



ΣΧΟΛΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΩΝ & ΔΙΕΘΝΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ

Industry 4.0: Τρέχουσες εξελίξεις & εφαρμογή στον κλάδο των λευκών οικιακών συσκευών

Δρ. Γαβριήλ Ανδρέα Θεοδοσίου (emba 1620)
Διπλ. Μηχανολόγος Μηχανικός ΕΜΠ

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία στα πλαίσια του προγράμματος μεταπτυχιακών
σπουδών «Διοίκηση Επιχειρήσεων για Στελέχη»

Τριμελής Επιτροπή
Καθηγητής Μποχώρης Γεώργιος (επιβλέπων)
Καθηγητής Γεωργακέλλος Δημήτριος
Επικ. Καθηγητής Κάμπης Δημήτριος

Πειραιάς, Απρίλιος 2019

Παράρτημα Β: Βεβαίωση Εκπόνησης Διπλωματικής Εργασίας



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ ΣΧΟΛΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΔΙΕΘΝΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΤΜΗΜΑ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΣΤΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ ΓΙΑ ΣΤΕΛΕΧΗ

ΒΕΒΑΙΩΣΗ ΕΚΠΟΝΗΣΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

(περιλαμβάνεται ως ξεχωριστή (δεύτερη) σελίδα στο σώμα της διπλωματικής εργασίας)

«Δηλώνω υπεύθυνα ότι η διπλωματική εργασία για τη λήψη του μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών, του Πανεπιστημίου Πειραιώς, στη Διοίκηση Επιχειρήσεων για Στελέχη : E-MBA» με τίτλο **Industry 4.0: Τρέχουσες εξελίξεις & εφαρμογή στον κλάδο των λευκών οικιακών συσκευών**

έχει συγγραφεί από εμένα αποκλειστικά και στο σύνολό της. Δεν έχει υποβληθεί ούτε έχει εγκριθεί στο πλαίσιο κάποιου άλλου μεταπτυχιακού προγράμματος ή προπτυχιακού τίτλου σπουδών, στην Ελλάδα ή στο εξωτερικό, ούτε είναι εργασία ή τμήμα εργασίας ακαδημαϊκού ή επαγγελματικού χαρακτήρα.

Δηλώνω επίσης υπεύθυνα ότι οι πηγές στις οποίες ανέτρεξα για την εκπόνηση της συγκεκριμένης εργασίας, αναφέρονται στο σύνολό τους, κάνοντας πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Υπογραφή Μεταπτυχιακού Φοιτητή/ τριας.....

Γαβριήλ Α. Θεοδοσίου
Όνοματεπώνυμο.....

15/04/2019
Ημερομηνία.....

Περίληψη

Industry 4.0: Τρέχουσες Εξελίξεις και Εφαρμογή στον Κλάδο των Λευκών Οικιακών Συσκευών

Σημαντικοί όροι (Industry 4.0, Smart factory, Industrial Internet of things, cyber-physical systems, cloud computing, data analytics)

Ο βιομηχανικός κλάδος μετά από τρεις τεχνολογικές επαναστάσεις αυτές της εκμηχάνισης (Industry 1.0), της μαζικής παραγωγής (Industry 2.0), και της αυτοματοποίησης (Industry 3.0) (DFKI, 2016) διανύει το 4^ο στάδιο ανάπτυξης του γνωστό ως 4^η βιομηχανική επανάσταση, “Industry 4.0” (Kagermann, *et. al.*, 2013).

Το Industry 4.0 αποτελεί την ψηφιακή επανάσταση στον τομέα της βιομηχανικής παραγωγής. Οι Roblek *et. al.*, 2016 και οι Posada *et. al.*, 2015 αναφέρουν πέντε βασικά χαρακτηριστικά του Industry 4.0: (i) ψηφιοποίηση, βελτιστοποίηση και εξατομίκευση της παραγωγής, (ii) αυτοματοποίηση και προσαρμογή, (iii) αλληλεπίδραση μεταξύ ανθρώπου μηχανής (Human Machine Interaction, HMI), (iv) προστιθέμενης αξίας υπηρεσίες και επιχειρείν και v) αυτόματη ανταλλαγή δεδομένων και επικοινωνία.

Οι τεχνολογίες που συνθέτουν το Industry 4.0 επιτρέπουν τη σύνδεση μηχανημάτων και αισθητήρων, δημιουργώντας έτσι μια συνδυασμένη πλατφόρμα για συλλογή και ενοποίηση δεδομένων κατά μήκος της αλυσίδας αξίας. Κατάλληλα διαμορφωμένοι κανόνες επιτρέπουν τη λήψη αποφάσεων, ακόμη και χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση σε πραγματικό χρόνο καθώς και την ικανότητα πρόβλεψης προβλημάτων πριν από την εμφάνισή τους (Kamble *et. al.*, 2018).

Το φαινόμενο αυτό καθιστά δυνατή τη σύνδεση πληροφοριών, αντικειμένων και ανθρώπων λόγω της σύγκλισης του φυσικού και εικονικού κόσμου υπό τη μορφή των Κυβερνο-Φυσικών Συστημάτων (CPS). Αυτό επιτρέπει την ενεργοποίηση του μετασχηματισμού των εργοστασίων σε έξυπνα περιβάλλοντα (Kagermann, *et. al.*, 2013, Hozdić, 2015).

Τα βασικά χαρακτηριστικά που σχετίζονται με το Industry 4.0, αποτελούν την απάντηση στις σημερινές προκλήσεις τις οποίες πρέπει να αντιμετωπίσουν οι εταιρείες για να παραμείνουν ανταγωνιστικές όσον αφορά την παγκοσμιοποίηση, την ένταση του ανταγωνισμού, τη μεταβλητότητα των απαιτήσεων της αγοράς, τη συντόμευση της καινοτομίας και του κύκλου ζωής των προϊόντων και την αυξανόμενη πολυπλοκότητα γύρω από προϊόντα και διαδικασίες (Bauer, *et. al.*, 2015, Topleva, 2018).

Επιπρόσθετα, η ταχεία ψηφιοποίηση του επιχειρηματικού κόσμου, καταστρέφει τα παραδοσιακά εμπόδια της βιομηχανίας και πολλοί ακαδημαϊκοί και επαγγελματίες τονίζουν την ανάγκη επανεξέτασης των υφιστάμενων επιχειρηματικών μοντέλων (Gerlitz, 2016).

Στην παρούσα εργασία αναλύεται το στρατηγικό πλαίσιο υλοποίησης του Industry 4.0 στην εταιρία οικιακών συσκευών Cusinaware. Μέσο της στρατηγικής της Cusinaware καταδεικνύεται ο τρόπος με τον οποίο η εταιρία στοχεύει στη βελτίωση της ευελιξίας της παραγωγής, στην λειτουργική αριστεία, στην πιστοποίηση και διαχείριση των εργαζομένων της, στην ασφάλειά τους, καθώς και στον ψηφιακό προγραμματισμό της παραγωγής.

Η στρατηγική αυτή στοχεύει στην πραγματοποίηση της ψηφιακής της μετάβασης και στη βελτίωση της πελατοκεντρικής της προσέγγισης. Παράλληλα παρουσιάζονται τα νέα

επιχειρηματικά μοντέλα που αναπτύσσει τα οποία θα της επιτρέψουν να επεκτείνει περαιτέρω εκείνες τις ψηφιακές υπηρεσίες, που θα της δώσουν τη δυνατότητα να εμπλουτίσει την πρόταση αξίας της και να εδραιώσει το ρόλο της ως ηγέτιδα, στις ψηφιακές υπηρεσίες στο διασυνδεδεμένο σπίτι.

Βιβλιογραφία Περίληψης

- Bauer, W., Hämmerle, M., Schlund, S., Vocke, C., (2015) Transforming to a Hyper-connected Society and Economy – Towards an “Industry 4.0”, *Procedia Manufacturing* 3: 417-424
- Gerlitz, L., (2016) Design Management as a Domain of Smart and Sustainable Enterprise: Business Modelling for Innovation and Smart Growth in Industry 4.0, *International Journal Entrepreneurship and Sustainability Issues*, 3(3) 244-268
- Hozdić, E. (2015), Smart Factory for Industry 4.0: a review, *International Journal of Modern Manufacturing Technologies* ISSN 2067–3604, Vol. VII, No. 1
- Kagermann, H., W. Wahlster, and J. Helbig (2013), Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0: Final Report of the Industrie 4.0 Working Group.” Acatech-National Academy of Science and Engineering, Germany
- Kamble, S., Gunasekaran, A., Gawankar, S. (2018), Sustainable Industry 4.0 framework: A systematic literature review identifying the current trends and future perspectives. *Process Safety & Environmental Protection* 117, 408-425
- Roblek, V., Meško, M. Krapež, A., (2016), A Complex View of Industry 4.0, *SAGE Open* 6(2) 1–11 <https://doi.org/10.1177/2158244016653987>
- Posada, J. Toro, C. Barandiaran, I., Oyarzun, D, Stricker (2015), Visual Computing as a Key Enabling Technology for Industrie 4.0 and Industrial Internet, *IEEE Comput. Graph. Appl.* 35(2) 2015 26–40
- Topleva, S., (2018) Industry 4.0: Transforming economy through value added, *Asian Journal of Economic Modelling*, 6(1) 37-46
- DFKI, (2016) Industrie 4.0: Cyber-Physical Production Systems for Mass Customizations [Πρόσβαση 30 Οκτωβρίου 2017], http://www.dfki.de/wwdata/German-Czech_Workshop_on_Industrie_4.0_Prague_11_04_16/Industrie_4_0_Cyber-Physical_Production_Systems_for_Mass_Customizations.pdf

Ευχαριστίες

Έχοντας ολοκληρώσει τη διπλωματική μου εργασία, θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου σε όλους όσους με στήριξαν και σε όλους όσους εμπλέκονται στην προσωπική μου ζωή ακούγοντας και ευθαρρύνοντας με κατά τη διάρκεια των σπουδών μου και κατά τη διάρκεια συγγραφής της εργασίας μου.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τους άμεσους επαγγελματικούς μου συνεργάτες οι οποίοι χειρίστηκαν αρκετά θέματα στον εργασιακό χώρο, απασχολώντας με στο ελάχιστο δυνατό καθ' όλη τη διάρκεια της διετούς πορείας.

Είμαι βαθιά ευγνώμων στο συνάδελφό μου Αποστόλου Ισίδωρο ο οποίος πολλές φορές με συμπλήρωσε και με αντικατέστησε επάξια σε διάφορα επαγγελματικά θέματα, όταν έπρεπε να μείνω απεριοριστος τόσο κατά τη διάρκεια των εξετάσεων όσο και κατά τη διάρκεια της συγγραφής της διπλωματικής μου εργασίας.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Μποχώρη Γεώργιο για την υποστήριξη και καθοδήγησή του.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω το Διευθυντή του μεταπτυχιακού καθηγητή Γεωργακέλλο Δημήτριο ο οποίος με την επιλογή μου στους συμμετέχοντες του μεταπτυχιακού, μου έδωσε τη δυνατότητα να αποκομίσω σημαντικές γνώσεις οι οποίες θεωρώ ότι θα πλαισιώσουν με τον καλύτερο δυνατό τρόπο το τεχνικό μου υπόβαθρο, σε μία φάση καμπής για την επαγγελματική μου σταδιοδρομία. Θα ήταν παράλειψή μου να μην επισημάνω επίσης τις δυνατές φιλίες, αγωνίες, αναμνήσεις και εμπειρίες που μοιράστηκα με πολλούς από τους συμφοιτητές μου και να τους ευχαριστήσω γι' αυτό, οι οποίες θα μου μείνουν αξέχαστες.

Απεριόριστη και καθοριστική ήταν επίσης η συναισθηματική και ψυχολογική στήριξη της οικογένειάς μου, της γυναίκας μου Ήλιας και των δύο παιδιών μου, της Ευαγγελίας και του Ανδρέα και τους ευχαριστώ μέσα από την καρδιά μου που υπέμειναν το δύσκολο αυτό ταξίδι με όλες τις διακυμάνσεις του μέχρι το τέλος.

Ένα απέραντο ευχαριστώ θα ήθελα να δώσω στους γονείς μου που μου έδωσαν όραμα, με έκαναν μαχητή και που μαζί με τις δύο αδελφές μου με ευθάρρυναν και με ευθαρρύνουν ακούραστα και με στηρίζουν σε όλες τις επιλογές μου από μικρό παιδί μέχρι και τώρα.

Τέλος θα ήθελα να αφιερώσω την εργασία μου στα δύο μου παιδιά θέλοντας με αυτό τον τρόπο να τους δώσω όραμα αλλά και το μήνυμα να μην επαυπαύονται σε αυτά που έχουν πετύχει μέχρι εκείνη τη στιγμή της ζωής τους, ότι η γνώση ποτέ δεν σταματά, ότι ο άνθρωπος πρέπει να έχει ανήσυχο πνεύμα, να διψά και να αναζητά καινούργια πράγματα, να εξελίσσεται, γιατί μέσα από τη διαδικασία αυτή αντλεί τη δύναμη και νιώθει πληρότητα στο ταξίδι της ζωής.

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	i
Βιβλιογραφία Περίληψης	iii
Ευχαριστίες	iv
Περιεχόμενα	v
Λίστα Σχημάτων	vii
Λίστα Ακρωνυμίων	viii
1 Εισαγωγή	9
Βιβλιογραφία Κεφαλαίου 1	13
2 Η 4 ^η Βιομηχανική Επανάσταση “Industry 4.0”: Ιστορική Εξέλιξη & Βασικές Έννοιες 15	
2.1 Από την 1 ^η στην 4 ^η Βιομηχανική Επανάσταση: στάδια εξέλιξης.....	16
2.2 Βασικές Έννοιες – Ορισμοί “Industry 4.0”	19
2.2.1 Ορισμοί από Ακαδημαϊκούς	21
2.2.2 Ορισμοί από Εταιρίες, Εμπορικούς – Βιομηχανικούς Κλάδους.....	24
2.3 Σχεδιαστικές αρχές Industry 4.0	26
2.3.1 Διαλειτουργικότητα (Interoperability)	26
2.3.2 Εικονικοποίηση (Virtualization).....	27
2.3.3 Αποκεντροποίηση (Decentralization)	28
2.3.4 Δυνατότητα σε πραγματικό χρόνο (Real time capability)	28
2.3.5 Προσανατολισμός στην υπηρεσία (service orientation)	28
2.3.6 Δομοστοιχειοθέτηση (modularity)	29
Βιβλιογραφία Κεφαλαίου 2	30
3 Industry 4.0 και οι θεμελιώδεις τεχνολογικές εξελίξεις που τη συνθέτουν.....	33
3.1 Ανάλυση & διαχείριση μαζικών δεδομένων (Big Data Analytics)	34
3.2 Αυτόνομα Ρομπότ	36
3.3 Προσομοίωση	36
3.4 Οριζόντια και Κατακόρυφη Ενοποίηση Συστημάτων	37
3.5 Κυβερνο-Φυσικά Συστήματα (Cyber-Physical Systems, CPS)	38
3.6 Το Βιομηχανικό Ίντερνετ των Πραγμάτων (Industrial Internet of Things)	40
3.7 Κυβερνοασφάλεια (Cybersecurity)	42
3.8 Υπολογιστικό Νέφος (Cloud Computing).....	42
3.9 Προσθετική Κατασκευή (Additive Manufacturing)	43
3.10 Επαυξημένη Πραγματικότητα (Augmented Reality).....	44
Βιβλιογραφία Κεφαλαίου 3	46
4 Industry 4.0: Πλαίσιο Εφαρμογής για τον κλάδο των «Λευκών Οικιακών Συσκευών».....	48

4.1	Τρέχουσες τάσεις στην αγορά των «Λευκών Οικιακών Συσκευών».....	49
4.2	Μελέτη περίπτωσης της εταιρίας παραγωγής οικιακών συσκευών Cousinaware A.B.E.....	51
4.2.1	Πορτρέτο εταιρίας Cousinaware A.B.E.....	51
4.2.2	Ορισμός Industry 4.0 για την Cousinaware A.B.E.....	52
4.2.3	Όραμα Cousinaware A.B.E. για το Industry 4.0.....	55
4.2.4	Στρατηγικό Πλαίσιο εφαρμογής του Industry 4.0	55
4.2.5	Καίριοι μοχλοί υλοποίησης Industry 4.0	60
4.2.6	Επίδραση του Industry 4.0 στο επιχειρησιακό μοντέλο της Cusinaware	72
	Βιβλιογραφία Κεφαλαίου 4	77
5	Συμπεράσματα – Προτάσεις.....	78
	Βιβλιογραφία Κεφαλαίου 5	82
6	Βιβλιογραφία	84

Λίστα Σχημάτων

Σχήμα 2-1: Τα στάδια εξέλιξης από την 1 ^η στην 4 ^η Βιομηχανική Επανάσταση (προσαρμογή από DFKI, 2016).....	17
Σχήμα 2-2: Οι ανάγκες της αγοράς και της κοινωνίας καθοριστικοί παράγοντες των μοντέλων παραγωγής (προσαρμογή από Korem, 2010)	18
Σχήμα 2-3: Industry 4.0 και έξυπνα εργοστάσια σαν μέρος του IoT και του IoS (προσαρμογή από Kagermann, <i>et. al.</i> 2013)	19
Σχήμα 3-4: Industry 4.0 και οι τεχνολογικές εξελίξεις που τη συνθέτουν (προσαρμογή από BCG, 2015).....	33
Σχήμα 3-5: Τέσσερα στάδια ανάλυσης δεδομένων σε μία επιχείρηση. (προσαρμογή από Gartner)	34
Σχήμα 3-6: Οριζόντια και κατακόρυφη αλυσίδα αξίας (προσαρμογή από PwC, 2014).37	
Σχήμα 3-7: Ολιστική απεικόνιση ενός CPS (προσαρμογή από Gunes, <i>et. al.</i> , 2014) ..	39
Σχήμα 4-8: 5 Λόγοι Σύνδεσης Συσκευών στο Internet (προσαρμογή από Roland Burger, 2018)	50
Σχήμα 4-9: Εφαρμογή του Industry 4.0 στο έξυπνο εργοστάσιο	53
Σχήμα 4-10: Οι 5 στρατηγικοί πυλώνες για την εφαρμογή του Industry 4.0	56
Σχήμα 4-11: Η επίδραση του Industry 4.0 στις 19 συστάδες γενικών ρόλων του εργοστασίου	57
Σχήμα 4-12: Έξι καίριοι μοχλοί για την υλοποίηση του Industry 4.0.....	60
Σχήμα 4-13: Τομείς δράσεις & τεχνολογικές λύσεις για την υλοποίηση του Industry 4.0	60
Σχήμα 4-14: Γνωστικά συστήματα αναλύουν παραμέτρους διεργασιών & εντοπίζουν αποκλίσεις.....	62
Σχήμα 4-15: (a) Real time KPI, (b) Plant simulation, (c) Virtual commissioning	63
Σχήμα 4-16: (a) Πλατφόρμα διαμόρφωσης συσκευής & (b) συλλογή δεδομένων από συσκευές σε λειτουργία και σε επίπεδο εξαρτήματος.....	64
Σχήμα 4-17: Ρομπότ ειδικού τύπου με διατάξεις αισθητήρων για: (a) έλεγχο ποιότητας ραφής συγκόλλησης, (b) έλεγχο ξένου σώματος σε εμαγιέ επιφάνεια.....	66
Σχήμα 4-18: (a) Ψηφιακή υποστήριξη για τους εργαζόμενους, (b) διαδραστική συλλογή πληροφοριών	68
Σχήμα 4-19: (a) Smart AGV, (b) βελτιστοποίηση φόρτωσης, (c) παρακολούθηση αλυσίδας εφοδιασμού σε πραγματικό χρόνο	71
Σχήμα 4-20: Μετασχηματισμός της επιχείρησης από κατασκευαστή οικιακών συσκευών (Hardware) σε επιχείρηση που προσφέρει ψηφιακές λειτουργίες, περιεχόμενο και υπηρεσίες (Hardware+)	72
Σχήμα 4-21: Τρεις θεμελιώδεις πυλώνες για το μετασχηματισμό της επιχείρησης από “Hardware” σε “Hardare +”	73
Σχήμα 4-22: Το προϊόν ως πλατφόρμα για την ανάπτυξη εφαρμογών	75
Σχήμα 4-23: Ψηφιακή υπηρεσία αυτόματης παραγγελίας ταμπλετών πλυντηρίου πιάτων.....	75

Λίστα Ακρωνυμίων

AGV:	Automated Guided Vehicles
CPS:	Cyber Physical Systems
CNC:	Computer Numerical Control
CAD:	Computer Aided Design
CAPP:	Computer Aided Process Planning
FMSs:	Flexible Manufacturing Systems
ICT:	Information & Communication Technology
IIoT:	Industrial Internet of Things
IoT:	Internet of Things
IoE:	Internet of Everything
IoS:	Internet of Services
MaaS:	Manufacturing as a Service
PaaS:	Product as a Service
PLC:	Programmable Logical Control
RFID:	Radio Frequency Identification
SaaS:	Software as a Service
WSN:	Wireless Sensor Networks

1 Εισαγωγή

Οι παγκόσμιες οικονομίες έχουν γίνει ήδη μάρτυρες τριών βιομηχανικών επαναστάσεων οι οποίες προκάλεσαν σημαντικές μεταβολές στην κατανομή της τεχνολογίας και της ισχύος. Μετά από την εκμηχάνιση (Industry 1.0), τη μαζική παραγωγή (Industry 2.0), και την αυτοματοποίηση (Industry 3.0) (DFKI, 2016), σήμερα, ο κόσμος βρίσκεται υπό τη δίνη μίας τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης, που συχνά περιγράφεται από τον όρο "Industry 4.0".

Ο όρος αυτός αναφερόμενος για πρώτη φορά το 2011, ως βασική στρατηγική πρωτοβουλία του σχεδίου δράσης "High-Tech Strategy 2020", της Γερμανικής ομοσπονδιακής κυβέρνησης (Kagermann, *et. al.*, 2013), έχει γίνει πλέον ένα σημαντικό και πολυσυζητημένο θέμα για εταιρείες, πανεπιστήμια και ερευνητικά κέντρα (Hermann, *et. al.* 2016). Το Industry 4.0 αντιπροσωπεύει το μετασχηματισμό των «παραδοσιακών» βιομηχανιών από το Ίντερνετ των πραγμάτων (IoT), των δεδομένων και των υπηρεσιών.

Το Industry 4.0 υπόσχεται δυνατότητες οικονομικής ανάπτυξης ενώ παράλληλα παρέχει πολλά υποσχόμενες οικολογικές και κοινωνικές ευκαιρίες (Kiel *et. al.*, 2017). Επιπρόσθετοι όροι οι οποίοι περιγράφουν μέρος της ίδιας ιδέας είναι το «Βιομηχανικό Ίντερνετ των πραγμάτων (Industrial Internet of Things, (IIoT)), ή τα «Έξυπνα Εργοστάσια» (Smart Factories) (Deloitte, 2015).

Ανεξαρτήτως του όρου που χρησιμοποιείται, όλοι τους, εμπεριέχουν τη δικτύωση προϊόντων, διαδικασιών και υποδομών σε πραγματικό χρόνο μέσω του διαδικτύου, προς χάριν της μέγιστης ευελιξίας και παραγωγικότητας (GTAI, 2014). Η ψηφιακή δικτύωση επιτυγχάνεται με την εφαρμογή των αρχών των Κυβερνοφυσικών Συστημάτων (Cyber-Physical Systems (CPS)), του ίντερνετ, προηγμένων τεχνολογιών και έξυπνων συστημάτων τα οποία επιτρέπουν την αλληλεπίδραση ανθρώπων – μηχανών (Kamble *et. al.*, 2018). Απλές μηχανές μετατρέπονται σε αυτο-γνωστικές και αυτο-εκπαιδευόμενες μηχανές, προκειμένου να βελτιώσουν τη συνολική απόδοσή τους και τη διαχείριση της συντήρησής τους (Schuh *et. al.*, 2018).

Επιπλέον, το Industry 4.0 και οι τρέχουσες έννοιές του (δηλαδή, Smart Factory, Cyber-Physical System (CPS), Internet of Things (IoT), Internet of Services (IoS)) (Lasi *et. al.*, 2014) προκαλούν μία αλλαγή κατεύθυνσης στο μοντέλο που αφορά την οργάνωση εργασίας (Ingenics AG and Fraunhofer IAO, 2014) τα επιχειρηματικά μοντέλα (Kagermann *et. al.*, 2013) και την τεχνολογία παραγωγής (Valdez *et. al.*, 2015). Το

εργοστάσιο του μέλλοντος χαρακτηρίζεται από έξυπνες, διασυνδεδεμένες, ενοποιημένες και σε πραγματικό χρόνο διεργασίες και υπηρεσίες (Kagermann *et. al.*, 2013).

Αυτά τα χαρακτηριστικά επιτρέπουν, από τη μία πλευρά, την κάθετη ολοκλήρωση των πληροφοριακών συστημάτων του έξυπνου εργοστασίου, ώστε να εξασφαλιστούν ευέλικτα, δυναμικά αυτό-ρυθμιζόμενα και αυτο-οργανωμένα συστήματα και δομές παραγωγής (Kagermann *et. al.*, 2013, Wang *et. al.*, 2015).

Από την άλλη πλευρά, τα πληροφοριακά συστήματα και τα συστήματα παραγωγής σε τέτοια έξυπνα και δικτυωμένα εργοστάσια δεν συνδέονται μόνο εντός εργοστασίου αλλά συνδέονται επίσης με τα δίκτυα αξίας και αλυσίδας εφοδιασμού (Kagermann *et. al.*, 2013). Η δυναμική του Industry 4.0 συνδέεται στενά με την ανάπτυξη του IoT. Η εύκολη πρόσβαση στην τεχνολογία πληροφοριών επιτρέπει τη δικτύωση διαφόρων συστημάτων. Συστήματα παραγωγής τα οποία είναι αυτο-προσαρμοζόμενα και αυτο-ελεγχόμενα επιτρέπουν μικρότερα μεγέθη παρτίδων φθάνοντας μάλιστα σε επίπεδο παραγωγής μεμονωμένου εξατομικευμένου προϊόντος (Enke *et. al.*, 2018).

Το Industry 4.0 επιπλέον επηρεάζει σημαντικά το περιβάλλον παραγωγής με ριζικές αλλαγές στην εκτέλεση των λειτουργιών. Σε αντίθεση με τον συμβατικό προγραμματισμό παραγωγής με βάση τις προβλέψεις, το Industry 4.0 επιτρέπει τον προγραμματισμό του πλάνου παραγωγής σε πραγματικό χρόνο παρέχοντας παράλληλα τη δυνατότητα αυτο-βελτίωσης με δυναμικό τρόπο (Enke *et. al.*, 2018). Οι ριζοσπαστικές τεχνολογίες που συνθέτουν το Industry 4.0, όπως η κατασκευή ενεργοποιούμενη μέσω πληροφοριακών συστημάτων και η αυξημένη υπολογιστική ικανότητα υπόσχονται τη δημιουργία έξυπνων εργοστασίων υψηλής αποδοτικότητας και συνεχώς αυξανόμενης έντασης δεδομένων.

Μία προσέγγιση ενσωμάτωσης μαζικών δεδομένων και προηγμένης αναλυτικής μπορεί να οδηγήσει σε 20% με 25% αύξηση του όγκου παραγωγής και μέχρι 45% μείωση των σταματημάτων παραγωγής (McKinsey Digital, 2015). Άλλες πηγές αναφέρουν ότι με τη χρήση προηγμένης αναλυτικής για προληπτική συντήρηση οι βιομηχανίες παραγωγής μπορούν να αποφύγουν αστοχίες μηχανών και να μειώσουν τα σταματήματά τους κατά 50% περίπου ενώ παράλληλα να αυξήσουν το ρυθμό παραγωγής κατά 20% (Fernández-Miranda, *et. al.*, 2018).

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να παρουσιάσει το στρατηγικό πλαίσιο υλοποίησης του Industry 4.0, τόσο σε λειτουργικό όσο και σε επιχειρηματικό επίπεδο, της εταιρίας οικιακών συσκευών Cusinaware. Η Cousinaware είναι μία από τις

κορυφαίες εταιρείες στον κόσμο στον κλάδο και ένας από τους μεγαλύτερους κατασκευαστές οικιακών συσκευών στην Ευρώπη.

Έτσι στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζονται χρονολογικά, τα τέσσερα στάδια της βιομηχανικής παραγωγής, καταδεικνύοντας όμως παράλληλα πώς η 4^η Βιομηχανική Επανάσταση διαφοροποιείται σε σχέση με τις προηγούμενες. Στη συνέχεια γίνεται μία βιβλιογραφική αναφορά στις βασικές έννοιες που συνθέτουν το Industry 4.0 τόσο κάτω από το πρίσμα των ακαδημαϊκών όσο και από το πρίσμα των συμβούλων επιχειρήσεων.

Λόγω της πληθώρας των ορισμών, οι Herman, *et. al.* 2016, και Qin, *et. al.* 2016, καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι οι εταιρίες αδυνατούν να προσδιορίσουν αλλά και να εφαρμόσουν τα απαραίτητα σενάρια για την υλοποίηση του Industry 4.0. Έτσι διατυπώνουν έξι σχεδιαστικές αρχές (interoperability, virtualization, decentralization, real time capability, service orientation, modularity) οι οποίες σύμφωνα με τους συγγραφείς θεωρούνται αναγκαίες για τον καθορισμό των απαραίτητων πιλοτικών εφαρμογών στα πλαίσια του Industry 4.0.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι εννέα θεμελιώδεις τεχνολογικές εξελίξεις σύμφωνα με την BCG, 2015 οι οποίες καθορίζουν το όραμα για τη βιομηχανική παραγωγή του μέλλοντος. Μαζικά δεδομένα και αναλυτική (big data & analytics), επαυξημένη πραγματικότητα (augmented reality), υπολογιστικό νέφος (the cloud), αυτόνομα ρομπότ (autonomous robot), προσομοίωση (simulation), οριζόντια και κατακόρυφη ολοκλήρωση συστημάτων (horizontal & vertical system integration), το βιομηχανικό ίντερνετ των πραγμάτων (Industrial Internet of Things), κυβερνοπροστασία (cybersecurity), προσθετική κατασκευή (additive manufacturing), συνθέτουν τα θεμέλια του Industry 4.0 που μετασχηματίζουν το βιομηχανικό τρόπο παραγωγής.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η μελέτη περίπτωσης της εταιρίας Cusinaware, που δραστηριοποιείται στον κλάδο των «λευκών οικιακών συσκευών». Έμφαση δίνεται στο γεγονός ότι το Industry 4.0 δεν αποτελεί για την εταιρία ένα σύνολο ψηφιακών λύσεων οι οποίες θα συμβάλλουν στον ψηφιακό μετασχηματισμό αυτής, αλλά σύμφωνα με τον ορισμό της:

«Το I4.0 αποτελεί το στρατηγικό μας πρόγραμμα που επιτρέπει στους ανθρώπους μας, ως βασικούς παίκτες, να αξιοποιήσουν με τον καλύτερο δυνατό τρόπο τις καινοτόμες ψηφιακές λύσεις καθώς και τις λύσεις συνδεσιμότητας (IoT) κατά μήκος των πελατοκεντρικών ροών αξίας μας (source-make-deliver). Το I4.0 μας υποστηρίζει στην επίτευξη της λειτουργικής αριστείας, στην πραγματοποίηση της ψηφιακής μας μετάβασης και στη βελτίωση της πελατοκεντρικής μας προσέγγισης. Το I4.0

περιλαμβάνει σταδιακές βελτιώσεις των ψηφιακών διεργασιών, καθώς και επαναστατικό ανασχεδιασμό των ροών αξίας μας».

Κάτω λοιπόν από το πρίσμα αυτό αναλύονται: (i) οι στρατηγικοί της πυλώνες, αρχικά σε λειτουργικό επίπεδο πάνω στους οποίους οικοδομείται το πλαίσιο εφαρμογής του Industry 4.0, (ii) οι καίριοι μοχλοί για την υλοποίηση της στρατηγικής της, (iii) οι τομείς δράσης καθώς και οι εφαρμοζόμενες τεχνολογικές λύσεις.

Παράλληλα παρουσιάζονται και αναλύονται τα νέα επιχειρηματικά μοντέλα τα οποία θα της επιτρέψουν να επεκτείνει περεταίρω τις ψηφιακές της υπηρεσίες, οι οποίες θα της δώσουν τη δυνατότητα να εμπλουτίσει την πρόταση αξίας της και να εδραιώσει το ρόλο της ως ηγέτιδα, στις ψηφιακές υπηρεσίες στο διασυνδεδεμένο σπίτι.

Τέλος η εργασία καταλήγει στο συμπέρασμα ότι το επιχειρηματικό μοντέλο, το σύστημα παραγωγής και τελικά η ίδια η εταιρεία θα πρέπει να διαμορφωθούν κάτω από μία ψηφιακή προοπτική προκειμένου να πετύχουν στην εποχή του Industry 4.0. Στο πλαίσιο αυτό θα πρέπει να μελετήσουν – σχεδιάσουν πώς οι εννέα πυλώνες τεχνολογικής ανάπτυξης (BCG, 2015) θα τους επιτρέψουν να βελτιωθούν στους τομείς που αφορούν την ευελιξία, την ταχύτητα, την ποιότητα και την παραγωγικότητα.

Παράλληλα μεγάλη έμφαση θα πρέπει να δοθεί στην ανάλυση – στρατηγικό σχεδιασμό του ανθρώπινου δυναμικού προκειμένου να προετοιμαστεί με τις επιπρόσθετες δεξιότητες που απαιτούνται σε θέματα τεχνολογίας πληροφοριών (WEF, 2018). Η ανάπτυξη απαραίτητων ψηφιακών δυνατοτήτων, συμμαχιών και δια-λειτουργικών στάνταρ, η διαχείριση μαζικών δεδομένων ως πολύτιμο περιουσιακό στοιχείο και η διασφάλιση κυβερνοπροστασίας κρίνονται απαραίτητοι τομείς δράσης για τον απαραίτητο ψηφιακό μετασχηματισμό (McKinsey Digital, 2016, PwC, 2016).

