασκευής και τη διασφάλιση επικοινωνίας σε πραγματικό χρόνο μεταξύ συσκευών με τυποποιημένο και ενοποιημένο τρόπο. (Fernbach et all, 2016).

Μέσω χρήσης λογισμικού. Για να χρησιμοποιηθούν τόσο οι πόροι όσο και το υπάρχον υλικό και έξυπνες συσκευές απαιτείται η χρήση ενός έξυπνου λογισμικού προκειμένου να ενοποιηθούν οι διαδικασίες παραγωγής και να εκμεταλλευτεί πλήρως το βιομηχανικό δίκτυο. Η επεκτασιμότητα και βιωσιμότητα του δικτύου κρίνεται από την προσαρμοστικότητα του λογισμικού καθώς με κεντρικό έλεγχο από την τεχνολογική μονάδα μπορεί το έξυπνο εργοστάσιο να ικανοποιεί τόσο τις απαιτήσεις της παραγωγής όσο και τις απαιτήσεις συλλογής μεγάλων δεδομένων προκειμένου να παραμένει ευέλικτη στην υλοποίηση της Βιομηχανίας 4.0. (Fernbach et all, 2016).

Μέσω άμεσης επικοινωνίας συσκευής με συσκευή. Ο περιορισμένος προϋπολογισμός των επιχειρήσεων τις φέρνει αντιμέτωπες συχνά με το δίλημμα τι πρέπει να δικτυωθεί και με ποιο κόστος. Ο ευφυής εξοπλισμός απαιτεί ολοένα και μεγαλύτερες επενδύσεις στο έξυπνο εργοστάσιο κατά συνέπεια απαιτούνται λύσεις για την υλοποίηση των βιομηχανικών δικτύων όπως η σύνδεση μεταξύ μηχανών που ανταλλάσσουν επικοινωνία απευθείας μεταξύ τους για να υλοποιείται καλύτερα το σύστημα δικτύωσης. Η απευθείας επικοινωνία συσκευών παρέχει στα έξυπνα εργοστάσια χαμηλότερες καθυστερήσεις, μεγάλη γκάμα μετάδοσης μεγάλων δεδομένων και μαζικής πρόσβασης από τα τερματικά νέας τεχνολογίας και τις έξυπνες συσκευές. Με αυτόν τον τρόπο παρακάμπτονται ορισμένα στάδια επικοινωνίας με το κεντρικό σύστημα προς όφελος

της αυτοματοποιημένης γραμμής παραγωγής. Με αυτόν τον τρόπο έχουμε αποσυμφόρηση του κεντρικού βιομηχανικού δικτύου από την πολλαπλή μεταφορά δεδομένων, βελτιώνοντας τόσο την διακίνηση πληροφοριών εντός του δικτύου όσο και την παροχή υψηλής ποιότητας υπηρεσιών από τα λογισμικά κατά την διάρκεια της γραμμής παραγωγής σε πραγματικό χρόνο (Fernbach et all, 2016).

Χρήση τεχνολογιών αιχμής. Η έννοια υποδηλώνει στην ουσία μια πλατφόρμα ανοικτού λογισμικού με προσαρμοστικότητα στην δυνατότητα δικτύωσης, υπολογιστικής ισχύος, αποθήκευσης μεγάλων δεδομένων και εφαρμογών που θα εξυπηρετεί την γραμμή παραγωγής (Brito et all, 2016). Ο υπολογιστής που θα χρησιμοποιεί τις τεχνολογίες αιχμής, θα βρίσκεται στην άκρη του βιομηχανικού δικτύου και θα είναι τοποθετημένος δίπλα σε μια πηγή αποθήκευσης δεδομένων . η συλλογή των απαραίτητων δεδομένων και η ανάλυση τους σε πραγματικό χρόνο θα παρέχει στο έξυπνο εργοστάσιο τις έξυπνες υπηρεσίες για την γραμμή παραγωγής. Σε συνδυασμό με την ενοποιημένη επικοινωνία όλων των τεχνολογικών έξυπνων συσκευών θα είχε ως αποτέλεσμα την δυναμική παρακολούθηση του δικτύου και της γραμμής παραγωγής αυξάνοντας την ευελιξία, την αξιοπιστία, την αποδοτικότητα και την αποτελεσματικότητα. (Pizoń and Lipski, 2016)

3<sup>ο</sup> Επίπεδο Εφαρμογής Δεδομένων. Μεγάλης σημασίας επίσης είναι η συσχέτιση των συσκευών με τα βιομηχανικά δεδομένα που γίνονται συλλογή από το βιομηχανικό δίκτυο. Τα μεγάλα βιομηχανικά δεδομένα χωρίζονται σε δομημένα και αδόμητα τα οποία πρέπει να αναλύονται σε πραγματικό χρόνο ώστε να επιτυγχάνεται το καλύτερο αποτέλεσμα για την υλοποίηση της παραγωγής. Για να υπάρξει καινοτομία στην



συλλογή δεδομένων απαιτούνται να καθοριστούν ορισμένα μοντέλα για την οικοδόμηση της βιομηχανικής αλυσίδας ώστε να υλοποιηθεί η έξυπνη κατασκευή. Τα δυο κύρια μοντέλα παραγωγής αναλύονται ως κάτωθι :

Μοντέλο παραγωγής βάσει οντότητας. Εάν υπολογιστεί ο όγκος των δεδομένων των παραγωγικών μονάδων η έννοια της ανάλυσης και διαχείρισης της πληροφορίας αποκτά σημαντική έννοια. Είναι σημαντικό να κατασκευαστεί ένα μοντέλο παραγωγής που θα αξιοποιεί τις πληροφορίες άμεσα, θα ανταλλάσει γνώσεις και τεχνογνωσία, θα χρησιμοποιεί την μάθηση μέσω της τεχνητής νοημοσύνης και θα υπολογίζει τα καλύτερα σενάρια για την υλοποίηση της παραγωγής. Η επίτευξη της διαλειτουργικότητας μεταξύ του χάους των δεδομένων που συλλέγονται θα μπορούσε να επιλύσει το πρόβλημα της έννοιας κατασκευής του μοντέλου παραγωγής αφού αυτό θα καθοριζόταν πρώτα από την εισερχόμενη πληροφορία και έπειτα από την τεχνολογική υποδομή. Η λύση που προτείνει ο είναι ένα σύνθετο μοντέλο βασισμένο σε υπηρεσίες σύννεφου για την επίτευξη των εργασιών και διαδικασιών παραγωγής και αντιστοίχιση των εντολών εργασίας μέσω κεντρικής εφαρμογής (Wang et all, 2014). Το μοντέλο βασίζεται σε τυποποιημένα συστήματα και γνώσεις για την λήψη αποφάσεων και εκμεταλλεύεται τις εισερχόμενες πληροφορίες του βιομηχανικού δικτύου για την ευφυή κατασκευή (Wang et all, 2014).

Μοντέλο παραγωγής με εφαρμογές μεγάλων δεδομένων. Τα μεγάλα δεδομένα που προέρχονται κυρίως από ενεργοποιητές, αισθητήρες και έξυπνες συσκευές είναι τα δεδομένα που συλλέγονται σε πραγματικό χρόνο και περιέχουν πληροφορίες όπως τις ώρες χρήσης των μηχανών, τα δεδομένα εργασίας παραγωγής, τα σφάλματα και την

επίτευξη των εργασιών τα οποία κατέχουν μεγάλο όγκο στο βιομηχανικό δίκτυο της παραγωγής. Το έξυπνο εργοστάσιο πρέπει να αξιοποιήσει τα συγκεκριμένα δεδομένα για να βελτιστοποιήσει τις γραμμές παραγωγής και την αποτελεσματικότητά τους. Ο έλεγχος ποιότητας προϊόντος, η ανάλυση των σφαλμάτων, η βελτιστοποίηση της εφοδιαστικής αλυσίδας και η επιλογή διαδικασιών συντήρησης ή αντικατάστασης μηχανών, απαιτεί την άμεση ανάλυση και συλλογή των δεδομένων προκειμένου να ληφθούν αποφάσεις για την αύξηση της παραγωγικότητας του έξυπνου εργοστασίου (Wang et al, 2014).





### 3.5. Οφέλη Χρήσης Βιομηχανίας 4.0

Τα οφέλη από την χρήση των τεχνολογιών της Βιομηχανίας 4.0 είναι περισσότερα από τις προηγούμενες βιομηχανικές επαναστάσεις και τα αποτελέσματα πιο άμεσα και με μεγαλύτερη απόδοση. Η εξέταση και ο υπολογισμός των βασικών και κύριων ωφελειών από την χρήση της τεχνολογίας πρέπει να γίνεται με τον γνώμονα τόσο της απόδοσης όσο σε σχέση με το κόστος, αλλά και της αποτελεσματικότητας σε σχέση με την ποιότητα. Παρακάτω συνοψίζονται μερικά κύρια οφέλη της χρήσης της Βιομηχανίας 4.0 τα οποία χωρίζονται σε τέσσερεις κύριους τομείς (Francisco , 2017).

Σχέση κόστους – Αποτελεσματικότητας. Η υιοθέτηση της τεχνολογίας περιέχει ένα σημαντικό κόστος υλοποίησης και πρώτης κατασκευής και πρέπει να υπολογιστεί το κόστος επένδυσης και απόδοσης. Η επιστροφή των χρημάτων της επένδυσης μπορεί να γίνει με άμεσους αλλά και έμμεσους τρόπους, όπως με μείωση του κόστους εργατικού δυναμικού, την σπατάλη πρώτων υλών, την αύξηση της παραγωγικότητας μέσω των αυτοματοποιημένων γραμμών παραγωγής.

Ταχύτητα στην γραμμή παραγωγής. Η τεχνολογία μπορεί να βελτιώσει σημαντικά την ευελιξία των γραμμών παραγωγής, μειώνοντας τον χρόνο παράδοσης, τα ελαττωματικά προϊόντα, τα προϊόντα χαμηλής ποιότητας διατηρώντας ανοικτό το έξυπνο εργοστάσιο σε 24ωρη βάση , 7 ημέρες την εβδομάδα.

Αστάθμητοι παράγοντες εργατικού δυναμικού. Εκτός από τις αστοχίες στην γραμμή παραγωγής που δεν εξαρτώνται πλέον από τον ανθρώπινο παράγοντα, η γραμμή παραγωγής δεν χρειάζεται να σταματήσει ώστε να αντιμετωπισθούν ασθένειες του

προσωπικού. Έτσι δεν επιβραδύνεται η γραμμή παραγωγής, και η τεχνολογία δεν επηρεάζεται άμεσα από την κόπωση του προσωπικού που σε κάθε περίπτωση εξαρτάται όχι μόνο από μηχανικά αίτια αλλά και από το περιβάλλον του κάθε ατόμου τόσο από το οικογενειακό όσο και από το ψυχολογικό. Επίσης σε κάθε περίπτωση η επισκευή μηχανημάτων που προκαλείται από ανθρώπινο λάθος είναι μεγαλύτερες από την επισκευή συσκευών εξοπλισμού που καταστρέφονται από την προγραμματισμένη χρήση.

Αποτελεσματικότητα με αποδοτικότητα. Ήδη τα πρώτα δείγματα της Βιομηχανίας 4.0 κάνουν την παράδοση προϊόντων ταχύτερη, με μεγαλύτερη ακρίβεια, με χαμηλότερο κόστος και καλύτερη εξυπηρέτηση πελατών και καταναλωτών, μειώνοντας σημαντικά τους χρόνους αναμονής παραγωγής.

Ικανοποίηση καταναλωτών-πελατών. Οι βιομηχανίες που υιοθετούν την τεχνολογία βελτιώνουν άμεσα την ικανοποίηση του πελάτη με την ταχύτερη παράδοση των παραγγελιών τους. Η ανεκτίμητη συνδρομή της Βιομηχανίας 4.0 στις άμεσες τεχνολογικές εξελίξεις και τις αυξημένες απαιτήσεις των πελατών ήδη προεξοφλείται στις Βιομηχανίες 4.0 σε φήμη και σε νέα πελατεία.

