



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ: ΔΙΟΙΚΗΣΗ LOGISTICS

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗ ΑΛΥΣΙΔΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ INDUSTRY 4.0



Μενγκέζι Γκένα

Επιβλέπων Καθηγητής : Γιαννατσής Ιωάννης

Πειραιάς
Οκτώβριος 2020

Περιεχόμενα

Περιεχόμενα.....	i
Ευχαριστίες.....	iii
Λίστα Πινάκων.....	iv
Λίστα Εικόνων/ Σχημάτων.....	v
Εισαγωγή.....	1
Κεφάλαιο 1: Οι Βιομηχανικές επαναστάσεις	2
Κεφάλαιο 2: Δίκτυο Εφοδιαστικής Αλυσίδας και στρατηγική λειτουργιών	6
2.1 Εύρεση πηγών	7
2.2 Προμήθεια	7
2.3 Παραγωγή.....	8
2.4 Συντήρηση.....	9
2.5 Πωλήσεις.....	9
2.6 Παρακολούθηση ροών προϊόντων	10
2.7 Αποθήκευση και διαχείριση αποθεμάτων	11
2.8 Μεταφορά.....	12
2.9 Αντίστροφη εφοδιαστική	14
Κεφάλαιο 3: Βασικές Τεχνολογίες Γενικής Εφαρμογής	15
3.1 Διαδίκτυο των πραγμάτων	15
3.2 Κυβερνοφυσικά συστήματα	18
3.3 Ρομποτική.....	22
3.4 Τεχνητή Νοημοσύνη & μηχανική εκμάθηση.....	25
3.5 Μεγάλα δεδομένα και Αναλυτική.....	31
3.5.1 Αναλυτική.....	35
3.6 Επαυξημένη Πραγματικότητα.....	37
3.7 Προσθετική Κατασκευή και εκτύπωση 3D.....	42
3.8 Blockchain – Αλυσίδες Συστοιχιών	44
3.9 Υπολογιστική Νέφους και Άκρων	50
3.10 Ψηφιακό Δίδυμο.....	56
3.11 Κυβερνοασφάλεια	60
3.12 Ανθρώπινος Παράγοντας	63
Κεφάλαιο 4: Το επίπεδο κτήσης των νέων τεχνολογιών στην Ευρώπη και στην Ελλάδα	66
Κεφάλαιο 5: Οφέλη και προκλήσεις.....	71

5.1 Πλεονεκτήματα και οφέλη	71
5.2 Προκλήσεις και εμπόδια.....	74
5.3 Προτάσεις και στρατηγικές διαχείρισης.....	76
Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα	81
Βιβλιογραφία.....	88

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα Καθηγητή μου κ. Γιαννατσή Ιωάννη για τη συνεργασία, το χρόνο του και για τη δυνατότητα που μου έδωσε να ασχοληθώ με το θέμα της παρούσας εργασίας, επιτρέποντάς μου να εξοικειωθώ με τις τεχνολογίες του μέλλοντος και να διευρύνω το γνωστικό μου πεδίο.

Λίστα Πινάκων

Πίνακας 1.	Εξέλιξη Βιομηχανικών Επαναστάσεων	2
Πίνακας 2.	Εξέλιξη ψηφιακής εποχής στην Εφοδιαστική Αλυσίδα & Logistics	5
Πίνακας 3.	Επεξήγηση της Διοικητικής πυραμίδας	6
Πίνακας 4.	Επεξήγηση των σταδίων ανάλυσης δεδομένων	36
Πίνακας 5.	Κατηγορίες που επηρεάζονται από την εξέλιξη της τεχνολογίας	71
Πίνακας 6.	Διαφορές μεταξύ του παραδοσιακού μοντέλου της Εφοδιαστικής Αλυσίδας και της ολοκληρωμένης Αλυσίδας	72
Πίνακας 7.	Προκλήσεις που συνδέονται με τις τεχνολογίες της 4ης Βιομηχανικής Επανάστασης	75
Πίνακας 8.	Σύνοψη τεχνολογιών της Βιομηχανίας 4.0	82
Πίνακας 9.	Εφαρμογή των αναφερόμενων τεχνολογιών	86

Λίστα Εικόνων/ Σχημάτων

Εικόνα 1. Η Διοικητική πυραμίδα της επιχείρησης.....	6
Εικόνα 2. Παράδειγμα εφαρμογής IoT στην Εφοδιαστική Αλυσίδα.....	18
Εικόνα 3. Cyber-Physical Systems (CPS) – 3 C.....	19
Εικόνα 4. Φυσικά και κυβερνο-φυσικά συστήματα	20
Εικόνα 5. Ρομποτική αυτοματοποίηση του picking.....	24
Εικόνα 6. Συσχέτιση Artificial Intelligence, Machine Learning, Deep Learning.....	25
Εικόνα 7. Χάρτης μυαλού της Τεχνητής Νοημοσύνης.....	26
Εικόνα 8. Πως εκμεταλλεύονται οι εταιρείες την Τεχνητή Νοημοσύνη	26
Εικόνα 9. Εκσυγχρονισμένες λειτουργίες Logistics καθοδηγούμενες από αλγορίθμους Τεχνητής Νοημοσύνης	28
Εικόνα 10. Η οπτική Αναγνώριση Τεχνητής Νοημοσύνης διευκολύνει τη συντήρηση των πόρων	29
Εικόνα 11. Η πλατφόρμα ψηφιακού μεταχηματισμού για E- commerce της One Network Enterprises.....	30
Εικόνα 12. Εφοδιαστική Αλυσίδα καθοδηγούμενη από Μεγάλα Δεδομένα.....	32
Εικόνα 13. Volume, Velocity, Variety, Veracity of Data.....	35
Εικόνα 14. Στάδια ανάλυσης δεδομένων	36
Εικόνα 15. Έξυπνα Γυαλιά από την AGCO	38
Εικόνα 16. Hyundai Virtual Guide app.....	39
Εικόνα 17. Airbus - Augmented Reality Smart Glasses	40
Εικόνα 18. Microsoft HoloLens.....	41
Εικόνα 19. Castilla-La Mancha 3D Γέφυρα, Μαδρίτη	43
Εικόνα 20. Συναλλαγή με τεχνολογία Blockchain	44
Εικόνα 21. Blockchain την Εφοδιαστική Αλυσίδα.....	45
Εικόνα 22. Ολοκλήρωση Εφοδιαστικών οικοσυστημάτων με χρήση Blockchain	48
Εικόνα 23. Logistics Mall	52
Εικόνα 24. Cloud Computing for Logistics	53
Εικόνα 25. Σχέση των Edge - Cloud - Fog Computing	54
Εικόνα 26. Edge Computing	55
Εικόνα 27. Cloud Computing	56
Εικόνα 28. Παραδείγματα Ψηφιακών Διδύμων.....	57
Εικόνα 29. Digital Twins and Cyber-Physical Systems	58
Εικόνα 30. Επενδύσεις Επιχειρήσεων σε προηγμένες τεχνολογίες, 2018 vs 2019	62
Εικόνα 31. Αξιολόγηση ετοιμότητας Ευρωπαϊκών χωρών για την εφαρμογή των τεχνολογιών Industry 4.0	67
Εικόνα 32. Προοπτική χρήσης των τεχνολογιών Industry 4.0 στην Ελλάδα	70
Εικόνα 33. Βήματα για την υιοθέτηση των τεχνολογιών του Industry 4.0	78
Εικόνα 34. Θεωρία Ελέγχου στην ψηφιακή Εφοδιαστική Αλυσίδα.....	80
Εικόνα 35. Δυναμική real-time Διαχείριση στην Εφοδιαστική Αλυσίδα 4.0	84

Εισαγωγή






Το όραμα της παραγωγής του αύριο περιλαμβάνει έξυπνα εργοστάσια, μηχανές, πρώτες ύλες και προϊόντα που επικοινωνούν μέσα σε ένα «Διαδίκτυο των πραγμάτων» και συνεργάζονται με την παραγωγή. Ο στόχος είναι η εξαιρετικά ευέλικτη, εξατομικευμένη και φιλική προς τους φυσικούς πόρους μαζική παραγωγή. Λόγω της εξαιρετικά δυναμικής, αβέβαιης και περίπλοκης αγοράς στην εφοδιαστική αλυσίδα και στη συμπεριφορά καταναλωτών, τα δίκτυα εφοδιαστικής αλυσίδας απαιτούν νέες μεθόδους, προϊόντα και υπηρεσίες που οδηγούν σε νέες προκλήσεις και ευκαιρίες με την εφαρμογή μεθόδων και τεχνολογιών που περιγράφονται συχνά με τον όρο Industry 4.0 - Βιομηχανία 4.0.

Η Βιομηχανία 4.0 στοχεύει στην επιτυχή εφαρμογή της τεχνολογίας με ανθρώπινο (ημι) αυτοματισμό και σχετίζεται με πολλές ευκαιρίες και οφέλη, όπως η εξαιρετικά ευέλικτη μαζική παραγωγή, η μείωση του κόστους πολυπλοκότητας, η εμφάνιση εντελώς νέων υπηρεσιών και επιχειρηματικών μοντέλων, ο συντονισμός και η έξυπνη αυτοδιαχείριση σε πραγματικό χρόνο και η βελτιστοποίηση των αλυσίδων αξίας για τη διατήρηση του ανταγωνιστικού πλεονεκτημάτων τους. Σε αυτό το περίπλοκο σενάριο, η παρούσα εργασία στοχεύει να σκιαγραφήσει τη συνολική εικόνα της Βιομηχανίας 4.0 μέσω μιας ολοκληρωμένης επισκόπησης της βιβλιογραφίας, να εντοπίσει αν χρησιμοποιούν οι εταιρείες σε διαφορετικές βιομηχανίες αυτές τις ψηφιακές τεχνολογίες στην Διαχείριση των Εφοδιαστικών τους Αλυσίδων και με ποιον τρόπο, ποια είναι τα οφέλη, οι προκλήσεις και οι προοπτικές του μέλλοντος, εάν οι τεχνολογίες δεν έχουν χρησιμοποιηθεί ακόμη, ποιος είναι ο λόγος και να προτείνει μια μελλοντική στρατηγική ατζέντα για το πώς μπορούν οι εταιρείες να διαχειριστούν τον ψηφιακό μετασχηματισμό.

Ο όρος «Βιομηχανία 4.0» είναι δύσκολο να οριστεί με ακρίβεια καθώς πολλές από τις τεχνολογίες γεννιούνται σταδιακά και η πρωτοτυπία είναι δύσκολο να εντοπιστεί, ενώ ορισμένες τεχνολογίες υπάρχουν εδώ και δεκαετίες, αλλά μόνο τα τελευταία χρόνια έχουν αρχίσει να εφαρμόζονται στη βιομηχανία. Ως εκ τούτου, οι τεχνολογίες που αναδύθηκαν στον επιχειρηματικό κλάδο εντός 10 ετών θα ήταν μια καλή κατευθυντήρια γραμμή.

Κεφάλαιο 1: Οι Βιομηχανικές επαναστάσεις

Οι βιομηχανικές επαναστάσεις που συνέβησαν στο παρελθόν χρησίμευσαν ως σημαντικά σημεία καμπής στην ιστορία. (Πίνακας 1)

Πίνακας 1. Εξέλιξη Βιομηχανικών Επαναστάσεων				
1800	1900	1970	2015+	2030+
Βιομηχανία 1.0	Βιομηχανία 2.0	Βιομηχανία 3.0	Βιομηχανία 4.0	Ψηφιακό οικοσύστημα
<p>Εφεύρεση μαζικής μηχανικής παραγωγής με νερό και ατμό</p> <p>Εφεύρεση ατμομηχανής, σιδηροδρόμου, ατμόπλοιου</p> <p>Ηλεκτρισμός, τηλέγραφος</p> 	<p>Μαζική παραγωγή, με μηχανήματα που κινούνται με ηλεκτρισμό και κινητήρες καύσης</p> <p>Εισαγωγή γραμμών συναρμολόγησης και ανάπτυξη βιομηχανιών</p> <p>Δημιουργία αυτοκινήτου και ιπτάμενων μηχανών</p> <p>Μέσα μετάδοσης ήχου σε μεγάλες αποστάσεις (ηλεκτρικός τηλέγραφος, τηλέφωνο, ασύρματος τηλέγραφος)</p> 	<p>Αρχή της εποχής της πληροφορίας</p> <p>Ψηφιακή επανάσταση : Εφαρμογή ψηφιακών υπολογιστών και υπολογιστικής ισχύος</p> <p>Βιομηχανική ρομποτική για προηγμένο αυτοματισμό των διαδικασιών παραγωγής</p> <p>Internet</p> 	<p>Ψηφιακή αλυσίδα εφοδιασμού</p> <p>Έξυπνη κατασκευή, Ψηφιακά προϊόντα, υπηρεσίες και επιχειρηματικά μοντέλα</p> <p>Αναλυτικά δεδομένα και δράση ως βασική ικανότητα</p> <p>Αποκεντρωμένες αποφάσεις μέσω μηχανισμών αυτό-οργάνωσης</p> 	<p>Ευέλικτα και ολοκληρωμένα δίκτυα αξίας</p> <p>Εικονικοποιημένες διαδικασίες</p> <p>Εικονικοποιημένη διεπαφή πελατών</p> <p>Η βιομηχανική συνεργασία ως βασικός παράγοντας αξίας</p> 

[Πηγή: μερική προσαρμογή από PwC, 2016)

Η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση ή Βιομηχανία 4.0 είναι ένας συλλογικός όρος για τις τεχνολογίες και τις έννοιες μιας οργάνωσης αλυσίδας αξίας. Το νέο μοντέλο παραγωγής είναι το λεγόμενο έξυπνο εργοστάσιο (ή «έξυπνη βιομηχανία»), όπου επιμέρους συστήματα, βασισμένα στη χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών, είναι σε θέση να παρακολουθούν τις φυσικές διεργασίες, να δημιουργούν εικονικά αντίγραφα του φυσικού κόσμου και να λαμβάνουν αποκεντρωμένες αποφάσεις μέσω μηχανισμών αυτό-οργάνωσης.