Βιβλιογραφία Κεφαλαίου 1

- Enke, J., Glass, R., Kреб, A., Hambach, J., Tish, M., Metternich, J., (2018), Industrie 4.0 – Competencies for a modern production system, *Procedia Manufacturing* 23 267-272
- Fernández-Miranda, S.S., Marcos, M., Peralta, M., Aguayo, F., (2017), The challenge of integrating industry 4.0 in the degree of mechanical engineering, *Procedia Manufacturing* 13, 1229-1236
- Hermann, M., Pentek, T., Otto B, (2016), Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios, *Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, 3928–3937
- Kagermann, H., W. Wahlster, and J. Helbig (2013), Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0: Final Report of the Industrie 4.0 Working Group.” Acatech-National Academy of Science and Engineering, Germany
- Kamble, S., Gunasekaran, A., Gawankar, S. (2018), Sustainable Industry 4.0 framework: A systematic literature review identifying the current trends and future perspectives. *Process Safety & Environmental Protection* 117, 408-425
- Kiel, D., Müller, J.M., Arnold, C., Voigt, K.-I., (2017), Sustainable industrial value creation: benefits and challenges of Industry 4.0. *International Journal of Innovation Management* 21 (8), 1740015-1–1740015-34
- Lasi, H., Kemper, H.-G., Fettke, P., Feld, T., Hoffmann, M., (2014) Industry 4.0. *Business & Information Systems Engineering* 04, 239-242
- Qin, J., Liu, Y., Grosvenora, R., (2016), A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and Beyond, *Procedia CIRP* 52 (2016) 173 – 178
- Schuh, G., Kelzenberg, C., Wiese, J., Stracke, F., (2018), Industry 4.0 implementation framework for the producing industry. *Journal of Advances in Technology and Engineering Research* 4(2): 79-90
- BCG, (2015) Industry 4.0 The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries [Πρόσβαση 20 Οκτωβρίου 2018], https://www.bcg.com/publications/2015/engineered_products_project_business_industry_4_future_productivity_growth_manufacturing_industries.aspx
- Delloite, (2015) Industry 4.0 Challenges and Solutions for the digital transformation and use of exponential technologies [Πρόσβαση 22 Σεπτεμβρίου 2018], <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ch/Documents/manufacturing/ch-en-manufacturing-industry-4-0-24102014.pdf>
- DFKI, (2016) Industrie 4.0: Cyber-Physical Production Systems for Mass Customizations [Πρόσβαση 30 Οκτωβρίου 2017], <http://www.dfki.de/wwdata/German-Czech-Workshop-on-Industrie-4.0-Prague-11-04-16/Industrie-4-0-Cyber-Physical-Production-Systems-for-Mass-Customizations.pdf>
- Ingenics AG and Fraunhofer IAO, (2014) Industry 4.0 – a revolution in work organization [Πρόσβαση 03 Φεβρουαρίου 2019], <https://www.ingenics.com/assets/downloads/en/internal/Industrie40-Studie-Ingenics-IAO-en-VM-Print.pdf>
- McKinsey Digital, (2015) Industry 4.0 How to navigate digitization of the manufacturing sector [Πρόσβαση 23 Σεπτεμβρίου 2018], <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/industry-four-point-o-how-to-navigate-the-digitization-of-the-manufacturing-sector>

-
- McKinsey Digital, (2016) Industry 4.0 after the initial hype Where manufacturers are finding value and how they can best capture it. [Πρόσβαση 26 Οκτωβρίου 2018], https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/business%20functions/mckinsey%20digital/our%20insights/getting%20the%20most%20out%20of%20industry%204%200/mckinsey_industry_40_2016.ashx
- PwC, (2016) Industry 4.0: Building the digital enterprise. [Πρόσβαση 26 Οκτωβρίου 2018], <https://www.pwc.com/gx/en/industries/industries-4.0/landing-page/industry-4.0-building-your-digital-enterprise-april-2016.pdf>
- Valdez, A.C., Brauner, P., Schaar, A.K., Holzinger, A., Ziefle, M. (2015) Reducing Complexity with Simplicity - Usability Methods for Industry 4.0. 19th Triennial Congress of the International Ergonomics Association [Πρόσβαση 22 Σεπτεμβρίου 2018], http://ergonomics.uq.edu.au/iea/proceedings/Index_files/papers/1288.pdf

2 Η 4^η Βιομηχανική Επανάσταση “Industry 4.0”: Ιστορική Εξέλιξη & Βασικές Έννοιες

Τα ραγδαία επιτεύγματα στις τεχνολογίες πληροφοριών και επικοινωνιών (Information & Communication Technologies, ICT) επηρεάζουν δραστικά τους περισσότερους κλάδους βιομηχανικής παραγωγής. Ωστόσο, αυτή η ταχεία εξέλιξη απαιτεί μια σωστή κατανόηση αλλά και ορισμό, τόσο από τους ερευνητές όσο και από τους επαγγελματίες, προκειμένου να επιτευχθεί μια ευρεία διάδοση της τεχνολογικής προόδου.

Σήμερα, η τάση προς μια ψηφιακή επανάσταση στον τομέα της βιομηχανικής παραγωγής είναι γνωστή ως 4^η Βιομηχανική Επανάσταση (“Industry 4.0”). Το “Industry 4.0” σαν έννοια χρησιμοποιείται ευρέως στην Ευρώπη και κυρίως στο βιομηχανικό τομέα της Γερμανίας. Στις Η.Π.Α. και σε άλλες αγγλόφωνες χώρες μερικοί σχολιαστές χρησιμοποιούν εναλλακτικά τους όρους «Ίντερνετ των Πραγμάτων» (Internet of Things, IoT), «Ίντερνετ των Όλων» (Internet of Everything, IoE), ή «Βιομηχανικό Ίντερνετ» (Industrial Internet) (Delloite, 2015). Το κοινό χαρακτηριστικό όλων αυτών των εννοιών είναι η αναγνώριση ότι οι παραδοσιακές μέθοδοι βιομηχανικής παραγωγής βρίσκονται υπό τη δίνη επιρροής ενός ψηφιακού¹ μετασχηματισμού².

Η πραγματική καινοτομία δεν προκύπτει τόσο από την ύπαρξη μίας νέας τεχνολογίας όσο από το συνδυασμό διαθέσιμων τεχνολογιών αλλά με ένα διαφορετικό τρόπο, παρέχοντας έτσι μία πληθώρα από νέες δυνατότητες. Έτσι στο πλαίσιο του Industry 4, εξαρτήματα, προϊόντα, μηχανές, ανταλλακτικά και άλλες φυσικές οντότητες, αποκτούν τη δική τους ταυτότητα στο δίκτυο. Μπορούν να διαπραγματεύονται μεταξύ τους ή να είναι διασυνδεδεμένα και η αλληλεπίδρασή τους να μπορεί να προσομοιωθεί. Τα διάφορα συστήματα μπορούν εικονικά να ολοκληρωθούν, να δοκιμασθούν και να βελτιστοποιηθούν (Drath *et. al.*, 2014).

Το ψηφιακό εργοστάσιο και η εικονική ανάθεση είναι προσβάσιμη σε οποιονδήποτε εξουσιοδοτημένο. Αλγόριθμοι που παρέχουν τη δυνατότητα για αυτόνομη βελτιστοποίηση πρόκειται να φέρουν επανάσταση στον προγραμματισμό παραγωγής. Η πραγματική επανάσταση δεν προκύπτει κατ’ ανάγκη από την τεχνική υλοποίηση αλλά

¹ Ο όρος ψηφιακός μετασχηματισμός, στην παρούσα εργασία, χρησιμοποιείται για να υποδηλώσει την εφαρμογή των ψηφιακών τεχνολογιών με σκοπό την αλλαγή των βασικών επιχειρησιακών λειτουργιών, προϊόντων, διεργασιών, οργανωσιακών δομών και διοικητικών εννοιών, με σκοπό τη δημιουργία προσωποποιημένης αξίας για τον πελάτη σε κόστος μαζικής παραγωγής (Goerziga, 2018).

² Ο όρος μετασχηματισμός ορίζεται ως μία θεμελιώδης αλλαγή κατά την οποία μία επιχείρηση αναπροσδιορίζει τον εαυτό της (Goerziga, 2018).

από τους ορίζοντες που ανοίγονται για νέα επιχειρησιακά μοντέλα, υπηρεσίες και εξατομικευμένα προϊόντα (Drath, *et. al.* 2014).

2.1 Από την 1^η στην 4^η Βιομηχανική Επανάσταση: στάδια εξέλιξης

Στο Σχήμα 2-1 παρουσιάζονται χρονολογικά, τα τέσσερα στάδια της βιομηχανικής παραγωγής γενικότερα, καταδεικνύοντας όμως παράλληλα πώς η 4^η Βιομηχανική Επανάσταση διαφοροποιείται σε σχέση με τις προηγούμενες

Κατά την 1^η Βιομηχανική Επανάσταση (1760-1840) έχουμε την ανακάλυψη της ατμομηχανής και την εισαγωγή της στην παραγωγική διαδικασία μέχρι τα τέλη του 18ου αιώνα (βλ. Σχήμα 2-1). Αυτό συμπεριλάμβανε τη μετάβαση από τη χειροκίνητη παραγωγή στη χρήση ατμοκίνητων κινητήρων και στη χρήση νερού ως πηγή ενέργειας. Αυτό οδήγησε στον εκ-μηχανισμό της παραγωγικής διαδικασίας. Ο όρος "εργοστάσιο" άρχισε να γίνεται γνωστός. Μία από τις βιομηχανίες που πρώτη υιοθέτησε τέτοιες μεθόδους παραγωγής και που επωφελήθηκε από αυτές τις αλλαγές είναι η βιομηχανία της κλωστοϋφαντουργίας (Cleversim, 2017, Deloitte, 2015, Xu, *et. al.* 2018b). Η ζήτηση για βιομηχανικά προϊόντα είχε μόνο μία διάσταση, τον όγκο παραγωγής (Yin, *et. al.* 2018). (βλ. Σχήμα 2-2).

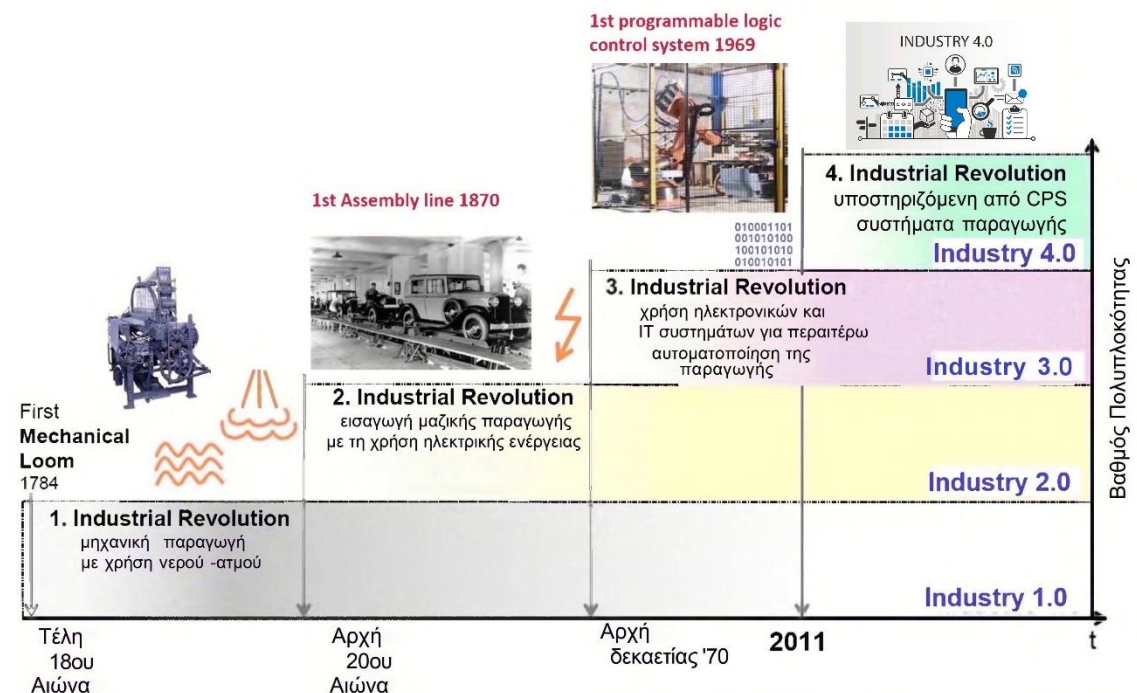
Κατά τη 2^η Βιομηχανική Επανάσταση (1870 – 1914) έχουμε τη χρήση νέων πηγών ενέργειας όπως είναι ο ηλεκτρισμός (βλ. Σχήμα 2-1). Η ηλεκτρική ενέργεια, εκτός από την ηλεκτροδότηση των σπιτιών (εφεύρεση λαμπτήρα πυρακτώσεως σύρματος από τον Θωμά Έντισον), είχε αυξανόμενη ζήτηση και στον βιομηχανικό τομέα. Οι ηλεκτρικοί κινητήρες, άρχισαν να κινούν υπόγειους σιδηροδρόμους, τραμ, και σιδηροδρόμους μεγάλων αποστάσεων. Ο ηλεκτρισμός κατέστησε δυνατή την ανάπτυξη νέων τεχνικών μεθόδων στις χημικές και μεταλλουργικές βιομηχανίες. Ακόμη, ο ηλεκτρισμός συντέλεσε στην αλλαγή των προτύπων εργασίας στο εργοστάσιο, έτσι οδηγούμαστε πλέον στην εισαγωγή της μαζικής παραγωγής ((Cleversim, 2017 Deloitte, 2015, Xu, *et. al.* 2018b) (βλ. Σχήμα 2-2).

Η εναλλαξιμότητα μεταξύ των εξαρτημάτων καθώς και οι κινούμενες γραμμές συναρμολόγησης (χρήση μεταφορικών ταινιών) επέτρεψαν την ανάπτυξη της παρέχοντας τη δυνατότητα για προϊόντα χαμηλού κόστους μέσω της κατασκευής σε μεγάλη κλίμακα (Yin, *et. al.* 2018, Hu, 2013, Drath, *et. al.* 2014). Ωστόσο, ο αριθμός των παραλλαγών που προσφέρονταν από αυτή την παραγωγή ήταν πολύ περιορισμένος, όπως αποδεικνύεται από τη διάσημη δήλωση του Henry Ford «κάθε πελάτης μπορεί να έχει ένα αυτοκίνητο βαμμένο σε οποιοδήποτε χρώμα όσο αυτό είναι μαύρο». Η ζήτηση κατά τη διάρκεια του "Industry 2.0" είχε δύο διαστάσεις, τον όγκο και την ποικιλία. Δύο

καινοτόμοι ο Henry Ford και ο Taiichi Ohno αντιμετώπισαν ο πρώτος την έλλειψη προσφοράς σε όγκους προϊόντων χρησιμοποιώντας γραμμές συναρμολόγησης μαζικής παραγωγής, ενώ ο δεύτερος την απαίτηση των πελατών σε ποικιλίες προϊόντων, αναπτύσσοντας το σύστημα παραγωγής της Toyota (Yin, *et. al.* 2018).

Η 3^η Βιομηχανική Επανάσταση (1950 – 1970) γνωστή και ως ψηφιακή επανάσταση σχετίζεται με την αντικατάσταση των αναλογικών και μηχανικών συστημάτων από ψηφιακά. Συνοδεύεται επίσης από τη ραγδαία εξέλιξη των υπολογιστών καθώς και της τεχνολογίας πληροφοριών (Xu, *et. al.* 2018b). Τεχνολογίες αυτοματισμού αλλά και μικρο-ηλεκτρονικών χρησιμοποιούνται στη βιομηχανική παραγωγή.

Το 1969 η εταιρία Modicon παρουσίασε τον πρώτο προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή (Programmable Logical Controller, PLC) ο οποίος επέτρεπε τον ψηφιακό προγραμματισμό συστημάτων αυτοματισμού. Η μίξη των τεχνολογιών αυτών οδήγηε στην αυτοματοποιημένη παραγωγή (βλ. Σχήμα 2-1). Αυτές οι εξελίξεις στις τεχνολογίες παραγωγής ήταν πολύ στενά συνδεδεμένες με τα ICT.



Σχήμα 2-1: Τα στάδια εξέλιξης από την 1^η στην 4^η Βιομηχανική Επανάσταση (προσαρμογή από DFKI, 2016)

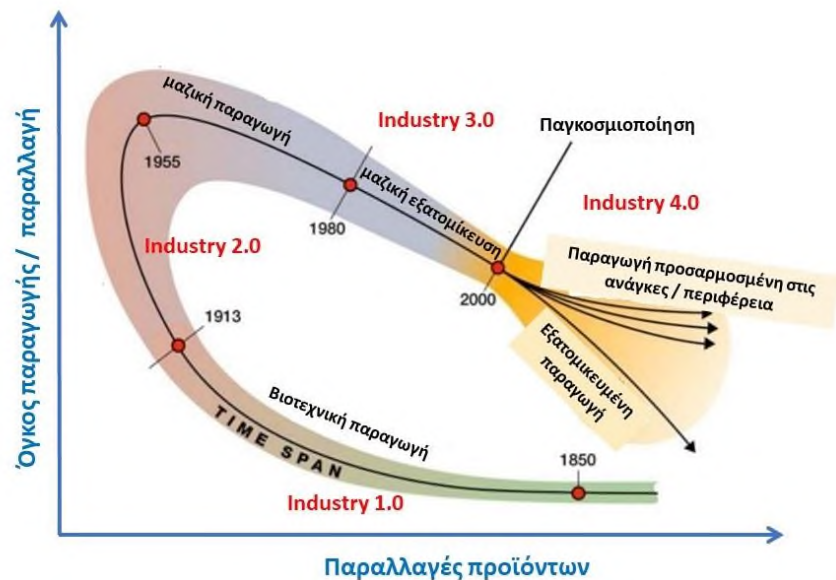
Κατά την 3^η Βιομηχανική Επανάσταση οι εξελίξεις των ICT αποτέλεσε τον πυρήνα σε κάθε αλλαγή των μοντέλων παραγωγής. Έτσι για παράδειγμα η ευρεία υιοθέτηση του αριθμητικού ελέγχου με υπολογιστή (Computer Numerical Control, CNC) και των

βιομηχανικών ρομπότ κατέστησε δυνατή τη δημιουργία των ευέλικτων συστημάτων παραγωγής (Flexible Manufacturing Systems, FMSs). Επιπλέον η σχεδίαση με τη βοήθεια υπολογιστή (Computer-Aided Design CAD), η κατασκευή με τη βοήθεια υπολογιστή (Computer-Aided Manufacturing CAM) καθώς και ο σχεδιασμός διεργασιών με τη βοήθεια υπολογιστή (Computer-Aided Processing Planning CAPP) κατέστησε δυνατή την ολοκληρωμένη κατασκευή με τη βοήθεια υπολογιστή (Computer Integrated Manufacturing CIM) (Feng, Li, and Cen 2001). Η ζήτηση προϊόντων καθορίζεται πλέον από τρεις διαστάσεις: όγκο, ποικιλία και χρόνο παράδοσης (Yin, et. al. 2018).

Η 4^η Βιομηχανική Επανάσταση, την οποία διανύουμε ήδη, αποτελεί την επόμενη μεγάλη «διασπαστική τεχνολογία» στη βιομηχανική παραγωγή. Η αυτοματοποίηση της παραγωγικής διαδικασίας οδηγείται σε ένα νέο επίπεδο με την εισαγωγή εξατομικευμένων και ευέλικτων μεθόδων μαζικής παραγωγής. Το εργοστάσιο του παρελθόντος βασίστηκε στην παραγωγή χιλιάδων πανομοιότυπων αντίτυπων, όπως καταδεικνύεται και από την περίφημη δήλωση του Henry Ford. Το εργοστάσιο του μέλλοντος όμως θα επικεντρωθεί στη «μαζική εξατομίκευση». Αυτό σημαίνει ότι οι μηχανές θα λειτουργούν ανεξάρτητα ή θα συνεργάζονται με τους ανθρώπους για τη δημιουργία ενός συστήματος παραγωγής προσαρμοσμένου στις ανάγκες του πελάτη (Deloitte, 2015).



„People can have the Model T in any color - so long as it's black.“
Henry Ford (1913)



Σχήμα 2-2: Οι ανάγκες της αγοράς και της κοινωνίας καθοριστικοί παράγοντες των μοντέλων παραγωγής (προσαρμογή από Korem, 2010)

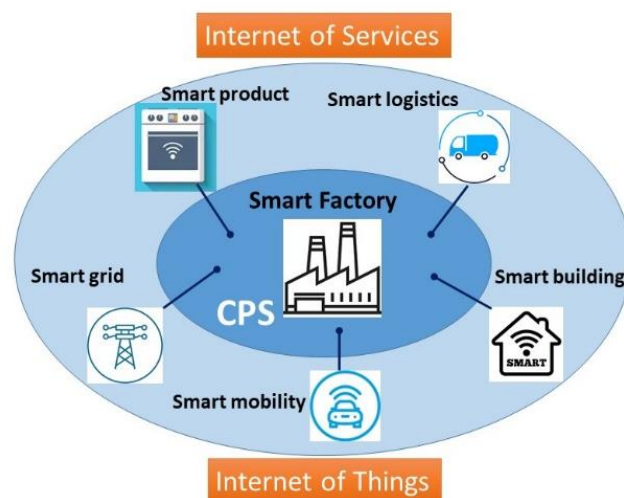
Έτσι λοιπόν συνοψίζοντας, η βασική ιδέα του Industry 4.0 είναι η χρησιμοποίηση της «αναδυόμενης» τεχνολογίας πληροφοριών για την εφαρμογή του Ίντερνετ των πραγμάτων & υπηρεσιών, έτσι ώστε οι επιχειρηματικές διαδικασίες και οι μηχανολογικές

διαδικασίες να είναι άρρηκτα συνδεδεμένες μεταξύ τους, δίνοντας τη δυνατότητα στην παραγωγή να λειτουργεί με έναν ευέλικτο, αποδοτικό και οικολογικό τρόπο, παρέχοντας σταθερά υψηλή ποιότητα σε χαμηλό κόστος (Wang, et. al. 2016).

2.2 Βασικές Έννοιες – Ορισμοί “Industry 4.0”

Ο όρος “Industry 4.0” έγινε δημόσια γνωστός για πρώτη φορά το 2011, στην εμπορική βιομηχανική έκθεση του Αννόβερου, όταν μία πρωτοβουλία με την ονομασία “Industrie 4.0” (συνεργασία εκπροσώπων από τον επιχειρηματικό κόσμο, από την πολιτική και ακαδημαϊκούς) προώθησαν την ιδέα, σε μία προσπάθεια ενίσχυσης της ανταγωνιστικότητας της Γερμανικής βιομηχανίας. (Kagermann, et. al. 2011).

Η γερμανική ομοσπονδιακή κυβέρνηση υποστήριξε την ιδέα ανακοινώνοντας ότι το “Industrie 4.0” θα αποτελέσει αναπόσπαστο μέρος της “High-Tech Strategy 2020 for Germany”. Μία πρωτοβουλία, με στόχο την ηγετική θέση της χώρας στην τεχνολογική καινοτομία. Στη συνέχεια διαμορφώθηκε η ομάδα εργασίας “Industrie 4.0 Working Group” η οποία και ανέπτυξε τις πρώτες υποδείξεις για την εφαρμογή, που δημοσιεύθηκαν τον Απρίλιο του 2013 (Kagermann, et. al. 2013).



Σχήμα 2-3: Industry 4.0 και έξυπνα εργοστάσια σαν μέρος του IoT και του IoS (προσαρμογή από Kagermann, et. al. 2013)

Σύμφωνα με τους Kagermann, et. al. 2013, το Industry 4.0 επικεντρώνεται στη δημιουργία έξυπνων προϊόντων, διεργασιών και διαδικασιών. Τα έξυπνα εργοστάσια αποτελούν ένα βασικό χαρακτηριστικό του Industry 4.0. Τα έξυπνα εργοστάσια είναι ικανά στη διαχείριση της πολυπλοκότητας, είναι λιγότερο επιρρεπή σε διαταραχές και είναι σε θέση να παράγουν προϊόντα πιο αποτελεσματικά. Στο έξυπνο εργοστάσιο, άνθρωποι, μηχανές και πόροι επικοινωνούν μεταξύ τους, μέσω των δικτύων

επικοινωνίας που βασίζονται στα CPS, IoT και IoS, τόσο φυσικά, όσο μέσα σε ένα κοινωνικό δίκτυο.

Τα έξυπνα προϊόντα γνωρίζουν τις λεπτομέρειες πώς κατασκευάστηκαν και πώς προορίζονται να χρησιμοποιηθούν. Οι διεπαφές του με την έξυπνη κινητικότητα, την έξυπνη εφοδιαστική και τα έξυπνα δίκτυα θα καταστήσουν το έξυπνο εργοστάσιο βασικό στοιχείο στις αυριανές έξυπνες υποδομές. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα το μετασχηματισμό των συμβατικών αλυσίδων αξίας και την ανάδυση νέων επιχειρηματικών μοντέλων (Kagermann, *et. al.* 2013) (βλ. Σχήμα 2-3).

Το “Industry 4.0” περιλαμβάνει ταχύτατες και ανατρεπτικές αλλαγές οι οποίες περιλαμβάνουν την ψηφιακή κατασκευή, την επικοινωνία δικτύων, τις τεχνολογίες υπολογιστών και αυτοματισμού καθώς και πολλές άλλες σχετικές περιοχές οι οποίες θα αναλυθούν σε λεπτομέρεια (βλ. § Κεφάλαιο 3)

Το νέο αυτό μοντέλο βιομηχανικής παραγωγής περικλείει ένα σύνολο τεχνολογικών εξελίξεων όπως CPS, IoT, ρομποτική, μαζικά δεδομένα, κατασκευαστικό νέφος (Cloud Manufacturing), επαυξημένη πραγματικότητα, οι οποίες επηρεάζουν και θα επηρεάσουν προϊόντα και διεργασίες επιτρέποντας στις επιχειρήσεις που θα υιοθετήσουν τέτοιες τεχνολογίες βελτίωση τόσο στην παραγωγικότητά τους όσο και στην αποτελεσματικότητά τους (Χυ, *et. al.* 2018c).

Επιπλέον το “Industry 4.0” θα οδηγήσει σε σημαντικές αλλαγές στον μεταποιητικό κλάδο έχοντας σημαντική επίδραση καθ’ όλο το μήκος της αλυσίδας αξίας παρέχοντας ένα σύνολο από νέες ευκαιρίες σχετικά με τα επιχειρησιακά μοντέλα, την τεχνολογία παραγωγής δημιουργώντας παράλληλα την ανάγκη για νέες θέσεις εργασίας αλλά & νέες οργανωτικές δομές (EC, 2015).

Η γοητεία του “Industry 4.0” είναι δυτή. Πρώτον, για πρώτη φορά μία βιομηχανική επανάσταση ανακοινώνεται εκ’ των προτέρων και δεν διαπιστώνεται εκ’ των υστέρων (Drath, *et. al.* 2014), δίνοντας έτσι τη δυνατότητα τόσο στις επιχειρήσεις όσο και στα ερευνητικά ινστιτούτα να διαμορφώσουν, με έναν ενεργό τρόπο, το μέλλον. Αυτό συνίσταται στην υλοποίηση των απαραίτητων ενεργειών οι οποίες θα συντελέσουν σε ένα ψηφιακό μετασχηματισμό καθ’ όλο το μήκος την αλυσίδα αξίας.

Δεύτερον, οι επιπτώσεις αυτής της επανάστασης στη βιομηχανία, στην οικονομία, στην αγορά αναμένονται να είναι τεράστιες μια και το “Industry 4.0” μέσω των Κυβερνοφυσικών Συστημάτων (Cyber-Physical Systems, CPS) εμπλουτισμένων από το Ίντερνετ των πραγμάτων υπόσχεται σημαντική αύξηση της λειτουργικής αποτελεσματικότητας.

Επιπλέον επηρεάζεται όλος ο κύκλος ζωής του προϊόντος, παρέχοντας ένα σύνολο ευκαιριών που σχετίζονται με τη δημιουργία νέων επιχειρησιακών μοντέλων, τεχνολογιών παραγωγής αλλάζοντας παράλληλα το περιβάλλον αλλά και την αγορά εργασίας. (Pereira, *et. al.* 2017, Herman, *et. al.* 2016).

Το Industry 4.0 τα τελευταία χρόνια έχει γίνει πρώτη προτεραιότητα για πολλά ερευνητικά κέντρα, πανεπιστήμια και εταιρείες καθιστώντας όμως την έννοια του όρου αρκετά ασαφή. Ακόμα και οι υποστηρικτές της ιδέας, “Industrie 4.0 Working Group” και “Plattform Industrie 4.0”, περιγράφουν μόνο το όραμά τους, τις βασικές τεχνολογίες στις οποίες στοχεύει η ιδέα καθώς και μία σειρά επιλεγμένων σεναρίων εφαρμογής, αλλά όχι έναν ξεκάθαρο ορισμό (Herman, *et. al.* 2016).

2.2.1 Ορισμοί από Ακαδημαϊκούς

Στο χώρο των Ακαδημαϊκών οι ορισμοί ποικίλουν ανάλογα με το ερευνητικό πεδίο εξειδίκευσής τους. Έτσι οι Kagerman, *et. al.* 2013, ορίζουν το “Industry 4.0” ως «ένα νέο επίπεδο οργάνωσης και διαχείρισης της αλυσίδας αξίας σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής των προϊόντων». Το κύριο γνώρισμα της έννοιας αυτής είναι ότι χαρακτηρίζεται από μία ολοκλήρωση σε τρεις διαστάσεις (Kagerman, *et. al.* 2013): (1) οριζόντια ολοκλήρωση μέσω δικτύων της αλυσίδας αξίας, (2) κάθετη ολοκλήρωση και δικτυωμένα συστήματα παραγωγής και (3) ψηφιακή ολοκλήρωση καθ’ όλο το μήκος της αλυσίδας αξίας.

Η οριζόντια ολοκλήρωση μέσω δικτύων της αλυσίδας αξίας αναφέρεται στην ενσωμάτωση διαφόρων πληροφοριακών συστημάτων, διαδικασιών, πόρων και πληροφοριακών ροών όχι μόνο εντός ενός οργανισμού αλλά και μεταξύ άλλων οργανισμών. Η κάθετη ολοκλήρωση και τα δικτυακά συστήματα παραγωγής αφορούν την ενσωμάτωση των στοιχείων αυτών μεταξύ των τμημάτων και των ιεραρχικών επιπέδων ενός οργανισμού, από την ανάπτυξη προϊόντων έως την παραγωγή, την εφοδιαστική και τις πωλήσεις. Ο σκοπός αυτών των δύο τύπων ολοκλήρωσης είναι η παροχή μίας λύσης για όλο το μήκος της αλυσίδας αξίας. Με αυτόν τον τρόπο διευκολύνεται η εξατομίκευση του προϊόντος ενώ παράλληλα μειώνεται το λειτουργικό κόστος. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της χρήσης CPS τα οποία έχουν σαν στόχο την ψηφιακή ολοκλήρωση ολόκληρης της αλυσίδας αξίας (Kagerman, *et. al.* 2013).

Oesterreich, *et. al.* 2016, δηλώνουν ότι από τεχνολογικής σκοπιάς το Industry 4.0 ορίζεται από την αυξανόμενη ψηφιοποίηση και αυτοματοποίηση του κατασκευαστικού περιβάλλοντος, καθώς επίσης και από τη δημιουργία μιας ψηφιακής αλυσίδας αξίας, πράγμα το οποίο επιτρέπει την επικοινωνία μεταξύ προϊόντων, περιβάλλοντος και επιχειρηματικών εταίρων.

Από την άλλη Weyer, *et. al.* 2015, δηλώνουν ότι το νέο αυτό βιομηχανικό μοντέλο εκμεταλλεύεται το γεγονός ότι τα εργοστάσια εξελίσσονται σε ένα ευφυές περιβάλλον στο οποίο ο πραγματικός με τον εικονικό κόσμο έρχονται κοντά μέσω της χρήσης CPS συστημάτων, διατάξεων ολοκληρωμένων, μηχανών, υπο-συγκροτήματων παραγωγής, προϊόντων, ενεργοποιώντας λειτουργίες και ελέγχοντας το ένα το άλλο αυτόνομα. Ωστόσο οι συγγραφείς κατηγοριοποιούν τις βασικές πτυχές του Industry 4.0 σε τρία κύρια μοντέλα: (1) Έξυπνο³ προϊόν, (2) Έξυπνη μηχανή/εργοστάσιο⁴, (3) Επαυξημένος Χειριστής.

Το πρώτο μοντέλο αφορά την εμφάνιση νέων απαιτήσεων της αγοράς για την ανάπτυξη έξυπνων προϊόντων. Τα προϊόντα αυτά είναι σε θέση να αποθηκεύουν μεγάλο όγκο δεδομένων και να αλληλοεπιδρούν με το περιβάλλον τους, αναγνωρίζοντας την κατάστασή τους και επικοινωνώντας αυτόνομα με τα βιομηχανικά συστήματα. Επιπλέον, είναι σε θέση να παρέχουν πληροφορίες σχετικά με την κατάστασή τους καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής τους και σε πραγματικό χρόνο απαιτώντας τους απαραίτητους πόρους για την ολοκλήρωσή τους (Pereira, *et. al.* 2017, Kagermann, *et. al.* 2013).

Το δεύτερο μοντέλο το οποίο και σχετίζεται άμεσα με το έξυπνο εργοστάσιο αφορά το γεγονός ότι στο περιβάλλον του Industry 4.0 τα μηχανήματα γίνονται τα ίδια συστήματα CPS το οποίο υποδηλώνει συστήματα παραγωγής με δυνατότητα αυτό-οργάνωσης, διασυνδεδεμένα εξαρτήματα, διατάξεις, υπο-συγκροτήματα παραγωγής και προϊόντα. Το έξυπνο εργοστάσιο γίνεται πλέον πιο ευφυές, και δυναμικά ευέλικτο και οι έξυπνες μηχανές είναι σε θέση να βελτιώνουν τις παραγωγικές διεργασίες μέσω μίας αυτόνομης διαδικασίας βελτιστοποίησης και λήψης αποφάσεων ((Pereira, *et. al.* 2017, Hozdić, E. 2015, Kagermann, *et. al.* 2013).

Το τελευταίο μοντέλο του επαυξημένου χειριστή σχετίζεται με την τεχνολογική υποστήριξη του εργαζομένου στο βιομηχανικό περιβάλλον, το οποίο αποτελεί μία πρόκληση γι' αυτόν μια και πρέπει να αντιμετωπίσει μία πληθώρα από νέα καθήκοντα (Weyer, *et. al.* 2015). Το Industry 4.0 εισάγει νέους τύπους αλληλοεπίδρασης μεταξύ χειριστή και μηχανών. Σ' αυτό θα πρέπει να συνυπολογίσουμε τη συνύπαρξη μεταξύ ανθρώπου και ρομπότ, κάτι το οποίο θα αλλάξει πλήρως το υπάρχων βιομηχανικό

³ Ο όρος «έξυπνο» είναι βασικός στο πλαίσιο του Industry 4.0 και χρησιμοποιείται για να υποδηλώσει ανεξάρτητες και αυτόνομες συσκευές οι οποίες είναι ικανές να επικοινωνούν σε πραγματικό χρόνο και να συνεργάζονται σε ένα έξυπνο περιβάλλον με άλλες έξυπνες συσκευές λαμβάνοντας αποφάσεις και πραγματοποιώντας ενέργειες οι οποίες βασίζονται στη λαμβανόμενη πληροφορία (Radziwon, *et. al.* 2014)

⁴ Το «έξυπνο εργοστάσιο» (Hozdić, 2015) αποτελεί ένα μοντέλο παραγωγής το οποίο παρέχει ευελιξία και προσαρμοστικότητα στις παραγωγικές διεργασίες, σε τέτοιο βαθμό ο οποίος επιτρέπει την επίλυση προβλημάτων με ένα δυναμικό τρόπο τη στιγμή που εμφανίζονται. (Hozdić, 2015)

εργατικό δυναμικό, προκειμένου να αντιμετωπίσει τις μεταβαλλόμενες απαιτήσεις καθώς και την ανάγκη για αυξημένη μεταβλητότητα της παραγωγής (Romero, *et. al.* 2016).

Posada *et. al.* 2015, συνοψίζει και διαρθρώνει τις καίριες πτυχές που σχετίζονται με το Industry 4.0 και οι οποίες είναι: (1) μαζική εξατομίκευση προϊόντων η οποία ενεργοποιείται με τη χρήση των τεχνολογιών πληροφορικής, (2) αυτόματη και ευέλικτη προσαρμογή των συστημάτων παραγωγής κάτω από μεταβαλλόμενες απαιτήσεις, (3) ιχνηλασιμότητα και αυτεπίγνωση εξαρτημάτων αλλά και προϊόντων καθώς και η ικανότητά τους να επικοινωνούν μέσα στο περιβάλλον τους, (4) βελτιωμένη διεπιφάνεια μεταξύ ανθρώπου μηχανής, συνύπαρξη με ρομπότ και η εμφάνιση νέων τρόπων αλληλοεπίδρασης και λειτουργίας, (5) η επικοινωνία στο πλαίσιο του έξυπνου εργοστασίου και η βελτιστοποίηση της παραγωγής υποστηριζόμενη από το Ίντερνετ των πραγμάτων, (6) τέλος η εμφάνιση νέων υπηρεσιών και επιχειρησιακών μοντέλων που επηρεάζουν όλη την αλυσίδα αξίας (Pereira, *et. al.* 2017).