Βελτίωση προδιαγραφών. Οι απαιτήσεις των πελατών για βελτιστοποίηση προϊόντων με την πάροδο του χρόνου παραγωγής αυξάνονται ραγδαία. Οι περισσότερες βιομηχανίες αδυνατούν να ανταποκριθούν στις αλλαγές προδιαγραφών και να αλλάξουν τις γραμμές παραγωγής. Με την χρήση της εικονικοποίησης παράγωγης και την χρήση λογισμικών σε γραμμές παραγωγής αρθρωτών συστημάτων οι Βιομηχανία

4.0 μπορεί να προσαρμοστεί άμεσα σε όλες τις νέες συνθήκες κάνοντας άμεσες τροποποιήσεις στα μοντέλα κατασκευής παραδίδοντας πιο γρήγορα τα εξελεγμένα προϊόντα.

Μείωση κινδύνου εργαζομένων. Οι φυσικοί κίνδυνοι και τραυματισμοί από την χρήση βαρέων μηχανημάτων στις βιομηχανίες εξαλείφεται με την χρήση αρθρωτών συστημάτων ρομποτικής. Οι τραυματισμοί των εργαζομένων στην μεταποιητική βιομηχανία που έως τώρα είχαν και ποσοστά θνησιμότητας μπορούν πλέον να θεωρούνται παρελθόν. Αυτό αποφέρει πρόσθετο όφελος στις Βιομηχανίες 4.0 καθώς γλιτώνουν κόστος από δικαστικές αποζημιώσεις, κόστος από ασφάλιστρα ατυχημάτων εντός βιομηχανίας, κόστος προστίμων για συνθήκες εργασίας, κόστος διακοπής γραμμής παραγωγής μετά από θανατηφόρο ατύχημα και προκύπτουν οφέλη από την απρόσκοπτη και συνεχή λειτουργία της επιχείρησης στο σύνολο του ηθικού όλου του προσωπικού.

Υψηλή Καινοτομία. Με την χρήση της αυτοματοποιημένης γραμμής παραγωγής επιτρέπεται πλέον στις εταιρείες να εξαρτώνται από την έξυπνη τεχνολογία και τις απεριόριστες δυνατότητες της. Αυτό μειώνει τα λάθη στην παραγωγή νέων καινοτόμων προϊόντων αφού τα ήδη αποθηκευμένα σενάρια παραγωγής αποφεύγουν τα σφάλματα βελτιώνοντας τα πρότυπα των νέων προϊόντων.

### **3.6. Βασικά Οφέλη Βιομηχανίας 4.0**

Τα κύρια οφέλη εφαρμογής της Βιομηχανίας 4.0 χωρίζονται σε τέσσερις κύριους τομείς (E.U. Parliament, 2016):

Οφέλη Παραγωγικότητας. Τα επόμενα χρόνια με την υιοθέτηση της τεχνολογίας Βιομηχανίας 4.0 θα υπάρξει βελτίωση της παραγωγικότητας και μείωση της σπατάλης πρώτων υλών, συνεπώς αύξηση της κερδοφορίας. Αντίστοιχα θα υπάρξει μείωση του κόστους υλικών και των δαπανών για την απόκτηση τους. Τα μεγαλύτερα οφέλη αναμένονται στη βιομηχανία εξαρτημάτων και παραγωγής προϊόντων σχετικά με την αυτοκινητοβιομηχανία.

Αύξηση εσόδων: Η αναμενόμενη αύξηση της ζήτησης των κατασκευαστών για βελτιωμένο εξοπλισμό και τα νέα ψηφιακά προϊόντα σε συνδυασμό με τη ζήτηση των καταναλωτών για εξατομικευμένα προϊόντα θα οδηγήσει σε άμεση αύξηση των εσόδων των βιομηχανιών παραγωγής που εφαρμόζουν την Βιομηχανία 4.0. .

Αναπροσαρμογή Απασχόλησης. Ο πολύπαθος τομέας της εργασίας που επηρεάζεται από την αυτοματοποίηση και την τεχνολογία θα οδηγήσει σε μείωση της απασχόλησης βραχυπρόθεσμα. Αυτό όμως θα οδηγήσει στην αναζήτηση νέου και εξειδικευμένου προσωπικού τα επόμενα χρόνια που θα έχουν δεξιότητες ενώ αναμένεται να εκτοπιστεί μόνο το εργατικό δυναμικό με χαμηλή ειδίκευση και η αντικατάσταση τους από τις

τεχνολογικές μηχανές είναι σχεδόν βέβαιη. Υπόλοιπες ειδικότητες όπως μηχανικοί, προγραμματιστές λογισμικού και πληροφορικής θα έχουν μεγαλύτερη ζήτηση.

Αύξηση Επενδύσεων. Ο αντίκτυπος της βιομηχανίας 4.0 και ο τρόπος με τον οποίο θα υλοποιηθούν οι επενδύσεις και θα προκύψουν τα οφέλη θα διαφέρουν μεταξύ των χωρών και των βιομηχανιών τους βιομηχανίες. Οι βιομηχανίες με υψηλό επίπεδο καινοτόμων προϊόντων όπως η κινητή τηλεφωνία και οι βιομηχανίες παραγωγής τροφίμων θα επωφεληθούν από υψηλό βαθμό ευελιξίας, ενώ βιομηχανίες με έμφαση στην υψηλή ποιότητα μπορούν να επωφεληθούν εξίσου το ίδιο σε σχέση με τις επενδύσεις που απαιτούνται για την παραγωγή νέων προϊόντων, καλύπτοντας νέες αγορές. Οι βασικές επιχειρήσεις που θα αυξήσουν τη επιρροή τους στην αγορά περιλαμβάνουν τους προμηθευτές τεχνολογίας, τους φορείς παροχής υποδομής σύννεφου «cloud computing», μεγάλης αποθήκευσης δεδομένων με δυνατότητα επεξεργασία, τις τηλεπικοινωνίες, και τις βιομηχανικές παραγωγές μεταποίησης (Ε.Υ. Parliament, 2016).

Ο αντίκτυπος των ωφελειών θα διαφέρει ανάλογα με το μέγεθος των επιχειρήσεων καθώς οι νεοσύστατες επιχειρήσεις και οι μικρές επιχειρήσεις ενδέχεται να αναπτυχθούν και να παρέχουν υπηρεσίες ευκολότερα και να εντάσσονται πιο γρήγορα στις αλυσίδες αξίας ενώ οι μεγαλύτερες δομές αντίθετα μπορεί να αντιμετωπίσουν απαγορευτικά εμπόδια εισόδου στη συμμετοχή στον ψηφιακό μετασχηματισμό της βιομηχανοποίησης. Ο αντίκτυπος μεταξύ των βιομηχανιών διαφορετικών γεωγραφικών περιοχών θα διαφέρει ανάλογα με την ετοιμότητά τους να υιοθετήσουν τα νέα μοντέλα τεχνολογιών στο τομέα της βιομηχανικής παραγωγής και μεταποίησης. Βέβαια η Βιομηχανία 4.0

μπορεί επίσης να ωφελήσει απομακρυσμένες ή υπανάπτυκτες περιοχές με τεχνολογίες όπως η τρισδιάστατη εκτύπωση (3D Printing) καθώς αυτή καθιστά δυνατή την εξατομικευμένη, αποκεντρωμένη και τοπική παραγωγή (E.U. Parliament, 2016).

#### **4.1. Προκλήσεις Βιομηχανίας 4.0**

Καθώς η Βιομηχανία 4.0 συνεχίζει να αλλάζει τον τρόπο με τον οποίο αλληλεπιδρά η βιομηχανική παραγωγή με τον κόσμο γύρω μας, δημιουργούνται νέες προκλήσεις. Παρακάτω αναφέρονται οι κύριες προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπιστούν στο εγγύς μέλλον (IIoT-World.com , 2019):

Νέα επιχειρηματικά μοντέλα και ορισμός μιας νέας στρατηγικής. Με τα νέα επιχειρηματικά μοντέλα οι βιομηχανίες μπορούν να επιτύχουν το μέγιστο της αποδοτικότητας σε σχέση με την αποτελεσματικότητα. Νέοι δρόμοι ανοίγονται για την καινοτομία, την υπηρεσία και την εξυπηρέτηση πελατών.

Επανεξέταση της βιομηχανίας. Με αυτόν τον τρόπο είναι ικανός ο κάθε οργανισμός να αναπροσδιορίσει τις διαδικασίες για την μεγιστοποίηση των αποτελεσμάτων.

Κατανόηση του επιχειρηματικού περιβάλλοντος. Η κατανόηση των νέων δυνατοτήτων που προσφέρει η βιομηχανία 4.0 μπορεί να βοηθήσει στην κατανόηση του ανταγωνισμού και του νέου περιβάλλοντος που δημιουργείται.

Διεξαγωγή επιτυχημένων προτύπων. Με την εναρμόνιση των μηχανών στις νέες τεχνολογίες και τον καθορισμό προτύπων μπορεί η βιομηχανία να αντιμετωπίσει τις νέες απαιτήσεις των καταναλωτών.

Παροχή βοήθειας. Η παροχή βοήθειας αφορά τους τεχνολογικούς συντελεστές που πρέπει να αντικατασταθούν προκειμένου η επιχείρηση να αυξήσει την ανταγωνιστικότητα της και κατά συνέπεια την βιωσιμότητα της.

Διαχείριση της τεχνολογίας. Με την εφαρμογή νέων αλλαγών οι βιομηχανίες θα κληθούν να αντιμετωπίσουν τις αλλαγές άμεσα τόσο στο εσωτερικό όσο και στο εξωτερικό περιβάλλον.

Προσδιορισμός της εταιρικής κουλτούρας. Η υιοθέτηση νέων πρακτικών και τεχνικών σίγουρα δεν θα είναι εύκολη υπόθεση μιας και η εταιρική κουλτούρα καλείται να αντιμετωπίσει τις νέες συνθήκες με αβέβαια αποτελέσματα.

Διασυνδεσιμότητα. Η ανάγκη δικτύωσης και διασύνδεσης όλων των τμημάτων με τις νέες τεχνολογίες θα επιφέρει τις απαραίτητες τεχνολογικές επενδύσεις προκειμένου οι βιομηχανίες να ανταποκριθούν στις νέες απαιτήσεις των τεχνολογικών υποδομών.

Ανάπτυξη νέων ταλέντων. Παρουσιάζεται για πρώτη φορά μια ευκαιρία για τις βιομηχανίες για την ανάδειξη νέων ταλέντων στο εσωτερικό τους και για την δημιουργία καινοτομιών από το υπάρχον εργατικό δυναμικό εάν δώσει τις απαραίτητες ευκαιρίες αξιοποίησης.

Ωστόσο τέσσερεις είναι οι κύριες προκλήσεις που θα κληθεί η βιομηχανική παραγωγή να αντιμετωπίσει όσον αφορά το εσωτερικό της περιβάλλον (E.U. Parliament, 2016):

Απασχόληση. Η Βιομηχανία 4.0 βρίσκεται σε αρχικό στάδιο οπότε δεν θα ήταν σωστό να κάνουμε υποθέσεις σχετικά με τις συνθήκες απασχόλησης με την πλήρη υιοθέτηση



της Βιομηχανίας 4.0 παγκοσμίως. Χωρίς να είναι απολύτως σίγουρο ότι αυτή η τεχνολογία θα αργήσει να εφαρμόζεται σε όλους τους τομείς και κλάδους και χωρίς να είναι σίγουρο ότι ήδη δεν έχει εφαρμοστεί στους περισσότερους που επιθυμούν να προχωρήσουν, μπορούμε να υποθέσουμε με σχετική βεβαιότητα ότι το νέο εργατικό δυναμικό θα πρέπει να αποκτήσει εντελώς διαφορετικές δεξιότητες και ικανότητες προκειμένου να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις των νέων τεχνολογιών. Με την δια βίου μάθηση και τα προγράμματα που προσφέρουν τόσο οι επιχειρήσεις όσο και οι δημόσιοι οργανισμοί μπορεί το εργατικό δυναμικό να έχει πρόσβαση σε εργαλεία και λύσεις που απαιτούνται προκειμένου να επιβιώσουν στον μελλοντικό εργασιακό τους βίο. Με την βοήθεια της εκπαίδευσης τα ποσοστά απασχόλησης μπορούν να ανέβουν αλλά δημιουργώντας ταυτόχρονα προκλήσεις στην διατήρηση των εργαζομένων στις μεγάλες βιομηχανίες. Το εργατικό δυναμικό που κάνει τυπικές και επαναλαμβανόμενες εργασίες θα πρέπει να αντικατασταθεί προκειμένου να διατηρηθεί η βιωσιμότητα των επιχειρήσεων. Μόνο με διαφορετικές μορφές εκπαίδευσης μπορεί το πρόβλημα να εξασθενήσει αλλά θα εξακολουθεί να επικρατεί για το μεγαλύτερο τμήμα των ανειδίκευτων εργαζομένων.

