



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

***“Σύγχρονες τάσεις στο πεδίο της αυτοματοποίησης
των Εφοδιαστικών Αλυσίδων”***

ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ-ΜΑΡΙΟΣ ΒΕΝΕΤΣΑΝΟΣ



ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ ΚΑΙ LOGISTICS

**ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΚΑΙ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ, 2022**

28/11/2022

ΔΗΛΩΣΗ

«Η εργασία αυτή είναι πρωτότυπη και εκπονήθηκε αποκλειστικά και μόνο για την απόκτηση του συγκεκριμένου μεταπτυχιακού τίτλου». «Τα πνευματικά δικαιώματα χρησιμοποίησης του μη πρωτότυπου υλικού ΜΔΕ ανήκουν στο μεταπτυχιακό φοιτητή και το επιβλέπον μέλος ΔΕΠ εις ολόκληρο, δηλαδή εκάτερος μπορεί να κάνει χρήση αυτών χωρίς τη συναίνεση άλλου. Τα πνευματικά δικαιώματα χρησιμοποίησης του πρωτότυπου μέρους ΜΔΕ ανήκουν στον μεταπτυχιακό φοιτητή και τον επιβλέποντα από κοινού, δηλαδή δεν μπορεί ο ένας από τους δύο να κάνει χρήση αυτού χωρίς τη συναίνεση του άλλου. Κατ' εξαίρεση, επιτρέπεται η δημοσίευση του πρωτότυπου μέρους της διπλωματικής εργασίας σε επιστημονικό περιοδικό ή πρακτικά συνεδρίου από τον ένα εκ των δύο, με την προϋπόθεση ότι αναφέρονται τα ονόματα και των δύο (ή των τριών σε περίπτωση συνεπιβλέποντα) ως συν-συγγραφέων. Στην περίπτωση αυτή προηγείται γραπτή ενημέρωση του μη συμμετέχοντα στη συγγραφή του επιστημονικού άρθρου. Δεν επιτρέπεται η κατά οποιοδήποτε τρόπο δημοσιοποίηση υλικού το οποίο έχει δηλωθεί εγγράφως ως απόρρητο».

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ως προς την εκπόνηση της εργασίας, θα ήθελα ιδιαίτερα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Ιωάννη Γιαννατσή, ο οποίος με τις σημαντικές κατευθυντήριες συμβουλές του και την καίρια καθοδήγησή του συνετέλεσε στην αποτελεσματικότερη και πληρέστερη προσέγγιση της θεματικής μελέτης της ΜΔΕ. Επίσης, θα ήθελα να απευθύνω ευχαριστήριες ευχές στον υπεύθυνο Διαχείρισης Αποθέματος μίας πολυεθνικής εταιρίας επίπλων, η βοήθεια του οποίου ήταν καθοριστική, ώστε να διεξαχθεί η 45λεπτη συνέντευξη, πάνω στην οποία βασίστηκε η μελέτη περίπτωσης. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον υπεύθυνο Συστημάτων Αυτοματισμού και ΙΤ μίας σύγχρονης εταιρίας Logistics, ο οποίος έκανε τις μέγιστες προσπάθειες για να περιγράψει, να αναλύσει και να εξηγήσει κάθε πτυχή και απορία πάνω στη θεματική μελέτης, με σαφήνεια και λεπτομέρεια.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε με σκοπό την αποσαφήνιση εκσυγχρονισμένων και νεωτεριστικών όρων που αναπτύσσονται, κατά μήκος της εξέλιξης του Industry 4.0, δηλαδή της 4^{ης} Βιομηχανικής Επανάστασης που επικρατεί παγκοσμίως. Το συγκεκριμένο φαινόμενο, που “συστήθηκε” στον κόσμο πάνω από μία δεκαετία διέρχεται από το στάδιο της άνθησης στο διεθνές στερέωμα, της ενσωμάτωσης στις αρχές και την κουλτούρα των επιχειρήσεων και τείνει να ανελιχθεί σε πραγματικό προσαρμογέα και μετασχηματιστή κανόνων στο παιχνίδι του ανταγωνισμού. Οι εκφάνσεις του Industry 4.0 εκφράζονται από όρους, όπως η “διασπαστική καινοτομία” (disruptive innovation), η “Εφοδιαστική Αλυσίδα αιχμής” (edge Supply Chain) και “Ίντερνετ των πάντων” (Internet of Everything), καθιστώντας το πρώτης τάξεως ευκαιρία για ριζικές αλλαγές σε αυτό που ονομάζουμε Αλυσίδα Εφοδιασμού. Ο κύκλος ζωής της Βιομηχανίας ισορροπείται πλέον μεταξύ δύο κόσμων, του ψηφιακού και του πραγματικού και οι ανθρώπινες δεξιότητες τείνουν να αποκτήσουν νέα σύσταση και προοπτική για την αλυσίδα του “αύριο”. Ανέκαθεν στην ιστορία οι αλλαγές γεννούσαν την ανάγκη για αναδιοργάνωση και αναδιάταξη των πραγμάτων που είναι ορισμένα στο παρόν, με στόχους όχι μόνο κερδοσκοπικούς ή επεκτατικούς αλλά και ανθρωποκεντρικούς και κοινωνικούς.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	5
1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
2 ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ.....	2
2.1 Η ΨΗΦΙΑΚΗ ΔΙΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ	2
2.2 INDUSTRY 4.0.....	3
3 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ INDUSTRY 4.0 ΣΤΙΣ ΠΑΓΚΟΣΜΙΕΣ ΑΛΥΣΙΔΕΣ.....	5
3.1 ΕΝΑ “ΕΞΥΠΝΟ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑ”	5
3.2 Η “ΔΙΑΣΠΑΣΤΙΚΗ” ΦΥΣΗ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ	6
3.3 ΔΙΕΘΝΗΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ.....	7
3.4 ΣΥΝΔΕΣΙΜΟΤΗΤΑ ΔΥΟ ΚΟΣΜΩΝ.....	9
4 ΤΟ ΨΗΦΙΑΚΟ ΠΑΡΟΝ ΤΗΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ.....	12
4.1 ΨΗΦΙΑΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΗΣ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ	12
4.2 ΨΗΦΙΑΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ INDUSTRY 4.0	13
4.3 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ INDUSTRY 4.0.....	14
4.3.1 ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ ΤΩΝ ΠΡΑΓΜΑΤΩΝ.....	15
4.3.1.1 ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟ INTERNET ΤΩΝ ΠΡΑΓΜΑΤΩΝ (IIOT)	16
4.3.2 “ΜΕΓΑΛΑ” ΔΕΔΟΜΕΝΑ	17
4.3.3 ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΕΚΤΥΠΩΣΗ	19
4.3.4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΝΕΦΟΥΣ.....	20
4.3.5 ΕΞΥΠΝΟΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ	21
4.3.6 ΑΥΤΟΝΟΜΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ	22
4.3.7 ΚΥΒΕΡΝΟ-ΦΥΣΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	24
4.3.8 ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ.....	25
4.3.9 ΕΙΚΟΝΙΚΗ ΚΑΙ ΕΠΑΥΞΗΜΕΝΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ	27
4.3.10 NANOTΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΕΛΕΥΤΑΙΑΣ ΓΕΝΙΑΣ.....	27
4.3.11 ΜΗ ΕΠΑΝΔΡΩΜΕΝΑ ΑΕΡΟΣΚΑΦΗ	28
4.3.12 Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΩΝ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΔΙΔΥΜΩΝ	29

4.4	ΚΥΒΕΡΝΟΑΣΦΑΛΕΙΑ	30
5	ΒΑΘΜΟΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ	32
5.1	ΕΤΟΙΜΟΤΗΤΑ ΣΤΟ INDUSTRY 4.0.....	32
5.2	ΕΠΙΠΕΔΟ ΩΡΙΜΟΤΗΤΑΣ	34
5.3	ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΔΕΞΙΟΤΗΤΩΝ	39
5.4	ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ 4.0.....	42
6	ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ (TRADE LOGISTICS S.A., FOURLIS GROUP)	44
6.1	Η ΕΤΑΙΡΕΙΑ.....	44
6.2	ΑΝΤΙΑΛΨΗ ΤΩΝ ΕΝΝΟΙΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΦΟΡΕΣ.....	45
6.3	ΜΕΤΑΒΑΣΗ ΣΤΟ INDUSTRY 4.0	45
6.4	Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΙΟΥΤ.....	47
6.5	ΕΠΕΝΔΥΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ.....	48
6.6	ΧΡΗΣΙΜΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	49
7	INDUSTRY 5.0 LOADING	51
8	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	54

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην παρούσα εργασία, επιδιώκεται ο σαφής προσδιορισμός της έννοιας Industry 4.0 στη σύγχρονη επικαιρότητα, οι βέλτιστες μέθοδοι και πρακτικές ενσωμάτωσης του φαινομένου στην καθημερινότητα των Εφοδιαστικών Αλυσίδων, καθώς και η αξιολόγηση της αποδοτικότητας και της αποτελεσματικότητας του εγχειρήματος αυτού στο προσεχές και στο μακρύ μέλλον των βιομηχανιών και των επιχειρήσεων. Στην προσπάθεια αποσαφήνισης του ρόλου και της επιρροής του Industry 4.0, θα αξιοποιηθούν μελέτες και ερευνητικές μέθοδοι διεθνώς αναγνωρισμένων εταιριών, οι οποίες τείνουν να εξομαλύνουν τις δυσκολίες και τις συνέπειες υιοθέτησης των λεγόμενων “διασπαστικών” ή “ανατρεπτικών” τεχνολογιών (disruptive technologies).

Πέρα από την ανάλυση της διαθέσιμης βιβλιογραφίας και την τοποθέτηση πρακτικών παραδειγμάτων εφαρμογής του Industry 4.0, θα ακολουθήσει εκτενής περίπτωση μελέτης, όσον αφορά την ομαλή προσαρμογή μίας αλυσίδας στα πρότυπα της 4^{ης} Βιομηχανικής Επανάστασης. Στην περίπτωση αυτή τοποθετούνται οι παράμετροι (μετρήσιμες ή μη) για την επιτυχή υιοθέτηση των προδιαγραφών ψηφιοποίησης/αυτοματοποίησης των διαδικασιών, καθώς και η επιρροή των παραπάνω αλλαγών σε εργαζόμενους, στελέχη, καταναλωτές και, εν τέλει, επιχειρήσεις. Βαρύνουσας σημασίας αποτελούν, επίσης, οι ενέργειες και αποφάσεις της εταιρίας, ώστε να διατηρεί καινοτομία, προοδευτικότητα και ευελιξία στις αλληπάλληλες μεταβολές της αγοράς, ελαχιστοποιώντας ταυτόχρονα ζημιές και δυσάρεστες συνέπειες στην πραγματικότητα που αντιμετωπίζει.

Τέλος, συνοψίζονται όλα τα σημεία-κλειδιά που χαρακτηρίζουν μία πρωτόπορο αλυσίδα, όσον αφορά τα πρότυπα του Industry 4.0. Μέσω μεθόδων αξιολόγησης και δεδομένων, αποσαφηνίζονται οι πρακτικές και οι στόχοι που καλείται να διευθετήσει κάθε αλυσίδα, ώστε να ευημερήσει στη νέα ψηφιακή εποχή του Supply Chain. Άλλωστε, το φαινόμενο αυτό αποτελεί ένα κοντινό μέλλον για τη διεθνή πραγματικότητα, καθώς προετοιμάζεται ήδη το έδαφος για το Industry 5.0.

2 ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

Τα μέσα του 17^{ου} αιώνα σηματοδότησαν την έναρξη των βιομηχανιών και της ύπαρξης μηχανών που θα αντικαθιστούσαν την ανθρώπινη παρέμβαση, σε κάθε επιμέρους διαδικασία της παραγωγής. Όσο η παραγωγική δυνατότητα αυξανόταν με προοδευτικούς ρυθμούς, ο ανθρώπινος νους εφηύρε ποικίλες καινοτομίες, όσον αφορά τη βελτιστοποίηση μηχανών και τη χρήση πηγών ενέργειας, όπως τα ορυκτά καύσιμα και το νερό. Κινητήριος μοχλός στην καινοτομία ήταν η ταχύτητα και η ευκολία στη διεκπεραίωση βασικών λειτουργιών της Παραγωγής και της Μεταφοράς, ώστε να ικανοποιούνται περισσότεροι στο συντομότερο χρονικό διάστημα. Ταυτόχρονα, οι επιχειρήσεις που ακολουθούσαν τον ρυθμό της προόδου μεγεθύνονταν σε αξία και ανθρώπινο δυναμικό, με αποτέλεσμα να προσφέρουν πιο ασφαλές περιβάλλον εργασίας στους εργαζομένους και πιο ικανοποιητικά τελικά προϊόντα στους καταναλωτές.

Έναν αιώνα αργότερα, συναντάται η εξέλιξη των διαδικασιών και των μέσων υλοποίησης αυτών στις προηγμένες (βιομηχανικά) χώρες, γνωστή και ως “Τεχνολογική Επανάσταση”. Οι βιομηχανίες επικέντρωναν τους πόρους στη μέγιστη αξιοποίηση της ηλεκτρικής ενέργειας, ώστε να επιτύχουν μέγιστη παραγωγικότητα στο ελάχιστο δυνατό κόστος. Η πρωτοφανής ταχύτητα υλοποίησης που προσέφερε η μηχανή, επέτρεπε στις μονάδες να επιδοθούν στη μαζική παραγωγή αγαθών και στη βελτίωση της ποιότητας του τελικού προϊόντος. Το γεγονός αυτό αποτέλεσε την αφορμή για την ανάπτυξη καλύτερων πρακτικών διαχείρισης της συνολικής διαδικασίας, με εστίαση στην αμεσότητα, στην αποτελεσματικότητα και την ελαχιστοποίηση του κόστους. Από τους πρωτοπόρους των συγκεκριμένων πρακτικών υπήρξε ο Henry Ford (1911), ο οποίος ανέδειξε μοντέλα υψηλής παραγωγικής δυνατότητας, με υψηλούς μισθούς, γοργούς ρυθμούς και σαφή βήματα μέχρι την τελειοποίηση του προϊόντος, εισάγοντας τον πυρήνα της λεγόμενης λιτής παραγωγής (lean manufacturing).

2.1 Η ΨΗΦΙΑΚΗ ΔΙΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ

Καταλήγοντας στη δεκαετία του '70, οι βιομηχανίες εστιάζουν στις αναπτυγμένες απαιτήσεις του καταναλωτικού κοινού, όπως επίσης και στην ανάγκη ύπαρξης αυτονομίας και ευελιξίας σε διαδικασίες και καινοτομίες. Η πρώτη προσέγγιση αφορούσε την εισαγωγή συσκευών και κυκλωμάτων, συνδεδεμένων με έναν κεντρικό πίνακα ελέγχου (PLC) για την υποστήριξη μηχανών παραγωγής και τη διατήρηση μίας ημι-αυτοματοποιημένης ροής. Στη συνέχεια, δημιουργήθηκε η ανάγκη ελέγχου του πίνακα PLC, μέσω ηλεκτρονικών υπολογιστών και κατάλληλων συστημάτων λογισμικού. Η “Ψηφιακή Επανάσταση” ήταν πλέον γεγονός, με τις επιχειρήσεις να αναζητούν κατάλληλα λογισμικά και τεχνολογικά εργαλεία, ώστε να αναζητήσουν τη βέλτιστη ισορροπία μεταξύ ηλεκτρονικών συστημάτων-ανθρώπου.

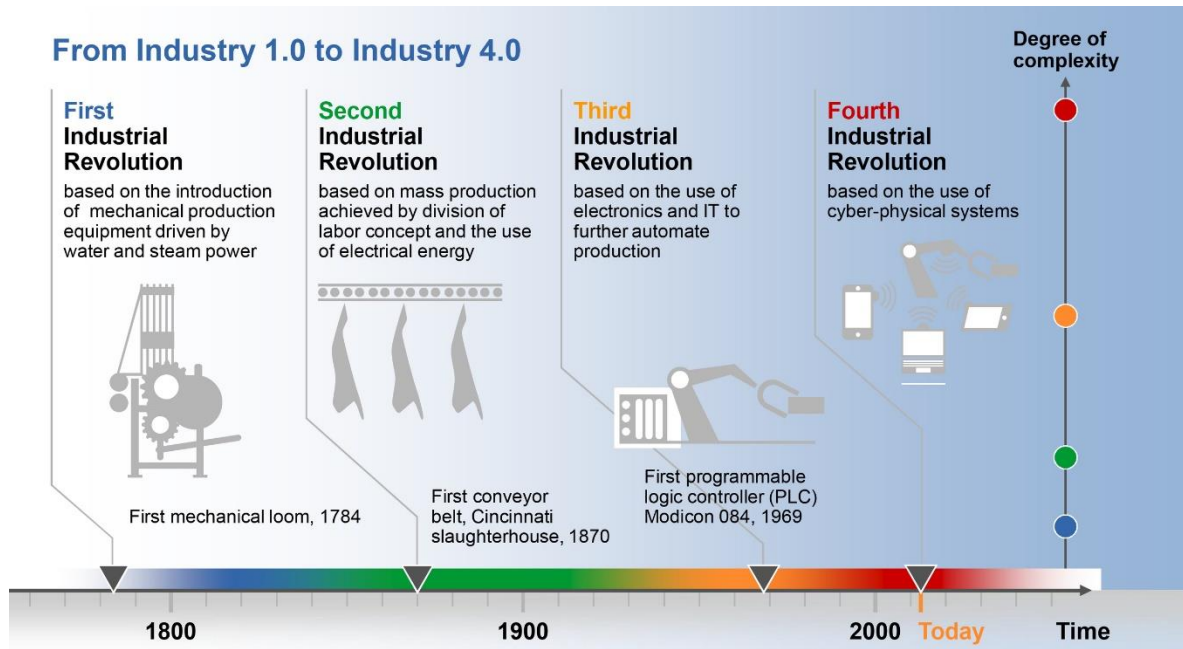
Η ένταξη της βιομηχανίας στην ψηφιακή εποχή επέφερε ραγδαίες αλλαγές και στις στρατηγικές διαχείρισης των αλυσίδων. Η εστίαση των αλυσίδων δεν περιορίστηκε στη βελτιστοποίηση της παραγωγής, αλλά διοχετεύθηκε σε άλλες απαραίτητες διαδικασίες, όπως η Πρόβλεψη Ζήτησης, ο Προγραμματισμός και η Μεταφορά. Νέα ανεπτυγμένα συστήματα υποβοηθούν τις επιχειρήσεις, ώστε να βελτιστοποιήσουν τη μαζική παραγωγή τους, ενώ η επιρροή του Ίντερνετ στη συνδεσιμότητα μηχανών και συσκευών είναι μόνο η αφητηρία για την αυτονόμηση πολλών απαιτούμενων βημάτων για την ευημερία των αλυσίδων.

2.2 INDUSTRY 4.0

Εδώ και μερικές δεκαετίες, οι Εφοδιαστικές Αλυσίδες επικέντρωναν επιχειρησιακούς και υλικούς πόρους σε ένα βασικό χαρακτηριστικό: στην αποτελεσματική και συνεχή ροή διαδικασιών και λειτουργιών, ώστε το τελικό προσφερόμενο προϊόν να διατίθεται αντάξιο ή/και ανώτερο των προσδοκιών του τελικού καταναλωτή. Επιπλέον, η διαχείριση βασικών διαδικασιών/λειτουργιών της Εφοδ. Αλυσίδας (πχ. παραγωγή) ήταν άρρηκτα συνδεδεμένη με τους στόχους και τις προβλέψεις του τμήματος Πωλήσεων, ώστε να επιτυγχάνεται συνάφεια στη λήψη αποφάσεων και βελτιστοποίηση των αξιοποιούμενων πόρων.

Με τους ρυθμούς ανάπτυξης εξατομικευμένων απαιτήσεων και υπερσύγχρονων τεχνολογιών να είναι πλέον φρενήρης, οι αλυσίδες καλούνται να αναθεωρήσουν τις επιχειρησιακές τους προτεραιότητες και να προσεγγίσουν τους όρους “αυτοματοποίηση” και “ψηφιοποίηση” ροών και διαδικασιών. Οι σύγχρονες αλυσίδες δεν αποτελούν πλέον ευθυγραμμισμένη ροή συναλλαγών και διαδικασιών, αλλά στρατηγικά σημεία αναφοράς και “μηχανές” υλοποίησης καινοτομίας κάθε επιχείρησης (David Parker, 2020). Βασικός στόχος είναι η προώθηση της έξυπνης δικτύωσης προϊόντων και διαδικασιών κατά μήκος της αλυσίδας αξίας, καθιστώντας εφικτή την αποτελεσματικότερη χρήση των οργανωτικών διαδικασιών, ώστε να προσφερθεί στον καταναλωτή νέο, βελτιωμένο προϊόν ή υπηρεσία.

Ακόμα, η τεχνολογική εξέλιξη των ψηφιακών τεχνολογιών και η ενσωμάτωσή τους στα αντίστοιχα περιβάλλοντα των εταιριών, καθώς και στην αλυσίδα αξίας τους, αποτελεί πυρήνα της επανάστασης που ονομάζουμε: 4^η Βιομηχανική Επανάσταση ή Industry 4.0. Η 4η Βιομηχανική Επανάσταση επιφέρει μια σειρά ραγδαίων αλλαγών, τόσο στα επιχειρηματικά μοντέλα όσο και στις αλυσίδες παραγωγής που τα υποστηρίζουν. Ο ανθρώπινος παράγοντας περιορίζεται πια στη λήψη αποφάσεων και παραμετροποίηση των δεδομένων και πληροφοριών που λαμβάνει, ώστε να διαχειρίζεται και να μεγεθύνει μία άκρως αυτοματοποιημένη και δικτυωμένη αλυσίδα.



Εικόνα 1: From Industry 1.0 to Industry 4.0. (Πηγή: Triton Innovation)

Στην επόμενη ενότητα, θα γίνει προσπάθεια για αποσαφήνιση της επιρροής του Industry 4.0 στις σύγχρονες αλυσίδες, σε μία προσπάθεια να παραμείνουν καινοτόμες και ανταγωνιστικές. Η ανάλυση θα πραγματοποιηθεί επί κάθε βασικής διαδικασίας της Εφοδιαστικής Αλυσίδας, ώστε να διαπιστωθεί πόσο μεταβάλλονται οι ισορροπίες στις ενδοεπιχειρησιακές λειτουργίες των βιομηχανιών, μέσω της πλήρους ψηφιακής πραγματικότητας.

3 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ INDUSTRY 4.0 ΣΤΙΣ ΠΑΓΚΟΣΜΙΕΣ ΑΛΥΣΙΔΕΣ

3.1 ΕΝΑ “ΕΞΥΠΝΟ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑ”

Με την πάροδο του χρόνου και την εξέλιξη της τεχνολογίας, οι Εφοδιαστικές Αλυσίδες, αν μη τι άλλο, μετατράπηκαν σε άκρως συντονισμένες “μηχανές” παραγωγής και διανομής προϊόντων, με βασικούς στόχους πάντα τη μαζικότερη και πληρέστερη εξυπηρέτηση πελατών. Αποτελεί βασική μέριμνα των επιχειρήσεων να διαθέτουν τις πιο υπερσύγχρονες μονάδες και μηχανές παραγωγής, σε συνδυασμό με το αποτελεσματικότερο μέσο μεταφοράς και τα πιο αναπτυγμένα πληροφοριακά συστήματα, ώστε να επιτευχθεί το βέλτιστο μείγμα αποδοτικότητας, αποτελεσματικότητας και βέλτιστης αξιοποίησης των διατιθέμενων πόρων. Κάθε διαδικασία της αλυσίδας – από την πρόβλεψη της επερχόμενης καταναλωτικής ζήτησης έως την άφιξη του τελικού προϊόντος – έχει καθοριστεί και παραμετροποιηθεί, ώστε να επιτευχθούν οι στόχοι των τμημάτων Πωλήσεων και Μάρκετινγκ αλλά και να ελαχιστοποιηθεί το χάσμα, μεταξύ ζήτησης και προσφοράς. Υπήρξαν και εξακολουθούν να υφίστανται, όμως και πολλά μέρη της διαδικασίας, όπως η προβλεψιμότητα σε ασταθείς και μη μετρήσιμους παράγοντες ή η ανταποκρισιμότητα στις ταχέως μεταβαλλόμενες ανάγκες του καταναλωτικού κοινού.

Στην PwC (Stefan Schrauf & Philipp Bertram, 2016) αναφέρεται η ανάγκη ύπαρξης ενός “ψηφιακού δικτύου διανομής”, μέσω του οποίου θα προσφέρεται η υπηρεσία με τη μεγαλύτερη δυνατή ανταπόκριση στις ανάγκες του καταναλωτή, μέσω της μεγιστοποίησης της ανθεκτικότητας και της απόκρισης στις αλλαγές. Με άλλα λόγια, μία ανταποκρίσιμη στις αλλαγές και στις ανάγκες αλυσίδα, θα είναι ικανή όχι μόνο να προβλέπει ξαφνικές μεταβολές και δυσκολίες, αλλά να προετοιμάζεται και να δρα προληπτικά για τέτοιου είδους καταστάσεις, με δομημένα εναλλακτικά σενάρια και αντίστοιχους προγραμματισμούς του δικτύου καναλιών. Βέβαια, για να γίνει πραγματικότητα ένας τέτοιος μετασχηματισμός της αλυσίδας δεν απαιτείται μόνο η συγκέντρωση της πιο σύγχρονης τεχνολογίας και η διεύρυνση της δυναμικότητας. Ένα τέτοιο σοβαρό εγχείρημα, ενέχει την πρόσληψη και εκπαίδευση του πιο ικανού ανθρώπινου δυναμικού και των πιο ευέλικτων (σε στρατηγικές και κουλτούρες) στελεχών, ώστε να επιτευχθεί το “ιδανικό” ή “πλήρως ευθυγραμμισμένο” ψηφιακό σύστημα. Αφορά, δηλαδή, το μετασχηματισμό ολόκληρου του οργανισμού σε μία ψηφιακή Εφοδιαστική Αλυσίδα.

Η ιστορική πορεία των βιομηχανιών έχει αναδείξει τη σημαντικότητα ύπαρξης ιδανικού συντονισμού και προγραμματισμού των διαδικασιών στις επιχειρήσεις. Παρόλα αυτά, στη σύγχρονη εποχή της αβεβαιότητας και της αυξημένης πολυπλοκότητας δεν επαρκεί μία “καλώς κουρδισμένη” αλυσίδα. Πολλές και διαρκώς αυξανόμενες είναι οι περιπτώσεις, όπου οι επιχειρήσεις αναζητούν ανεπτυγμένα εργαλεία διαχείρισης και εποπτείας των επιμέρους στοιχείων και πόρων των αλυσίδων, ώστε να μεγιστοποιείται η αυτοματοποίηση, ο έλεγχος και η ταχύτητα απόκρισης. Πρόκειται για την ενσωμάτωση των επονομαζόμενων και ως “έξυπνων” τεχνολογιών στην καθημερινότητα των επιχειρήσεων,

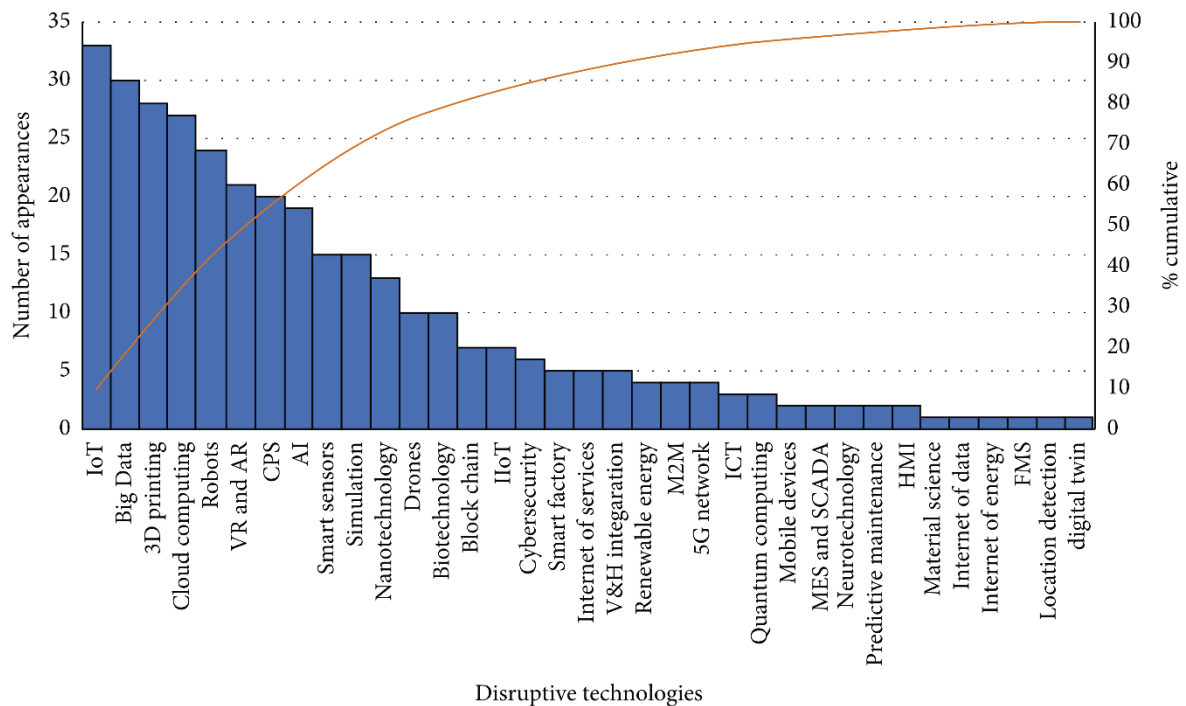
μέσω των οποίων αυξάνεται η παραγωγικότητα και μεγιστοποιείται η εξοικονόμηση πόρων και αποβλήτων. Η DHL (DHL Website, 2022) αναφέρει τα οφέλη των “έξυπνων” τεχνολογιών, σε κάθε επίπεδο ενδιαφερόμενων μερών, ως εξής:

- ❖ Καταναλωτές: Οι ανεπτυγμένες τεχνολογίες πρόβλεψης και συλλογής δεδομένων, επιφέρουν βαθύτερη κατανόηση των καταναλωτικών αναγκών, με πολλαπλά οφέλη για επιχειρήσεις-πελάτες.
- ❖ Ανθρώπινο Δυναμικό: Οι εξυπνότερες λύσεις σε κάθε επιμέρους διαδικασία ενισχύουν την ασφάλεια, ενώ αντίθετα ελαχιστοποιούν την πίεση, το εργασιακό άγχος και την σωματική κούραση.
- ❖ Επιχειρήσεις: Κάθε καινοτομία και υπηρεσία προστιθέμενης αξίας της επιχείρησης αποτελεί πηγή ανταγωνιστικότητας, τόσο στον κλάδο ενασχόλησης της αλυσίδας, όσο και στην επιρροή της στη γενικότερη αγορά.