Για τους Frazzon et al. (2019), η Βιομηχανία 4.0 είναι :

«Το άθροισμα όλων των καινοτομιών που προέρχονται και εφαρμόζονται σε μια αλυσίδα αξίας για την αντιμετώπιση των τάσεων του ψηφιακού μετασχηματισμού, της αυτονομίας, της διαφάνειας, της συνεργασίας και της διαθεσιμότητας πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο για προϊόντα και διαδικασίες».

Ο όρος Βιομηχανία 4.0 επινοήθηκε αρχικά το 2011 στη Γερμανία για την ανάπτυξη της οικονομίας ως «Στρατηγική υψηλής τεχνολογίας 2020» και δημοσιοποιήθηκε στην έκθεση Hannover Messe Industrie στην οποία αποδείχθηκε πώς τα κυβερνοφυσικά συστήματα (Cyber Physical Systems - CPS) μπορούν να αλλάξουν τον τομέα της βιομηχανικής αυτοματοποίησης. Από το 2012 η γερμανική κυβέρνηση θέτει ετησίως δισεκατομμύρια ευρώ για την ανάπτυξη τεχνολογιών αιχμής (Liao et al., 2017). Στη συνέχεια, και άλλες χώρες ξεκίνησαν τον αγώνα τους για να υιοθετήσουν στοιχεία της Βιομηχανίας 4.0 σε αναπτυξιακά κυβερνητικά προγράμματα με διαφορετικά ονόματα, όπως ανέφεραν οι Liao et al. (2017). Από τη σκοπιά των βιομηχανικών σχεδίων : η AT&T, η Cisco, η General Electric, η IBM και η Intel ίδρυσαν το Industrial Internet Consortium (IIC) το 2014 με στόχο να συντονίσουν τις προτεραιότητες και να λειτουργήσουν καταλυτικά στην ανάπτυξη των τεχνολογιών αιχμής του Βιομηχανικού Διαδικτύου. Το Βιομηχανικό Διαδίκτυο των πραγμάτων (Industrial Internet of Things - IIoT) είναι περισσότερο επικεντρωμένο στον στόλο και τον εξοπλισμό μέσα στο εργοστάσιο. Εν τω μεταξύ, άλλες μεγάλες εταιρείες όπως η Siemens, η Hitachi, η Bosch, η Panasonic, η Honeywell, η Mitsubishi Electric, η ABB, η Schneider Electric και η Emerson Electric έχουν ήδη επενδύσει σημαντικά σε έργα που σχετίζονται με το Διαδίκτυο των πραγμάτων (Internet of Things - IIoT) και τα κυβερνοφυσικά συστήματα (Liao et al., 2017).

Η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας ενσωματώνει τη διαχείριση προσφοράς και ζήτησης εντός και μεταξύ των εταιρειών. Το Συμβούλιο των Επαγγελματιών Διαχείρισης της Εφοδιαστικής Αλυσίδας (Council of Supply Chain Management Professionals CSCPM) δίνει τον ακόλουθο ορισμό :

«Η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας περιλαμβάνει το σχεδιασμό και τη διαχείριση όλων των δραστηριοτήτων που σχετίζονται με την αναζήτηση πηγών και την προμήθεια, τη μετατροπή και όλες τις δραστηριότητες διαχείρισης εφοδιαστικής. Συγκεκριμένα, περιλαμβάνει επίσης το συντονισμό και τη συνεργασία με εταίρους δικτύων διάθεσης, οι οποίοι μπορεί να είναι προμηθευτές, ενδιάμεσοι, τρίτοι πάροχοι υπηρεσιών και πελάτες. Στην ουσία, η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας ενσωματώνει τη διαχείριση της προσφοράς και της ζήτησης εντός και μεταξύ των εταιρειών.»

Ο σχεδιασμός και η συστηματική παρακολούθηση της υλοποίησης, ο συντονισμός και ο έλεγχος του κόστους, της ποιότητας και της ταχύτητας ικανοποίησης των πελατών, αποδίδουν την έννοια της πραγματικής ολιστικής προσέγγισης της Βιώσιμης Διοίκησης

της Εφοδιαστικής Αλυσίδας (ΒΔΕΑ) (Μαλινδρέτος, 2015, p. 21). Αυτός ο ορισμός υπογραμμίζει την ανάγκη - σε μια διαδικασία εφοδιαστικής - διαχείρισης ολόκληρου του συνόλου των ροών υλικού και πληροφοριών (Facchini et al., 2020, p. 6).

«Logistics είναι το τμήμα Διαχείρισης Εφοδιαστικής Αλυσίδας (ΔΕΑ) που σχεδιάζει, υλοποιεί και ελέγχει την αποδοτική και αποτελεσματική κανονική και αντίστροφη ροή και αποθήκευση των προϊόντων, υπηρεσιών και των σχετικών πληροφοριών από το σημείο προέλευσης τους έως το σημείο κατανάλωσής τους, ώστε να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις των πελατών» (supplychain.gr, 2020).

Η νέα έξυπνη αλυσίδα εφοδιασμού, ή το Supply Chain 4.0, μπορεί να οριστεί ως:

«Ένα ολοκληρωμένο επιχειρηματικό σύστημα που επεκτείνει τις εφαρμογές στην αλυσίδα εφοδιασμού με συστηματικές έξυπνες υλοποιήσεις, συμπεριλαμβανομένων ενδεικτικά, του Διαδικτύου των πραγμάτων, της έξυπνης υποδομής, των έξυπνων προϊόντων, των έξυπνων μηχανών και διασυνδέσεων που παρέχουν επικοινωνίες σε πραγματικό χρόνο σε όλα τα στάδια της αλυσίδας εφοδιασμού με έξυπνη και ανταποκρινόμενη διαδικασία» (Frazzon et al., 2019, p. 187).

Αντίστοιχα όρος Logistics 4.0 μπορεί επίσης να γίνει αντιληπτός με τον ορισμό :

«Το Logistics 4.0 είναι ένας συλλογικός όρος για τεχνολογίες και έννοιες της οργάνωσης της αλυσίδας αξίας. Μέσα στην εφοδιαστική αλυσίδα, τα κυβερνοφυσικά συστήματα (Cyber Physical System – CPS) παρακολουθούν φυσικές διαδικασίες, δημιουργούν ένα εικονικό αντίγραφο του φυσικού κόσμου και λαμβάνουν αποκεντρωμένες αποφάσεις. Πάνω από το Διαδίκτυο των πραγμάτων, στον κυβερνοχώρο, τα κυβερνοφυσικά συστήματα επικοινωνούν, συνεργάζονται και αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους και με ανθρώπους σε πραγματικό χρόνο. Η εξόρυξη δεδομένων (Data Mining - DM) ανακαλύπτει την απαιτούμενη γνώση για τη διαδικασία λήψης αποφάσεων, μέσω του Διαδικτύου της Υπηρεσίας (Internet of Service), τόσο σε εσωτερικές όσο και διεταιρικές υπηρεσίες που προσφέρονται και χρησιμοποιούνται από τους συμμετέχοντες της αλυσίδας αξίας » (Frazzon et al., 2019, p. 185).

Προκειμένου να συνοψιστεί ο αντίκτυπος της βιομηχανικής εξέλιξης στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 2) παρουσιάζεται ένας παραλληλισμός μεταξύ των βιομηχανικών φάσεων και των φάσεων ΔΕΑ και logistics.

Πίνακας 2. Εξέλιξη ψηφιακής εποχής στην Εφοδιαστική Αλυσίδα & Logistics

1780	1960	1980-2000	2010+ →
Logistics 1.0	Logistics 2.0	Logistics 3.0	Logistics 4.0
Μηχανισμός μεταφορών Αυξημένη ταχύτητα και χωρητικότητα	Αυτοματοποίηση συστήματος διαχείρισης και κίνησης φορτίου Τυποποίηση μεταφορών με χρήση εμπορευματοκιβωτίων Χρήση περονοφόρων οχημάτων στις αποθήκες	Σύστημα Διαχείρισης Logistics με τη χρήση WMS και TMS Ψηφιοποίηση εγγράφων και διαδικασιών Πάροχοι υπηρεσιών 3PL	Τυποποίηση διαδικασιών, Ευφυή συστήματα μεταφοράς, Συστήματα εντοπισμού σε πραγματικό χρόνο, αυτοματοποιημένες αποθήκες και οχήματα με μειωμένο ανθρώπινο δυναμικό
<i>Δεν υπάρχει η έννοια σε αυτήν την περίοδο</i>		Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας 3.0	Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας 4.0
		Ενσωμάτωση μεταξύ δύο κόμβων Οριζόντια και κάθετη ολοκλήρωση	Συνολική διατεματική ολοκλήρωση δικτύου

[Πηγή: μερική προσαρμογή από Akabane et al., 2020)

Κεφάλαιο 2: Δίκτυο Εφοδιαστικής Αλυσίδας και στρατηγική λειτουργιών

Η Διαχείριση της Εφοδιαστικής Αλυσίδας (ΔΕΑ) είναι μια από τις θεμελιώδεις δραστηριότητες κάθε εταιρείας που παρέχει αγαθά και υπηρεσίες σε ένα σύνολο πελατών B2B ή B2C και εκπροσωπείται συχνότερα σε δίκτυα παρά σε αλυσίδες, λόγω της πολυπλοκότητας και του αριθμού των παραγόντων του κλάδου. Οι οργανισμοί ανταλλάσσουν τρεις τύπους ροών: ροές προϊόντων, χρηματοοικονομικών και πληροφοριών. Ακόμα και ο κίνδυνος είναι ένας τύπος ροής που διαμοιράζεται σε μια αλυσίδα εφοδιασμού από τότε που εμφανίστηκε η διεπιχειρησιακή συνεργασία. Ο σκοπός κάθε εφοδιαστικής αλυσίδας είναι η βελτιστοποίηση αυτών των ροών.

Οι λειτουργίες ΔΕΑ λειτουργούν σε τρία επίπεδα (Εικόνα 1): στρατηγικό επίπεδο, τακτικό επίπεδο και λειτουργικό επίπεδο. (Πίνακας 3)



Εικόνα 1. Η Διοικητική πυραμίδα της επιχείρησης

Πίνακας 3. Επεξήγηση της Διοικητικής πυραμίδας	
Διοικητικό Επίπεδο	Αρμοδιότητα
Στρατηγικό	<ul style="list-style-type: none">• Προσδιορίζει στόχους του οργανισμού και καταστρώνει το στρατηγικό σχέδιο για την επίτευξη των στόχων.• Διανέμει τους απαιτούμενους πόρους στις διάφορες κάθετες διαιρέσεις (τμήματα)

Τακτικό	<ul style="list-style-type: none"> • Αναπτύσσει, διευθύνει και ελέγχει τους στόχους του τμήματος ώστε να εναρμονίζονται με τους στόχους του οργανισμού. • Συντονίζει τις κάθετες διαιρέσεις της εργασίας
Λειτουργικό	<ul style="list-style-type: none"> • Επιβλέπει την καθημερινή παραγωγή αγαθών και υπηρεσιών ώστε να είναι συνεπής με τους στόχους που τέθηκαν από το τακτικό επίπεδο

[Πηγή: προσαρμογή από διδακτικές σημειώσεις (Τμήμα Λογιστικής και Χρηματοοικονομικής)]

Η ΔΕΑ απαιτεί επίσης συντονισμό με πελάτες και προμηθευτές γι' αυτό απαιτούνται συστήματα που μπορούν να ανταποκριθούν γρήγορα στη δυναμική της αγοράς ενώ ελαχιστοποιούν το απόθεμα και τους χρόνους παράδοσης (Fox et al., 1993). Για την πλήρη κατανόηση του δικτύου των λειτουργιών της εφοδιαστικής αλυσίδας, παρατίθεται μια σύντομη περιγραφή για κάθε λειτουργία.

2.1 Εύρεση πηγών

Για να αγοράσει αγαθά από τον προμηθευτή, η εταιρεία πρέπει να ακολουθήσει μια στρατηγική προμήθειας, ίδια με την εταιρική στρατηγική. Το τμήμα προμήθειας μιας εταιρείας λαμβάνει αποφάσεις σχετικά με το τι πρέπει να αγοραστεί, από ποιον και με ποια στρατηγική αγοράς και καθορίζει τη σχέση με προμηθευτές.

2.2 Προμήθεια

Το τμήμα αγορών είναι συχνά υπεύθυνο για την προμήθεια, ώστε να διασφαλίσει την αποτελεσματική παραγγελία και αναπλήρωση αγαθών για τον επιχειρησιακό σχεδιασμό της εταιρείας. Αποτελείται από τρία βήματα: διαχείριση ερευνών αγοράς και παραγγελιών, παραλαβή αγαθών και έλεγχος λογαριασμών προμηθευτών.