Ασφάλεια. Θεωρητικά η πιο δύσκολη πτυχή της εφαρμογής των τεχνικών της Βιομηχανίας 4.0 είναι ο κίνδυνος κυβερνο-ασφάλειας των προϊόντων τεχνολογίας πληροφορικής. Οι συνδέσεις δικτύου μηχανημάτων και χρηστών θα δώσει τροφή σε όσους επιθυμούν να παραβιάσουν τις ρυθμίσεις ασφαλείας με σκοπό την διαρροή εμπορικών δεδομένων και κλοπή τεχνολογίας και τεχνογνωσίας. Θα πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπ' όψιν οι επιθέσεις που γίνονται από τον κυβερνοχώρο καθώς οποιοσδήποτε



χρήστης με πρόσβαση σε ένα τερματικό ανεξαρτήτως γεωγραφικής θέσης θα μπορεί να ελέγχει τα συστήματα με απομακρυσμένο τρόπο. Αυτό θα οδηγήσει στην αύξηση του κόστους εφαρμογής και στην μεγαλύτερη επένδυση στο θέμα της ασφάλειας προκειμένου να μην χαθούν πολύτιμα δεδομένα οπότε είναι κατανοητό ότι σε κάθε περίπτωση στο θέμα στον τομέα ης ασφάλειας είναι ζωτικής σημασίας.

Κεφάλαιο. Η τεχνολογική επένδυση στην Βιομηχανία 4.0 απαιτεί μεγάλα κονδύλια επενδύσεων από τις βιομηχανίες και παρόλο που έχει μειωθεί το κόστος για την υιοθέτηση τέτοιων λύσεων σε καμία περίπτωση μια τέτοια μετατροπή δεν θα είναι οικονομική. Οι αποφάσεις για μια τέτοια σειρά από τεχνολογικές αλλαγές και επενδύσεις στην Βιομηχανία 4.0 πρέπει να συντελεστεί από την ανωτατη κλίμακα στελεχών διοίκησης ώστε να μπορούν σε μακρο και μικρο οικονομικό επίπεδο να συνυπολογιστούν οι στόχοι και οι κίνδυνοι υιοθέτησης , αλλά και μη, επενδύσεων σε έξυπνα συστήματα. Βέβαια η αδυναμία μετατροπής των επιχειρήσεων με υιοθέτηση νέων τεχνολογιών, ενώ θα απαιτήσει μεγάλο κεφάλαιο, ενδέχεται να αποξενώσει τις μικρότερες επιχειρήσεις και ίσως τους κοστίζει το μερίδιο αγοράς όσο και την βιωσιμότητα τους στο εγγύς μέλλον.

Απορρήτου. Η ασφάλεια απορρήτου δεν αφορά μόνο τον κατασκευαστή τεχνολογικών μηχανημάτων αλλά και τους τομείς υιοθέτησης της παραγωγής και μεταποίησης στην βιομηχανία. Σε μια τέτοια αλληλοσυνδεόμενη και δικτυωμένη βιομηχανία οι χρήστες και τα έξυπνα μηχανήματα πρέπει να συλλέγουν και να αναλύουν δεδομένα. Αυτό συνιστά μια έμμεση απειλή για την ιδιωτικότητα των χρηστών και των συστημάτων εν γένει καθώς εταιρείες που κατέχουν τεχνογνωσία απόρρητη έως σήμερα καλούνται να

μοιραστούν τα δεδομένα τους και θα πρέπει να εργαστούν για ένα πιο διαφανές περιβάλλον. Η γεφύρωση του χάσματος μεταξύ κατασκευαστών συστημάτων τεχνολογίας και βιομηχανιών θα αποτελέσει τεράστια πρόκληση και για τα δύο μέρη.

#### **4.2. Κρυμμένες λογικές της Βιομηχανίας 4.0**

Η πρωτοεμφανιζόμενη έννοια της Βιομηχανίας 4.0 θεωρείται ως μια σειρά από διαταραχές των καινοτομιών στην παραγωγή και συμπεριλαμβάνει και τα απαραίτητα άλματα τεχνολογικών εξελίξεων στις βιομηχανικές διαδικασίες που έχουν ως αποτέλεσμα σημαντικά υψηλότερη αποδοτικότητα, αποτελεσματικότητα με σκοπό την αύξηση της παραγωγικότητας (Bledowski, 2015). Συνεπώς σύμφωνα με τις προηγούμενες βιομηχανικές επαναστάσεις μπορούμε να θεωρήσουμε ότι για τέταρτη φορά υπήρξε μια τέτοια διαταραχή στην καινοτομία καθώς στην πρώτη βιομηχανική επανάσταση υπήρξε συνδυασμός της ατμοπαραγωγής με την μηχανική παραγωγή που οδήγησε στην βιομηχανοποίηση της παραγωγής στις αρχές του 1800, στην δεύτερη βιομηχανική επανάσταση οι γραμμές ηλεκτρισμού και μαζικής συναρμολόγησης εξέλιξαν την μαζική παραγωγή στα μέσα του 18<sup>ου</sup> αιώνα, αλλά και στην 3<sup>η</sup> βιομηχανική επανάσταση ο συνδυασμός ηλεκτρονικής και πληροφορικής επιτάχυνε τις βιομηχανικές διαδικασίες και την ανάπτυξη της βαριάς βιομηχανίας στις αρχές της έβδομης δεκαετίας του 19ου αιώνα (Bledowski, 2015) (Evans and Annunziata, 2012). Εάν συνεχιστεί αυτή η σύνδεση με την διαταραχή της καινοτομίας για πρώτη φορά η 4<sup>η</sup> βιομηχανική επανάσταση μπορεί και συνδέει όλα τα έξυπνα συστήματα με τα έξυπνα εργοστάσια και τους χρήστες και γίνεται μέρος της αλυσίδας παραγωγής με δυνατότητα

αυτοματοποίησης πολλών λειτουργιών που έως σήμερα δεν ήταν εφικτό (Bledowski, 2015) (WeF, 2015).

Όσον αφορά τη δυναμική της υπόθεσης της διαταραχής, θεωρείται σίγουρο ότι η βιομηχανική παραγωγή και μεταποίηση που έχει κρυμμένες ρίζες και λογικές στις προηγούμενες επαναστάσεις ήταν αναμενόμενη να είναι πιο εξελιγμένη αν και για πρώτη φορά είναι αμοιβαία παραδεκτό από όλα τα μέρη, ότι η παραγωγή που περιλαμβάνει τους όρους και αποτελείται από τα στοιχεία της Βιομηχανίας 4.0 μπορεί πλέον να κάνει εφικτή την σύνδεση των προηγουμένως απομονωμένων στοιχείων μιας αλυσίδας παραγωγής και να δίνει δυνατότητες εξατομίκευσης μέσω τεχνολογίας RFID. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι κάθε προϊόν μπορεί να περιέχει ψηφιακές πληροφορίες ενσωματωμένες σε αυτό που μπορούν να διαμοιράζονται μέσω σημάτων καθώς τα προϊόντα μετασχηματίζονται και μετακινούνται κατά μήκος της γραμμής παραγωγής, τα οποία μπορούν στη συνέχεια να επικοινωνούν μεταξύ τους ανεξάρτητα από την ανθρώπινη παρέμβαση (Bledowski, 2015) (Evans and Annunziata, 2012). Οι πληροφορίες που θα δημιουργηθούν σε όλη την γραμμή παραγωγής μπορούν να αναλύονται στην συνέχεια από αλγορίθμους και με τεχνολογικές διαδικασίες δεδομένων που είναι συνδεδεμένα με υπηρεσίες Σύννεφου Cloud επιτρέποντας την ανίχνευση και αντιμετώπιση των θεμάτων σε πραγματικό χρόνο, καθώς και την έγκαιρη πρόληψη ζητημάτων που προκύπτουν όπως φθορές στα εξαρτήματα, χαμηλής ποιότητας προϊόντα, υποβάθμιση συστημάτων κτλ.. Η αυτοματοποίηση στην τεχνολογική υποδομή μαζί με τις έξυπνες συσκευές μπορούν να διαχειρίζονται εν συνεχεία τις καθημερινές λειτουργίες κατασκευής και να κάνουν βελτιστοποιήσεις με αυτονομία

χωρίς καμία παρέμβαση από τους χρήστες δίνοντας τις παραμέτρους κάθε φορά σύμφωνα με το δυναμικό περιβάλλον που δημιουργείται ώστε να επιτυγχάνεται το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα για την δημιουργία του προϊόντος (Bledowski, 2015) (WeF, 2015).

Αυτές οι τεχνολογικές αλλαγές και βελτιώσεις που θα επέλθουν από τις αποφάσεις των έξυπνων συσκευών καθιστούν δυνατή την προσαρμογή των προϊόντων σε μια γραμμή παραγωγής με παραμετροποιήσεις κάθε φορά στα μέτρα του καταναλωτή, οπότε επιτυγχάνεται με αυτόν τον τρόπο μια μαζική αλλά και επιλεκτική εξατομίκευση όχι μόνο σε ένα στάδιο παραγωγής αλλά στο σύνολο της τεχνολογικής δομής εφόσον το τελικό προϊόν παραμετροποιείται σύμφωνα με τις απαιτήσεις του πελάτη. Εν συνεχεία αυτό έχει ως αποτέλεσμα στις βιομηχανίες να ανταποκρίνονται πιο άμεσα και πιο αποτελεσματικά στις μεταβαλλόμενες συνθήκες της αγοράς και τις απαιτήσεις των καταναλωτών. Η λογική αυτής της διαδικασίας μετασχηματισμού μεταποίησης και παραγωγής της βιομηχανίας χαρακτηρίζεται από τα δύο παρακάτω στοιχεία (Bledowski, 2015) (Evans and Annunziata, 2012).

Οριζόντια ολοκλήρωση μέσω δικτύων: Τα δίκτυα μπορούν να διαχειρίζονται σε πραγματικό χρόνο τις παραγγελίες που έχουν τοποθετηθεί στο σύστημα ελέγχοντας την διαδικασία της αλυσίδας από την γραμμή εισερχόμενης εισόδου έως το τέλος της εξερχόμενης βαθμίδας και την ολοκλήρωση της εφοδιαστικής αλυσίδας. Η ψηφιακές διαδικασίες παρέχονται ολοκληρωμένα και ενσωματώνονται σε όλη την αλυσίδα αξίας ξεκινώντας από τον σχεδιασμό, την τεχνολογική υποδομή, την υποστήριξη της

παραγωγικής διαδικασίας, την εξυπηρέτηση προϊόντων μετά την πώληση (Bledowski, 2015) (WeF, 2015).