3.2 Η “ΔΙΑΣΠΑΣΤΙΚΗ” ΦΥΣΗ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

Διασπαστική αποκαλείται η τεχνολογική καινοτομία που δημιουργεί μια νέα αγορά ή μετασηματίζει σημαντικά μια υπάρχουσα αγορά, εκτοπίζοντας ή εξαλείφοντας προϊόντα και υπηρεσίες που αποτελούσαν αναπόσπαστη καθημερινότητα για την κοινωνία, προηγουμένως. Αυτό το είδος διασπαστικής καινοτομίας τείνει να παράγεται από τρίτους και επιχειρηματίες που επιδιώκουν τη διεξόδου στην αγορά και όχι από υφιστάμενες κορυφαίες εταιρείες της αγοράς (Voege, 2019). Ως εκ τούτου, αντίστοιχες εφαρμογές επεκτείνουν το τεχνολογικό νήμα που συνδέει και τροφοδοτεί μια ολοένα και πιο περίπλοκη και εκτεταμένη αλυσίδα εφοδιασμού, αυξάνοντας την ανταγωνιστικότητα και μεγιστοποιώντας την παραγωγικότητα των διαθέσιμων υποδομών και υπηρεσιών (Pérez, 2012).

Κατά πολλούς, η εφαρμογή του πλαισίου Industry 4.0 διαμορφώνει ένα νέο, ανώτερο επίπεδο εφαρμοζόμενων τεχνολογιών, στη σύγχρονη πραγματικότητα των αλυσίδων εφοδιασμού. Σε επίπεδο πρακτικής εφαρμογής, χαρακτηρίζεται από τη μαζική χρήση “έξυπνων” εργαλείων σε εξαιρετικά αναδιαμορφώσιμα και πλήρως συνδεδεμένα βιομηχανικά συστήματα προϊόντων/υπηρεσιών (N. Dragicevic, A. Ullrich, E. Tsui, and N. Gronau, 2019). Η επιτυχής ενσωμάτωση διασπαστικών τεχνολογιών μπορεί να επιφέρει νέα δεδομένα, περισσότερη τεχνογνωσία και εξελιγμένες ικανότητες στην αλυσίδα.



Εικόνα 2: “Exponential Disruptive Technologies and the Required Skills of Industry 4.0”, Δημοσίευση 7 Φεβρουαρίου 2020

Στην Εικόνα 2, παρουσιάζονται συγκεντρωμένες, όλες οι τεχνολογίες που αντιπροσωπεύουν το Industry 4.0. Η σειρά προτεραιότητας έχει καθοριστεί βάσει της συχνότητας εφαρμογής της εκάστοτε τεχνολογίας στις σύγχρονες αλυσίδες και η ανάλυση έχει πραγματοποιηθεί με τη βοήθεια γραφήματος Pareto. Ουσιαστικά, 13 είναι οι διασπαστικές τεχνολογίες, οι οποίες κατευθύνουν την πορεία του Industry 4.0 στη διεθνή πραγματικότητα, καθώς συναποτελούν το 80% της επένδυσης των αλυσίδων για τη μετάβασή τους στη νέα βιομηχανική εποχή. Παρόλα αυτά, το φαινόμενο Industry 4.0 επιφέρει τόσο επιδραστικές μεταβολές που κάθε κράτος/βιομηχανία/επιχείρηση διατηρεί διαφορετικό ρυθμό ενσωμάτωσης και προσαρμογής στα νέα δεδομένα. Συνεπώς, στην πορεία είναι πιθανό να προκύψουν αλλαγές στη συχνότητα αξιοποίησης των τεχνολογιών, ειδικότερα σε μία πιο ώριμη και καταρτισμένη ψηφιακή βιομηχανία.

3.3 ΔΙΕΘΝΗΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ

Κατά την έναρξη αναζήτησης των συνθηκών και των προδιαγραφών εκείνων που θα εισάγουν μία αλυσίδα στην εποχή του Industry 4.0, απαιτείται πλήρης αφομοίωση και διεξόδυση σε νέες λύσεις, είτε τεχνολογικές, είτε εργασιακές, είτε διοικητικές. Μοναδική σταθερά για τις επιχειρήσεις παραμένει το γεγονός ότι κάθε βιομηχανικό και παραγωγικό σύστημα διαδικασιών μελετάται ολιστικότερα, ώστε να μετατραπεί σε μία αυτόνομη ψηφιακή

αλυσίδα αξίας. Προς περαιτέρω κατανόηση, πραγματοποιήθηκε έρευνα (Ένωση Μηχανικών Μηχανών και Εγκαταστάσεων Γερμανίας, 2015), όσον αφορά την ετοιμότητα των γερμανικών αλυσίδων στα πρότυπα του Industry 4.0. Οι βασικές παράμετροι για την αποσαφήνιση και αξιολόγηση των βασικών διαστάσεων μελέτης για την αποτελεσματικότερη μετάβαση στη νέα βιομηχανική εποχή, είναι οι εξής:

- ❖ Διοικητική και Οργανωσιακή Στρατηγική, βάσει επενδύσεων στην καινοτομία.
- ❖ Διαμόρφωση ενός “έξυπνου” εργοστασίου, μέσω εξοπλισμού, υπερσύγχρονων συστημάτων, αξιοποίησης και εύρεσης δεδομένων και ψηφιακού σχεδιασμού.
- ❖ Ακόμα “έξυπνότερη” διαχείριση των διαδικασιών, μέσω της ενσωμάτωσης της αλυσίδας αξίας.
- ❖ Παραγωγή και προώθηση “έξυπνων” προϊόντων/υπηρεσιών, με ψηφιακή “υπογραφή” των νέων τεχνολογιών.
- ❖ Ενσωμάτωση των συστημάτων διαχείρισης δεδομένων, με σκοπό τη βελτιστοποίηση προβλέψεων, λειτουργιών και αποφάσεων.
- ❖ Ενδυνάμωση και πρόσληψη του αντίστοιχου ανθρώπινου δυναμικού.

Σύμφωνα με τις παραπάνω μεταβλητές έρευνας, πάνω από το ήμισυ των ερωτηθέντων δεν πληροί τα ελάχιστα ζητούμενα για την υιοθέτηση των πρόσφατων ψηφιακών εξελίξεων στη βιομηχανία. Μάλιστα, αρκετές εταιρίες παρέμεναν σε ένα πιλοτικό/διερευνητικό επίπεδο αποφάσεων και επενδύσεων, σε μία προσπάθεια αναζήτησης των ιδανικών εργαλείων ψηφιοποίησης και αυτοματοποίησης των διαδικασιών τους. Αντίθετα, ελάχιστο είναι το πλήθος των επιχειρήσεων, όπου πληρούσαν και τις 6 βασικές ερευνητικές διαστάσεις, όπως το παράδειγμα της SEW Eurodrive (2020). Τα τελευταία χρόνια, η εταιρία έχει δημιουργήσει ένα ανεπτυγμένο επίπεδο αυτοματοποιημένης παραγωγής και εσωτερικής μεταφοράς προϊόντων, μέσω “αυτόνομων” οχημάτων, ώστε να επιταχύνεται η διαδικασία και να εστιάζεται η ανθρώπινη παρέμβαση, αποκλειστικά, στην ολοκλήρωση κάθε επιμέρους δραστηριότητας. Κάθε σταθμός εργασίας διαθέτει συσκευές, συνδεδεμένες με το κεντρικό σύστημα λογισμικού αλλά και διαθέτοντας RDIF τεχνολογία, ώστε να λειτουργούν τα οχήματα ορθά και να ελέγχονται ανά πάσα στιγμή για τη διαδρομή και το φορτίο που μεταφέρουν ανά σημείο παραγωγής. Πρωταρχικό θετικό αντίκτυπο της συγκεκριμένης πρωτοβουλίας αποτελεί η ελαχιστοποίηση λαθών στο χειρισμό του αποθέματος και την παραγωγή, καθώς επίσης και η βελτίωση της αποτελεσματικότητας σε καθημερινό επίπεδο.

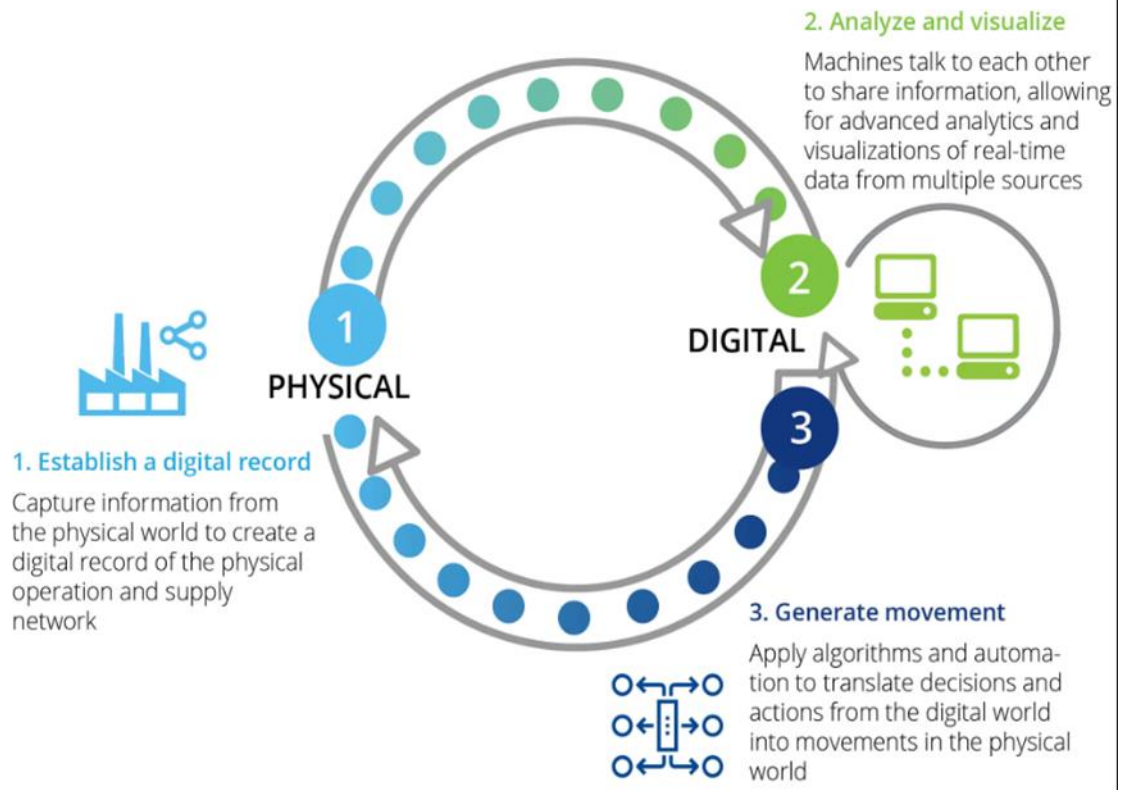
Όσον αφορά τη Γερμανία, ως μία από τις πρωτοπόρους χώρες, που αποσκοπούν στην ολοκληρωμένη ενσωμάτωση του Industry 4.0, η ίδια η Κυβέρνηση σχεδιάζει και προγραμματίζει την ψηφιοποίηση και ανάπτυξη του βιομηχανικού κλάδου. Ήδη στον τομέα της παραγωγής και διάθεσης εξοπλισμού παραμένει διεθνώς ανταγωνιστική και σε πολλές περιπτώσεις ηγείται των υπολοίπων παγκόσμιων πρώτων, υποστηρίζοντας και τη θέση ισχύος της στην Αυτοκινητοβιομηχανία και στην παραγωγή μηχανών. Γενικεύοντας λοιπόν το παράδειγμα της Γερμανίας, η Ευρώπη διαθέτει μία πιο πρακτική και εστιασμένη στο υλικό δυναμικό, αντίληψη και κατανόηση του Industry 4.0.

Αντίθετα, τη ψηφιακή ή και άυλη υπόσταση της νέας βιομηχανικής επανάστασης στοχεύουν και διερευνούν στις ΗΠΑ. Βασικό σημείο αναφοράς αποτελεί η διεύρυνση των ψηφιακών οριζόντων των επιχειρήσεων, μέσω της μέγιστης αξιοποίησης των δυνατοτήτων του ίντερνετ και της αντίστοιχης ανάπτυξης συσκευών και προγραμμάτων. Παρατηρώντας πιο ολιστικά την έννοια του Industry 4.0, ενισχύεται έντονα η άποψη ότι η εξέλιξη της τεχνολογίας θα επιφέρει τα λεγόμενα ψηφιακά δίκτυα εφοδιασμού, τα οποία θα συναποτελούν ένα (ψηφιακό) οικοσύστημα.

3.4 ΣΥΝΔΕΣΙΜΟΤΗΤΑ ΔΥΟ ΚΟΣΜΩΝ

Το εξελιγμένο υπόβαθρο του Industry 4.0 για τα σύγχρονα δεδομένα αποτελεί κινητήριο μοχλό των επιχειρήσεων να μελετούν κάθε εσωτερικό και εξωτερικό παράγοντα του περιβάλλοντός τους. Συνεπώς, η μελέτη του φαινομένου δεν διενεργείται, μέσω της αυτοματοποίησης κάθε επιμέρους διαδικασίας ξεχωριστά, αλλά μέσω της πλήρους ψηφιοποίησης του συνολικού οικοσυστήματος της αλυσίδας. Πλέον, ο συνδυασμός ανθρώπινου παράγοντα και συσκευών πραγματοποιείται με το ιδανικό μίγμα στελεχών, εργαζομένων, συνεργατών, προμηθευτών, υπερσύγχρονων συσκευών και ηλεκτρονικών συστημάτων, με πρωταρχικό στόχο την αυτοματοποίηση λειτουργιών.

Η μετατροπή του οικοσυστήματος σε περιβάλλον δυναμικής ενημέρωσης και άντλησης δεδομένων σε πραγματικό χρόνο συνδέεται άρρηκτα με την ανθρώπινη παρέμβαση, διαμορφώνοντας έναν αέναο κύκλο. Πρόκειται για έναν αναπόφευκτο μετασχηματισμό των επιχειρήσεων, σύμφωνα με τον Mark Cotteleer (2021), όπου συνδυάζονται οι συνεχείς ροές μεταξύ ανθρώπου-συσκευών και ονομάζεται physical-to-digital-to-physical loop (PDPL). Το μοντέλο αυτό (Εικόνα 3) συνιστά ένα αντιπροσωπευτικό παράδειγμα της ανάγκης των επιχειρήσεων για εσωτερική συνδεσιμότητα των λειτουργιών, μέσω των αξιοποιούμενων τεχνολογιών του Industry 4.0.



Εικόνα 3: Physical-to-digital-to-physical loop and related technologies, (Πηγή: Deloitte 2021)

Ο συγκεκριμένος κύκλος ροών αποτελείται από τρία βασικά βήματα, ως εξής:

- 1. Από φυσικό σε ψηφιακό:** Αφορά την ψηφιακή καταχώριση δεδομένων και εγγραφών, μέσω απτών δεδομένων και ανθρώπινης παρέμβασης.
- 2. Από ψηφιακό σε ψηφιακό:** Αφορά τον υπολογισμό πολύτιμων δεικτών και αποτελεσμάτων, μέσω της χρήσης ανεπτυγμένων συστημάτων ανάλυσης δεδομένων, μελέτης εναλλακτικών σεναρίων και συσκευών τεχνητής νοημοσύνης.
- 3. Από ψηφιακό σε φυσικό:** Με τη συνδρομή ειδικών αλγορίθμων μεταφράζονται τα τελικά ψηφιακά δεδομένα, ώστε να διευκολυνθεί η διαδικασία λήψης αποφάσεων στις επιχειρήσεις.

Η συνδεσιμότητα μεταξύ ψηφιακού και πραγματικού κόσμου αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την πλήρη κατανόηση του πλαισίου Industry 4.0 και των συνολικών οφελών στις επιχειρήσεις και την ανθρώπινη εργασία. Με άλλα λόγια, η νέα Βιομηχανική Εποχή δεν επιφέρει μόνο απότομη αλλαγή ισορροπιών αλλά επηρεάζει συνολικά κάθε επιμέρους στοιχείο των αλυσίδων, καθώς επίσης και τη λειτουργία των επιχειρήσεων και πιο γενικά ολόκληρη την κοινωνία. Για παράδειγμα, η υλοποίηση πιο αυτοματοποιημένης διαδικασίας

μεταφορών και διανομής επιφέρει ποικίλες μεταβολές στον τρόπο διαχείρισης του συνόλου των λειτουργιών εφοδιασμού, στην αντίληψη και στις προσδοκίες των πελατών ως προς τις νέες προσφερόμενες υπηρεσίες, αλλά και στις προσαρμοσμένες δεξιότητες και αρμοδιότητες που θα κατέχουν οι εργαζόμενοι.

4 ΤΟ ΨΗΦΙΑΚΟ ΠΑΡΟΝ ΤΗΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ

4.1 ΨΗΦΙΑΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΗΣ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ

Η διαμόρφωση πλήρως συνδεδεμένων (με τον ψηφιακό κόσμο) διαδικασιών διευρύνει τις διαθέσιμες επιλογές και λύσεις στην αλυσίδα, όχι μόνο σε επίπεδο παραγωγής και εφοδιασμού αλλά σε κάθε πιθανό βιομηχανικό τομέα ή κλάδο. Κάθε ενδεχόμενη επένδυση σε καινοτόμα τεχνολογία ή συνδυασμό πολλών μπορεί να μελετηθεί για τη βελτιστοποίηση της παροχής και προώθησης οποιουδήποτε προϊόντος/υπηρεσίας, οπότε και επιδρά σε όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη του περιβάλλοντος της αλυσίδας. Οι ψηφιακές αλυσίδες εφοδιασμού, σύμφωνα με τον Hoberg, (2015) διαθέτουν τη δύναμη να επεξεργάζονται μία τεράστια δεξαμενή πληροφοριών, καθώς και να υποστηρίζουν τα αντίστοιχα συνεργαζόμενα μέρη στην επικοινωνία και συνεργασία, μέσω πλατφορμών και συστημάτων τελευταίας τεχνολογίας.

Ο ψηφιακός μετασχηματισμός της αλυσίδας αφορά την ενσωμάτωση διασπαστικών τεχνολογιών, με τέτοιον τρόπο, ώστε να αναθεωρηθούν οι παραδοσιακές μέθοδοι υλοποίησης των καθημερινών διαδικασιών και να εξαχθεί πρόσθετη αξία, μέσω ενός νέου επιχειρηματικού μοντέλου. Φυσικά σε μία τέτοια διαδικασία απαιτείται συλλογική προσπάθεια και λήψη αποφάσεων από τη διοίκηση, ώστε η προσαρμογή στην αλλαγή να πραγματοποιηθεί με ομαλότητα, συνέπεια και συντονισμό. Οι Farhani, Meier, Wilke (2017) διέκριναν επτά βασικές διαστάσεις για την αξιολόγηση και την αναδιαμόρφωση της εφοδιαστικής αλυσίδας στη νέα ψηφιακή βιομηχανική εποχή, ως εξής:

1. Ψηφιακή Μέτρηση Απόδοσης
2. Ψηφιακές Τεχνολογίες
3. Ψηφιακή Διαχείριση Ανθρώπινου Δυναμικού
4. Ψηφιακοί Προμηθευτές
5. Ψηφιακό Σύστημα Παραγωγής
6. Ψηφιακό Απόθεμα και Σύστημα Μεταφορών
7. Ψηφιακοί Πελάτες

Εφόσον η συνέχεια της μελέτης αφορά τις νέες τεχνολογικές καινοτομίες του Industry 4.0, διακρίνονται δύο βασικές στρατηγικές ενσωμάτωσης. Η πρώτη αφορά την πλήρη εξατομίκευση και προσαρμογή των νέων τεχνολογιών στις ανάγκες της αλυσίδας σε υπάρχοντα ψηφιακά συστήματα και εξοπλισμό. Όσο μεγαλύτερο είναι το μέγεθος της επιχείρησης, τόσο πιο δύσκολη μπορεί να γίνει η εξασφάλιση και η δέσμευση των αρμόδιων τμημάτων. Η δεύτερη επιλογή αφορά τη συνεργασία με εξωτερικό συνεργάτη παροχής

τεχνολογιών και λογισμικού, ώστε να καλυφθούν οι τεχνολογικές ανάγκες της αλυσίδας. Στη συγκεκριμένη επιλογή πάντα υπάρχει η πιθανότητα χάσματος στο ζητούμενο και στο αποτέλεσμα, καθώς δεν είναι εφικτό να κατανοηθούν πλήρως οι αναγκαίες παράμετροι.

4.2 ΨΗΦΙΑΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ INDUSTRY 4.0

Οι διασπαστικές τεχνολογίες παρέχουν τη δυναμική στις επιχειρήσεις να μεταβάλλουν τους κανόνες στην οικονομία, να επηρεάζουν τα δόγματα εργασίας και να επανακαθορίζουν τις ανάγκες παραγωγής, άρα και κατανάλωσης. Η σύνδεση συστημάτων, πραγμάτων και ανθρώπων ένα ψηφιακό δίκτυο διαδικασιών και συνεργατών, το οποίο μπορεί να διατηρείται αυτο-προγραμματιζόμενο, δυναμικό και βελτιστοποιημένο σε πραγματικό χρόνο, σε συνδυασμό παράλληλα με την καλύτερη αξιοποίηση διαθέσιμων πόρων, κόστους και κατανάλωσης. Ο συνδυασμός των καινοτόμων τεχνολογιών του Industry 4.0 δημιουργεί νέα επιχειρηματικά μοντέλα προς μελέτη, με νέες δυναμικές, όσον αφορά την αποδοτικότητα και την αποτελεσματικότητα.

Βάσει του Διεθνούς Τύπου για Αναφορές Ερευνών και Ανάλυσης Δεδομένων (IJRAR, 2019), διακρίνονται 4 κατηγορίες εταιριών για τον βαθμό υιοθέτησης των τεχνολογιών Industry 4.0:

- ❖ Ψηφιακός αρχάριος (amateur): Αφορά το στάδιο μίας βιομηχανικής επιχείρησης όπου διασφαλίζονται βασικά αποτελέσματα ψηφιοποίησης σε όλα τα τμήματα συνολικά καθώς και σε διακριτά προϊόντα και χαρτοφυλάκια υπηρεσιών. Παράλληλα, δεν εξασφαλίζεται ούτε η πλήρης συμμόρφωση στα σύγχρονα ψηφιακά πρότυπα, ούτε σαφής καταγραφή των αρνητικών συνεπειών της ενδεχόμενης αυτοματοποίησης των διαδικασιών.
- ❖ Κάθετος ολοκληρωτής (Vertical integrator): Αποτελεί το δεύτερο στάδιο ωρίμανσης, με βασικό χαρακτηριστικό την αξιοποίηση ολοκληρωμένου λογισμικού αλλά και εξοπλισμού μετάδοσης πληροφορίας και δεδομένων, μέσω του διαδικτύου. Η νέα τάξη των πραγμάτων ενισχύει την άφιξη γνωστών διαδικτυακών ιστοτόπων στη διεθνή αγορά και διαφορετικών μεθόδων διαχείρισης στο απόθεμα προϊόντων.
- ❖ Οριζόντιος συνεργάτης (Horizontal partner): Στο επόμενο στάδιο ωριμότητας ενσωματώνεται αυτούσια η αλυσίδα αξίας με τους πελάτες και τα ενδιαφερόμενα μέρη, όπως πελάτες, προμηθευτές και λοιπούς συνεργάτες κατά μήκος της γραμμής παραγωγής. Επιτυγχάνεται συχνότερα με το βέλτιστο συντονισμό των παρεχόμενων υπηρεσιών logistics και ως εκ τούτου δημιουργεί βιομηχανική ανάπτυξη με αύξηση της παραγόμενης ποιότητας, με βελτίωση του χρόνου διαχείρισης της συνολικής διαδικασίας ή με συρρίκνωση του λειτουργικού κόστους. Αφορά ένα καθοριστικό επίπεδο υιοθέτησης του Industry 4.0, καθώς διασφαλίζεται ολιστικός συντονισμός μεταξύ τμημάτων και

συνεργατών της αλυσίδας, αλλά και ελέγχονται αποτελεσματικότερα ενδεχόμενοι ψηφιακοί κίνδυνοι.

- ❖ Ψηφιακός ειδήμων (Digital Expert): Αφορά τη ψηφιοποίηση όλων των λειτουργικών και εκτελεστικών διαδικασιών της αλυσίδας, μέσω των οποίων επιτυγχάνεται καθημερινή ευρυθμία και αποδοτικότητα. Η επέκταση σε πιο αυτόματες λύσεις διαδικτύου (πχ. Internet of Things, Internet of Services κτλ.) προϋποθέτει μεγάλα επενδυτικά κεφάλαια, σε μία εποχή όπου οι διαδικασίες παραμετροποιούνται, βάσει κόστους. Διαθέτοντας ψηφιοποιημένο σύστημα διαδικασιών και εργαλείων, οι πρωτοπόρες βιομηχανίες της νέας εποχής διαμορφώνουν εξατομικευμένα προϊόντα, μέσω αυτόματων λειτουργιών και εργασιών άντλησης δεδομένων (Internet of Data).

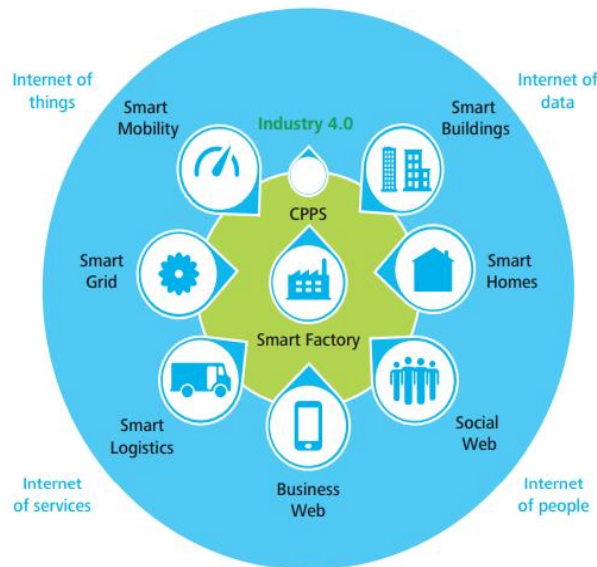
Βάσει της προαναφερθείσας κατηγοριοποίησης, μία επιχείρηση η οποία θεωρείται “ειδήμων” για τα δεδομένα του Industry 4.0, είναι άκρως ικανή και ώριμη να συνδυάζει κάθε εφικτή λύση διαδικτύου με τον αποδοτικότερο και αποτελεσματικότερο τρόπο. Η συνολική διασύνδεση των επιμέρους μελών της αλυσίδας, μέσω τεχνολογιών διαδικτύου, κατευθύνει την εξέλιξη της αλυσίδας σε “έξυπνο” ψηφιακό δίκτυο καθ’ όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του προϊόντος. Μέσω του όρου αυτού, υιοθετούνται και λοιπές βασικές έννοιες της σύγχρονης ψηφιακής αλυσίδας, όπως η “έξυπνη” μονάδα παραγωγής που αποτελεί την αρχή των πάντων αλλά όχι το μοναδικό συστατικό μέρος του συνολικού δικτύου καναλιών και διαύλων.