Οι προμήθειες διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στις λειτουργίες που βασίζονται στην κυκλική οικονομία (Circular Economy - CE), καθώς η επιλογή προμηθευτών, οι στρατηγικές συνεργασίες προμηθευτών, οι πράσινες πιστοποιήσεις και η πράσινη διαδικασία που υιοθετούνται από τους προμηθευτές είναι όλες οι δραστηριότητες που επιτρέπουν στον προμηθευτή να υποστηρίξει τους στόχους πωλήσεων (Sales Distribution - SD) μιας εταιρείας. Η αντικατάσταση μιας διαδικασίας χειροκίνητης προμήθειας σε αυτοματοποιημένη, χρησιμοποιώντας ψηφιακές τεχνολογίες είναι η βασική εστίαση στην

εποχή της Βιομηχανίας 4.0, που θα συμβάλει στη μείωση της αβεβαιότητας μέσω της αυξημένης διαφάνειας των πληροφοριών και θα μειώσει σημαντικά τον χρόνο κύκλου προμηθειών και τη βελτιστοποίηση της χρήσης πόρων. Ο όρος Προμήθειες 4.0 (Procurement 4.0) είναι ένας σχετικά νέος όρος και παρουσιάστηκε πρόσφατα για την επίτευξη μακροπρόθεσμου ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος (Bag et al., 2020, p. 2).

2.3 Παραγωγή

Η παραγωγή περιλαμβάνει πολλές έννοιες, μεθόδους και διαδικασίες που πρέπει να κατανοηθούν, να σχεδιαστούν, να ελεγχθούν και να εκτελεστούν. Ο σχεδιασμός παραγωγής είναι σήμερα αυτοματοποιημένος ως επί το πλείστον από συστήματα προγραμματισμού πόρων επιχειρήσεων (Enterprise Resource Planning - ERP). Πρόκειται για «συστήματα πληροφοριών που ενσωματώνουν διαδικασίες σε έναν οργανισμό, χρησιμοποιώντας μια κοινή βάση δεδομένων και κοινόχρηστα εργαλεία αναφοράς» (Pan et al., 2019, p. 1). Ο προγραμματισμός πωλήσεων και λειτουργιών (Sales and Operations Planning - S&OP) καθιερώθηκε για να εξισορροπήσει την προσφορά και τη ζήτηση σύμφωνα με την εμπορική στρατηγική. Μόλις ολοκληρωθεί το S&OP, το κύριο πρόγραμμα παραγωγής (Master Production Schedule - MPS) καθορίζει τις ποσότητες που θα παραχθούν και το επίπεδο των αποθεμάτων για κάθε εβδομάδα, ανά προϊόν και ανά περίοδο. Ο σχεδιασμός απαιτήσεων υλικών (Material Requirements Planning - MRP) καθορίζει την ποσότητα των απαιτούμενων εξαρτημάτων για την παραγωγή των προγραμματισμένων προϊόντων του MPS, υποδεικνύοντας ταυτόχρονα την ημερομηνία κατά την οποία αυτά τα εξαρτήματα πρέπει να είναι διαθέσιμα. Ο προγραμματισμός πόρων χωρητικότητας (Capacity Resource Planning - CRP) περιγράφει την απαραίτητη δυναμικότητα για την εκτέλεση όλων των εργασιών παραγωγής. Μόλις προγραμματιστούν όλες οι ανάγκες δυναμικότητας και πόρων, έπεται ο έλεγχος της παραγωγικής δραστηριότητας (Production Activity Control - PAC) ο οποίος εκτελείται σε τέσσερα βήματα: προετοιμασία εγγράφων παραγωγής, παρακολούθηση του προαναφερθέντα λεπτομερή προγραμματισμού (λαμβάνοντας υπόψη τη Θεωρία των Περιορισμών, Theory of Constraints - TOC), εκκίνηση της παραγωγής με βάση τις προτεραιότητες και παρακολούθηση των αποτελεσμάτων για κάθε εργοστάσιο.

Η απόδοση του τμήματος παραγωγής μπορεί να βελτιωθεί ενεργώντας σε κλασικούς μοχλούς όπως π.χ. εξωτερική ανάθεση σε χώρες με χαμηλό κόστος εργασίας ή εξωτερική ανάθεση μέρους της παραγωγής ή εφαρμόζοντας ορθολογικές στρατηγικές όπως οπτικός

έλεγχος, μέθοδος 5S, μέθοδος Kanban και χαρτογράφηση ροής αξίας μεταξύ άλλων. Εκτός αυτού, οι διαδικασίες παραγωγής επηρεάζουν το περιβάλλον: μέτρα όπως η ενεργειακή βελτίωση της αποτελεσματικότητας, η μείωση της κατανάλωσης νερού, τα απόβλητα και η πρόληψη της ρύπανσης μπορούν να μειώσουν τον περιβαλλοντικό αντίκτυπο.

2.4 Συντήρηση

Η συντήρηση αναφέρεται στο «σύνολο όλων των τεχνικών, διοικητικών και διαχειριστικών ενεργειών, κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής ενός εξοπλισμού, που στοχεύει στη συντήρηση ή την αποκατάστασή του ώστε να εκπληρώσει την απαιτούμενη λειτουργία, κρατώντας το κόστος στα χαμηλότερα δυνατά επίπεδα» (Βώσσος, 2019). Αφού οριστεί τυπολογία συντήρησης, είναι σημαντικό να αναλυθούν οι πολιτικές συντήρησης, να προετοιμαστούν τα σχέδια συντήρησης και να γίνεται παρακολούθηση σε τυχόν παρεμβάσεις. Υπάρχουν δύο τύποι συντήρησης: η σχεδιασμένη (προληπτική, προβλεπτική, επιβελτιωτική) και η μη σχεδιασμένη (διορθωτική). Τα επίπεδα συντήρησης συνήθως ιεραρχούνται από επίπεδα επείγουσας ανάγκης και πολυπλοκότητας. Μια μελέτη πραγματοποιείται κατά την εγκατάσταση ενός νέου συστήματος που περιγράφει την αξιοπιστία, τη συντηρησιμότητα και τη διαθεσιμότητα του εξοπλισμού.

Ένας τρόπος παρακολούθησης της απόδοσης του εξοπλισμού είναι το κριτήριο της συνολικής αποτελεσματικότητας του εξοπλισμού (Overall Equipment Effectiveness - OEE). Για τη βελτίωση αυτής της απόδοσης, πολλές εταιρείες χρησιμοποιούν την τεχνική συνολικής παραγωγικής συντήρησης (Total Productive Maintenance - TPM), η οποία διεισδύει σε όλες τις λειτουργίες της επιχείρησης και όλα τα ιεραρχικά επίπεδα (Βώσσος Α., 2019).

2.5 Πωλήσεις

Η διαχείριση παραγγελιών πωλήσεων συνήθως ανατίθεται στο τμήμα εξυπηρέτησης πελατών μιας εταιρείας και ακολουθεί μια συγκεκριμένη διαδικασία: πρόβλεψη της ζήτησης, διαχείριση, πραγματοποίηση, αποστολή, τιμολόγηση της παραγγελίας, διαχείριση παραπόνων και εξυπηρέτηση μετά την πώληση. Η εξυπηρέτηση πελατών εξαρτάται και από πολλά άλλα τμήματα, όπως μάρκετινγκ, πωλήσεις, logistics, οικονομικό και τμήμα παραγωγής. Η ζήτηση για ένα προϊόν ή μια υπηρεσία μπορεί να είναι σταθερή, εποχιακή, κυκλική, ακολουθώντας μια τάση ή τυχαία. Η πρόβλεψη

εκτελείται σε τρία βήματα. Πρώτον, προβλέποντας τη ζήτηση ανά τμήμα, καθένα από αυτά ακολουθεί ένα σύνολο υποθέσεων και κριτηρίων. Οι τεχνικές πρόβλεψης μπορεί να είναι ποσοτικές (χρονικές, γραμμική παλινδρόμηση κ.λπ.) ή ποιοτικές (μελέτες αγοράς ή συμβουλές από ειδικούς). Στη συνέχεια, γίνεται ενοποίηση των προτάσεων από όλα τα τμήματα. Τέλος, γίνεται η μέτρηση της αξιοπιστίας και η βελτίωση της διαδικασίας. Πριν από την επεξεργασία της παραγγελίας, συνήθως αποστέλλεται προσφορά στους πελάτες. Μόλις επιτευχθεί η συμφωνία, μπορούν να δημιουργηθούν συμβάσεις. Ειδικές παράμετροι πώλησης πρέπει να λαμβάνονται υπόψη : κατά την πώληση σε διεθνείς πελάτες (π.χ. οι παραγγελίες εξαγωγής θα περιλαμβάνουν incoterms, δασμούς, φόρους και συναλλαγματικές ισοτιμίες), κατά τη μεταφορά σε άλλα υποκαταστήματα της ίδιας εταιρείας (ενδοεπιχειρησιακές παραγγελίες) και κατά τη λήψη επείγουσών παραγγελιών (π.χ. χρήση ταχείας μεταφοράς ή διατάραξη των προτεραιοτήτων της παραγωγής). Η παραγγελία πρέπει πρώτα να επιβεβαιωθεί από τον διαχειριστή αποθέματος, ο οποίος λαμβάνει υπόψη τη διαθεσιμότητα και την τιμή (με βάση το περιθώριο κέρδους). Ένα σύστημα ERP επιτρέπει την ταχεία παρακολούθηση όλων αυτών των ζητημάτων. Επιπλέον, λαμβάνεται υπόψη η στρατηγική λειτουργίας. Τέλος, η τιμολόγηση παραγγελιών μπορεί να εφαρμοστεί τη στιγμή της παραγγελίας, κατά την παράδοση ή σε τακτική βάση (π.χ. για συμβουλευτικές υπηρεσίες). Το τελικό βήμα του τμήματος εξυπηρέτησης πελατών είναι ο χειρισμός παραπόνων των πελατών σε περίπτωση έλλειψης ποσότητας, ζητημάτων ποιότητας και εσφαλμένων τιμολογίων, διασφαλίζοντας τη φήμη της εταιρείας.

Η απόδοση του τμήματος πωλήσεων μπορεί να εντοπιστεί με δείκτες (π.χ. ακρίβεια πρόβλεψης, έγκαιρη παράδοση ή ποσοστό επιστροφής) και να βελτιωθεί με την εγκατάσταση ολοκληρωμένων συστημάτων για την αυτοματοποίηση των δραστηριοτήτων που δεν προσθέτουν αξία στη διαδικασία.

2.6 Παρακολούθηση ροών προϊόντων

Η λειτουργία της παρακολούθησης των ροών προϊόντων περιλαμβάνει τον καθορισμό και το σχεδιασμό της πολιτικής διαχείρισης και της μεθόδου αναπλήρωσης των αποθεμάτων, καθώς και την παρακολούθησή τους. Σε ένα εργοστάσιο υπάρχουν πέντε τύποι αποθεμάτων: πρώτες ύλες, εργασίες σε εξέλιξη, ημιτελή προϊόντα, τελικά προϊόντα και ανταλλακτικά. Ο κύριος ρόλος του αποθέματος είναι να παρέχει τα προϊόντα που προωθούνται από την προσφορά και εκείνα που αντλούνται από τη ζήτηση,

δημιουργώντας ένα ρυθμιστικό απόθεμα - buffer. Ένα απόθεμα μπορεί να διασφαλίσει πολλές λειτουργίες, όπως το κυκλικό απόθεμα (απαραίτητο για την κάλυψη της ζήτησης μεταξύ δύο αναπληρώσεων), το απόθεμα ασφαλείας (που στοχεύει στην κάλυψη μη προγραμματισμένων μειώσεων αποθέματος), το απόθεμα μεγέθους παρτίδας (το απόθεμα που παρέχεται για οικονομικούς λόγους) και το απόθεμα αγωγών – in transit stock (απόθεμα σε διαμετακόμιση). Το συνολικό κόστος ενός αποθέματος μπορεί να υπολογιστεί ως το άθροισμα του κόστους αγοράς (ή του κόστους κατασκευής), του κόστους μεταφοράς, του κόστους παραγγελίας και του κόστους αποθέματος. Διαφορετικές πολιτικές διαχείρισης αποθεμάτων μπορούν να καθοριστούν ανάλογα με τον τύπο του αποθέματος ή με τμηματοποίηση προϊόντων ανάλογα με την κίνησή τους (π.χ. χρησιμοποιώντας ανάλυση ABC). Όταν ορίζεται η πολιτική διαχείρισης αποθεμάτων και οι μέθοδοι αναπλήρωσης, κάθε κόμβος logistics και κάθε προϊόν μπορούν να αναπληρώνονται, λαμβάνοντας υπόψη τους περιορισμούς αποθήκευσης και μεταφοράς.

Η απόδοση των ροών προϊόντων μπορεί να εντοπιστεί από δείκτες όπως ποσοστό εξαντλημένων αποθεμάτων, κύκλος αποθέματος ή απαξιωμένο απόθεμα και να βελτιωθεί με κοινή διαχείριση των ροών με άλλα τμήματα της ΕΑ. Αυτή η τελευταία λύση είναι συχνά η πιο κατάλληλη για τη μείωση του φαινομένου πολλαπλασιασμού των αποθεμάτων γνωστού και ως φαινόμενο bullwhip (bullwhip effect) ή Forrester (Forrester effect) στο οποίο τα αποθέματα αυξάνονται πολλαπλασιαστικά λόγω διακύμανσης των προβλέψεων της τελικής ζήτησης στα κανάλια διανομής. Σήμερα, οι εταιρείες τείνουν να συνεργάζονται χρησιμοποιώντας αποτελεσματική ανταπόκριση των καταναλωτών (Efficient Consumer Response - ECR) και συνεργατικό σχεδιασμό, πρόβλεψη και αναπλήρωση (Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment - CPFR). Αυτές οι μέθοδοι εστιάζουν στην απόδοση της αλυσίδας εφοδιασμού και όχι στην ατομική απόδοση. Το CPFR βασίζεται σε κοινή πρόβλεψη ζήτησης και S&OP.