Κάθετη ολοκλήρωση και δικτυακά συστήματα παραγωγής. Τα τεχνολογικά συστήματα παραγωγής με συνδυασμό των συστημάτων πληροφορικής λαμβάνουν πληροφορίες κάθε στιγμή από τους αισθητήρες και ενεργοποιητές ώστε να έχουν την πλήρη τον έλεγχο, σε όλη την παραγωγή, την κατασκευή, την εκτέλεση και την εταιρική εκτέλεση των αρμοδιοτήτων που τους ανατέθηκαν. Ο σχεδιασμός των εργασιών μαζί με την παραγωγική διαδικασία και την αυτοματοποίηση θα σχεδιάζονται και θα τίθενται σε λειτουργία μέσω των δικτυωμένων κόμβων και έξυπνων συσκευών τόσο των προμηθευτών όσο και των βιομηχανιών παραγωγής. Πλέον με την ολοκλήρωση των διαδικασιών δεν θα απαιτούνται φυσικά πρωτότυπα καθώς νέα τρισδιάστατα μοντέλα θα μπορούν να παραχθούν από τις γραμμές παραγωγής χωρίς να απαιτούνται ιδιαίτερες διαδικασίες. Τα φυσικά πρωτότυπα θα χάσουν την σημασία τους καθώς η τεχνολογία τρισδιάστατης εκτύπωσης θα μπορεί να αλλάζει το μοντέλο σύμφωνα πάντα με τις ατέλειες που εντοπίζουν οι αλγόριθμοί βελτιώνοντας άμεσα ακόμα και μετά το πρώτο δείγμα το τελικό προϊόν, ενεργώντας όχι μόνο για την μείωση κόστους υλικών αλλά και για την μεγιστοποίηση του τελικού επιθυμητού αποτελέσματος του υψηλού στόχου των καταναλωτών (Bledowski, 2015).

#### **4.3. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της Βιομηχανίας 4.0**

Η βιομηχανία 4.0 θα κάνει πραγματικά επανάσταση στον τρόπο λειτουργίας των διαδικασιών παραγωγής. Ωστόσο, είναι σημαντικό να σταθμίσουμε τα πλεονεκτήματα και τις προκλήσεις που μπορεί να αντιμετωπίσουν οι εταιρείες (E.U. Parliament, 2016).

Βελτιστοποίηση. Η βελτιστοποίηση της παραγωγικής διαδικασίας αποτελεί ένα κύριο και βασικό πλεονέκτημα της Βιομηχανίας 4.0. Το έξυπνο εργοστάσιο περιέχει πλέον εκατοντάδες έξυπνες συσκευές που είναι σε θέση να βελτιστοποιήσουν την παραγωγική διαδικασία τόσο αυτόνομα όσο και με την εισαγωγή εντολών οδηγώντας την παραγωγή στην απόλυτη τελειότητα με σχεδόν μηδενικές καθυστερήσεις, ελαχιστοποίηση των ελαττωματικών προϊόντων και εξοικονόμηση πρώτων υλών και εξαρτημάτων. Αυτή η λύση είναι εξαιρετικά σημαντική για δυναμικές βιομηχανίες που χρησιμοποιούν υψηλό κόστους ακριβό εξοπλισμό κατασκευής με συνέπεια κάθε απώλεια στην γραμμή παραγωγής να αυξάνει ραγδαία το κόστος του τελικού προϊόντος. Η ικανότητα των έξυπνων συσκευών να χρησιμοποιούν συνεχώς και απρόσκοπτα την γραμμή παραγωγής μέσω των διαδικασιών και των δικτυακά συνδεδεμένων υπηρεσιών θα ωφελήσει σημαντικά τις βιομηχανίες.

Προσαρμογή. Η δημιουργία της ευέλικτης αγοράς και της εξατομίκευσης προϊόντος για τον τελικό καταναλωτή θα βοηθήσουν στην ταχεία και ομαλή κάλυψη των αναγκών του τελικού πελάτη. Η δυναμική προσαρμογή και η δυνατότητα ευελιξίας θα επιτρέψει να μειωθεί το χάσμα μεταξύ των δυνατοτήτων των κατασκευαστών και των απαιτήσεων των καταναλωτών. Η επικοινωνία θα είναι δυνατή να είναι ακόμα και σε πραγματικό χρόνο και να μπορεί να πραγματοποιείται από όλα τα μέρη. Οι κατασκευαστές θα μπορούν να επικοινωνούν εσωτερικά με τις έξυπνες συσκευές και εξωτερικά με τους



καταναλωτές. Η διαδικασία αυτή θα εξελίξει τις γραμμές παραγωγής και θα βελτιώνει τις συνθήκες παράδοσης προϊόντων.

Ενθάρρυνση της έρευνας. Η υιοθέτηση των τεχνολογιών της Βιομηχανίας 4.0 θα έχει ως αποτέλεσμα την προώθηση της έρευνας σε όλους τους τομείς των τεχνολογιών πληροφορικής όπως η ασφάλεια τους με άμεσες επιπτώσεις στην εκπαίδευση, την μάθηση και την εξειδίκευση. Μια νέα βιομηχανία που θα επενδύσει στην ανάπτυξη συστημάτων μέσω της Βιομηχανίας 4.0 θα απαιτήσει ένα νέο σύνολο δεξιοτήτων και εξειδικεύσεων κατά συνέπεια η εκπαίδευση και η τεχνολογική κατάρτιση θα λάβουν ένα νέο σχήμα που θα παρέχει σε μια τέτοια βιομηχανία την απαιτούμενη εξειδικευμένη εργασία (Francisco , 2017).

Οι καταναλωτές πάντα αναζητούν προϊόντα που είναι υψηλής ποιότητας και χαμηλού κόστους σε άμεση διαθεσιμότητα. Σύμφωνα με τον ισχυρισμό του Francisco Almada όλο και περισσότεροι καταναλωτές θέλουν όλα τα παραπάνω χαρακτηριστικά αλλά γοα ένα εξατομικευμένο προϊόν ειδικά διαμορφωμένο σύμφωνα με τις απαιτήσεις τους. Συνήθως, οι βιομηχανίες μπορούν να προσφέρουν μέρος των επιθυμητών χαρακτηριστικών αναλόγως το κόστος επένδυσης ή τελικής προσφερόμενης τιμής. Το κόστος, η ποιότητα και η ταχύτητα θεωρούνται ως συμβιβασμοί που γίνονται από τις βιομηχανίες προκειμένου να επιτευχθεί το τελικό προϊόν. Βέβαια για ένα εξατομικευμένο προϊόν μπορεί μια βιομηχανία να παράγει προϊόντα ποιότητας αλλά ποτέ με γρήγορη παράδοση και με χαμηλό κόστος. Με την υιοθέτηση της Βιομηχανίας 4.0 όλα αυτά μπορούν να αλλάξουν. Μάλιστα ο Francisco Almada αναφέρει ότι υπάρχουν έξι σημαντικές κατηγορίες παροχών για την Βιομηχανία 4.0. (Francisco, 2017) .

Αποδοτικότητα. Με λιγότερο εργατικό δυναμικό και σε συνδυασμό από τις διαδικασίες αυτοματοποίησης, οι βιομηχανίες μπορούν να λάβουν αποφάσεις πιο γρήγορα, πιο αποδοτικά και πιο αποτελεσματικά. Στόχος είναι η διατήρηση της υψηλής ποιότητας του προσφερόμενου προϊόντος και σε αυτό τον τομέα επενδύουν οι εταιρείες ώστε να ενισχύσουν την αποτελεσματικότητα.

Ευκινησία. Με έμφαση στην παραγωγή διαφορετικών προϊόντων από την ίδια γραμμή παραγωγής, καθώς και στην παραγωγή μικρών παρτίδων ακόμα και στην παραγωγή εξατομικευμένων προϊόντων η Βιομηχανία 4.0 επιφέρει νέα δεδομένα και προχωράει την βιομηχανική παραγωγή στο επόμενο επίπεδο. Τα προϊόντα έχουν πλέον τις δικές τους προδιαγραφές και έτσι επιταχύνονται οι διαδικασίες παραγωγής και συναρμολόγησης.

Καινοτομία. Με δεδομένο ότι οι βιομηχανικές γραμμές παραγωγής 4.0 είναι κατασκευασμένες για να προσφέρουν τόσο μαζική παραγωγή όσο και προϊόντα με μικρές παρτίδες, είναι ιδανική η συγκυρία για την δημιουργία και κατασκευή νέων προϊόντων και ταυτόχρονα δίνει το δικαίωμα του πειραματισμού στην κατασκευή και στον σχεδιασμό. Το διαδίκτυο των πραγμάτων δίνει την δυνατότητα στις έξυπνες μηχανές να δημιουργήσουν έξυπνα προϊόντα με σκοπό την βαθύτερη κατανόηση του τι λειτουργεί αποτελεσματικά τόσο στο σχεδιασμό προϊόντων όσο και στη διαδικασία.

Εμπειρία πελατών. Πλέον η Βιομηχανία 4.0 μπορεί να προσφέρει στους πελάτες της ακόμα καλύτερη εξυπηρέτηση με την συλλογή πληροφοριών και την ανταπόκριση μέσω των έξυπνων συσκευών. Έτσι μπορούν να επιλυθούν ορισμένα προβλήματα και θέματα



που προκύπτουν σε πραγματικό χρόνο ώστε να ικανοποιούνται οι υψηλές απαιτήσεις τόσο της βιομηχανίας όσο και του καταναλωτή.

Κόστος. Ενώ η Βιομηχανία 4.0 απαιτεί μεγάλα κονδύλια επενδύσεων θα απαιτήσει αρχικές επενδύσεις, όταν οι πληροφορίες αρχίσουν να ενσωματώνονται σε προϊόντα και διαδικασίες, το κόστος θα μειωθεί αποτελεσματικά. Λιγότερα προβλήματα σε σχέση με την ποιότητα οδηγούν σε λιγότερες απώλειες πρώτων υλών , λιγότερο εργατικό δυναμικό άρα και λιγότερο λειτουργικό κόστος. Η δυνατότητα των συστημάτων να διαχειρίζονται με ταχύτητα και αποτελεσματικότητα όλα τα παραπάνω μείγματα προϊόντων χωρίς προβλήματα θα μειώσει ακόμα περισσότερο το κόστος.

Έσοδα. Η Βιομηχανία 4.0 οδηγεί σε ένα μονοπάτι θετικών εσόδων της βιομηχανίας, καθώς με την καλύτερη ποιότητα, το χαμηλότερο κόστος, το υψηλότερο μείγμα προϊόντων και την ικανοποιητική εξυπηρέτηση των πελατών, οι βιομηχανίες μπορούν πλέον να είναι προτιμώμενοι προμηθευτές στους τελικούς τους πελάτες. Αυτό θα οδηγήσει στην εξυπηρέτηση μεγαλύτερων αγορών τόσο σε εξατομικευμένα προϊόντα όσο και σε μαζικής παραγωγής, προσφέροντας υψηλότερα περιθώρια κέρδους αφού με έξυπνα προϊόντα και υπηρεσίες που συνοδεύουν τα προϊόντα παραγωγής μεγιστοποιείται το όφελος.

Τέλος ο Francisco Almada αναφέρει ότι οι Βιομηχανίες που επιλέγουν την υιοθέτηση της αποκεντρωμένης και ταυτόχρονα δικτυωμένης έξυπνης γραμμής παραγωγής θα είναι σε θέση να μειώσουν τον ανταγωνισμό και να επιχειρήσουν αποδοτικά και αποτελεσματικά στις πιο απαιτητικές παγκόσμιες αγορές (Francisco , 2017).

Ωστόσο υπάρχουν και μερικά θέματα που απασχολούν αρνητικά την υιοθέτηση της βιομηχανίας 4.0 τα οποία θα τα επισημάνουμε επιγραμματικά, καθώς μπορούν να αντιμετωπιστούν με τις κατάλληλες λύσεις που παρέχουν οι τεχνολογίες πληροφορικής και με τις αντίστοιχες επενδύσεις από τις βιομηχανίες (rfwireless-world.com , 2019).

Η ασφάλεια των συστημάτων πληροφορικής είναι ένα πολύ σημαντικό μέλημα. Οι εταιρείες προσπαθούν να αντιμετωπίσουν τα κενά στον κώδικα που σχετίζονται με την ασφάλεια.