Πιο συνοπτικά, Foidl, *et. al.* 2016, διατυπώνουν ότι το Industry 4.0, εμπεριέχει μία τεράστια δυναμική, έχοντας αντίκτυπο σε ολόκληρη την αλυσίδα αξίας, μέσω της βελτιστοποίησης των διαδικασιών παραγωγής, των αναβαθμισμένων ποιοτικά προϊόντων, της ενίσχυσης σχέσεων μεταξύ όλων των ενδιαφερομένων μερών, προσφέροντας νέα επιχειρηματικά μοντέλα και νέους τρόπους λειτουργίας.

Τέλος σύμφωνα με τους Herman, *et. al.* 2016, η έννοια του Industry 4.0 γίνεται αντιληπτή σαν ένα συνδυαστικό όρο για τεχνολογίες και έννοιες οι οποίες περικλείουν όλη την αλυσίδα αξίας ενός οργανισμού. Η θεωρία των Herman, *et. al.* 2016 δίνει έμφαση στο όραμα για ένα έξυπνο εργοστάσιο και στην ολοκλήρωση μεταξύ των στοιχείων του, καθ' όλη την αλυσίδα αξίας μέσω της χρήσης τεσσάρων θεμελιωδών συστατικών: (1) CPS, (2) IoT, (3) IoS, and (4) Smart Factory. Έτσι λοιπόν στο περιβάλλον του "Industry 4.0" τα έξυπνα εργοστάσια είναι οργανωμένα με μία σπονδυλωτή διάρθρωση, κατά την οποία οι διεργασίες τους ελέγχονται και εποπτεύονται από τα CPS, τα οποία δημιουργώντας ένα εικονικό αντίγραφο του πραγματικού κόσμου παίρνουν αποκεντρωμένες αποφάσεις (δηλ. δεν ελέγχονται από κεντρικό σύστημα παρά μόνο στις περιπτώσεις αστοχίας τους, Herman, *et. al.* 2016). Μέσω του IoT, τα CPS επικοινωνούν και συνεργάζονται μεταξύ τους αλλά και με τους ανθρώπους σε πραγματικό χρόνο. Μέσω του IoS τόσο οι εσωτερικές όσο και οι δια-οργανωσιακές υπηρεσίες προσφέρονται και αξιοποιούνται από τους συμμετέχοντες στην αλυσίδα αξίας (Herman, *et. al.* 2016).

2.2.2 Ορισμοί από Εταιρίες, Εμπορικούς – Βιομηχανικούς Κλάδους

Σύμφωνα με το BDI (Federation of German Industries), το “Industry 4.0” αναφέρεται στην τέταρτη βιομηχανική επανάσταση. Μετά τη μηχανοποίηση, “Industry 1.0”, τη μαζική παραγωγή, “Industry 2.0” και την αυτοματοποίηση, “Industry 3.0”, τώρα το «Ίντερνετ των Πραγμάτων και των Υπηρεσιών» γίνεται αναπόσπαστο μέρος της κατασκευής. Οι τεχνολογίες του “Industry 4.0” έχουν τη δυνατότητα να δημιουργήσουν εξαιρετικές ευκαιρίες ανάπτυξης και ανταγωνιστικό πλεονεκτήματα για τη Γερμανία ως επιχειρηματική τοποθεσία. Οι ειδικοί προβλέπουν ότι οι επιχειρήσεις θα είναι σε θέση να αυξήσουν την παραγωγικότητά τους κατά 30% χρησιμοποιώντας το “Industry 4.0” (BDI, 2016).

Σύμφωνα με το “Germany Trade & Invest” (GTAI, 2014): «Η έξυπνη βιομηχανία ή το “Industry 4.0” αναφέρεται στην τεχνολογική εξέλιξη από τα ενσωματωμένα συστήματα στα κυβερνο-φυσικά συστήματα. Το “Industry 4.0” αντιπροσωπεύει την επερχόμενη 4^η βιομηχανική επανάσταση στο δρόμο για ένα «Ίντερνετ των Πραγμάτων, των Δεδομένων και των Υπηρεσιών». Η αποκεντρωμένη νοημοσύνη συμβάλλει στη δημιουργία ενός έξυπνου δικτύου αντικειμένων καθώς και στην ανεξάρτητη διαχείριση διεργασιών, μέσω της αλληλεπίδρασης του πραγματικού και του εικονικού κόσμου, κάτι που αντιπροσωπεύει μια νέα κρίσιμη πτυχή στη διαδικασία της βιομηχανικής παραγωγής.

Το “Industry 4.0” αντιπροσωπεύει μια μεταστροφή του μοντέλου παραγωγής από την «κεντρική» στην «αποκεντρωμένη» παραγωγή. Αυτό σημαίνει ότι τα μηχανήματα βιομηχανικής παραγωγής δεν «επεξεργάζονται» απλά το προϊόν, αλλά ότι το προϊόν επικοινωνεί με το εκάστοτε μηχάνημα για να του πει ακριβώς τι πρέπει να κάνει. Το “Industry 4.0” συνδέει τις τεχνολογίες παραγωγής ενσωματωμένου συστήματος και τις έξυπνες παραγωγικές διαδικασίες για να προετοιμάσει το δρόμο για μια νέα τεχνολογική εποχή που θα μετασηματίσει ριζικά τη βιομηχανική αλυσίδα παραγωγής και τα επιχειρηματικά μοντέλα (π.χ. “έξυπνο εργοστάσιο”) (GTAI, 2014).

Σύμφωνα με τη McKinsey: ως “Industry 4.0” θεωρείται η ψηφιοποίηση του μεταποιητικού τομέα, με ενσωματωμένους αισθητήρες σχεδόν σε όλα τα εξαρτήματα ενός προϊόντος και στο μηχανολογικό εξοπλισμό, με πανταχού παρόντα CPS συστήματα και ανάλυση όλων των σχετικών δεδομένων. (McKinsey Digital, 2015).

Σύμφωνα με τη BCG η άνοδος της νέας ψηφιακής βιομηχανικής τεχνολογίας, γνωστή ως “Industry 4.0”, αποτελεί ένα μετασχηματισμό που καθιστά δυνατή τη συλλογή και ανάλυση δεδομένων στις μηχανές, επιτρέποντας ταχύτερες, πιο ευέλικτες και αποτελεσματικότερες διαδικασίες παραγωγής αγαθών, υψηλότερης ποιότητας με

μειωμένο κόστος. Αυτή η επανάσταση στην κατασκευή θα αυξήσει την παραγωγικότητα, θα εξελίξει την οικονομία, θα προωθήσει τη βιομηχανική ανάπτυξη και θα τροποποιήσει το προφίλ του εργατικού δυναμικού - μεταβάλλοντας τελικά την ανταγωνιστικότητα των επιχειρήσεων και των περιφερειών (BCG, 2015).

Σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο: το “Industry 4.0” είναι ένας όρος που εφαρμόζεται σε μια ομάδα ταχέων μετασχηματισμών στο σχεδιασμό, την κατασκευή, τη λειτουργία και την εξυπηρέτηση των βιομηχανικών συστημάτων και προϊόντων. Η ονομασία 4.0 δηλώνει ότι αυτή είναι η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση στον κόσμο, ο διάδοχος σε τρεις προηγούμενες βιομηχανικές επαναστάσεις που προκάλεσαν τεράστια άλματα στην παραγωγικότητα και άλλαξαν τη ζωή των ανθρώπων σε όλο τον κόσμο» (European Parliament, 2015).

Σύμφωνα με την PwC, 2016, το “Industry 4.0” επικεντρώνεται στην από άκρη σε άκρη ψηφιοποίηση του συνόλου των απτών παγίων, και στην ολοκλήρωση σε ένα ψηφιακό οικοσύστημα⁵ με όλους τους συνεργάτες της αλυσίδας αξίας.

Σύμφωνα με τη Deloitte, 2015, ο όρος Industry 4.0 αναφέρεται σε ένα περαιτέρω στάδιο εξέλιξης στην οργάνωση και διαχείριση καθ’ όλη τη διεργασία αλυσίδας αξίας στη μεταποιητική βιομηχανία.

Σύμφωνα με το World Economic Forum (Schwab, 2016) η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση δεν αφορά μόνο «έξυπνες» και συνδεδεμένες μηχανές μεταξύ τους. Το πεδίο εφαρμογής της είναι πολύ μεγαλύτερο. Το Industry 4.0 βασίζεται πάνω στην ψηφιακή, στους αλγόριθμους, στο Ίντερνετ των Πραγμάτων, στα Μαζικά Δεδομένα, στην ανάλυσή τους σε πραγματικό χρόνο, και ενώνει όλες τις τεχνολογίες, ρομποτική, τεχνητή νοημοσύνη, γενετική, βιοτεχνολογία, μοριακή βιολογία, νανοτεχνολογία, τρισδιάστατη εκτύπωση, οι οποίες αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους, κάνοντας δυσδιάκριτα τα όρια ανάμεσα σε φυσικό, ψηφιακό, βιολογικό κόσμο.

Από το σύνολο των παραπάνω ορισμών τόσο από πλευράς ακαδημαϊκών όσο και από πλευράς εταιριών, εμπορικών και βιομηχανικών φορέων θα μπορούσαμε να

⁵ Ένα ψηφιακό οικοσύστημα είναι μια αλληλένδετη ομάδα επιχειρήσεων, ανθρώπων ή / και αντικειμένων που έχουν κοινές τυποποιημένες ψηφιακές πλατφόρμες για έναν αμοιβαία επωφελή σκοπό, όπως το εμπορικό κέρδος, την καινοτομία ή το κοινό συμφέρον. Τα ψηφιακά οικοσυστήματα επιτρέπουν την αλληλεπίδραση με πελάτες, συνεργάτες, παρακείμενες βιομηχανίες, ακόμα και με τον ανταγωνισμό (Gartner, 2017).

Σύμφωνα με το WEF, 2015 το ψηφιακό ή συνδεδεμένο οικοσύστημα, είναι ένα διανεμημένο, προσαρμοστικό, ανοιχτό κοινωνικο-τεχνικό σύστημα με ιδιότητες αυτο-οργάνωσης, επεκτασιμότητα και βιωσιμότητα εμπνευσμένη από το φυσικό οικοσυστήματα. Τα μοντέλα ψηφιακών οικοσυστημάτων ενημερώνονται από το γνώση των φυσικών οικοσυστημάτων, ιδίως όσον αφορά τις πτυχές που σχετίζονται με τον ανταγωνισμό και τη συνεργασία μεταξύ διαφορετικών οντοτήτων.

συνοψίσουμε ότι το Industry 4.0 είναι ένας όρος που αναφέρεται στην 4^η Βιομηχανική επανάσταση η οποία περιλαμβάνει ένα δίκτυο προϊόντων, διεργασιών και υποδομών που αλληλοεπιδρούν, σε πραγματικό χρόνο, μέσω του Ίντερνετ για λόγους μέγιστης ευελιξίας και παραγωγικότητας. Η ψηφιακή δικτύωση επιτυγχάνεται εφαρμόζοντας τις αρχές των Κυβερνο-Φυσικών Συστημάτων (CPS), και ένα σύνολο από επαναστατικές ψηφιακές τεχνολογίες επιτρέπουν την ικανοποίηση εξατομικευμένων απαιτήσεων από τους πελάτες. Επιπλέον η σύζευξη μεταξύ ενσωματωμένων συστημάτων και έξυπνων διεργασιών παραγωγής στοχεύει στη δημιουργία ενός ψηφιακού οικοσυστήματος το οποίο πρόκειται να προκαλέσει ένα ριζικό μετασχηματισμό στη βιομηχανία, στην παραγωγική αλυσίδα αξίας και στα επιχειρησιακά μοντέλα (Schuh, *et. al.*, 2018).

2.3 Σχεδιαστικές αρχές Industry 4.0

Από την πληθώρα των ορισμών που έχουμε παραθέσει παραπάνω τόσο σε επίπεδο ακαδημαϊκών, όσο και σε επίπεδο συμβουλευτικών εταιριών καθιστάτε σαφές ότι οι εταιρίες αδυνατούν να προσδιορίσουν αλλά και να εφαρμόσουν τα απαραίτητα σενάρια για την υλοποίηση του Industry 4.0. Στο πλαίσιο αυτό οι Herman, *et. al.* 2016, Qin, *et. al.* 2016, προτείνουν έξι σχεδιαστικές αρχές αναγκαίες για τον καθορισμό των απαραίτητων πιλοτικών εφαρμογών στα πλαίσια του Industry 4.0. Αυτές οι σχεδιαστικές αρχές δίνουν τη δυνατότητα στους κατασκευαστές να προβλέψουν την πρόοδο προσαρμογής τους στο Industry 4.0 καθώς και τους τομείς, βάσει των αναγκών της επιχείρησής τους, που πρέπει να εστιάσουν προκειμένου να αναπτύξουν τις κατάλληλες διαδικασίες και λύσεις που απαιτούνται για τη μετάβαση στο Industry 4.0.

Οι σχεδιαστικές αρχές που καθορίζουν την εννοιολογική διατύπωση και υλοποίηση του Industry 4.0 είναι: διαλειτουργικότητα (interoperability), εικονικοποίηση (virtualization), αποκεντροποίηση (decentralization), δυνατότητα σε πραγματικό χρόνο (real time capability), προσανατολισμός στην υπηρεσία (service orientation), δομοστοιχειοθέτηση (modularity) και οι οποίες αναλύονται στη συνέχεια

2.3.1 Διαλειτουργικότητα (Interoperability)

Η διαλειτουργικότητα είναι «η ικανότητα των δύο συστημάτων να κατανοούν το ένα το άλλο και να χρησιμοποιεί το ένα τη λειτουργικότητα του άλλου» (Chen, *et. al.* 2008). Αντιπροσωπεύει την ικανότητα δύο συστημάτων να ανταλλάσσουν δεδομένα και να μοιράζονται πληροφορίες και γνώσεις. Η διαλειτουργικότητα του Industry 4.0 θα συνθέσει τα συστατικά του λογισμικού, τις λύσεις εφαρμογής, τις επιχειρηματικές

διαδικασίες και το επιχειρηματικό πλαίσιο σε όλη τη διαφοροποιημένη, ετερογενή και αυτόνομη διαδικασία (Lu, 2017).

Είναι η ικανότητα όλων των συστατικών μερών όπως ανθρώπινοι πόροι, έξυπνα προϊόντα, έξυπνα εργοστάσια και οποιοσδήποτε σχετικές τεχνολογίες για τη μεταξύ τους σύνδεση, επικοινωνία και λειτουργία μέσω του IoT, IoServices, Internet of People (Herman, *et. al.* 2016). Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η διαλειτουργικότητα διαφέρει από την τυποποίηση δεδομένων, μια και σχετίζεται με την έννοια των δεδομένων και τον τρόπο με τον οποίο τα διαφορετικά στοιχεία ενός συστήματος μπορούν να επικοινωνούν και να κατανοούν την έννοια των δεδομένων και να λαμβάνουν μια απόφαση που στηρίζεται σε αυτά προς χάρη της ευελιξίας (Ghobakhloo, 2018).

2.3.2 Εικονικοποίηση (Virtualization)

Η εικονικοποίηση σημαίνει ότι τα CPS είναι σε θέση να παρακολουθούν τις φυσικές διαδικασίες. Τα δεδομένα τα οποία λαμβάνονται από τους αισθητήρες που είναι τοποθετημένοι στα φυσικά αντικείμενα των εγκαταστάσεων συνδέονται με τα εικονικά μοντέλα τους καθώς και με τα μοντέλα προσομοίωσης. Έτσι δημιουργείται ένα εικονικό αντίγραφο του φυσικού κόσμου (Herman, *et. al.* 2016) το επονομαζόμενο «ψηφιακό δίδυμο» (digital twin) (Moreno, *et. al.*, 2017).

Έτσι, για παράδειγμα, το ψηφιακό δίδυμο του έξυπνου εργοστασίου, θα επέτρεπε στους μηχανικούς διεργασιών και στους σχεδιαστές να βελτιώσουν τις υφιστάμενες διαδικασίες ή να βελτιστοποιήσουν τη λειτουργικότητα των γραμμών παραγωγής με πλήρη απομόνωση, χωρίς να διαταράξουν τις φυσικές διαδικασίες στο έξυπνο εργοστάσιο που έχουν εικονικοποιήσει (Gilchrist, 2016).

Εναλλακτικά, το ψηφιακό δίδυμο ενός έξυπνου προϊόντος θα επέτρεπε στους κατασκευαστές να έχουν ένα πλήρες ψηφιακό αποτύπωμα των υφιστάμενων ή νέων προϊόντων καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής τους, από το σχεδιασμό και την ανάπτυξη μέχρι την ανακύκλωσή τους. Αυτό όχι μόνο θα επέτρεπε την καλύτερη κατανόηση των επιδόσεων του προϊόντος στο στάδιο χρήσης του, αλλά θα επέτρεπε επίσης στις εταιρείες να αξιολογούν ουσιαστικά το σύστημα που κατασκευάζει το προϊόν (Tao, *et. al.* 2018).

2.3.3 Αποκεντροποίηση (Decentralization)

Η αυξανόμενη ζήτηση για εξατομικευμένα προϊόντα καθιστά όλο και πιο δύσκολο τον κεντρικό έλεγχο των συστημάτων. Η αποκεντροποίηση επιτρέπει σε διαφορετικά στοιχεία του έξυπνου εργοστασίου να εργάζονται ανεξάρτητα και να λαμβάνουν αποφάσεις αυτόνομα κατά τρόπο που να παραμένουν ευθυγραμμισμένα προς τον τελικό οργανωτικό στόχο (Gilchrist, 2016). Οι ενσωματωμένοι υπολογιστές επιτρέπουν στα CPS να λαμβάνουν αποφάσεις αυτόνομα. Μόνο σε περιπτώσεις αστοχίας οι εργασίες εκχωρούνται σε υψηλότερο επίπεδο (Herman, *et. al.* 2016).

Οι εταιρείες επωφελούνται από την αποκέντρωση χάρη στον απλουστευμένο προγραμματισμό και συντονισμό των διαφορετικών διαδικασιών. Για παράδειγμα, ο συγχρονισμός ενός έξυπνου κουτιού, που ελέγχει αυτόματα τον αριθμό των εξαρτημάτων που περιέχει, με τα στοιχεία μιας έξυπνης αποθήκης (π.χ. αυτοκινούμενα οχήματα ή ρομπότ με ετικέτες RFID) μπορούν να μειώσουν σημαντικά την πολυπλοκότητα του κεντρικού σχεδιασμού παρέχοντας την ελευθερία λήψης αποφάσεων (Ghobakhloo, 2018).

2.3.4 Δυνατότητα σε πραγματικό χρόνο (Real time capability)

Το Industry 4.0 επικεντρώνεται, εν γένει, σε δεδομένα τα οποία συλλέγονται αθροιστικά, σε πραγματικό χρόνο, κατά μήκος μίας σειράς διαστάσεων, όπως η έξυπνη αποθήκη, το έξυπνο εργοστάσιο, το έξυπνο προϊόν και οι έξυπνοι επιχειρηματικοί εταίροι. Πράγμα που σημαίνει ότι η δυνατότητα σε πραγματικό χρόνο υποστηρίζεται σε βάθος μέσω του Internet of Everything.

Η δυνατότητα σε πραγματικό χρόνο δεν αφορά μόνο τη συλλογή δεδομένων, αλλά περιλαμβάνει την ανάλυση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, τη λήψη αποφάσεων σε πραγματικό χρόνο σύμφωνα με τα νέα ευρήματα (Ghobakhloo, 2018), ακόμη και την ανίχνευση σε πραγματικό χρόνο κυβερνοεπιθέσεων.

2.3.5 Προσανατολισμός στην υπηρεσία (service orientation)

Ο προσανατολισμός στη υπηρεσία, στο πλαίσιο του Industry 4.0, αφορά κυρίως τις έννοιες της Κατασκευής ως Υπηρεσίας (Manufacturing as a Service) και του προϊόντος ως υπηρεσία (Product as a Service). Το επιχειρηματικό μοντέλο MaaS αναφέρεται στη συλλογική χρήση μιας δικτυωμένης υποδομής παραγωγής για την παραγωγή αγαθών. Η διασύνδεση μεταξύ των κατασκευαστών και η εκτεταμένη χρήση του IoT και του υπολογιστικού νέφους προσφέρουν ένα νέο οικοσύστημα παραγωγής, επιτρέποντας

στις επιχειρήσεις να γνωστοποιούν αυτόματα τις κατασκευαστικές ανάγκες τους και τις παραγωγικές τους δυνατότητες. Σε αυτό το περιβάλλον, σύνθετες εργασίες κατασκευής μπορούν να υλοποιηθούν σε συνεργασία από διάφορες υπηρεσίες κατασκευής από διαφορετικές εταιρείες. Αυτό σημαίνει, ότι αντί για το φυσικό προϊόν, η παραγωγική ικανότητα των κατασκευαστών μπορεί να θεωρηθεί ως το κύριο αγαθό (Tao & Qi, 2019).

Στο επιχειρηματικό μοντέλο PaaS, τα προϊόντα παρέχονται ως υπηρεσία ή εικονικοποιημένη εμπειρία, και αντί μια εκ' των προτέρων πληρωμή, οι πελάτες εγγράφονται στο προϊόν και καταβάλλουν ένα επαναλαμβανόμενο αντίτιμο ανάλογα με τη διάρκεια χρήσης του προϊόντος. Αυτό το επιχειρηματικό μοντέλο ενεργοποιείται ιδιαίτερα από τις τεχνολογίες IoT που μπορούν να ενσωματωθούν στα προϊόντα (π.χ. αγαθά, λογισμικό και υποδομή) για να παρακολουθούν πότε και πώς χρησιμοποιούνται.

2.3.6 Δομοστοιχειοθέτηση (modularity)

Η δομοστοιχειοθέτηση επιτρέπει την κατασκευή «αρθρωτών» συστημάτων παραγωγής τα οποία είναι σε θέση να προσαρμόζονται ευέλικτα στις μεταβαλλόμενες απαιτήσεις με αντικατάσταση ή επέκταση των επιμέρους ενοτήτων τους. Επομένως, τα συστήματα αυτά μπορούν εύκολα να ρυθμιστούν σε περίπτωση εποχιακών διακυμάνσεων ή μεταβαλλόμενων χαρακτηριστικών του προϊόντος (Herman, *et. al.* 2016).

Βιβλιογραφία Κεφαλαίου 2

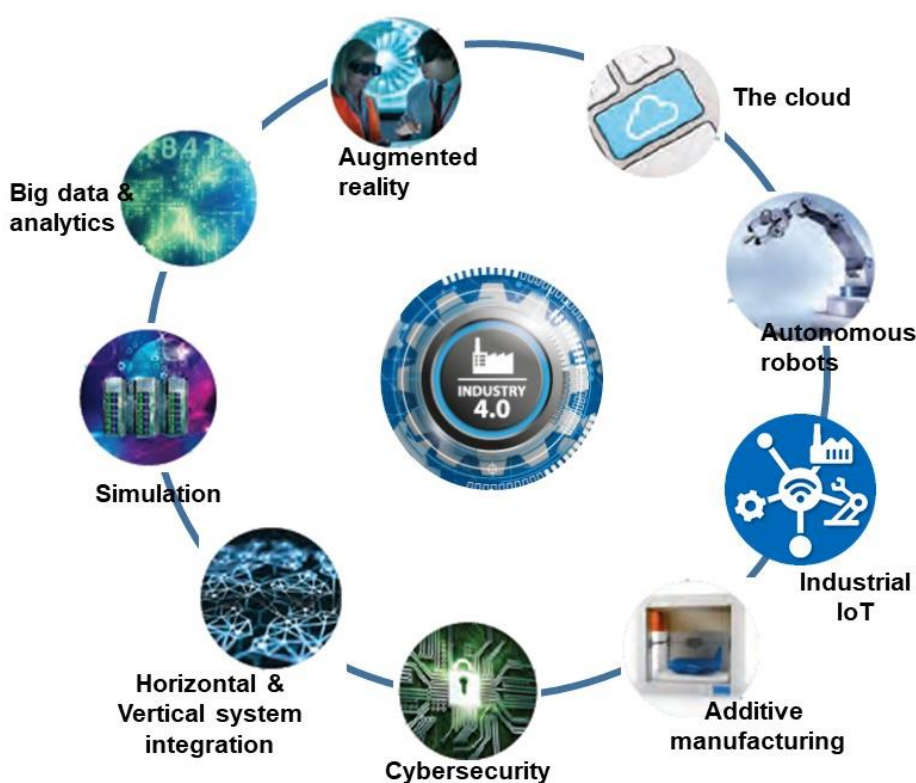
- Chen, D, Doumeingts, G., Vernadat, F., (2008), Architectures for enterprise integration and interoperability: past, present and future, *Computers in Industry* 59 (7) 647–659.
- Drath, R., Hoch, A., (2014), Industrie 4.0 – hit or hype? *IEEE Industrial Electronics Magazine*, 8(2), 56-58
- Foidl, H. Felderer, M. (2016), Research Challenges of Industry 4.0 for Quality Management, *Innovations in Enterprise Information Systems Management and Engineering*, Springer, 121–137
- Ghobakhloo, M., (2018), The future of manufacturing industry: a strategic roadmap toward Industry 4.0, *Journal of Manufacturing Technology Management* 29 (6) 910-936
- Gilchrist, A. (2016), *Industry 4.0: The Industrial Internet of Things*, Springer, Heidelberg
- Goerziga, D. Bauernhansla, T. (2018), Enterprise architectures for the digital transformation in small and medium-sized enterprises, *Procedia CIRP* 67 (2018) 540-545
- Hermann, M. Pentek, T., Otto B, (2016), Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios, *Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, 3928–3937
- Hozdić, E. (2015), Smart Factory for Industry 4.0: a review, *International Journal of Modern Manufacturing Technologies* ISSN 2067–3604, Vol. VII, No. 1
- Hu, J. (2013), Evolving Paradigms of Manufacturing: From Mass Production to Mass Customization and Personalization, *Procedia CIRP* 7, 3-8
- Kagermann, H., W. D. Lukas, and W. Wahlster (2011), Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution, *VDI nachrichten*, 13, 2
- Kagermann, H., W. Wahlster, and J. Helbig (2013), Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0: Final Report of the Industrie 4.0 Working Group.” Acatech-National Academy of Science and Engineering, Germany
- Koren, Y., (2010). *The Global Manufacturing Revolution: Product-Process-Business Integration and Reconfigurable Systems*, John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, New Jersey
- Lu, Y. (2017), Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues, *Journal of Industrial Information Integration* 6 1-10
- Moreno, A., Velez, G., Ardanza, A., Barandiaran, I., de Infante, Á.R. and Chopitea, R. (2017), Virtualisation process of a sheet metal punching machine within the Industry 4.0 vision, *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*, 11 (2), 365-373
- Oesterreich, T. D., Teuteberg, F. (2016), Understanding the implications of digitisation and automation in the context of Industry 4.0: A triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry, *Computers in Industry* 83, 121–139
- Pereira, A.C., Romero, F. (2017), A review of the meanings and the implications of the Industry 4.0 concept, *Procedia Manufacturing* 13 1206-1214
- Posada, J. Toro, C. Barandiaran, I., Oyarzun, D, Stricker (2015), Visual Computing as a Key Enabling Technology for Industrie 4.0 and Industrial Internet, *IEEE Comput. Graph. Appl.* 35(2) 2015 26–40

- Qin, J., Liu, Y., Grosvenora, R., (2016), A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and Beyond, *Procedia CIRP* 52 (2016) 173 – 178
- Romero, D., Bernus, P., Noran, O., Stahre, J., Berglund. Å., (2016), The Operator 4.0: Human Cyber-Physical Systems & Adaptive Automation towards Human-Automation Symbiosis Work Systems. *Advances in Production Management Systems. Initiatives for a Sustainable World* 677-686
- Schuh, G., Kelzenberg, C., Wiese, J., Stracke, F., (2018), Industry 4.0 implementation framework for the producing industry. *Journal of Advances in Technology and Engineering Research* 4(2): 79-90
- Schwab, K., (2016). The Fourth Industrial Revolution, WEF, Cologny/Geneva
- Tao, F., Cheng, J., Qi, Q., Zhang, M., Zhang, H. and Sui, F. (2018), Digital twin-driven product design, manufacturing and service with big data, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 94 (9-12) 3563-3576
- Tao, F. and Qi, Q. (2019), New IT driven service-oriented smart manufacturing: framework and characteristics, *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems* 49 (1) 81-91
- Wang, S., Wan, J., Li, D., & Zhang, C. (2016), Implementing smart factory of industrie 4.0: an outlook. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 12(1), 3159805
- Weyer, S. Schmitt, M. Ohmer, M. and Gorecky, D. (2015), Towards Industry 4.0 - Standardization as the crucial challenge for highly modular, multi-vendor production systems, *IFAC-PapersOnLine* 48(3) 579–584
- Xu, L., Xu, E., Li, L. (2018b), Industry 4.0: state of the art and future trends, *International Journal of Production Research*, 56:8, 2941-2962
- Xu, M. David, J. Kim, S. (2018c), The Fourth Industrial Revolution: Opportunities & Challenges, *International Journal of Financial Research* 9(2), 90-95
- Yin, Y., Stecke, K., Li, D. (2018), The evolution of production systems from Industry 2.0 through Industry 4.0, *International Journal of Production Research*, 56 (1–2), 848–861
- BCG, (2015) Industry 4.0 The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries [Πρόσβαση 20 Οκτωβρίου 2018], https://www.bcg.com/publications/2015/engineered_products_project_business_industry_4_future_productivity_growth_manufacturing_industries.aspx
- BDI, (2016). What is Industry 4.0? [Πρόσβαση 18 Σεπτεμβρίου 2018], <https://english.bdi.eu/article/news/what-is-industry-40/>
- CLEVERISM, (2017) Industry 4.0: Definition, Design Principles, Challenges and the Future of Employment [Πρόσβαση 10 Οκτωβρίου 2018], <https://www.cleverism.com/industry-4-0/>
- Delloite, (2015) Industry 4.0 Challenges and Solutions for the digital transformation and use of exponential technologies [Πρόσβαση 22 Σεπτεμβρίου 2018], <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ch/Documents/manufacturing/ch-en-manufacturing-industry-4-0-24102014.pdf>
- DFKI, (2016) Industrie 4.0: Cyber-Physical Production Systems for Mass Customizations [Πρόσβαση 30 Οκτωβρίου 2017], http://www.dfki.de/wwdata/German-Czech_Workshop_on_Industrie_4.0_Prague_11_04_16/Industrie_4_0_Cyber-Physical_Production_Systems_for_Mass_Customizations.pdf

- Gartner, (2017) Seize the Digital Ecosystem Opportunity [Πρόσβαση 25 Οκτωβρίου 2018],
https://www.gartner.com/imagesrv/cio/pdf/Gartner_CIO_Agenda_2017.pdf
- Germany Trade & Invest (GTAI), (2014) Industries 4.0-Smart Manufacturing for the Future [Πρόσβαση 19 Σεπτεμβρίου], <https://www.manufacturing-policy.eng.cam.ac.uk/policies-documents-folder/germany-industrie-4-0-smart-manufacturing-for-the-future-gtai/view>
- European Commission, (2015) Digital transformation of European industry and enterprises [Πρόσβαση 20 Οκτωβρίου 2018],
http://www.digitaleurope.org/DesktopModules/Bring2mind/DMX/Download.aspx?Command=Core_Download&EntryId=967&language=en-US&PortalId=0&TabId=353
- European Parliament, (2015). Industry 4.0 Digitalisation for productivity and growth [Πρόσβαση 13 Οκτωβρίου 2018],
[http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/568337/EPRS_BRI\(2015\)568337_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/568337/EPRS_BRI(2015)568337_EN.pdf)
- McKinsey Digital, (2015) Industry 4.0 How to navigate digitization of the manufacturing sector [Πρόσβαση 23 Σεπτεμβρίου 2018], <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/industry-four-point-o-how-to-navigate-the-digitization-of-the-manufacturing-sector>
- PwC, (2016) Industry 4.0: Building the digital enterprise. [Πρόσβαση 26 Οκτωβρίου 2018],
<https://www.pwc.com/gx/en/industries/industries-4.0/landing-page/industry-4.0-building-your-digital-enterprise-april-2016.pdf>
- WEF, (2015) Industrial Internet of Things: Unleashing the Potential of Connected Products and Services [Πρόσβαση 26 Οκτωβρίου 2018],
http://www3.weforum.org/docs/WEFUSA_IndustrialInternet_Report2015

3 Industry 4.0 και οι θεμελιώδεις τεχνολογικές εξελίξεις που τη συνθέτουν

Από την αρχή της εμφάνισης της βιομηχανικής επανάστασης, τεχνολογικές εξελίξεις έχουν οδηγήσει σε δραματική αύξηση της παραγωγικότητας στη βιομηχανία. Επίκαιρα βρισκόμαστε στο μέσο του τέταρτου κύματος των τεχνολογικών εξελίξεων αυτών, που οδηγούν στην ανάπτυξη μίας νέας ψηφιακής βιομηχανικής τεχνολογίας γνωστής σαν “Industry 4.0”. Ο μετασχηματισμός αυτός της βιομηχανικής τεχνολογίας τροφοδοτείται από εννέα θεμελιώδεις τεχνολογικές εξελίξεις οι οποίες καθορίζουν το όραμα για τη βιομηχανική παραγωγή του μέλλοντος (βλ. Σχήμα 3-4) (BCG, 2015).



Σχήμα 3-4: Industry 4.0 και οι τεχνολογικές εξελίξεις που τη συνθέτουν (προσαρμογή από BCG, 2015)

Πολλές από αυτές τις εννέα τεχνολογικές εξελίξεις που συνθέτουν τα θεμέλια του “Industry 4.0” χρησιμοποιούνται ήδη στη βιομηχανία αλλά με το “Industry 4.0” μετασχηματίζεται ο τρόπος παραγωγής. Αυτόνομες και βέλτιστες μονάδες συγκροτημάτων συνδυάζονται μεταξύ τους σε μία πλήρως αυτοματοποιημένη και βελτιστοποιημένη ροή παραγωγής, οδηγώντας σε μεγαλύτερη αποδοτικότητα αλλάζοντας παράλληλα τον παραδοσιακό τρόπο αλληλεπίδρασης μεταξύ

προμηθευτών, παραγωγών και πελατών. Αλληλεπιδράσεις, μηχανής-με-μηχανή καθώς και μηχανής-με-άνθρωπο επιτρέπουν παραγωγή εξατομικευμένων προϊόντων και μικρές παρτίδες παραγωγής. Παράλληλα ο μεγαλύτερος βαθμός αυτοματοποίησης προκαλεί μία μετακίνηση από εργασίες απλών δεξιοτήτων σε εργασίες πιο σύνθετων δεξιοτήτων για την επιτήρηση και διαχείριση του εργοστασίου του μέλλοντος (BCG, 2015). Στις ενότητες που ακολουθούν θα παρουσιάσουμε τις τεχνολογίες του Industry 4.0 καθώς και τις δυνατότητές τους.

3.1 Ανάλυση & διαχείριση μαζικών δεδομένων (Big Data Analytics)

Τα μαζικά δεδομένα είναι ένας όρος «ομπρέλα» για οποιαδήποτε τεχνική επεξεργασίας μεγάλου όγκου δεδομένων, συμπεριλαμβανομένων τη μεταφορά, την αποθήκευση, την αναζήτηση, την ανάλυση, την απεικόνιση, την ασφάλεια και την ιδιωτικότητα. (Χυ, *et. al.* 2018a). Σε ένα περιβάλλον μαζικών δεδομένων, ο όγκος των δεδομένων είναι πολύ μεγαλύτερος και μπορεί να είναι πάρα πολύ σύνθετο για ένα συμβατικό λογισμικό ανάλυσης. Επομένως, για οργανισμούς και κατασκευαστές με μια πληθώρα λειτουργικών δεδομένων και δεδομένων παραγωγής, προηγμένες τεχνικές ανάλυσης είναι ζωτικής σημασίας μια και μπορούν να αποκαλύψουν κρυμμένα μοτίβα, άγνωστες συσχετίσεις, τάσεις της αγοράς, προτιμήσεις των πελατών και άλλες χρήσιμες επιχειρηματικές πληροφορίες (Zhong, *et. al.* 2017).