2.7 Αποθήκευση και διαχείριση αποθεμάτων

Αφού οριστεί η ροή των προϊόντων, το σύστημα διαχείρισης της αποθήκης θα καθορίσει τον τρόπο αποθήκευσης και διαχείρισης των εμπορευμάτων στους διαφορετικούς κόμβους της αλυσίδας εφοδιασμού. Οι διαδικασίες της αποθήκης είναι : η παραλαβή προϊόντων, η διαχείριση αποθεμάτων και η αποστολή αγαθών. Οι δύο τύποι κόμβων αποθέματος: είναι οι αποθήκες για την αποθήκευση εμπορευμάτων και οι κόμβοι για τη

συναρμολόγηση και την αποσυναρμολόγηση τους. Όταν τα αγαθά δεν πρόκειται να αποθηκευτούν, ο κόμβος ονομάζεται πλατφόρμα διαμεταφοράς (cross-docking). Μια αποθήκη αποτελείται από διάφορους χώρους: ζώνη υποδοχής (με έλεγχο και αποσυσκευασία), χώρος αποθήκευσης (αποτελείται από ράφια για αποθήκευση και παραλαβή), περιοχή προετοιμασίας παραγγελιών (για συγχώνευση και επισήμανση) και περιοχή αποστολής (για συσκευασία, έλεγχο και ζώνη αναμονής). Η υποδομή διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην αποτελεσματικότητα της ροής. Η εταιρεία θα πρέπει επομένως να επιλέξει με σύνεση μεταξύ διαφορετικών μεθόδων αποθήκευσης, χειρισμού και εξοπλισμού. Η πρώτη απόφαση του διαχειριστή αποθέματος θα είναι να αποφασίσει αν θα αναλάβει ή θα αναθέσει τις δραστηριότητες logistics και διαχείρισης υλικού. Για να επικεντρωθεί μια εταιρεία στις βασικές δραστηριότητές της, ενδέχεται να αποφασίσει την ανάθεση σε τρίτους παρόχους υπηρεσιών logistics, 3PL ή 4PL.

Η απόδοση διαχείρισης της αποθήκης μπορεί να εντοπιστεί από δείκτες όπως π.χ. ετοιμοπαράδοτα αποθέματα, ακρίβεια αποστολής ή αξιοποίηση χώρου και να βελτιωθεί μειώνοντας το κόστος αποθήκης. Ως εκ τούτου, συχνά δημιουργείται ένα σύστημα διαχείρισης αποθήκης (Warehouse Management System - WMS). Αποτελείται από ένα ERP που αυτοματοποιεί τις ροές προϊόντων μέσα σε μια αποθήκη και διαχειρίζεται τον εξοπλισμό, την υποδομή, την παραλαβή, τη διαχείριση και την αποστολή αγαθών.

2.8 Μεταφορά

Πολλά τμήματα συμμετέχουν στη διαχείριση μεταφορών μιας επιχείρησης. Η μεταφορά μπορεί να πραγματοποιηθεί χερσαία (φορτηγά ή σιδηροδρομικά), θαλάσσια (θάλασσα ή ποτάμια), αεροπορικώς, με σταθερές εγκαταστάσεις ή με πολύτροπα συστήματα. Οι κόμβοι μεταφοράς περιλαμβάνουν θαλάσσιους λιμένες, λιμάνια ποταμών, αεροδρόμια, ξηρούς λιμένες και εμπορευματικά κέντρα. Ο τρόπος δρομολόγησης περιλαμβάνεται επίσης στη στρατηγική της εταιρείας: μεταφορά με παρτίδες (από το σημείο φόρτωσης έως το σημείο εκφόρτωσης), ταχεία μεταφορά (όπου είναι εγγυημένη η προθεσμία παράδοσης), επείγουσα μεταφορά (για άμεσες απαιτήσεις) και εξειδικευμένη μεταφορά (που χρειάζονται ειδικό εξοπλισμό ή εξειδικευμένη γνώση). Οι διεθνείς μεταφορές φέρνουν επίσης πολλούς προβληματισμούς, καθώς πολλοί περισσότεροι οικονομικοί παράγοντες εισέρχονται στην αλυσίδα εφοδιασμού. Οι διοργανωτές μεταφορών ενεργούν για λογαριασμό του αποστολέα, από το εργοστάσιο στο κατάστημα και είναι υπεύθυνοι για την τελική παράδοση. Πριν από την εκτέλεση της μεταφοράς, τα incoterms

(οι διεθνείς εμπορικοί όροι) συμφωνούνται και επιτρέπουν στα μέλη της αλυσίδας εφοδιασμού να γνωρίζουν τις ευθύνες τους σε περίπτωση ατυχημάτων. Όταν διαμορφωθεί η στρατηγική μεταφοράς, οι παραγγελίες πρέπει να προγραμματιστούν. Η τιμολόγηση καθορίζεται σε συνάρτηση με διάφορες παραμέτρους (π.χ. βάρος, όγκος ή απόσταση που διανύθηκε). Όσο μεγαλύτερη είναι η χωρητικότητα και η απόσταση που διανύθηκε, τόσο φθηνότερη είναι η τιμή ανά τόνο. Οι θαλάσσιες μεταφορές έχουν τις δικές τους πολύπλοκες παραμέτρους τιμολόγησης. Μετά τη λήψη παραγγελιών μεταφοράς, ο πάροχος της υπηρεσίας θα καθορίσει ένα σχέδιο μεταφοράς που ελαχιστοποιεί τις άδειες διαδρομές χρησιμοποιώντας συνεχείς κινήσεις (χρησιμοποιώντας το ίδιο φορτηγό για να φορτώσει εμπορεύματα για την επιστροφή) ή ομαδοποιώντας προμηθευτές (multi-pick) και παραδίδοντας σε διαφορετικούς πελάτες (multi-drop) στην ίδια πορεία. Όταν η δρομολόγηση είναι ξεκάθαρη, η εταιρεία που ναυλώνει θα προετοιμάσει τα νομικά έγγραφα σύμφωνα με τη νομοθεσία. Κατά τη διάρκεια της μεταφοράς, ο στόλος μπορεί να εντοπιστεί με GPS για να ειδοποιηθεί εκ των προτέρων για κινδύνους διαταραχής του χρονοδιαγράμματος ή για ευπαθή εμπορεύματα και για τυχόν υποβάθμιση της ποιότητας.

Η απόδοση της διαχείρισης των μεταφορών μπορεί να εντοπιστεί με δείκτες (π.χ. άδεια μίλια, πλήρης ρυθμός εκπομπών CO₂ κλπ) και να βελτιωθεί με τη μείωση του κόστους μεταφοράς. Από τη μία πλευρά, το μεταβλητό κόστος θα εξαρτηθεί από την απόσταση που διανύθηκε (π.χ. τέλη καυσίμου, συντήρησης και διοδίων) και θα ελαχιστοποιείται πάντα κατά τη μεταφορά πλήρων φορτίων. Από την άλλη πλευρά, το σταθερό κόστος δεν εξαρτάται πάντα από την απόσταση που διανύθηκε π.χ. κόστος οχήματος, μισθός οδηγού και ασφάλιση. Λύσεις για τη μείωση αυτού του κόστους μπορούν να βρεθούν στην ανάθεση της μεταφοράς σε εξωτερικούς παρόχους, στη βελτιστοποίηση του δρομολογίου και του δικτύου διανομής, στη δημιουργία συνεχών διαδρομών και στη μεγιστοποίηση της φόρτωσης. Σε επίπεδο εταιρείας, ένα σύστημα διαχείρισης μεταφορών (Transport Management System - TMS) θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως ένα ολοκληρωμένο λογισμικό που επιτρέπει τον σχεδιασμό, τη διαχείριση και τον εντοπισμό των δραστηριοτήτων του στόλου. Η εφαρμογή του TMS είναι σχεδόν αναπόφευκτη και δύναται να καλύψει τον προγραμματισμό και τη βελτιστοποίηση των δομών προμηθειών και διανομής με το ελάχιστο κόστος και οικολογικό αντίκτυπο (Hompeh et al., 2015, pp. 2–7). Όταν είναι δυνατόν, η εταιρεία θα πρέπει να προσπαθήσει να χρησιμοποιήσει μαζικούς και οικολογικούς τρόπους μεταφοράς σιδηροδρομικά, ποτάμια ή θαλάσσια.

2.9 Αντίστροφη εφοδιαστική

Η αντίστροφη εφοδιαστική είναι η διαδικασία δρομολόγησης των εμπορευμάτων από το σημείο κατανάλωσής τους σε έναν κόμβο ενοποίησης, προκειμένου να ανακτηθεί η αξία τους και να ελαχιστοποιηθούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις τους. Είναι προτεραιότητα για τις εταιρείες που επιθυμούν να ασχοληθούν με την κυκλική οικονομία. Τα προϊόντα πρέπει πρώτα να ελεγχθούν για να εξασφαλιστεί ότι θα εισέλθουν δικαίως στη ροή επιστροφής (π.χ. έλεγχος εάν εξακολουθεί να ισχύει η εγγύηση). Υπάρχουν δύο μέθοδοι συλλογής: παραλαβή, όπου η εταιρεία παραδίδει σε έναν πελάτη και επωφελείται συλλέγοντας αγαθά για επιστροφή και, drop-off, όπου οι πελάτες εναποθέτουν τα εμπορεύματά τους σε ένα σημείο παραλαβής, όπου επιτρέπει τη μείωση του κόστους του «πρώτου χιλιομέτρου». Τα εμπορεύματα σπάνια σχεδιάζονται για αντίστροφη εφοδιαστική, γεγονός που καθιστά τη μεταφορά επιστροφής δυσκολότερη στον σχεδιασμό και την εκτέλεση. Τα προϊόντα ρυθμίζονται πρώτα για να μειώσουν το βάρος ή τον όγκο τους, και μερικές φορές συσκευάζονται προσεκτικά για να τα προστατεύσουν από ζημιές. Κατά την άφιξή τους στα κέντρα διαλογής, τα προϊόντα ελέγχονται εάν είναι δυνατόν αυτόματα. Ανάλογα με τον τύπο των εργασιών που θα πραγματοποιηθεί (επισκευή, ανακύκλωση πλαστικών ή μετάλλων, προετοιμασία για επαναχρησιμοποίηση), θα σταλούν σε συγκεκριμένες τοποθεσίες.

Η απόδοση της αντίστροφης εφοδιαστικής μπορεί να βελτιωθεί με τη μείωση του κόστους μεταφοράς. Ωστόσο, το κόστος συλλογής και διαχείρισης των επιστρεφόμενων αγαθών είναι συχνά υψηλότερο από αυτό των αγαθών που παραδίδονται διότι η επιστροφή είναι πιο δύσκολο να προβλεφθεί, σπάνια υπάρχει πλήρης φόρτωση φορτηγών ενώ αφορά προϊόντα με χαμηλότερη αξία. Οι εταιρείες ενδέχεται να χρειαστεί να δημιουργήσουν ένα συγκεκριμένο δίκτυο αντίστροφης εφοδιαστικής και να δημιουργήσουν ένα κέντρο επιστροφής (Centralised Return Centre - CRC) για την ενοποίηση των αντίστροφων ροών. Μπορεί επίσης να εξεταστεί η χρήση μαζικών μέσων μεταφοράς όπως τρένο ή πλοίο, τα οποία είναι ιδιαίτερα κατάλληλα για τη μεταφορά βαρέων εμπορευμάτων χαμηλής αξίας.

Κεφάλαιο 3: Βασικές Τεχνολογίες Γενικής Εφαρμογής

Η Αλυσίδα Εφοδιασμού 4.0 αποτελείται από δύο αλληλένδετες αλυσίδες εφοδιασμού: την φυσική αλυσίδα που περιλαμβάνει οτιδήποτε έχει φυσική υπόσταση όπως τα σχετικά υλικά, συστατικά και φυσικούς πόρους και την εικονική αλυσίδα που αφορά στην άυλη ροή πληροφοριών σχετικών με τη φυσική αλυσίδα και ενυπάρχει στο εικονικό περιβάλλον (Li and Liu, 2019, p. 1091). Στην εποχή μας ζούμε τη σύγκλιση του μεγάλου αριθμού τεχνολογιών που έχουν ως θεμέλιό τους τη ψηφιακή συνδεσιμότητα. Αυτές οι τεχνολογίες θα διαμορφώσουν μια πλήρως ολοκληρωμένη ψηφιακή αλυσίδα εφοδιασμού με διατεματική (end-to-end) διαφάνεια και ενοποίηση που θα καθίσταται δυνατή από αισθητήρες παρακολούθησης και πλήρους ιχνηλασιμότητας, δυναμικά ρυθμιζόμενα και συγχρονισμένα δίκτυα που θα συνδέονται με πολλαπλές πηγές προμηθευτών και μεταφορέων και μηχανήματα που θα λειτουργούν κάτω από νέφη (clouds) εφοδιαστικής αλυσίδας, αυξάνοντας την παραγωγικότητα, μειώνοντας το κόστος και παρέχοντας ευφυΐα σε πραγματικό χρόνο. Μια γρήγορη επισκόπηση των τεχνολογιών αυτών παρέχει τη δυνατότητα να δούμε πώς μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη βελτίωση της εφοδιαστικής αλυσίδας και τη δημιουργία της ψηφιακής αλυσίδας εφοδιασμού του μέλλοντος 4.0.