Το εργατικό δυναμικό πρέπει να εκπαιδευτεί σωστά ώστε να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις των συστημάτων που εφαρμόζουν την τεχνολογία της Βιομηχανίας 4.0 και απαιτούνται συνεχείς βελτιώσεις σε συστήματα και τυπικές διαδικασίες.

Το προσωπικό πληροφορικής αντιμετωπίζει προκλήσεις καθώς είναι το πρώτο τμήμα που θα αντικατασταθεί εφόσον δεν καταφέρει να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις των συστημάτων.

Εντοπίζεται στις βιομηχανίες μια γενικευμένη λογική άρνησης και απροθυμίας να υιοθετηθούν οι νέες τεχνολογίες. Συνεπώς οι εταιρείες θα αντιμετωπίσουν ισχυρές αρνήσεις από το εσωτερικό τους περιβάλλον.

Οι βιομηχανίες οφείλουν να ανασχεδιάσουν τον τρόπο λειτουργίας καθώς τυχόν σφάλματα που αφορούν τις τεχνολογικές υποδομές θα προκαλέσουν δαπανηρές διακοπές της παραγωγικής διαδικασίας.

Οι βιομηχανίες πρέπει να είναι ευέλικτες και να κρατήσουν σταθερά τα επίπεδα επικοινωνίας σχετικά με την δικτύωση υπάρχουσών μηχανών με νέες μηχανές. Αυτό θα επιβάλει σταθερούς ρυθμούς στην ανάπτυξη των προγραμμάτων και θα επιφέρει αλλαγές στο χρονοδιάγραμμα υλοποίησης. Η ακεραιότητα των γραμμών παραγωγής πρέπει να προστατευτεί.

Κρίσιμη πάντα είναι η δια βίου μάθηση και εκπαίδευση του προσωπικού τόσο στην γνώση όσο και στην αλλαγή κουλτούρας ώστε να υιοθετήσει την 4<sup>η</sup> Βιομηχανική επανάσταση. Αυτό απαιτεί σημαντικό χρόνο καθώς και προσπάθειες σε όλες τις βιομηχανίες.

#### **4.4. Εμπόδια εισόδου στην βιομηχανία 4.0**

Σύμφωνα με την Deloitte σχεδόν έξι από τους δέκα κατασκευαστές αντιμετωπίζουν ισχυρά εμπόδια εισόδου και εφαρμογής της Βιομηχανίας 4.0 ώστε να εμποδίζουν την είσοδο των βιομηχανιών στην τεχνολογική επανάσταση. Τα παρακάτω εμπόδια αναφέρονται από τους κατασκευαστές που εξακολουθούν να αγωνίζονται να εφαρμόσουν τις νέες διαδικασίες και να ξεκινήσουν την υλοποίηση της Βιομηχανίας 4.0. (Deloitte, 2015).

Εντοπίζονται δυσκολίες στον συντονισμό των ενεργειών σε διάφορες οργανωτικές μονάδες. Πολλές βιομηχανίες αγωνίζονται να σπάσουν τα πολύ ισχυρά δεσμά μεταξύ των τμημάτων τους όπως της Ερευνάς και ανάπτυξης, της κατασκευής, των πωλήσεων των οικονομικών τμημάτων κτλ.. Αυτοί οι ισχυροί δεσμοί εμποδίζουν την ανάπτυξη νέων

τεχνολογικών και κάνουν δύσκολη την υιοθέτηση νέας τεχνολογίας σε όλη την παραγωγική διαδικασία (McKinsey, 2016).

Έλλειψη θάρρους για προώθηση ενός καινοτόμου μετασχηματισμού. Σύμφωνα με την Deloitte πολλοί κατασκευαστές παραδέχονται ότι απλώς στερούνται το θάρρος για να επιτύχουν το είδος της τεχνικής και οργανωτικής αλλαγής που απαιτεί η Βιομηχανία 4.0.

Έλλειψη απαραίτητου ταλέντου. Πολλοί κατασκευαστές θεωρούν ότι λείπουν από το εργατικό τους δυναμικό η εξειδίκευση και εκείνες οι απαραίτητες δεξιότητες σε συνδυασμό με την τεχνογνωσία για να κάνουν τις νέες εφαρμογές της Βιομηχανίας 4.0 να λειτουργήσουν. Αυτός ο φόβος σε συνδυασμό με την συνεργασία με τρίτους φορείς και εξωτερικούς προμηθευτές μεγαλώνει και έχει ως αποτέλεσμα την παράλυση των εταιρειών, συνεπώς κυριολεκτικά η εφαρμογή των προηγμένων συστημάτων δεν υλοποιείται καθόλου.

Υπάρχουν σοβαρές ανησυχίες για την κυβερνο-ασφάλεια όταν υπάρχει συνεργασία με τρίτους παρόχους. Σύμφωνα με την Deloitte οι εφαρμογές της Βιομηχανίας 4.0 απαιτούν συχνά τεχνολογικά άλματα και εξωτερική συνεργασία λογισμικό τρίτων παρόχων με αποτέλεσμα οι βιομηχανίες να αδυνατούν να μοιραστούν τα δεδομένα τους και επικρατεί μια σύγχυση σχετικά με την ασφάλεια των πληροφοριών από την πλευρά των εταιρών ή τη διαμετακόμιση πληροφοριών κατά την δικτύωση (Deloitte, 2015).

Υπάρχει έλλειψη ενός συγκεκριμένου επιχειρησιακού πλάνου που να αιτιολογεί επιτυχημένα τις επενδύσεις στην υποκείμενη αρχιτεκτονική πληροφορικής. Πολλές βιομηχανίες και επιχειρήσεις δεν έχουν ακόμη αναπτύξει επιχειρησιακή μελέτη που να

δικαιολογεί επαρκώς τις απαιτούμενες επενδύσεις στην αρχιτεκτονική δεδομένων και συστημάτων που απαιτούνται για την πλήρη εφαρμογή της Βιομηχανία 4.0 σε ολόκληρο τον οργανισμό.

#### **4.5. Το παράδοξο της Βιομηχανίας 4.0**

Η Βιομηχανία 4.0 και οι δυνατότητες που προσφέρει δίνουν διαφορετικό νόημα στην μεταποίηση, την λειτουργικότητα, την οργάνωση και την εξατομικευμένη παραγωγή. Οι δυνατότητες που μπορούν πλέον να κατέχουν οι βιομηχανίες συνδέουν τις έξυπνες συσκευές με τις φυσικές τεχνολογίες, την τεχνητή νοημοσύνη, το διαδίκτυο πραγμάτων και υπηρεσιών, τα κυβερνο-φυσικά συστήματα και τις υπηρεσίες σύννεφου ώστε η παραγωγή να γίνει πιο ευέλικτη πιο αποδοτική και πιο αποτελεσματική. Φαινομενικά είμαστε σε ένα μοναδικό σημείο της ιστορίας όπου όλες οι επιχειρήσεις θέλουν να επενδύσουν στις νέες τεχνολογίες. Καθώς όμως οι τεχνολογικές εξελίξεις αναπτύσσονται και οι στρατηγικές αλλάζουν προς όφελος της παραγωγής, κρίσιμες αποφάσεις πρέπει να παρθούν όσο αφορά τις επενδύσεις που πρέπει να γίνουν στις προηγμένες τεχνολογίες. Ο στρατηγικός σχεδιασμός στην νέα εποχή θα επηρεάσει τον τρόπο οργάνωσης της εταιρείας και νέο επιχειρηματικό μοντέλο θα πρέπει υιοθετηθεί. Η Deloitte βασισμένη σε μια παγκόσμια έρευνα προσπαθώντας να κατανοήσει τους τρόπους επένδυσης των εταιρειών στην Βιομηχανία 4.0 ανακάλυψε ορισμένα παράδοξα της βιομηχανίας 4.0 γύρω από την εταιρική στρατηγική, την διαδικασία της αλυσίδας εφοδιασμού και τις επενδύσεις. Η έρευνα αποκάλυψε ότι ενώ υπάρχει ισχυρή θέληση για μετάβαση στην νέα εποχή οι βιομηχανίες ακολουθούν να εξισορροπούν τις

τρέχουσες λειτουργίες με τις νέες δυνατότητες ώστε να μην κάνουν μεγαλύτερα τεχνολογικά άλματα από αυτά που θεωρητικά μπορούν. Παρακάτω συνοψίζονται τα κυριότερα παράδοξα της έρευνας της Deloitte (Deloitte, 2015).

«Το παράδοξο της στρατηγικής». Σύμφωνα με την έρευνα αποκαλύπτεται ότι ενώ στο συντριπτικό πλειοψηφικό ποσοστό όλων των επιχειρήσεων οι ψηφιακές τεχνολογίες έχουν γίνει κύριος στρατηγικός στόχος, δεν σημαίνει ότι οι βιομηχανίες και οι εταιρείες προσχωρούν στο επόμενο βήμα διερεύνησης των δυνατοτήτων των νέων τεχνολογιών καθώς πιστεύουν ότι δεν θα ωφελήσει την κερδοφορία τους (Deloitte, 2015).

«Το παράδοξο της αλυσίδας εφοδιασμού». Οι ανώτατες διοικήσεις των εταιρειών ενδιαφέρονται για τον μετασχηματισμό των διαδικασιών της αλυσίδας του σχεδιασμού και θεωρούν κρίσιμο σημείο ανάπτυξης και υλοποίησης για τις βιομηχανίες, ωστόσο όταν πρόκειται για επενδύσεις ψηφιακής τεχνολογίας τα στελέχη της εφοδιαστικής αλυσίδας προτιμούν επενδύσεις που αφορούν μόνο τις καθημερινές και τυπικές διαδικασίες (Deloitte, 2015).

«Το παράδοξο του ταλέντου». Τα στελέχη των επιχειρήσεων ενώ αναφέρουν ότι κατέχουν εκείνες τις δεξιότητες που απαιτούνται για την μετάβαση στην νέα τεχνολογία, προβληματίζονται καθώς παραδέχονται ότι η αναζήτηση ταλέντων δημιουργεί μια πρόκληση που θα τους απασχολήσει και επικεντρώνονται στην εξεύρεση λύσεων για αναζήτηση νέων ταλέντων, παρόλα αυτά ελάχιστοι είναι εκείνοι που δηλώνουν ότι θα πρέπει να αλλάξουν την υπάρχουσα κατάσταση (Deloitte, 2015).

«Το παράδοξο της καινοτομίας» Το επίκεντρο του ενδιαφέροντος των επιχειρήσεων και των στελεχών είναι η μετάβαση στην ψηφιακή εποχή για την βελτίωση της διαδικασίας παραγωγής, αποτελεσματικότητα και αποδοτικότητα, καθώς και βελτίωση των επιχειρηματικών στόχων, από την άλλη όμως υπάρχει έντονη επιθυμία για επενδύσεις στην τεχνολογία που θα φέρει την καινοτομία στις βιομηχανίες και τελικώς που θα επιφέρει θετικό αποτέλεσμα (Deloitte, 2015).

### **5.1. Η μελλοντική Εργασία στην Βιομηχανία 4.0**

Η εργασία στην Βιομηχανία 4.0 είναι ένας τομέας που θα μας απασχολήσει τις επόμενες δεκαετίες. Ενώ η υιοθέτηση της τεχνολογίας είναι πολλά υποσχόμενη όσο αφορά τις επενδύσεις, τα εισερχόμενα κεφάλαια, τις εισαγωγές και τις εξαγωγές, τις τεχνολογικές εξελίξεις, το μέλλον και που μπορεί να μας οδηγήσει το εργατικό δυναμικό είναι ουσιώδες κομμάτι του προβληματισμού των επιχειρήσεων και πως μπορούν αυτές να προχωρήσουν παρακάτω. Οι προβλέψεις όσον αφορά την απασχόληση δεν μπορούν να γίνουν με ακρίβεια συνεπώς κανείς δεν μπορεί να είναι σίγουρος ότι στον εργασιακό τομέα όλα θα παραμείνουν ως έχουν. Ερωτήματα παραμένουν αναπάντητα στις βιομηχανίες όπως οι θέσεις εργασίας που απαιτούνται, οι δεξιότητες και ικανότητες των στελεχών τους, οι απολύσεις του ανειδίκευτου προσωπικού και βέβαια τι χρειάζεται τελικά για να μεταβεί μια αναλογική βιομηχανία σε ένα έξυπνο εργοστάσιο από άποψη προσωπικού. Αυτά τα ερωτήματα έρχονται να προστεθούν στους φόβους των στελεχών ότι τα μηχανήματα και οι νέες τεχνολογίες θα επιβάλλουν το ρυθμό τους στις νέες βιομηχανίες και κατά συνέπεια το ανθρώπινο στοιχείο θα συνεχίσει εξαλείφεται σε μεγάλο ποσοστό στην γραμμή παραγωγής.