4.3 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ INDUSTRY 4.0

Όπως αναφέρθηκε από το Ινστιτούτο Αξιολόγησης Τεχνολογίας (ΙΤΑ, 2015), το Industry 4.0 επιφέρει εκτενείς αλλαγές στον τρόπο υλοποίησης διαδικασιών, αναλογίζοντας τόσο την επιτυχή σύνδεση τεχνολογιών και συσκευών, όσο και την εφαρμογή καινοτόμων ψηφιακών λύσεων, με σκοπό την επίτευξη υψηλού βαθμού ωριμότητας και αυτοματισμού. Η αναπόφευκτη εξέλιξη των Τεχνολογιών Πληροφορικής και Επικοινωνίας (ΤΠΕ) ώθησε στην άρση των φραγμών μεταξύ ψηφιακού-πραγματικού κόσμου, με την ανακάλυψη των λεγόμενων Κυβερνοφυσικών Συστημάτων Παραγωγής (CPPS). Πρόκειται για ψηφιακά δίκτυα, τα οποία συνδέουν τη σύγχρονη τεχνολογία με τα μηχανικά και ηλεκτρονικά μέλη κάθε μηχανήματος ή συσκευής, μέσω της αξιοποίησης του διαδικτύου. Ως πρώιμη μορφή των CPPS θεωρείται η τεχνολογία RFID, όπου εισήγαγε τη δυνατότητα ιχνηλάτησης προϊόντων αλλά και το προνόμιο διαμοιρασμού των αντίστοιχων πληροφοριών σε ψηφιακή μορφή.

Η λογική της ύπαρξης αισθητήρων και άλλων ειδών μικρο-τεχνολογίας και νανο-τεχνολογίας κορυφώνεται στη 4^η Βιομηχανική Επανάσταση, ώστε να συνδέονται άνθρωποι, συσκευές, μονάδες παραγωγής και εξωτερικά μέλη του περιβάλλοντος της αλυσίδας. Η σύγχρονη διεπαφή του Industry 4.0 (Εικόνα 4) αντικατοπτρίζεται με τις σύγχρονες

τεχνολογίες διαδικτύου να καθιστούν “έξυπνα” τα εμπλεκόμενα μέλη της αλυσίδας και να ενισχύονται έτσι οι δυνατότητες μεταβολής και βελτίωσης στη συνδεσιμότητα και συνοχή των εμπλεκόμενων.



Εικόνα 4: “The environment of Industry 4.0” (Πηγή: Deloitte)

4.3.1 ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ ΤΩΝ ΠΡΑΓΜΑΤΩΝ

Το διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT) δεν αφορά απλώς τη συνδεσιμότητα μηχανής με μηχανή (M2M), αλλά η έννοιά του εκτείνεται μέχρι τη δημιουργία ενός έξυπνου, “αόρατου” δικτύου που μπορεί να ανιχνευθεί, να ελεγχθεί και να προγραμματιστεί ώστε τα φυσικά αντικείμενα να “επικοινωνούν έξυπνα” (Deloitte, 2019). Δεν είναι τυχαίο ότι το IoT αναφέρεται και ως το διαδίκτυο των πάντων (Internet of Everything), καθώς προϋποθέτει την ύπαρξη ηλεκτρονικών αισθητήρων και ενεργοποιητών σε κάθε ψηφιακή συσκευή, μηχανή, σύστημα ή ακόμα και κτίριο. Η πρακτική εφαρμογή αισθητήρων και λοιπών

ενσωματωμένων τεχνολογιών δεν περιορίζεται μόνο στον έλεγχο βασικών συνθηκών και παραμέτρων του προϊόντος (πχ. θερμοκρασία, φωτισμός) αλλά εντείνεται και στην ποιοτική παρακολούθηση μηχανών, την πρόληψη και αποκατάσταση ζημιών ή καταστροφών, την προσμέτρηση και κατηγοριοποίηση αστικών φαινομένων και καταστάσεων. Οι περισσότερες από τις εφαρμογές IoT έχουν ταξινομηθεί ως συστατικά των έξυπνων πόλεων ή ως βέλτιστες εφαρμογές της διοίκησης εφοδιαστικής αλυσίδας.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα διαμόρφωσης έξυπνων πόλεων υιοθετείται στη Σιγκαπούρη, μέσω του συστήματος Smart Nation Sensor Platform. Μέσω ασύρματων συσκευών συγκεντρώνονται δεδομένα, σε εφαρμογές “έξυπνου” παρκαρίσματος και αυτόνομης κινητικότητας. Μία ακόμη περίπτωση μελετήθηκε από την ομάδα ερευνών της IBM, με το όνομα Green Horizon, όπου συνδεδεμένες συσκευές παρέχουν πληροφορίες για την εξέλιξη της αστικής μόλυνσης και για την πρόβλεψη των φυσικών φαινομένων σε πραγματικό χρόνο, βάσει αισθητήρων. Η συχνότερη αρχιτεκτονική IoT αποτελείται από τρία επίπεδα: i) επίπεδο αντίληψης για την απόκτηση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, ii) επίπεδο δικτύου για την ασφαλή μετάδοση της πληροφορίας και iii) επίπεδο εφαρμογής για την ενίσχυση του “έξυπνου” δικτύου, μέσω της άμεσης απόκτησης της πληροφορίας.

Το IoT συνδέει μηχανήματα και συσκευές στις βιομηχανίες με τέτοιο τρόπο, ώστε να εξάγεται κέρδος και όφελος μέσω κάθε επιμέρους λειτουργίας. Από τα σημαντικότερα οφέλη που προκύπτουν είναι η διατήρηση υψηλής ποιότητας με αντίκρισμα στη συνολική ικανοποίηση των καταναλωτών, όπως επίσης και στην αποδοτικότερη ασφαλέστερη και επιταχυμένη διεκπεραίωση των καθημερινών και μακροχρόνιων διαδικασιών των βιομηχανιών. Φυσικά, οι απαιτήσεις υιοθέτησης του IoT είναι επαυξημένες σε σχέση με τις συνήθεις αξιοποιούμενες τεχνολογίες, ιδιαίτερα στη δυνατότητα δημιουργίας ενός ενιαίου και αυτόνομου δικτύου συνδεδεμένων συσκευών και συστημάτων. Η CISCO (IoT Solutions, 2021) αξιοποιεί τους έξυπνους αισθητήρες συλλογής δεδομένων και τις συσκευές ασύρματου δικτύου ως διαύλους διαμοιρασμού δεδομένων και στοιχείων αντιμετώπισης προβλημάτων, με σκοπό τη διαχείρισή τους σε τεχνολογίες νέφους (cloud).

4.3.1.1 ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟ ΙΝΤΕΡΝΕΤ ΤΩΝ ΠΡΑΓΜΑΤΩΝ (IIOT)

Συνεχίζοντας με την περίπτωση της Cisco (Industrial IoT Solutions for Digital Manufacturing, 2021), το Βιομηχανικό διαδίκτυο των πραγμάτων (IIoT) είναι ένα οικοσύστημα συσκευών, αισθητήρων, εφαρμογών και σχετικού εξοπλισμού δικτύωσης που συνεργάζονται για τη συλλογή, παρακολούθηση και ανάλυση δεδομένων, με εστίαση στις βιομηχανικές δραστηριότητες. Ως πλαίσιο συνδυάζει εξοπλισμό, τεχνολογίες υπολογιστικού νέφους, μεθόδους και δεδομένα ανάλυσης και ανθρώπους για τη βελτίωση της απόδοσης και της παραγωγικότητας των βιομηχανικών διαδικασιών. Με το IIoT, οι βιομηχανικές εταιρείες μπορούν να ψηφιοποιήσουν τις διαδικασίες, να μετασχηματίσουν τα επιχειρηματικά μοντέλα και να βελτιώσουν την απόδοση και την παραγωγικότητα, μειώνοντας παράλληλα τα απόβλητα.

Μια τυπική βιομηχανική εγκατάσταση διαθέτει χιλιάδες αισθητήρες που παράγουν δεδομένα. Με το ΠoT, οι κατασκευαστές, για παράδειγμα, μπορούν να συνδυάσουν δεδομένα μηχανών από μία μόνο γραμμή, εργοστάσιο ή ένα δίκτυο τοποθεσιών, όπως εργοστάσια παραγωγής, εγκαταστάσεις συναρμολόγησης και διυλιστήρια, για να βελτιώσουν προληπτικά την απόδοση εντοπίζοντας πιθανά σημεία συμφόρησης, αποτυχίες, κενά στις διαδικασίες παραγωγής και ζητήματα ποιότητας πριν συμβούν. Ο συνδυασμός δεδομένων από ένα δίκτυο τοποθεσιών μπορεί επίσης να οδηγήσει σε αποτελεσματικότερο έλεγχο της ροής των υλικών, στον έγκαιρο εντοπισμό και τον εντοπισμό και στην εξάλειψη των σημείων συμφόρησης της παραγωγής ή της προμήθειας, καθώς και στη βελτιστοποιημένη λειτουργία των μηχανημάτων και του εξοπλισμού σε όλες τις εγκαταστάσεις.

Σύμφωνα με την AWS (2018), οι αναλύσεις προγνωστικής ποιότητας εξάγουν αξιοποιήσιμες πληροφορίες από πηγές βιομηχανικών δεδομένων, όπως ο εξοπλισμός κατασκευής, οι περιβαλλοντικές συνθήκες και οι ανθρώπινες παρατηρήσεις. Τα σύγχρονα βιομηχανικά μηχανήματα είναι εξοπλισμένα με έξυπνους αισθητήρες που παρακολουθούν συνεχώς την κατάσταση και μπορούν να προ-ανιχνεύσουν τυχόν κρίσιμα ζητήματα πριν το σύστημα να είναι εντελώς εκτός λειτουργίας. Οι έξυπνοι αισθητήρες ενεργοποιούν την προειδοποίηση συντήρησης στο κεντρικό σύστημα και ειδοποιούνται τα αρμόδια άτομα / ομάδες εργασίας. Οι μηχανικοί συντήρησης μπορούν να αναλύσουν τα δεδομένα και να σχεδιάσουν αποτελεσματικά τη συντήρηση των χρονοδιαγραμμάτων χωρίς να επηρεάσουν την εργασία ρουτίνας.

Η προληπτική συντήρηση είναι μια αποτελεσματική λύση για την αποφυγή περιττών διακοπών λειτουργίας στη γραμμή παραγωγής. Η απροσδόκητη βλάβη των μηχανών θα μπορούσε να προκαλέσει ζημιά στα προϊόντα, καθυστέρηση στην παράδοση και την παραγωγή καθώς και απώλεια πωλήσεων για τους κατασκευαστές. Η κατάσταση κάθε μηχανήματος αποθηκεύεται σε ένα σύστημα νέφους και ενημερώνεται δυναμικά σε πραγματικό χρόνο. Το ιστορικό κάθε μηχανήματος, η απόδοση και η επόμενη προγραμματισμένη συντήρηση είναι εύκολα προσβάσιμα εξ αποστάσεως (σε υπολογιστές, μέσω διεπαφής ιστού ή μέσω εφαρμογών smartphone). Οι βελτιώσεις απόδοσης μπορούν να υπολογιστούν και να εφαρμοστούν για κάθε μηχανήμα και στάδια επεξεργασίας προϊόντων χρησιμοποιώντας ανάλυση δεδομένων που συλλέγονται.

4.3.2 “ΜΕΓΑΛΑ” ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Η συγκέντρωση της πληροφορίας σε πραγματικό χρόνο αποτελεί θεμελιώδες βήμα για τη δυναμική ενημέρωση και δικτύωση της αλυσίδας. Παρόλα αυτά, η απαραίτητη επεξεργασία και προσμέτρηση των διαθέσιμων στοιχείων αποτελεί εξίσου καθοριστικό βήμα, ιδιαίτερα στη διαδικασία λήψης μελλοντικών αποφάσεων. Τα διακριτά δεδομένα

μεγάλου όγκου ή αλλιώς Big Data διατηρούν εξέχουσα θέση στο περιβάλλον του “έξυπνου” δικτύου, καθώς έχουν έντονο αντίκτυπο σε κάθε ιεραρχικό επίπεδο της αλυσίδας. Ως προς τις προδιαγραφές του Industry 4.0, τα Μεγάλα Δεδομένα έχουν οριστεί ως βάσεις τεράστιων συνόλων δεδομένων που αποτελούνται από έξι κύρια χαρακτηριστικά: όγκο, ποικιλία, ταχύτητα, ρεαλιστικότητα, αξία και πολυπλοκότητα. Από τα 6, τα παρακάτω αποτελούν τα πιο καθοριστικά χαρακτηριστικά των Μεγάλων Δεδομένων:

- ❖ Όγκος (Volume): Ο όγκος των δεδομένων έχει σημασία. Με τα μεγάλα δεδομένα, δύνανται να επεξεργαστούν μεγάλοι όγκοι μη δομημένων δεδομένων χαμηλής πυκνότητας. Αυτό μπορεί αφορά δεδομένα άγνωστης αξίας, όπως ροές δεδομένων Twitter, ροές κλικ σε μια ιστοσελίδα ή μια εφαρμογή για κινητά ή εξοπλισμός με δυνατότητα αισθητήρα. Για ορισμένους οργανισμούς, αυτό μπορεί να εκφραστεί από δεκάδες terabytes δεδομένων έως και σε εκατοντάδες petabytes.
- ❖ Ταχύτητα (Velocity): Η ταχύτητα είναι ο γρήγορος ρυθμός με τον οποίο τα δεδομένα λαμβάνονται και (ίσως) ενεργοποιούνται. Κανονικά, η υψηλότερη ταχύτητα των δεδομένων ρέει απευθείας στη μνήμη σε σχέση με την εγγραφή στο δίσκο. Ορισμένα έξυπνα προϊόντα με δυνατότητα διαδικτύου λειτουργούν σε πραγματικό χρόνο ή σχεδόν σε πραγματικό χρόνο και απαιτούν αντίστοιχα αξιολόγηση και δράση σε πραγματικό χρόνο.
- ❖ Ποικιλία (Variety): Αναφέρεται στους πολλούς τύπους δεδομένων που είναι διαθέσιμοι. Οι παραδοσιακοί τύποι δεδομένων ήταν δομημένοι και ταιριάζουν τακτοποιημένα σε μια σχεσιακή βάση δεδομένων. Με την άνοδο των μαζικών δεδομένων, τα δεδομένα έρχονται σε νέους μη δομημένους τύπους δεδομένων. Οι μη δομημένοι και ημιδομημένοι τύποι δεδομένων, όπως το κείμενο, ο ήχος και το βίντεο, απαιτούν πρόσθετη προεπεξεργασία για την εξαγωγή νοήματος και την υποστήριξη μεταδεδομένων.

Ως προς το εύρος χρήσης τους, τα Μεγάλα Δεδομένα υιοθετούνται σε υπηρεσίες συγκέντρωσης πληροφοριών για θέματα δημόσιας υγείας και λοιπών κοινωνικών τομέων, όπως η γεωργία, ενώ κρίνονται απαραίτητα και σε θέματα μεταφορών, εμπορίου, όπως επίσης σε ζητήματα λήψης αποφάσεων στα χρηματοοικονομικά και στις επενδύσεις των εταιριών. Η αυξανόμενη χρήση και ανάγκη τους στις αλυσίδες δημιουργούν προϋποθέσεις για την ανάπτυξη νέων δεξιοτήτων και γνώσεων αλλά και την υποστήριξη εκπαιδευτικών σεμιναρίων για την εξέλιξη του εγχειρήματος. Στην Oracle^[21] έχει αναπτυχθεί το σύστημα Spark, με σκοπό την εύρεση πρόσθετης αξίας στα μεγάλα δεδομένα. Είναι μια ολόκληρη διαδικασία ανακάλυψης που απαιτεί διορατικούς αναλυτές, επιχειρηματικούς χρήστες και στελέχη που κάνουν τις σωστές ερωτήσεις, αναγνωρίζουν μοτίβα, κάνουν ενημερωμένες υποθέσεις και προβλέπουν τη συμπεριφορά.

Η Uber χρησιμοποιεί τα προσωπικά δεδομένα του χρήστη για να παρακολουθεί στενά ποια χαρακτηριστικά της υπηρεσίας προτιμώνται περισσότερο, να αναλύει τα μοτίβα χρήσης και να καθορίζει πού πρέπει να επικεντρωθούν περισσότερο οι υπηρεσίες. Η Uber επικεντρώνεται στην προσφορά και τη ζήτηση των υπηρεσιών όπου μπορεί να αλλάξουν δυναμικά οι τιμές των παρεχόμενων υπηρεσιών. Ως εκ τούτου, μία από τις μεγαλύτερες

χρήσεις δεδομένων της Uber είναι η τιμολόγηση “κατά κύματα” (surge pricing), όπου στην καθυστέρηση για ένα ραντεβού λόγω κράτησης σε ένα πολυσύχναστο μέρος, τότε δύναται να μεταβληθεί το ποσό. Βραχυπρόθεσμα, το συγκεκριμένο είδος τιμολόγησης επηρεάζει το ποσοστό ζήτησης, ενώ η μακροπρόθεσμη χρήση θα μπορούσε να είναι το κλειδί για τη διατήρηση ή την απώλεια πελατών. Οι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης αξιοποιούνται στη συγκεκριμένη περίπτωση για να προσδιορίσουν το μέρος πού η ζήτηση είναι ισχυρή.

4.3.3 ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΕΚΤΥΠΩΣΗ

Η 3D εκτύπωση ή καλύτερα προσθετική κατασκευή, σε αντίθεση με την αφαιρετική κατασκευή είναι η τεχνολογία που δημιουργεί φυσικά αντικείμενα με διαδοχική προσθήκη υγρού, φύλλου ή κονιοποιημένων υλικών, κυρίως πλαστικού (DesignTech Website). Σε διεθνές επίπεδο, η 3D εκτύπωση έχει δοκιμαστεί για την παραγωγή σχεδόν των πάντων, που κυμαίνονται από κτίρια έως ανθρώπινα όργανα (όπως το νεφρό και η καρδιά) και ιστούς (οστά, μύες και δόντια), αν και η συγκεκριμένη εφαρμογή (3D βιοεκτύπωση) βρίσκεται σε πρώιμο στάδιο εξέλιξης. Πέρα από αυτό, η ανάπτυξη της 3D εκτύπωσης δημιουργεί τη δυναμική καινοτομιών για τη βιοπαραγωγή ζωντανών υλικών και συσκευών.

Οι εκτυπωτές 3D αποτελούν ζωτικό μέρος του Industry 4.0. Ενώ οι εκτυπωτές 3D έφτασαν στην αγορά πίσω στη δεκαετία του '80, η εμπορικά βιώσιμη εκτύπωση 3D ήταν δυνατή μόνο την τελευταία δεκαετία περίπου, χάρη στις πρωτοποριακές προσπάθειες εταιρειών όπως η Stratasys και άλλες. Η τεχνολογία εκτύπωσης 3D σήμερα βρίσκεται σε ένα στάδιο όπου οι εταιρείες αρχίζουν να συνειδητοποιούν την επιρροή στην εύρυθμη λειτουργία τους και στους πελάτες που εξυπηρετούν. Κορυφαίες εταιρείες και σύμβουλοι σε όλο τον κόσμο πραγματοποιούν σημαντικές επενδύσεις στη γνώση και τις δυνατότητες 3D εκτύπωσης, ώστε να μπορούν να συμβουλεύουν και να ενώνουν τις δυνάμεις τους με τους πελάτες τους και να φέρουν επανάσταση στις αλυσίδες εφοδιασμού, στα χαρτοφυλάκια προϊόντων και στα ακολουθούμενα επιχειρηματικά μοντέλα.

Όσον αφορά τις βασικές παραμέτρους που έχουν μεταβάλει σημαντικά τα δεδομένα στην παραγωγή (Manufactur3D, 2021), οι εκτυπωτές 3D είναι ιδανικοί για μαζική προσαρμογή, καθώς βελτιώνεται η αξιοποιούμενη τεχνολογία, συνεπώς και η ταχύτητα των εκτυπωτών. Επίσης, οι προηγούμενοι 3D εκτυπωτές δεν ήταν εξαιρετικά ακριβείς, ειδικά όταν επρόκειτο για εκτύπωση σύνθετων σχεδίων γεννώντας την ανάγκη για βελτίωση στο λογισμικό 3D. Η παραδοσιακή κατασκευή σπαταλά πολύ υλικό, με αποτέλεσμα να αυξάνει το αποτύπωμα άνθρακα. Η εκτύπωση 3D μειώνει τα απόβλητα και οι κατασκευαστές με περιβαλλοντική συνείδηση μπορούν να χρησιμοποιήσουν φιλικό προς τη γη, βιοδιασπώμενο υλικό.

Επιπλέον, οι νεότεροι εκτυπωτές 3D μπορούν να δημιουργήσουν όσα αντίγραφα εάν χρειαστούν για τη βέλτιστη αξιοποίηση του αποθέματος. Ακόμη, οι σημερινοί 3D εκτυπωτές επεξεργάζονται σχεδόν τα πάντα - από μέταλλο έως φαγητό. Καθώς η επιλογή του υλικού αυξάνεται περαιτέρω, οι βιομηχανίες θα το βρουν πιο προσιτό να κατασκευάσουν σχεδόν

οτιδήποτε επιθυμούν οι πελάτες. Συνδυαστικά με τη χρήση νέων λογισμικών μεγάλων δεδομένων (π.χ. ThingWorx και Vuforia από την PTC), αυξάνεται η σημασία των 3D εκτυπωτών στο μέλλον, καθώς αυτά τα δεδομένα μπορούν να τροφοδοτηθούν απευθείας σε αυτούς κατά την προτυποποίηση. Τέλος, η μεταποιητική βιομηχανία θα αγκαλιάσει τον ψηφιακό μετασχηματισμό μόνο εάν η τιμή είναι σωστή. Εκτός από τις ανησυχίες για την ταχύτητα, ένα από τα μεγαλύτερα εμπόδια για την ψηφιοποίηση μαζικής κλίμακας ήταν το υψηλό κόστος των 3D εκτυπωτών. Καθώς ο ανταγωνισμός θερμαίνεται και όλο και περισσότεροι μικροί παίκτες μπαίνουν στη μάχη, το κόστος των εκτυπωτών 3D θα συνεχίσει να μειώνεται. Καθώς οι τιμές πέφτουν, όλο και περισσότεροι καταναλωτές θα αρχίσουν να αγοράζουν 3D εκτυπωτές, ωφελώντας όλους στη διαδικασία.

Σε γενικές γραμμές, οι περισσότερες μεταποιητικές βιομηχανίες πρόκειται να επωφεληθούν από την υιοθέτηση της τεχνολογίας εκτύπωσης 3D το νωρίτερο. Ωστόσο, τα περισσότερα οφέλη μπορούν να αποκομιστούν από την αυτοκινητοβιομηχανία και τις μεγάλες κατασκευαστικές βιομηχανίες, λόγω της σημαντικής εξοικονόμησης κόστους που σχετίζεται με την ψηφιοποίηση του αποθέματός τους και την εκμετάλλευση μεγαλύτερου εύρους πρώτων υλών. Άλλες εταιρείες που είναι πιθανό να ωφεληθούν νωρίτερα περιλαμβάνουν τους κατασκευαστές αμυντικού εξοπλισμού και τις εταιρείες υγειονομικής περίθαλψης, ειδικά εκείνες που ασχολούνται με την οδοντιατρική υγειονομική περίθαλψη και την προσθετική. Κατά τ' άλλα η μεταστροφή στην 3D εκτύπωση ωθεί σε χαμηλό κόστος διανομής και σε πιο προβλέψιμο προγραμματισμό διανομής και παραγωγής. Πρωτοβουλίες των αεροπορικών εταιρειών στην κατασκευή ανταλλακτικών, αποσκοπούν στη μείωση των αποθεμάτων ανταλλακτικών και του αντίστοιχου κόστους διατήρησης. Έργα όπως το RePair που αφορούν αεροπορικές εταιρείες και κατασκευαστές αεροπλάνων διερευνούν ήδη αυτές τις δυνατότητες και, ως εκ τούτου, δείχνουν τις νέες επιχειρηματικές ευκαιρίες που προκύπτουν με την εκτύπωση 3D.

4.3.4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΝΕΦΟΥΣ

Το υπολογιστικό νέφος είναι ένα μοντέλο παροχής υπηρεσιών εξ αποστάσεως που επιτρέπουν στους χρήστες να έχουν πρόσβαση σε εφαρμογές και δεδομένα και φυσικούς υπολογιστικούς πόρους μέσω δικτύου. Οι τομείς εφαρμογών της τεχνολογίας υπολογιστικού νέφους στην εκπαίδευση περιλαμβάνουν την ηλεκτρονική μάθηση (όπως η διαχείριση περιεχομένου προγραμμάτων σπουδών, το εικονικό εργαστηριακό περιβάλλον, η σουίτα παραγωγικότητας γραφείου, η διαχείριση βιβλιοθηκών και η συνεργατική μάθηση), η επικοινωνία (e-mail και ειδοποιήσεις) και η διοίκηση (όπως η διαχείριση εγγραφών μαθητών και η διαχείριση ανθρώπινων πόρων). Το υπολογιστικό νέφος δεν έχει χρησιμοποιηθεί μόνο στον τομέα της εκπαίδευσης, αλλά και σε άλλους τομείς όπως η υγειονομική περίθαλψη, η μεταποίηση, η ψυχαγωγία, οι μεταφορές και η ενέργεια.

Στο πλαίσιο Industry 4.0, οι εταιρείες με συνεργατικές αλυσίδες εφοδιασμού επωφελούνται από τη χρήση συστημάτων υπολογιστικής νέφους με διάφορους τρόπους. Η ορατότητα των κεντρικών πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο από πολλά μέρη κατά μήκος

της αλυσίδας εφοδιασμού επιτρέπει στη διοίκηση να υιοθετήσει μια πιο προληπτική προσέγγιση. Εάν αλλάξουν οι συνθήκες ή προκύψει κάποιο πρόβλημα, οι επιχειρήσεις μπορούν να αντιδράσουν έξυπνα για να διασφαλίσουν και να τροποποιήσουν την αποτελεσματικότητα, μειώνοντας παράλληλα τον κίνδυνο επανεμφάνισης ζητημάτων. Μεταξύ των πέντε κορυφαίων τεχνολογιών Industry 4.0 (RGBSI Website) που εφαρμόζονται από τους κατασκευαστές, η υπολογιστική νέφος έχει ποσοστό υιοθέτησης 85%. Η Intel και η Oracle διεξήγαγαν έρευνα στην οποία συμμετείχαν περισσότεροι από 1.200 διευθυντές μεσαίων έως μεγάλων παγκόσμιων κατασκευαστικών εταιρειών και διαπίστωσαν ότι το 60% πιστεύει ότι η υποδομή νέφος είναι απαραίτητη για την απελευθέρωση του πλήρους δυναμικού των τεχνολογιών Industry 4.0.

Το υπολογιστικό νέφος είναι ζωτικής σημασίας για κάθε άλλη τεχνολογία στο Industry 4.0. Οι άλλες τεχνολογίες που διαχειρίζεται η υποδομή υπολογιστικού νέφος διαφέρουν ανάλογα με τη βιομηχανία. Για παράδειγμα, η κατασκευή και η αυτοκινητοβιομηχανία θεωρούν ότι η προηγμένη ρομποτική και η μηχανική μάθηση είναι όλο και πιο σημαντικές για τις γραμμές συναρμολόγησης και τα αυτόνομα οχήματα. Η διαχείριση του στόλου είναι ευκολότερη με την εφαρμογή υπολογιστικής νέφος και άλλων σύγχρονων τεχνολογιών, όπως η παρακολούθηση τοποθεσίας. Για μια εταιρεία, ένα σύστημα διαχείρισης στόλου που βασίζεται στο νέφος με αναφορές δεδομένων σε πραγματικό χρόνο σχετικά με τη διαθεσιμότητα, το σέρβις, την κατάσταση συντήρησης και τα χιλιόμετρα γίνεται ένα εργαλείο προσαρμογής σε πραγματικές συνθήκες που μερικές φορές είναι αναξιόπιστες.

4.3.5 ΕΞΥΠΝΟΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ

Διάφοροι τύποι έξυπνων αισθητήρων έχουν αναπτυχθεί στο πρόσφατο παρελθόν για να καλύψουν την ανάγκη κατασκευής έξυπνων συσκευών ή αντικειμένων, με σκοπό την αποτελεσματικότερη παρακολούθηση. Τα συστήματα παρακολούθησης για τα επίπεδα των υδάτων και των πλημμυρών, τα συστήματα φυσικού αερίου, περιβάλλοντος, αλλά και τα συστήματα διάγνωσης σφαλμάτων εξοπλισμού αξιοποιούν έξυπνους αισθητήρες. Στην εποχή της 4^{ης} βιομηχανικής επανάστασης, αυτοί οι έξυπνοι αισθητήρες θα ενσωματωθούν στο σύστημα IoT και η πρόοδος των έξυπνων αισθητήρων θα συνεχίσει να αυξάνεται σημαντικά, με εφαρμογή στα έξυπνα σπίτια, τις έξυπνες πόλεις και τα έξυπνα δίκτυα μεταφορών και διανομής.