3.1 Διαδίκτυο των πραγμάτων

Ο όρος Διαδίκτυο των πραγμάτων (Internet of Things - IoT) αναφέρεται στην ισχυρή επικοινωνία μεταξύ ψηφιακού και φυσικού κόσμου και εμφανίστηκε για πρώτη φορά το 1999, ο οποίος προτάθηκε από τον Kevin Ashton στο πλαίσιο της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας στην εταιρεία Procter & Gamble (Ghadimi et al., 2019, p. 588). Ο όρος Διαδίκτυο των πραγμάτων χρησιμοποιήθηκε αρχικά για να περιγράψει τις απρόσκοπτα συνδεδεμένες συσκευές με τεχνολογία RFID για τον εντοπισμό των εμπορευμάτων και την παρακολούθηση των αποθεμάτων και σύμφωνα με τους Manavalan et al. (2019) μπορεί να οριστεί ως:

«Τεχνολογία που είναι διαισθητική, ισχυρή και κλιμακωτή, που επιτρέπει τον ψηφιακό μετασχηματισμό του συνδεδεμένου κόσμου μέσω του Διαδικτύου και επικοινωνεί όλες τις σχετικές πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο σε όλη την αλυσίδα αξίας».

Το 1990 άρχισαν να εμφανίζονται οι φορητές συσκευές και ως αποτέλεσμα, οι αισθητήρες χρησιμοποιήθηκαν σε διάφορους άλλους τομείς όπως η

αυτοκινητοβιομηχανία, η παραγωγή, η υγειονομική περίθαλψη. Από το 2009 και μετά, το Διαδίκτυο των πραγμάτων άρχισε να αλλάζει δραστικά τις βιομηχανικές και καταναλωτικές εφαρμογές προσφέροντας την κοινή χρήση πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο με απομακρυσμένη εφαρμογή του Διαδικτύου των πραγμάτων. Οι συσκευές συνήθως συνδέονται με συστήματα υπολογιστών μέσω ενσύρματων δικτύων δεδομένων ή Wi-Fi.

Η αγορά του Διαδικτύου των πραγμάτων – η οποία περιλαμβάνει υλικό, λογισμικό, ολοκλήρωση συστημάτων και υπηρεσίες δεδομένων και τηλεπικοινωνιών – αναμένεται να αυξηθεί σε 520 δισεκατομμύρια δολάρια μέχρι το 2021. Ο αριθμός αυτός αντιπροσωπεύει αύξηση άνω του 100 τοις εκατό στα 235 δισεκατομμύρια δολάρια που δαπανήθηκαν το 2017 (Hobbs, 2018).

Οι συσκευές χρησιμοποιούν αισθητήρες για τη μέτρηση συγκεκριμένων φυσικών μεγεθών, όπως τοποθεσία, θερμοκρασία, υγρασία, επίπεδα φωτός, κίνηση, χειρισμός, ταχύτητα κίνησης καθώς και άλλων περιβαλλοντικών παραγόντων. Σήμερα το Διαδίκτυο των πραγμάτων χρησιμοποιείται σε διάφορους τομείς όπως εργοστάσια, οχήματα, σπίτια, εργοτάξια, πόλεις, γραφεία (Manavalan and Jayakrishna, 2019, pp. 938–941). Για παράδειγμα, στην αυτοκινητοβιομηχανία χρησιμοποιείται ευρέως στον έλεγχο διεργασιών, στη διαχείριση μετά την πώληση και στις μεταφορές (Ghadimi et al., 2019, p. 588). Οι εργαζόμενοι στο εργοστάσιο συναρμολόγησης Valencia Engine της Ford στην Ισπανία χρησιμοποιούν ένα ειδικό κοστούμι εξοπλισμένο με τεχνολογία ιχνηλασιμότητας (body tracking). Η τεχνολογία είναι παρόμοια με τα συστήματα παρακολούθησης κίνησης των αθλητών - πώς τρέχουν ή στρέφονται ή των ηθοποιών - πώς κινούνται και μιλούν. Η Ford χρησιμοποιεί τον ίδιο τύπο τεχνολογίας για να σχεδιάσει σταθμούς εργασίας που έχουν λιγότερη φυσική καταπόνηση για να βελτιώσει τις διαδικασίες παραγωγής. Παρακολουθώντας με ακρίβεια τις κινήσεις των εργαζομένων της, η Ford επιτρέπει αλλαγές, βάσει δεδομένων, στις διαδικασίες παραγωγής οχημάτων, καθιστώντας τις πιο ασφαλείς και πιο αποτελεσματικές.

Στις ΗΠΑ, η Amazon χρησιμοποιεί μια πιο προηγμένη λύση για το δικό της φυσικό κατάστημα Amazon Go: το σύστημά της εντοπίζει προϊόντα που έχουν μετακινηθεί, τα τοποθετεί σε ένα εικονικό καλάθι και γνωρίζει μόλις οι πελάτες εγκαταλείψουν τις εγκαταστάσεις. Η εταιρεία Zippin παρέχει μια παρόμοια εμπειρία - όχι μόνο βοηθώντας τον πελάτη αλλά και τον λιανοπωλητή - όσον αφορά το μειωμένο κόστος και τη

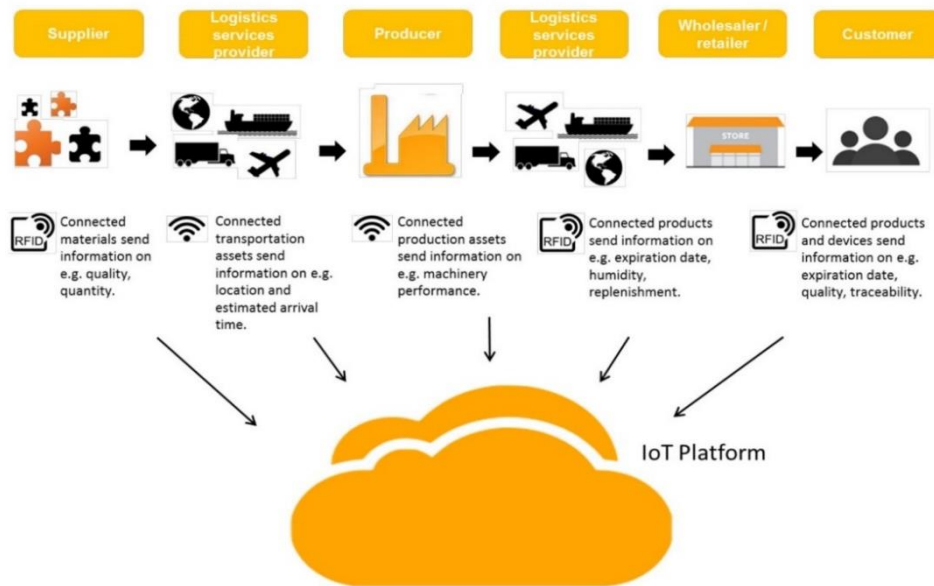
βελτιωμένη διαχείριση αποθέματος, παρακολουθώντας ποια προϊόντα είναι τα πιο δημοφιλή (Hobbs, 2018).

Οι τεχνολογίες του Διαδικτύου των πραγμάτων μπορούν να βοηθήσουν στην γεωργία ακριβείας που μπορεί να οδηγήσει σε βελτιστοποιημένη παραγωγή. Οι αγρότες μπορούν να χρησιμοποιήσουν έξυπνες εφαρμογές καλλιέργειας για τη βελτιστοποίηση πολλών διαφορετικών δραστηριοτήτων, όπως τον καθορισμό του καλύτερου χρόνου για τη συγκομιδή φυτών, τη δημιουργία προφίλ λιπασμάτων με βάση τη χημεία του εδάφους και την ανίχνευση θρεπτικών συστατικών και υγρασίας του εδάφους. Μερικά παραδείγματα συσκευών εφαρμογής Διαδικτύου των πραγμάτων στην γεωργία είναι : Smart Elements, AllMETOE και Pynco. Αυτές οι συσκευές μπορούν να ανιχνεύσουν καιρικές συνθήκες και άλλα περιβαλλοντικά δεδομένα (Software Testing Help, 2020).

Το έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο ισχύος (smart grid) είναι μια άλλη βιομηχανική εφαρμογή του Διαδικτύου των πραγμάτων. Το δίκτυο επιτρέπει την παρακολούθηση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο σχετικά με την προσφορά και τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας. Η τεχνολογία μπορεί επίσης να βοηθήσει στην ανίχνευση σφαλμάτων και τις επισκευές και μπορούν να διασυνδεθούν όλα τα περιουσιακά στοιχεία, συμπεριλαμβανομένων των μετρητών και των υποσταθμών. Η εφαρμογή τεχνολογιών Διαδικτύου των πραγμάτων επιτρέπει στις εταιρείες κοινής ωφέλειας να έχουν μεγαλύτερο έλεγχο στην υποδομή και τους πόρους ισχύος. Επιπλέον, επιτρέπουν στους καταναλωτές καλύτερη πρόσβαση στην ενέργεια.

Στην αλυσίδα εφοδιασμού, οι συσκευές εφαρμογής Διαδικτύου των πραγμάτων είναι ένας αποτελεσματικός τρόπος παρακολούθησης και ελέγχου της ταυτότητας προϊόντων και αποστολών χρησιμοποιώντας GPS, RFID και άλλες τεχνολογίες, καθώς μπορούν να εντοπιστούν οι πιθανοί κίνδυνοι καθυστέρησης, ενώ το σύστημα διαχείρισης οχημάτων μπορεί να βελτιώσει σημαντικά την οδική κυκλοφορία (Manavalan and Jayakrishna, 2019, pp. 938–941). Οι διαχειριστές εφοδιαστικής αλυσίδας μπορούν να κάνουν χρήση έξυπνων προγραμμάτων διαχείρισης αλυσίδας εφοδιασμού για την ελαχιστοποίηση της διακύμανσης, τη μείωση του κόστους και τη βελτίωση της κερδοφορίας. Τα προγράμματα μπορούν να βοηθήσουν στη διαχείριση αποθέματος, στη σχέση πωλητή – πελάτη, στη διαχείριση στόλου και στην προγραμματισμένη συντήρηση. Μπορούν επίσης να παρακολουθούν τις συνθήκες αποθήκευσης των προϊόντων που βελτιώνουν τη διαχείριση ποιότητας σε όλη την αλυσίδα εφοδιασμού (Εικόνα 2). Το Διαδίκτυο των πραγμάτων στη ΔΕΑ περιλαμβάνει τον τρόπο σχεδιασμού, ανάπτυξης και υποστήριξης

των διαδικασιών μέσω της αυτοοργάνωσης, της γνώσης και ελέγχου του περιβάλλοντος και της κατάστασης, της συμβιωτικής αλληλεπίδρασης ανθρώπου-ρομπότ και των μεθοδολογιών ανάπτυξης εντός του οργανισμού (Sharpe et al., 2019, p. 42).



Εικόνα 2. Παράδειγμα εφαρμογής IoT στην Εφοδιαστική Αλυσίδα

[Πηγή:(Masitek, 2018)]

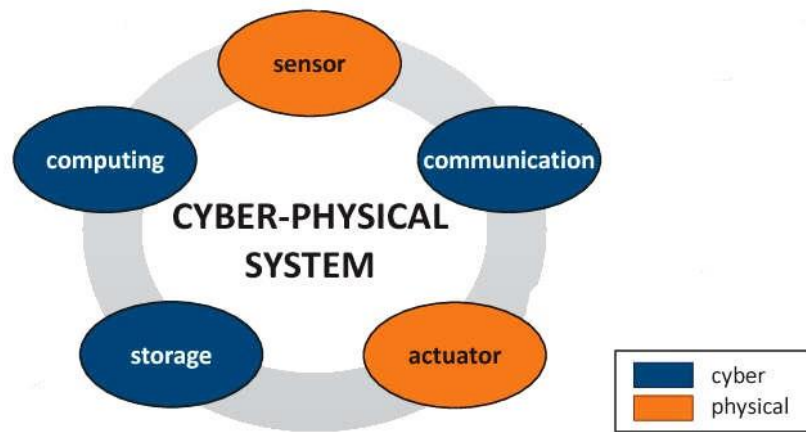
Οι συσκευές εφαρμογής Διαδικτύου των πραγμάτων βασίζονται στην καλή συνδεσιμότητα δικτύου για να λειτουργούν καλά, καθώς πρέπει να είναι σε θέση να μεταδίδουν τις θέσεις τους σε δορυφόρους GPS ενώ άλλοι τύποι ενδέχεται να απαιτούν Wi-Fi, Bluetooth ή άλλη συνδεσιμότητα. Σε περιοχές με πολλές ηλεκτρικές παρεμβολές ή παρεμβολές ραδιοσυχνοτήτων δεν θα λειτουργούν τόσο αποτελεσματικά. Η πανταχού παρούσα συνδεσιμότητα δικτύου, μπορεί να επιτευχθεί χρησιμοποιώντας υποδομή 5G, η οποία μειώνει την καθυστέρηση κατά 100 φορές σε σύγκριση με το 4G. (Mistry et al., 2020, pp. 106382–106383)

Οι συσκευές εφαρμογής Διαδικτύου των πραγμάτων βασίζονται επίσης στην σωστή εγκατάσταση και τροφοδοσία για αυτό πρέπει να διαχειρίζονται μόνο από εκπαιδευμένα άτομα. Είναι επίσης σημαντικό να χρησιμοποιείται η σωστή συσκευή για τη σωστή εργασία, καθώς μπορεί εύκολα να υποστεί βλάβη εάν δεν χρησιμοποιούνται σωστά.