Σχήμα 3-5: Τέσσερα στάδια ανάλυσης δεδομένων σε μία επιχείρηση. (προσαρμογή από Gartner)

Τα πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα χαρακτηριστικά των μαζικών δεδομένων είναι τα “3 Vs”: όγκος (Volume), ταχύτητα (Velocity) και ποικιλία Variety (Mauro, *et. al.* 2016). Ο όγκος σχετίζεται με το πόσα δεδομένα παράγονται. Η ταχύτητα σχετίζεται με το πόσο γρήγορα δημιουργούνται δεδομένα και η ποικιλία σχετίζεται με τον αριθμό των διαφορετικών τύπων δεδομένων που δημιουργούνται.

Η ανάλυση μαζικών δεδομένων απαιτεί από τη μία την απαραίτητη υποδομή σε συστήματα για τη συλλογή, μεταφορά, αποθήκευση και υπολογισμό σε ένα κατανομημένο περιβάλλον, και από την άλλη την ανάλυση των δεδομένων έτσι ώστε να εξαγονται πληροφορίες από τα δεδομένα που προετοιμάσθηκαν από τα συστήματα υποδομής (Χυ, *et. al.* 2018a). Υπάρχουν πολλές αναλυτικές μέθοδοι δεδομένων οι οποίες σύμφωνα με την Gartner μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε τέσσερις τύπους όπως απεικονίζονται στο Σχήμα 3-5. Το χαρακτηριστικό με την απεικόνιση αυτή είναι ότι καθώς κινούμαστε από την κατεύθυνση τι συμβαίνει προς την κατεύθυνση τι θα συμβεί, ο βαθμός δυσκολίας και η αποτίμηση της μεθόδου αυξάνει σημαντικά.

Περιγραφική αναλυτική. Οι πιο ευρέως χρησιμοποιούμενες μέθοδοι περιγραφικής αναλυτικής είναι οι στατιστικές συναρτήσεις που δίνουν τη μέση τιμή, τη διακύμανση και τη διάμεσο. Αυτές οι στατιστικές τιμές βοηθούν στη βασική κατανόηση των δεδομένων, όπως την τάση των διαφορετικών συνδυασμών, τη συσχέτιση μεταξύ χαρακτηριστικών καθώς και την ανίχνευση των ακραίων τιμών (Χυ, *et. al.* 2018a).

Διαγνωστική αναλυτική. Ο τύπος αυτός ανάλυσης δεδομένων χρησιμοποιείται για να καθορίσει την αιτία ενός γεγονότος. Σύγχρονες λύσεις χρησιμοποιούν τεχνικές «μηχανικής μάθησης (machine learning)» προκειμένου να αναγνωρίσουν μοτίβα να ανιχνεύσουν ανωμαλίες αλλά και να προσδιορίσουν τις βασικές μεταβλητές που επηρεάζουν το αποτέλεσμα των δεικτών επίδοσης μιας επιχειρησιακής διεργασίας (Χυ, *et. al.* 2018a).

Προβλεπτική αναλυτική. Είναι η χρήση δεδομένων, στατιστικών αλγορίθμων και τεχνικών μηχανικής μάθησης για τον προσδιορισμό της πιθανότητας μελλοντικών αποτελεσμάτων βάσει ιστορικών δεδομένων. Αυτός ο τύπος ανάλυσης μαζικών δεδομένων ξεπερνά την περιγραφική και διαγνωστική για να παρέχει την καλύτερη εκτίμηση του πότε θα συμβεί εκ νέου ένα γεγονός. Έτσι για παράδειγμα μπορεί να εφαρμοσθεί στην κατασκευή για την πρόβλεψη μιας αστοχίας πριν αυτή συμβεί προκειμένου να διορθωθεί εκ' των προτέρων, ή στην πρόβλεψη της ζήτησης ενός προϊόντος (Χυ, *et. al.* 2018a).

Κανονιστική αναλυτική. Παρέχει πληροφόρηση η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη λήψη καλύτερων αποφάσεων αναζητώντας το βέλτιστο σχέδιο με το χαμηλότερο δυνατό κόστος. Στο πλαίσιο του Industry 4.0 χρησιμοποιούνται δύο τύποι μεθόδων κανονιστικής ανάλυσης: ο μαθηματικός προγραμματισμός και η ευρετική αναζήτηση. Ενώ ο μαθηματικός προγραμματισμός έχει σχεδιαστεί για να βρει την καθολικά βέλτιστη λύση, η ευρετική αναζήτηση έχει σχεδιαστεί για να βρει τοπικά βέλτιστες λύσεις (Χυ, *et. al.* 2018a).

Η ανάλυση μαζικών δεδομένων υποστηρίζει τη συλλογή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο από πολλές διαφορετικές πηγές, την ολοκληρωμένη ανάλυσή τους και τη λήψη αποφάσεων σε πραγματικό χρόνο, με αποτέλεσμα τη βελτίωση της ευελιξίας, της ποιότητας των προϊόντων, της ενεργειακής απόδοσης και της βελτιωμένης συντήρησης του εξοπλισμού μέσω της προληπτικής (Kamble, *et. al.* 2018)

3.2 Αυτόνομα Ρομπότ

Η χρήση ρομπότ στη βιομηχανία άρχισε να αναπτύσσεται από το 1960 όταν χρησιμοποιήθηκαν στα πλαίσια του “Industry 3”. Τα ρομπότ αναπτύχθηκαν ευρέως στην αυτοκινητοβιομηχανία όπου χρησιμοποιήθηκαν κυρίως σε εργασίες συγκόλλησης. Καθώς η τεχνολογία ωρίμασε, τα ρομπότ άρχισαν να χρησιμοποιούνται και σε άλλους κλάδους όπως στην εφοδιαστική στην ιατρική, στην βιομηχανία τροφίμων (Strange, *et. al.* 2017).

Στην αρχή τα βιομηχανικά ρομπότ χρησιμοποιήθηκαν σαν απάντηση στις «ανιαρές, επικίνδυνες και βρώμικες εργασίες». Σήμερα τα ρομπότ γίνονται σταδιακά περισσότερο αυτόνομα, ευέλικτα και συνεργατικά (Kamble, *et. al.* 2018). Εφοδιασμένα με ισχυρούς υπολογιστές είναι διαλειτουργικά⁶ και μπορούν να προστεθούν στο IoT σε ένα εργοστασιακό περιβάλλον. Επιπλέον προάγουν τη διαφάνεια στην πληροφορία μέσω της ικανότητάς τους να συλλέγουν δεδομένα και να τα διαθέτουν σε άλλα συστήματα για ανάλυση και μοντελοποίηση. Φθάνουμε τελικά σε ένα επίπεδο όπου τα ρομπότ θα αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους, θα λειτουργούν με ασφάλεια δίπλα δίπλα με τον άνθρωπο και θα μαθαίνουν από αυτόν. Τα ρομπότ αυτά θα κοστίζουν λιγότερο και θα έχουν μεγαλύτερο εύρος δυνατοτήτων από αυτές που έχουν σήμερα (Kamble, *et. al.* 2018, BCG, 2015).

3.3 Προσομοίωση

Στα πλαίσια του Industry 4.0 είναι δυνατό να προσομοιάσουμε όλα τα βήματα της παραγωγικής διαδικασίας και να απεικονισθεί η επίπτωσή τους στην παραγωγή. Αυτό περιλαμβάνει για παράδειγμα την προσομοίωση του επιπέδου αποθεμάτων, της μεταφοράς τους και της εφοδιαστικής τους. (Kagerman *et. al.*, 2013).

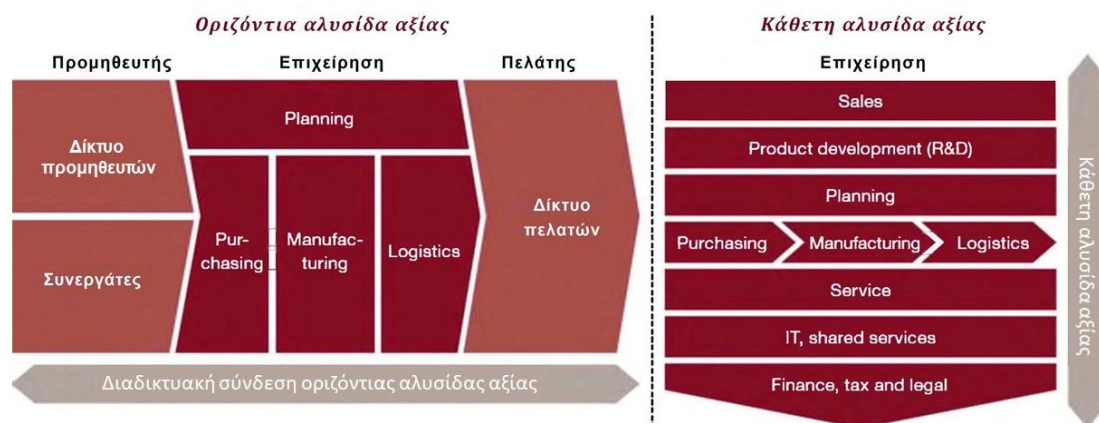
Κατά τη φάση του μηχανολογικού σχεδιασμού, χρησιμοποιείται ήδη τρισδιάστατη προσομοίωση προϊόντος, υλικών και παραγωγικών διαδικασιών. Στο μέλλον η

⁶ Ο όρος διαλειτουργικότητα, στο Industry 4.0, είναι η ικανότητα δύο συστημάτων να καταλαβαίνει το ένα το άλλο και να χρησιμοποιεί το ένα τη λειτουργικότητα του άλλου. Αντιπροσωπεύει την ικανότητα δύο συστημάτων να ανταλλάσσουν δεδομένα και να μοιράζονται πληροφορίες και γνώσεις (Lu, 2017).

προσομοίωση θα χρησιμοποιείται σε μεγαλύτερη κλίμακα στις λειτουργικές διαδικασίες της παραγωγικής μονάδας. Με τη χρησιμοποίηση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο θα δίνεται η δυνατότητα να αντικατοπτρίσουμε τον πραγματικό κόσμο σε ένα εικονικό μοντέλο το οποίο θα περιλαμβάνει μηχανές, προϊόντα και ανθρώπους. Με τον τρόπο αυτό οι χειριστές θα μπορούν να ελέγχουν και να βελτιστοποιούν τις ρυθμίσεις της μηχανής, για το επόμενο προϊόν παραγωγής, στον εικονικό κόσμο, χωρίς να πραγματοποιήσουν τη φυσική αλλαγή στη γραμμή παραγωγής. Αυτό θα οδηγήσει σε μείωση του χρόνου ρύθμισης της μηχανής και σε βελτίωση της ποιότητας (Kamble *et. al.*, 2018, BCG, 2015).

3.4 Οριζόντια και Κατακόρυφη Ενοποίηση Συστημάτων

Τα περισσότερα από τα σημερινά συστήματα IT δεν είναι πλήρως ενοποιημένα. Εταιρίες, προμηθευτές και πελάτες είναι πιθανότατα στενά συνδεδεμένοι, αλλά τμήματα όπως αυτά του μηχανολογικού σχεδιασμού, της παραγωγής και της συντήρησης όχι (PwC, 2014). Με την εισαγωγή όμως του Industry 4.0, εταιρίες, τμήματα και λειτουργίες μπορούν να γίνουν περισσότερο συνεκτικές μια και αναπτύσσονται δια-εταιρικά δίκτυα τα οποία επικοινωνούν μεταξύ τους ανταλλάσσοντας δεδομένα ίδιας κωδικοποίησης. Προκειμένου να γίνει αυτό εφικτό είναι απαραίτητη η συνολική ψηφιοποίηση όχι μόνο της οριζόντιας αλλά και της κατακόρυφης αλυσίδας αξίας (PwC, 2014, BCG, 2015) (βλ. Σχήμα 3-6).



Σχήμα 3-6: Οριζόντια και κατακόρυφη αλυσίδα αξίας (προσαρμογή από PwC, 2014).

Η ψηφιοποίηση της οριζόντιας αλυσίδας αξίας ενσωματώνει και βελτιστοποιεί τη ροή πληροφοριών και αγαθών από τον πελάτη, μέσω της εταιρείας, στον προμηθευτή και πίσω (βλ. Σχήμα 3-6). Αυτή η διαδικασία περιλαμβάνει την ενσωμάτωση και τον προληπτικό έλεγχο όλων των εσωτερικών τμημάτων της εταιρείας (π.χ. αγορών, παραγωγή, εφοδιαστική σχεδιασμό). Περιλαμβάνει επίσης όλους τους συνεργάτες της

εξωτερικής αλυσίδας αξίας που χρειάζονται για να ικανοποιήσουν τις απαιτήσεις των πελατών και να εκπληρώσουν τις ζητούμενες υπηρεσίες (Foidl, *et. al.* 2016).

Έτσι λοιπόν η οριζόντια ολοκλήρωση στοχεύει στη δημιουργία ενδο-εταιρικών συνεργασιών που οδηγούν σε ένα αποτελεσματικό οικοσύστημα όπου υλικά, πληροφορίες, ενέργεια μπορούν να κυκλοφορούν αδιάκοπα μεταξύ των διαφορετικών συνεργαζόμενων εταιρειών (Kagerman, *et. al.* 2013, Wang, *et. al.* 2015). Όλα τα δεδομένα που περιγράφουν την τρέχουσα κατάσταση της αλυσίδας αξίας πρέπει να είναι διαθέσιμα ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο της ροής αξίας με τον βέλτιστο δυνατό τρόπο.

Η κάθετη ολοκλήρωση από την άλλη αναφέρεται στη δημιουργία ευέλικτων και με δυνατότητα αναπροσαρμογής, συστημάτων παραγωγής στο εργοστάσιο. Αναφέρεται στην ολοκλήρωση των διαφόρων συστημάτων πληροφορικής στα διάφορα ιεραρχικά επίπεδα κατά τη διαδικασία παραγωγής. Με άλλα λόγια αυτό υποδηλώνει την υλοποίηση του έξυπνου εργοστασίου (Kagerman, *et. al.* 2013, Wang, *et. al.* 2015).

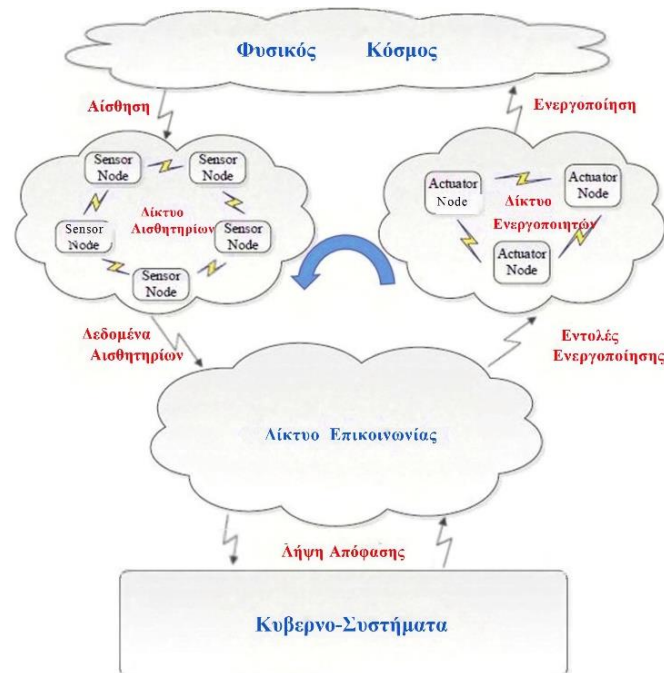
Η ψηφιοποίηση της κάθετης αλυσίδας αξίας, εξασφαλίζει μία συνεπή ροή πληροφοριών και δεδομένων από τις πωλήσεις, μέσω της ανάπτυξης προϊόντων, στην παραγωγή και την εφοδιαστική. Ποιότητα και ευελιξία μπορούν να αυξηθούν με παράλληλη μείωση του κόστους μέσω της βέλτιστης σύνδεσης των συστημάτων παραγωγής, την πρόληψη των βλαβών του συστήματος και τις καλύτερες αναλυτικές ικανότητες (PwC, 2014).

Η νέα τάση είναι ότι οι επιχειρήσεις όλων των μεγεθών που εμπλέκονται με το Industry 4.0 θα πρέπει να μοιράζονται και να ανταλλάσσουν δεδομένα. Τα συστήματα του Industry 4.0 πρέπει να αλληλοσυνδέονται και οι εφαρμογές που συνθέτουν τα πληροφοριακά συστήματα των επιχειρήσεων πρέπει όλο και περισσότερο να επιδιώκουν να συνεργαστούν. Η ζήτηση για ενοποίηση συστημάτων έχει αυξηθεί ως συνέπεια του Industry 4.0 και μπορεί να καταστεί δυνατή λόγω της εξέλιξης των ICT (Xu, *et. al.* 2018b).

3.5 Κυβερνο-Φυσικά Συστήματα (Cyber-Physical Systems, CPS)

Η Ομάδα Εργασίας “Industrie 4.0” θεμελίωσε το όραμά της για το Industry 4.0 πάνω στα Κυβερνο-Φυσικά Συστήματα (Kagerman *et. al.*, 2013). Τέτοια συστήματα περιλαμβάνουν εγκαταστάσεις παραγωγής, συστήματα αποθήκευσης και έξυπνες μηχανές που ενεργοποιούν δράσεις, ανταλλάσσουν πληροφορίες με πλήρη αυτονομία και είναι σε θέση να ελέγχουν το ένα το άλλο ανεξάρτητα (Kagerman *et. al.*, 2013). Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη δυνατότητα σύνδεσης και ενσωμάτωσης των εγκαταστάσεων

παραγωγής, των συστημάτων και των μηχανημάτων ως CPS στα πλαίσια ενός παγκόσμιου δικτύου (Kagerman *et. al.*, 2013).



Σχήμα 3-7: Ολιστική απεικόνιση ενός CPS (προσαρμογή από Gunes, *et. al.*, 2014)

Πιο συγκεκριμένα τα CPSs γίνονται αντιληπτά ως μία νέα γενιά συστημάτων με τα οποία επιτυγχάνεται η συνένωση του φυσικού με τον εικονικό κόσμο (Kagerman *et. al.*, 2013). Τα CPSs αποτελούν την ενοποίηση των υπολογιστικών και φυσικών διεργασιών. Ενσωματωμένοι υπολογιστές και δίκτυα παρακολουθούν και ελέγχουν τις φυσικές διεργασίες, συνήθως μέσω κύκλων ανάδρασης όπου οι φυσικές διεργασίες επηρεάζουν τους υπολογισμούς και το ανάποδο (Hermann *et. al.*, 2016).

Το CPS θεωρείται ένα εξειδικευμένο δίκτυο το οποίο συνδέει όλες τις φυσικές συσκευές στο Ίντερνετ και ενσωματώνει πέντε λειτουργίες: πληροφορική, επικοινωνία, έλεγχο ακριβείας, συντονισμό και αυτονομία (Zhou *et. al.*, 2015).

Παρόλο που το CPS είναι μια σχετικά νέα έννοια, τα στοιχεία ενός τέτοιου συστήματος είναι γνωστά. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 3-7, το CPS αποτελείται από τρία επίπεδα: τον φυσικό κόσμο, τα συστήματα κυβερνοχώρου και τις διεπιφάνειες μεταξύ τους. Ο φυσικός κόσμος αναφέρεται στα φυσικά φαινόμενα που θέλουμε να παρακολουθούμε ή να ελέγχονται. Τα συστήματα κυβερνοχώρου αναφέρονται στις ενσωματωμένες συσκευές επόμενης γενιάς, οι οποίες επεξεργάζονται πληροφορίες και επικοινωνούν με το κατακεντημένο περιβάλλον τους. Οι διεπιφάνειες αναφέρονται στο δίκτυο επικοινωνίας και άλλα ενδιάμεσα στοιχεία, π.χ. αλληλοσυνδεδεμένοι αισθητήρες, ενεργοποιητές, μετατροπείς ψηφιακού-αναλογικού σήματος (DAC), μετατροπείς αναλογικού-ψηφιακού

σήματος που είναι υπεύθυνοι για τη γεφύρωση των συστημάτων κυβερνοχώρου με τον φυσικό κόσμο (Gunes, *et. al.*, 2014).

Τα CPS αποτελούνται από μικροεπεξεργαστές οι οποίοι ελέγχουν αισθητήρια και ενεργοποιητές. Δεδομένα και πληροφορίες ανταλλάσσονται μεταξύ τερματικών των ενσωματωμένων υπολογιστών, ασύρματων εφαρμογών και υπολογιστικού νέφους (Lu, 2017). Το επίκεντρο του Industry 4 είναι η εφαρμογή CPS για την υλοποίηση του «έξυπνου εργοστασίου» (Xu, *et. al.* 2018b). Με άλλα λόγια το έξυπνο εργοστάσιο γίνεται πραγματικότητα με συστήματα παραγωγής που βασίζονται στα CPS.

Σύμφωνα με τους Herman *et. al.*, 2016, το «έξυπνο εργοστάσιο» είναι το εργοστάσιο το οποίο έχοντας επίγνωση του περιβάλλοντός τους (π.χ. θέση ή κατάσταση αντικειμένων), καθοδηγεί ανθρώπους και μηχανές στην ολοκλήρωση του έργου τους. Αυτό είναι εφικτό με τη χρήση των CPSs τα οποία είναι σε θέση να αλληλοεπιδρούν και να επικοινωνούν με το περιβάλλον τους χρησιμοποιώντας δεδομένα αλλά και πληροφορία τόσο από το φυσικό όσο και από τον εικονικό κόσμο. Η πληροφορία από το φυσικό κόσμο αφορά για παράδειγμα τη θέση ή την κατάσταση ενός εργαλείου, σε αντίθεση με την πληροφορία από τον εικονικό κόσμο που μπορεί να αφορά ένα έγγραφο, σχέδια, μοντέλα προσομοίωσης, οδηγίες κ.λ.π.

Συνοψίζοντας, βασιζόμενοι στους ορισμούς που έχουν δοθεί για το CPS και το IoT (§ 3.6) το «έξυπνο εργοστάσιο» μπορεί να ορισθεί ως το εργοστάσιο στο οποίο CPS επικοινωνούν μέσω του IoT προκειμένου να βοηθήσουν ανθρώπους και μηχανές στην ολοκλήρωση του έργου τους (Herman, *et. al.*, 2016, Pereira *et. al.* 2017).

3.6 Το Βιομηχανικό Ίντερνετ των Πραγμάτων (Industrial Internet of Things)

Ο όρος Βιομηχανικό Ίντερνετ των πραγμάτων (IIoT) εισήχθη για να περιγράψει την εφαρμογή του IoT στη βιομηχανία και υποδηλώνει τη χρήση επαναστατικών τεχνολογιών όπως αισθητήρες (sensors), ενεργοποιητές (actuators), συστήματα ελέγχου, μηχανή-με-μηχανή, αναλυτική δεδομένων καθώς και μηχανισμούς ασφαλείας με σκοπό τη βελτίωση των σύγχρονων βιομηχανικών συστημάτων (Mourtzis, *et. al.* 2016).

Το IoT είναι ένα νέο βιομηχανικό οικοσύστημα που συνδυάζει ευφυείς και αυτόνομες μηχανές, προηγμένη προβλεπτική αναλυτική (predictive analytics) και συνεργασία μηχανών-ανθρώπων για τη βελτίωση της παραγωγικότητας, της αποτελεσματικότητας και της αξιοπιστίας (Zhong, *et. al.* 2017, Kamble, *et. al.* 2018).

Το IoT αποτελεί ένα δίκτυο στο οποίο τα CPS επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω ενός μοναδικού σχήματος προσδιορισμού τους παρέχοντας, σε πραγματικό χρόνο, την ικανότητα αίσθησης/ενεργοποίησης και τη δυνατότητα γρήγορης μετάδοσης δεδομένων/πληροφοριών, έτσι ώστε να διευκολύνεται η απομακρυσμένη λειτουργία των παραγωγικών δραστηριοτήτων και η αποτελεσματική συνεργασία μεταξύ των ενδιαφερομένων (Yang *et al.*, 2017).

Αυτό έχει σαν συνέπεια την αύξηση του βαθμού ενοποίησης δεδομένων μεταξύ, εταιριών, πελατών, προμηθευτών αλλά παράλληλα και την έλλειψη ανάγκης για μεσάζοντες (Porter, *et. al.*, 2014). Επιπλέον το IoT θα φέρει θεμελιώδεις αλλαγές στη διαχείριση γεωγραφικά διασκορπισμένων αλυσίδων αξίας. Επίκαιρα οι περισσότερες επιχειρήσεις εποπτεύουν τη ροή των φυσικών προϊόντων και διατηρούν ξεχωριστές ροές για την πληροφορία. Με το IoT όμως, αποδίδονται στα προϊόντα μοναδικά στοιχεία ταυτοποίησης τα οποία επιτρέπουν την άρρηκτη σύνδεσή τους με την πληροφορία που σχετίζεται με την προέλευσή τους, τη χρήση τους, αλλά και τον προορισμό τους. Δεν θα υπάρχει πλέον ανάγκη συντονισμού αλλά και συγχρονισμού μεταξύ προϊόντων και ροής πληροφοριών (Strange, *et. al.* 2017).

RFID (Radio Frequency IDentification) και ασύρματα δίκτυα αισθητήρων (Wireless Sensor Networks, WSN) θεωρούνται οι δύο πιο σημαντικές συσκευές οι οποίες ενεργοποιούν το δίκτυο IoT. Η τεχνολογία RFID επιτρέπει σε μικροσίπ να μεταδίδουν την πληροφορία ταυτοποίησής τους σε μία συσκευής ανάγνωσης ασύρματα. Χρησιμοποιώντας συσκευές ανάγνωσης RFID, οι χρήστες είναι σε θέση να διακρίνουν, να ανιχνεύουν και να επιτηρούν αυτόματα, τα αντικείμενα με ετικέτες RFID. Από την άλλη τα WSN εφαρμόζουν διασυνδεδεμένους ευφυείς αισθητήρες για ανίχνευση και παρακολούθηση (Χυ, *et. al.* 2018b).

Η αυξανόμενη χρήση αισθητήρων σε φυσικά προϊόντα τους επιτρέπει να συλλαμβάνουν, να επεξεργάζονται και να επικοινωνούν δεδομένα με ανθρώπους και άλλα φυσικά συστήματα. Λόγω αυτής της δυνατότητας παρουσιάζεται μία τεράστια δυναμική για την ανάπτυξη εφαρμογών που βασίζονται σε αισθητήρες, δεδομένου ότι αυτοί παρέχουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για προληπτική συντήρηση ανιχνεύοντας το επίπεδο φθοράς του εξοπλισμού, την αποφυγή έλλειψης υλικών μέσω παρακολούθησης των επιπέδων αποθέματος (Yang *et. al.*, 2017).

Σήμερα, μόνο μερικοί κατασκευαστές αισθητήριων και μηχανών επιτρέπουν τη λειτουργία τους σε δίκτυο κάνοντας χρήση ενσωματωμένου υπολογιστή. Με τη χρήση όμως του IIoT, περισσότερες συσκευές ακόμα και ημιτελή προϊόντα θα εμπλουτισθούν με ενσωματωμένους υπολογιστές και θα συνδέονται μεταξύ τους χρησιμοποιώντας

στάνταρ τεχνολογίες, επιτρέποντας έτσι την επικοινωνία και αλληλεπίδρασή τους σε πραγματικό χρόνο (Kagermann *et. al.* 2013).

Το IoT επεκτείνεται σε όλους τους τομείς της οικονομίας όπως στη μεταποίηση, στη μεταφορά, στην εφοδιαστική στην ενέργεια κ.λπ. Ήδη, 14 δις. αισθητήρων είναι τοποθετημένοι στα διάφορα στάδια ροής πληροφοριών, στις αποθήκες, στις γραμμές παραγωγής, στα δίκτυα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, στα γραφεία, στα σπίτια κ.λπ. Μέχρι το 2030, εκτιμάται ότι θα υπάρχουν περισσότεροι από 100 τρις. αισθητήρες οι οποίοι θα συνδέουν το ανθρώπινο με το φυσικό περιβάλλον σε ένα παγκόσμια διανεμημένο ευφυές δίκτυο (European Commission, 2015).

3.7 Κυβερνοασφάλεια (Cybersecurity)

Πολλές εταιρίες ακόμα και σήμερα βασίζονται στη διαχείριση και παραγωγή συστημάτων τα οποία είναι ασύνδετα ή κλειστά. Με την αύξηση όμως της συνδεσιμότητας και τη χρήση τυποποιημένων πρωτόκολλων επικοινωνίας, τα οποία δημιουργούνται στα πλαίσια του “Industry 4.0”, δημιουργείται μία έντονη ανάγκη προστασίας των κρίσιμων βιομηχανικών συστημάτων από απειλές κυβερνοασφάλειας (BCG, 2015).

Μόλις αναπτυχθούν τα συστήματα CPS στους οργανισμούς, το κακόβουλο λογισμικό μπορεί να επηρεάσει και να εξαπλωθεί από το ένα μηχάνημα στο άλλο μέσω των συστημάτων επικοινωνίας. Οι ιοί που διαδίδονται μέσω αυτού του κακόβουλου λογισμικού ενδέχεται να προορίζονται να τροποποιήσουν τη διαδικασία παραγωγής ή να καταστρέψουν τα δεδομένα μέσω του συστήματος, οδηγώντας σε σφάλματα ποιότητας στα προϊόντα ή σε πλήρη διακοπή λειτουργίας. Τα ζητήματα ασφαλείας στα CPS με τη μορφή κυβερνοεπιθέσεων και κλοπών δεδομένων είναι κρίσιμα και πρέπει να ελέγχονται για να βελτιωθεί η αξιοπιστία και η αποδοχή του συστήματος. Αυτό απαιτεί ασφαλή, αξιόπιστη επικοινωνία και προηγμένα συστήματα ταυτοποίησης και διαχείρισης πρόσβασης, τόσο για τις μηχανές όσο και για τους χρήστες (Kamble, 2018). Τα βιομηχανικά δεδομένα είναι πάρα πολύ ευαίσθητα μια και ενσωματώνουν πολλές πτυχές της βιομηχανικής λειτουργίας συμπεριλαμβανομένου της πληροφορίας για προϊόντα επιχειρηματικές στρατηγικές και την ίδια την εταιρία.

3.8 Υπολογιστικό Νέφος (Cloud Computing)

Με τη ραγδαία ανάπτυξη της πρόσβασης στο διαδίκτυο από οποιαδήποτε σημείο και με τη δημιουργία, μέσω ίντερνετ, μαζικών δεδομένων μεγάλων σε όγκο, ταχύτητα και ποικιλία το υπολογιστικό νέφος γίνεται όλο και περισσότερο αναγκαίο στη βιομηχανία, στον ακαδημαϊκό χώρο και στην κοινωνία (Zhan, *et. al.* 2015).

Το υπολογιστικό νέφος αποτελεί μία καινοτομία στην αρχιτεκτονική υπολογιστών με κεντρικό χαρακτηριστικό την παροχή υπολογιστικών υπηρεσιών μέσω εικονικών και επεκτάσιμων πόρων το Διαδίκτυο. Η επεκτασιμότητα των πόρων καθιστά το cloud computing ενδιαφέρον για τους ιδιοκτήτες επιχειρήσεων, καθώς επιτρέπει σε οργανισμούς να ξεκινήσουν μικρά και να επενδύσουν σε περισσότερους πόρους (εξυπηρετητές, εφαρμογές, χώρος αποθήκευσης δεδομένων) μόνο αν υπάρχουν αυξήσεις σε περαιτέρω ζήτηση υπηρεσιών (Zhong, *et. al.* 2017, Ezell, *et. al.* 2017).

Το νέφος τυπικά παρέχεται σύμφωνα με ένα από τα τρία μοντέλα υπηρεσιών: (1) λογισμικό ως υπηρεσία (Software as a Service), όπου ο καταναλωτής χρησιμοποιεί την εφαρμογή ενός παρόχου που εκτελείται σε υποδομή νέφους, (2) πλατφόρμα ως υπηρεσία (Platform as a Service), όπου ο καταναλωτής μπορεί να χρησιμοποιήσει υποδομή νέφους για την ανάπτυξη εφαρμογών και (3) υποδομή ως υπηρεσία (Infrastructure as a Service), όπου συνήθως ο καταναλωτής μπορεί να έχει παροχή πόρων πληροφορικής και να τρέχει τα δικά του συστήματα και εφαρμογές στην υποδομή που προσφέρεται από τον πάροχο του νέφους (Zhong, *et. al.* 2017, Ezell, *et. al.* 2017).

Πολλές εταιρίες σήμερα χρησιμοποιούν ήδη cloud-based λογισμικό για μερικές επιχειρηματικές τους εφαρμογές. Με το "Industry 4.0" όμως όλο και περισσότερα εγχειρήματα που σχετίζονται με την παραγωγική διαδικασία θα απαιτούν αυξημένη ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ των διαφόρων τοποθεσιών της εταιρίας. Την ίδια στιγμή η απόδοση των τεχνολογιών cloud θα βελτιωθεί επιτρέποντας χρόνο αντίδρασης κάποια milliseconds. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα πολλά από τα δεδομένα των μηχανών αλλά και θέματα που σχετίζονται με τη λειτουργικότητά τους θα αναπτυχθούν στο cloud. Ακόμα και τα συστήματα που επιτηρούν και ελέγχουν τις διεργασίες μπορεί να βασίζονται στο cloud (BCG, 2015).

3.9 Προσθετική Κατασκευή (Additive Manufacturing)

Τεχνολογίες κατεργασιών όπως κοπή, διάτρηση, λείανση και χύτευση σε άμμο χρησιμοποιούνται στις παραδοσιακές διεργασίες κατασκευής αντικειμένων και αναφέρονται σαν «αφαιρετική κατασκευή» μια και η κατασκευή τους βασίζεται σε μεθόδους αφαίρεσης υλικού. Τα αντικείμενα αυτά στη συνέχεια συναρμολογούνται για διαμορφώσουν το τελικό προϊόν (Kamble, 2018).

Σε αντίθεση, κατά την προσθετική κατασκευή, το τελικό προϊόν διαμορφώνεται χτίζοντας διαδοχικά επίπεδα υλικού, τα οποία ενώνονται μεταξύ τους με τη χρήση φωτός, υπερήχων, δονήσεων, laser, δέσμη ηλεκτρονίων, αποφεύγοντας έτσι την ανάγκη για τη συναρμολόγηση των εξαρτημάτων. Ένα λογισμικό CAD, σχεδίασης με τη βοήθεια

ηλεκτρονικού υπολογιστή, χρησιμοποιείται κατά την προσθετική κατασκευή για τη δημιουργία ενός ψηφιακού μοντέλου το οποίο δημιουργείται – εκτυπώνεται σε τρεις διαστάσεις μέσω ενός εκτυπωτή 3-D από πρώτη ύλη που είναι σε υγρή μορφή είτε σε μορφή κόκκων. Λεπτά επίπεδα από την πρώτη ύλη εναποθέτονται μικροσκοπικά από τον εκτυπωτή έτσι ώστε η εναπόθεση των διαδοχικών στρωμάτων να οδηγήσει στο σχηματισμό του τελικού προϊόντος (Kang, 2017, Oesterreich, *et. al.* 2016).