Η παγκόσμια αγορά έξυπνων αισθητήρων αναπτύσσεται με ετήσιο ρυθμό 19 τοις εκατό και αναμένεται να φτάσει τα 60 δισεκατομμύρια δολάρια έως το 2022 (Volini A., Sommer Al., Shackleton D., Whitmer B., Moradian S., 2018). Οι τεχνολογικές εξελίξεις έχουν σμικρύνει τις συσκευές, βελτιώσει την απόδοση, μειώσει την ενεργειακή κατανάλωση και μειώσει το κόστος παραγωγής. Οι δυνατότητες έξυπνης υπολογιστικής αισθητήρων έχουν ενισχυθεί σημαντικά, επιτρέποντας έτσι την επεξεργασία και ανάλυση δεδομένων στην πηγή ή κοντά σε αυτήν (edge computing) και μειώνοντας την ποσότητα των δεδομένων που μετακινούνται μεταξύ της συσκευής και της πλατφόρμας. Επιπλέον, η εισαγωγή της

τεχνολογίας μικροηλεκτρομηχανικών συστημάτων (MEMS) επέτρεψε πιο συμπαγείς, υψηλότερης λειτουργίας έξυπνους αισθητήρες ενσωματώνοντας αποτελεσματικά τις μικροηλεκτρονικές λειτουργίες σε ελάχιστο χώρο

Άλλες καινοτομίες, όπως οι εμπεδωμένοι και οι βιοδιασπώμενοι αισθητήρες, έχουν κάνει την καταγραφή δεδομένων πιο δυναμική και έχουν βελτιώσει τις επιχειρηματικές προοπτικές. Οι νέες ασύρματες τεχνολογίες προσφέρουν λύσεις συνδεσιμότητας που είναι πιο επεκτάσιμες και προσαρμοσμένες από τα παραδοσιακά ασύρματα δίκτυα, τα οποία έχουν σχεδιαστεί για συσκευές δεδομένων μεγαλύτερου εύρους ζώνης και μεγαλύτερου όγκου. Η εξαγωγή πληροφοριών από δεδομένα που δημιουργούνται από αισθητήρες γίνεται ευκολότερη καθώς τα εργαλεία ανάλυσης συνεχίζουν να βελτιώνονται. Ο χειρισμός και η αποθήκευση μεγάλων, σύνθετων συνόλων δεδομένων γίνεται όλο και πιο διαχειρίσιμος μέσω πλατφορμών όπως το Apache Hadoop.

Στη συνέχεια, εργαλεία όπως η πολύπλοκη επεξεργασία συμβάντων (CEP) επιτρέπουν την επεξεργασία και την ανάλυση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο ή σχεδόν σε πραγματικό χρόνο, οδηγώντας στην έγκαιρη λήψη αποφάσεων και δράση. Οι αλγόριθμοι συνεχίζουν να εξελίσσονται, διευρύνοντας την ικανότητα πρόβλεψης και σχεδιασμού τρόπων δράσης. Η ενσωμάτωση έξυπνων αισθητήρων σε όλη την αλυσίδα εφοδιασμού μπορεί να μειώσει το λειτουργικό κόστος, να αυξήσει την αποδοτικότητα των περιουσιακών στοιχείων, να βελτιώσει τον προγραμματισμό της ζήτησης και να παρέχει κρίσιμες πληροφορίες για τη συμπεριφορά των πελατών. Καθώς οι κεντρικές πλατφόρμες και τα δίκτυα επικοινωνιών συνεχίζουν να εξελίσσονται για τους σκοπούς των συσκευών IoT, οι εταιρείες θα πρέπει να εξετάσουν την ποικιλία των διαθέσιμων έξυπνων αισθητήρων και να καθορίσουν τρόπους για την καλύτερη ολιστική ενεργοποίηση των αλυσίδων εφοδιασμού τους.

4.3.6 ΑΥΤΟΝΟΜΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ

Τα αυτόνομα ρομπότ όπως υποδηλώνει ο όρος, εκτελούν αυτόνομη παραγωγή με μεγαλύτερη ακρίβεια και μπορούν να λειτουργήσουν μαζί με ανθρώπους ή ακόμα και σε μέρη με περιορισμούς από τον άνθρωπο (Fitzgerald J., Quasney E., 2017). Πλέον, παρέχεται η δυνατότητα ολοκλήρωσης των εργασιών εγκαίρως και με ακρίβεια, εστιάζοντας στην ασφάλεια και στην ευελιξία, σε αντίθεση με την παραδοσιακή χρήση τους για την διεκπεραίωση πολύπλοκων εργασιών στις κατασκευαστικές βιομηχανίες. Τα αυτόνομα ρομπότ χρησιμοποιούνται επίσης στην εφοδιαστική, όπως σε αποθήκες και τερματικούς σταθμούς εμπορευματοκιβωτίων. Η ανάπτυξη αυτόνομων ρομπότ εξελίσσεται συνεχώς για να καλύψει τις ανάγκες του Industry 4.0. Η αρχιτεκτονική των αυτόνομων ρομπότ συντελεί στην ανάπτυξη βασικών λειτουργικών στοιχείων τα οποία αναμένεται να βελτιώνονται συνεχώς καθώς επεκτείνεται η εξερεύνηση νέων τομέων εφαρμογών των αυτόνομων ρομπότ.

Τα αυτόνομα ρομπότ τείνουν να ενταχθούν στην πραγματικότητα των βιομηχανιών με εξελίξεις που τα κάνουν να λειτουργούν με πιο εξανθρωπισμένες ικανότητες. Για παράδειγμα, οι βελτιώσεις στους απτικούς αισθητήρες - που σχετίζονται με την αίσθηση της αφής - θα επιτρέπουν στα ρομπότ να πιάσουν αντικείμενα που κυμαίνονται από εύθραυστα κελύφη αυγών έως μέρη συναρμολόγησης μετάλλων πολλαπλών επιφανειών χωρίς αλλαγές στον προγραμματισμό ή ρομποτικά εξαρτήματα. Καθώς η τεχνητή νοημοσύνη συνεχίζει να εξελίσσεται, οι μέθοδοι επίλυσης προβλημάτων και μηχανικής μάθησης θα επιτρέψουν στα ρομπότ να ανταποκρίνονται με ελάχιστη ανθρώπινη ανατροφοδότηση.

Παραδοσιακά, τα ρομπότ έχουν αναπτυχθεί για την εκτέλεση εργασιών ρουτίνας και επαναλαμβανόμενων εργασιών, απαιτώντας πολύπλοκο προγραμματισμό για εγκατάσταση και υλοποίηση, ενώ δεν έχουν την ευελιξία να προσαρμόζουν εύκολα τις λειτουργίες. Καθώς τα αυτόνομα ρομπότ γίνονται πιο εξελιγμένα, οι χρόνοι εγκατάστασης μειώνονται, απαιτούν λιγότερη επίβλεψη και είναι σε θέση να εργάζονται δίπλα-δίπλα με τους ανθρώπινους ομολόγους τους. Τα οφέλη επεκτείνονται καθώς τα αυτόνομα ρομπότ γίνονται ικανά να εργάζονται όλο το εικοσιτετράωρο με πιο συνεπή επίπεδα ποιότητας και παραγωγικότητας, εκτελώντας εργασίες που οι άνθρωποι δεν μπορούν, δεν πρέπει ή δεν θέλουν να κάνουν. Επί του παρόντος, πολλές εταιρείες που χρησιμοποιούν αυτόνομα ρομπότ τα έχουν εφαρμόσει για στοχευμένες λειτουργίες εντός της αλυσίδας εφοδιασμού τους, δοκιμάζοντας διάφορα ρομπότ για να επαληθεύσουν τα αναμενόμενα κέρδη αποδοτικότητας. Καθώς οι καινοτόμες εταιρείες αναπτύσσονται και επεκτείνουν τις δραστηριότητές τους, τα ρομπότ που κατασκευάζουν ρομπότ θα μπορούσαν να είναι ο κανόνας για την οικονομική και αποτελεσματική βελτιστοποίηση των κατασκευαστικών λειτουργιών.

Καθώς το ηλεκτρονικό εμπόριο και η οικονομία κατά παραγγελία συνεχίζουν να αναπτύσσονται παγκοσμίως, μια νέα γενιά αυτόνομων κινητών ρομπότ βοηθούν τις εταιρείες να αντιμετωπίσουν σημαντικές εργασιακές προκλήσεις που θέτει αυτή η ταχεία επέκταση και ζήτηση. Μια έκθεση της Tractica Research (2018) εκτιμά ότι οι παγκόσμιες πωλήσεις ρομπότ αποθήκευσης και εφοδιαστικής θα φτάσουν τα 22,4 δισεκατομμύρια δολάρια μέχρι το τέλος του 2021, με τις αποστολές μονάδων ρομπότ να φτάνουν τις 620.000 μονάδες ετησίως έως το 2021. Μια νέα γενιά αυτόνομων κινητών ρομπότ βοηθά τις εταιρείες logistics να εκτελούν μια σειρά εργασιών σε αποθήκες. Στο κέντρο διανομής της DHL, τα αυτόνομα κινούμενα ρομπότ βοηθούν στη διαχείριση μιας ολόκληρης εφοδιαστικής αλυσίδας ανταλλακτικών, από την παραλαβή παραγγελιών έως την παράδοση στους πελάτες. Αντίστοιχα, η RK Logistics έχει αναπτύξει ρομπότ για να χειριστεί το 30% έως 50% των αντικειμένων στις εγκαταστάσεις της, ενώ Mahle Behr χρησιμοποιεί ρομπότ με δυνατότητα RFID για παρακολούθηση του αποθέματος. Τέλος, στη FedEx αξιοποιούνται ρομπότ για τη μεταφορά και την ταξινόμηση υπερμεγεθών πακέτων σε κέντρα διανομής σε μία προσπάθεια να χειρίζονται μια σειρά από εργασίες και την τεχνολογία που ενορχηστρώνει τη συνεργασία τους σε πραγματικές συνθήκες εργασίας.

4.3.7 ΚΥΒΕΡΝΟ-ΦΥΣΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Ο όρος κυβερνοφυσικό σύστημα (CPS) αναφέρεται σε ένα δικτυωμένο σύστημα στο οποίο το υπολογιστικό μέρος είναι στενά συνδεδεμένο με τα φυσικά στοιχεία. Ένα CPS χρησιμοποιεί πολλαπλούς αισθητήρες, όπως αφής, φωτός και δύναμης για την επίτευξη ξεχωριστών σκοπών, γεγονός που το διαφοροποιεί από ένα ενσωματωμένο σύστημα (Neha V.Sharma, Narendra Singh Yadav, Saurabh Sharma, 2022). Τα τελευταία χρόνια, CPS έχουν εφαρμοστεί σε διάφορους τομείς, συμπεριλαμβανομένης της βιομηχανίας, της έρευνας και της διδασκαλίας. Η τελευταία τεχνολογική εξέλιξη αφορά στο Mobile CPS που επεκτείνει τους τομείς εφαρμογών CPS. Με την ταχεία μετάβαση στη βιομηχανία 4.0, η περαιτέρω ανάπτυξη της CPS θα επικεντρωθεί στην προστασία κρίσιμων βιομηχανικών συστημάτων, γραμμών παραγωγής και άλλων κρίσιμων συστημάτων από απειλές στον κυβερνοχώρο. Κατά συνέπεια, η ασφαλής και αξιόπιστη επικοινωνία καθώς και μια εξελιγμένη διαχείριση ταυτότητας και πρόσβασης των μηχανών και των χρηστών κρίνονται απαραίτητες. Ως εκ τούτου, η φιλοσοφία CPS θα συνδυαστεί με άλλες τεχνολογίες, όπως το IoT, η υπολογιστική νέφους και οι έξυπνοι αισθητήρες για να αναπτυχθεί το νέο έξυπνο CPS που θα συνδέει τον φυσικό και τον ψηφιακό κόσμο. Αυτό θα επιτρέψει σε ευφυή ή έξυπνα αντικείμενα να επικοινωνούν σωστά και γρήγορα και να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους.

Αναπόσπαστα στοιχεία ενός CPS αποτελούν οι έξυπνοι αισθητήρες που παράγουν ενδιαφέροντα δεδομένα για περαιτέρω χρήση στο σύστημα λήψης αποφάσεων και για τον έλεγχο των ενεργοποιητών. Σε μια επιχείρηση, ένα ασφαλές, ισχυρό και σχεδόν σε πραγματικό χρόνο δίκτυο επικοινωνίας είναι απαραίτητο για την απόκτηση δεδομένων. Για να επιτευχθεί αυτό το όραμα, έχει προταθεί μια προσέγγιση αλγορίθμου δρομολόγησης WSN (MWSN) για κινητές συσκευές με επίγνωση της καθυστέρησης. Η συνεργατική βιομηχανική διαδικασία που βασίζεται στο CPS απαιτεί μια οριζόντια σύνδεση με το δίκτυο αξίας σε πραγματικό χρόνο χρησιμοποιώντας την ολιστική έννοια του κύκλου ζωής, λαμβάνοντας υπόψη τις αλλαγές στη δομή του δικτύου, το νέο υλικό, το νέο/αναδιαμορφωμένο λογισμικό και τις μεταβαλλόμενες ανάγκες της αγοράς σε λογαριασμούς. Παρά τις γρήγορες τροποποιήσεις και τις αλλαγές του συστήματος, ο προσανατολισμένος στις εργασίες προγραμματισμός για συστήματα συναρμολόγησης χρησιμοποιείται για τη μοντελοποίηση πόρων, διαδικασιών και προϊόντων προκειμένου να υλοποιηθούν γρήγορες αλλαγές σύμφωνα με τις απαιτήσεις μάρκετινγκ.

Ένας αισθητήρας ως φυσικό στοιχείο εισάγει βιομηχανικά ρομπότ για να αντιμετωπίσουν διαφορετικές παραλλαγές εργασιών που μπορούν να διαμορφωθούν χρησιμοποιώντας αποτελεσματικά τη γλώσσα του ρομπότ. Για παράδειγμα, έχει ακολουθηθεί μια σημαντική προσέγγιση για την αναδιαμόρφωση των αρθρωτών κυψελών ρομπότ. Στη βιομηχανική επικοινωνία και ολοκλήρωση, ένας αναμεταδότης RFID συνδέεται με το στοιχείο για την αποθήκευση δεδομένων και για την επίτευξη διαλειτουργικότητας, συμπεριλαμβανομένης μιας διαδρομής μετάβασης. Επιπλέον, μια μονάδα υλικού με δυνατότητα ασφαλούς επικοινωνίας κοντινού πεδίου (NFC) χρησιμοποιείται για την τοπική αναγνώριση, βοηθώντας στην αποτροπή επιθέσεων πλαστοπροσωπίας συσκευών, κλώνων συσκευών και ανθρώπινων σφαλμάτων στην αναγνώριση της συσκευής στον κεντρικό

ελεγκτή και στη μονάδα id. Επιπλέον, στο μοντέλο αναφοράς της αλληλεπίδρασης M2M, τα ρομπότ αλληλεπιδρούν και συντονίζουν τις δραστηριότητές τους σε έξυπνο χώρο με βάση μία κεντρικοποιημένη πλατφόρμα.

4.3.8 ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ

Η τεχνητή νοημοσύνη (Artificial Intelligence – AI) αναφέρεται σε ψηφιακά μοντέλα και μεθόδους που στοχεύουν στη μίμηση των νοητικών δεξιοτήτων των μεθόδων συλλογισμού ανθρώπων ή ζώων. Τα τελευταία χρόνια, η τεχνητή νοημοσύνη εφαρμόζεται σε πολύπλοκες λειτουργίες όπως η υπόγεια εξόρυξη και η συντήρηση, καθώς και η παρακολούθηση εξελιγμένων συστημάτων παραγωγής. Οι αναδυόμενες εφαρμογές τεχνητής νοημοσύνης που διαμορφώνουν επί του παρόντος το ταξίδι του Industry 4.0 περιλαμβάνουν αυτοκατευθυνόμενα οχήματα, αναγνώριση ομιλίας και προσώπου και ερμηνεία σύνθετων δεδομένων (Lee J., Davari H., Singh J., Pandhare V., 2018). Όπως και με άλλες βασικές τεχνολογίες Industry 4.0, η πρόοδος της τεχνητής νοημοσύνης επιβάλλει την συνδυασμένη εκμετάλλευση και άλλων τεχνολογιών όπως τα μεγάλα δεδομένα και η υπολογιστική νέφος για την εκτέλεση απαιτητικών υπολογιστικά εργασιών και τη διεύρυνση της εφαρμογής σε άλλους τομείς. Για παράδειγμα, ένα πρόσφατο εύρημα δείχνει ότι η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να εφαρμοστεί σωστά για τον χειρισμό της ανάλυσης μαζικών δεδομένων μολυσματικών ασθενειών στους τομείς της υγειονομικής περίθαλψης.

Προκειμένου να επιταχυνθεί η εφαρμογή της τεχνητής νοημοσύνης στη βιομηχανία και να διερευνηθούν περισσότερες ευκαιρίες, έχουν σημειωθεί ορισμένες πρόοδοι, όπως η διαθεσιμότητα αισθητήρων απόκτησης δεδομένων σε χαμηλές τιμές, οι τεχνικές αυτόματης απόκτησης δεδομένων, οι ισχυρότερες υπολογιστικές συσκευές για την ταχεία εκτέλεση σύνθετων λειτουργιών, οι συνδέσεις υψηλού εύρους ζώνης και οι μεγάλοι διακομιστές νέφος για διαχείριση δεδομένων και αποθήκευση σε petabytes δεδομένων. Στη σημερινή εποχή το AI μπορεί να είναι ένα ξεχωριστό πλεονέκτημα για πολλές επιχειρήσεις, ειδικά στο πλαίσιο Industry 4.0. Για παράδειγμα, μέθοδοι AI μπορούν να βοηθήσουν στην εκτέλεση πιο αποτελεσματικών διαδικασιών συναλλαγών, στην απλοποίηση της διαδικασίας παραγωγής ή να παρέχει χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με τη συμπεριφορά των πελατών και να βοηθήσει έτσι στην ανάπτυξη προϊόντων που είναι πιο πιθανό να αγοράσουν στο μέλλον. Η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να μιμηθεί την ανθρώπινη νοημοσύνη και, ως εκ τούτου, να παρέχει τη λειτουργική αποτελεσματικότητα που χρειάζεται για μια περίπλοκη επιχειρηματική απόφαση.

Χρησιμοποιώντας αλγόριθμους AI, οι χρήστες μπορούν να κάνουν περισσότερα από τη συλλογή και την προβολή δεδομένων, όπως να αναλύσουν και να κάνουν τις διαδικασίες παραγωγής τους πιο αποτελεσματικές σε αυτή τη βάση. Ταυτόχρονα, το AI δεν χρειάζεται να εκτελείται αποκλειστικά σε πλατφόρμες IoT στο cloud, αλλά μπορεί να ανταποκρίνεται στο ίδιο μηχάνημα που χρησιμοποιείται πχ στην παραγωγή. Αυτή η τεχνολογία είναι γνωστή ως edge computing και τεράστιο πλεονέκτημά του είναι ότι οι έξυπνες εφαρμογές μπορούν να εκτελούνται επιτόπου, με σύντομες διαδρομές μεταφοράς και επεξεργασία δεδομένων

σχεδόν σε πραγματικό χρόνο. Εκτός αυτού, τα δεδομένα που σχετίζονται με τις λειτουργίες παραμένουν προστατευμένα στο τοπικό περιβάλλον - μια σύνδεση με το cloud απαιτείται μόνο για την ενημέρωση των εφαρμογών AI.

Η τεχνητή νοημοσύνη ανοίγει επίσης εντελώς νέες δυνατότητες για αυτόνομα συστήματα χειρισμού, καθώς επιτρέπει να αναγνωρίζουν ακόμη και άγνωστα αντικείμενα και να υπολογίζουν τα καλύτερα σημεία λαβής για αυτά. Αυτή η δυνατότητα βρίσκει την εφαρμογή της σε πλήρως αυτοματοποιημένες γραμμές συναρμολόγησης για σύνθετα προϊόντα όπως αυτοκίνητα - γραμμές που πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο ευέλικτες. Για να γίνει αυτό, τα ρομπότ πρέπει επίσης να είναι σε θέση να εντοπίζουν και να μετακινούν διαφορετικά εξαρτήματα. Αυτές οι μελλοντικές τεχνολογίες είναι ήδη πραγματικότητα. Ωστόσο, εξακολουθούν να έχουν πολύ μεγαλύτερες δυνατότητες για να καταστήσουν την παραγωγή πιο αξιόπιστη, πιο αποτελεσματική και, το σημαντικότερο, πιο ευέλικτη.

Το κλειδί εδώ είναι να συνδυαστεί η ψηφιακή με τη βιομηχανική τεχνογνωσία. Συγκεκριμένοι τομείς έχουν αποκτήσει βαθιά γνώση των βιομηχανικών εφαρμογών τους εδώ και δεκαετίες και αυτή η κατανόηση είναι απαραίτητη για την εφαρμογή ψηφιακών λύσεων και τεχνητής νοημοσύνης, υπολογιστικής παρυφών και αυτόνομων συστημάτων χειρισμού σε βιομηχανικά περιβάλλοντα. Επιπλέον, αυτό το περίπλοκο θέμα απαιτεί τις δεξιότητες ενός πολύ διαφορετικού φάσματος παραγόντων από τις επιχειρήσεις, την επιστήμη και την κυβέρνηση. Η κυβέρνηση πρέπει να δώσει ώθηση στην έρευνα, τις υποδομές, την ασφάλεια των πληροφοριακών συστημάτων και την εκπαίδευση.

Εν μέσω όλων αυτών, οι τεχνολογίες δεν πρέπει ποτέ να εξετάζονται μεμονωμένα ως προς την κερδοφορία, αλλά να εκπληρώνουν και έναν κοινωνικό σκοπό, συμβάλλοντας στη βελτίωση του βιοτικού επιπέδου των ανθρώπων. Οι νέες τεχνολογίες, όπως η τεχνητή νοημοσύνη και το edge computing, μπορούν να κάνουν την εργασία των ανθρώπων λιγότερο επιρρεπή σε σφάλματα και να δημιουργήσουν περισσότερο χώρο για δημιουργικές εργασίες. Όμως, σε αντίθεση με μια συχνά εκφρασμένη άποψη, οι μηχανές δεν θα αντικαταστήσουν εν τέλει τους ανθρώπους, αντίθετα, πρόκειται για τεχνολογίες που θα διασφαλίσουν την επιτυχία και την ανταγωνιστικότητα των αλυσίδων.

Σύμφωνα με έκθεση της IBM (2018), ο όρος AI μπορεί να διαχωριστεί σε τρεις κατηγορίες: γενική, ευρεία και στενή. Η στενή AI επικεντρώνεται στην αντιμετώπιση πολύ εστιασμένων εργασιών (όπως η αγορά ενός βιβλίου με μια συσκευή που βασίζεται σε φωνή) με βάση την «κοινή γνώση». Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο η στενή τεχνητή νοημοσύνη αναπτύσσεται πολύ γρήγορα στο πεδίο των καταναλωτικών προϊόντων, όπου υπάρχουν πολλές κοινές εργασίες και δεδομένα για την εκπαίδευση αυτών των συστημάτων. Η ευρεία AI αφορά στην ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης σε μια συγκεκριμένη επιχειρηματική διαδικασία όπου απαιτούνται εξειδικευμένες γνώσεις και δεδομένα για την εκπαίδευση και την επιτυχή ενσωμάτωση του συστήματος. Τέλος, η γενική τεχνητή νοημοσύνη αναφέρεται σε μηχανές που δύνανται να εκτελέσουν οποιαδήποτε πνευματική εργασία μπορεί ένας άνθρωπος. Επί του παρόντος, η τεχνητή νοημοσύνη δεν έχει την ικανότητα να “σκέφτεται” αφηρημένα, να σχεδιάζει και να χρησιμοποιεί προηγούμενες εμπειρίες για να αναπτύξει νέες δημιουργικές ιδέες όπως κάνουν οι άνθρωποι.

4.3.9 ΕΙΚΟΝΙΚΗ ΚΑΙ ΕΠΑΥΞΗΜΕΝΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ

Η εικονική πραγματικότητα (Virtual Reality - VR) και η επαυξημένη πραγματικότητα (Augmented Reality - AR) είναι συμπληρωματικές τεχνολογίες του Industry 4.0. Χρησιμοποιώντας εξοπλισμό VR, οι χρήστες μεταφέρονται σε έναν εικονικό κόσμο, ενώ με χρησιμοποιώντας εξοπλισμό AR, δημιουργείται μια “ψευδαίσθηση” επιπέδων γραφικών πληροφοριών που εμφανίζονται σε κάποιο τμήμα του οπτικού πεδίου του χρήστη. Στις περισσότερες περιπτώσεις, οι δύο τεχνολογίες συνδυάζονται (επίσης γνωστές ως μεικτή πραγματικότητα) για να υπερβούν περιορισμούς που σχετίζονται με την απόσταση, το χρόνο και την κλίμακα και αυξάνοντας την κατανόηση, την ομαδική εργασία, την επικοινωνία και τη λήψη αποφάσεων. Αν και η AR θεωρείται ως αναπτυσσόμενη τεχνολογία με ορισμένα από τα τεχνικά εγχειρίδιά της να λείπουν, παραμένει εμβληματική του Industry 4.0 καθώς συνδυάζει τον φυσικό και τον ψηφιακό κόσμο (Gattullo M., Scurati G. W., Fiorentino M., Uva A. E., Ferrise F., and Bordegoni M., 2019).

Ο σημαντικότερος τομέας εφαρμογής του VR και του AR βρίσκεται στην εκπαίδευση, όπου ήδη από τη δεκαετία του 1990 χρησιμοποιείται στη διδασκαλία αντικειμένων όπως τα μαθηματικά, η γεωμετρία, η φυσική, η χημεία και η ανατομία. Τα τελευταία χρόνια, το VR έχει εφαρμοστεί στην εικονική εκπαίδευση, όπως π.χ. για την εκπαίδευση χειριστών εγκαταστάσεων στη διαχείριση καταστάσεων έκτακτης ανάγκης. Άλλοι τομείς εφαρμογής των VR και AR περιλαμβάνουν τον τουρισμό, το λιανικό εμπόριο και τη μόδα, τις επιχειρήσεις, το μάρκετινγκ, την ψυχαγωγία, την υγειονομική περίθαλψη, την άμυνα, το σχεδιασμό και την ανάπτυξη. Επίσης, οι συνήθεις επιθεωρήσεις ασφαλείας με τη βοήθεια της εικονικής πραγματικότητας μπορούν εύκολα να πραγματοποιηθούν από τους εκπαιδευμένους εμπειρογνώμονες. Το VR χρησιμοποιεί το εικονικό περιβάλλον της διαδικασίας κατασκευής για να αποφευχθούν σφάλματα χειροκίνητου ελέγχου και επιθεώρησης εικονικής πραγματικότητας, επιτρέποντας στους ειδικούς να λάβουν υπόψη και τη μικρότερη από τις λεπτομέρειες.

4.3.10 NANOTEΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΕΛΕΥΤΑΙΑΣ ΓΕΝΙΑΣ

Αν και πρόκειται για μια παλιά τεχνολογία, η νανοτεχνολογία εφαρμόζεται για την παραγωγή νανοϋλικών, περιλαμβάνοντας νέες και πολυάριθμες καινοτόμες εφαρμογές και ανοίγοντας το δρόμο για τη ενσωμάτωσή της στο πλαίσιο Industry 4.0. Έχει εφαρμοστεί στην κατασκευή κρίσιμων εξαρτημάτων στους τομείς της αεροδιαστημικής, της αυτοκινητοβιομηχανίας, των κατασκευών, της κατασκευής, της επεξεργασίας τροφίμων και της συσκευασίας, της ιατρικής και της εγκληματολογικής επιστήμης. Μια αναδυόμενη εφαρμογή της νανοτεχνολογίας είναι η παραγωγή βιοκαυσίμων όπως επίσης και η αποθήκευση ενέργειας και τα φωτοβολταϊκά τα οποία χρησιμοποιούνται εκτενώς στο πλαίσιο του Industry 4.0 (Meyer C., 2022).

Τα νανοϋλικά έχουν διάφορες ιδιότητες που επιτρέπουν σε αυτούς τους μηχανισμούς να λειτουργούν αποτελεσματικά— είτε μέσω μετρήσιμων οπτικών αλλαγών στην απόσταση, προσροφώντας άτομα στην επιφάνειά τους, είτε μέσω της ικανότητας αλλαγής μορφής και σχήματος. Ορισμένα νανοϋλικά μπορούν να επιτελέσουν ταυτόχρονα πολλές από τις παραπάνω λειτουργίες. Ο τομέας όπου η νανοτεχνολογία μπορεί να συνδυαστεί με το IoT είναι η δημιουργία ενός φυσικού δικτύου, αποτελούμενου από νανοϋλικά που διευκολύνει την ανταλλαγή δεδομένων μέσω διαφορετικών συστατικών που επικοινωνούν μεταξύ τους σε νανοεπίπεδο. Αυτό είναι γνωστό ως το Διαδίκτυο των Νανο-Πραγμάτων (IoNT). Όσον αφορά την ανάπτυξη, δεν είναι ακόμη στο επίπεδο άλλων συστημάτων IoT, αλλά προσελκύει το ενδιαφέρον από τους τομείς της επικοινωνίας και της ιατρικής. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν εφαρμογές που απαιτούν τηλεπισκόπηση, όπως για την παρακολούθηση διαφορετικών σημείων του ανθρώπινου σώματος.