3.2 Κυβερνοφυσικά συστήματα

Ο όρος Κυβερνοφυσικά συστήματα (Cyber Physical Systems - CPS) προήλθε από την εκτεταμένη εφαρμογή ενσωματωμένων συστημάτων το 2006 και επινοήθηκε από την

Helen Gill στο Εθνικό Ίδρυμα Επιστημών (National Science Foundation - NSF) για να περιγράψει όλο και πιο περίπλοκα συστήματα που δεν μπορούσαν να απεικονιστούν αποτελεσματικά χρησιμοποιώντας την παραδοσιακή ορολογία πληροφορικής. Τα κυβερνοφυσικά συστήματα είναι ενσωματώσεις υπολογιστικών και δυναμικών φυσικών διαδικασιών. Μέσω της ενοποίησης και της συνεργασίας υπολογιστών, επικοινωνιών και ελέγχου - Computing, Communication, Control - γνωστά ως «3C», οι ενσωματωμένοι υπολογιστές και τα δίκτυα παρακολουθούν και ελέγχουν τις φυσικές διεργασίες, συνήθως με βρόχους ανατροφοδότησης όπου οι φυσικές διαδικασίες επηρεάζουν τους υπολογισμούς και το αντίστροφο (Εικόνα 3) (Lee, 2008).



Εικόνα 3. Cyber-Physical Systems (CPS) – 3 C

[Πηγή : μερική προσαρμογή από *Hassan Onik M., 2019*]

Τα κυβερνοφυσικά συστήματα υπάρχουν σε πολλά στοιχεία της καθημερινής ζωής, όπως ενεργειακά δίκτυα, εργοστάσια, αυτοματοποιημένες αποθήκες καθώς και αεροπλάνα ή τρένα (European Commission, 2019). Λόγω της εμφάνισης της στρατηγικής πρωτοβουλίας Βιομηχανίας 4.0, πραγματοποιήθηκε μια συστηματική ανάπτυξή τους στο πλαίσιο της παραγωγής, η οποία ονομάζεται επίσης : συστήματα φυσικής παραγωγής στον κυβερνοχώρο (Cyber-Physical Production Systems - CPPS) σε ορισμένες μελέτες (Ghadimi et al., 2019, p. 588). Σε σύγκριση με το Διαδίκτυο των πραγμάτων, τους αισθητήρες και άλλες τεχνολογίες, τα κυβερνοφυσικά συστήματα είναι θεμελιώδη, καθώς δεν αναφέρονται άμεσα σε συγκεκριμένες εφαρμογές αλλά μοιάζουν περισσότερο με μια επιστημονική κατηγορία (Tao et al., 2019, p. 654).



Εικόνα 4. Φυσικά και κυβερνο-φυσικά συστήματα

[Πηγή: Tao et al., 2019]

Τα κυβερνοφυσικά συστήματα περιλαμβάνουν δύο μέρη: το φυσικό και το ψηφιακό μέρος. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 4, το φυσικό μέρος αποτελείται από διάφορους πόρους που εκτελούν δραστηριότητες, οι οποίοι μπορούν να συνοψιστούν ως άνθρωπος, μηχανή, υλικά, περιβάλλον. Το ψηφιακό τμήμα, το οποίο διαθέτει διάφορες εφαρμογές και υπηρεσίες, ενσωματώνει έξυπνες δυνατότητες διαχείρισης δεδομένων, αναλυτικών στοιχείων και υπολογισμών. Το φυσικό μέρος ανιχνεύει και συλλέγει δεδομένα και εκτελεί αποφάσεις από το ψηφιακό μέρος, ενώ το ψηφιακό μέρος αναλύει και επεξεργάζεται δεδομένα και στη συνέχεια λαμβάνει αποφάσεις, σε μία μόνιμη αλληλεπίδραση μεταξύ τους.

Για παράδειγμα, στοχεύοντας στην απομακρυσμένη παρακολούθηση και έλεγχο των ορόφων καταστημάτων, στο Wise-ShopFloor η κυβερνοφυσική αλληλεπίδραση παρέχει στους χρήστες ένα διαισθητικό περιβάλλον καταστήματος στο οποίο πραγματοποιείται παρακολούθηση και έλεγχος των ορόφων καταστημάτων σε πραγματικό χρόνο με τηλεχειριστήριο, χρησιμοποιώντας μοντέλα Java 3D αντί για κάμερες. Το μοντέλο Java 3D παρέχει στους χρήστες οπτικοποίηση της συμπεριφοράς του τρισδιάστατου μοντέλου, το οποίο καθοδηγείται από τα σήματα αισθητήρων του αντίστοιχου φυσικού του σε πραγματικό χρόνο (Wang et al., 2002).

Τα κυβερνοφυσικά συστήματα δίνουν έμφαση στις ισχυρές δυνατότητες πληροφορικής και επικοινωνίας του κόσμου στον κυβερνοχώρο, οι οποίες μπορούν να βελτιώσουν την ακρίβεια και την αποτελεσματικότητα του φυσικού κόσμου και επικεντρώνονται στην αμοιβαία χαρτογράφηση και τον έλεγχο. Ωστόσο, το υπολογιστικό σύστημα μπορεί να

περιλαμβάνει πολλά φυσικά στοιχεία. Επομένως, η σχέση χαρτογράφησης μεταξύ του κυβερνοχώρου και του φυσικού κόσμου του κυβερνοφυσικού συστήματος δεν είναι ένα προς ένα, αλλά αντιστοιχία ένα προς πολλά (Tao et al., 2019, p. 654).

Στις μέρες μας, μια πρόδρομη γενιά κυβερνοφυσικών συστημάτων μπορεί εντοπιστεί σε περιοχές όπως η αεροδιαστημική, η αυτοκινητοβιομηχανία, οι χημικές διεργασίες, οι πολιτικές υποδομές, η ενέργεια, η υγειονομική περίθαλψη, η παραγωγή, η μεταφορά, η ψυχαγωγία και οι καταναλωτικές συσκευές. Αυτή η γενιά αναφέρεται συχνά ως ενσωματωμένα συστήματα (Embedded Systems).

Τα τηλεπικοινωνιακά συστήματα χρησιμοποιούν πολλά ενσωματωμένα συστήματα από τηλεφωνικούς διακόπτες για το δίκτυο σε κινητά τηλέφωνα στον τελικό χρήστη. Η δικτύωση υπολογιστών χρησιμοποιεί αποκλειστικούς δρομολογητές (routers) και γέφυρες δικτύου για τη δρομολόγηση δεδομένων. Οι καταναλωτικές συσκευές περιλαμβάνουν συσκευές αναπαραγωγής MP3, τηλεοράσεις, κινητά τηλέφωνα, κονσόλες βιντεοπαιχνιδιών, ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές, δέκτες GPS και εκτυπωτές. Οι οικιακές συσκευές, όπως φούρνοι μικροκυμάτων, πλυντήρια και πλυντήρια πιάτων, περιλαμβάνουν ενσωματωμένα συστήματα που παρέχουν ευελιξία και αποδοτικότητα. Ο οικιακός αυτοματισμός χρησιμοποιεί ενσύρματα και ασύρματα δικτύωση που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο των φώτων, του κλίματος, της ασφάλειας, του ήχου / της εικόνας, της παρακολούθησης κ.λπ., τα οποία χρησιμοποιούν ενσωματωμένες συσκευές για την ανίχνευση και τον έλεγχο. Ένα άλλο παράδειγμα είναι η Alexa, μια τεχνολογία εικονικής βοηθού τεχνητής νοημοσύνης, που αναπτύχθηκε από την Amazon και χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά στα έξυπνα ηχεία Amazon Echo. Είναι τεχνολογία ικανή για φωνητική αλληλεπίδραση, αναπαραγωγή μουσικής, δημιουργία λιστών υποχρεώσεων, ρύθμιση συναγερμών, αναπαραγωγή ακουστικών βιβλίων και παροχή πληροφοριών καιρού, κυκλοφορίας, αθλητικών και άλλων σε πραγματικό χρόνο, όπως ειδήσεις. Η Alexa μπορεί επίσης να ελέγξει πολλές έξυπνες συσκευές χρησιμοποιώντας τον εαυτό της ως σύστημα οικιακού αυτοματισμού.

Στις μεταφορές χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο τα ενσωματωμένα συστήματα. Τα νέα αεροπλάνα περιέχουν προηγμένο αεροηλεκτρονικό εξοπλισμό όπως αδρανειακά συστήματα καθοδήγησης και δέκτες GPS που έχουν επίσης σημαντικές απαιτήσεις ασφάλειας. Διάφοροι ηλεκτρικοί κινητήρες χρησιμοποιούν ηλεκτρονικούς ελεγκτές κινητήρα. Τα αυτοκίνητα, τα ηλεκτρικά οχήματα και τα υβριδικά οχήματα χρησιμοποιούν όλο και περισσότερο ενσωματωμένα συστήματα για τη μεγιστοποίηση

της απόδοσης και τη μείωση της ρύπανσης. Άλλα συστήματα ασφάλειας αυτοκινήτων περιλαμβάνουν σύστημα αντιμπλοκαρίσματος πέδησης (ABS), Ηλεκτρονικό Έλεγχος Σταθερότητας (ESC/ESP), σύστημα ελέγχου πρόσφυσης (TCS) και αυτόματη τετρακίνηση.

Μέσω των κυβερνοφυσικών συστημάτων αναμένεται να επιτευχθεί ένα νέο επίπεδο οργάνωσης : έλεγχος σε όλες τις αλυσίδες αξίας και στον πλήρη κύκλος ζωής των προϊόντων. Τα εκτιμώμενα αποτελέσματα είναι δυναμικά, βελτιστοποιημένα σε πραγματικό χρόνο, αυτο-οργανωμένα συστήματα παραγωγής και δίκτυα που μπορούν να δημιουργηθούν σύμφωνα με διαφορετικά κριτήρια (Meudt et al., 2017, p. 413).

3.3 Ρομποτική

Από την πρώτη βιομηχανική επανάσταση χρησιμοποιούνται αυτοματοποιημένα συστήματα με τη μορφή μηχανών ώστε να εκτελούν καθήκοντα στην παραγωγή χωρίς ή με ελάχιστη ανάγκη ανθρώπινης βοήθειας. Σήμερα τα ρομπότ, που είναι πολύ πιο εξελιγμένα και τροφοδοτούνται από λογισμικό τεχνητής νοημοσύνης αρχίζουν να αντικαθιστούν την εργασία σε διάφορους κλάδους όπως : στρατιωτικές, ιατρικές και χειρουργικές επεμβάσεις, διαδικασίες παρασκευής όπως συγκόλληση, συναρμολόγηση, εξοπλισμός χειρισμού υλικών κλπ. Μέρος αυτής της τεχνολογίας είναι οι γνωστικοί παράγοντες (Cognitive Agents), δηλαδή οι πράκτορες λογισμικού, οι οποίοι - ως κομμάτια μηχανημάτων που έχουν σχεδιαστεί και διοικούνται από ανθρώπους - συμπεριφέρονται σαν τους ανθρώπους και παρουσιάζουν πεποιθήσεις, γνώσεις, επιθυμίες και προθέσεις στη συμπεριφορά τους, βασιζόμενοι στο μοντέλο του περιβάλλοντός τους (Szymczak, 2019, pp. 363–364). Ισχυρό παράδειγμα αποτελούν οι αποθήκες της «Amazon» που βασίζονται σε μεγάλο βαθμό στα ρομπότ του συστήματος «Kiva», πλέον Amazon Robotics (Francis, 2017).

Καθώς τα ρομπότ θα συνεχίσουν να γίνονται πιο εξελιγμένα με νέες δυνατότητες, το κόστος τους θα μειωθεί με ακόμα περισσότερες εφαρμογές στο μέλλον. Ήδη η ρομποτική είναι πλέον πιο προσιτή και διαθέσιμη σε οργανισμούς κάθε μεγέθους. Η παγκόσμια αγορά ρομπότ αναμένεται να αναπτυχθεί με σύνθετο ετήσιο ρυθμό ανάπτυξης (Compound Annual Growth Rate - CAGR) περίπου 26% και να φτάσει τα 210 δισεκατομμύρια δολάρια ΗΠΑ έως το 2025 (Statista, 2020a).

Ένα ψηφιακό ανάλογο του ρομπότ είναι το bot που αποτελεί μια εφαρμογή λογισμικού προγραμματισμένη να εκτελεί συγκεκριμένες εργασίες. Τα bots προσφέρουν τεράστια

ευκολία για τους αγοραστές και τους πωλητές σε ηλεκτρονικά κανάλια. Μπορούν να επικοινωνήσουν με τον αγοραστή (chatbots), π.χ μέσω του Messenger ή του Facebook, επιτρέποντας την αύξηση του επιπέδου εξυπηρέτησης πελατών, και είναι διαθέσιμο 24 ώρες την ημέρα και 7 ημέρες την εβδομάδα κι επιτρέπουν τη γρήγορη συλλογή δεδομένων που δεν μπορούν να συλλεχθούν μέσω φόρμας Ιστού (Szymczak, 2019, pp. 363–364).

Τα συνεργατικά ρομπότ (Cobots) επιτρέπουν στους ανθρώπους και τα ρομπότ να συνεργάζονται στην αλυσίδα εφοδιασμού σαν συνάδελφοι. Ένας άνθρωπος μπορεί να εκτελέσει ένα προκαταρκτικό μέρος μιας εργασίας, ενώ το συνεργατικό ρομπότ ολοκληρώνει τα υπόλοιπα, ειδικά όταν φορτώνει, εκφορτώνει, μαζεύει ή μετακινεί βαριά δέματα. Είναι ελαφρύτερα και μικρότερα από τα παραδοσιακά βιομηχανικά ρομπότ και προγραμματιζόμενα και εξοπλισμένα με συστήματα όρασης, συστήματα εντοπισμού θέσης και πολλούς αισθητήρες.