Οι εργαζόμενοι στις Βιομηχανίες 4.0 με την υιοθέτηση νέων τεχνολογιών ωστόσο δεν θα χρειαστεί να ανησυχούν καθώς οι νέες προκλήσεις θα φέρουν νέες ευκαιρίες σε νέες θέσεις εργασίες όπως μηχανικούς υπολογιστών, μηχανολόγους μηχανικούς, μηχανικούς ρομποτικής, μηχανικούς τεχνητής νοημοσύνης, προγραμματιστές, αναλυτές πληροφορικής και άλλες. Η BCG δημοσιεύει μια έκθεσή μετά από έρευνα που έκανε για να παρουσιάσει τις ειδικότητες και τα πεδία ειδίκευσης που θα επηρεαστούν από την μετάβαση στην Βιομηχανία 4.0 (BCG, 2016).

Έλεγχος ποιότητας μεγάλων δεδομένων. Ο έλεγχος ποιότητας αφορά την μείωση των διακυμάνσεων των προϊόντων στην γραμμή παραγωγής. Κατά την διάρκεια της διαδικασίας της γραμμής παραγωγής τα δεδομένα που μοιράζονται οι αισθητήρες, όπως για παράδειγμα το βάρος και το μέγεθος του προϊόντος, μπορούν να γίνουν στατιστικό αντικείμενο μελέτης ώστε ο έλεγχος ποιότητας να θεωρήσει ένα συγκεκριμένο χαρακτηριστικό του προϊόντος ως πρότυπο. Αυτή η δυνατότητα έρχεται να καλυφθεί από τον διαμοιρασμό δεδομένων και πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο. Όλα αυτά τα μεγάλα δεδομένα που αποθηκεύονται κατά την διάρκεια της γραμμής παραγωγής αναλύονται από έξυπνες μηχανές και αλγορίθμους κατά συνέπεια θα μειωθεί η ζήτηση για εργαζομένους του τμήματος ελέγχου ποιότητας. Αντίστοιχα όμως την ίδια στιγμή θα έχουμε αύξηση ζήτησης για αναλυτές μεγάλων δεδομένων στον τομέα της πληροφορικής.

Ρομποτική Παραγωγή. Η βάση της Βιομηχανίας 4.0 είναι οι νέες τεχνολογίες και οι έξυπνες συσκευές που δικτυώνονται μεταξύ τους και μπορούν να επηρεάσουν το περιβάλλον της βιομηχανίας. Τα νέα τεχνολογικά μηχανήματα θα μπορούν να

αντικαταστήσουν τους εργαζόμενους στον τομέα της συσκευασίας και της συναρμολόγησης προϊόντων, καθώς αυτοί θα είναι και οι πρώτοι που θα πληγούν, αφού θα αντικατασταθούν από ρομποτικά συστήματα με αισθητήρες, κάμερες και άλλες έξυπνες εφαρμογές που είναι σε άμεση θέση να υλοποιήσουν τις λειτουργίες που τους ανατέθηκαν απρόσκοπτα χωρίς καμία απολύτως απώλεια. Το εργατικό δυναμικό της συσκευασίας αναγκαστικά θα αντικατασταθεί από τεχνολόγους πληροφορικής που θα συντονίζουν τις ρομποτικές λειτουργίες.

Αυτοκινούμενα οχήματα εφοδιαστικής αλυσίδας. Σημαντικό τμήμα των βιομηχανιών είναι η εφοδιαστική αλυσίδα. Το υπάρχον μοντέλο γραμμικής μεταφοράς προϊόντων από γραμμή σε γραμμή παραγωγής θα εκλείψει και θα αντικατασταθεί από αυτοκινούμενα οχήματα που θα λαμβάνουν αποφάσεις και πληροφορίες από τις έξυπνες συσκευές για να υλοποιήσουν τις εντολές. Η συλλογή μεγάλων δεδομένων βοηθά στην εκτέλεση των εντολών των μηχανημάτων αφού σε όλη την διαδικασία παραγωγής όλα τα τμήματα και οι μηχανές γνωρίζουν τον όγκο του παραγόμενου προϊόντος. Τα αυτοκινούμενα οχήματα θα οδηγήσουν σε απώλεια θέσεων εργασίας οδηγών και με ελαχιστοποίηση των περιορισμών της εργασίας για τις βιομηχανίες, αφού με την τυπική νομοθεσία οι οδηγοί πρέπει να ξεκουράζονται τουλάχιστον 8 ώρες μετά την οκτάωρη εργασία τους, κατά συνέπεια θα αυξηθεί η ευελιξία των επιχειρήσεων και η χρησιμότητα από την χρήση τέτοιων οχημάτων

Εικονικοποίηση γραμμής παραγωγής. Κύριο στοιχείο της Βιομηχανίας 4.0 είναι η Εικονικοποίηση και η σύνδεση του πραγματικού με το ψηφιακό. Η προσομοίωση των γραμμών παραγωγής πριν την υλοποίηση και την εγκατάσταση αλλά και κατά την

διάρκεια ανάπτυξης της βιομηχανίας θα δώσει νέες θέσεις εργασίας σε μηχανικούς παραγωγής που έχουν εξειδίκευση στον βιομηχανικό τομέα.

Συντήρηση με μοντέλα πρόγνωσης. Τα μοντέλα πρόγνωσης μπορούν να υλοποιηθούν με χρήση νέων έξυπνων συσκευών που αποθηκεύουν και αναμεταδίδουν τα δεδομένα της παραγωγής. Η χρήση των έξυπνων συσκευών επιτρέπει στους κατασκευαστές να κάνουν προβλέψεις για τα σφάλματα και τις αποτυχίες στην γραμμή παραγωγής, κατά συνέπεια οι έξυπνες μηχανές θα μπορούν να είναι το εργαλείο ενημέρωσης για τα σφάλματα αυτά. Ενώ οι παραδοσιακοί τεχνικοί συντήρησης θα πρέπει να μειωθούν , από την άλλη νέοι τεχνικοί από τον τομέα της πληροφορικής θα αναζητηθούν από τις επιχειρήσεις που θα μπορούν και να έχουν τεχνικές γνώσεις και να αναλύουν τα δεδομένα σφαλμάτων από πληροφορίες των έξυπνων συσκευών.

Μηχανές ως υπηρεσία. Η βιομηχανία 4.0 δίνει το δικαίωμα πλέον στις μεγάλες βιομηχανίες να πουλήσουν μέρος της τεχνολογίας τους όχι μέσα από μετάδοση της τεχνογνωσίας αλλά από πώληση ενός μηχανήματος ή μιας έξυπνης συσκευής που την περιέχει. Αυτό ανοίγει νέες θέσεις εργασίας όσον αφορά την συντήρηση, την υποστήριξη και την ανάπτυξη των μηχανημάτων συνεπώς νέοι συνεργάτες θα απαιτηθούν για να αναπτύξουν το νέο επιχειρηματικό μοντέλο και την ευκαιρία που παρουσιάζεται στις επιχειρήσεις.

## 5.2. 25 Θέσεις για την Ανάπτυξη του Δικτύου της Εργασίας.

Για να κατανοήσουμε την αναγκαιότητα της δικτύωσης της εργασίας και τις αλλαγές που επιφέρει η Βιομηχανία 4.0 θα παρουσιάσουμε κατόπιν μερικές από τις 25 θέσεις για την ανάπτυξη του Δικτύου της εργασίας όπως αυτές αποτυπώνονται στην παρουσίαση της Γερμανικής εταιρείας Telecom που προκύπτει από την μελέτη του Shareground και του Πανεπιστημίου St. Gallen και τις αναφέρει ο Petry (Shareground , 2015).

Ευέλικτο αντί για στατικό. Σύμφωνα με αυτή την θέση ο νέος κόσμος της εργασίας αποτελείται από συνδεδεμένα δίκτυα, όπου υφίστανται νέες τυποποιημένες διαδικασίες που δεν είναι ορατές στους πελάτες και τους εργαζόμενους στις επιχειρήσεις. Έτσι δημιουργούνται νέα προϊόντα χωρίς συγκεκριμένο αποστολέα και νέες θέσεις εργασίας χωρίς συγκεκριμένη οργανωτική υπαγωγή.

Δίκτυο Δομών έναντι Ιεραρχικού μοντέλου. Ένα δίκτυο επιτρέπει σε δύο ή περισσότερα άτομα να μοιράζονται τους πόρους τους ισοδύναμα, χρησιμοποιώντας την ισχύ, τον χώρο και το εύρος των συνδεδεμένων κόμβων, αποκτώντας όλα τα άτομα ίσα δικαιώματα. Με αυτόν τον τρόπο οι εξειδικευμένοι επαγγελματίες θα μπορούν να επικοινωνούν με άλλες ομάδες ατόμων παγκοσμίως ειδικού ενδιαφέροντος. Για να δημιουργηθούν δομές εμπιστοσύνης απαιτείται τεχνική εξειδίκευση έναντι της οργανωσιακής δομής. Πλέον η προσήλωση στους γενικούς στόχους γίνεται μόνο κατ' επιλογήν των ατόμων ξεχωριστά.

Ανάθεση Εργασίας αντί για ρύθμιση θεμάτων. Πλέον οι συνδεδεμένες επιχειρήσεις αναζητούν όλο και λιγότερο εντός του ανθρώπινου δυναμικού τους την παροχή υψηλών υπηρεσιών. Με την διαθεσιμότητα και προσφορά τεχνικών δεξιοτήτων υψηλών προδιαγραφών οδηγείται η επιχείρηση στην ανάθεση κατ' αποκοπή μιας εξειδικευμένης εργασίας από τους εξωτερικούς συνεργάτες.

“SAP αντί για McKinsey”. Οι μεγάλοι οργανισμοί δεν διαρθρώνουν πλέον τους οργανωτικούς χάρτες. Τα πολύπλοκα συστήματα πληροφορικής παρέχουν τυποποιημένες διαδικασίες στις οργανωτικές μορφές, καθώς είναι πιο οικονομικό η επιχείρηση να προσαρμόζεται στην λύση που προσφέρει το λογισμικό παρά να το παραμετροποιήσει και να το φέρνει στα μέτρα της. Η τυποποίηση του λογισμικού στην ουσία ομογενοποιεί τις οργανωτικές δομές.

Καταναλωτές παραγωγοί προϊόντων αντί για επαγγελματίες παραγωγούς προϊόντων.

Οι επιχειρήσεις χρησιμοποιούν όλο και περισσότερο την λύση της δημιουργίας προϊόντων από τους καταναλωτές τους έναντι των εργαζομένων τους. Πολλές ψηφιοποιημένες ειδικότερα υπηρεσίες παρέχονται από ενθουσιώδεις καταναλωτές εθελοντικά και χωρίς κανένα κόστος. Έτσι οι εργασίες αντικαθιστούν την επαγγελματική ενασχόληση εκμηδενίζοντας τα όρια μεταξύ των επαγγελματικών παραγωγών υπηρεσιών και των καταναλωτών που τα δημιουργούν για να καλύψουν πρωτίστως τις δικές τους ανάγκες.