Υπάρχουν δύο συνηθισμένοι τρόποι με τους οποίους τα στοιχεία ενός IoNT επικοινωνούν μεταξύ τους, και αυτοί είναι μέσω ηλεκτρομαγνητικής νανο-επικοινωνίας (μετάδοση και λήψη ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων) και μοριακής επικοινωνίας (πληροφορίες κωδικοποιημένες σε μόρια). Όσον αφορά τα επιμέρους στοιχεία, υπάρχουν τέσσερις κύριοι τύποι IoNT που βοηθούν στη μεταφορά πληροφοριών: οι νανο κόμβοι, οι νανο-δρομολογητές και οι συσκευές διασύνδεσης.

Οι νανο-κόμβοι είναι το απλούστερο και μικρότερο συστατικό εντός της ρύθμισης IoNT και θεωρείται ως βασική νανομηχανή. Αυτές οι μικρές νανομηχανές χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση δεδομένων και την εκτέλεση βασικών υπολογισμών. Οι νανο-κόμβοι μεταβιβάζουν τα δεδομένα στον νανο-δρομολογητή, ο οποίος είναι μια νανομηχανή με πολύ μεγαλύτερη υπολογιστική ισχύ. Επειδή διαθέτουν πολύ υψηλότερη υπολογιστική ισχύ, λειτουργούν ως αθροιστής για όλους τους γύρω νανο-κόμβους που λαμβάνουν τα αρχικά δεδομένα. Στη συνέχεια, μπορούν να ελέγχουν τις εντολές ανταλλαγής μεταξύ των νανο-κόμβων και να στέλνουν τις πληροφορίες στη συσκευή νανο-μικρο-διεπαφής. Αυτές οι συσκευές διασύνδεσης συγκεντρώνουν όλα τα δεδομένα από τους νανο-δρομολογητές και μεταδίδουν τα δεδομένα στη μικροκλίμακα (και αντίστροφα) χρησιμοποιώντας ένα συνδυασμό τεχνικών νανο-επικοινωνίας και κλασικών πρωτοκόλλων δικτύου. Στη συνέχεια, η πύλη ενεργεί ως ελεγκτής ολόκληρου του συστήματος και επιτρέπει την πρόσβαση στα δεδομένα οπουδήποτε μέσω του Διαδικτύου.

4.3.11 ΜΗ ΕΠΑΝΔΡΩΜΕΝΑ ΑΕΡΟΣΚΑΦΗ

Αρχικά, τα drones θεωρούνταν παιχνίδια για παιδιά πριν αργότερα υιοθετηθούν ως gadgets αναψυχής που στέλνονται στους ουρανούς για να τραβήξουν εντυπωσιακές φωτογραφίες και βίντεο υψηλής ευκρίνειας. Τα μη επανδρωμένα αεροσκάφη, που συχνά ονομάζονται μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα (UAV), τα τηλεκατευθυνόμενα αεροσκάφη (RPA) και τα συστήματα μη επανδρωμένων αεροσκαφών (UASs), αφορούν τα πιο χαρακτηριστικά παραδείγματα drones, που απασχολούν και τις βιομηχανίες. Σε γενικές γραμμές, τα drones έχουν χρησιμοποιηθεί σε μεγάλο βαθμό σε εφαρμογές ψυχαγωγίας και

ενημέρωσης. Ωστόσο, με τη μετάβαση στο Industry 4.0, τα drones εξοπλίζονται με έξυπνες συσκευές (αισθητήρες και κάμερες) και συνδυάζονται με άλλες τεχνολογίες όπως η ανάλυση μεγάλου όγκου δεδομένων και η μηχανική μάθηση. Είναι σημαντικό ότι αυτό έχει διευρύνει το πεδίο των εφαρμογών του στη γεωργία, την ενέργεια και τη χρησιμότητα, την ψυχαγωγία και τα μέσα ενημέρωσης, τις υποδομές, την ασφάλιση, την ασφάλεια, τις τηλεπικοινωνίες, τις μεταφορές και την εφοδιαστική, γενικότερα.

Στη SAP προσαρμόζουν και συμπεριλαμβάνουν τα drones ως μέρος της λύσης για έξυπνη διαχείριση αποθήκης (Nivedita Valluru Lakshmi, 2020). Πιο συγκεκριμένα, αξιοποιούνται drones για την εκτέλεση ελέγχων αποθέματος σε μια αποθήκη, για τη μέτρηση του αριθμού των πακέτων, τη σάρωσή τους και τη μεταβίβαση αυτών των πληροφοριών στη βάση δεδομένων όπου αυτοί οι αριθμοί μπορούν να διασταυρωθούν με το απόθεμα.

Τα drones μπορούν να εμφανίζονται με ποικίλες μορφές, π.χ. drones με κάμερες, GPU, pickers, κ.λπ. Για παράδειγμα, κατά την εκτέλεση ελέγχων αποθέματος, χρειάζεται απλώς ένα drone που έχει μια κάμερα με ετικέτα σε αυτό και μπορεί να περάσει καρέ εν κινήσει για περαιτέρω επεξεργασία. Δεδομένου ότι αυτό το drone πρόκειται να πετάξει μέσα σε μια αποθήκη που έχει μια συγκεκριμένη διάταξη, μπορεί να προγραμματιστεί έτσι ώστε να ακολουθήσει ένα συγκεκριμένο μονοπάτι. Στην εφαρμογή της SAP, έχει αναπτυχθεί ένα σύστημα ελέγχου χρησιμοποιώντας την πλατφόρμα Angular και τη γλώσσα python. Το σύστημα ελέγχου επιτρέπει στον τελικό χρήστη να δρομολογήσει το drone σε ένα συγκεκριμένο σημείο και να συλλάβει μια εικόνα η οποία αποστέλλεται στη συνέχεια σε σύστημα αναγνώρισης που βασίζεται σε μεθόδους βαθέως νευρωνικού δικτύου, με την ονομασία YOLO, (You Only Look Once).

4.3.12 Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΩΝ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΔΙΔΥΜΩΝ

Ένα ψηφιακό δίδυμο μπορεί να οριστεί, βασικά, ως το εξελισσόμενο ψηφιακό προφίλ της ιστορικής και τρέχουσας συμπεριφοράς ενός φυσικού αντικειμένου ή μιας διαδικασίας που βοηθά στη βελτιστοποίηση της επιχειρηματικής απόδοσης (Parrott A., Warshaw L., 2017). Το ψηφιακό δίδυμο βασίζεται σε μαζικές, αθροιστικές μετρήσεις δεδομένων σε πραγματικό χρόνο σε μια σειρά διαστάσεων. Αυτές οι μετρήσεις μπορούν να δημιουργήσουν ένα εξελισσόμενο προφίλ του αντικειμένου ή της διαδικασίας στον ψηφιακό κόσμο που μπορεί να παρέχει σημαντικές πληροφορίες σχετικά με την απόδοση του συστήματος, οδηγώντας σε ενέργειες στον φυσικό κόσμο, όπως μια αλλαγή στο σχεδιασμό του προϊόντος ή στη διαδικασία κατασκευής.

Ένα ψηφιακό δίδυμο διαφέρει από τον παραδοσιακό σχεδιασμό με τη βοήθεια υπολογιστή (CAD), ούτε χρησιμεύει απλώς ως μια άλλη λύση Internet of Things (IoT) με δυνατότητα αισθητήρα. Θα μπορούσε να είναι πολύ περισσότερο από οποιοδήποτε από τα δύο. Το CAD είναι πλήρως ενσωματωμένο σε ένα περιβάλλον προσομοίωσης με υπολογιστή που έχει επιδείξει μέτρια επιτυχία στη μοντελοποίηση σύνθετων περιβαλλόντων ενώ πιο

απλά συστήματα IoT σχετίζονται με μετρήσεις που αφορούν παραμέτρων όπως η θέση και διαγνωστικές πληροφορίες ενός στοιχείου, αλλά δεν μελετούν τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των στοιχείων ή το σύνολο του κύκλου ζωής ενός προϊόντος.

Η πραγματική δύναμη και χρησιμότητα ενός ψηφιακού δίδυμου –έγκειται στο ότι μπορεί να προσφέρει μια ολοκληρωμένη σύνδεση, σχεδόν σε πραγματικό χρόνο, μεταξύ του φυσικού και του ψηφιακού κόσμου. Λόγω αυτής της διαδραστικότητας μεταξύ του πραγματικού και του ψηφιακού κόσμου, εκτιμάται ότι τα ψηφιακά δίδυμα μπορούν να παρέχουν πλουσιότερα σε πληροφορία μοντέλα, που βασίζονται σε πιο ρεαλιστικές και ολιστικές μετρήσεις. Και χάρη στις φθηνότερες και ισχυρότερες υπολογιστικές δυνατότητες, αυτές οι διαδραστικές μετρήσεις μπορούν να αναλυθούν με σύγχρονες αρχιτεκτονικές μαζικής επεξεργασίας και προηγμένους αλγόριθμους για προγνωστική ανάδραση σε πραγματικό χρόνο και ανάλυση εκτός σύνδεσης. Αυτά μπορούν να επιτρέψουν θεμελιώδεις αλλαγές σχεδιασμού και διαδικασίας που σχεδόν σίγουρα θα ήταν ανέφικτες, μέσω των προγενέστερων μεθόδων.

Μεγάλο μέρος της συζήτησης μέχρι στιγμής επικεντρώνεται στην ανάπτυξη ψηφιακών δίδυμων της διαδικασίας κατασκευής ή του του κύκλου ζωής ενός προϊόντος. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η αντιμετώπιση προβλημάτων ποιότητας κατά την κατασκευή, που έχουν ως αποτέλεσμα δαπανηρή συντήρηση και χαμηλή ικανοποίηση των πελατών. Αυτά τα ζητήματα συνεπάγονται πρόσθετη πίεση στο δίκτυο τροφοδοσίας των κατασκευαστικών βιομηχανιών και υψηλότερο κόστος, προβλήματα τα οποία επιλύθηκαν μόλις εντοπίστηκε η βασική αιτία των προβλημάτων ποιότητας.

Στη συγκεκριμένη περίπτωση, στελέχη των τμημάτων σχεδιασμού και εφοδιασμού ακολούθησαν μια προσέγγιση ψηφιακών δίδυμων που βασίστηκε στην ανάπτυξη ενός επιπλέον καταλόγου υλικών (BOM) που περιλαμβάνει όλες τις πληροφορίες που παράγονται από την κατασκευή, κατάλογος που ονομάζεται και "as-manufactured" BOM. Το σχεδιασμένο BOM διαφοροποιούνταν από έναν κλασικό κατάλογο BOM, καθώς περιλάμβανε πληροφορίες ανάπτυξης και δοκιμών πέρα των τυπικών καταλόγων εξαρτημάτων και οδηγιών συναρμολόγησης. Τα επιπρόσθετα δεδομένα επέτρεψαν στους μηχανικούς να εκτελούν αναλύσεις και να παρέχουν πληροφορίες σχετικά με τις παραλλαγές παραγωγής που επηρεάζουν την ποιότητα. Ως αποτέλεσμα, η ομάδα ήταν σε θέση να εξάγει νέες πληροφορίες για τη βελτίωση της διαδικασίας συναρμολόγησης, μειώνοντας την επανεπεξεργασία κατά 15-20%. Με βάση τη συγκεκριμένη εφαρμογή σχεδιάζεται η επέκταση της εφαρμογής της συγκεκριμένης προσέγγισης για τη βελτίωση των υπηρεσιών συντήρησης από το τμήμα aftersales.

4.4 ΚΥΒΕΡΝΟΑΣΦΑΛΕΙΑ

Οι βιομηχανικές επαναστάσεις που οδήγησαν στην ανάπτυξη των ΤΠΕ και άλλων μορφών ψηφιακής τεχνολογίας έκαναν τα μεγάλα δεδομένα να γίνουν το σύγχρονο καύσιμο στον κόσμο της τεχνολογίας (Deloitte, 2019). Η σημασία και ο αντίκτυπος των μεγάλων

δεδομένων είναι ένας από τους κύριους λόγους για τους οποίους οι οργανισμοί επενδύουν ένα σημαντικό ποσοστό των προϋπολογισμών τους σε θέματα ασφάλειας στον κυβερνοχώρο και αντίστοιχα απορρήτου. Για παράδειγμα, καθώς τα μεγάλα δεδομένα αποθηκεύονται και καταγράφονται, απαιτούνται περισσότερες από τις βασικές λειτουργίες ελέγχου πρόσβασης, έτσι ώστε να διασφαλιστεί ο προσωπικός χαρακτήρας των δεδομένων και η εκμετάλλευση αυτών αποκλειστικά στις λειτουργίες της επιχείρησης.

Η αλληλεξάρτηση των ψηφιακών δικτύων που καθοδηγούν τις δραστηριότητες και καθορίζουν τον ρυθμό για την ψηφιακή ανάπτυξη και πρόοδο σημαίνει ότι η ασφάλεια στον κυβερνοχώρο θα αποτελέσει κεντρικό ζήτημα και στο μέλλον. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι, σε περίπτωση κυβερνοεπίθεσης, οι επιπτώσεις μπορούν να είναι τέτοιες που θα οδηγήσουν σε κατάρρευση της αλυσίδας αξίας, ιδιαίτερα όταν δεν υπάρχει πρόβλεψη για τέτοιους κινδύνους. Ως εκ τούτου, είναι ζωτικής σημασίας να αντιμετωπιστούν οι κίνδυνοι στον κυβερνοχώρο με καλά αναπτυγμένες στρατηγικές ασφάλειας στον κυβερνοχώρο που πρέπει να είναι προσεκτικές, ασφαλείς και στιβαρές.

Μερικά από τα κοινά σενάρια κινδύνου σε ένα βιομηχανικό περιβάλλον περιλαμβάνουν ένα ευρύ φάσμα επιθέσεων στον κυβερνοχώρο, όπως όταν ένας εισβολέας εγκαθιστά κακόβουλο λογισμικό με σκοπό να διακόψει κάθε μορφή λειτουργίας εφοδιαστικής και παραγωγής. Καθώς η παραγωγή ελέγχεται, συνήθως, εξονυχιστικά, το χειρότερο σενάριο θα μπορούσε να αφορά στην λανθασμένη καθοδήγηση μιας μηχανής που μπορεί να οδηγήσει σε υλικές ζημιές στην αντίστοιχη περιοχή. Ένα άλλο σενάριο αφορά στην προσβολή του συστήματος ελέγχου των για τα βιομηχανικών ρομπότ. Σε μια τέτοια περίπτωση, ο εισβολέας θα μπορούσε να εγκαταστήσει πακέτα δεδομένων που έχουν την ικανότητα να σαμποτάρουν τη γραμμή παραγωγής ή ολόκληρη την υποδομής πληροφορικής ενός οργανισμού, όπως και τη δυνατότητα υποκλοπής δεδομένων συστήματος και εφαρμογών.

Ένα τρίτο σενάριο αφορά στον τομέα της κοινωνικής μηχανικής, σύμφωνα με το οποίο οι επιτιθέμενοι θα επωφεληθούν από τα ανθρώπινα χαρακτηριστικά όπως η εμπιστοσύνη, η χρησιμότητα, ο φόβος και η περιέργεια για να εξαπατήσουν εργαζομένους και να αποκτήσουν πρόσβαση στα δεδομένα του οργανισμού αποφεύγοντας διάφορους μηχανισμούς ασφαλείας ή εγκαθιστώντας κακόβουλες εφαρμογές στις συσκευές τους. Ως εκ τούτου, η ασφάλεια στον κυβερνοχώρο αναμένεται να αποτελέσει σημαντικό κίνδυνο στους βιομηχανικούς οργανισμούς, ειδικά όσο εξακολουθεί να συνδέεται με την κλασική άποψη της ασφάλειας δικτύων και υπολογιστών. Δεδομένου ότι ορισμένες από τις συσκευές IoT παρουσιάζουν τεράστιους κινδύνους στον κυβερνοχώρο, οι επιπτώσεις στην ασφάλεια λόγω μιας παραβιασμένης συσκευής μπορεί να συνεπάγονται διακοπή λειτουργίας για την παραγωγή, καταστροφική βλάβη του εξοπλισμού, ακόμα και απώλεια ζωής σε ακραίες περιπτώσεις. Ως εκ τούτου, αποτελεί επιτακτική ανάγκη για τις βιομηχανίες να διαθέτουν σχέδια έκτακτης ανάγκης και να ενσωματώσουν τις βασικές στρατηγικές που μπορούν να προστατεύσουν τις συσκευές τους. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η συνολική φύση των κινδύνων στον κυβερνοχώρο εντός των κλάδων εξαρτάται συνήθως από συγκεκριμένο χαρτοφυλάκιο εντός του οργανισμού, εξ ου και η ανάγκη να υπάρχει επαρκής δράση από τις σχετικές πτυχές της αυτοματοποιημένης λήψης αποφάσεων. Ωστόσο, δεδομένου ότι διάφοροι κανόνες και έλεγχοι ρυθμίζουν τη βιομηχανική παραγωγή, οι κίνδυνοι στον

κυβερνοχώρο θα πρέπει επίσης να εξακολουθήσουν να αποτελούν μείζονα ανησυχία για τις ρυθμιστικές αρχές.

5 ΒΑΘΜΟΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ

Οι κατασκευαστικές βιομηχανίες σε όλο τον κόσμο αντιμετωπίζουν σημαντικές προκλήσεις λόγω των πρόσφατων περιβαλλοντικών, κοινωνικών, οικονομικών και τεχνολογικών εξελίξεων. Για να ανταποκριθούν σε αυτές τις προκλήσεις, θα πρέπει να αναπτύξουν δυνατότητες διαχείρισης ολόκληρης της αλυσίδας αξίας με ευέλικτο και ανταποκρινόμενο τρόπο. Οι εταιρείες θα χρειαστούν εικονικές και φυσικές δομές που επιτρέπουν τη στενή συνεργασία και την ταχεία προσαρμογή καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής, από την καινοτομία έως την παραγωγή και τη διανομή. Για να ξεπεραστεί η αυξανόμενη ασάφεια και δυσαρέσκεια πολλών στελεχών σχετικά με την έννοια και το πλαίσιο του Industry 4.0, απαιτούνται νέες μέθοδοι και εργαλεία για την παροχή καθοδήγησης και υποστήριξης που θα εξασφαλίζουν την ευθυγράμμιση μεταξύ των επιχειρηματικών στρατηγικών και των λειτουργιών.

5.1 ΕΤΟΙΜΟΤΗΤΑ ΣΤΟ INDUSTRY 4.0

Σήμερα, η 4η βιομηχανική επανάσταση μετασχηματίζει τις οικονομίες, τις θέσεις εργασίας, ακόμη και την ίδια την κοινωνία. Υπό τον ευρύ τίτλο του Industry 4.0, πολλές φυσικές και ψηφιακές τεχνολογίες συνδυάζονται μέσω αναλυτικών στοιχείων, τεχνητής νοημοσύνης, γνωστικών τεχνολογιών και του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) για τη δημιουργία ψηφιακών επιχειρήσεων που είναι διασυνδεδεμένες και ικανές για πιο ενημερωμένη λήψη αποφάσεων. Οι ψηφιακές επιχειρήσεις μπορούν να επικοινωνούν, να αναλύουν και να χρησιμοποιούν δεδομένα για να προωθήσουν έξυπνη δράση στον φυσικό κόσμο. Εν ολίγοις, αυτή η επανάσταση ενσωματώνει έξυπνη, συνδεδεμένη τεχνολογία όχι μόνο στους οργανισμούς, αλλά και στην καθημερινή μας ζωή. Σύμφωνα με έρευνα της Deloitte (“Industry 4.0: Are you ready?, 2018”) οι ψηφιακοί πρωτοπόροι χρησιμοποιούν σε μεγάλο βαθμό τις τεχνολογίες Industry 4.0 ως εργαλείο για να κάνουν τις υπάρχουσες λειτουργίες πιο αποτελεσματικές και οικονομικά αποδοτικές. Αυτό αφήνει ανεκμετάλλευτες τεράστιες ευκαιρίες για την επιδίωξη καινοτόμων επιχειρηματικών μοντέλων που μπορεί όχι μόνο να αποφέρουν αξία για τα άμεσα και έμμεσα ενδιαφερόμενα μέρη, αλλά και να τα προστατεύουν καλύτερα από διαταραχές.

Δεδομένης της ενσωμάτωσης ψηφιακών και φυσικών τεχνολογιών σε όλους τους τομείς των επιχειρήσεων, της παραγωγής, της κινητικότητας και των επικοινωνιών, το Industry 4.0 αντιπροσωπεύει μια ευρεία, διάχυτη αλλαγή που πρέπει να αντιμετωπιστεί

συνολικά εάν οι οργανισμοί πρόκειται να ευδοκιμήσουν. Όταν ασχολούμαστε με κάτι τόσο τεράστιο, είναι χρήσιμο να εξεταστούν οι βασικότεροι άξονες που μπορούν να επηρεάσουν συγκεκριμένα στοιχεία και διακρίθηκαν τέσσερις:

❖ Κοινωνία

Τα διερωτώμενα στελέχη φαίνεται να βλέπουν την τεχνολογία άφοβα, ως τον μεγάλο ισοσταθμιστή που θα παρέχει μεγαλύτερη πρόσβαση στην εκπαίδευση, τις θέσεις εργασίας ή τη χρηματοδότηση σε διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές και κοινωνικές ομάδες. Και η μεγάλη πλειοψηφία των στελεχών θεωρεί ότι οι επιχειρήσεις - τόσο δημόσιες όσο και ιδιωτικές - έχουν τη μεγαλύτερη επιρροή στον τρόπο με τον οποίο το Industry 4.0 θα διαμορφώσει την κοινωνία. Ωστόσο, πολλά στελέχη δεν πιστεύουν ότι οι δικοί τους οργανισμοί κυριαρχούν πολύ σε θέματα όπως η εκπαίδευση και η μάθηση για τους υπαλλήλους, η περιβαλλοντική βιωσιμότητα ή η κοινωνική και γεωγραφική κινητικότητα. Αυτό το χάσμα αντικατοπτρίζεται από τις προσδοκίες των Millennials, οι οποίοι πιστεύουν ότι οι πολυεθνικές επιχειρήσεις δεν αξιοποιούν πλήρως τις δυνατότητές τους να ανακουφίσουν τις μεγαλύτερες προκλήσεις της κοινωνίας. Εάν οι επιχειρήσεις πρόκειται πραγματικά να διαδραματίσουν ηγετικό ρόλο στις εκτεταμένες κοινωνικές επιπτώσεις του Industry 4.0, οι οργανισμοί θα πρέπει να αγκαλιάσουν μετασχηματιστικές αλλαγές - πριν να είναι πολύ αργά.

❖ Στρατηγική

Ακόμη και καθώς οι ηγέτες αναγνωρίζουν τις αλλαγές που προμηνύει το Industry 4.0, πολλοί συνεχίζουν να επικεντρώνονται στις παραδοσιακές βραχυπρόθεσμες επιχειρηματικές δραστηριότητες και όχι σε μακροπρόθεσμες ευκαιρίες για τη δημιουργία αξίας για τους άμεσους και έμμεσους ενδιαφερόμενους. Διαπιστώθηκε ότι η πλειοψηφία των ερωτηθέντων έθεσε την ανάπτυξη νέων επιχειρηματικών προϊόντων ως το κορυφαίο πρόβλημά τους, με την αύξηση της παραγωγικότητας να είναι από κοντά στο μυαλό τους. Ενώ αυτά τα ζητήματα συνδυάζονται όμορφα με ορισμένα στοιχεία του Industry 4.0, παραμένουν παραδοσιακοί στόχοι που μπορεί να μην αποτυπώνουν την υπόσχεση της επανάστασης όταν πρόκειται για τα πάντα, από την παροχή συνεχούς μάθησης έως την αξιοποίηση νέων πηγών ταλέντων, την προσέγγιση υποεξυπηρετούμενων αγορών, την προσφορά προγνωστικών εργαλείων για τη βελτίωση των διαδικασιών και τη μείωση του κινδύνου, τη σύνδεση αλυσίδων εφοδιασμού, τη δυνατότητα πιο ευέλικτων συστημάτων, και πολλά άλλα.

❖ Ανθρώπινα Ταλέντα

Πολλά στελέχη δεν φαίνεται να αισθάνονται την επείγουσα ανάγκη να αντιμετωπίσουν την πρόκληση του μέλλοντος του εργατικού δυναμικού - παρόλο που μόνο μερικοί είναι πολύ σίγουροι ότι έχουν τη σωστή σύνθεση εργατικού δυναμικού και τα σύνολα δεξιοτήτων που απαιτούνται για το μέλλον. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί από το ότι η συντριπτική πλειοψηφία των στελεχών πιστεύει ότι κάνει ό,τι μπορεί, ότι μπορεί να βασιστεί στα

υπάρχοντα εκπαιδευτικά συστήματα και ότι οι σημερινοί υπάλληλοί τους μπορούν να επανεκπαιδευτούν. Με απλά λόγια, ανησυχούν αλλά επίσης δεν πιστεύουν ότι απαιτούνται ριζικές αλλαγές για να φτάσουν τελικά στο τελικό ζητούμενο. Ενώ ιστορικά η τεχνολογία δημιουργεί περισσότερες θέσεις εργασίας από όσες καταστρέφει, αυτές οι νέες θέσεις εργασίας θα πρέπει να ενθαρρύνονται από την αποτελεσματική ανάπτυξη του εργατικού δυναμικού.

❖ Τεχνολογία

Η 4η Βιομηχανική επανάσταση υπόσχεται ολοκληρωμένες ψηφιακές και φυσικές τεχνολογίες που βελτιώνουν τις οργανωτικές λειτουργίες, την παραγωγικότητα, την ανάπτυξη και την καινοτομία. Αλλά αντί να χρησιμοποιούνται ψηφιακές τεχνολογίες για να υλοποιούνται τα ίδια πράγματα, πιο γρήγορα και καλύτερα, διαπιστώθηκε ότι οι πραγματικοί οργανισμοί του Industry 4.0 τις χρησιμοποιούν για να δημιουργήσουν νέα επιχειρηματικά μοντέλα. Οι οργανισμοί που επεκτείνουν τη χρήση των τεχνολογιών Industry 4.0 για να συμπεριλάβουν προμηθευτές, πελάτες, εργαζόμενους, συνεργάτες και άλλους στο οικοσύστημά τους μπορούν να βρουν πιο άμεσα οφέλη, μέσω του ενδεχόμενου μετασχηματισμού. Το βασικότερο πρόβλημα στην παραπάνω νοοτροπία είναι ότι μόνο το 1/5 των ερωτηθέντων θεωρούν τους οργανισμούς τους ιδιαίτερα προετοιμασμένους να χειριστούν νέα επιχειρηματικά μοντέλα ή μοντέλα παράδοσης και λιγότερο από το 15% πιστεύουν ότι είναι ιδιαίτερα προετοιμασμένοι για έξυπνες και αυτόνομες τεχνολογίες.

5.2 ΕΠΙΠΕΔΟ ΩΡΙΜΟΤΗΤΑΣ

Γενικά, ο όρος «ωριμότητα» αναφέρεται σε μια «κατάσταση πληρότητας, τελειότητας ή ετοιμότητας» και υποδηλώνει κάποια πρόοδο στην ανάπτυξη ενός συστήματος. Κατά συνέπεια, τα συστήματα ωρίμανσης (π.χ. βιολογικά, οργανωτικά ή τεχνολογικά) αυξάνουν τις δυνατότητές τους με την πάροδο του χρόνου όσον αφορά την επίτευξη κάποιας επιθυμητής μελλοντικής κατάστασης. Η ωριμότητα μπορεί να αποτυπωθεί ποιοτικά ή ποσοτικά με διακριτό ή συνεχή τρόπο. Τα μοντέλα ωριμότητας (όπως και το παρακάτω από τους Schumacher A., Erolb S., Sihn W., 2016) χρησιμοποιούνται συνήθως ως μέσο για τη σύλληψη και τη μέτρηση της ωριμότητας ενός οργανισμού ή μιας διαδικασίας σχετικά με κάποια συγκεκριμένη κατάσταση-στόχο.