Η προσθετική κατασκευή, ξεκίνησε σαν μία τεχνολογία ταχείας προτυποποίησης, *rapid prototyping*, κυρίως από τους σχεδιαστές των 80's. Επίκαιρα, χρησιμοποιείται όχι μόνο για την κατασκευή πρωτοτύπων αλλά και για την κατασκευή του τελικού προϊόντος, λόγω των εξελίξεων στη τεχνολογία υλικών αλλά και στην τεχνολογία λεπτειπίστρωσης (*laminate*) (Kang, 2017). Στα πλαίσια του "Industry 4.0" αυτές οι προσθετικές τεχνικές θα χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή μικρών παρτίδων από εξατομικευμένα προϊόντα τα οποία θα παρέχουν κατασκευαστικά πλεονεκτήματα όπως μεγάλη πολυπλοκότητα και μικρό βάρος. Επιπλέον η χρήση υψηλής απόδοσης αποκεντροποιημένων συστημάτων προσθετικής κατασκευής θα μειώσει τις αποστάσεις αλλά και τα επίπεδα αποθεμάτων (Strange, 2017). Για παράδειγμα ήδη οι εταιρίες κατασκευής αεροσκαφών χρησιμοποιούν τέτοιες τεχνολογίες για να μειώσουν το βάρος των αεροσκαφών καθώς και κόστος των Α' υλών όπως το τιτάνιο (BCG, 2015).

3.10 Επαυξημένη Πραγματικότητα (Augmented Reality)

Η επαυξημένη πραγματικότητα χαρακτηρίζει ένα σύστημα το οποίο αποτελεί συνδυασμό Τα συστήματα αυτά έχοντας καταχωρημένες χωροταξικές πληροφορίες σχετικά με το έργο που πρέπει να εκτελεσθεί προβάλλουν απευθείας στο πεδίο όρασης του χρήστη πληροφορίες καθοδήγησης σχετικά με το έργο που πρέπει να εκτελεσθεί (π.χ. συναρμολόγηση νέων προϊόντων) και να οπτικοποιήσουν πληροφορίες απευθείας στο χωρικό πλαίσιο που αυτές χρειάζονται (Paelke, 2014)

Τα Συστήματα που βασίζονται στην επαυξημένη πραγματικότητα μπορούν να υποστηρίξουν μία ποικιλία από υπηρεσίες, όπως την επιλογή εξαρτημάτων από μία αποθήκη και να στείλουν οδηγίες επισκευής μέσω κινητών συσκευών. Παρόλο που τα συστήματα αυτά βρίσκονται σε πρώιμο στάδιο, στο μέλλον θα αναπτυχθούν και μάλιστα σε τέτοιο βαθμό που θα παρέχουν στους εργαζόμενους πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο οι οποίες θα τους βοηθούν στη λήψη αποφάσεων και στις διαδικασίες εργασίας. Έτσι για παράδειγμα οι τεχνίτες μπορούν να λάβουν οδηγίες επισκευής για την αντικατάσταση ενός εξαρτήματος ενώ παράλληλα ελέγχουν το μηχάνημα που χρειάζεται

επισκευή. Οι οδηγίες θα μπορούν να εμφανισθούν στο πεδίο όρασης του τεχνίτη με τη χρήση ειδικών γυαλιών (BCG, 2015, Kamble, 2017).

Βιβλιογραφία Κεφαλαίου 3

- Foidl, H. Felderer, M. (2016), Research Challenges of Industry 4.0 for Quality Management, *Innovations in Enterprise Information Systems Management and Engineering*, Springer, 121–137
- Gunes, V., Peter, S., Givargis, T., Vahid, F., (2014), A Survey on Concepts, Applications, and Challenges in Cyber-Physical Systems, *KSII Transactions on Internet & Information Systems* (8), No. 12, 4242 – 4268
- Hermann, M. Pentek, T., Otto B, (2016), Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios, *Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, 3928–3937
- Kagermann, H., W. Wahlster, and J. Helbig (2013), Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0: Final Report of the Industrie 4.0 Working Group.” Acatech-National Academy of Science and Engineering, Germany
- Kamble, S., Gunasekaran, A., Gawankar, S. (2018), Sustainable Industry 4.0 framework: A systematic literature review identifying the current trends and future perspectives. *Process Safety & Environmental Protection* 117, 408-425
- Kang, H. S., Lee, J. Y., Choi, S., Kim, H., Park, J. H., Son, J. Y. Kim, B. H., Noh, S. D., (2016), Smart Manufacturing: Past Research, Present Findings, and Future Directions. *Int. Journal of Precision Engineering & Manufacturing-Green Technology* Vol. 3, No. 1, 111-128
- Lu, Y. (2017), Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues, *Journal of Industrial Information Integration* 6 1-10
- Mauro, A., Greco, M., Grimaldi, M., (2016), A formal definition of Big Data based on its essential features, *Library Review*, 65 (3), 122-135
- Mourtzis, D., Vlachou, E., Milas, N., (2016), Industrial Big Data as a result of IoT adoption in Manufacturing, *Procedia CIRP* 55 290 – 295
- Oesterreich, T. D., Teuteberg, F. (2016), Understanding the implications of digitisation and automation in the context of Industry 4.0: A triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry, *Computers in Industry* 83, 121–139
- Paelke, V., (2014), Augmented reality in the smart factory supporting workers in an industry 4.0 environment, *IEEE Emerging Technology and Factory Automation (ETFA)* 978-1-4799-4845-1/14/
- Pereira, A.C., Romero, F. (2017), A review of the meanings and the implications of the Industry 4.0 concept, *Procedia Manufacturing* 13 1206-1214
- Porter, M.E., Heppelmann, J.E., (2014), How smart, connected products are transforming competition, *Harvard Business Review*, vol.92, no.11, 64-88
- Strange, R., Zucchella, A., (2017), Industry 4.0 global value chains and international siness, *Multinational Business Review* 25 (3)
- Wang, S., Wan, J., Li, D., & Zhang, C. (2015), Implementing smart factory of industrie 4.0: an outlook. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 12(1), 3159805
- Xu, L. & Duan, L. (2018a), Big data for cyber physical systems in industry 4.0: a survey, *Enterprise Information Systems* DOI: 10.1080/17517575.2018.1442934
- Xu, L., Xu, E., Li, L. (2018b), Industry 4.0: state of the art and future trends, *International Journal of Production Research*, 56:8, 2941-2962

- Zhan, Z-H., Liu, X-F, Gong, Y-J, Zhang, J., Chung, H. S-H, Li, Y., (2015), Cloud Computing Resource Scheduling and a Survey of Its Evolutionary Approaches. *ACM Computing Surveys*, Vol. 47, No. 4, Article 63
- Zhong, R., Xu, X., Klotz, E., Newman, S. (2017), Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review, *Engineering* 3 616–630
- Zhou, K., Liu, T., Zhou, L., (2015), Industry 4.0: Towards Future Industrial Opportunities and Challenges, *12th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery*, 2147 – 2152
- BCG, (2015) Industry 4.0 The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries [Πρόσβαση 20 Οκτωβρίου 2018], https://www.bcg.com/publications/2015/engineered_products_project_business_industry_4_future_productivity_growth_manufacturing_industries.aspx
- European Commission, (2015) Digital transformation of European industry and enterprises [Πρόσβαση 20 Οκτωβρίου 2018], http://www.digitaleurope.org/DesktopModules/Bring2mind/DMX/Download.aspx?Command=Core_Download&EntryId=967&language=en-US&PortalId=0&TabId=353
- Ezell, S., Swanson, B., (2017) How Cloud Computing Enables Modern Manufacturing. American Enterprise Institute | Information Technology & Innovation Foundation [Πρόσβαση 05 Νοεμβρίου 2018], <http://www2.itif.org/2017-cloud-computing-enables-manufacturing.pdf>
- PwC, (2014) Industry 4.0. Opportunities & Challenges for the Industrial Internet [Πρόσβαση 25 Οκτωβρίου 2017], <https://www.strategyand.pwc.com/media/file/Industry4.0.pdf>

4 Industry 4.0: Πλαίσιο Εφαρμογής για τον κλάδο των «Λευκών Οικιακών Συσκευών»

Επίκαιρα, η μεγάλη πίεση του ανταγωνισμού στο μεταποιητικό κλάδο η οποία προκαλείται από την προοδευτική παγκοσμιοποίηση, έχει αναγκάσει τις εταιρείες στην αναζήτηση νέων τρόπων διαφοροποίησης. Το Industry 4.0 συμβάλει προς την κατεύθυνση αυτή, ως συνώνυμο του επόμενου σημαντικού βήματος στη δημιουργία προστιθέμενης αξίας, προσφέροντας νέες τεχνολογίες και διαδικασίες για την επίτευξη περαιτέρω βελτιώσεων στην ανταγωνιστικότητα (Schuh, *et. al.* 2018). Οι εταιρείες παγκοσμίως, αναγνωρίζουν ότι η επιτυχία τους εξαρτάται από το βαθμό υιοθέτησης των νέων ψηφιακών βιομηχανικών τεχνολογιών. (BCG, 2016, McKinsey, 2016, Schuh, *et. al.* 2018).

Το Industry 4.0 επικεντρώνεται σε έναν ευφυές διεπιστημονικά περιβάλλον στο οποίο τα έξυπνα εργοστάσια αντιπροσωπεύουν τη σύνδεση μεταξύ ψηφιακών και φυσικών δικτύων παραγωγής (Pessl, *et. al.* 2017). Η δικτύωση, σε πραγματικό χρόνο, ανθρώπων, μηχανών και αντικειμένων χρησιμεύει ως ευκαιρία για την αύξηση της παραγωγικότητας καθώς και τη δημιουργία νέων επιχειρηματικών μοντέλων που βασίζονται στα δεδομένα, επιτυγχάνοντας έτσι ταυτόχρονα, αύξηση της ανταγωνιστικότητας αλλά και των εσόδων (Schuh, *et. al.* 2018).

Μέσω της σύνδεσης εφοδιασμού, κατασκευής, συντήρησης, παράδοσης και εξυπηρέτησης πελατών, οι δύσκαμπτες αλυσίδες αξίας μετατρέπονται σε δίκτυα αξίας υψηλής ευελιξίας (Schuh, *et. al.* 2018). Η εξέλιξη αυτή φέρνει αντιμέτωπες τις επιχειρήσεις με διάφορες προκλήσεις, ιδίως την πίεση να αυξήσουν έντονα το επίπεδο της ψηφιοποίησης, να προσαρμόσουν τις γραμμές παραγωγής τους προς τις νέες τεχνολογίες καθώς και στο να καθορίσουν το ρόλο των ανθρώπων μέσα στις νέες διαδικασίες (Pessl, *et. al.* 2017).

Η διαθεσιμότητα των νέων τεχνολογικών λύσεων, όπως η τεχνητή νοημοσύνη, η ρομποτική, η ανάλυση μαζικών δεδομένων, η υπολογιστική του νέφους, η δικτύωση δεδομένων, η εικονική πραγματικότητα κ.α. πρέπει να εξεταστούν εντός του πλαισίου της εταιρείας και να καθοριστούν οι πιθανές περιπτώσεις χρήσης. Από την άλλη η εισαγωγή και η χρήση νέων τεχνολογιών δεν σημαίνει κατ' ανάγκη ότι κάποιος κινείται προς την κατεύθυνση του Industry 4.0 επειδή αυτό αποτελεί μία πολύ στενή προσέγγιση. Το σύστημα δεν θα λειτουργήσει σωστά εάν για παράδειγμα υπάρχει προηγμένη τεχνολογία αλλά με απαρχαιωμένη οργάνωση (Crnjac, *et. al.* 2017).

Λόγω του επαναστατικού χαρακτήρα, οι εταιρείες αγωνίζονται να βρουν βιώσιμους τρόπους για την επιτυχή εφαρμογή αυτών των νέων διαθέσιμων τεχνολογικών λύσεων. Από τη μία πλευρά, αυτό οφείλεται στην έλλειψη γνώσεων και εμπειριών σε σχέση με τις λύσεις αυτές και από την άλλη πλευρά, οφείλεται σε ασαφή και μη καθορισμένες διαδικασίες εφαρμογής (Carolis, et. al., 2017). Αυτές οι κοινές αδυναμίες συχνά οδηγούν σε μη βιώσιμη εφαρμογή λύσεων και στην έλλειψη υλοποίησης μίας ενιαίας λύσης η οποία θα ενσωματώνεται στην εταιρική στρατηγική (Schuh, et. al. 2018).

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζουμε τη μελέτη περίπτωσης κορυφαίας εταιρίας στον κλάδο των «λευκών οικιακών συσκευών». Αναλύονται οι στρατηγικοί της πυλώνες, τόσο σε λειτουργικό όσο και σε επιχειρησιακό επίπεδο πάνω στους οποίους οικοδομείται το πλαίσιο εφαρμογής του Industry 4.0, οι καίριοι μοχλοί για την υλοποίηση της στρατηγικής της, οι τομείς δράσης καθώς και οι εφαρμοζόμενες τεχνολογικές λύσεις.

4.1 Τρέχουσες τάσεις στην αγορά των «Λευκών Οικιακών Συσκευών»

Ο όρος «λευκές οικιακές συσκευές» καλύπτει ένα ευρύ φάσμα συσκευών που χρησιμοποιούνται κυρίως στο χώρο του σπιτιού και προορίζονται αποκλειστικά για οικιακή χρήση. Οι συσκευές αυτές ταξινομούνται σε τρεις βασικές κατηγορίες οι οποίες αφορούν (i) συσκευές πλυσίματος (πλυντήρια ρούχων/πιάτων, στεγνωτήρια, (ii) συσκευές ψύξης (ψυγεία, καταψύκτες, ψυγιο-καταψύκτες) και τέλος συσκευές μαγειρέματος (ηλεκτρικές κουζίνες/φούρνοι, φούρνοι μικροκυμάτων, απορροφητήρες). Ο προσδιορισμός λευκές συσκευές αποδίδεται στο γεγονός ότι παραδοσιακά ήταν διαθέσιμες μόνο σε λευκό χρώμα.

Αρχικά οι καινοτομίες που σχετίζονταν με τον κλάδο αυτό αφορούσαν 3 κατηγορίες: (i) νέα προϊόντα για επέκταση της αγοράς συσκευών, (ii) νέα λειτουργικά χαρακτηριστικά προκειμένου να ικανοποιηθούν οι ανάγκες των πελατών (π.χ. αυτοκαθαριζόμενοι φούρνοι στις ηλεκτρικές κουζίνες, παραγωγή παγοκύβων από τους ψυγιοκαταψύκτες ή ψυγιοκαταψύκτες που δεν χρειάζονται απόψυξη, και (iii) βελτίωση των διεργασιών προκειμένου να μειωθεί το κόστος παραγωγής.

Στα μέσα του 1990 τρεις τάσεις έγιναν εμφανής: η 1^η τάση αφορούσε τη σχεδίαση συσκευών με πιο ομαλές γραμμές που ξεφεύγουν από το κλασικό ορθογώνιο σχήμα με τις αυστηρά ορθές γωνίες, η 2^η τάση αφορούσε την εισαγωγή προηγμένων ηλεκτρονικών μονάδων ελέγχου στις συσκευές⁷, η 3^η τάση αφορούσε την αυξανόμενη έμφαση σε

⁷ Έτσι για παράδειγμα η Whirlpool παρείχε τη δυνατότητα απόψυξης του φαγητού με το πάτημα ενός κουμπιού στο φούρνο. Στη συνέχεια ο φούρνος από μόνος του υπολόγιζε το σωστό χρόνο αλλά και την απαραίτητη ισχύ των θερμαντικών στοιχείων προκειμένου να ολοκληρωθεί η απόψυξη.

περιβαλλοντικά ασφαλή προϊόντα, αλλά και σε προϊόντα τα οποία είναι αποδοτικότερα στη χρήση πόρων. Έτσι για παράδειγμα έχουμε την κατάργηση των χλωροφθορανθράκων από τα ψυκτικά υγρά στις συσκευές ψύξης, καθώς και την αποτελεσματικότερη χρήση νερού και ηλεκτρικής ενέργειας στα πλαίσια συμμόρφωσης με τις νέες απαιτήσεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης σύμφωνα με την οδηγία Ecodesign (οικολογικού σχεδιασμού)⁸ και τον κανονισμό ενεργειακής σήμανσης συσκευών (European Commission, 2018).

Παρά τα χρόνια όμως σταθερής κερδοφορίας, η αγορά των λευκών οικιακών συσκευών υφίσταται πλέον σημαντικές αλλαγές. Πολλοί κατασκευαστές είχαν μεγάλη επιτυχία με τη στρατηγική τους «μηχανολογία για την αιωνιότητα», δίνοντας έμφαση στην παραγωγή σε οικονομίες κλίμακας, λόγω των ραγδαίων εξελίξεων στις τεχνολογίες παραγωγής, αφήνοντας την πώληση στο λιανικό εμπόριο. Αλλά η εποχή αυτή έχει περάσει ανεπιστρεπτί (Roland Burger, 2018).



Σχήμα 4-8: 5 Λόγοι Σύνδεσης Συσκευών στο Internet (προσαρμογή από Roland Burger, 2018)

Πλέον, δύο νέες τάσεις είναι αυτές που διαμορφώνουν τους «κανόνες του παιχνιδιού»: (i) η συνδεσιμότητα των συσκευών και (ii) το προσωποποιημένο μάρκετινγκ (Roland Burger, 2018). Όλοι οι κύριοι κατασκευαστές συσκευών προσπαθούν να αντιμετωπίσουν την πρόκληση και να φέρουν στην αγορά την επόμενη γενιά των ψηφιακών υπηρεσιών. Το Internet και η συνδεσιμότητα δεν είναι πλέον μόνο πρόσθετα χαρακτηριστικά όπως ήταν στο παρελθόν. Αποτελούν πλέον τον πυρήνα της τοποθέτησης προϊόντων και της επέκτασης της επωνυμίας αυτών (Roland Burger, 2018, ElectronicDesign, 2018a).

Η συνδεσιμότητα των συσκευών σε συνδυασμό με τις δυνατότητες που παρέχει η ψηφιακή τεχνολογία αποτελούν σημαντική νέα πηγή πληροφοριών για τους

⁸ Η οδηγία για τον οικολογικό σχεδιασμό (Ecodesign) παρέχει συνεκτικούς κανόνες σε επίπεδο ΕΕ για τη βελτίωση των περιβαλλοντικών επιδόσεων των προϊόντων, όπως οι οικιακές συσκευές, οι τεχνολογίες της πληροφορίας και της επικοινωνίας ή μηχανολογίας. Η οδηγία καθορίζει ελάχιστες υποχρεωτικές απαιτήσεις για την ενεργειακή απόδοση αυτών των προϊόντων. Αυτό συμβάλλει στη βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων και στην προστασία του περιβάλλοντος.

Ο κανονισμός για τη σήμανση της ενεργειακής κατανάλωσης (Energy Label Regulation) μπορεί να συμπληρώσει τις απαιτήσεις οικολογικού σχεδιασμού με υποχρεωτικές απαιτήσεις σήμανσης.

κατασκευαστές. Τα δεδομένα που λαμβάνουν συμβάλλουν στη διαμόρφωση, ανάπτυξη και υλοποίηση μίας πελατοκεντρικής στρατηγικής μιας και μπορούν να, προωθήσουν μια βαθύτερη κατανόηση και στενότερη αλληλεπίδραση με τους πελάτες δίνοντας έτσι την ευκαιρία για την απόκτηση και διατήρησή τους.

Η ίδια η συσκευή παρέχει πληροφορίες σχετικά με τη σωστή εγκατάστασή της ή την αποτελεσματική χρήση της. Επιπλέον, ακόμη και η δύσκολη συντήρηση γίνεται πολύ πιο εύκολη. Τα απαραίτητα ανταλλακτικά μπορούν να παραδοθούν πολύ πιο γρήγορα. Αυτό όχι μόνο ωφελεί τον πελάτη, αλλά και τους κατασκευαστές. Κάθε αγορά, χρήση ή επισκευή της οικιακής συσκευής παράγει σημαντικά στοιχεία, βοηθώντας τους κατασκευαστές να κατανοήσουν καλύτερα τους πελάτες τους, να παρέχουν υπηρεσίες υψηλότερης ποιότητας και πιο εξατομικευμένα προϊόντα. Το αποτέλεσμα είναι ελκυστικές ευκαιρίες για νέα επιχειρηματικά μοντέλα και πηγές εσόδων (βλ. Σχήμα 4-8).

Ταυτόχρονα, τα δεδομένα αυτά αποτελούν τη βάση για ένα νέο μοντέλο μάρκετινγκ και πωλήσεων, το οποίο μας οδηγεί στο προσωποποιημένο μάρκετινγκ. Πολλοί κατασκευαστές έχουν ήδη στοιχεία σχετικά με τη συμπεριφορά και τις προτιμήσεις των πελατών μέσω επαφών μετά την πώληση. Ωστόσο, η ακριβής χρήση αυτού του τύπου δεδομένων για πιο αξιόπιστες προβλέψεις πωλήσεων, καλύτερη τμηματοποίηση της αγοράς ή για πιο στοχοθετημένο σχεδιασμό καμπάνιας είναι εν εξελίξει για τους κατασκευαστές (Roland Burger, 2018).

4.2 Μελέτη περίπτωσης της εταιρίας παραγωγής οικιακών συσκευών Cousinaware A.B.E.

Η μελέτη περίπτωσης αφορά μία από τις κορυφαίες εταιρίες στο χώρο των οικιακών συσκευών τόσο σε πανευρωπαϊκό όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο. Για λόγους εμπιστευτικότητας η εταιρία δεν θα αναφέρεται με το πραγματικό της όνομα αλλά συμβολικά με το υποθετικό όνομα Cousinaware.

4.2.1 Πορτρέτο εταιρίας Cousinaware A.B.E.

Η Cousinaware είναι μία από τις κορυφαίες εταιρείες στον κόσμο στον κλάδο και ένας από τους μεγαλύτερους κατασκευαστές οικιακών συσκευών στην Ευρώπη. Το όραμα που καθοδηγεί τόσο τους υπαλλήλους όσο και την ίδια την εταιρία είναι η Cousinaware να αποτελεί την πρώτη επιλογή για τους καταναλωτές παγκοσμίως. Η Cousinaware φιλοδοξεί να βελτιώσει την ποιότητα ζωής των ανθρώπων με τις εξαιρετικές μάρκες, τα προϊόντα υψηλής ποιότητας και τις ανώτερες λύσεις τις.

Με περισσότερους από 61.800 υπαλλήλους παγκοσμίως, η Cousinaware αύξησε τα έσοδά της το 2017 σε περίπου 13,8 δισεκατομμύρια ευρώ. Η Cousinaware παράγει όλο το φάσμα σύγχρονων οικιακών συσκευών σε 42 εργοστάσια παγκοσμίως. Το χαρτοφυλάκιο προϊόντων της κυμαίνεται από κουζίνες, φούρνους και απορροφητήρες, πλυντήρια πιάτων, πλυντήρια και στεγνωτήρια, ψυγεία και καταψύκτες μέχρι μικρές συσκευές όπως ηλεκτρικές σκούπες, καφετιέρες ή επεξεργαστές τροφίμων.

Η εν εξελίξει ψηφιοποίηση δημιουργεί ακόμα πιο πολύπλοκες απαιτήσεις στις οικιακές συσκευές. Προκειμένου λοιπόν να ανταποκριθεί στις συνεχώς αυξανόμενες ανάγκες των καταναλωτών, η Cousinaware φιλοδοξεί να μεταμορφωθεί από έναν προμηθευτή οικιακών συσκευών σε μια εταιρεία που προσφέρει εξατομικευμένες ψηφιακές λειτουργίες, υπηρεσίες και περιεχόμενο επιπρόσθετα από τις οικιακές συσκευές.

Με τη λειτουργία SmartHome Connect, η Cousinaware προσφέρει μια ενιαία πλατφόρμα μεταξύ των μαρκών τις ως βάση για ένα ταχέως αναπτυσσόμενο οικοσύστημα συνδεδεμένων οικιακών συσκευών και υπηρεσιών που εστιάζουν στους καταναλωτές για μια ιδιαίτερη μελλοντική εμπειρία στην κουζίνα.

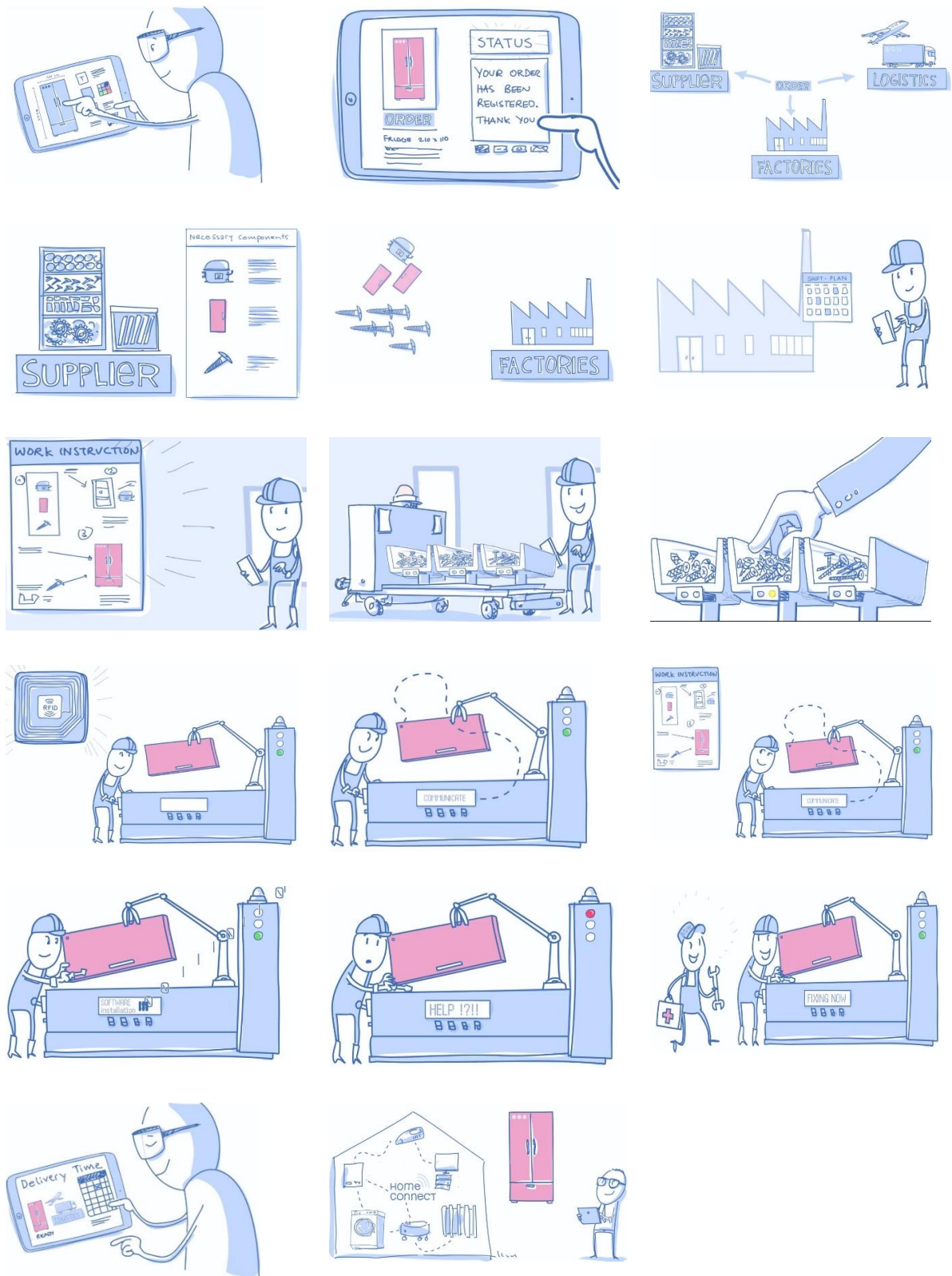
Με επίκεντρο τον πελάτη και τις ανάγκες του η Cousinaware εξελίσσει τα προϊόντα της. Για το λόγο αυτό δοκιμάζει μαζί με τους καταναλωτές πρωτότυπα και προϊόντα, σε εργαστήρια εμπειρίας χρηστών, υπό πραγματικές συνθήκες λειτουργίας σε όλες τις φάσεις της ανάπτυξης προϊόντων. Με τον τρόπο αυτό τα αποτελέσματα ενσωματώνονται συνεχώς στην ανάπτυξη νέων οικιακών συσκευών και λύσεων. Έτσι η Cousinaware μπορεί να ανταποκριθεί με ακρίβεια στις διαφορετικές ανάγκες των καταναλωτών: καινοτόμες και υψηλής ποιότητας οικιακές συσκευές που χαρακτηρίζονται όχι μόνο από το σχεδιασμό, τη φιλικότητα προς το χρήστη και την ενεργειακή απόδοση, αλλά και από πρόσθετα ψηφιακά οφέλη.

4.2.2 Ορισμός Industry 4.0 για την Cousinaware A.B.E.

Στη συνέχεια παραθέτουμε τον ορισμό του Industry 4.0 έτσι όπως αυτός γίνεται αντιληπτός στο πλαίσιο του στρατηγικού σχεδιασμού της επιχείρησης.

«Το I4.0 αποτελεί το στρατηγικό μας πρόγραμμα που επιτρέπει στους ανθρώπους μας, ως βασικούς παίκτες, να αξιοποιήσουν με τον καλύτερο δυνατό τρόπο τις καινοτόμες ψηφιακές λύσεις καθώς και τις λύσεις συνδεσιμότητας (IoT) κατά μήκος των πελατοκεντρικών ροών αξίας μας (source-make-delivery). Το I4.0 μας υποστηρίζει στην επίτευξη της λειτουργικής αριστείας, στην πραγματοποίηση της ψηφιακής μας μετάβασης και στη βελτίωση της πελατοκεντρικής μας προσέγγισης. Το I4.0

περιλαμβάνει σταδιακές βελτιώσεις των ψηφιακών διεργασιών, καθώς και επαναστατικό ανασχεδιασμό των ροών αξίας μας».



Σχήμα 4-9: Εφαρμογή του Industry 4.0 στο έξυπνο εργοστάσιο

Το παραπάνω σχήμα περιγράφει με έναν απλοποιημένο τρόπο πώς η ομπρέλα τεχνολογιών του Industry 4.0 επιτρέπει σε ένα εργοστάσιο να γίνει έξυπνο. Αυτό επιτυγχάνεται με την παρακάτω διαδικασία (βλ. Σχήμα 4-9):

Ο καταναλωτής παραγγέλνει μέσω του tablet του τη συσκευή προτίμησής του η οποία περιλαμβάνει σε πολύ υψηλό ποσοστό εξατομικευμένα χαρακτηριστικά (διαστάσεις, χρώμα, εξοπλισμό, ισχύ, εκτυπώσεις της επιλογής του κ.λ.π.). Από τη στιγμή της καταχώρησης της παραγγελίας ο πελάτης γνωρίζει την κατάσταση της παραγγελίας του και ενημερώνεται καθ' όλη την πορεία παραγωγής. Η παραγγελία ελέγχεται αυτόματα, απελευθερώνεται και διανέμεται προς υλοποίηση. Όλα τα εμπλεκόμενα μέρη, προμηθευτές, εργοστάσια, εφοδιαστική ενημερώνονται προκειμένου να υλοποιήσουν την παραγγελία.

Βάσει των απαιτήσεων επιλέγονται οι καλύτεροι προμηθευτές και τα εξαρτήματα παραγγέλλονται σε πραγματικό χρόνο, σύμφωνα με τον πίνακα υλικών. Οι προμηθευτές παραδίδουν απευθείας τα υλικά στις γραμμές παραγωγής του εργοστασίου. Ψηφιακά εργαλεία υποστηρίζουν τους εργαζόμενους προκειμένου να επιλέξουν τις βάρδιες παραγωγής και να στείλουν τις οδηγίες εργασίας κατευθείαν στις έξυπνες συσκευές στο εργοστάσιο παραγωγής.

Αυτοκινούμενα βαγόνια (Automated Guided Vehicles) παραδίδουν στις γραμμές τα απαραίτητα υλικά για την παραγωγή της συσκευής. Σε συνεργασία με το σύστημα pick to light⁹ αποφεύγονται σφάλματα συναρμολόγησης (τοποθέτηση λάθος εξαρτήματος, ή έλλειψη συναρμολόγησης εξαρτήματος) οδηγώντας έτσι σε καλύτερη ποιότητα. Οι συσκευές οι οποίες είναι εφοδιασμένες με τεχνολογία RFID, επικοινωνούν με τις μηχανές παραγωγής ενημερώνοντάς τες για τις απαραίτητες διεργασίες που πρέπει να εκτελέσουν.

Παράλληλα με τη διαδικασία συναρμολόγησης, απαραίτητο λογισμικό εγκαθιστάτε στη συσκευή και ελέγχεται. Εάν παρουσιασθεί κάποιο πρόβλημα, η μηχανή αυτόνομα ειδοποιεί το μηχανικό συντήρησης για την επιδιόρθωση. Από τη στιγμή που το προϊόν παραχθεί ο πελάτης μπορεί να επιλέξει την ακριβή ημερομηνία παράδοσης σύμφωνα

⁹ Οι αισθητήρες Pick-To-Light διασυνδέονται με ένα σύστημα ελέγχου προκειμένου να καθοδηγήσουν ένα χειριστή συναρμολόγησης ή ένα χειριστή αποθέματος μέσω μιας προκαθορισμένης ακολουθίας ενεργειών, συνήθως ενσωματώνοντας μια ενδεικτική λυχνία για να σηματοδοτήσει τον σωστό καλάθι. Ένα PLC ενεργοποιεί τον αισθητήρα στον σωστό κάδο και περιμένει να λάβει ένα σήμα επιβεβαιώνοντας ότι το σωστό εξάρτημα επιλέχθηκε πριν ενεργοποιήσει το επόμενο φως στην ακολουθία. <http://www.controlengurope.com/article/13322/Engineers-welcome-new-generation-of-Pick-to-Light-sensors.aspx>

με τις ανάγκες του. Το έτοιμο προϊόν μπορεί να ενσωματωθεί στο υπάρχον οικιακό δίκτυο των διασυνδεδεμένων συσκευών.

Από το παραπάνω παράδειγμα καθιστάτε σαφές ότι η παραγωγή εξατομικευμένων, προϊόντων έχει αντίκτυπο σε ολόκληρη την αλυσίδα αξίας. Αυτό σημαίνει ότι, για παράδειγμα, οι διαδικασίες στη γραμμή συναρμολόγησης πρέπει να προσαρμοστούν όχι μόνο για να εγκαταστήσουν το μεμονωμένο λογισμικό συσκευών, αλλά και για να παράγονται εξατομικευμένα προϊόντα πάνω στη γραμμή. Ταυτόχρονα, είναι επιθυμητή η αύξηση της παραγωγικότητας, από την προμήθεια εξαρτημάτων, μέσω της παραγωγής και μέχρι την παράδοση. Συνεπώς, τα δεδομένα πρέπει να είναι διαθέσιμα σε ολόκληρη τη ροή αξίας και να μπορούν να αναλυθούν ανά πάσα στιγμή, συμβάλλοντας έτσι στη συνεχή βελτίωση της διαδικασίας αλλά και της ποιότητας.

4.2.3 Όραμα Cousinaware A.B.E. για το Industry 4.0

Το όραμα της Cousinaware για μία συνδεδεμένη βιομηχανία γνωστό και “i4.0 connected Industry @ Cousinaware” διατυπώνεται ως εξής: «Για την καλύτερη στο είδος της ευελιξία τόσο στην οργάνωση όσο και στις ροές αξίας, όλα τα σχετικά στοιχεία είναι συνδεδεμένα σε έναν ευφυή πληροφοριακά κύκλο για τη βελτίωση της ταχύτητας, της ευελιξίας, της ποιότητας, του κόστους και της αποδοτικής χρήσης των πόρων. Οι άνθρωποί μας έχουν την αναγκαία υποστήριξη για να αξιοποιήσουν καλύτερα τις ικανότητές τους και να μειώσουν τη σωματική και συναισθηματική καταπόνηση».