Το 2017, η DHL Supply Chain ξεκίνησε ένα πιλοτικό πρόγραμμα στις αποθήκες της χρησιμοποιώντας συνεργατικά ρομπότ από την Locus Robotics, όπου τα συνεργατικά ρομπότ επικοινωνούσαν με τους υπαλλήλους αποθήκης έχοντας ενσωματωθεί στα συστήματα διαχείρισης της αποθήκης. Αυξάνοντας την παραγωγικότητα εκπλήρωσης έως και 80% σε επιλεγμένες λειτουργίες πελατών, επεκτείνουν τη συνεργασία τους σε 10 νέες εγκαταστάσεις (DHL Supply Chain, 2020).

Το Air Cobot είναι ένα γαλλικό συνεργατικό ρομπότ ικανό να επιθεωρεί αεροσκάφη κατά τη διάρκεια εργασιών συντήρησης. Η επιθεώρηση πραγματοποιείται τόσο στο αεροδρόμιο όσο και στο εργοστάσιο. Το Air Cobot διαθέτει πολλούς αισθητήρες, ειδικές κάμερες και σαρωτές, σύστημα GPS, δύο ενσωματωμένους υπολογιστές (Linux, Windows) και ζυγίζει περίπου 500 κιλά (Robots In The Workplace, 2020).

Στον κλάδο της γεωργίας η Ecrobotix, μια Ελβετική εταιρεία τεχνολογίας διαθέτει ένα ηλιακό ελεγχόμενο bot που όχι μόνο μπορεί να αναγνωρίσει ζιζάνια αλλά και να τα αντιμετωπίσει. Η Nao Technologies που εδρεύει στη νοτιοδυτική Γαλλία έχει αναπτύξει ένα ρομπότ με δυνατότητα στο βοτάνισμα, σκάλισμα και βοήθεια κατά τη συγκομιδή. Η Energid Technologies με έδρα το Cambridge, ανέπτυξε ένα σύστημα συλλογής εσπεριδοειδών που μαζεύει φρούτα κάθε 2-3 δευτερόλεπτα. Η Blue River Technology ανέπτυξε το LettuceBot2 που προσκολλάται σε ένα τρακτέρ για να αραιώνει τα χωράφια

του μαρουλιού, καθώς και να αποτρέπει ζιζάνια ανθεκτικά στα ζιζανιοκτόνα (Robots In The Workplace, 2020).

Ένα παράδειγμα ρομποτικής αλυσίδας εφοδιασμού είναι το έργο της ολλανδικής εταιρείας Fizeyr που δραστηριοποιείται στον τομέα της αυτοματοποίησης της ΕΑ παγκοσμίως και της λειτουργίας ρομπότ. Ενσωματώνοντας τους αλγόριθμους βαθιάς εκμάθησης στη ρομποτική καταφέρνει αυτόνομη λήψη αποφάσεων σε διαδικασίες που περιλαμβάνουν τον εντοπισμό, την ανάλυση, την καταμέτρηση, τη συλλογή και τη διαχείριση προϊόντων. Η Fizeyr έχει δημιουργήσει μια λύση που επιτρέπει στο ρομπότ να κάνει το picking, αναγνωρίζοντας τον τύπο πακέτου σε λιγότερο από 0,2 δευτερόλεπτα και μετακινώντας το αντικείμενο στην επιθυμητή τοποθεσία (Εικόνα 5) (Robinson, 2020). Επιπλέον, τα ρομπότ της Gantry είναι μια λύση για Παλετοποίηση Πολλαπλών Γραμμών λόγω του σχεδόν απεριόριστου μήκους παλετών που μπορούν να τοποθετηθούν στη γραμμή. Στην Παλετοποίηση Πολλαπλών Γραμμών κατασκευάζονται τελικές παραγγελίες παλετών για αποστολή απευθείας στον τελικό χρήστη, τραβώντας από πολλές σειρές παλετών προϊόντων του ίδιου τύπου. Το ρομπότ ενημερώνεται για τις ποσότητες κάθε τύπου προϊόντος που πρέπει να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή μιας τελικής πλήρους παλέτας για αποστολή. Στη συνέχεια, δημιουργεί αυτόματα αυτήν την παλέτα χρησιμοποιώντας διαθέσιμο προϊόν από μια ποικιλία άλλων παλετών. Όταν μια από αυτές τις παλέτες εξαντλείται, μια νέα παλέτα αυτού του τύπου προϊόντος παραδίδεται σε μια κενή τοποθεσία όπου το ρομπότ μπορεί να συνεχίσει να τραβάει αντικείμενα από αυτό (Sage Automation Inc., 2020).



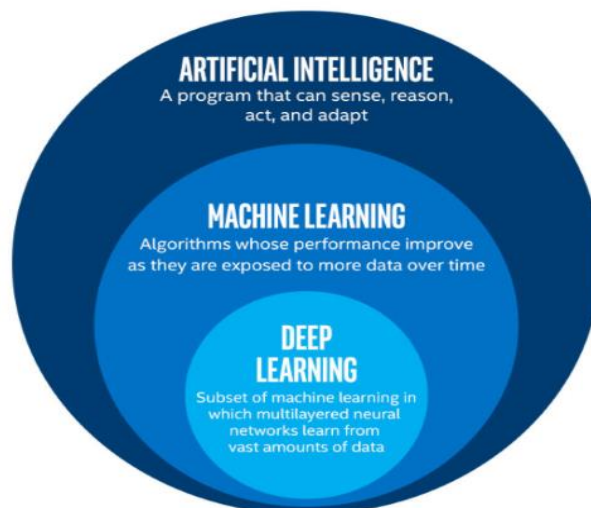
Εικόνα 5. Ρομποτική αυτοματοποίηση του picking

[Πηγή: (Fizeyr, 2020)]

3.4 Τεχνητή Νοημοσύνη & μηχανική εκμάθηση

Οι John McCarthy, Herbert Simon, Allen Newell και Marvin Minsky ανέπτυξαν από κοινού την έννοια της τεχνητής νοημοσύνης (Artificial Intelligence - AI) το 1955. Οι αρχικές προσπάθειες τεχνητής νοημοσύνης ξεκίνησαν το 1960 έγιναν με παιχνιόχαρτα, παρέχοντας ορισμένα απλά θεωρήματα για την επίλυση γενικών προβλημάτων με απλές εργασίες (Shah and Gautam, 2018).

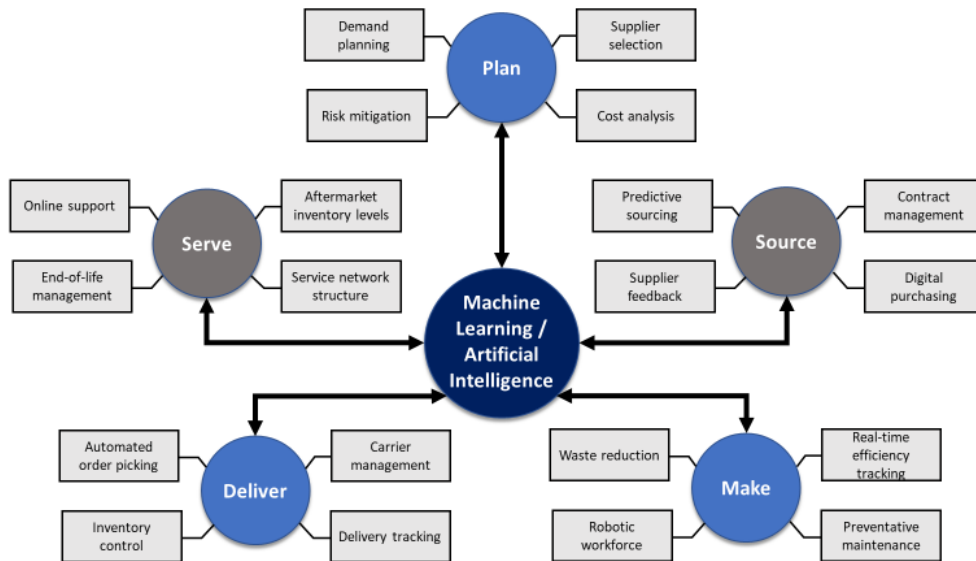
Η τεχνητή νοημοσύνη αναφέρεται στον κλάδο της Πληροφορικής και αφορά στην προσομοίωση της ανθρώπινης νοημοσύνης και στην ενσωμάτωση χαρακτηριστικών όπως η λογική, η αντίληψη, η επίλυση προβλημάτων και ο προγραμματισμός. Στην ουσία η τεχνητή νοημοσύνη αφορά στην ανάπτυξη και την εφαρμογή μεθόδων μετατροπής τεράστιων ποσοτήτων πολύπλοκων - συχνά μη δομημένων- δεδομένων σε έξυπνες γνώσεις. Αυτό πραγματοποιείται από τα βασικά στοιχεία όπως μηχανική μάθηση (Machine Learning), βαθιά εκμάθηση (Deep Learning), γνωστικός υπολογισμός (Cognitive computing), επεξεργασία φυσικής γλώσσας και ανάλυση συναισθημάτων σε συνδυασμό με πιο αποτελεσματική διαχείριση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο (Shah and Gautam, 2018), τα οποία δίνουν στους υπολογιστές την ικανότητα να μαθαίνουν, χωρίς να έχουν ρητά προγραμματιστεί (Εικόνα 6).



Εικόνα 6. Συσχέτιση Artificial Intelligence, Machine Learning, Deep Learning

[Πηγή: (mc.ai, 2020)]

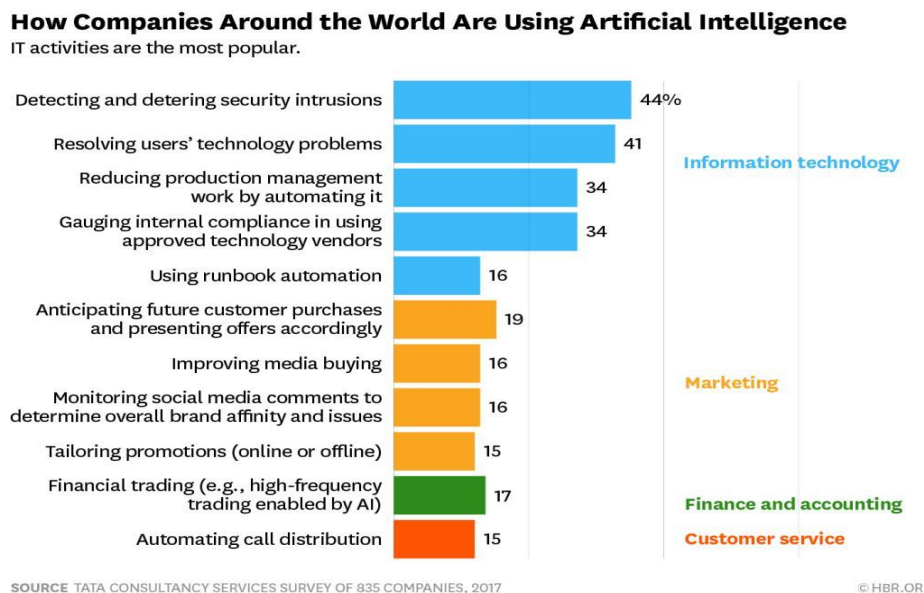
Ένας αλγόριθμος μηχανικής μάθησης είναι σαν ένας χάρτης μυαλού (Εικόνα 7) που συνδέει διάφορες πτυχές της επιχείρησης και βοηθά στη λήψη αποφάσεων σε πραγματικό χρόνο.



Εικόνα 7. Χάρτης μυαλού της Τεχνητής Νοημοσύνης

[Πηγή : Williams, 2020]

Το 2017 μεταξύ 34% με 44% των παγκόσμιων εταιρειών χρησιμοποιούσαν τεχνητή νοημοσύνη στα τμήματα Πληροφορικής, Οικονομικών, Εμπορικής δραστηριότητας, παρακολουθώντας τεράστιους όγκους δραστηριοτήτων μεταξύ μηχανών (Εικόνα 8).



Εικόνα 8. Πως εκμεταλλεύονται οι εταιρείες την Τεχνητή Νοημοσύνη

[Πηγή: (Satya Ramaswamy, 2017)]

Οι Uber, AirBnb, Hepsiburada χωρίς να διαθέτουν δικά τους περιουσιακά στοιχεία επωφελούνται και ενημερώνουν αποτελεσματικά τις επιχειρηματικές τους διαδικασίες,

σύμφωνα με τα αποτελέσματα που προκύπτουν από αλγόριθμους τεχνητής νοημοσύνης, παρέχοντας την απαραίτητη τεχνολογία, αξιοπιστία, οργάνωση και εύκολη πληρωμή για αυτές τις αγορές (Kartanoğlu, 2020). Η JD.com, η κινεζική έκδοση της Amazon, με ιδρυτή τον Richard Liu, έχει πλήρως αυτοματοποιημένη αποθήκη και πραγματοποιούν παραδόσεις πακέτων με μη επανδρωμένα αεροσκάφη (drones) από το 2015. Η Microsoft ενσωματώνει έξυπνες δυνατότητες σε όλα τα προϊόντα και τις υπηρεσίες της, συμπεριλαμβανομένων των Cortana, Skype, Bing και Office 36, και είναι ένας από τους μεγαλύτερους προμηθευτές Τεχνητής Νοημοσύνης ως Υπηρεσία (AI as a Service - AIaaS) στον κόσμο.