Σε αυτούς τους τρεις τομείς —άνθρωποι, διαδικασίες και τεχνολογία— εντοπίζονται βασικές δραστηριότητες που υποστηρίζουν την ανάπτυξη έξυπνων εργοστασιακών δυνατοτήτων. Αυτή η δομή ταιριάζει με τις διαστάσεις που ορίζονται από μελέτες σχετικά με τη διαχείριση των αλλαγών. Όλες οι βασικές δραστηριότητες κατηγοριοποιήθηκαν κατά επίπεδο ωριμότητας για τη δημιουργία ενός έξυπνου μοντέλου ωριμότητας εργοστασίου στα εξής επίπεδα:

Επίπεδο 1. Συνδεδεμένες τεχνολογίες: Το πρώτο επίπεδο ωριμότητας συσχετίζεται σε μεγάλο βαθμό με την κατανόηση των τεχνολογικών απαιτήσεων για μια έξυπνη εργοστασιακή ιδέα και την ανάπτυξη ενός οράματος για τη σύνδεση των διαφόρων συστημάτων. Η προσέλκυση των κατάλληλων ανθρώπων και ο καθορισμός των ρόλων τους θα ενισχύσει τις δυνατότητες ψηφιοποίησης του οργανισμού. Η ενεργός συμμετοχή προμηθευτών, υπεργολάβων και τελικών χρηστών στην ανάπτυξη της πλατφόρμας επικοινωνίας μεταξύ των τεχνολογιών θεωρήθηκε σημαντικός ακρογωνιαίος λίθος για την κατασκευή ενός έξυπνου εργοστασίου. Σε αυτή τη διαδικασία, οι επιθυμητές λειτουργίες που θα ενσωματωθούν σε έξυπνες εργοστασιακές διαδικασίες πρέπει να αντιστοιχιστούν στις υπάρχουσες δυνατότητες. Επιπλέον, οι οργανισμοί που ξεκινούν μια έξυπνη εργοστασιακή υλοποίηση πρέπει να διατηρήσουν μια σαφή εστίαση στη σύνδεση των υπαρχουσών εφαρμογών σε όλη τη ροή δεδομένων για να δημιουργήσουν μια κοινή πλατφόρμα.

Επίπεδο 2. Δομημένη συλλογή και κοινή χρήση δεδομένων: Σε αυτό το στάδιο, οι οργανισμοί πρέπει να δημιουργήσουν μοντέλα για δομημένη συλλογή και κοινή χρήση δεδομένων για να διευκολύνουν την ανάπτυξη βελτιωμένων πρακτικών και διαδικασιών διαχείρισης δεδομένων που επιτρέπουν την αποτελεσματική αποθήκευση και χρήση του αυξανόμενου όγκου δεδομένων παραγωγής που συλλέγονται. Μια βασική δραστηριότητα σε αυτό το επίπεδο είναι η εκπαίδευση των ανθρώπων ώστε να αναπτύξουν την ικανότητα εκμετάλλευσης συνδεδεμένων συστημάτων δεδομένων. Αυτό θα μπορούσε να σημαίνει τη διεξαγωγή εκπαιδευτικών συνεδριών σχετικά με τον τρόπο πρόσβασης σε δεδομένα από διαφορετικό εξοπλισμό ή τον τρόπο ρύθμισης κοινών ρουτινών στην ψηφιακή διεπαφή. Είναι επίσης σημαντικό να αναθεωρηθούν οι ρόλοι του προσωπικού παραγωγής για τον προορατικό συντονισμό των ψηφιακών πληροφοριών και της ανταλλαγής γνώσεων. Στην προκειμένη περίπτωση, εμφανίζεται η ανάγκη δημιουργίας εξειδικευμένων διαδικασιών εξόρυξης πληροφοριών για την υποστήριξη της συλλογής πληροφοριών σε όλα τα τμήματα. Μια βασική δραστηριότητα σε αυτό το επίπεδο είναι η μείωση της ροής άσχετων πληροφοριών μέσω της αυξημένης ακρίβειας στη συλλογή δεδομένων. Η αύξηση της ακρίβειας στην ταξινόμηση συνεπάγεται την εστίαση τόσο στη βελτίωση της παραγωγής δεδομένων, ώστε να διασφαλιστεί η συλλογή των σωστών πληροφοριών, όσο και της ποιότητας των δεδομένων, ώστε να μειωθούν οι παρεμβολές σημάτων.

Επίπεδο 3. Ανάλυση και βελτιστοποίηση διεργασιών σε πραγματικό χρόνο: Το τρίτο επίπεδο ωριμότητας αποδίδει ευεργετικά αποτελέσματα από τη συλλογή και την επικοινωνία δεδομένων. Σε αυτήν τη φάση, οι οργανισμοί δημιουργούν ικανότητες για ανάλυση και βελτιστοποίηση διαδικασιών σε πραγματικό χρόνο. Σε αυτό το επίπεδο, οι οργανισμοί αρχίζουν να χρησιμοποιούν την ανάλυση πληροφοριών και την ερμηνεία δεδομένων για τον εξορθολογισμό των επιχειρησιακών διαδικασιών. Αυτή η προσέγγιση επιτρέπει, για παράδειγμα, την προσαρμογή της διαδικασίας συντήρησης για την αύξηση της λειτουργικής αποδοτικότητας. Για παράδειγμα, οι προμηθευτές μηχανημάτων μπορούν να συμβάλουν σε έξυπνα εργοστάσια προσφέροντας προηγμένες λύσεις υπηρεσιών που αξιοποιούν δεδομένα λειτουργίας που βασίζονται στο cloud και παρακολούθηση της κατάστασης των μηχανών σε πραγματικό χρόνο και παρουσιάζουν ζωτικές ευκαιρίες για μάθηση. Μια άλλη βασική δραστηριότητα είναι η δημιουργία διαδικασιών για την αξιολόγηση των ευκαιριών

βελτιστοποίησης στις επιχειρησιακές διαδικασίες. Στο επίπεδο 3, η εστίαση μετατοπίζεται προς την ωφέλεια από τα δεδομένα και το σύστημα. Μια άλλη βασική δραστηριότητα για τα εργοστάσια σε αυτό το στάδιο είναι η εφαρμογή συστημάτων προσομοίωσης που βασίζονται στην πραγματικότητα για τη δοκιμή, την κατασκευή πρωτοτύπων και τη βελτιστοποίηση του ψηφιακού εργοστασίου.

Επίπεδο 4. Έξυπνη και προβλέψιμη κατασκευή: Καθώς το εργοστάσιο φτάνει στην κορυφή του μοντέλου ωριμότητας, η συνέχιση της εστίασης στην έξυπνη και προβλέψιμη παραγωγή απαιτεί συνεχή καινοτομία και βελτίωση. Οι προσπάθειες για τη δημιουργία προβλεψιμότητας στην κατασκευή καθιστούν όλο και πιο δυνατό να γνωρίζουμε εκ των προτέρων τι να περιμένουμε, οδηγώντας σε μεγαλύτερη αξιοπιστία παραγωγής και μεγαλύτερα κέρδη. Αυτή η νοοτροπία είναι ιδιαίτερα σημαντική δεδομένης της ταχείας ανάπτυξης ψηφιακών και έξυπνων τεχνολογιών κατασκευής. Επιπλέον, πρέπει να καθοριστούν εξειδικευμένοι ρόλοι και ευθύνες προσανατολισμένοι στην προβλέψιμη παραγωγή για να επισημοποιηθούν και να ιεραρχηθούν αυτά τα σημαντικά καθήκοντα. Μια άλλη εξέλιξη της διαδικασίας σε αυτό το στάδιο περιλαμβάνει τη δημιουργία προληπτικών διαδικασιών για την πρόβλεψη, την πρόβλεψη και τον προγραμματισμό της μελλοντικής παραγωγής. Οι δραστηριότητες παραγωγής θα πρέπει να σχεδιάζονται σε προορατικό πλαίσιο με έμφαση στην πρόβλεψη των μελλοντικών απαιτήσεων. Στόχο αποτελεί να αναπτυχθεί ένα πραγματικά ολιστικό σύστημα που διασυνδέεται συστηματικά από απλά εξαρτήματα (για παράδειγμα, αισθητήρες οπτικών ινών) έως πολύπλοκα μηχανήματα που βασίζονται στην τεχνητή νοημοσύνη (για παράδειγμα, καινοτομίες μηχαντρονικής ή ενσωματωμένα CAD / CAM / CNC).

Όσον αφορά τα πρότυπα του Industry 4.0, ως ωριμότητα μιας βιομηχανικής επιχείρησης ορίζεται η κατάσταση της προόδου των εσωτερικών και εξωτερικών συνθηκών που υποστηρίζουν την κάθετη και οριζόντια ολοκλήρωση των συστημάτων παραγωγής και των επιχειρήσεων, καθώς και την ψηφιακή ενσωμάτωση της μηχανικής σε ολόκληρη την αλυσίδα αξίας. Μία μεθοδολογία-πλαίσιο για την ανάπτυξη μοντέλων ωριμότητας προτείνεται από τον Becker, ο οποίος βασίζεται σε μια αντίστοιχη προσέγγιση της επιστήμης του σχεδιασμού που αναπτύχθηκε από τον Hevner. Η ανάπτυξη της σχετικού εργαλείου υλοποιήθηκε σε τρεις διακριτές φάσεις:

1. Μια αρχική φάση για τη δημιουργία πλήρους κατανόησης του τομέα του Industry 4.0
2. Μια βασική φάση ανάπτυξης για το σχεδιασμό και την αρχιτεκτονική της δομής του μοντέλου, καθώς και ένα πρακτικά εφαρμόσιμο εργαλείο και
3. Μια φάση υλοποίησης για την επικύρωση του εργαλείου που προκύπτει σε πραγματική εφαρμογή.

Τα πρώτα βήματα περιελάμβαναν την αξιολόγηση της πολυπλοκότητας του τομέα και μια ανάλυση αποκλίσεων των υφιστάμενων μοντέλων ωριμότητας που εφαρμόζονται για την αξιολόγηση της ωριμότητας του Industry 4.0. Οι ειδικοί που ερωτήθηκαν (συνεντεύξεις

διάρκειας περίπου 60 λεπτών με προκαθορισμένες ανοιχτές ερωτήσεις) υποστήριξαν κάποια προβλήματα κατά την εφαρμογή του Industry 4.0 στην πράξη:

- ❖ Οι εταιρείες αντιλαμβάνονται τις έννοιες του Industry 4.0 ως εξαιρετικά περίπλοκες χωρίς να παρέχεται στρατηγική καθοδήγηση
- ❖ Οι εταιρείες δεν έχουν σαφή ιδέα για τη Βιομηχανία 4.0 με αποτέλεσμα την αβεβαιότητα σχετικά με τα οφέλη και τα αποτελέσματα
- ❖ Οι εταιρείες αποτυγχάνουν να αξιολογήσουν τις δικές τους δυνατότητες στη Βιομηχανία 4.0, γεγονός που εμποδίζει τη λήψη οποιασδήποτε στρατηγικής καθοδήγησης

Η σύγκριση των υπάρχοντων μοντέλων σε άλλους τομείς υποδηλώνει μια στρατηγική σχεδιασμού όπου η βασική αρχιτεκτονική των ήδη επιτυχώς δοκιμασμένων εργαλείων αξιολόγησης χρησιμεύει ως σημείο εκκίνησης για το σχεδιασμό του νέου μας μοντέλου. Στη δεύτερη φάση της διαδικασίας ανάπτυξης καθορίζονται ο συνολικός σχεδιασμός του μοντέλου, τα στοιχεία καταλληλότητας καθώς και τα χαρακτηριστικά τους. Μόλις ολοκληρωθεί η ανάπτυξη, η τρίτη φάση περιλαμβάνει τη μετατροπή του μοντέλου σε ένα πρακτικά χρησιμοποιήσιμο εργαλείο και τον καθορισμό του κατάλληλου μέσου για διανομή.

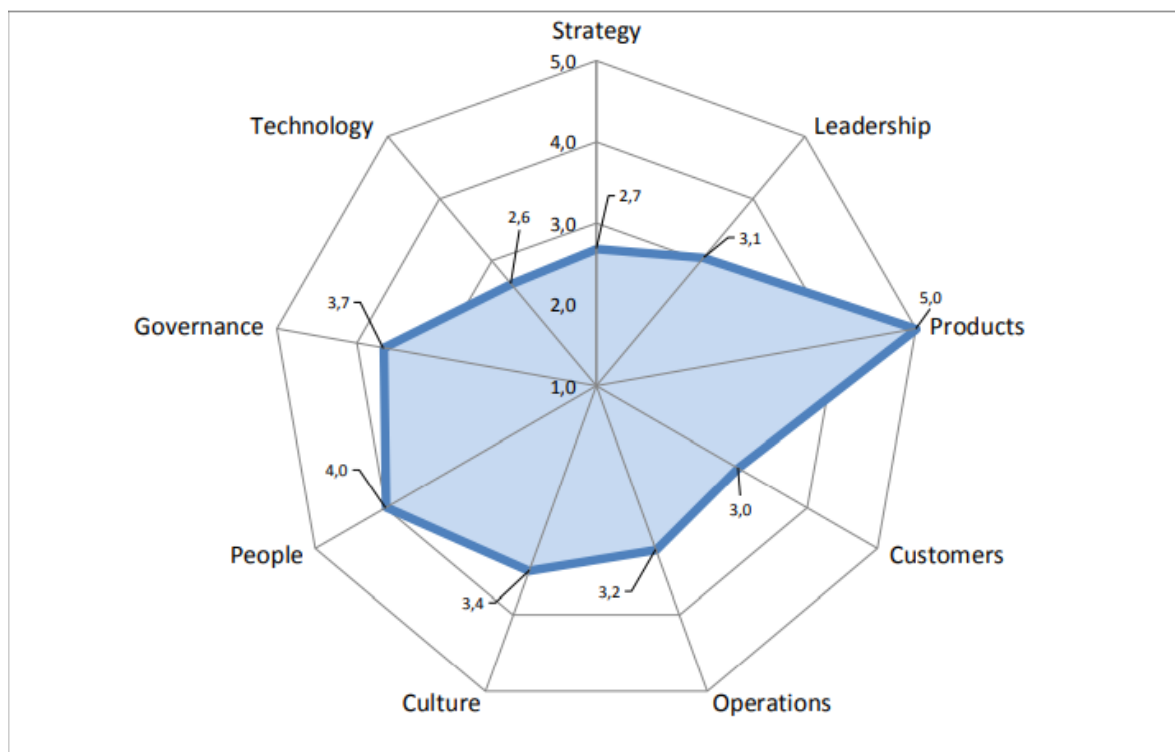
Προκειμένου να διευκολυνθούν οι διαφορετικές αναλύσεις της ωριμότητας του Industry 4.0, το ερευνητικό μοντέλο ομαδοποιεί τα στοιχεία ωριμότητας σε εννέα εταιρικές διαστάσεις, οι οποίες είναι οι παρακάτω:

- Στρατηγική
- Ηγεσία
- Πελάτες
- Προϊόντα
- Λειτουργίες
- Κουλτούρα
- Τιμή
- Άνθρωποι
- Διακυβέρνηση
- Τεχνολογία

Για παράδειγμα, στη διάσταση "Τεχνολογία" η "ύπαρξη της σύγχρονης Τεχνολογίας Πληροφοριών και Επικοινωνιών (ΤΠΕ)" μπορεί να έχει διαφορετική συμβολή στην ωριμότητα της Βιομηχανίας 4.0 από το στοιχείο "χρήση κινητών συσκευών". Μετά τη λήψη απαντήσεων στο ερωτηματολόγιο (π.χ. ερωτηματολόγιο ενσωματωμένο σε ιστοσελίδα), οι απαντήσεις υποβάλλονται σε ψηφιακή επεξεργασία και τα αποτελέσματα υπολογίζονται και συνοψίζονται αυτόματα. Τέλος, παρουσιάζονται τα αναλυτικά αποτελέσματα των στοιχείων στις εννέα διαστάσεις και χρησιμεύουν ως βάσεις για στρατηγικές αποφάσεις και τον καθορισμό συγκεκριμένων έργων και προγραμμάτων. Για την αξιολόγηση κάθε στοιχείου

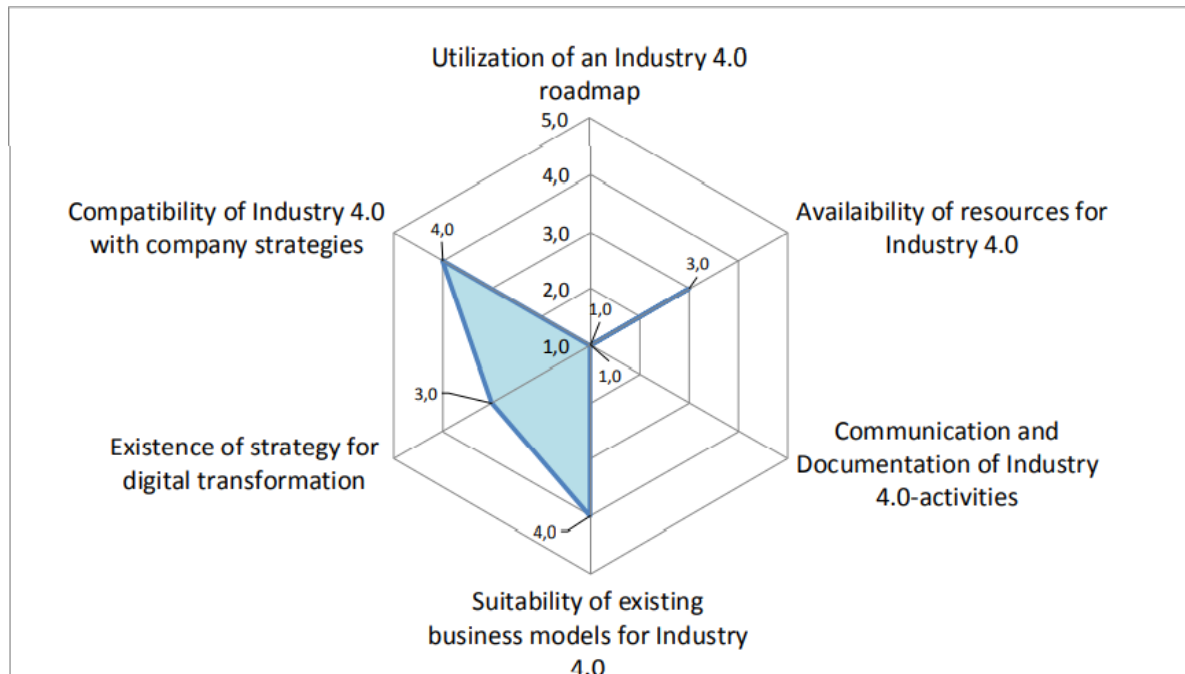
υφίσταται πέντε επίπεδα ωριμότητας όπου το επίπεδο 1 περιγράφει μια πλήρη έλλειψη χαρακτηριστικών που υποστηρίζουν τις έννοιες του Industry 4.0 και το επίπεδο 5 αντιπροσωπεύει την ύπαρξη όλων των απαιτούμενων χαρακτηριστικών. Προκειμένου να αξιολογηθεί το περιεχόμενο και η δομή του μοντέλου, καθώς και για να δοκιμαστεί η πρακτική χρηστικότητα του εργαλείου αξιολόγησης, πραγματοποιήθηκαν δύο μελέτες περιπτώσεων σε βιομηχανικές επιχειρήσεις.

Για να διασφαλιστεί η ακρίβεια των αποτελεσμάτων, επιλέχθηκε μια βιομηχανία κατασκευής προϊόντων αεροδιαστημικής που ασχολείται ήδη με το Industry 4.0 και ως εκ τούτου διαθέτει τις απαιτούμενες βασικές γνώσεις και κατανόηση σχετικά με τις βασικές του έννοιες. Η εταιρεία έλαβε ένα ερωτηματολόγιο για να επιτρέψει την αντανάκλαση της εσωτερικής της κατάστασης. Αν και η αυτοαξιολόγηση των στοιχείων ωριμότητας είναι μια έγκυρη μέθοδος και εύκολη στη διεξαγωγή, γνωρίζουμε ότι οι περισσότερες εταιρείες εκείνη τη στιγμή δεν διαθέτουν τις απαιτούμενες γνώσεις σχετικά με το Industry 4.0 για να αυτοαξιολογήσουν την ωριμότητα της δικής τους εταιρείας. Μετά τη δεύτερη φάση της διαδικασίας αξιολόγησης, μέσω γραφήματος η απάντηση εισάγεται σε εργαλείο λογισμικού για τον υπολογισμό των επιπέδων ωριμότητας. Στο Σχήμα 2 απεικονίζεται το επίπεδο ωριμότητας σε εννέα διαστάσεις. Ένα γράφημα ραντάρ χρησιμοποιείται για να απεικονίσει το συνολικό αποτέλεσμα με μια ματιά (Εικόνα 5).



Εικόνα 5: Παράδειγμα απεικόνισης του επιπέδου ωριμότητας μίας εταιρείας ως προς το Industry 4.0 βάσει των 9 διαστάσεων

Η βαθμολογία 2,7 στα 5 σε επίπεδο στρατηγικής είναι η χαμηλότερη βαθμολογία και των εννέα διαστάσεων. Το φαινομενικά υψηλό επίπεδο ωριμότητας στη διάσταση «Προϊόντα» προκύπτει από στοιχεία μετρούμενης ωριμότητας, όπως «η δυνατότητα ενσωμάτωσης προϊόντων σε άλλα συστήματα», «η αυτονομία των προϊόντων», η «ευελιξία των χαρακτηριστικών του προϊόντος» ή «η δυνατότητα ψηφιοποίησης των προϊόντων». Είναι εύλογο ότι τα εξαρτήματα για την εφαρμογή στην αεροδιαστημική διαθέτουν χαρακτηριστικά προϊόντος που οδηγούν σε υψηλή βαθμολογία αυτών των στοιχείων ωριμότητας. Μια αποτελεσματική προσέγγιση για την υποστήριξη της αντανακλώμενης αξιολόγησης της κατάστασης της ίδιας της εταιρείας είναι η παρουσίαση προηγμένων περιπτώσεων του κλάδου στην αντίστοιχη διάσταση (συγκριτική αξιολόγηση). Κάθε επιμέρους στοιχείο ταξινομείται σε διαστάσεις της στρατηγικής των επιχειρήσεων (Εικόνα 6), ώστε να αξιολογηθεί το επίπεδο ωριμότητας της ακολουθούμενης στρατηγικής για την ενσωμάτωση στο Industry 4.0.



Εικόνα 6: Βασικές διαστάσεις της ωριμότητας της στρατηγικής

5.3 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΔΕΞΙΟΤΗΤΩΝ

Για να εφαρμόσουν την ιδέα του έξυπνου εργοστασίου, οι εταιρείες πρέπει να αντιμετωπίσουν σημαντικές προκλήσεις και να αναπτύξουν εσωτερικές δυνατότητες. Διακρίνονται τρεις γενικές αρχές που διέπουν μια επιτυχημένη υλοποίηση έξυπνων εργοστασίων:

- Ανάπτυξη ψηφιακών δεξιοτήτων στους εργαζόμενους για την προώθηση της υλοποίησης έξυπνων εργοστασίων κατά τη διάρκεια και μετά τον μετασχηματισμό. Λόγω της εισαγωγής της νέας ψηφιακής τεχνολογίας εξελίσσεται η διαδικασία του ψηφιακού μετασχηματισμού όπου οι ικανότητες και οι δεξιότητες πρέπει να αναπτυχθούν σύμφωνα με τις αλλαγές του περιβάλλοντος για να επιτρέψουν στους υπαλλήλους να αντιμετωπίσουν την ταχεία τεχνολογική πρόοδο και να ξεπεράσουν την οργανωτική αδράνεια. Έτσι, οι υπεύθυνοι υλοποίησης των έξυπνων εργοστασίων πρέπει να επικεντρωθούν στην πρόσληψη και την ενδυνάμωση ατόμων με ψηφιακές ικανότητες, αναπτύσσοντας ταυτόχρονα ψηφιακές δεξιότητες στο υπάρχον εργατικό δυναμικό.

- Εισαγωγή ευέλικτων διαδικασιών για την αξιοποίηση της ταχείας τεχνολογικής ανάπτυξης. Οι ευέλικτες διαδικασίες υλοποίησης, ενσωματωμένες σε τυπικές εργασιακές πρακτικές, παρέχουν αυτονομία και ευελιξία στην έξυπνη εργοστασιακή υλοποίηση. Οι σύντομοι κύκλοι ανάπτυξης και οι αξιοποιούμενες λύσεις βιωσιμότητας δημιουργούν έναν συνεχή κύκλο αξιολόγησης που παρέχει ευκαιρίες για συνεχή βελτίωση των διαδικασιών παραγωγής ενόψει των μεταβαλλόμενων απαιτήσεων. Έτσι, οι βελτιώσεις διαδικασιών που ενσωματώνουν στοιχεία ευελιξίας στη ψηφιοποίηση των διαδικασιών παρέχουν την ευελιξία ανακατεύθυνσης της προσπάθειας καθώς αναδύονται νέες τεχνολογίες και νέες ευκαιρίες.

- Διαμόρφωση της αρθρωτής τεχνολογίας για τη διαχείριση της πολυπλοκότητας των ψηφιακών συστημάτων. Η έξυπνη εργοστασιακή τεχνολογία δημιουργεί τεράστιες ευκαιρίες, αλλά, ταυτόχρονα, μπορεί να προκαλέσει δυσανεμία με τον αριθμό και την πολυπλοκότητα των επιλογών. Η διαίρεση των τεχνολογικών λύσεων σε ενότητες και η παροχή κάθε λύσης βήμα προς βήμα καθώς η εκπαίδευση συνεχίζεται θα βοηθήσει στην οικοδόμηση αποδοχής και στην ελαχιστοποίηση της συντριβής, ενώ παράλληλα θα κατασκευάσει τα θεμέλια και την υποδομή μιας αρχιτεκτονικής λύσεων που είναι τόσο κινητή όσο και αρθρωτή. Οι δυνατότητες που απαιτούνται για την υποστήριξη των επιθυμητών λειτουργιών μπορούν να αποκτηθούν με την πάροδο του χρόνου και οι ομάδες μπορούν να εργαστούν με μεγαλύτερη αυτονομία για να επισπεύσουν τη δράση. Επιπλέον, η αρθρωτή προσέγγιση παρέχει ευκαιρίες για συνεχή καινοτομία και μειώνει τον εγκλωβισμό σε συγκεκριμένες τεχνολογίες.

Στην επανάσταση του Industry 4.0, απαιτούνται όλες οι δεξιότητες. Το έργο του υπάρχοντος εργατικού δυναμικού θα πρέπει να αλλάξει ώστε να ταιριάζει με τις δεξιότητες που απαιτούνται για την υποστήριξη της επιτυχίας του Industry 4.0. Η ανάπτυξη νέων τεχνολογιών όπως έξυπνοι αισθητήρες, έξυπνος βοηθός, ρομπότ και αυτοματισμός θα συνεχίσει να απαιτεί αλλαγή στους τύπους δεξιοτήτων καθώς και στο εργασιακό τοπίο. Τελικά, θα υπάρξει σταδιακά μια μεγάλη μετάβαση για τη ζήτηση εργασίας από θέσεις εργασίας χαμηλότερης ειδίκευσης σε θέσεις εργασίας υψηλής ειδίκευσης. Οι απαιτούμενες δεξιότητες κατηγοριοποιούνται σε δύο ομάδες: τεχνικές και προσωπικές (ήπιες) δεξιότητες. Οι πρώτες απαιτούνται για εξαιρετικά τεχνικά καθήκοντα, ενώ οι ήπιες δεξιότητες είναι ως επί το πλείστον απαραίτητες για την ομαδική εργασία στο επίπεδο του τμήματος και την καθημερινή επικοινωνία. Οι τεχνικές δεξιότητες υποκατηγοριοποιούνται επίσης σε δεξιότητες θεωρίας και εμπειρογνομοσύνης, δεξιότητες υλικού και δεξιότητες λογισμικού και αλγορίθμων (ψηφιακές δεξιότητες)

Στο υπάρχον πλαίσιο, εμφανίζεται μία αδήριτη ανάγκη να εντοπιστούν και να αναπτυχθούν οι κλάδοι και οι απαιτούμενες ικανότητες που λείπουν, προκειμένου να αναπτυχθούν οι κατάλληλες δεξιότητες στο εργατικό δυναμικό του Industry 4.0. Ως εκ τούτου, πρέπει να ληφθούν σοβαρά μέτρα για την προετοιμασία του εργατικού δυναμικού του μέλλοντος. Τα ιδρύματα τριτοβάθμιας εκπαίδευσης (πανεπιστήμια και τεχνικές σχολές) διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στη διαμόρφωση των κοινωνικών μεταβάσεων που απαιτούνται για τα κινήματα του Industry 4.0. Ωστόσο, η σημερινή τριτοβάθμια εκπαίδευση αναπτύχθηκε στο πλαίσιο των τριών προηγούμενων βιομηχανικών επαναστάσεων που δεν παρέχουν τις απαραίτητες δεξιότητες για τη διαμόρφωση των κινήματων του Industry 4.0.