4.2.4 Στρατηγικό Πλαίσιο εφαρμογής του Industry 4.0

Η εφαρμογή του Industry 4.0 βασίζεται στρατηγικά στους παρακάτω πέντε πυλώνες οι οποίοι συνοπτικά παρουσιάζονται στο Σχήμα 4-10. Μέσο της στρατηγικής αυτής η Cousinaware αποσκοπεί στη βελτίωση της ευελιξίας της παραγωγής, στην λειτουργική αριστεία, στην πιστοποίηση και διαχείριση των εργαζομένων της, στην προστασία του περιβάλλοντος και στην ασφάλεια των εργαζομένων, καθώς και στον ψηφιακό προγραμματισμό της παραγωγής.

Αυτό είναι το θεμέλιο που χρειάζεται για να αντιμετωπισθεί ένας αυξανόμενος αριθμός πολύπλοκων και συνδεδεμένων μοντέλων συσκευών προκειμένου να ανταποκριθεί η εταιρία με ευελιξία στις συνθήκες της αγοράς που αλλάζουν σύντομα. Επιπλέον, η στρατηγική αυτή θα βοηθήσει στη βελτίωση της «αντιληπτής ποιότητας» από τον καταναλωτή καθώς και στη γρηγορότερη παράδοση των συσκευών στους τελικούς καταναλωτές.

Ο στόχος του **1^{ου} πυλώνα** είναι η επίτευξη εξατομικευμένων παραγγελιών για τον πελάτη με μέγεθος παρτίδας ένα, σε όλες τις βασικές διεργασίες καθώς και η μείωση του χρόνου μεταξύ παραγγελίας και παράδοσης. Έχοντας αυτό σαν στόχο η Cusinawear επιδιώκει:

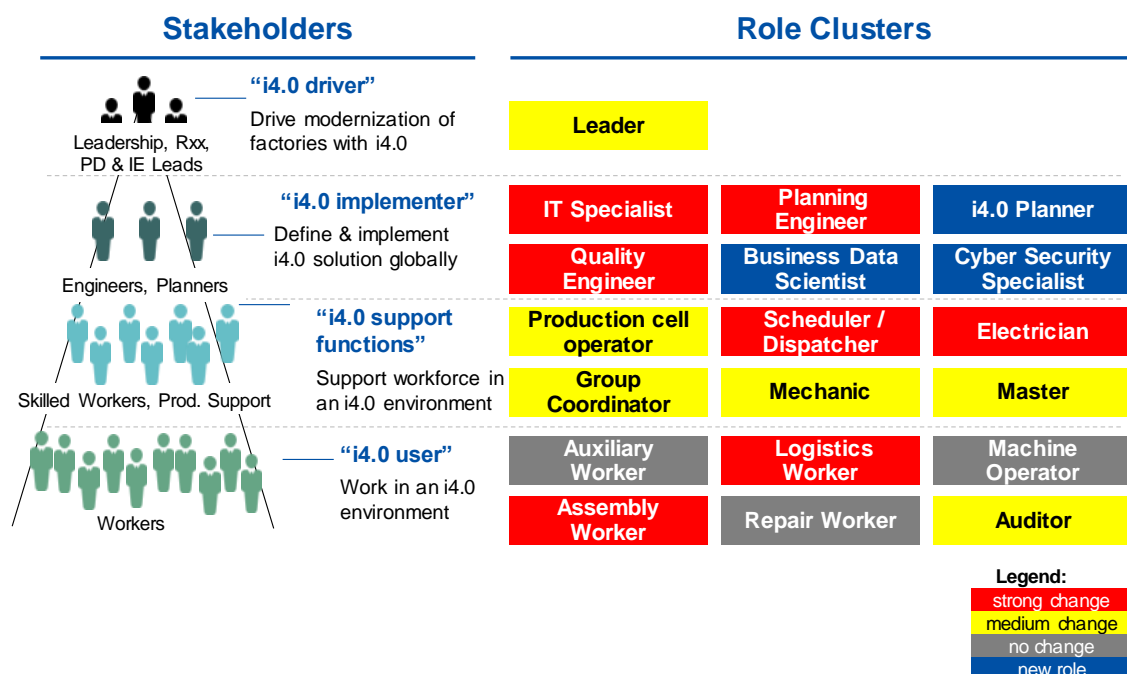
1. **Δημιουργία εξατομικευμένων προϊόντων** η οποία θα δώσει τη δυνατότητα για προέκταση νέων πελατών. Ο πελάτης μέσω ενός online περιβάλλοντος διαμόρφωσης μπορεί να πετύχει αυξημένη εξατομίκευση του προϊόντος. Επιπλέον θα έχει τη δυνατότητα σε πραγματικό χρόνο να παρακολουθεί την πορεία εξέλιξης της παραγγελίας του από το σημείο παραγγελίας μέχρι την παράδοση.
2. **Απευθείας πώληση και παράδοση στον καταναλωτή** και όχι μόνο μέσω του λιανικού εμπορίου, δίνοντας έτσι τη δυνατότητα για μεγαλύτερο περιθώριο κέρδους.
3. **Αποτελεσματική διαχείριση της πολυπλοκότητας του προϊόντος.** Οι αναλύσεις σε πραγματικό χρόνο και ο προηγμένος έλεγχος των διαδικασιών επιτρέπουν την άμεση ανάκτηση σφαλμάτων και ποιοτικών σφαλμάτων, ελαχιστοποιώντας την επιδιόρθωση και την απόρριψη, καθώς και τα αυτοματοποιημένα συστήματα αποθεμάτων - όπως τα ασύρματα συνδεδεμένα κιβώτια με κάμερες που αλλάζουν αυτόματα όταν το επίπεδο πλήρωσης τους πέφτει κάτω από ένα συγκεκριμένο όριο - να διασφαλιστεί ότι τα αποθέματα είναι ακριβή, τα εμπορεύματα μπορούν εύκολα να εντοπιστούν και τα αποθέματα ασφαλείας είναι επαρκή, αλλά όχι υπερβολικά.



Σχήμα 4-10: Οι 5 στρατηγικοί πυλώνες για την εφαρμογή του Industry 4.0

Ο **2^{ος} πυλώνας** έχει σα στόχο τη συνεχόμενη αύξηση της παραγωγικότητας κατά μήκος των ροών αξίας, μέσω ενός έξυπνου ελέγχου, βασιζόμενου στα συνδεδεμένα στοιχεία του ενεργητικού, για την προώθηση της έξυπνης λειτουργικής αριστείας. Οι απαραίτητες ενέργειες για την επίτευξη του παραπάνω στόχου επικεντρώνονται στη:

1. **Διαχείριση της παραγωγής σε πραγματικό χρόνο.** Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της αυτόματης απόκτησης δεδομένων και της απεικόνισής τους σε πραγματικό χρόνο με στόχο την αναγνώριση αποκλίσεων ώστε να ελαχιστοποιηθεί ο χρόνος αντίδρασης των εργασιών συντήρησης και επισκευής αλλά παράλληλα να διευκολυνθεί η λήψη αποφάσεων.
2. **Ανάλυση δεδομένων** και παρακολούθηση παραμέτρων από τις ίδιες τις μηχανές για την ανίχνευση αποκλίσεων και προληπτική επιδιόρθωσή τους.
3. **Συνεργατικά ρομπότ** τα οποία αλληλοεπιδρούν με τους εργαζόμενους προκειμένου να τους διευκολύνουν σε δύσκολες και επικίνδυνες εργασίες. Παράλληλα πληροφορίες σχετικές με το περιεχόμενο εργασίας εμφανίζονται στους εργαζόμενους με σκοπό τη βελτίωση της παραγωγικότητας και την αποφυγή λαθών.



Σχήμα 4-11: Η επίδραση του Industry 4.0 στις 19 συστάδες γενικών ρόλων του εργοστασίου

Ο 3^{ος} πυλώνας έχει σα στόχο την περαιτέρω παρακίνηση και κατάρτιση των ανθρώπων προκειμένου να οδηγήσουν την ψηφιοποίηση σε ολόκληρη τη ροή αξίας διαμορφώνοντας παράλληλα, με έναν κατάλληλο τρόπο, τον οργανισμό. Για την επίτευξη αυτού του στόχου απαιτείται η υλοποίηση 2 βασικών έργων:

1. **Κατάρτιση & Μαθητεία.** Το έργο αυτό υποδιαιρείται σε τέσσερα υπό έργα: (i) καθορισμός συστάδων όλων των βασικών εργασιών που πραγματοποιούνται στα εργοστάσια. (ii) ανάλυση όλων των αλλαγών που απαιτούνται στο εργατικό δυναμικό λόγω του Industry 4.0. Στο Σχήμα 4-11 φαίνεται το αποτέλεσμα της

ανάλυσης περισσότερων από τριακόσιους ρόλους οι οποίοι συναντώνται στα εργοστάσια παραγωγής του ομίλου. Οι ρόλοι αυτοί ομαδοποιήθηκαν σε δεκαεννέα γενικούς ρόλους και σε τέσσερα επίπεδα ιεραρχίας, ξεκινώντας από τον απλό χρήστη (βάση της πυραμίδας) μέχρι τον εργαζόμενο που αποτελεί τον κύριο μοχλό για τον εκσυγχρονισμό του εργοστασίου σύμφωνα με τις επιταγές του Industry 4.0. Επιπλέον στο Σχήμα 4-11 καταδεικνύεται η ανάγκη για νέους ρόλους και επιπλέον φαίνονται οι ρόλοι που θα επηρεαστούν σημαντικά έως καθόλου από το Industry 4.0. (iii) μέσω των δύο παραπάνω θα πρέπει να εξαχθούν ανάγκες για δεξιότητες αλλά και πλάνο με τις απαιτήσεις κατάρτισης προκειμένου να κλείσουν ή να ελαχιστοποιηθούν τα κενά που προκύπτουν από τις απαιτήσεις για εργασία σε ένα ψηφιοποιημένο περιβάλλον. (iiii) Ανάπτυξη πίνακα δεξιοτήτων και εξειδικευμένων προγραμμάτων μαθημάτων. Ο απώτερος σκοπός είναι η δυνατότητα παραγωγής αυτοματοποιημένων πλάνων βαρδιών βάση των δεξιοτήτων αλλά και της διαθεσιμότητας των εργαζομένων, καθώς και η δυνατότητα ενεργοποίησης και χειρισμού των μηχανών μόνο από εργαζόμενους που διαθέτουν την απαραίτητη κατάρτιση.

2. **Ηγεσία στις εγκαταστάσεις παραγωγής.** Το έργο αυτό απαιτεί μία τυποποιημένη ατζέντα συζήτησης-επικοινωνίας, σε καθημερινή βάση, μεταξύ των εμπλεκόμενων στην παραγωγή προκειμένου να γίνει αποτελεσματικότερη η διαχείρισή της. Επιπλέον μέσου του έργου ενθαρρύνεται η ενεργός εμπλοκή όλων των εργαζομένων της παραγωγής σε διαδικασίες συνεχούς βελτίωσης προκειμένου να αναπτυχθούν σε μεγαλύτερο βαθμό η υπευθυνότητα αλλά και η επιχειρηματικότητα. Οι υπεύθυνοι των διεργασιών αναφέρουν στον προϊστάμενό τους το αποτέλεσμα των βασικών δεικτών απόδοσης (Ποιότητα, Παραγωγικότητα, Ασφάλεια) και μπορούν να κλιμακώσουν προβλήματα στο διευθυντή του εργοστασίου.

Ο 4^{ος} πυλώνας αποσκοπεί στην ενίσχυση ενός ασφαλούς περιβάλλοντος εργασίας για τους υπαλλήλους και στη βελτίωση των φιλικών προς το περιβάλλον διεργασιών σε όλη την αλυσίδα αξίας. Ο πυλώνας αυτός εστιάζει σε τέσσερις τομείς δράσεις

1. **Ενοποιημένη πλατφόρμα αναφορών για την ασφάλεια και τις περιβαλλοντικές επιδόσεις.** Τα υπάρχοντα δεδομένα από τα διαφορετικά συστήματα αναφορών θα έχουν απευθείας σύνδεση με τη νέα πλατφόρμα δίνοντας τη δυνατότητα δημιουργίας εξατομικευμένων αναφορών σε πραγματικό χρόνο για όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη.
2. **Αποφυγή ατυχημάτων μεταξύ προσωπικού και κινούμενων οχημάτων.** Τα ατυχήματα αυτά μπορούν να αποβούν πάρα πολύ σοβαρά. Για το λόγο αυτό επιβάλλεται ο προσδιορισμός τεχνικών λύσεων όπως για παράδειγμα η δυνατότητα

μείωσης της ταχύτητας των οχημάτων σε προκαθορισμένες περιοχές ή η δυνατότητα προσαρμογής της ταχύτητας λαμβάνοντας υπόψη την απόσταση του οχήματος από τον εργαζόμενο.

3. **Ψηφιακή απεικόνιση υποδείξεων ασφαλείας.** Οι υποδείξεις ασφαλούς εργασίας εξαρτώνται από το είδος της δραστηριότητας. Πολλές φορές, προφορικές οδηγίες μπορούν εύκολα να ξεχασθούν ή δεν είναι διαθέσιμες όταν πραγματικά χρειάζονται. Για το σκοπό αυτό οθόνες ή λύσεις επαυξημένης πραγματικότητας όπως για παράδειγμα έξυπνα γυαλιά μπορούν να παρέχουν τις αναγκαίες υποδείξεις ασφαλείας εκεί που ακριβώς χρειάζονται. Επιπλέον τα συστήματα αυτά έχουν τη δυνατότητα ανανέωσης του περιεχομένου τους πολύ γρήγορα και με μεγάλη ευκολία.
4. **Ανάλυση δεδομένων κατανάλωσης ενέργειας.** Περίπου 10 με 20 εκατομμύρια δεδομένα καταγράφονται ετησίως για την παρακολούθηση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, ενέργειας για ψύξη, θέρμανση, κατανάλωσης φυσικού αερίου, πεπιεσμένου αέρα και νερού. Προκειμένου να μειωθεί το κόστος και να γίνει η απαραίτητη βελτιστοποίηση στην κατανάλωση ενέργειας, χρησιμοποιείται σπάντα λογισμικό για την συλλογή και καταγραφή δεδομένων από τους μετρητές. Παράλληλα όμως τεχνικές όπως ανάλυση μαζικών δεδομένων πρέπει να αναπτυχθούν κυρίως για τις βασικές διεργασίες καθώς και για τους μεγαλύτερους καταναλωτές ενέργειας.

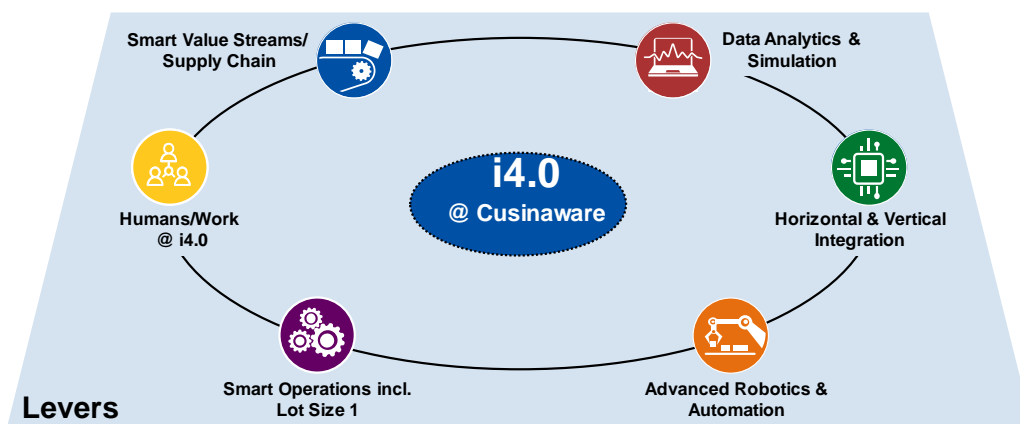
Ο **5^{ος} πυλώνας** επικεντρώνεται στην παροχή ψηφιακών καινοτομικών εργαλείων για το εργοστάσιο καθώς και τον για το εργονομικό σχεδιασμό των θέσεων εργασίας τα οποία θα θέσουν τη βάση για το Industry 4.0, για το IoT και τις μελλοντικές ψηφιακές λύσεις. Για την επίτευξη αυτού του στόχου απαιτείται η υλοποίηση 2 βασικών έργων:

1. **Ψηφιακός προγραμματισμός για συνεργατικά ρομπότ.** Αυτό απαιτεί τη δημιουργία μοντέλων προσομοίωσης, πριν τη σταδιακή εγκατάστασή τους, προκειμένου να ελεγχθούν – διασφαλισθούν (i) θέματα ασφαλείας από τη συνεργασία ρομπότ – ανθρώπων (ii) απρόσκοπτη λειτουργία και αποφυγή συγκρούσεων με τις εγκαταστάσεις της παραγωγής, (iii) θέματα εργονομίας θέσεων εργασίας.
2. **Ψηφιακή υποστήριξη για τους εργαζόμενους.** Στόχος είναι η δημιουργία – παροχή ψηφιακών πληροφοριών για τη διευκόλυνση των εργαζομένων. Έτσι για παράδειγμα έχουμε την ενσωμάτωση των οδηγιών εργασίας στο ψηφιακό μοντέλο. Αυτό δίνει τη δυνατότητα της αυτόματης δημιουργίας του πίνακα διεργασιών (BOP,

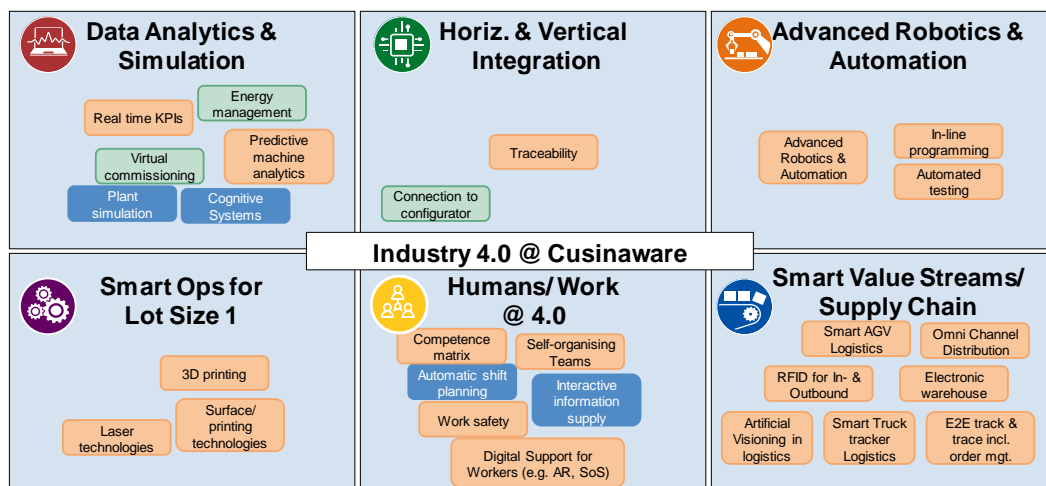
Bill of Processes) από τα δεδομένα του συστήματος διαχείρισης του κύκλου ζωής προϊόντος (PLM¹⁰). Παράλληλα, στόχος είναι και η δημιουργία μίας κεντρικής βιβλιοθήκης με BOP και Bill Of Resources (BOR) η οποία θα παρέχει τη δυνατότητα της δυναμικής δημιουργίας του BOP ανάλογα με το παραγόμενο μοντέλο.

4.2.5 Καίριοι μοχλοί υλοποίησης Industry 4.0

Έχοντας σαν οδηγό της η Cusinaware τους παραπάνω πέντε στρατηγικούς πυλώνες (βλ. Σχήμα 4-10), οι οποίοι καθορίζουν το πλαίσιο εφαρμογής του Industry 4.0, έχει επιλέξει έξι καίριους μοχλούς για την υλοποίηση των τεχνολογιών του Industry 4.0 οι οποίοι θεωρεί ότι θα προσδώσουν περαιτέρω αξία στο υπάρχων μοντέλο αξίας.



Σχήμα 4-12: Έξι καίριοι μοχλοί για την υλοποίηση του Industry 4.0



A Wave - immediate action needed **B** Wave - detail to be worked out in '17 **C** Wave - on hold

Σχήμα 4-13: Τομείς δράσεις & τεχνολογικές λύσεις για την υλοποίηση του Industry 4.0

¹⁰ Στη βιομηχανία ο όρος Product Lifecycle Management χρησιμοποιείται για να υποδηλώσει τη διεργασία διαχείρισης ολόκληρου του κύκλου ζωής ενός προϊόντος από τη σύλληψη της ιδέας, μέσω του σχεδιασμού και της κατασκευής μέχρι την τεχνική υποστήριξη – επιδιόρθωση και την ανακύκλωσή του (Xu et. al., 2018b).

Για κάθε έναν από τους μοχλούς αυτούς έχουν προσδιορισθεί οι απαραίτητοι τομείς δράσης καθώς και οι απαραίτητες τεχνολογικές λύσεις προκειμένου να υποστηρίξουν τους τομείς δράσης (βλ. Σχήμα 4-13). Η υλοποίηση των απαιτήσεων – τεχνολογικών λύσεων θα εφαρμοσθεί σε τρία κύματα. Το πρώτο κύμα αφορά ενέργειες οι οποίες πρέπει να γίνουν άμεσα. Το δεύτερο κύμα βρίσκεται στο στάδιο λεπτομερούς σχεδιασμού, ενώ τέλος το τρίτο κύμα βρίσκεται σε κατάσταση αναμονής.

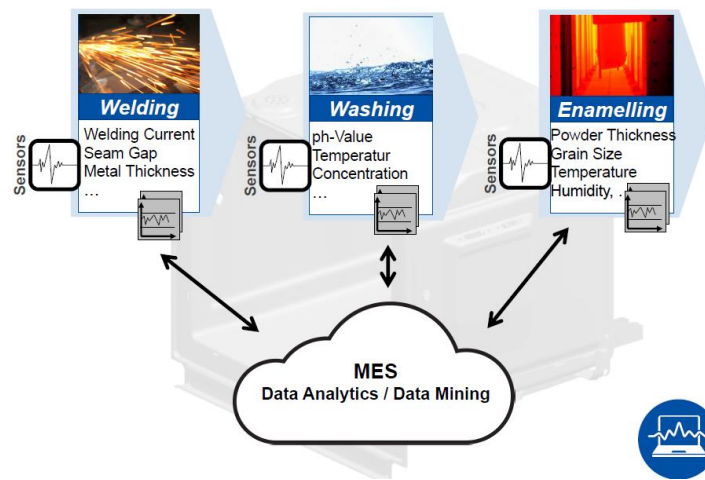
Στη συνέχεια θα περιγράψουμε κάθε έναν από τους καίριους μοχλούς υλοποίησης καθώς και τις απαραίτητες τεχνολογίες.

4.2.5.1 Ανάλυση Δεδομένων & Προσομοίωση

Επικεντρώνεται στην ανάλυση και πρόβλεψη από τη συλλογή – επεξεργασία μαζικών δεδομένων, διαθέσιμων σε πραγματικό χρόνο και στην προσομοίωση των διεργασιών παραγωγής. Πιο συγκεκριμένα:

Απεικόνιση KPIs (Key Performance Indicators) σε πραγματικό χρόνο. Τα δεδομένα της παραγωγής (τεμάχια που παράχθηκαν, τεμάχια που έπρεπε να είχαν παραχθεί, απόκλιση) εμφανίζονται (σχεδόν) σε πραγματικό χρόνο (βλ. Σχήμα 4-15). Παράλληλα τα δεδομένα αυτά αναλύονται (με συσχετισμούς και αποκλίσεις) και παρουσιάζονται οι πιθανές αιτίες. Για παράδειγμα αναλύεται η μείωση του OEE (Overall Equipment Effectiveness) σε συσχετισμό με τις μεταβαλλόμενες παραμέτρους παραγωγής των ανάντη διαδικασιών. Επιπλέον η επικοινωνία μηχανής με μηχανή προσφέρει ευελιξία στην παραγωγική διαδικασία. Διεξάγεται αυτόματη, πολυδιάστατη ανάλυση αιτίου – αιτιατού και προσδιορίζονται τα κατάλληλα μέτρα.

Προβλεπτική Αναλυτική. Αποσκοπεί στην ανάλυση των δεδομένων μηχανής / προϊόντος για την εκτίμηση / πρόβλεψη δυνητικών σταματημάτων, καθώς και για τον προσδιορισμό του κύκλου συντήρησης προκειμένου να διασφαλισθεί η ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων. Με τον τρόπο αυτό προγραμματίζεται η εκτέλεση προληπτικών εργασιών συντήρησης σε κατάλληλα χρονικά διαστήματα, μειώνεται ο χρόνος σταματημάτων και εκτιμάται – βελτιστοποιείται το απόθεμα ανταλλακτικών για την προληπτική συντήρηση.



Σχήμα 4-14: Γνωστικά συστήματα αναλύουν παραμέτρους διεργασιών & εντοπίζουν αποκλίσεις.

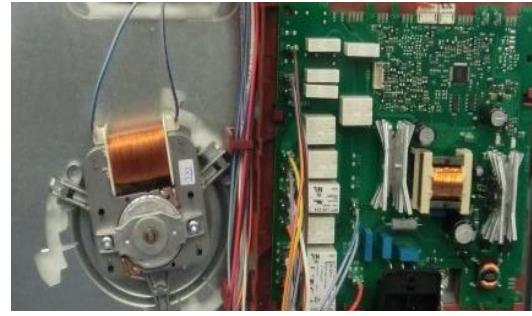
Γνωστικά Συστήματα. Μέσω των συστημάτων αυτών τόσο κατά τη φάση λειτουργίας των μηχανών όσο και κατά τη διάρκεια εκτέλεσης των διεργασιών στην παραγωγή και στην εφοδιαστική, συλλέγονται δεδομένα μετρήσεων. Με βάση τα δεδομένα αυτά καθορίζονται αποκλίσεις από προκαθορισμένες παραμέτρους διεργασίας καθώς και από παραμέτρους ελέγχου των επιμέρους βημάτων των διεργασιών σύμφωνα με τις καθορισμένες ονομαστικές τιμές. Έτσι για παράδειγμα κατά την ευαίσθητη διεργασία της επισμάλτωσης των φούρνων, παράμετροι που σχετίζονται με τη διεργασία συγκόλλησης, απολίπανσης και επισμάλτωσης καταγράφονται και συγκρίνονται με τη βάση δεδομένων προκειμένου να διαπιστωθούν αποκλίσεις & να διορθωθούν ανάλογα. (βλ. Σχήμα 4-14).

Προσομοίωση παραγωγικής μονάδας. Βελτιστοποίηση παραγωγικότητας συσχετιζόμενων παραγωγικών διεργασιών μέσω προσομοίωσης. Βοηθά στον προσδιορισμό της επίδρασης των αποκλίσεων και στη βελτιστοποίηση / επικύρωση των επενδύσεων (π.χ. σύγκριση εναλλακτικών λύσεων, ανάλυση σεναρίων, βελτιστοποίηση χώρων προσωρινής αποθήκευσης), βλ. Σχήμα 4-15.

Εικονική ανάθεση. Η προσομοίωση είναι η βάση για την εικονική ανάθεση. Μέχρι σήμερα αυτό γίνεται από τους προμηθευτές. Στόχος είναι η δημιουργία του ψηφιακού διδύμου της τρισδιάστατης εγκατάστασης. Η εικονική ανάθεση προσομοιώνει την πλήρη παραγωγική διαδικασία και το πρόγραμμα ελέγχου μπορεί να εξαχθεί και να χρησιμοποιηθεί απευθείας στην πραγματική μηχανή. Μέσω της εικονικής ανάθεσης οι χρόνοι σταδιακής υλοποίησης των διαδικασιών μπορούν να μειωθούν. Η εικονική ανάθεση επιβάλλεται για πολύπλοκες, δαπανηρές, αυτοματοποιημένες μηχανές όπου απαιτούνται συχνές αλλαγές (βλ. Σχήμα 4-15).



(a)



(b)

Σχήμα 4-16: (a) Πλατφόρμα διαμόρφωσης συσκευής & (b) συλλογή δεδομένων από συσκευές σε λειτουργία και σε επίπεδο εξαρτήματος

Ιχνηλασιμότητα. Πολλά διαφορετικά δεδομένα είναι διαθέσιμα σήμερα, αλλά είναι δύσκολο να συνδεθούν, γιατί αφενός μεν μπορεί να σχετίζονται με διαφορετικές επιχειρηματικές διαδικασίες και αφετέρου δε οι παράμετροί τους αποθηκεύονται σε διαφορετικές βάσεις δεδομένων (π.χ. βάση δεδομένων παραγωγής, βάση δεδομένων προμηθευτή, βάση δεδομένων εξυπηρέτησης πελατών). Η όποια ταυτοποίηση φθάνει σε επίπεδο σειριακού αριθμού συσκευής και όχι σε επίπεδο εξαρτήματος είτε ιδιοπαράγόμενου είτε αγοραζόμενου με μεγάλη ακρίβεια (βλ. Σχήμα 4-16).

Στόχος είναι η συλλογή δεδομένων συσκευών μέσω των οποίων μπορούν να ταυτοποιηθούν τα επιμέρους εξαρτήματα και να εξαχθούν πληροφορίες όπως π.χ. συνθήκες παραγωγής τους, συνθήκες λειτουργίας καθώς και τρόπος λειτουργίας στον πελάτη μέσω της ειδικής εφαρμογής Home Connect, καθώς επίσης και δεδομένα από την υπηρεσία εξυπηρέτησης πελατών, όπως επισκευή ή αντικατάσταση.

Αυτό αποτελεί τη βάση για την ανάλυση δεδομένων προς την κατεύθυνση της βελτίωσης – βελτιστοποίησης της παραγωγικής διαδικασίας, της ανίχνευσης ποιοτικών προβλημάτων με στόχο την αύξηση της ικανοποίησης των πελατών. Όλα τα δεδομένα του κύκλου ζωής πρέπει να είναι διαθέσιμα και να μπορούν να συνδεθούν. Έτσι η παραγωγή μπορεί να βελτιστοποιηθεί με βάση τα δεδομένα αυτά (π.χ. σε πόσο διάστημα χάλασε, υπό ποιες συνθήκες λειτουργίας, ποιες ήταν οι παράμετροι παραγωγής, οι συνθήκες αποθήκευσης κ.λ.π.). Επιπλέον τα δεδομένα αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν δεδομένα αναφοράς στην ανάπτυξη νέων προϊόντων καθώς και στη βελτιστοποίηση των υπαρχόντων.

4.2.5.3 Προηγμένη Ρομποτική & Αυτοματισμοί

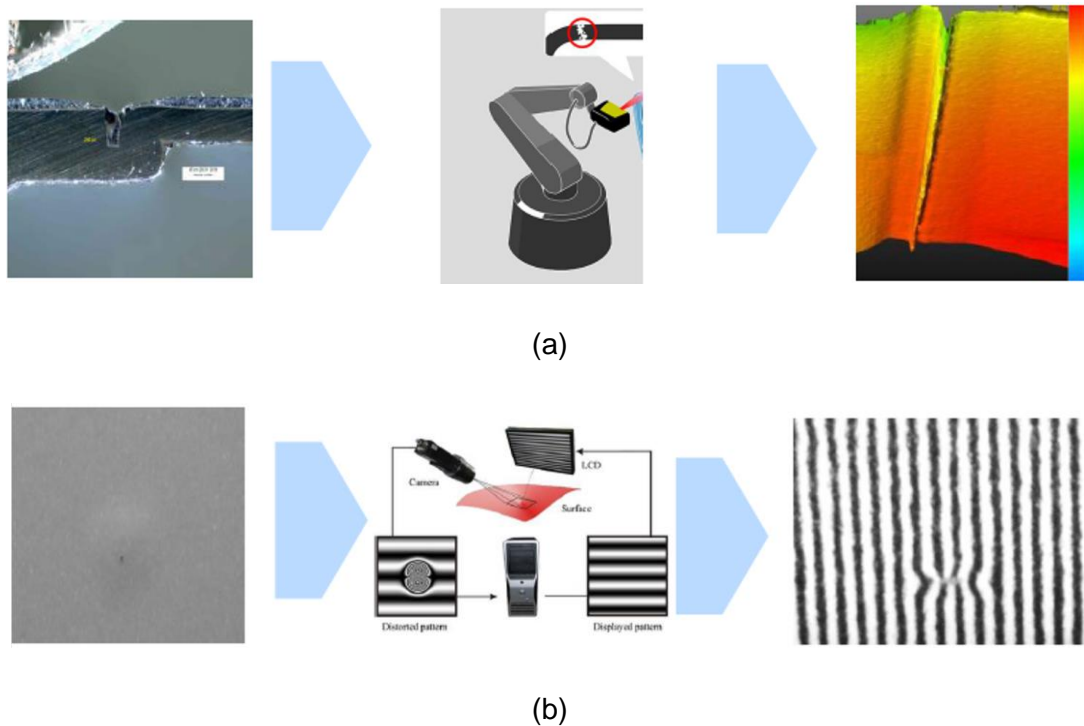
Στόχος είναι η χρήση "έξυπνων" ρομπότ, ο προγραμματισμός των συσκευών στη γραμμή παραγωγής, καθώς και ο αυτοματοποιημένος έλεγχος των συσκευών προκειμένου να αυξηθεί η λειτουργική αριστεία.

Αυτοματοποιημένος έλεγχος συσκευών. Ο έλεγχος του τελικού προϊόντος στη γραμμή παραγωγής δεν είναι ομοιογενής στα διάφορα εργοστάσια παραγωγής με αποτέλεσμα να δυσκολεύεται η ανιχνευσιμότητα μια και δεν μπορεί να αναπτυχθεί μία ενιαία λύση. Ο όποιος έλεγχος, απαιτήσεις αλλαγών καθώς και η συλλογή δεδομένων βρίσκεται στα χέρια των προμηθευτών που παρέχουν τους σταθμούς ελέγχου.

Παράλληλα, μεταξύ των εργοστασίων υπάρχουν διαφορετικές λύσεις για αυτοματοποιημένες δοκιμές στη γραμμή παραγωγής. Το πράγμα γίνεται όλο και πιο σύνθετο μια και λόγω των πολλών παραλλαγών σε επίπεδο διασυνδεδεμένων συσκευών στο οικιακό δίκτυο, υπάρχουν απαιτήσεις για μεγάλο αριθμό εκδόσεων λογισμικού με διαφορετικές απαιτήσεις δοκιμών αλλά και ανιχνευσιμότητας. Ως εκ τούτου, πρέπει να οριστεί μια τυποποιημένη διαδικασία για τους σταθμούς δοκιμών αλλά και για τα προγράμματα ελέγχου ώστε να μειωθεί η εξάρτηση από τους προμηθευτές. Έτσι σχεδιάζεται η λογική / δομή για τη διανομή δοκιμαστικών προγραμμάτων καθώς και η αποθήκευση των παραμέτρων δοκιμής. Η διαδικασία από πλευρά πληροφορικής θα πρέπει να γίνει πιο ισχυρή.

Προγραμματισμός συσκευών στη γραμμή παραγωγής. Επί του παρόντος, υπάρχουν διαφορετικές ετερογενείς λύσεις για τον προγραμματισμό των ηλεκτρονικών των συσκευών στη γραμμή παραγωγής. Αυτό το θέμα καθίσταται ακόμα πιο σημαντικό λόγω των διασυνδεδεμένων προϊόντων, του μεγάλου αριθμού εκδόσεων λογισμικού για τον προγραμματισμό τους, αλλά και λόγω της απαίτησης για αποστολή μελλοντικών ενημερώσεων λογισμικού απευθείας στον καταναλωτή.