Από την εκτέλεση έως την παρακολούθηση. Ο ρόλος των ανθρώπων στη διαδικασία παραγωγής μετασχηματίζεται από τον πάροχο εργασίας στον επιβλέποντα των

μηχανών. Οι Λειτουργίες ρουτίνας και φυσικές λειτουργίες χειρίζονται ανεξάρτητα. Ο άνθρωπος ελέγχει και μόνο ενεργεί σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης.

Μηχανές ως συνεργάτες, συνέταιροι και επιθεωρητές. Νέες μορφές αλληλεπίδρασης μεταξύ ανθρώπων και μηχανών αναδεικνύονται. Διαφορετικές μεταβλητές θα υφίστανται δίπλα-δίπλα στο εγγύς μέλλον, από ανθρώπους που ελέγχους τις μηχανές, μέχρι τις μηχανές που θα είναι συνάδελφοι των ανθρώπων και τέλος μέχρι της πλήρους ανάληψης των καθηκόντων των μηχανών από τον άνθρωπο.

Υπηρεσίες Σύννεφου «Cloud» και Δικτύου Συνέργειας «Crowdworking» ως μεταβατικό φαινόμενο. Οι ψηφιακές υπηρεσίες κατανέμονται σε μικρότερα τμήματα και μπορούν πλέον να μεταβιβαστούν σε εικονικούς εργάτες. Μέσω των αναλυτών μεγάλων δεδομένων, οι συνεισφορές μπορεί να είναι ακριβείς εφόσον ανατίθενται μεμονωμένα σε εργαζομένους. να είναι μεμονωμένες καθώς πολλές από αυτές τις δραστηριότητες θα είναι πλήρως ψηφιοποιημένες.

Οι αναγνώστες δεδομένων. Υπάρχουν αρκετά «μεγάλα δεδομένα» για όλους τους τομείς της ζωής. Η ικανότητα να γίνεται συνδυασμός και ερμηνεία αυτών είναι ένα κύριο κλειδί της ψηφιακής εργασίας που δεν μπορεί να υποκατασταθεί. Ωστόσο, η παραδοσιακή ανάλυση δεδομένων είναι διαφορετική από την εργασία με μεγάλα δεδομένα επειδή σε αυτήν δεν υπάρχουν υποθέσεις εργασίας.

Εργασία δίχως σύνορα. Οι ειδικοί υψηλής ειδίκευσης προσφέρουν υψηλές απόδοσεις εργασίας στο πλαίσιο δημιουργίας του έργου σε όλο τον κόσμο. Τα προσόντα σε παγκόσμιο επίπεδο παρέχονται με διαφάνεια και έχουν μέτρο σύγκρισης μεταξύ τους.

είναι παγκοσμίως διαφανή και συγκρίσιμα. Η γεωγραφική θέση του παρόχου υπηρεσιών για το έργο δεν έχει πια σημασία. Για πρώτη φορά, η εργασία επιτυγχάνει την ίδια κινητικότητα με το κεφάλαιο.

Η Εργασία και η ιδιωτικότητα εξασθενίζουν. Πλέον οι παραδοσιακοί χώροι εργασίας και ο χρόνος γίνονται ένα μείγμα. Οι παραδοσιακοί χώροι εργασίας και οι χρόνοι διαλύονται. Για τους εργαζόμενους αυτό έχει ως αποτέλεσμα έναν ανεξάρτητο μοναδιαίο σχεδιασμό υλοποίησης, για παράδειγμα την υλοποίηση μιας συμβατότητας της οικογένειας και της εργασίας, αλλά και βάρη όπως του να είσαι συνέχεια παρών.

Μη γραμμική σκέψη ως ανθρώπινη περιοχή. Η αυτοματοποίηση της εργασίας είναι τελικά δημιουργική. Οι ανεξάρτητες δραστηριότητες παραμένουν, οι οποίες είναι προβλέψιμες, μη μηχανικά υποκατάστατες, και μπορούν να βρεθούν σε πολύ συγκεκριμένες θέσεις. Οι επιχειρηματικές δεξιότητες, η δημιουργικότητα και η κυριαρχία επί των μηχανών υπερισχύουν και είναι δύσκολο να υποκαταστήσουν τις ικανότητες.

Ενίσχυση προσωπικών υπηρεσιών. Στις υψηλά αμειβόμενες χώρες οι δραστηριότητες ενισχύονται με ανθρώπινη αλληλεπίδραση, ωστόσο στον τομέα της πληροφορικής οι ανώνυμες διαδικασίες μπορούν να επιφέρουν υψηλότερες αποδόσεις και να οδηγήσουν σε εξωστρέφεια.

Αυτοδιαχείριση ως βασικό προσόν. Λόγω των ευέλικτων απαιτήσεων προσανατολισμένων στο εργατικό δυναμικό που τους ζητείται να επιλύσουν παραδοσιακές διαδικασίες, οι ώρες εργασίας χωρίζονται σε τμηματικά μικρότερες ώστε να επιλυθούν οι εργασίες που ο εργαζόμενος χρειάζεται και η ανάγκη επιβάλλει.



Ανάπτυξη Δημιουργιών και παραγωγή εργασίας. Οι δημιουργοί απαιτούν όλο και περισσότερο δημιουργικά η πνευματικά επιτεύγματα. Η τρισδιάστατη εκτύπωση ευνοεί αυτή την τάση.



### **5.3. Παγκοσμιοποίηση και Βιομηχανία 4.0**

Οι σύγχρονες τάσεις τις αγορές θέλουν τις βιομηχανίες να λειτουργούν περισσότερο σε παγκόσμια εμβέλεια παρά σε τοπικό επίπεδο. Οι γραμμές παραγωγής λειτουργούν σε κλίμακα παγκόσμιου ανταγωνισμού και οι βιομηχανίες προσπαθούν να βελτιώσουν την ανταγωνιστικότητά τους δημιουργώντας νέα και καινοτόμα προϊόντα, υψηλών προδιαγραφών με υψηλή ποιότητα και με ταχύτερη παράδοση στην κατασκευή. Αυτές οι απαιτήσεις και οι συνθήκες που ορίζει η παγκόσμια αγορά κάνει τις βιομηχανίες να αναζητούν συνεχώς νέες λύσεις και να επενδύουν σε νέες τεχνολογίες προκειμένου να επιβιώσουν (Ustundag and Cevikcan, 2018). Οι νέες τεχνολογίες όπως το Διαδίκτυο, τα βιομηχανικά δίκτυα, οι έξυπνες συσκευές ωθούν τις βιομηχανίες στην υιοθέτηση των νέων τεχνολογιών αναπτύσσοντας σύγχρονες και ανανεωμένες τεχνικές βιομηχανικής παραγωγής βασιζόμενες στην δικτύωση των προμηθευτών και των πελατών τους. Η Βιομηχανία 4.0 γιγαντώθηκε και έφερε ένα παγκόσμιο κύμα αλλαγής καθώς ήταν αναπόφευκτό για τις επιχειρήσεις των ανεπτυγμένων χωρών να μην ακολουθήσουν τις εξελίξεις στην τεχνολογία. Η σύγχρονη διαδικασία της παγκοσμιοποίησης χαρακτηρίζεται από ορισμένες βασικές διαστάσεις που αναλύονται ως κάτωθι :

Διάσταση της τεχνολογικής εξέλιξης. Η διάσταση ορίζεται ως η συμπίεση του χρόνου και του χώρου που κινούνται τα γεγονότα και οι εξελίξεις για τις βιομηχανίες. Η συμπίεση στους χρόνους παράδοσης, η αύξηση των δυνατοτήτων του τεχνολογικού χώρου που κινείται η βιομηχανία φέρνει τετελεσμένα γεγονότα εξέλιξης στην προσπάθεια παγκοσμιοποίησης. Όλα τα εμπλεκόμενα μέρη πιέζουν για μείωση αποστάσεων και άμεση επικοινωνία του παρόντος με το μέλλον (Porokona et all, 2019).

Σύνδεση και εξάρτηση κοινωνιών. Όλα βρίσκονται και συνδέονται μεταξύ τους σε ένα ευρύτερο φάσμα παγκόσμιων δραστηριοτήτων με αποτέλεσμα να υπάρχει επιρροή μεταξύ του τεχνολογικά ανεπτυγμένου κοινωνικού κόσμου.

Ενσωμάτωση των πληροφοριών. Οι Βιομηχανίες 4.0 περιλαμβάνουν την οριζόντια και κάθετη ενσωμάτωση της ροής των δεδομένων της πληροφορίας μεταξύ συνεργατών, προμηθευτών και πελατών, συνδυάζοντας τόσο τον εικονικό όσο και τον πραγματικό κόσμο. Αυτό επηρεάζει όλα τα στάδια βιομηχανοποίησης από την ανάπτυξη προϊόντος μέχρι την τελική κατασκευή του.

Προϊόντα βασισμένα στις απαιτήσεις πελατών. Πλέον όλα τα προϊόντα διαμορφώνονται βάσει των απαιτήσεων των πελατών ώστε να ανταποκρίνονται πλήρως στις απαιτήσεις των πελατών, οδηγώντας την

παραγωγή να έχει μεγαλύτερη ποικιλία σε μικρότερες παραγωγές. Η δημιουργία υπεραξίας στους πελάτες είναι σημαντική γιαυτό και οι Βιομηχανίες επενδύουν στην ποιοτική μαζική παραγωγή προϊόντων που ικανοποιεί μεγάλο φάσμα απαιτήσεων των πελατών, προσφέροντας και χαμηλότερο κόστος και υψηλά επίπεδα προσαρμογής.

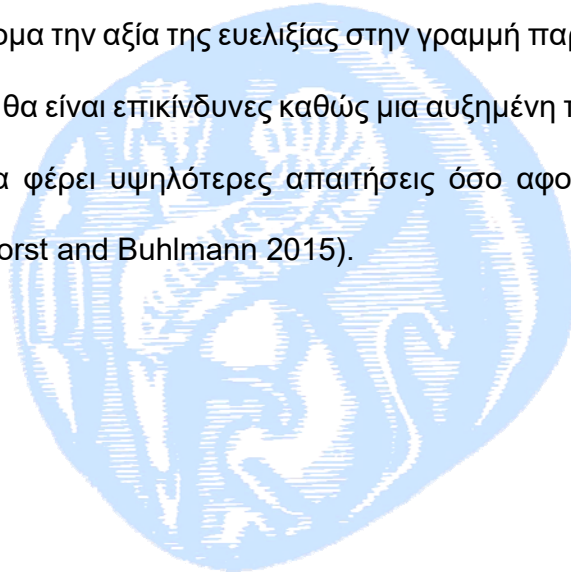
#### **5.4. Επιδράσεις στην οικονομία και εργασία στην Βιομηχανία 4.0**

Οι επιδράσεις της ανάπτυξης στην Βιομηχανία 4.0 μπορεί να έχει και ποσοτικά αλλά και ποιοτικά αποτελέσματα. Αυτό που πρέπει να υπολογιστεί είναι πως επηρεάζει η τεχνολογία την οικονομία και τον καταμερισμό της εργασίας με τα προσόντα που απαιτούνται για την τεχνολογική αλλαγή. Η ανάπτυξη σε ορισμένους κλάδους βαριάς βιομηχανίας δεν σημαίνει άμεση επίπτωση στα οικονομικά της χώρας καθώς το αντίβαρο για την τεχνολογική αλλαγή είναι η απώλεια για το ανειδίκευτο εργατικό δυναμικό, με προσθήκη εξειδικευμένου από τρίτες χώρες (Eichhorst and Buhlmann 2015). Το ζήτημα της αναζήτησης εξειδικευμένου εργατικού δυναμικού έρχεται να προστεθεί στην οικονομική κρίση και εξάρτηση από τις νέες τεχνολογίες αφού τεχνολογικά ανεπτυγμένες χώρες απορροφούν περισσότερο εργατικό δυναμικό και το πλεονάζων καταλήγει στις λιγότερο ανεπτυγμένες αγορές προκαλώντας ανισορροπία. Για να μελετηθεί σωστά το φαινόμενο πρέπει να γίνει καταγραφή των ωφελειών