Ένα άλλο κρίσιμο ζήτημα για την ανάπτυξη των δεξιοτήτων του Industry 4.0 είναι η ανάγκη διαφοροποίησης των συστημάτων εκπαίδευσης και πιστοποίησης. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την ενδυνάμωση και την ενθάρρυνση των υπηρεσιών εκπαίδευσης, ιδίως των διαδικτυακών πλατφορμών μάθησης (MOOC), που μπορούν να καλύψουν τις ευρέως διαδεδομένες ανάγκες όσων είναι πρόθυμοι να μάθουν. Επιπλέον, οι εργοδότες καλούνται να επιδείξουν πιο θετική στάση απέναντι στην κατάρτιση και την επανακατάρτιση των εργαζομένων τους. Τέλος, θα πρέπει να ενθαρρυνθούν οι προσπάθειες αυτοδιδασκαλίας από τους ίδιους τους κατόχους θέσεων εργασίας.

Το πιο σημαντικό είναι ότι υπάρχει η ανάγκη να καλλιεργηθούν οι ανθρώπινες δεξιότητες έτσι ώστε η τεχνητή νοημοσύνη να μην είναι σε θέση να αντικαταστήσει τους αναθεωρημένους ρόλους των εργαζομένων. Επιπλέον, οι δεξιότητες Industry 4.0 μπορούν να αναπτυχθούν με την ανάπτυξη νέων προγραμμάτων σπουδών ειδικά στον παλιό τομέα σπουδών όπως η βιομηχανική και η μηχανολογία για την ενσωμάτωση των υποδομών. Ωστόσο, η ανάπτυξη προγραμμάτων σπουδών στο πλαίσιο του Industry 4.0 δεν θα πρέπει μόνο να στοχεύει στους τεχνικούς τομείς σπουδών, αλλά και σε άλλους τομείς όπως οι επιχειρήσεις, τα οικονομικά και οι επιστήμες διοίκησης. Η πρόοδος, εξέλιξη ή επανάσταση στο εκπαιδευτικό σύστημα που εστιάζει στις τεχνολογίες Industry 4.0 περιγράφεται συχνά και ως Εκπαίδευση 4.0. Αυτή η εκπαιδευτική προσέγγιση πιστεύεται ότι ενισχύει την ικανότητα των μαθητών να εφαρμόζουν τη νέα τεχνολογία που θα τους δώσει τη δυνατότητα να παράγουν καινοτομίες και δημιουργικές λύσεις που ανταποκρίνονται στις κοινωνικές εξελίξεις.

Μια τέτοια προσέγγιση είναι και το εργοστάσιο ηλεκτρονικής μάθησης (e-learning factory), που στοχεύει στην ενσωμάτωση του μαθησιακού και του εργασιακού περιβάλλοντος έτσι ώστε να παρέχονται στους εκπαιδευόμενους ρεαλιστικές και σχετικές μαθησιακές εμπειρίες. Το εργοστάσιο μάθησης ακολουθεί ένα αμφίδρομο κανάλι μεταφοράς γνώσης (δηλαδή, από το εργοστάσιο στην τάξη και αντίστροφα) στο οποίο τα θέματα κατασκευής αποτελούν τη βάση για νέα μοντέλα συνέργειας μεταξύ της ακαδημαϊκής κοινότητας και της βιομηχανίας. Πρόσφατα, έχουν αναπτυχθεί διάφορα πλαίσια εργοστασίων μάθησης, συμπεριλαμβανομένου του εργοστασίου μάθησης 4.0 για την προώθηση της απόκτησης των απαιτούμενων δεξιοτήτων των τεχνολογιών του Industry 4.0. Ένας ελκυστικός τρόπος για την οικοδόμηση του εργατικού δυναμικού των τεχνολογιών βιομηχανίας 4.0 αποτελεί η προσέγγιση Operator 4.0. Η προσέγγιση Operator 4.0 στοχεύει κυρίως στη δημιουργία συστημάτων ανθρώπινης-κυβερνο-φυσικής παραγωγής που

βελτιώνουν τις ικανότητες των χειριστών. Αντιπροσωπεύει τον «χειριστή του μέλλοντος», έναν έξυπνο και εξειδικευμένο χειριστή που εκτελεί «εργασία με τη βοήθεια» μηχανών εάν και όπως απαιτείται. Επιπλέον, είναι μια νέα φιλοσοφία σχεδιασμού και μηχανικής για προσαρμοστικά συστήματα παραγωγής που επικεντρώνονται κυρίως στην αντιμετώπιση της αυτοματοποίησης ως περαιτέρω ενίσχυση των φυσικών, αισθητηριακών και γνωστικών ικανοτήτων του ανθρώπου χρησιμοποιώντας την ενσωμάτωση του ανθρώπινου κυβερνο-φυσικού συστήματος.

5.4 ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ 4.0

Οι δικηγόροι έχουν αρχίσει να κάνουν μικρά βήματα στην ανάπτυξη θεσπισμένης νομοθεσίας πάνω στις προδιαγραφές του Industry 4.0. Ειδικά από την έναρξη της πανδημίας COVID-19, οι νομικές σχολές και η νομική πρακτική έπρεπε να γίνουν ψηφιακές. Όπως και σε πολλούς τομείς της εκπαίδευσης, οι εξετάσεις και άλλες μορφές αξιολόγησης για νομικούς πραγματοποιούνται πια και ηλεκτρονικά. Για πολλούς, υπήρχε μια απότομη καμπύλη μάθησης, καθώς η πανδημία έγινε μια εποχή μεγάλης μετάβασης στον εικονικό κόσμο για το νομικό επάγγελμα και πολλοί δικαστικοί θεσμοί μπήκαν επίσης στο διαδίκτυο.

Πέρα από την παρακολούθηση των εξετάσεων, η χρήση τεχνολογιών τεχνητής νοημοσύνης έχει αυξηθεί στην άσκηση της δικηγορίας. Έχει παρατηρηθεί ότι η τεχνητή νοημοσύνη να χρησιμοποιείται σε ποινικές καταδίκες, ακροάσεις εγγύησης και διαδικασίες αναστολής. Στον εταιρικό κόσμο, η δέουσα επιμέλεια στις εταιρικές συναλλαγές χρησιμοποιεί τεχνητή νοημοσύνη και ορισμένοι διάδικοι χρησιμοποιούν την τεχνητή νοημοσύνη για διερεύνηση και νομικό έλεγχο. Αυτές οι τεράστιες αλλαγές στον νομικό τομέα χρειάζονται περισσότερο έλεγχο - συμπεριλαμβανομένης της χρήσης βαθιάς μάθησης, μηχανικής μάθησης και πειραματικής τεχνητής νοημοσύνης - φέρνοντας την ανάγκη για «Νομοθεσία 4.0». Οι νομικοί καλούνται να μάθουν για τις αναδυόμενες τεχνολογίες και την εφαρμογή τους στη νομική πρακτική, να εκπαιδεύσουν τους πελάτες τους σχετικά με αυτές και να λύσουν τα προβλήματα που δημιουργούν.

Πρέπει επίσης να αναδιαμορφωθούν οι διαφορετικοί νόμοι περί απορρήτου, αντιμονοπωλιακής νομοθεσίας και εθνικής ασφάλειας σε όλο τον κόσμο. Για να ανταποκριθούν όλοι σε αυτήν την πρόκληση, απαιτείται αναβάθμιση στη νομική εκπαίδευση, τη νομική υποδομή και την απονομή της δικαιοσύνης. Ο Αμερικανικός Δικηγορικός Σύλλογος έχει αναγνωρίσει την ανάγκη για τεχνολογικές δεξιότητες. Η Νομοθεσία 4.0 είναι το αναπόφευκτο επόμενο στάδιο εξέλιξης των νομικών υπηρεσιών καθώς σχετίζεται με την ψηφιοποίηση, την αποκέντρωση, την άτακτη μετάβαση στην καθαρή ενέργεια, τις έξυπνες πόλεις, τις αλυσίδες εφοδιασμού που συμμορφώνονται με το ESG (Environmental, Social, Governal) και το επερχόμενο metaverse. Είναι η προσεκτική χρήση των νομικών τεχνολογιών που θα βοηθήσει καλύτερα τους πελάτες και την κοινωνία γενικότερα στη βιώσιμη ανάπτυξη.

Η Νομοθεσία 4.0 περιλαμβάνει την εκπαίδευση, την εργασία, την ψυχαγωγία, τις προσαρμοσμένες χρηματοοικονομικές και ασφαλιστικές υπηρεσίες, την υγειονομική περίθαλψη με επίκεντρο την προστασία της ιδιωτικής ζωής, την πνευματική ιδιοκτησία, την ψηφιακή κυριαρχία και πολλά άλλα. Όλη η συνδεσιμότητα, η ψηφιοποίηση των υπηρεσιών και η κοινωνική ζωή που διεξάγεται στο διαδίκτυο δημιουργεί επαγγελματικές ευκαιρίες για όσους επιθυμούν να παρέχουν καλύτερες νομικές υπηρεσίες μέσω της τεχνολογίας, διατηρώντας παράλληλα τα ηθικά πρότυπα και την επαγγελματική ευθύνη. Αποτελεί, επίσης, μια πρώτης τάξεως ευκαιρία να αυξηθεί η πρόσβαση στη δικαιοσύνη πέρα από τα κέρδη που σίγουρα θα αποκομίσουν οι μεγάλες επιχειρήσεις στους κλάδους της τεχνολογίας και των νομικών υπηρεσιών. Τέλος, με την τεχνητή νοημοσύνη, θα πρέπει να υπάρχει μεγαλύτερη πρόσβαση στη δικαιοσύνη, αποτελεσματικότερη παροχή νομικών υπηρεσιών σε όλα τα επίπεδα της κοινωνίας και κατάλληλη και αποτελεσματική νομική συνδρομή σε όλους, ανεξάρτητα από το εισόδημα και τη θέση στη ζωή.

6 ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ (TRADE Logistics S.A., FOURLIS GROUP)

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, έχουν μελετηθεί οι πιο σύγχρονες και καινοτόμες εφαρμογές που απασχολούν τις αλυσίδες σε διεθνές επίπεδο, πάνω στις τεχνολογίες του Industry 4.0. Βασικές έννοιες όπως το Supply Chain 4.0 και τα Logistics 4.0 αποτελούν πρωταρχικούς στόχους για τη διασφάλιση της βιωσιμότητας και της ανταγωνιστικότητας, όμως αν περιοριστεί η θεματική μελέτη σε πανελλήνιο επίπεδο οι απόψεις και οι αντιλήψεις ενδέχεται να διαφέρουν κατά μεγάλο βαθμό. Η TRADE Logistics S.A. του ομίλου FOURLIS GROUP αποτελεί περίπτωση εταιρίας αποθήκευσης και διανομής, όπου ένας από τους βασικούς προσανατολισμούς της είναι η εξασφάλιση της βέλτιστης ροής διαδικασιών, μέσω της αυτοματοποίησης δραστηριοτήτων και λειτουργιών, σε καθημερινή βάση. Με τον υπεύθυνο Συστημάτων Αυτοματισμού και λύσεων IT συζητήθηκε η αντίληψη της έννοιας του Industry 4.0 στα πλαίσια, όχι μόνο μίας ατομικής επιχείρησης/αποθήκης, αλλά και της συνολικότερης επιρροής της στο δίκτυο συνεργατών που ορίζουν τα “σύνορα” του ομίλου.

6.1 Η ΕΤΑΙΡΕΙΑ

Η TRADE LOGISTICS S.A., εταιρεία του Ομίλου FOURLIS, ξεκίνησε τις δραστηριότητές της το Μάρτιο του 2008 με έδρα το Σχηματάρι Βοιωτίας και είναι η πρώτη πλήρως αυτοματοποιημένη αποθήκη στην Ελλάδα. Η εταιρεία με το εξειδικευμένο και έμπειρο προσωπικό της, την χρήση της τεχνολογίας καθώς και την εφαρμογή πρωτοποριακών μεθόδων στον τομέα των Logistics, στοχεύει στην άρτια λειτουργία όλων των διαδικασιών της αποθήκευσης και διανομής και στην ανάπτυξη των δραστηριοτήτων της. Οι αποθηκευτικές εγκαταστάσεις έχουν την δυνατότητα αποθήκευσης 50.000 παλετών. Η Εταιρεία έχει δημιουργήσει υπερσύγχρονες αποθηκευτικές εγκαταστάσεις συνολικής έκτασης 35.000 τ.μ. σε οικόπεδο περίπου 100 στρεμάτων, οι οποίες είναι συνδεδεμένες με το σιδηροδρομικό δίκτυο για την μεταφορά εμπορευμάτων, τόσο από το εξωτερικό όσο και από το λιμάνι του Πειραιά και έχουν την δυνατότητα να στοιβάζουν σε ειδικά διαμορφωμένο εξωτερικό χώρο πάνω από 500 containers. Η εταιρεία εντός του 2015 ολοκλήρωσε την επένδυση και έχει αναλάβει τη διαχείριση παραλαβών/παραγγελιών και αποθήκευσης αποθεμάτων και για τον κλάδο Λιανικής Πώλησης Αθλητικών Ειδών και σταδιακά θα εξυπηρετεί όλες τις εταιρείες του κλάδου. Έτσι σήμερα η TRADE LOGISTICS S.A., παρέχει υπηρεσίες logistics για την υποστήριξη και των Καταστημάτων IKEA και των Καταστημάτων INTERSPORT & THE ATHLETE'S FOOT στο πλαίσιο της εκμετάλλευσης συνεργειών μεταξύ των εταιρειών του Ομίλου.

6.2 ΑΝΤΙΛΗΨΗ ΤΩΝ ΕΝΝΟΙΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΦΟΡΕΣ

Σε πρώτο στάδιο, ο συνομιλητής μας θέλησε να διαχωρίσει και να καταστήσει σαφείς τις έννοιες “αυτοματισμός” και “αλληλεπίδραση των συστημάτων” στο περιβάλλον μίας Εφοδ. Αλυσίδας και πως αυτές εμπλέκονται με το Industry 3.0 και 4.0, καταλήγοντας και στο Logistics 4.0. Αρχικά, η έννοια του αυτοματισμού αφορά την σταδιακή διακοπή της εμπλοκής του ανθρώπινου παράγοντα σε μία δραστηριότητα/διαδικασία και τη μεταφορά αυτής σε κατάλληλες μηχανές/κατάλληλα συστήματα. Ταυτόχρονα, τίθεται αδιαμφισβήτητα η ένταξη της έννοιας του αυτοματισμού στα πλαίσια του Industry 3.0 και δεν αφορά σε καμία περίπτωση το βήμα παραπάνω στο 4.0. Ως Industry 4.0 νοείται η βελτιστοποίηση της αλληλεπίδρασης, κατά μήκος των ψηφιακών συστημάτων, ως πηγή μεγιστοποίησης της άντλησης, επεξεργασίας και αξιοποίησης μεγάλων όγκων δεδομένων (big data), μέσω της αξιοποίησης τεχνολογιών αιχμής (cutting-edge technologies). Παραδείγματα τέτοιων τεχνολογιών αποτελούν η τεχνητή νοημοσύνη, τα ψηφιακά δίδυμα, η ρομποτική, με αποκορύφωμα την ενσωμάτωση των CPS συστημάτων στην καθημερινότητα της εταιρείας.

Επιχειρώντας να οριοθετηθεί η κατάσταση της εταιρείας στα πρότυπα των Βιομηχανικών Επανάστασεων, ο συνομιλητής μας παρέθεσε ποικίλες επενδύσεις που πραγματοποιήθηκαν τα τελευταία 2-3 χρόνια, μέσω των οποίων εγκαθιδρύθηκε ο αυτοματισμός ως έννοια και ως συνθήκη στη διεκπεραίωση των καθημερινών λειτουργιών. Παράλληλα, τέθηκαν σκέψεις και κρίσιμα σημεία, στα οποία ο Όμιλος επιδιώκει να θεσπίσει, για τα καλά, τα πρότυπα του Industry 4.0 και στοχεύει στην αμεσότερη επικοινωνία, μεταξύ των ψηφιακών συστημάτων. Τέλος, παρατέθηκαν και κάποιες γενικότερες αντιλήψεις και ιδέες για το αποφασιστικό αυτό βήμα που χρειάζονται να κάνουν οι Ελληνικές εταιρείες logistics, ώστε να συμβαδίσουν με τη νέα φιλοσοφία των διεθνών αλυσίδων.

6.3 ΜΕΤΑΒΑΣΗ ΣΤΟ INDUSTRY 4.0

Προχωρώντας τη συζήτηση με τον συνομιλητή μας, έγινε η προσπάθεια τοποθέτησης της εταιρείας σε βιομηχανικό επίπεδο λειτουργίας αλλά και κατανόησης της μέριμνας για την ενσωμάτωση της καθημερινότητάς της στο Industry 4.0. Όπως σημειώθηκε πολλές φορές και σε ποικίλα παραδείγματα, η εταιρεία έχει καταφέρει τον αυτοματισμό καθημερινών διαδικασιών της, επιτυγχάνοντας ταχύτητα, ακρίβεια και συνέπεια, ως βασικούς δείκτες αποδοτικότητας. Για παράδειγμα, έχει αναπτυχθεί αυτόματο σύστημα κιβωτίου για μικρού μεγέθους αντικείμενα, τα οποία αναγνωρίζονται από συγκεκριμένους σταθμούς-σημεία και συγκεντρώνονται βάσει προγραμματισμού (pick-to-light), με περιορισμένη ανθρώπινη παρέμβαση. Το γεγονός αυτό μαρτυρά την υιοθέτηση πολλών αρχών και τεχνολογιών του Industry 3.0, όπου το αναγκαίο ανθρώπινο δυναμικό ελαττώνεται για τη διεκπεραίωση των καθημερινών διαδικασιών συλλογής (picking) των φορτίων.

Η παραπάνω προσθήκη συμπληρώνει τον συνολικό κύκλο διαλογής-ταξινόμησης-συλλογής της εταιρείας, με αυτοματοποιημένο τρόπο, ενώ η επόμενη και καταλυτική επέμβαση του ανθρώπινου παράγοντα αφορά τη φόρτωση και οργάνωση του στόλου οχημάτων για την αποτελεσματικότερη και ακριβέστερη διανομή των φορτίων στις συνεργάτιδες εταιρείες του Ομίλου. Η χρήση αισθητήρων είναι επίσης αισθητή, κυρίως στην προσπάθεια της εταιρείας να γίνει προληπτική και αποτρεπτική σε ενδεχόμενα σφάλματα/βλάβες στους αυτοματισμούς που διαθέτει. Η αξιοποίηση της τεχνολογίας των αισθητήρων στα συστήματα αυτοματισμού picking, sorting, packing αποτελεί μία μέθοδο αποτρεπτικής και προληπτικής συντήρησης (predictive preventive maintenance). Οι πληροφορίες που παρέχουν οι αισθητήρες στα υπάρχοντα συστήματα της εταιρείας (πχ. για την προβληματική κατάσταση ενός ιμάντα, ως προς την τάνυση ή την παραγόμενη θερμότητα) αναφέρθηκαν ως πρώιμη Industry 4.0 τεχνολογία, καθώς εξυπηρετούν ως ένα περιορισμένο σημείο, την αλληλεπίδραση συστημάτων, με σκοπό την πρόληψη και τη διασφάλιση της διεκπεραίωσης μιας διαδικασίας.

Ο συνομιλητής μας ανέφερε την ύπαρξη κάποιων επιπρόσθετων λειτουργιών που παρέχουν τα υπάρχοντα συστήματα αυτοματισμού, τα οποία εξυπηρετούν στην βελτίωση της επικοινωνίας μεταξύ συστημάτων και μηχανών. Πέρα από την πρόληψη προβλημάτων και εμποδίων στην καθημερινότητα των διαδικασιών, υφίσταται και ένα είδος δυναμικής ενημέρωσης των ανώτερων στελεχών της εταιρείας, όσον αφορά σημαντικά KPIs (Key Performance Indicators). Πιο συγκεκριμένα, η ακρίβεια στην ταξινόμηση και στην έγκαιρη διεκπεραίωση των παραγγελιών αποτελεί θεμελιώδη μετρική απόδοσης της εταιρείας, η οποία ενημερώνεται, μέσω σκαναρίσματος των εξερχόμενων φορτίων και ενημέρωσης της εταιρείας για την άφιξη αυτών στον προγραμματισμένο προορισμό, τη μέρα και την ώρα, ώστε να διαπιστωθεί η συνολική απόδοση της διανομής. Φυσικά, αυτή η ενημέρωση πραγματοποιείται μέσω portals συνδεδεμένων μεταξύ των εταιρειών του Ομίλου και αντλούνται από υπεύθυνο άτομο της TRADE, γεγονός που καθιστά τη συνολική διαδικασία, στα πλαίσια του Industry 3.0 και πρώιμη για το 4.0, εφόσον τα σχέδια της εταιρείας αφορούν την πλήρη αυτοματοποίηση στην ενημέρωση των εν λόγω KPIs.

Άλλη μία τεχνολογία η οποία βρίσκεται σε στάδιο εξέλιξης και περαιτέρω μετασχηματισμού στα πρότυπα του Industry 4.0, είναι το blockchain. Σε επίπεδο Ομίλου, το υπεύθυνο τμήμα των Πληροφοριακών Συστημάτων παρακολουθεί την εμπιστευτικότητα των διαχεόμενων πληροφοριών, ανά εταιρεία, και φροντίζει για τη διατήρηση της κρυπτογράφησης και της αρχειοθέτησης με κατάλληλο τρόπο, ώστε να υπάρχει περιορισμένη και ειδική πρόσβαση σε “ευαίσθητα” δεδομένα. Ως επόμενο βήμα σχεδιάζεται η κρυπτογραφημένης μορφής ενημέρωση για καταστάσεις παραγγελιών, ταξινόμηση συμβολαίων με εξωτερικούς συνεργάτες αλλά και αναθεωρημένες εκδόσεις αυτών, ανάλογα με τους ισχύοντες όρους συνεργασίας.

Σε πιο τοπικό επίπεδο, πραγματοποιείται κρυπτογράφηση σημαντικών δεδομένων για τα KPIs, για τα θέματα συντήρησης συσκευών/μηχανημάτων αλλά και των θεσμοθετημένων διαδικασιών της εταιρείας, η οποία φυλάσσεται μέσω υπηρεσιών cloud computing. Σε έναν επιλεγμένο server υπάρχει ψηφιακή θυρίδα αρχειοθέτησης των διαδικασιών της εταιρείας,

στην οποία έχουν πρόσβαση μόνο τα διευθυντικά στελέχη, το τμήμα Συστημάτων Επικοινωνιών (Information Systems) αλλά και ο υπεύθυνος του HR για τη διαφύλαξη της εμπιστευτικότητας και τη διατήρηση ενημερωμένων βάσεων δεδομένων. Φυσικά, τα υπάρχοντα αρχεία αποτελούν πολύ πρώιμης φύσεως έγγραφα, με σκοπό τη σύσταση του “πυρήνα” των διαδικασιών, γύρω από τον οποίο θα παρέρχονται πιο εξειδικευμένες διαδικασίες σε μεγαλύτερο (ή ελπιδοφόρο και σε όλο) εύρος των λειτουργιών και των δραστηριοτήτων της εταιρείας.

Άλλο ένα σημαντικό στοιχείο για την TRADE, αποτελεί η συγκέντρωση ενός κατάλληλα καταρτισμένου ανθρώπινου δυναμικού, πλήρως εναρμονισμένου με τους στόχους και τις μελλοντικές βλέψεις της εταιρείας, όσον αφορά το Industry 4.0. Σε ένα περιβάλλον εργασίας, ειδικότερα όταν αναφερόμαστε σε γραμμή παραγωγής με αλυσίδα διαδικασιών και λειτουργιών, η TRADE και ο Όμιλος επιδιώκουν να προβούν σε διαδικασίες αναθεώρησης δεξιοτήτων (reskilling) και ανάλογες προσλήψεις, ώστε να επιτευχθεί ομοιογένεια και υψηλή εξειδίκευση σε οποιαδήποτε μελλοντική επένδυση, όσον αφορά την ενσωμάτωση Industry 4.0 τεχνολογιών. Ο συνομιλητής μας στάθηκε, μάλιστα, στην επιθυμία και στη θετική πρόθεση που χρειάζεται από το ανθρώπινο δυναμικό, ώστε να εξελίξουν τις δεξιότητες, να διευρύνουν τις εξειδικευμένες γνώσεις και να ενστερνιστούν τη νέα φιλοσοφία που προκαλεί η 4^η Βιομηχανική Επανάσταση. Η σημαντικότερη λέξη που μπορεί να οδηγήσει στην εξέλιξη και στην προσαρμογή στα νέα δεδομένα της βιομηχανίας είναι η ευελιξία στις συνθήκες του περιβάλλοντος, ειδικότερα όταν καλούμαστε να συγκρίνουμε τα εγχώρια δεδομένα σε σχέση με τα αντίστοιχα Ευρωπαϊκά και τα διεθνή.

6.4 Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΙΟΤ

Αν υπάρχει μία πολύ βασική ανάγκη για την TRADE Logistics, με μεγάλα περιθώρια εξέλιξης, αυτή είναι η ανάπτυξη των δυνατοτήτων και της επεκτασιμότητας των αξιοποιούμενων συστημάτων. Ο συνομιλητής μας αναγνώρισε και τόνισε σε πολλά σημεία της συζήτησης ότι μία αυτοματοποιημένη διαδικασία μπορεί να υποστηριχθεί πολύ περισσότερο με τη διατήρηση δυναμικής ενημέρωσης της μηχανής προς τον άνθρωπο. Όπως αναφέρθηκε και στην αρχή της μελέτης περίπτωσης η βέλτιστη αξιοποίηση του μεγάλου όγκου δεδομένων (είτε παραγόμενου είτε εισερχόμενου) αποτελεί ένα πολύ δυνατό στοίχημα, με πολλαπλά δυνητικά οφέλη για την εταιρεία και τον Όμιλο συνολικά. Όταν αναφερόμαστε, λοιπόν, σε big data δεν θα μπορούσε να μην αναγνωριστεί η ανάγκη εφαρμογών Internet of Things, με έμφαση στην πρόληψη καταστάσεων και προβλημάτων και στο γεφύρωμα επικοινωνίας όλων των διαδικασιών στην εταιρεία.

Βασικό εργαλείο για την ενσωμάτωση του ΙΟΤ αποτελεί η predictive maintenance φιλοσοφία που υιοθετεί η εταιρεία, όσον αφορά τα μηχανήματα, τους servers και τους διαθέσιμους αισθητήρες που αξιοποιεί. Για τα υπάρχοντα ψηφιακά συστήματα της εταιρείας (WMS, ERP, Order Management), όπως και τις μηχανές έχει υπάρξει μέριμνα, ώστε να διατίθενται και ανάλογα gadgets, τα οποία ενημερώνουν για ενδεχόμενες βλάβες ή

σφάλματα, κατά την άμεση αξιοποίησή τους. Όσον αφορά, το παράδειγμα του μάντα στο μηχάνημα συλλογής (βλ. Ενότητα 6.3) διατίθενται προειδοποιητικά μηνύματα σε συνδεδεμένη συσκευή, ώστε να αποφευχθεί η χρήση του μηχανήματος και περαιτέρω ζημία του, εν ώρα “δράσης”. Παράλληλα, οι ειδικοί τεχνικοί που διαθέτουν το hardware και software, έχουν τη δυνατότητα να αναγνωρίσουν το πρόβλημα πολύ πιο άμεσα και εύκολα (εξακολουθεί να απαιτείται ο διά ζώσης έλεγχος), ώστε να μην σπαταληθούν υπερβολικές εργατοώρες, ως αναξιοποίητες.

Στη συνέχεια, η διασυνδεσιμότητα (interconnectivity) των ψηφιακών συστημάτων αποτελεί το δεύτερο βασικό εγχείρημα της εταιρείας, στο οποίο επιδιώκει να εστιάσει και μάλιστα στο άμεσο μελλοντικό διάστημα. Μέχρι τώρα, η κατάσταση των παραγγελιών και η στιγμή της άφιξής τους στη συνεργάτιδα εταιρεία αποτελεί το μοναδικό σημείο αυτόματης ενημέρωσης μεταξύ των αντίστοιχων συστημάτων. Βρίσκεται ήδη σε εξέλιξη η ενσωμάτωση αισθητήρων στα φορτία, οι οποίοι τίθενται σε λειτουργία κατά τη διαδικασία συσκευασίας και φόρτωσης και θα παρέχουν αναλυτική ενημέρωση στην ίδια την TRADE και στην εταιρεία-παραλήπτη σημαντικά δεδομένα (big data) για την κατάσταση, τη διακύμανση και την τελική πορεία της αποστολής. Τέτοια δεδομένα θα αποτελέσουν αντικείμενο μελέτης και συζήτησης από την εταιρεία, ώστε να αποφασιστούν οι μετρικές αξιολόγησης για την αποτελεσματικότητα και τα σημεία βελτίωσης, στη διαχείριση φορτίων και παραγγελιών.