Ως εκ τούτου, πρέπει να καθοριστεί μία τυποποιημένη / δομημένη διαδικασία εντός της εταιρίας αλλά και εκτός που θα περιλαμβάνει για παράδειγμα τον τρόπο διανομής του λογισμικού στον καταναλωτή.



Σχήμα 4-17: Ρομπότ ειδικού τύπου με διατάξεις αισθητήρων για: (a) έλεγχο ποιότητας ραφής συγκόλλησης, (b) έλεγχο ξένου σώματος σε εμαγιέ επιφάνεια.

Προηγμένη ρομποτική και αυτοματισμοί. Σκοπός της προηγμένης ρομποτικής και αυτοματισμού είναι η δημιουργία επιχειρησιακής αριστείας για την παραγωγή με έξυπνη χρήση: Αυτόνομων ρομπότ, για τη διακίνηση π.χ. υλικών από και προς τη γραμμή παραγωγής ή/και την αποθήκη, αυτοματοποίηση χαμηλού κόστους για εργασίες π.χ βιδώματος κοχλιών καθώς, συνεργαζόμενα ρομπότ, όπως για παράδειγμα για τον προγραμματισμό των συσκευών, αλλά και ρομπότ ειδικών απαιτήσεων για οπτικό έλεγχο επιφανειών αλλά και έλεγχο ποιότητας ραφής συγκόλλησης (βλ. Σχήμα 4-17).

4.2.5.4 Έξυπνες λειτουργίες για μοναδιαίο μέγεθος παρτίδας

Πλεονεκτήματα από τη χρήση νέων τεχνολογιών όπως η 3D εκτύπωση, η εκτύπωση επιφανειών και οι τεχνολογίες λέιζερ επιτρέπουν τη δημιουργία εξατομικευμένων προϊόντων.

Εκτυπώσεις επιφανειών. Οι τεχνολογίες για εκτυπώσεις επιφανειών είναι αρκετά ώριμες και διαθέσιμες για πολλές προδιαγραφές (υλικά / σχεδιασμός / απαιτήσεις χρώματος). Προδιαγραφές ανάλογα με τα εξαρτήματα τυποποιούνται και υποστηρίζουν την παραγωγική διαδικασία με πολλές παραλλαγές, επιτρέποντας παράλληλα, μέσω της τυποποίησης, υψηλή ποιότητα και ευκολία στην εσωτερική επίβλεψη. Οι προδιαγραφές αυτές είναι συνδεδεμένες με το MES σύστημα της επιχείρησης.

Τεχνολογία λείζερ. Οι τεχνολογίες λείζερ για κοπή και ένωση εξαρτημάτων είναι αρκετά ώριμες και διαθέσιμες για πολλές προδιαγραφές (υλικά / σχεδιασμός). Συστήματα ευέλικτα συντονισμένα για εργασίες (προϊόντα, υλικά, έντυπα κ.λπ.) Προδιαγραφές ανάλογα με τα εξαρτήματα τυποποιούνται και υποστηρίζουν την παραγωγική διαδικασία με πολλές παραλλαγές, επιτρέποντας παράλληλα, μέσω της τυποποίησης, υψηλή ποιότητα και ευκολία στην εσωτερική επίβλεψη. Παράλληλα οι παράμετροι κατεργασίας των υλικών καταχωρούνται στο MES σύστημα της επιχείρησης διευκολύνοντας έτσι τη διαδικασία ποιοτικού ελέγχου.

Τρισδιάστατη εκτύπωση. Η τεχνολογία αυτή χρησιμοποιείται ήδη κατά τη φάση σχεδιασμού και ανάπτυξης νέου προϊόντος (ταχεία προτυποποίηση). Η Τρισδιάστατη εκτύπωση διευκολύνει την κατά παραγγελία παραγωγή εξαρτημάτων. Η τεχνολογία αυτή βρίσκεται σε καλό στάδιο ωριμότητας και με την πάροδο του χρόνου γίνεται όλο και πιο οικονομική. Η ωρίμανση της τεχνολογίας όμως και η σχέση κόστους-αποτελεσματικότητας (υλικά / αποδοτικότητα / ποιότητα) χρειάζεται περεταίρω διερεύνηση. Έτσι με τη χρήση της τεχνολογίας αυτής μπορούν να παραχθούν εξαρτήματα πολύπλοκης γεωμετρίας με οικονομικά αποδοτικό τρόπο. Στόχος πέρα από τη ένταξή της στην παραγωγική διαδικασία είναι η αποκεντρωμένη τρισδιάστατη εκτύπωση να καταστεί διαθέσιμη στα κέντρα εξυπηρέτησης πελατών για την παραγωγή ανταλλακτικών κατά παραγγελία.

4.2.5.5 Άνθρωποι / Εργασία στο Industry 4.0

Αποσκοπεί στη διευκόλυνση της εργασίας των εργαζομένων παρέχοντας ψηφιακή υποστήριξη για προηγμένη ασφάλεια και ποιότητα εργασίας ενώ παράλληλα δίνει τη δυνατότητα δημιουργίας ευέλικτων και αυτοοργανωμένων δομών εργασίας.

Αυτόματος προγραμματισμός βαρδιών. Σήμερα ο υπεύθυνος βαρδιών σχεδιάζει τις βάρδιες που βασίζονται σε αρχείο excel και οι ομάδες κάνουν επιπλέον έλεγχο για να αποφευχθούν πιθανά λάθη προγραμματισμού τους. Οι πληροφορίες σχετικά με τα προσόντα των εργαζομένων βασίζονται σε υποκειμενική κρίση. Επιπλέον οι αιτήσεις απουσίας είναι διαθέσιμες λίγο πριν την έναρξη των βαρδιών.

Στόχος είναι τα πλάνα βαρδιών να σχεδιάζονται και να εκδίδονται αυτόματα βάσει του πλάνου παραγωγής και του πίνακα προσόντων των εργαζομένων. Οι επικεφαλής των βαρδιών παίρνουν ένα πλήρες σχέδιο βαρδιών μαζί με την εναλλαγή θέσεων εργασίας κατά τη διάρκεια της ημέρας. Οι υπάλληλοι λαμβάνουν το ατομικό τους σχέδιο εργασίας και την ανάθεση του σταθμού εργασίας τους. Οι ειδοποιήσεις μπορούν να αποστέλλονται από το weChat, το whatsapp ή άλλες πλατφόρμες επικοινωνίας, πριν ο

υπάλληλος προσεγγίσει την περίμετρο του εργοστασίου ή συνδεθεί με την εργασία. Η διαχείριση χρόνου γίνεται σύμφωνα με τις εργασίες ανάθεσης.

Ψηφιακή υποστήριξη για τους εργαζόμενους. Στην τρέχουσα κατάσταση ο εργαζόμενος εργάζεται σύμφωνα με το πρότυπο φύλλο εργασίας, το οποίο εκτυπώνεται σε χαρτί στο γραφείο των εργοδηγών. Αυτό δεν δίνει τη δυνατότητα να αναλυθούν οι πραγματικές επιδόσεις των εργαζομένων καθώς και η πιθανή βελτίωση της εργονομίας της θέσης εργασίας.



(a)

(b)

Σχήμα 4-18: (a) Ψηφιακή υποστήριξη για τους εργαζόμενους, (b) διαδραστική συλλογή πληροφοριών

Σκοπός της ψηφιακής υποστήριξης των εργαζομένων είναι η παροχή ενός πληροφοριακού συστήματος για τη σταθεροποίηση και βελτιστοποίηση της απόδοσής τους. Το σύστημα αυτό θα μπορεί να υποστηρίξει οδηγίες χειρωνακτικής εργασίας με υποβοήθηση – καθοδήγηση από επαυξημένη πραγματικότητα προκειμένου να βελτιωθούν οι οδηγίες εργασίας (βλ. Σχήμα 4-18). Αυτό θα επιτυγχάνεται μέσω μίας διαμορφωμένης πλατφόρμας για έξυπνη καθοδήγηση των εργαζομένων και ασφαλή εκτέλεση της εργασίας.

Διαδραστική παροχή πληροφοριών. Σήμερα η συλλογή πληροφοριών από τις διάφορες θέσεις εργασίας για πιθανά προβλήματα, η επίλυσή τους και η ανατροφοδότηση των λύσεων ή απαραίτητων ενεργειών αποφυγής, γίνονται μέσω χειρωνακτικής διαδικασίας. Στόχος είναι η μεταφορά των δεδομένων ποιότητας, σε πραγματικό χρόνο, στη σχετική θέση εργασίας, όχι μόνο από το σταθμό επιδιόρθωσης προϊόντων, αλλά και από το σπίτι του πελάτη. Η διαδικασία αυτή μπορεί να υποστηριχθεί π.χ. μέσω μίας οθόνης ή ενός έξυπνου ρολογιού και είναι απαραίτητη για την παραγωγή προϊόντος με τη σωστή ποιότητα. Η πληροφορία αυτή επιπλέον τροφοδοτεί το σύστημα PLM με τα διδάγματα για τις απαραίτητες βελτιώσεις των εξαρτημάτων τα οποία θα χρησιμοποιηθούν από το τμήμα ανάπτυξης προϊόντων.

Πίνακας ικανοτήτων. Ο Πίνακας Ικανοτήτων (competence matrix) παρέχει ένα σχέδιο κατάρτισης για τους εργαζόμενους τόσο για την πρακτική τους άσκηση όσο και για τη σταθερότητα στην ποιότητα της εργασίας τους. Οι δεξιότητες και οι εκπαιδεύσεις των υπαλλήλων είναι εναρμονισμένες με το αντικείμενο της εργασίας τους, ώστε να αποφευχθεί ο τραυματισμός τους. Παράλληλα με την εργασία τους παρέχεται μια αυτορρυθμιζόμενη πλατφόρμα για την καθοδήγηση των εργαζομένων και τον ασφαλή έλεγχο της τήρησης των διαδικασιών η οποία είναι κατάλληλη για μια ευρεία ποικιλία συναρμολογήσεων. Ο εργαζόμενος υποστηρίζεται μέσω της επαυξημένης πραγματικότητας προκειμένου να βελτιώσει την επαγγελματική του κατάρτιση (βλ. Σχήμα 4-18). Τα προγράμματα κατάρτισης εργαζομένων προσαρμόζονται σε ατομικό επίπεδο ανάλογα με την πρόοδο εκμάθησης.

Ασφάλεια εργασίας. Οι οδηγίες ασφαλείας για τα μηχανήματα ψηφιοποιούνται και μεταδίδονται στους υπαλλήλους ανάλογα με τη θέση τους. Το σύστημα ασφαλείας αναγνωρίζει τη θέση των εργαζομένων και τους ενημερώνει ενεργά για τους κινδύνους μέσω διαδραστικών συμβουλών και προειδοποιήσεων. Έτσι για παράδειγμα ο μηχανικός συντήρησης ξεκινώντας τη συντήρηση σε μια νέα μηχανή, την πρώτη φορά, παίρνει τις απαραίτητες οδηγίες ασφαλείας σύμφωνα με τον πίνακα δεξιοτήτων του.

Αυτοοργανωμένες ομάδες. Οι αυτοοργανωμένες ομάδες επιτρέπουν στους υπαλλήλους να συμμετέχουν ενεργά στον προγραμματισμό και στην κατανομή των βαρδιών τους, καθώς και των εργάσιμων ημερών. Αυτό γίνεται με έξυπνο λογισμικό που λαμβάνει υπόψη τις δεξιότητες των εργαζομένων, τις ώρες εργασίας, τους κανονισμούς εργασίας και τον χρόνο ανάπαυσης καθώς και τις αργίες και τις υπερωρίες. Ο χρόνος που πρέπει να δαπανήσει ένας εργοδηγός για την οργάνωση των βαρδιών ειδικότερα στις περιπτώσεις επιπλέον βαρδιών ή αλλαγής βαρδιών μειώνεται σημαντικά.

4.2.5.6 Έξυπνες ροές αξίας και εφοδιαστικής

Αποσκοπεί στην έξυπνη εφοδιαστική με παρακολούθηση της ροής υλικών καθ' όλο το μήκος της εφοδιαστικής αλυσίδας με παράλληλη αύξηση της ψηφιοποίησης των μεταφορών από τον εφοδιασμό μέσω της παραγωγής και μέχρι την παράδοση.

RFID για εισερχόμενα και εξερχόμενα. Η τεχνολογία RFID επιτρέπει την αυτοματοποιημένη εξ' αποστάσεως ταυτοποίηση των υλικών παραγωγής και των τελικών προϊόντων στα διάφορα στάδια της αλυσίδας αξίας από τον προμηθευτή / εργοστάσιο μέχρι τον πελάτη, προκειμένου να βελτιώσει τον έλεγχο της διαδικασίας, την παρακολούθηση, τον εντοπισμό και τη διαχείριση των αποθεμάτων σε ολόκληρη την αλυσίδα εφοδιασμού.

Συνδέει όλους τους εταίρους της εφοδιαστικής αλυσίδας για περισσότερη ακρίβεια και διαφάνεια της διαδικασίας, εξαλείφοντας τις χειροκίνητες παρεμβάσεις. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω ετικετών RFID που είναι ενσωματωμένες σε παλέτες / κιβώτια στην περίπτωση των υλικών παραγωγής ή στις συσκευές στην περίπτωση των ετοιμών προϊόντων.

Αυτό επιτρέπει την αυτόματη παρακολούθηση των προϊόντων κατά την φόρτωση / εκφόρτωση, τις μεταβολές των αποθεμάτων, τη μεγιστοποίηση της ακρίβειας των δεδομένων και την αύξηση της συνολικής παραγωγικότητας στις αποθήκες. Έτσι βελτιώνεται η ποιότητα των παραδόσεων και παρέχεται καλύτερη εξυπηρέτηση τόσο για τους πελάτες όσο και για το εργοστάσιο καθώς και αύξηση της παραγωγικότητας στις καθημερινές επιχειρήσεις εφοδιαστικής.

Πολυκαναλική διανομή. Η αλυσίδα εφοδιασμού σαν ραχοκοκαλιά μίας πολυκαναλικής στρατηγικής μάρκετινγκ αποτελεί το έναυσμα για μία οικονομικά αποδοτική αλλά και εξατομικευμένη εξυπηρέτηση. Η ύπαρξη πολυκαναλικών αποθηκών μπορεί να υποστηρίξει διαφορετικές απαιτήσεις των διαδικτυακών αλλά και των εκτός σύνδεσης καναλιών B2B και B2C σαν μέρος ενός ευέλικτου δικτύου που μπορεί να ανταποκριθεί στην μεταβαλλόμενη ζήτηση και τις προσδοκίες των πελατών, προσφέροντας έτσι μια σειρά από υπηρεσίες προστιθέμενης αξίας.

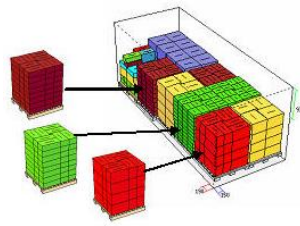
Η διαθεσιμότητα του αποθέματος υποστηρίζεται από τεχνολογία RFID ενώ η κατ' οίκον παράδοση παράλληλα με τη δυνατότητα εγκατάστασης της συσκευής συμβάλλει στη βελτίωση της εμπειρίας του πελάτη.

Εφοδιαστική με έξυπνα αυτοκινούμενα αμαξίδια. (Automated Guided Vehicles). Δίκτυα από έξυπνα AGVs προσαρμόζονται μεμονωμένα ώστε να τροφοδοτούν τόσο την αποθήκη όσο και το εργοστάσιο. Τα AGVs των αποθηκών καθοδηγούμενα μέσω WiFi ακολουθούν προδιαγεγραμμένες διαδρομές προκειμένου να συλλέξουν το έτοιμο προϊόν ή τα υλικά παραγωγής από καθορισμένες θέσεις σύμφωνα με το πρόγραμμα τροφοδοσίας (βλ. Σχήμα 4-19(a)).

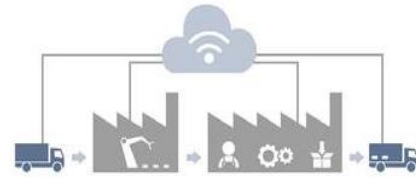
Τεχνητή όραση στην εφοδιαστική. Αποσκοπεί στον έλεγχο της ποιότητας και ποσότητας των εμπορευμάτων προκειμένου να επικυρωθεί το τελικό προϊόν κατά τη διαδικασία φόρτωσης και εκφόρτωσης. Ελέγχεται επίσης ο βαθμός πλήρωσης των φορτηγών με σκοπό τη βελτιστοποίηση φόρτωσης και τη μείωση του κόστους διακίνησης (βλ. Σχήμα 4-19(b)).



(a)



(b)



(c)

Σχήμα 4-19: (a) Smart AGV, (b) βελτιστοποίηση φόρτωσης, (c) παρακολούθηση αλυσίδας εφοδιασμού σε πραγματικό χρόνο

Παρακολούθηση και ανίχνευση από άκρη σε άκρη. Χρήση επόμενης γενιάς συστημάτων παρακολούθησης και ανίχνευσης παρέχουν, σε πραγματικό χρόνο, διαφάνεια καθ' όλη την αλυσίδα εφοδιασμού. Έτσι μέσω ενός «σύννεφου αλυσίδας εφοδιασμού» ενσωματώνονται δεδομένα τους προμηθευτές την παραγωγή μέχρι τους μεταφορείς, προκειμένου να διασφαλιστεί ότι όλοι οι ενδιαφερόμενοι θα καθοδηγούνται και θα αποφασίζουν με βάση τα ίδια γεγονότα (βλ. Σχήμα 4-19(c)).

Το εύρος των πληροφοριών φτάνει σε μεγάλο βάθος, όπως η ακριβής θέση των φορτηγών, η παρακολούθηση της πορείας της παραγγελίας μέσω διαδικτύου και ο επανασχεδιασμός σε πραγματικό χρόνο, λαμβάνοντας υπόψη τους περιορισμούς όλων των ενδιαφερόμενων μερών. Με το τρόπο αυτό βελτιώνεται η αξιοπιστία αλλά παράλληλα δίνεται η δυνατότητα ακριβής προσδιορισμού της ημερομηνίας παράδοσης του προϊόντος οδηγώντας έτσι σε μία αναβαθμισμένη εμπειρία πελάτη.

Ηλεκτρονική αποθήκη. Μέσω του συστήματος αυτού, που αποτελεί προσθήκη στο υπάρχων σύστημα διαχείρισης αποθήκης (Warehouse Management System), ετικέτες RFID ενσωματώνονται στις παλέτες, στα ράφια και στα κουτιά επιτρέποντας έτσι την ευφυή διαχείρισή της. Το σύστημα RFID-WMS συμβάλλει στην επίτευξη καλύτερου ελέγχου απογραφής, στη διαφάνεια πληροφοριών και στη βελτίωση της λειτουργικής αποδοτικότητας. Καλάθια υλικών που ελέγχουν το απόθεμά τους, σε συνδυασμό με τα συστήματα pick to light⁹ στη γραμμή παραγωγής δίνουν τη δυνατότητα για ένα σύστημα αυτόματης παραγγελίας.

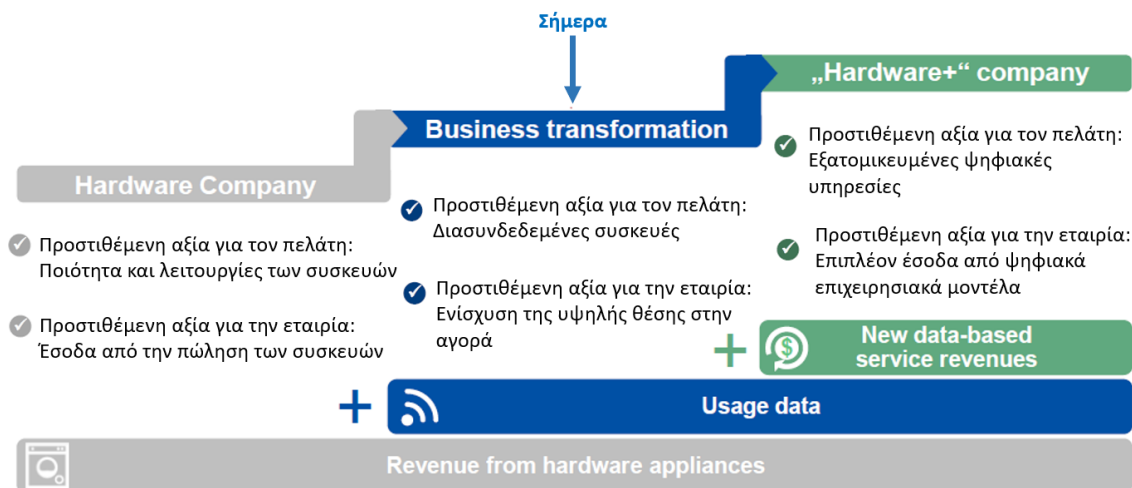
Εφοδιαστική με ανίχνευση έξυπνων φορτηγών. Σήμερα τα υλικά παραδίδονται σε παλέτες και καταχωρούνται χειροκίνητα. Με τον ανιχνευτή φορτηγών σε συνδυασμό με RFID, οι ροές υλικού από τους προμηθευτές καθώς και οι παραδόσεις μπορούν να προγραμματιστούν και να καταγραφούν απευθείας στο WMS. Ο ανιχνευτής φορτηγών θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί από την άποψη μιας πιο ευέλικτης διαχείρισης από το δρόμο μέχρι τα τελικά προϊόντα να φθάσουν στην αποθήκη

Ο ανιχνευτής φορτηγών αποθηκεύει τα δεδομένα των υλικών που φορτώνονται στο φορτηγό και επικοινωνεί με το WMS κατά τη λήψη των υλικών. Ο ανιχνευτής φορτηγών κατευθύνει τα παράθυρα παράδοσης και τους χρόνους αποβάθρας της εισερχόμενης αποθήκης και καταγράφει το υλικό απευθείας στο WMS. Οι χρόνοι σύνδεσης στην αποβάθρα μπορούν να χρεώνονται στους προμηθευτές.

4.2.6 Επίδραση του Industry 4.0 στο επιχειρησιακό μοντέλο της Cusinaware

Η Cusinaware σήμερα εμπορεύεται οικιακές συσκευές κυρίως σε συνεργάτες B2B (π.χ. λιανοπωλητές). Η εταιρεία έχει πολύ μικρή άμεση επαφή με τον καταναλωτή κατά τη διάρκεια της αγοράς αλλά και κατά τη διάρκεια χρήσης / κύκλου ζωής των προϊόντων της. Ο συμβατικός κύκλος ζωής του προϊόντος αποτελεί συχνά ένα μαύρο κουτί για την εταιρία όσον αφορά συσκευές οι οποίες δεν είναι συνδεδεμένες στο διαδίκτυο.

Ο κύκλος αυτός ξεκινά με την πώληση της συσκευής και το μόνο διακριτό σημείο επαφής με τον πελάτη παρέχετε μέσω της κλήσης προς το τμήμα εξυπηρέτησης πελατών κατά την περίπτωση που η συσκευή χρειάζεται επιδιόρθωση λόγω βλάβης. Ο κύκλος τελειώνει όταν η συσκευή φθάσει στο τέλος χρήσης της και πραγματοποιείται μια νέα πώληση στον αντιπρόσωπο. Η Cusinaware επιδιώκει την απευθείας προσέγγιση και κατανόηση των πελατών μέσω της παροχής διασυνδεδεμένων συσκευών.



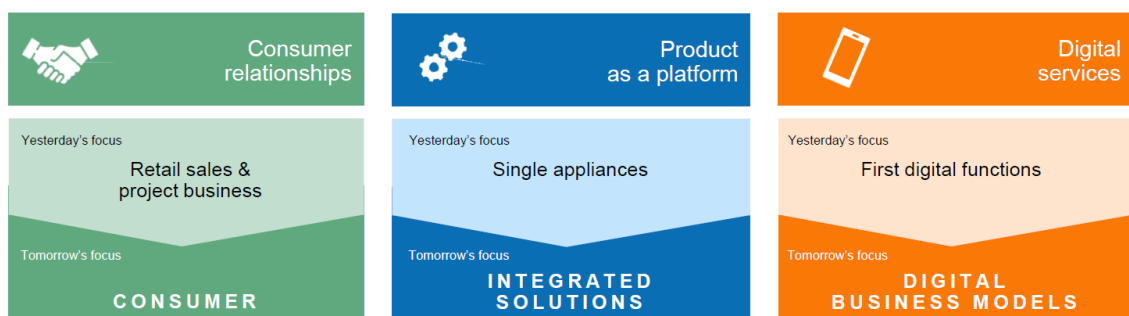
Σχήμα 4-20: Μετασηματισμός της επιχείρησης από κατασκευαστή οικιακών συσκευών (Hardware) σε επιχείρηση που προσφέρει ψηφιακές λειτουργίες, περιεχόμενο και υπηρεσίες (Hardware+)

Η ψηφιοποίηση αλλάζει σημαντικά τον κλάδο των λευκών οικιακών συσκευών (βλέπε § 4). Ως αποτέλεσμα, τα υφιστάμενα επιχειρηματικά μοντέλα, οι οργανωτικές δομές και τα προϊόντα της εταιρείας κινδυνεύουν να ξεπεραστούν ή να αντικατασταθούν

μακροπρόθεσμα. Μέχρι το έτος 2030, η εταιρία πέρα από τις ποιοτικά αποδεδειγμένες οικιακές συσκευές της θέλει να αναπτυχθεί περαιτέρω και να καταστεί ηγέτιδα του βιομηχανικού κλάδου της, στις ψηφιακές υπηρεσίες και εμπειρίες στην κουζίνα για διασυνδεδεμένους καταναλωτές.

Για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος η εταιρία θέλει σταδιακά να μετασηματισθεί από έναν προμηθευτή οικιακών συσκευών (Hardware) σε μια εταιρεία που εμπορεύεται εξατομικευμένες ψηφιακές λειτουργίες, υπηρεσίες και περιεχόμενο, επιπρόσθετα από τις συσκευές. Η εξέλιξη αυτή καθίσταται δυνατή από τις νέες τεχνολογικές δυνατότητες που δημιουργούνται συνδέοντας τις οικιακές συσκευές στο Διαδίκτυο. Έτσι ο στόχος της Cusinaware για το μέλλον δεν είναι απλώς μια εταιρεία “Hardware”, αλλά μια εταιρεία “Hardware +” (βλέπε Σχήμα 4-20).

Σήμερα η Cusinaware βρίσκεται στο μέσο του ψηφιακού μετασηματισμού της έχοντας διαθέσει πάνω από ένα εκατομμύριο συσκευές με δυνατότητα σύνδεσης στο διαδίκτυο παρέχοντας έτσι και τις πρώτες ψηφιακές υπηρεσίες της. Έτσι για παράδειγμα ο καταναλωτής έχει τη δυνατότητα: (i) να ελέγξει το περιεχόμενο του ψυγείου του και να ρυθμίσει τη θερμοκρασία του, ενώ είναι εκτός σπιτιού, (ii) να ανοίξει και να κλείσει την κουζίνα του, να ενημερωθεί για την πορεία ψησίματος και να στείλει τις ρυθμίσεις ψησίματος απευθείας από το κινητό του στη συσκευή, (iii) να ελέγξει τη λειτουργία του πλυντηρίου ρούχων, να επιλέξει διαδραστικά μέσω του κινητού του το βέλτιστο πρόγραμμα πλύσης λαμβάνοντας υπόψη, το είδος των ρούχων, και το χρώμα τους και στη συνέχεια, η συσκευή λαμβάνοντας υπόψη το βάρος των ρούχων και τη σκληρότητα του νερού, να υπολογίσει αυτόματα την ποσότητα του απορρυπαντικού αλλά και του μαλακτικού για το βέλτιστο αποτέλεσμα κ.λ.π.



Σχήμα 4-21: Τρεις θεμελιώδεις πυλώνες για το μετασηματισμό της επιχείρησης από “Hardware” σε “Hardare +”

Προκειμένου λοιπόν η επιχείρηση να επεκτείνει περαιτέρω τις ψηφιακές της υπηρεσίες, που θα της δώσουν τη δυνατότητα να εμπλουτίσει την πρόταση αξίας της και να

εδραιώσει το ρόλο της ως ηγέτιδα, στις ψηφιακές υπηρεσίες στο διασυνδεδεμένο σπίτι, εστιάζει στρατηγικά σε τρεις πυλώνες (βλέπε Σχήμα 4-21):

4.2.6.1 Ανάπτυξη σχέσεων με τον καταναλωτή (Consumer relationship)

Τα τελευταία χρόνια, η επιχείρηση επικεντρώνεται όλο και περισσότερο στον καταναλωτή. Βλέπει τον καταναλωτή ως μέρος της ομάδας-στόχου για μια από τις μάρκες της. Αυτό που έχει μόλις λάβει υπόψη μέχρι σήμερα είναι ότι υπάρχουν και πολλοί διαφορετικοί άνθρωποι μέσα σε αυτές τις ομάδες-στόχους: Μερικοί απολαμβάνουν το μαγείρεμα, άλλοι αγαπούν την απλότητα, ένα άτομο αγαπάει το κρέας, το άλλο είναι χορτοφάγος.

Ο στόχος της εταιρίας είναι να κατανοήσει ακόμα καλύτερα στο μέλλον τι είναι αυτό που κάνει τους μεμονωμένους καταναλωτές να επιλέξουν, πώς μαγειρεύουν και κάνουν τις οικιακές τους εργασίες και πώς χρησιμοποιούν τις εφαρμογές τους ή τις συσκευές τους. Αυτό γίνεται κυρίως με την ανάλυση των δεδομένων χρήσης από τους καταναλωτές. Οι καταναλωτές επωφελούνται ιδιαίτερα από τις συνδεδεμένες συσκευές, εάν μπορούν να έχουν πρόσβαση σε υπηρεσίες που είναι προσαρμοσμένες στις συγκεκριμένες ανάγκες τους.

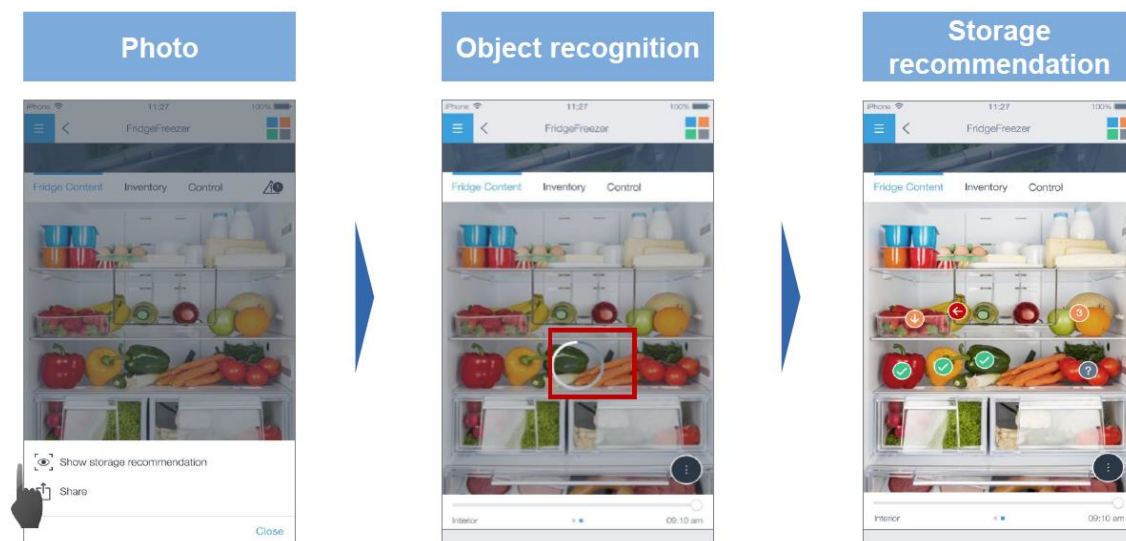
Αυτό βέβαια προϋποθέτει την προθυμία των καταναλωτών να παράσχουν τα απαραίτητα στοιχεία. Από την άλλη η απάντηση της επιχείρησης σε πιθανές ανησυχίες είναι ότι εγγυάται τη μέγιστη προστασία των προσωπικών δεδομένων των καταναλωτών της.

4.2.6.2 Το προϊόν ως πλατφόρμα (Product as a platform)

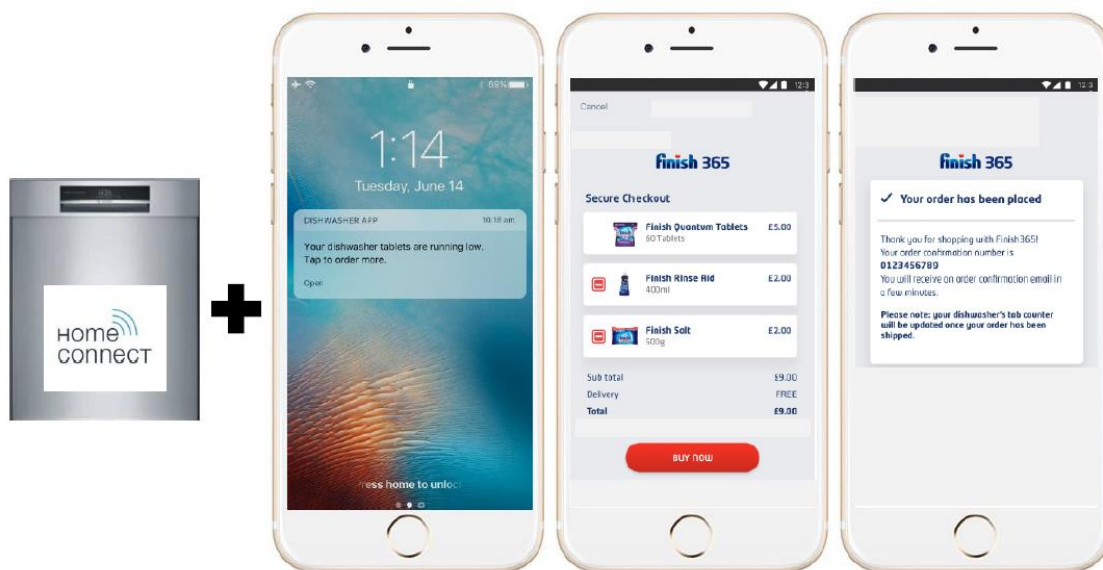
Οι οικιακές συσκευές θα εξελιχθούν στο μέλλον, με τέτοιο τρόπο, ώστε να αποτελέσουν όλο και περισσότερο "δεξαμενές" ή "φορείς" ψηφιακών υπηρεσιών. Έτσι εάν πάρουμε για παράδειγμα ένα smartphone, γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι η ίδια η συσκευή δεν διαθέτει εξαιρετικές τεχνικές δυνατότητες. Η κύρια προστιθέμενη αξία για τον καταναλωτή προκύπτει μέσω των υπηρεσιών. Με άλλα λόγια, μέσω των εφαρμογών που κατεβάζει.

Η εικόνα-στόχος για τις οικιακές συσκευές της Cusinaware βασίζεται στην ίδια ιδέα. Οι συσκευές γίνονται ευφυείς φορείς, στους οποίους μπορούν να εγκατασταθούν οι υπηρεσίες. Οι συσκευές σήμερα είναι ήδη έξυπνες (π.χ. μέσω των αισθητήρων και της τεχνολογίας που διαθέτουν) και προσφέρουν ήδη προστιθέμενη αξία για τον καταναλωτή με τις βασικές λειτουργικές τους δυνατότητες. Ο μακροπρόθεσμος στόχος

είναι να αποτελέσουν αυτές οι συσκευές την πλατφόρμα για την ανάπτυξη ψηφιακών υπηρεσιών.