από την ανάπτυξη τεχνολογιών και συστημάτων προστιθέμενης αξίας των βιομηχανιών σε σχέση με τους κινδύνους που κρύβουν οι νέες τεχνολογίες για τον εργαζόμενο και τις απαιτήσεις που θα έχουν οι τεχνολογίες αυτές στο άμεσο περιβάλλον της εργασίας. Οι αυτοματοποιημένες διαδικασίες παραγωγής, υποστήριξης τεχνολογικής υποδομής και διαχείρισης πληροφορικών συστημάτων θα επιφέρουν αλλαγές στις γραμμές παραγωγής και στο εργατικό δυναμικό αφού οι αυτοματοποιήση θα αντικαταστήσει τον ανθρώπινο παράγοντα (Eichhorst and Buhlmann 2015). Οι βιομηχανίες κατανοούν από την μία μεριά το πρόβλημα της απώλειας εργασίας αλλά επιθυμούν ταυτόχρονα να είναι ανταγωνιστικές και βιώσιμες ώστε να μην χρειαστεί να χάσουν την δυναμικότητα τους στην παραγωγή. Αυτό που έχουν να αντιμετωπίσουν είναι το εργατικό δυναμικό με έλλειψη ειδικευμένων δεξιοτήτων που θα επιφέρει μείωση της παραγωγικότητας και της αποτελεσματικότητας όταν αυτό απορροφηθεί σε θέσεις εργασίας που δεν μπορεί να ανταποκριθεί στις υψηλές απαιτήσεις του. Μια είναι η συνθήκη που επιτρέπει στο εργατικό δυναμικό να ακολουθήσει τις εξελίξεις. Να εκπαιδευτεί από την αρχή για να καταλάβει μια νέα θέση εργασίας στο νέο επιχειρηματικό περιβάλλον που δημιουργείται από την Βιομηχανία 4.0. Οι τεχνικές αλλαγές που απαιτούνται για την διαδικασία αλλαγής περιλαμβάνουν επίπεδα εργασίας χαμηλού και μεσαίου επιπέδου. Με τις νέες τεχνολογίες οι εργαζόμενοι θα επηρεαστούν αρνητικά λόγω χαμηλή εκπαίδευσης καθώς οι απαιτήσεις των χαμηλών θέσεων εργασίας θα

αυξηθούν. Αναβαθμίζοντας τις συνήθεις διαδικασίες ρουτίνας για παραγωγή και μεταποίηση με συστήματα αυτοματοποίησης, απειλούνται τα επαγγέλματα που έχουν χαμηλά προσόντα λόγω της αντικατάστασης τους από ρομποτικές μηχανές. Η δυνατότητα υποκατάστασης των ανθρώπων από ρομποτικά συστήματα αλλάζει τις ισορροπίες κεφαλαίου και εργασίας και συγκεκριμένα τα χαμηλόμισθα επίπεδα όπου οι βιομηχανίες δεν έχουν ιδιαίτερες απαιτήσεις (Eichhorst and Buhlmann 2015).

Το εργατικό δυναμικό μπορεί να αντισταθεί στην χρήση μηχανών τον πρώτο καιρό όμως θα αναγνωρίσει σύντομα την αξία της ευελιξίας στην γραμμή παραγωγής. Οι επιπτώσεις στην αγορά εργασίας θα είναι επικίνδυνες καθώς μια αυξημένη παραγωγή και ανάπτυξη των επιχειρήσεων θα φέρει υψηλότερες απαιτήσεις όσο αφορά τα προσόντα στους εργαζομένους (Eichhorst and Buhlmann 2015).



## Βιβλιογραφικές αναφορές.

BCG (2016). "Winning the Industry 4.0. Race". [https://manufacturing-nordics.org/sites/default/files/industry-4.0\\_02\\_bcg\\_innovationsfonden.pdf](https://manufacturing-nordics.org/sites/default/files/industry-4.0_02_bcg_innovationsfonden.pdf) [accessed 05/03/2019]

Brito S. M., Hoque S., Steinke R., Willner A. (2016). "Towards programmable fog nodes in smart factories". Proc. IEEE Int. Workshops Found. Appl. Self Syst.

Bledowski K. (2015). "MAPI The Internet of Things: Industrie 4.0 vs. The Industrial Internet". <https://mapifoundation.org/economic/2015/7/23/the-internet-of-things-industrie-40-vs-the-industrial-internet> [accessed 05/03/2019]

Benzie G. (2014). "Manufacturing Transformation", <http://www.apriso.com/blog/2014/02/welcome-to-the-4thindustrial-revolution/> [accessed 05/03/2019]

Deloitte (2015). "Challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies". Creative Studio.Deloitte Zurich <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ch/Documents/manufacturing/ch-en-manufacturing-industry-4-0-24102014.pdf> [accessed 05/03/2019]

eBECS (2016). "eBECS Internet of Things (IoT) Services" <https://www.ebecs.com/ebecs-internet-things-iot-services> [accessed 05/03/2019]

Eichhorst W. and Buhlmann F.(2015). "Die Zukunft der Arbeit und der Wandel der Arbeitswelt".Institute for the Study of Labor (IZA). <https://econpapers.repec.org/scripts/redir.pf?u=http%3A%2F%2Fftp.iza.org%2Fsp77.pdf;h=repec:iza:izasps:sp77> [accessed 05/03/2019]

Europe 2020 (2010). "A Strategy for Smart Sustainable and Inclusive Growth". European Commission, Brussels. <http://ec.europa.eu/eu2020/pdf/COMPLET%20EN%20BARROSO%20%20%20007%20-%20Europe%202020%20-%20EN%20version.pdf> [accessed 05/03/2019]



E.U. Parliament (2016). "Industry, Research and Energy, Study for the ITRE Committee". [http://www.astrid-online.it/static/upload/ep\\_i/ep\\_itre\\_industry-4.0.pdf](http://www.astrid-online.it/static/upload/ep_i/ep_itre_industry-4.0.pdf) [accessed 05/03/2019]

Francisco A. (2017). "The Business Value of Industry 4.0." <http://blog.mesa.org/2017/05/the-business-value-of-industry-40.html> [accessed 05/03/2019]

Fernbach A., Kastner W., Mätzler S., Wollschlaeger M., (2014). "An OPC UA information model for cross-domain vertical integration in automation systems". Proc. IEEE Emerg. Technol. Factory Autom. (ETFA).

Fiasché M., Ripamonti G., Sisca G.F., Taisch M., Valente A. A. (2015) "Management integration framework in a shop-floor employing self-contained assembly unit for optoelectronic products", Proc. IEEE 1st Int. Forum Res. Technol. Soc. Ind. Leveraging Better Tomorrow (RTSI)

Gorecky, D., M. Schmitt and M. Loskyll (2014) "Mensch-Maschine Interaktion im Industrie 4.0-Zeitalter. In: Bauernhansl, T., M. ten Hompel and B. VogelHeuser, "Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik: Anwendung, Technologie, Migration".

Hermann M., Pentek M. Otto T. (2015) "Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review". Working Paper No. 01/2015 [https://www.thiagobranquinho.com/wp-content/uploads/2016/11/Design-Principles-for-Industrie-4\\_0-Scenarios.pdf](https://www.thiagobranquinho.com/wp-content/uploads/2016/11/Design-Principles-for-Industrie-4_0-Scenarios.pdf) [accessed 05/03/2019]

Hevner R.A., Salvatore M.T., Park J., and Ram S. (2004). "Design Science in Information Systems Research". MIS Research Center

IioT-World.com (2019). "Nine challenges of Industry 4.0.". <https://iiot-world.com/connected-industry/nine-challenges-of-industry-4-0/> [accessed 05/03/2019]

Just Creative (2018). "Internet of Things: What It Is, How It Works, Examples and More". <https://justcreative.com/2018/11/19/internet-of-things-explained/> [accessed 05/03/2019]

Kim J. H., Lee K.Y., Jeon A.Y., Son Y.J. (2016). "ICT convergence-based application service development to support the re-configurability of door trim assembly line", Proc. Int. Conf. Inf. Commun. Technol. Converg. (ICTC).

Kagermann H., Wahlster W., Helbig J. (2013). "Securing the Future of German Manufacturing Industry: Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0.", Acatech. Final Report of the Industrie 4.0 Working Group.

Moon I., Lee M. G., Park Jinwoo, Kiritsis D., Cieminski G. (2018). "Advances in Production Management Systems. Smart Manufacturing for Industry 4.0.". Springer International Publishing.

McKinsey (2016). "Industry 4.0. after the initial hype Where manufacturers are finding value and how they can best capture it". McKinsey digital

Nukeaw J. and Pecharpa W. (2013). "Advances in Material Science and Technology" vol. 802. TTP

Pwc (2016). "Industry 4.0.: Building the digital enterprise". Global Industry 4.0. Survey, What we mean by Industry 4.0. <https://www.pwc.com/gx/en/industries/industries-4.0/landing-page/industry-4.0-building-your-digital-enterprise-april-2016.pdf> [accessed 05/03/2019]

Peter C. Evans and Marco Annunziata (2012). "Industrial Internet: Pushing the Boundaries of Minds and Machines".GE.

Pizoń J. and Lipski J. (2016). "Perspectives for fog computing in manufacturing", Appl. Comput. Sci.

Popkova G. Elena, Ragulina V.Yulia, Bogoviz V. Aleksei (2019) "Industry 4.0.: Industrial Revolution of the 21st Century". Springer International Publishing. ISBN: 978-3-319-94309-1.

Rojko A. (2017). "Industry 4.0. Concept: Background and Overview". ECPE European Center for Power Electronics, Nuremberg, Germany. ISSN: 1865-7923 <https://online-journals.org/index.php/i-jim/article/view/7072>. [accessed 05/03/2019]

Ruchkin I., Mitsch S., Rajhans A., Quesel Jan-David, Krogh B., Garlan D. , Platzner A., Schmerl B. , Kapinski J. , Ramachandra P., Butts K.. (2013). "An Architectural Approach to Heterogeneous Modeling and Verification of CPS", Carnegie Mellon University. Pittsburgh. [https://www.researchgate.net/publication/276204152\\_An\\_Architectural\\_Approach\\_to\\_Heterogeneous\\_Modeling\\_and\\_Verification\\_of\\_CPS\\_Poster](https://www.researchgate.net/publication/276204152_An_Architectural_Approach_to_Heterogeneous_Modeling_and_Verification_of_CPS_Poster)

Radziwon A., Bilberg A., Bogers M., Madsen S. E. (2014). "The smart factory: Exploring adaptive and flexible manufacturing solutions". Procedia Eng.

Rfwireless-world.com (2019). "Industry 4.0. advantages | Industry 4.0. disadvantages". <http://www.rfwireless-world.com/Terminology/Advantages-and-Disadvantages-of-Industry-4.html> [accessed 05/03/2019]

Shareground (2015). "Arbeit 4.0. Megatrends Digitaler Arbeit Der Zukunft 25 Thesen". University of St. Gallen. Telekom. <https://www.telekom.com/resource/blob/314922/dbface4a7706b76756d1e737aff47691/dl-150902-stude-st--gallen-data.pdf> [accessed 05/03/2019]

Thingtrax.com (2017). "What Is Industry 4.0. And How It Increases Machine Efficiency?". <https://thingtrax.com/2017/10/05/industry-4-0-increases-machine-efficiency/> [accessed 05/03/2019]

Ustundag A. , Cevikcan E. (2018). "Industry 4.0.: Managing The Digital". Springer International Publishing. ISBN 978-3-319-57870-5.

Wang T., Guo S., Lee G.C. (2014). "Manufacturing task semantic modeling and description in cloud manufacturing system", Int. J. Adv. Manuf. Technol.

World Economic Forum (2015). "Industrial Internet of Things: Unleashing the Potential of Connected Products and Services". [http://www3.weforum.org/docs/WEFUSA\\_IndustrialInternet\\_Report2015.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEFUSA_IndustrialInternet_Report2015.pdf) [accessed 05/03/2019]

Zhang D., Wan J., Hsu C., Rayes A. (2016). "Industrial technologies and applications for the Internet of Things", Comput. Netw.