Τέλος, ο εκσυγχρονισμός λογισμικού και εξοπλισμού στην εταιρεία αποτελεί ένα ακόμα σημείο αναφοράς για το επόμενο βήμα στην εποχή του Industry 4.0. Κάθε προσδοκία και απαίτηση σε νέες δυνατότητες και λειτουργίες επιφέρει, αναπόφευκτα, ανάγκη νέων και εκσυγχρονισμένων συστημάτων, τα οποία θα συμβαδίζουν με τους αναθεωρημένους στόχους της εταιρείας. Ενώ την προηγούμενη δεκαετία, δόθηκε μεγάλη έμφαση στην ανάπτυξη του εύρους των λειτουργιών του WMS συστήματος, στη λογική της αυτοματοποίησης βασικών διαδικασιών, η σκυτάλη μεταφέρεται στη βέλτιστη διαχείριση των αισθητήρων και στις cloud computing εφαρμογές. Η ανάγκη διαχείρισης και επεξεργασίας των δεδομένων με ψηφιακό τρόπο και η ελάττωση της ανθρώπινης παρέμβασης στο ελάχιστο αποτελεί έναν επιπρόσθετο στόχο, σε μία προσπάθεια της εταιρείας να καταλήξει στην “έξυπνη” ιχνηλασιμότητα και παρακολούθηση θεμάτων διαχείρισης των διαδικασιών, στα πρόθυρα εισαγωγής στο Industrial Internet of Things.

6.5 ΕΠΕΝΔΥΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ

Σε συνέχεια της προηγούμενης ενότητας, η μετά-COVID εποχή για την TRADE Logistics αποτελεί σημείο αναφοράς για την περαιτέρω ενσωμάτωση των IOT εφαρμογών στην καθημερινότητά της. Σε προχωρημένο στάδιο βρίσκονται οι συζητήσεις σχετικά με την αξιοποίηση της τεχνολογίας των αισθητήρων σε όσο μεγαλύτερος εύρος πρακτικής εφαρμογής. Η δυναμική ενημέρωση της πορείας φορτίων και παραγγελιών αποτελεί βασικό δείκτη αποτελεσματικότητας και φυσικά καθοριστικό ζήτημα για την περαιτέρω επένδυση σε αισθητήρες παρακολούθησης και διασφάλισης της συνέπειας. Η TRADE προτίθεται να

αποκτήσει εξειδικευμένο σύστημα monitoring, όπου θα υπάρχει, ανά πάσα στιγμή, πληροφόρηση για την κατάσταση των φορτίων, η οποία θα “επικοινωνεί” με τις cloud εφαρμογές της εταιρείας και θα διατίθεται, το συντομότερο στον υπεύθυνο διαχείρισης.

Εντός της επένδυσης στις IOT εφαρμογές, θα υφίσταται και η μέριμνα για την ολοκλήρωση της ιχνηλασιμότητας ζητημάτων συντήρησης και πρόληψης. Μία πολύ ενδιαφέρουσα πρακτική, που αναφέρθηκε από το συνομιλητή μας, αφορά τη ψηφιοποίηση του pick-by-light συστήματος, όπου ο βραχίονας διαλογής φορτίων θα προγραμματιστεί ώστε να αξιοποιεί αισθητήρες (θερμότητας, αναγνώρισης χρώματος, διαστάσεων, σχεδίου κτλ) και να διαλέγει αυτόματα με απόλυτη ακρίβεια, ως μία πολύ απλοποιημένη εφαρμογή Ρομποτικής σε διαδικασίες Picking. Ακόμα, η εισχώρηση του Ομίλου σε προϊόντα συμπληρωμάτων διατροφής και βιταμινών επιφέρει την ανάγκη διαχείρισης και εξασφάλισης της ποιότητας, σύμφωνα και με τις ειδικές προδιαγραφές των προϊόντων. Εφόσον έχει ήδη διαμορφωθεί η αποθήκη, η οποία θα πληρεί τις συνθήκες και θα τηρεί τους κανόνες διατήρησης των συγκεκριμένων προϊόντων, η TRADE στρέφεται στην αξιοποίηση αντίστοιχων αισθητήρων, για έλεγχο θερμοκρασίας, υγρασίας και πρόληψης ανεπιθύμητων μεταβολών, λόγω δυσμενών καιρικών συνθηκών.

Εισχωρώντας όλο και περισσότερο στα οφέλη της αξιοποίησης των IOT εφαρμογών, εύλογα τίθεται το θέμα της αξιοποίησης του τεράστιου όγκου δεδομένων και της εξαγωγής χρήσιμων συμπερασμάτων και αποτελεσμάτων KPIs, μέσω εξελιγμένων αναλυτικών μεθόδων. Η διαρκής πληροφόρηση και άντληση δεδομένων δεν θα ήταν δυνατό να αξιοποιηθεί στο έπακρο, αν δεν βελτιώνονται οι προβλέψεις καταστάσεων και προβλημάτων καθώς και οι προληπτικές μεθοδολογίες αντιμετώπισής αυτών. Παράλληλα, οι αναλυτικές μέθοδοι βοηθούν στην αξιολόγηση της παραγωγικότητας εντός της εταιρείας, καθώς επίσης και των επιπέδων αποδοτικότητας και επιρρέπειας στο σφάλμα, με αποτέλεσμα να αναθεωρούνται κατάλληλα και να βελτιστοποιούνται διαδικασίες και λειτουργίες. Οι σκέψεις επένδυσης στα αναλυτικές μεθόδους δεδομένων μεγάλου όγκου τοποθετούνται σε βάθος 3-5 χρόνων, ώστε να έχουν εδραιωθεί βασικές “έξυπνες” τεχνολογίες και να στοχευθεί καλύτερα η αξιοποίηση των αισθητήρων και των εφαρμογών νέφους προς τη συγκεκριμένη κατεύθυνση.

6.6 ΧΡΗΣΙΜΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ως γενική αντίληψη των εννοιών του Industry 3.0 κα 4.0, η TRADE Logistics μελετά, εφαρμόζει και προγραμματίζει τα μελλοντικά βήματα, ώστε να εξακολουθεί να διατηρεί υψηλά επίπεδα αυτοματισμού και παραγωγικότητας, μέσω της αξιοποίησης σύγχρονων τεχνολογιών. Αν έπρεπε να τοποθετηθεί ο βαθμός της υπάρχουσας αξιοποίησης τεχνολογιών στον PDP κύκλο (βλ. Ενότητα 3.4), η TRADE επιδιώκει τη βελτιστοποίηση του Digital-to-Digital μέρους, όπου τα ψηφιακά συστήματα θα διαθέτουν πληθώρα δεδομένων και θα

“παράγουν” υψηλής ποιότητας πληροφορίες, με σκοπό τη μέγιστη αποδοτικότητα των διαδικασιών και την πρόληψη δυσμενών καταστάσεων. Το IOT και τα Big Data Analytics αποτελούν βασικό σημείο αναφοράς για την επίτευξη των προαναφερθέντων στόχων της, σύμφωνα όμως με τα πρότυπα Industry 4.0 όπου το ψηφιακό σύστημα θα λειτουργεί ως “Σύμβουλος” για τη λήψη καλύτερων επιχειρησιακών αποφάσεων.

Όλα τα παραπάνω φαίνονται ως “σεληνιακά” βήματα προόδου, όσον αφορά το επίπεδο υιοθέτησης τεχνολογιών και την κατάρτιση των εργαζομένων σε τέτοιου είδους συστήματα. Παρόλα αυτά, ο κύριος Ευθυμίου θέλησε να τοποθετηθεί και για την εγχώρια κατάσταση θέτοντας το χαρακτηριστικό παράδειγμα του τεχνικού μηχανημάτων. Ενδεικτικά, ανέφερε ότι ένας τεχνικός καλούνταν να χρησιμοποιήσει τη εργαλειοθήκη του, ώστε να εξετάσει, να εντοπίσει, να διαγνώσει και να επιλύσει, εν τέλει, μία μηχανική βλάβη. Πλέον, εξειδικευμένος εξοπλισμός του επιτρέπει να εξετάζει ή και να εντοπίζει πιθανά προβλήματα, ενώ η διάγνωση και η επίλυση να πραγματοποιείται με εργαλεία. Πλέον, το σημείο όπου όλα θα επιλύονται αυτόματα και ο ανθρώπινος παράγοντας θα λειτουργεί με εποπτικό ρόλο, έχοντας τη δυνατότητα να προβλέπει το ενδεχόμενο πρόβλημα, τότε θα συζητάμε για παράδειγμα Industry 4.0.

Το συγκεκριμένο παράδειγμα ξεχώρισε από τη 45λεπτη συζήτηση, αναδεικνύοντας μάλιστα και τη σημασία του διαρκούς εκσυγχρονισμού ενός ακόμα κινητήριου μοχλού για την εταιρεία: του Ανθρώπινου Δυναμικού. Όσο καθοριστική είναι η διατήρηση υψηλού επιπέδου εκσυγχρονισμού στα ψηφιακά συστήματα, τόσο θεμελιώδους σημασίας είναι και το ειδικά καταρτισμένο προσωπικό, ανάλογα πάντα με τους επιχειρησιακούς στόχους. Η θετική αντίληψη στην εκμάθηση και εκπαίδευση, πάνω στα ψηφιακά πρότυπα και στα αντίστοιχα λογισμικά που αξιοποιούνται, ωθεί την TRADE Logistics σε σταθερά υψηλή παραγωγικότητα, διευκολύνοντας και τον προγραμματισμό των μελλοντικών στοιχείων προς εξειδίκευση. Ταυτόχρονα, η ομοιογένεια στις εκπαιδευμένες δεξιότητες του προσωπικού αποτελεί βασικό κριτήριο για την αποτελεσματική ενσωμάτωση των νέων προτύπων που επιτάσσει η Industry 4.0 εποχή και ενθάρρυνση για ένα αισιόδοξο και προσοδοφόρο μέλλον για την εταιρεία και τον Όμιλο FOURLIS.

Τέλος, η επένδυση σε νέες αποθήκες, ειδικά διαμορφωμένες για τη διατήρηση συγκεκριμένων περιβαλλοντικών συνθηκών επιφέρουν στο τραπέζι την ανάγκη ανάπτυξης αισθητήρων και τεχνολογιών, ώστε να υποστηρίζουν τελικά το λεγόμενο κυβερνο-φυσικό σύστημα. Ο συνομιλητής μας υπήρξε πολύ αισιόδοξος και πεπεισμένος ότι η τεχνολογική πρόοδος στην εταιρεία, συνυφασμένη με τη συνεχή και ανεπτυγμένη κατάρτιση του Ανθρώπινου Δυναμικού, θα έχει πολλαπλές θετικές καταλήξεις, σε σημείο που θα μπορούν να ελεγχθούν οι καταστάσεις πραγματικού και ψηφιακού περιβάλλοντος. Πρόκειται για μία μεγάλη και πολυζήτητη ιδέα η οποία θα θέσει την TRADE Logistics ως “έξυπνο” διανομέα ή “έξυπνη” αποθήκη ή γενικότερα έναν εφαρμοστή και υποστηρικτή των Logistics 4.0.

7 INDUSTRY 5.0 LOADING

Για πολλές εταιρείες, το Industry 4.0 εξακολουθεί να είναι το "next big thing to invest" στο οποίο πρέπει να επικεντρωθούν - ή η τάση στην οποία υιοθετούν επί του παρόντος τη στρατηγική τους. Αντικατοπτρίζει την τέταρτη βιομηχανική επανάσταση που πυροδοτήθηκε και κατέστη δυνατή από τις εξελίξεις της πληροφορικής και των τεχνολογιών. Ενώ οι εταιρείες και ολόκληροι κλάδοι βρίσκονται ακόμα στη μέση αυτής της τέταρτης επανάστασης, η επόμενη επανάσταση βρίσκεται ήδη σε καλό δρόμο, ονόματι Industry 5.0. Σύμφωνα με την Ε.Ε. το Industry 5.0:

- “Παρέχει ένα όραμα της βιομηχανίας που στοχεύει πέρα από την αποδοτικότητα και την παραγωγικότητα ως μοναδικούς στόχους και ενισχύει τον ρόλο και τη συμβολή της βιομηχανίας στην κοινωνία”,
- “Τοποθετεί την ευημερία του εργαζομένου στο επίκεντρο της παραγωγικής διαδικασίας και χρησιμοποιεί νέες τεχνολογίες για να παρέχει ευημερία πέρα από τις θέσεις εργασίας και την ανάπτυξη, σεβόμενη παράλληλα τα όρια παραγωγής του πλανήτη”,
- “Συμπληρώνει την προσέγγιση του Industry 4.0» θέτοντας συγκεκριμένα την έρευνα και την καινοτομία στην υπηρεσία της μετάβασης σε μια βιώσιμη, ανθρωποκεντρική και ανθεκτική ευρωπαϊκή βιομηχανία».

Με άλλα λόγια, στον πυρήνα του, το Industry 5.0 αντικατοπτρίζει τη μετατόπιση από την εστίαση στην οικονομική αξία στην εστίαση στην κοινωνική αξία και τη μετατόπιση της εστίασης από την ευμάρεια στην ευημερία (Kraaijenbrink J., Forbes Article, 2022). Εφόσον η λογική πίσω από το Industry 4.0 τοποθετεί τις έξυπνες τεχνολογίες στο επίκεντρο των αλυσίδων παραγωγής και εφοδιασμού, το Industry 5.0 αφορά την ενίσχυση αυτού του ψηφιακού μετασχηματισμού με μια πιο ουσιαστική και αποτελεσματική συνεργασία μεταξύ ανθρώπων, μηχανών και συστημάτων στο ψηφιακό τους οικοσύστημα. Μέσω της αρμονικής συνεργασίας ανθρώπων και έξυπνων μηχανών συμπορεύονται η ακρίβεια και η ταχύτητα του βιομηχανικού αυτοματισμού με τη δημιουργικότητα, την καινοτομία και τις αναθεωρημένες δεξιότητες (reskilling), όπως και τη γενικότερη αντίληψη του ανθρώπου.

Οι τεχνολογίες Industry 5.0 συμβάλλουν στην επίτευξη του ιδανικού μείγματος και των δύο κόσμων υποστηρίζοντας την ανθρώπινη δημιουργικότητα σε συνδυασμό με τη μηχανική αποδοτικότητα. Έτσι, το Industry 5.0 δεν αντιπροσωπεύει μια νέα Βιομηχανική Επανάσταση, αλλά μάλλον αποτελεί ένα ανώτερο επίπεδο των τεχνολογιών Industry 4.0, με έμφαση στη βέλτιστη συνύπαρξη του ανθρώπινου νου και των αυτόνομων ρομπότ. Επιπλέον, οι βασικές τεχνολογίες του Industry 4.0 επεκτείνονται στην προσπάθεια να

αξιοποιηθεί όλη η διαθέσιμη εφευρετικότητα και το ανθρώπινο ταλέντο, ώστε να τεθεί η ταχύτητα και η αποτελεσματικότητα της μηχανής στο επίκεντρο της βιομηχανίας.

Σύμφωνα με κάποιες πρώτες αναφορές, οι ακόλουθες έννοιες θα αποτελέσουν βασικούς κεντρικούς πυλώνες του Industry 5.0:

- ❖ Μια **ανθρωποκεντρική βιομηχανία** θέτει τις ανθρώπινες ανάγκες και τα συμφέροντα στο επίκεντρο της παραγωγικής διαδικασίας, απανώντας στην ερώτηση “τι μπορεί να κάνει η αξιοποιούμενη τεχνολογία για τον άνθρωπο” και όχι το ανάποδο. Με άλλα λόγια, όσο ακριβή και ακούραστα μπορεί να είναι τα ρομπότ, δεν δύνανται να λειτουργήσουν με κάποια μορφή ενσυναίσθησης και αντίληψη για το εξατομικευμένο όφελος του ανθρώπου. Μία ομάδα ανθρώπων-ρομπότ είναι πιθανό να μπορεί να εκπληρώσει τον καθορισμένο σκοπό της και να βελτιώνουν σε συνολικό επίπεδο και το συνολικό οικοσύστημα της αλυσίδας.
- ❖ Μια **βιώσιμη βιομηχανία** βοηθά τις επιχειρήσεις να βελτιώσουν το περιβαλλοντικό τους αποτύπωμα αναπτύσσοντας διαδικασίες κυκλικής οικονομίας. Άλλες μετατροπές προς τη βιωσιμότητα περιλαμβάνουν τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας, των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και των αποβλήτων, καθώς και την αποφυγή της αλόγιστης κατανάλωσης των φυσικών πόρων.
- ❖ Η βιομηχανική παραγωγή σε μια **ανθεκτική βιομηχανία** ενέχει υψηλό βαθμό ευημερίας, καθώς προφυλάσσει από εξωτερικές διαταραχές και είναι ικανή να υποστηρίξει υποδομές ζωτικής σημασίας σε περιόδους κρίσης. Η πρόσφατη πανδημία ανέδειξε τις ευπάθειες της βιομηχανίας και τη σημασία της αυξημένης ευελιξίας και ανθεκτικότητας στις αλυσίδες εφοδιασμού.

Με το Industry 5.0, πρωτοβουλίες με γνώμονα την αξία και επίκεντρο τον άνθρωπο, επικαλύπτουν τους τεχνολογικούς μετασχηματισμούς του Industry 4.0 για να δημιουργήσουν μια πιο ομαλή και αποδοτική αλληλεπίδραση μεταξύ ανθρώπων και μηχανών. Παρακάτω είναι μερικές από τις συγκεκριμένες τεχνολογίες που το επιτυγχάνουν αυτό:

- ✓ Οι αλληλεπιδράσεις ανθρώπου/μηχανής μπορούν να προσαρμοστούν χρησιμοποιώντας ενσωματωμένους αισθητήρες, ενεργοποιητές και τεχνολογίες μηχανικής μάθησης για να διευκολύνουν την προσαρμογή συνεργατικών ρομπότ.
- ✓ Μέσω τεχνολογιών τεχνητής νοημοσύνης, αναπτύσσονται συνεργασίες ανθρώπου/ρομπότ για τη μείωση των αποβλήτων, την αύξηση της συμμόρφωσης με τη βιωσιμότητα και τη βελτίωση της αποδοτικότητας γύρω από τη χρήση των επενδυμένων πόρων.

- ✓ Τα προηγμένα συστήματα διαχείρισης και ανάλυσης δεδομένων αξιοποιούν την τεχνητή νοημοσύνη και τη μηχανική μάθηση για να ελαχιστοποιήσουν τα απόβλητα και την αναποτελεσματικότητα και να βελτιστοποιήσουν το ανθρώπινο ταλέντο.
- ✓ Τα μοντέλα προσομοίωσης και τα ψηφιακά δίδυμα ελαχιστοποιούν τη φθορά σε συστήματα πραγματικού κόσμου και εξορθολογίζουν τη μάθηση και την αποτελεσματικότητα των ανθρώπινων χρηστών. Αυτό επιτρέπει τη μέγιστη καινοτομία και δημιουργικότητα με ελάχιστο λειτουργικό κίνδυνο.
- ✓ Τα συνεργατικά ρομπότ και τα βιοματικά εργαλεία όπως η εικονική πραγματικότητα (VR) μπορούν να βοηθήσουν τις επιχειρήσεις να διπλασιάσουν την αποτελεσματικότητα του έξυπνου αυτοματισμού και τις δεξιότητες δημιουργικότητας και επίλυσης προβλημάτων των συνεργατών ανθρώπου / ρομπότ.

Τέλος, τα μακροπρόθεσμα πλεονεκτήματα της υιοθέτησης του Industry 5.0 ευθυγραμμίζονται με τις βασικές αξίες που προσβέονται από τη γένεσή του, όπως για παράδειγμα, η καλύτερη προσέλκυση και διατήρηση ταλέντων, η μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας και η αυξημένη γενική ανθεκτικότητα της αλυσίδας. Τα ακόλουθα οφέλη συμβάλλουν στη βελτίωση της ανταγωνιστικότητας και της συνάφειας με την επιτυχή προσαρμογή σε έναν μεταβαλλόμενο κόσμο και νέες αγορές.

- **Προσέλκυση και διατήρηση ταλέντων:** Κάθε χρόνο, γίνεται πιο δύσκολο για τις εταιρείες να προσελκύσουν και να διατηρήσουν το είδος του εξειδικευμένου και ταλαντούχου εργατικού δυναμικού που χρειάζονται για να ανταγωνιστούν. Όταν οι εργαζόμενοι είναι απλώς χειριστές μηχανών, στερούνται την πρόκληση και τη δημιουργική συμβολή που οδηγεί στην ανθρώπινη ολοκλήρωση. Οι αρχές και οι τεχνολογίες του Industry 5.0 παρέχουν ένα πιο προοδευτικό και ενδιαφέρον εργασιακό περιβάλλον, το οποίο μπορεί να βοηθήσει στην αύξηση της ικανοποίησης και της αφοσίωσης των εργαζομένων.
- **Βιωσιμότητα και ανταγωνιστικότητα:** Στον σημερινό επιχειρηματικό κόσμο, οι βιώσιμες πρακτικές δεν αποτελούν πλέον επιλογή αλλά προσδοκία των ενδιαφερόμενων μερών. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα για τις βιομηχανίες έντασης πόρων και ενέργειας. Μια μελλοντοστραφής επιχείρηση με γνώμονα τη βιωσιμότητα θα είναι πιο ελκυστική για δυνητικούς επενδυτές, εργαζόμενους και καταναλωτές. Η υιοθέτηση πρακτικών της Βιομηχανίας 5.0 θα προωθήσει τις οικονομικές επιδόσεις των βιομηχανιών, διασφαλίζοντας παράλληλα την περιβαλλοντική βιωσιμότητα.
- **Ανθεκτικότητα:** Η ικανότητα αντίδρασης σε ανατρεπτικές αλλαγές, όπως οι εμπορικοί πόλεμοι, οι πανδημίες και οι επιπτώσεις του κλίματος, έχει γίνει ουσιαστικό συστατικό για τη λειτουργία μιας επιχείρησης. Οι τεχνολογίες Της Βιομηχανίας 5.0 διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη της βιομηχανικής ευελιξίας και ανθεκτικότητας, μέσω της συλλογής δεδομένων, της αυτοματοποιημένης ανάλυσης κινδύνου και της ενισχυμένης ασφάλειας.

8 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Andrews C. (E&T article, 2017) “Industry 4.0 Challenges and opportunities”
- Becker J., Knackstedt R., and Pöppelbuß J. (Jun. 2009), “Developing Maturity Models for IT Management: A Procedure Model and its Application,” *Business & Information Systems Engineering*, vol. 1, no. 3, pp. 213–222,.
- Brinkley D. (2004) “Wheels for the world: Henry Ford, his company and a century of progress 1903 – 2003”
- Cooper J., Kompella K. (2021) "In a digital world, ‘Industry 4.0’ meets ‘Law 4.0’”
- Deloitte Analysis (2019) “Challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies”
<https://www2.deloitte.com/cn/en/pages/consumer-industrial-products/articles/industry-4-0-challenges-and-solutions.html>
- Deloitte Article (2022) “Cybersecurity in a post-pandemic world: A focus on financial services”
- DesignTech Website (seen 1st October 2022): “Role of 3D Printers in Industry 4.0” <https://www.designtechproducts.com/index.php/?/articles/3d-printers-industry-4>
- DHL Website (22nd April 2022): Article published about: “WHAT IS SMART SUPPLY CHAIN MANAGEMENT?”
- Dragicevic N., Ullrich A., Tsui E., and Gronau N. “A conceptual model of knowledge dynamics in the industry 4.0 smart grid scenario,” *Knowledge Management Research & Practice*, vol. 20, pp. 1–15, 2019.
- Farahani, Poorya, Meier C, and Wilke J "Digital supply chain management agenda for the automotive supplier industry." *Shaping the digital enterprise*. Springer, Cham, 2017. 157-172.
- Fitzgerald J., Quasney E. “Using autonomous robots to drive supply chain innovation” (Deloitte,2017):
<https://www2.deloitte.com/us/en/pages/manufacturing/articles/autonomous-robots-supply-chain-innovation.html>
- Deloitte Article (2018): “Forces of change: Industry 4.0”
<https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/industry-4-0/overview.html>

- Gattullo M., Scurati G. W., Fiorentino M., Uva A. E., Ferrise F., and Bordegoni M. (2019), “Towards augmented reality manuals for industry 4.0: a methodology,” Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, vol. 56, pp. 276–286,
- Hanley T., Daecher A., Cotteleer M. “The Industry 4.0 paradox” (Executive Summary Deloitte, 2018)
- Hoberg P, Krcmar H, Oswald G, Welz B (2015) "Research Report: skills for digital transformation." SAP SE and Technical University of Munich, Germany
- IBM White Paper (Oct. 2018) “Beyond the hype: A guide to understanding and successfully implementing artificial intelligence within your business”
- IJRAR Karpagavalli R, Asst Professor, Computer Science department, Govt First Grade College, Hoskote, Bangalore (June 2019), "Smart factory of Industry 4.0" Available at: <https://www.ijrar.org/papers/IJRAR1ANP001.pdf>
- Institute of Technology Assessment (ITA), “Effects of industry 4.0 on vocational education and training,” Institute of Technology Assessment (ITA), Vienna, Austria, ITA-15-04, 2015
- Kraaijenbrink J. (May 24th 2022) “What Is Industry 5.0 And How It Will Radically Change Your Business Strategy?”
- Khan I. H., Javaid M. (3rd March 2021) "Role of Internet of Things (IoT) in Adoption of Industry 4.0"
- Lee J., Davari H., Singh J., Pandhare V. (2018) “Industrial Artificial Intelligence for Industry 4.0-based manufacturing systems”
- Mathur N. “Predictive Analytics with AWS: A quick look at Amazon ML”, August 9, 2018
- Meyer C. (March 23th 2022) “Industry 4.0: Are Textile Manufacturers Ready for IoT and Nanotechnology?”
- Mohammadpoor M. and Torabi F., Petroleum, (2019) “Big Data analytics in oil and gas industry: an emerging trend,”
- Neha V.Sharma, Narendra Singh Yadav, Saurabh Sharma (14th January 2022) “Machine learning and security in Cyber Physical Systems” Available at: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824557-6.00015-7>
- Nivedita Valluru Lakshmi (February 26, 2020) “Flying towards Industry 4.0: Are your drones ready?”
- Oracle Website (seen 10th September 2022): <https://www.oracle.com/big-data/what-is-big-data/>

- Parida V., Sjödin D. and Reim W. Reviewing Literature on Digitalization, Business Model Innovation, and Sustainable Industry: Past Achievements and Future Promises, 9th International Conference on Through-life Engineering Service 3-4 November 2020, Cranfield UK
- Parker D. (2020), “In 2020, Supply-Chain Digitization Is No Longer Optional”: <https://www.supplychainbrain.com/blogs/1-think-tank/post/31062-in-2020-supply-chain-digitization-is-no-longer-optional>
- Parrott A., Warshaw L. (2017) “Industry 4.0 and the digital twin”: <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/industry-4-0/digital-twin-technology-smart-factory.html>
- PricewaterhouseCoopers, “The Industry 4.0 / Digital Operations Self Assessment,” 2016.
- PwC Executive Summary 2016: “Industry 4.0 & How digitization makes the supply chain more efficient, agile, and customer-focused”
- Rajab S., Saxena P., Salonitis K. (3rd November 2020) "A Multi-Level Analysis of the Implementation of Industrial Internet of Things: Challenges and Future Prospects"
- Renjen P. (Deloitte, 2018) “Industry 4.0: Are you ready?”: <https://www2.deloitte.com/global/en/insights/deloitte-review/issue-22/industry-4-0-technology-manufacturing-revolution-2018.html>
- RGBSI (Seen 10th September 2022): “Cloud Computing as the Foundation of Industry 4.0” <https://blog.rgsi.com/cloud-computing-foundation-of-industry-4.0>
- Rutgers V., Sniderman B. Deloitte article (2018) “Around the physical-digital-physical loop” <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/industry-4-0/challenges-on-path-to-digital-transformation/physical-digital-physical-loop.html>
- Schlick J., Stephan P. and Zuhlke D. (08/2012): Produktion 2020, from Article: Auf dem Weg zur 4. Industriellen Revolution, IM-Fachzeitschrift für Information Management und Consulting
- Schroeck M., Kwan A., Kawamura J. (Deloitte, 2019) “Digital industrial transformation, Reinventing to win in Industry 4.0”
- Schumacher A., Erolb S., Sihm W. (2016) “A maturity model for assessing Industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises”
- SEW EURODRIVE: ‘MAXOLUTION® solutions for your automation.’ Available at: <https://www.sew-eurodrive.de/automation/automation.html>

- Sjödin D.R., Parida V., Leksell M. & Petrovic A. (2018) "Smart Factory Implementation and Process Innovation."
- Uber Website (Seen Nov. 1st 2022) "How surge pricing works?"
<https://www.uber.com/us/en/drive/driver-app/how-surge-works/>
- Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau. Industrie 4.0 readiness, Cologne Institute for Economic Research (IW) and Aachen University 2015.
- Voegelé, T. (2019) "The future of transport services" Discussion Paper, No. IDB-DP-680, Washington, D.C, Transport Division, Interamerican Development Bank (IDB), June.
- Volini A., Sommer Al., Shackleton D., Whitmer B., Moradian S.: "Using smart sensors to drive supply chain innovation"(2018):
<https://www2.deloitte.com/us/en/pages/operations/articles/smart-sensors-and-supply-chain.html>
- WEF (2019) "Future technologies that will drive Industry 4.0"
- Witkowski W., (2017) "Internet of things, big data, industry 4.0- innovative solutions in logistics and supply chains management," Procedia Engineering, vol. 182, pp. 763–769