Σχήμα 4-22: Το προϊόν ως πλατφόρμα για την ανάπτυξη εφαρμογών



Σχήμα 4-23: Ψηφιακή υπηρεσία αυτόματης παραγγελίας ταμπλετών πλυντηρίου πιάτων

Έτσι για παράδειγμα ένας διασυνδεδεμένος ψυγείοκαταψύκτης εφοδιασμένος με ένα αισθητήρα ελέγχου φρεσκάδας στο θάλαμό του, μπορεί να μας πληροφορήσει για τη σωστή τοποθέτηση ή όχι των φρούτων και λαχανικών στα ράφια καθώς επίσης και για τη φρεσκάδα αυτών. Στη συνέχεια χρησιμοποιώντας ένα σχετικό δείκτη φρεσκάδας και εκτιμώντας τη διάρκεια ζωής τους, βάση της θερμοκρασίας του ψυγείου, μπορεί να προτείνει ποια φρούτα και λαχανικά πρέπει να χρησιμοποιηθούν πρώτα, ή να προτείνει μία αναδιάταξη αυτών στα ράφια προκειμένου να επεκταθεί η διάρκεια ζωής τους (βλέπε Σχήμα 4-22). Το ψυγείο μπορεί επίσης να ταιριάζει τα διαθέσιμα προϊόντα στο θάλαμό

του, με επιθυμητές συνταγές από συνεργαζόμενα websites και να προτείνει την παρασκευή φαγητών βάσει των διαθέσιμων υλικών.

4.2.6.3 Ψηφιακές υπηρεσίες (Digital services)

Οι ψηφιακές υπηρεσίες αποτελούν το αποκορύφωμα πίσω από τον ψηφιακό μετασχηματισμό και βασίζονται στους δύο προαναφερθέντες πυλώνες. Με την εντατικοποίηση των σχέσεων με τους πελάτες, με έναν τρόπο που να βασίζεται στη λήψη δεδομένων, η Cusinaware μπορεί να κατανοήσει καλύτερα τους καταναλωτές της έτσι ώστε να μπορεί να τους προσφέρει εξατομικευμένες υπηρεσίες στα διασυνδεδεμένα προϊόντα τους. Με αυτές τις υπηρεσίες μπορεί να δημιουργήσει επιπλέον έσοδα.

Έτσι για παράδειγμα στις Η.Π.Α. καθώς και στο Η.Β. παρέχεται ήδη η υπηρεσία Amazon Dash Replenishment. Μέσω της υπηρεσίας αυτής μπορεί να γίνει αυτόματη παραγγελία ταμπλετών πλυντηρίου πιάτων. Το πλυντήριο πιάτων μετράει τον αριθμό των κύκλων πλυσίματος και γνωρίζει πόσες ταμπλέτες έχει χρησιμοποιήσει ο καταναλωτής. Όταν οι εναπομένουσες ταμπλέτες είναι λίγες, η υπηρεσία παραγγέλνει αυτόματα τις ταμπλέτες, βάσει κανόνων που έχει ορίσει ο χρήστης και αποστέλλει μια πλήρη επιβεβαίωση μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου, με δυνατότητα ακύρωσης της παραγγελίας (βλέπε Σχήμα 4-23).

Βιβλιογραφία Κεφαλαίου 4

- Carolis, A., Macchi, M., Negri, E., Terzi, S., (2017) Guiding manufacturing companies towards digitalization a methodology for supporting manufacturing companies in defining their digitalization roadmap, *International Conference on Engineering, Technology and Innovation*, 487-495
- Crnjac, M., Veža, I., Banduka, N., (2017) From Concept to the Introduction of Industry 4.0, *International Journal of Industrial Engineering and Management*, 8: 21-30
- Pessl, E., Sorko, S.R., Mayer, B. (2017), Roadmap Industry 4.0 – Implementation Guideline for Enterprises, *International Journal of Science, Technology and Society*, 5(6): 193-202
- Schuh, G., Kelzenberg, C., Wiese, J., Stracke, F. (2018), Industry 4.0 implementation framework for the producing industry, *Journal of Advances in Technology and Engineering Research*, 4(2): 79-90
- Xu, L., Xu, E., Li, L. (2018b), Industry 4.0: state of the art and future trends, *International Journal of Production Research*, 56:8, 2941-2962
- BCG, (2016) Inside OPS. Are your operations ready for a digital revolution? [Πρόσβαση 10 Ιανουαρίου 2019], <http://media-publications.bcg.com/BCG-Inside-OPS-Jul-2016.pdf>
- ElectronicDesign, (2018a) Domestic Digitalization: Wireless in Home Appliances (Part 1) [Πρόσβαση 16 Δεκεμβρίου 2018],
<https://www.electronicdesign.com/print/76758>.
- ElectronicDesign, (2018b) Domestic Digitalization: Wireless in Home Appliances (Part 2) [Πρόσβαση 16 Δεκεμβρίου 2018],
<https://www.electronicdesign.com/print/77067>
- European Commission, (2018) Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs [Πρόσβαση 16 Δεκεμβρίου 2018],
http://ec.europa.eu/growth/industry/sustainability/ecodesign_en
- McKinsey Digital, (2016) Industry 4.0 after the initial hype Where manufacturers are finding value and how they can best capture it. [Πρόσβαση 26 Οκτωβρίου 2018],
https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/business%20functions/mckinsey%20digital/our%20insights/getting%20the%20most%20out%20of%20industry%204%200/mckinsey_industry_40_2016.ashx
- Roland Berger, (2018) The White goods Market [Πρόσβαση 16 Δεκεμβρίου 2018],
<https://www.rolandberger.com/en/Point-of-View/The-white-goods-market.html>

5 Συμπεράσματα – Προτάσεις

Η αυξανόμενη συνένωση της βιομηχανικής παραγωγής και των τεχνολογιών πληροφοριών και επικοινωνίας έφεραν στο προσκήνιο το “Industry 4.0” στον μεταποιητικό κλάδο (Arnold, *et. al.*, 2016). Το φαινόμενο αυτό καθιστά δυνατή τη σύνδεση πληροφοριών, αντικειμένων και ανθρώπων λόγω της σύγκλισης του φυσικού και εικονικού κόσμου υπό τη μορφή των Κυβερνο-Φυσικών Συστημάτων (CPS). Αυτό επιτρέπει την ενεργοποίηση του μετασχηματισμού των εργοστασίων σε έξυπνα περιβάλλοντα (Kagermann, *et. al.*, 2013, Hozdić, 2015).

Οι τεχνολογίες που συνθέτουν το Industry 4.0 επιτρέπουν τη σύνδεση μηχανημάτων και αισθητήρων, δημιουργώντας έτσι μια συνδυασμένη πλατφόρμα για συλλογή και ενοποίηση δεδομένων κατά μήκος της αλυσίδας αξίας. Κατάλληλα διαμορφωμένοι κανόνες επιτρέπουν την αυτοματοποιημένη λήψη αποφάσεων ακόμη και χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση. Αναλύοντας ένα συνδυασμένο σύνολο δεδομένων, το σύστημα επιτρέπει μια καλά τεκμηριωμένη απόφαση σε πραγματικό χρόνο καθώς και την ικανότητα πρόβλεψης προβλημάτων πριν από την εμφάνισή τους (Kamble *et. al.*, 2018)

Τα βασικά χαρακτηριστικά που σχετίζονται με το Industry 4.0, όπως η ικανότητα σε πραγματικό χρόνο, η διαλειτουργικότητα, η οριζόντια και κάθετη ολοκλήρωση των συστημάτων παραγωγής μέσω των ICT, θεωρούνται ως η ανταπόκριση στις σημερινές προκλήσεις τις οποίες πρέπει να αντιμετωπίσουν οι εταιρείες για να παραμείνουν ανταγωνιστικές όσον αφορά την παγκοσμιοποίηση, την ένταση του ανταγωνισμού, τη μεταβλητότητα των απαιτήσεων της αγοράς, τη συντόμευση της καινοτομίας και του κύκλου ζωής των προϊόντων και την αυξανόμενη πολυπλοκότητα γύρω από προϊόντα και διαδικασίες (Bauer, *et. al.*, 2015, Topleva, 2018).

Επιπρόσθετα, η ταχεία ψηφιοποίηση του επιχειρηματικού κόσμου καταστρέφει τα παραδοσιακά εμπόδια της βιομηχανίας και πολλοί ακαδημαϊκοί και επαγγελματίες τονίζουν την ανάγκη επανεξέτασης των υφιστάμενων επιχειρηματικών μοντέλων (Gerlitz, 2016). Ωστόσο, οι πρόσφατες έρευνες επικεντρώνονται κυρίως στην τεχνολογική ανάπτυξη και λιγότερο στα νέα επιχειρηματικά μοντέλα που αναδύονται μέσα από την ενσωμάτωση αυτών των τεχνολογικών καινοτομιών (Ibarra, 2018).

Στην παρούσα εργασία παρουσιάστηκε το στρατηγικό πλαίσιο υλοποίησης του Industry 4.0 στην εταιρία οικιακών συσκευών Cusinaware. Μέσω της στρατηγικής αυτής καταδεικνύεται ο τρόπος με τον οποίο η Cusinaware επικεντρώνεται στη βελτίωση της ευελιξίας της παραγωγής, στην λειτουργική αριστεία, στην πιστοποίηση και διαχείριση

των εργαζομένων της, στην ασφάλειά τους, καθώς και στον ψηφιακό προγραμματισμό της παραγωγής.

Ο σχεδιασμός αυτός επιτρέπει στους ανθρώπους της Cusinaware, ως βασικούς παίκτες, να αξιοποιήσουν με τον καλύτερο δυνατό τρόπο τις καινοτόμες ψηφιακές λύσεις καθώς και τις λύσεις συνδεσιμότητας (IoT) κατά μήκος των πελατοκεντρικών ροών αξίας της. Μέσω του Industry 4.0 η Cusinaware στοχεύει επιπρόσθετα, στην πραγματοποίηση της ψηφιακής της μετάβασης και στη βελτίωση της πελατοκεντρικής της προσέγγισης.

Για το σκοπό αυτό αναπτύσσει νέα επιχειρηματικά μοντέλα τα οποία της επιτρέπουν να επεκτείνει περαιτέρω τις ψηφιακές της υπηρεσίες, που θα της δώσουν τη δυνατότητα να εμπλουτίσει την πρόταση αξίας της και να εδραιώσει το ρόλο της ως ηγέτιδα, στις ψηφιακές υπηρεσίες στο διασυνδεδεμένο σπίτι.

Η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση, Industry 4.0 αποτελεί σίγουρα μια επαναστατική προσέγγιση για το βιομηχανικό κλάδο. Η εφαρμογή των τεχνολογιών που τη συνθέτουν μπορεί να ωθήσει τους κατασκευαστές σε ένα νέο επίπεδο βελτιστοποίησης και παραγωγικότητας. Επιπλέον οι πελάτες θα ωφεληθούν από ένα νέο επίπεδο εξατομικευμένων προϊόντων σύμφωνα με τις προσωπικές τους ανάγκες.

Βιομηχανίες με υψηλό βαθμό προϊόντικών παραλλαγών όπως η αυτοκινητοβιομηχανία και η βιομηχανία τροφίμων και ποτών θα επωφεληθούν με μεγαλύτερο βαθμό ευελιξίας που θα τις οδηγήσει σε αύξηση της παραγωγικότητας. Επιπλέον βιομηχανίες οι οποίες απαιτούν υψηλή ποιότητα, όπως αυτές των ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συσκευών, θα βοηθηθούν στο να μειώσουν τα ποσοστά σφαλμάτων τους μια και θα επωφεληθούν από τα πλεονεκτήματα που προσφέρει η επιστήμη της ανάλυσης δεδομένων (GTAI, 2014).

Προκειμένου να επιτύχουν τον απαιτούμενο μετασχηματισμό, όπως αυτός υπαγορεύεται από τους εννέα πυλώνες των τεχνολογικών εξελίξεων, τόσο οι εταιρίες παραγωγής όσο και οι προμηθευτές συστημάτων παραγωγής, θα πρέπει να προχωρήσουν σε αποφασιστικές δράσεις.

Οι βασικοί τομείς που θα πρέπει να εστιάσουν για βελτίωση είναι αυτοί που αφορούν την ευελιξία, την ταχύτητα, την ποιότητα και την παραγωγικότητα. Στη συνέχεια θα πρέπει να μελετήσουν – σχεδιάσουν πώς οι εννέα πυλώνες τεχνολογικής ανάπτυξης θα τους επιτρέψουν να βελτιωθούν στις συγκεκριμένες περιοχές. Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δοθεί στο να μην κωλύσουν σε μία προσπάθεια σταδιακής εφαρμογής αλλά να εστιάσουν σε θεμελιώδεις αλλαγές που θα τους επιτρέψουν να κάνουν συνδυασμό των εννέα τεχνολογιών (BCG, 2015).

Μεγάλη έμφαση θα πρέπει να δοθεί επίσης στην ανάλυση – στρατηγικό σχεδιασμό του ανθρώπινου δυναμικού που θα τους επιτρέψει να προσαρμόσουν τους ρόλους, να στελεχωθούν και να προσφέρουν την απαραίτητη επαγγελματική εκπαίδευση προκειμένου να προετοιμάσουν το προσωπικό με τις επιπρόσθετες δεξιότητες που απαιτούνται σε θέματα τεχνολογίας πληροφοριών (WEF, 2018).

Η επιτυχία μιας εταιρείας στην εποχή του Industry 4.0 εξαρτάται από έναν ψηφιακό μετασχηματισμό. Το επιχειρηματικό μοντέλο, το σύστημα παραγωγής και τελικά η ίδια η εταιρεία θα πρέπει να διαμορφωθούν κάτω από μία ψηφιακή προοπτική. Έτσι μία σειρά από δράσεις θα πρέπει να αναπτυχθούν προκειμένου να πραγματοποιηθεί ο απαραίτητος ψηφιακός μετασχηματισμός των εταιριών που επιβάλλεται από την εισαγωγή του “Industry 4.0”. Οι δράσεις αυτές αφορούν:

Ανάπτυξη απαραίτητων ψηφιακών δυνατοτήτων

Αυτό θα επιτρέψει το συνδυασμό δεδομένων μεταξύ συστημάτων και διαδικασιών με στόχο τη λήψη αποφάσεων που θα βασίζεται σε δια-λειτουργική πληροφόρηση. Η οργανωτική δομή των εργοστασίων θα πρέπει να ξεφύγει από τα παραδοσιακά λειτουργικά σιλό και να μετασχηματισθεί σε δια-τμηματικές ομάδες με συγκεκριμένους ρόλους (McKinsey Digital, 2016, PwC, 2016).

Ανάπτυξη συμμαχιών και δια-λειτουργικών στάνταρ

Οι απαιτήσεις για αυξημένη συνεργασία μεταξύ εταιριών παραγωγής και εξωτερικών προμηθευτών δημιουργούν την ανάγκη για δημιουργία συμμαχιών και επιλογή στρατηγικών εταίρων. Αυτό είναι απαραίτητο λόγω της ανάγκης υιοθέτησης τεχνολογιών και διαδικασιών των οποίων η τεχνογνωσία δεν βρίσκεται εντός των εταιριών παραγωγής αλλά σε εξωτερικούς συνεργάτες. Επιπλέον οι εταιρίες παραγωγής σε συνεργασία με τους στρατηγικούς τους εταίρους θα πρέπει να επικεντρωθούν στο σχεδιασμό δια-λειτουργικών στάνταρ σε επίπεδο βιομηχανίας. Αυτοί θα καταφέρουν πρώτοι να αναπτύξουν τέτοια στάνταρ στην παραγωγή των προϊόντων τους θα έχουν ανταγωνιστικό πλεονέκτημα μια και οι άλλοι θα αναγκαστούν να το υιοθετήσουν (McKinsey Digital, 2016, PwC, 2016).

Διαχείριση των δεδομένων ως πολύτιμο περιουσιακό στοιχείο

Μία από τις μεγαλύτερες διαταραχές του “Industry 4.0” και της υποκείμενης ψηφιακής επανάστασης είναι η συνεχής αυξανόμενη αξία και σπουδαιότητα των δεδομένων. Οι εταιρίες θα πρέπει να διαχειριστούν τα δεδομένα τους σαν ένα πολύτιμο περιουσιακό στοιχείο σε όλη τη διάρκεια ζωής τους. Μόνο ακριβή, ενημερωμένα, άμεσα προσβάσιμα

και αξιοποιήσιμα δεδομένα μπορούν να προσφέρουν διακριτή αξία στην εταιρία. Επιπλέον τα δεδομένα αυτά θα πρέπει να διαχειρίζονται με ένα στρατηγικό τρόπο, π.χ. ποια δεδομένα θα μοιράζονται με ποιον και εάν υπάρχει κάποια προστιθέμενη αξία στο να μοιράζονται τα δεδομένα αυτά. Ο λόγος είναι προφανής μια και τα δεδομένα αυτά μπορούν να αφορούν συνήθειες πελατών ή πνευματική ιδιοκτησία κρίσιμη για το ανταγωνιστικό πλεονέκτημα της εταιρίας (Delloite, 2015, PwC, 2016).

Διασφάλιση Κυβερνοπροστασίας

Η απειλή του κυβερνορίσκου σε ένα υπερσυνδεδεμένο κόσμο έχει συνεχή αυξητική τάση. Το IoT σημαίνει ότι φυσικοί στόχοι όπως οι συνδεδεμένες μηχανές προσελκύουν το ενδιαφέρον των χάκερς. Έτσι λοιπόν οι εταιρίες θα πρέπει να καθορίσουν το επίπεδο ρίσκου στα βασικά τους πληροφοριακά στοιχεία και στη συνέχεια να καθορίσουν προτεραιότητες προστασίας. Επιπλέον πολύ σημαντική είναι η εμπλοκή με ευαισθητοποίηση και ανάλογες εκπαιδεύσεις όχι μόνο της διοίκησης αλλά και των υπαλλήλων προκειμένου να κατανοήσουν το ρίσκο από τις κυβερνοεπιθέσεις (CLEVERISM, 2017, McKinsey Digital, 2015).

Η χρήση του Industry 4.0 ως ο δρόμος προς το μέλλον της μεταποιητικής βιομηχανίας θα επιτρέψει στις εταιρίες να κάνουν πολλά περισσότερα από το να αναβαθμίσουν απλώς τον εξοπλισμό τους, να εξαλείψουν τις αναποτελεσματικότητες τους και να αυξήσουν τη λειτουργική τους αποτελεσματικότητα. Θα τους δώσει επιπροσθέτως την ελευθερία να κάνουν τις σωστές στρατηγικές αποφάσεις και να επαναπροσδιορίσουν το επιχειρηματικό τους μοντέλο, προετοιμάζοντάς τες να διατηρήσουν το ανταγωνιστικό τους πλεονέκτημα στην παγκόσμια μεταποιητική αγορά του μέλλοντος.

Βιβλιογραφία Κεφαλαίου 5

- Arnold, C., Kiel, D., Voigt, K.I., (2016) How the industrial internet of things changes business models in different manufacturing industries. *International Journal of Innovation Management*, 20(8)
- Bauer, W., Hämmerle, M., Schlund, S., Vocke, C., (2015) Transforming to a Hyper-connected Society and Economy – Towards an “Industry 4.0”, *Procedia Manufacturing* 3: 417-424
- Gerlitz, L., (2016) Design Management as a Domain of Smart and Sustainable Enterprise: Business Modelling for Innovation and Smart Growth in Industry 4.0, *International Journal Entrepreneurship and Sustainability Issues*, 3(3) 244-268
- Hozdić, E. (2015), Smart Factory for Industry 4.0: a review, *International Journal of Modern Manufacturing Technologies* ISSN 2067–3604, Vol. VII, No. 1
- Ibarra, D., Ganzaraian, J., Igartua, J.I., (2018) Business model innovation through Industry 4.0: A review, *Procedia Manufacturing* 22 4-10
- Kagermann, H., W. Wahlster, and J. Helbig (2013), Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0: Final Report of the Industrie 4.0 Working Group.” Acatech-National Academy of Science and Engineering, Germany
- Topleva, S., (2018) Industry 4.0: Transforming economy through value added, *Asian Journal of Economic Modelling*, 6(1) 37-46
- BCG, (2015) Industry 4.0 The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries [Πρόσβαση 20 Οκτωβρίου 2018], https://www.bcg.com/publications/2015/engineered_products_project_business_industry_4_future_productivity_growth_manufacturing_industries.aspx
- CLEVERISM, (2017) Industry 4.0: Definition, Design Principles, Challenges and the Future of Employment [Πρόσβαση 10 Οκτωβρίου 2018], <https://www.cleverism.com/industry-4-0/>
- Deloitte, (2015) Industry 4.0 Challenges and Solutions for the digital transformation and use of exponential technologies [Πρόσβαση 22 Σεπτεμβρίου 2018], <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ch/Documents/manufacturing/ch-en-manufacturing-industry-4-0-24102014.pdf>
- Germany Trade & Invest (GTAI), (2014) Industries 4.0-Smart Manufacturing for the Future [Πρόσβαση 19 Σεπτεμβρίου], <https://www.manufacturing-policy.eng.cam.ac.uk/policies-documents-folder/germany-industrie-4-0-smart-manufacturing-for-the-future-gtai/view>
- McKinsey Digital, (2016) Industry 4.0 after the initial hype Where manufacturers are finding value and how they can best capture it. [Πρόσβαση 26 Οκτωβρίου 2018], https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/business%20functions/mckinsey%20digital/our%20insights/getting%20the%20most%20out%20of%20industry%204%200/mckinsey_industry_40_2016.ashx
- McKinsey Digital, (2015) Industry 4.0 How to navigate digitization of the manufacturing sector [Πρόσβαση 23 Σεπτεμβρίου 2018], <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/industry-four-point-o-how-to-navigae-the-digitization-of-the-manufacturing-sector>
- PwC, (2016) Industry 4.0: Building the digital enterprise. [Πρόσβαση 26 Οκτωβρίου 2018], <https://www.pwc.com/gx/en/industries/industries-4.0/landing-page/industry-4.0-building-your-digital-enterprise-april-2016.pdf>

WEF, (2018) The Future of Job Reports 2018 [Πρόσβαση 23 Σεπτεμβρίου 2018], <https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2018>

6 Βιβλιογραφία

- Arnold, C., Kiel, D., Voigt, K., (2016) How the industrial internet of things changes business models in different manufacturing industries. *International Journal of Innovation Management*, 20(8)
- Bauer, W., Hämmerle, M., Schlund, S., Vocke, C., (2015) Transforming to a Hyper-connected Society and Economy – Towards an “Industry 4.0”, *Procedia Manufacturing* 3: 417-424
- Brousell, D. R., Moad, J. R., Tate, P., (2014), The Next Industrial Revolution: How the Internet of Things and Embedded, Connected, Intelligent Devices will Transform Manufacturing. Frost & Sullivan, A Manufacturing Leadership White Paper [Πρόσβαση 18 Νοεμβρίου 2018], http://az370354.vo.msecnd.net/whitepapers/FS_Industrial_revolution.pdf
- Chen, D, Doumeingts, G., Vernadat, F., (2008), Architectures for enterprise integration and interoperability: past, present and future, *Computers in Industry* 59 (7) 647–659.
- Drath, R., Hoch, A., (2014), Industrie 4.0 – hit or hype? *IEEE Industrial Electronics Magazine*, 8(2), 56-58
- Enke, J., Glass, R., Kreß, A., Hambach, J., Tish, M., Metternich, J., (2018), Industrie 4.0 – Competencies for a modern production system, *Procedia Manufacturing* 23 267-272
- Fernández-Miranda, S.S., Marcos, M., Peralta, M., Aguayo, F., (2017), The challenge of integrating industry 4.0 in the degree of mechanical engineering, *Procedia Manufacturing* 13, 1229-1236
- Foidl, H. Felderer, M. (2016), Research Challenges of Industry 4.0 for Quality Management, *Innovations in Enterprise Information Systems Management and Engineering*, Springer, 121–137
- Gerlitz, L., (2016) Design Management as a Domain of Smart and Sustainable Enterprise: Business Modelling for Innovation and Smart Growth in Industry 4.0, *International Journal Entrepreneurship and Sustainability Issues*, 3(3) 244-268
- Ghobakhloo, M., (2018), The future of manufacturing industry: a strategic roadmap toward Industry 4.0, *Journal of Manufacturing Technology Management* 29 (6) 910-936
- Gilchrist, A. (2016), *Industry 4.0: The Industrial Internet of Things*, Springer, Heidelberg
- Goerziga, D. Bauernhansla, T. (2018), Enterprise architectures for the digital transformation in small and medium-sized enterprises, *Procedia CIRP* 67 (2018) 540-545
- Gunes, V., Peter, S., Givargis, T., Vahid, F., (2014), A Survey on Concepts, Applications, and Challenges in Cyber-Physical Systems, *KSII Transactions on Internet & Information Systems* (8), No. 12, 4242 – 4268
- Hermann, M. Pentek, T., Otto B, (2016), Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios, *Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, 3928–3937
- Hozdić, E. (2015), Smart Factory for Industry 4.0: a review, *International Journal of Modern Manufacturing Technologies* ISSN 2067–3604, Vol. VII, No. 1
- Hu, J. (2013), Evolving Paradigms of Manufacturing: From Mass Production to Mass Customization and Personalization, *Procedia CIRP* 7, 3-8

- Ibarra, D., Ganzaraian, J., Igartua, J.I., (2018) Business model innovation through Industry 4.0: A review, *Procedia Manufacturing* 22 4-10
- Kagermann, H., W. D. Lukas, and W. Wahlster (2011), Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution, *VDI nachrichten*, 13, 2
- Kagermann, H., W. Wahlster, and J. Helbig (2013), Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0: Final Report of the Industrie 4.0 Working Group." Acatech-National Academy of Science and Engineering, Germany
- Kamble, S., Gunasekaran, A., Gawankar, S. (2018), Sustainable Industry 4.0 framework: A systematic literature review identifying the current trends and future perspectives. *Process Safety & Environmental Protection* 117, 408-425
- Kang, H. S., Lee, J. Y., Choi, S., Kim, H., Park, J. H., Son, J. Y. Kim, B. H., Noh, S. D., (2016), Smart Manufacturing: Past Research, Present Findings, and Future Directions. *Int. Journal of Precision Engineering & Manufacturing-Green Technology* Vol. 3, No. 1, 111-128
- Kiel, D., Müller, J.M., Arnold, C., Voigt, K.-I., (2017), Sustainable industrial value creation: benefits and challenges of Industry 4.0. *International Journal of Innovation Management* 21 (8), 1740015-1–1740015-34
- Koren, Y., (2010). *The Global Manufacturing Revolution: Product-Process-Business Integration and Reconfigurable Systems*, John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, New Jersey
- Lasi, H., Kemper, H.-G., Fettke, P., Feld, T., Hoffmann, M., (2014) Industry 4.0. *Business & Information Systems Engineering* 04, 239-242
- Lu, Y. (2017), Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues, *Journal of Industrial Information Integration* 6 1-10
- Moreno, A., Velez, G., Ardanza, A., Barandiaran, I., de Infante, Á.R. and Chopitea, R. (2017), Virtualisation process of a sheet metal punching machine within the Industry 4.0 vision, *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*, 11 (2), 365-373
- Mourtzis, D., Vlachou, E., Milas, N., (2016), Industrial Big Data as a result of IoT adoption in Manufacturing, *Procedia CIRP* 55 290 – 295
- Oesterreich, T. D., Teuteberg, F. (2016), Understanding the implications of digitisation and automation in the context of Industry 4.0: A triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry, *Computers in Industry* 83, 121–139
- Paelke, V., (2014), Augmented reality in the smart factory supporting workers in an industry 4.0 environment, *IEEE Emerging Technology and Factory Automation (ETFA)* 978-1-4799-4845-1/14/
- Pereira, A.C., Romero, F. (2017), A review of the meanings and the implications of the Industry 4.0 concept, *Procedia Manufacturing* 13 1206-1214
- Porter, M.E., Heppelmann, J.E., (2014), How smart, connected products are transforming competition, *Harvard Business Review*, vol.92, no.11, 64-88
- Posada, J. Toro, C. Barandiaran, I., Oyarzun, D, Stricker (2015), Visual Computing as a Key Enabling Technology for Industrie 4.0 and Industrial Internet, *IEEE Comput. Graph. Appl.* 35(2) 2015 26–40
- Qin, J., Liu, Y., Grosvenora, R., (2016), A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and Beyond, *Procedia CIRP* 52 (2016) 173 – 178
- Roblek, V., Meško, M. Krapež, A., (2016), A Complex View of Industry 4.0, *SAGE Open* 6(2) 1–11 <https://doi.org/10.1177/2158244016653987>

- Romero, D., Bernus, P., Noran, O., Stahre, J., Berglund, Å., (2016), The Operator 4.0: Human Cyber-Physical Systems & Adaptive Automation towards Human-Automation Symbiosis Work Systems. *Advances in Production Management Systems. Initiatives for a Sustainable World* 677-686
- Schuh, G., Kelzenberg, C., Wiese, J., Stracke, F., (2018), Industry 4.0 implementation framework for the producing industry. *Journal of Advances in Technology and Engineering Research* 4(2): 79-90
- Schwab, K., (2016). The Fourth Industrial Revolution, WEF, Cologny/Geneva
- Strange, R., Zucchella, A., (2017), Industry 4.0 global value chains and international business, *Multinational Business Review* 25 (3)
- Tao, F., Cheng, J., Qi, Q., Zhang, M., Zhang, H. and Sui, F. (2018), Digital twin-driven product design, manufacturing and service with big data, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 94 (9-12) 3563-3576
- Tao, F. and Qi, Q. (2019), New IT driven service-oriented smart manufacturing: framework and characteristics, *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems* 49 (1) 81-91
- Topleva, S., (2018) Industry 4.0: Transforming economy through value added, *Asian Journal of Economic Modelling*, 6(1) 37-46
- Wang, S., Wan, J., Li, D., & Zhang, C. (2015), Implementing smart factory of industrie 4.0: an outlook. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 12(1), 3159805
- Weyer, S. Schmitt, M. Ohmer, M. and Gorecky, D. (2015), Towards Industry 4.0 - Standardization as the crucial challenge for highly modular, multi-vendor production systems, *IFAC-PapersOnLine* 48(3) 579–584
- Xu, L. & Duan, L. (2018a), Big data for cyber physical systems in industry 4.0: a survey, *Enterprise Information Systems* DOI: 10.1080/17517575.2018.1442934
- Xu, L., Xu, E., Li, L. (2018b), Industry 4.0: state of the art and future trends, *International Journal of Production Research*, 56:8, 2941-2962
- Xu, M. David, J. Kim, S. (2018c), The Fourth Industrial Revolution: Opportunities & Challenges, *International Journal of Financial Research* 9(2), 90-95
- Yin, Y., Stecke, K., Li, D. (2018), The evolution of production systems from Industry 2.0 through Industry 4.0, *International Journal of Production Research*, 56 (1–2), 848–861
- Zhan, Z-H., Liu, X-F, Gong, Y-J, Zhang, J., Chung, H. S-H, Li, Y., (2015), Cloud Computing Resource Scheduling and a Survey of Its Evolutionary Approaches. *ACM Computing Surveys*, Vol. 47, No. 4, Article 63
- Zhong, R., Xu, X., Klotz, E., Newman, S. (2017), Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review, *Engineering* 3 616–630
- Zhou, K., Liu, T., Zhou, L., (2015), Industry 4.0: Towards Future Industrial Opportunities and Challenges, *12th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery*, 2147 – 2152
- ACATEC, (2011) Cyber-Physical Systems Driving force for innovation in mobility, health, energy and production [Πρόσβαση 07 Νοεμβρίου 2018], https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/03/acatech_POSITION_CPS_Englisch_WEB.pdf
- BCG, (2015) Industry 4.0 The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries [Πρόσβαση 20 Οκτωβρίου 2018],

- https://www.bcg.com/publications/2015/engineered_products_project_business_industry_4_future_productivity_growth_manufacturing_industries.aspx
- BDI, (2016). What is Industry 4.0? [Πρόσβαση 18 Σεπτεμβρίου 2018], <https://english.bdi.eu/article/news/what-is-industry-40/>
- CLEVERISM, (2017) Industry 4.0: Definition, Design Principles, Challenges and the Future of Employment [Πρόσβαση 10 Οκτωβρίου 2018], <https://www.cleverism.com/industry-4-0/>
- Delloite, (2015) Industry 4.0 Challenges and Solutions for the digital transformation and use of exponential technologies [Πρόσβαση 22 Σεπτεμβρίου 2018], <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ch/Documents/manufacturing/ch-en-manufacturing-industry-4-0-24102014.pdf>
- DFKI, (2016) Industrie 4.0: Cyber-Physical Production Systems for Mass Customizations [Πρόσβαση 30 Οκτωβρίου 2017], http://www.dfki.de/wwdata/German-Czech_Workshop_on_Industrie_4.0_Prague_11_04_16/Industrie_4_0_Cyber-Physical_Production_Systems_for_Mass_Customizations.pdf
- Gartner, (2017) Seize the Digital Ecosystem Opportunity [Πρόσβαση 25 Οκτωβρίου 2018], https://www.gartner.com/imagesrv/cio/pdf/Gartner_CIO_Agenda_2017.pdf
- Germany Trade & Invest (GTAI), (2014) Industries 4.0-Smart Manufacturing for the Future [Πρόσβαση 19 Σεπτεμβρίου], <https://www.manufacturing-policy.eng.cam.ac.uk/policies-documents-folder/germany-industrie-4-0-smart-manufacturing-for-the-future-gtai/view>
- European Commission, (2015) Digital transformation of European industry and enterprises [Πρόσβαση 20 Οκτωβρίου 2018], http://www.digitaleurope.org/DesktopModules/Bring2mind/DMX/Download.aspx?Command=Core_Download&EntryId=967&language=en-US&PortalId=0&TabId=353
- European Parliament, (2015). Industry 4.0 Digitalisation for productivity and growth [Πρόσβαση 13 Οκτωβρίου 2018], [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/568337/EPRS_BRI\(2015\)568337_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/568337/EPRS_BRI(2015)568337_EN.pdf)
- Ezell, S., Swanson, B., (2017) How Cloud Computing Enables Modern Manufacturing. American Enterprise Institute | Information Technology & Innovation Foundation [Πρόσβαση 05 Νοεμβρίου 2018], <http://www2.itif.org/2017-cloud-computing-enables-manufacturing.pdf>
- McKinsey Digital, (2015) Industry 4.0 How to navigate digitization of the manufacturing sector [Πρόσβαση 23 Σεπτεμβρίου 2018], <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/industry-four-point-o-how-to-navigae-the-digitization-of-the-manufacturing-sector>
- McKinsey Digital, (2016) Industry 4.0 after the initial hype Where manufacturers are finding value and how they can best capture it. [Πρόσβαση 26 Οκτωβρίου 2018], https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/business%20functions/mckinsey%20digital/our%20insights/getting%20the%20most%20out%20of%20industry%20%200/mckinsey_industry_40_2016.ashx
- PwC, (2014) Industry 4.0. Opportunities & Challenges for the Industrial Internet [Πρόσβαση 25 Οκτωβρίου 2017], <https://www.strategyand.pwc.com/media/file/Industry4.0.pdf>

- PwC, (2016) Industry 4.0: Building the digital enterprise. [Πρόσβαση 26 Οκτωβρίου 2018], <https://www.pwc.com/gx/en/industries/industries-4.0/landing-page/industry-4.0-building-your-digital-enterprise-april-2016.pdf>
- Valdez, A.C., Brauner, P., Schaar, A.K., Holzinger, A., Ziefle, M. (2015) Reducing Complexity with Simplicity - Usability Methods for Industry 4.0. 19th Triennial Congress of the International Ergonomics Association [Πρόσβαση 22 Σεπτεμβρίου 2018], http://ergonomics.uq.edu.au/iea/proceedings/Index_files/papers/1288.pdf
- WEF, (2015) Industrial Internet of Things: Unleashing the Potential of Connected Products and Services [Πρόσβαση 26 Οκτωβρίου 2018], http://www3.weforum.org/docs/WEFUSA_IndustrialInternet_Report2015
- WEF, (2018) The Future of Job Reports 2018 [Πρόσβαση 23 Σεπτεμβρίου 2018], <https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2018>