Ένα εξαιρετικό παράδειγμα πρόβλεψης των αναγκών των πελατών είναι τα διαδικτυακά καταστήματα, όπως η Amazon και η Alibaba, που προτείνουν προϊόντα στους πελάτες της σύμφωνα με τα δεδομένα που συλλέγονται και αναλύονται με μηχανές προτάσεων. Η Amazon επί του παρόντος κατέχει δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για προγνωστική αποστολή, που σημαίνει ότι μπορούν να στείλουν τα αγαθά ακόμη και πριν ο πελάτης παραγγείλει κάτι. Επιπλέον, ορισμένες διαδικτυακές εταιρείες ένδυσης συλλέγουν πληροφορίες σχετικά με τα μέτρα των πελατών τους, γεγονός που επιτρέπει στους νέους πελάτες να εκτιμούν τα μέτρα τους, εισάγοντας μόνο το βάρος, το ύψος και τον τύπο του σώματος τους.

Η τεχνητή νοημοσύνη επιτρέπει ένα ευέλικτο δίκτυο εφοδιασμού που προσαρμόζεται εύκολα σε απροσδόκητες αλλαγές. Η Koncranes (2018) (Koncranes) χρησιμοποιεί βιομηχανικό διαδίκτυο και Διαδίκτυο των πραγμάτων για τον εντοπισμό και την πρόληψη βλαβών στα μηχανήματά τους, ακόμη και πριν εμφανιστούν. Η UPS χρησιμοποιεί τεχνικές τεχνητής νοημοσύνης για να δημιουργήσει τις πιο αποτελεσματικές διαδρομές για το στόλο της, χρησιμοποιώντας αλγόριθμους για να βοηθήσει τους οδηγούς τους να κάνουν παραδόσεις έγκαιρα. Η Honeywell ενσωματώνει αλγόριθμους τεχνητής νοημοσύνης στις προμήθειες για να βελτιώσει την ακρίβεια της πρόβλεψης ζήτησης αποκαλύπτοντας ευαισθησίες στις τιμές. Η PayPal χρησιμοποιεί μηχανική εκμάθηση για την ενίσχυση της ασφάλειας του δικτύου, εκπαιδύοντας το σύστημα για εντοπισμό και απομόνωση των απειλών στον κυβερνοχώρο (Williams, 2020).

Οι οργανισμοί της εφοδιαστικής όλο και περισσότερο προχωρούν προς την κάθετη και οριζόντια συνεργασία, τον προσανατολισμό στις υπηρεσίες και στην τεχνητή νοημοσύνη βάσει δεδομένων (Pan et al., 2019, p. 1). Οι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης βρίσκουν τα

νέα μοτίβα σε δεδομένα αλυσίδας εφοδιασμού καθημερινά, χωρίς να χρειάζονται χειροκίνητη παρέμβαση ή τον ορισμό της ταξινόμησης για να καθοδηγήσουν την ανάλυση, χρησιμοποιώντας μοντελοποίηση βάσει περιορισμών για να βρουν το βασικό σύνολο παραγόντων με τη μεγαλύτερη προγνωστική ακρίβεια.

Η βελτίωση της απόδοσης διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι δεδομένη σε πολλαπλά επίπεδα όπως : επίπεδα αποθέματος, ποιότητα προμηθευτή, πρόβλεψη ζήτησης, πληρωμές, παραγγελίες, προγραμματισμός παραγωγής, διαχείριση μεταφορών, ελαχιστοποίηση του κινδύνου, χαμηλότερο κόστος αποθέματος και γρηγορότερους χρόνους απόκρισης στους πελάτες. Η μηχανική εκμάθηση υιοθετεί τις λειτουργίες Logistics Control Tower για να παρέχει νέες πληροφορίες σχετικά με το πώς μπορεί να βελτιωθεί κάθε πτυχή της Διαχείρισης της Εφοδιαστικής Αλυσίδας και της διαχείρισης αποθήκης. Το παρακάτω σχήμα (Εικόνα 9) δείχνει πώς η σχετική ευφυΐα που αποκτήθηκε από τη μηχανική μάθηση βελτιστοποιεί τις λειτουργίες στην ΔΕΑ.



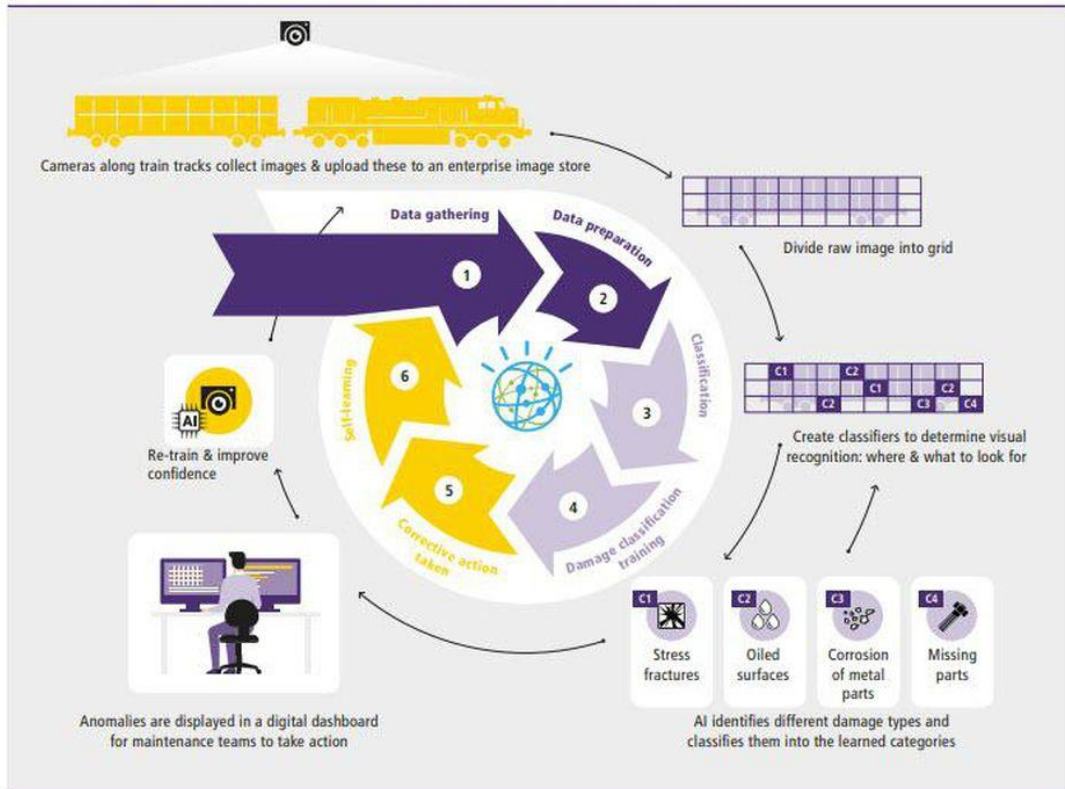
Εικόνα 9. Εκσυγχρονισμένες λειτουργίες Logistics καθοδηγούμενες από αλγορίθμους Τεχνητής Νοημοσύνης

[Πηγή: (Columbus, 2018)]

Η IBM Watson Health αξιοποιεί τον γνωστικό υπολογισμό για να μειώσει το χρόνο για να εντοπίσει νέα φάρμακα και να επαναπροσδιορίσει τα τρέχοντα φάρμακα για καλύτερη υγειονομική περίθαλψη. Ένα ακόμη παράδειγμα είναι οι αλγόριθμοι μηχανικής εκμάθησης στην πλατφόρμα Watson της IBM που μπορούν να προσδιορίσουν εάν και

πότε ένα εμπορευματοκιβώτιο ή ένα προϊόν υπέστη ζημιά, και συνιστούν την καλύτερη διορθωτική ενέργεια για την επισκευή των στοιχείων (Εικόνα 10).

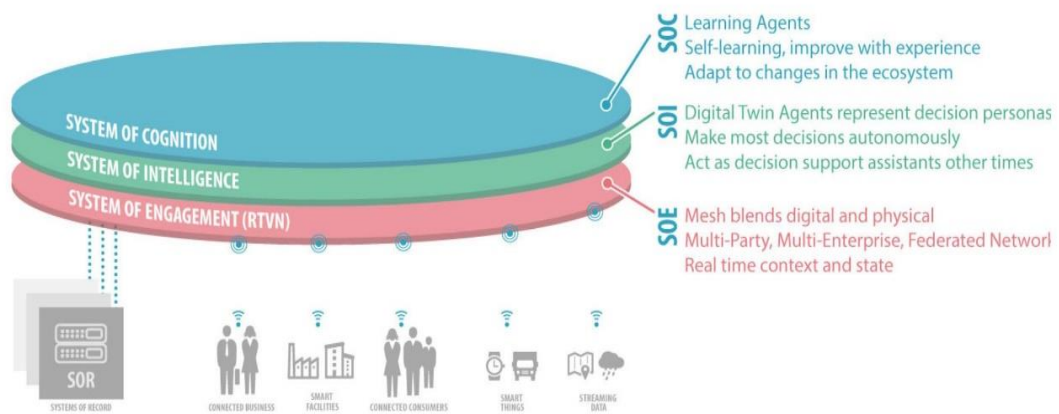
HOW IBM WATSON LEARNS VISUAL INSPECTION OF LOGISTICS ASSETS



Εικόνα 10. Η οπτική Αναγνώριση Τεχνητής Νοημοσύνης διευκολύνει τη συντήρηση των πόρων

[Πηγή: Columbus, 2018]

Ο συνδυασμός μηχανικής μάθησης με προηγμένα αναλυτικά στοιχεία, αισθητήρες Διαδικτύου των πραγμάτων και παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο παρέχει ορατότητα από άκρο σε άκρο σε πολλές αλυσίδες εφοδιασμού. Οι ψηφιακές πλατφόρμες μειώνουν σημαντικά το κόστος λειτουργίας που προκύπτει κατά την αμοιβαία χρήση ενός προϊόντος ή παροχής υπηρεσιών. Η One Network Enterprises έχει πρωτοπορήσει, ενσωματώνοντας σε ένα δίκτυο όλους τους εμπορικούς εταίρους σε πραγματικό χρόνο με κοινή χρήση μιας μόνο έκδοσης της αλήθειας (Single Version Of the Truth - SVOT), χωρίς καθυστέρηση από το σύστημα, κλείνοντας το χάσμα μεταξύ παραδοσιακού σχεδιασμού και εκτέλεσης. Το σύστημα αποτελείται από τρία επίπεδα όπως φαίνεται στην Εικόνα 11.



Εικόνα 11. Η πλατφόρμα ψηφιακού μεταχηματισμού για E-commerce της One Network Enterprises

[Πηγή: One Network Enterprises, 2019)

Το πρώτο επίπεδο αποτελείται από το Σύστημα Δέσμευσης (System of Engagement - SOE) που συνδέει συστήματα και άτομα στο δίκτυο. Το δεύτερο επίπεδο εμπεριέχει το Σύστημα της Νοημοσύνης (System of Intelligence - SOI) που εκτελεί τις βασικές λειτουργίες στο δίκτυο και περιλαμβάνει Digital Twin Agents, δηλαδή ψηφιακούς βοηθούς που εκπροσωπούν τους κανόνες απόφασης και έξυπνους αλγόριθμους, λαμβάνουν τις περισσότερες αποφάσεις αυτόνομα και λειτουργούν ως βοηθοί υποστήριξης αποφάσεων. Τέλος, το Σύστημα Γνώσης (System of Cognition - SOC), αποτελείται από πράκτορες εκμάθησης που βελτιώνονται με την εμπειρία και προσαρμόζονται στις αλλαγές στο οικοσύστημα. Οι πράκτορες είναι πάντα ενεργοί, παρακολουθώντας συνεχώς την αλυσίδα εφοδιασμού σε πραγματικό χρόνο και λαμβάνουν αποφάσεις σταδιακά καθώς οι συνθήκες αλλάζουν, συλλέγοντας συνεχώς πληροφορίες από τις διαδικασίες συναλλαγών που εκτελούνται στην πλατφόρμα (One Network Enterprises, 2019).

Τα δεδομένα είναι θεμελιώδη για την προσομοίωση της ανθρώπινης νοημοσύνης, για να μπορεί η τεχνητή νοημοσύνη να προσφέρει χρήσιμες πληροφορίες και να λαμβάνει αποτελεσματικές αποφάσεις. Με τη συνεχή παρακολούθηση δεδομένων, πληροφοριών, αποφάσεων και αποτελεσμάτων, το σύστημα μαθαίνει και βελτιώνεται. Ωστόσο, η τεχνητή νοημοσύνη αν δεν χρησιμοποιηθεί σωστά, μπορεί να έχει αρνητικά αποτελέσματα, όπως για παράδειγμα η προκατειλημμένη και παρεμβατική τεχνητή νοημοσύνη. Για την καταπολέμηση αυτού, οι επιχειρήσεις πρέπει να αφαιρέσουν τις προκαταλήψεις από τα συστήματά τους και να διασφαλίσουν ότι η προστασία της

ιδιωτικής ζωής και της ασφάλειας των δεδομένων βρίσκεται στην πρώτη γραμμή όλων των προσεγγίσεων. Οι οργανισμοί πρέπει να διαθέτουν σαφή πλαίσια δεοντολογίας και διακυβέρνησης για να διασφαλίσουν ότι τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης συμμορφώνονται με τις νομικές απαιτήσεις (Marr and Brannan, 2020). Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχει εκδώσει οδηγούς βέλτιστων πρακτικών και οδηγίες δεοντολογίας για την αξιόπιστη τεχνητή νοημοσύνη (European Commission, 2020b) καθώς και ο Οργανισμός Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης - ΟΟΣΑ (Organisation for Economic Co-operation and Development – OECD) υποστηρίζει τις κυβερνήσεις μετρώντας και αναλύοντας τις οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις των τεχνολογιών και εφαρμογών της τεχνητής νοημοσύνης, για τον εντοπισμό καλών πρακτικών για τη δημόσια πολιτική. (Organisation for Economic Co-operation and Development, 2020)

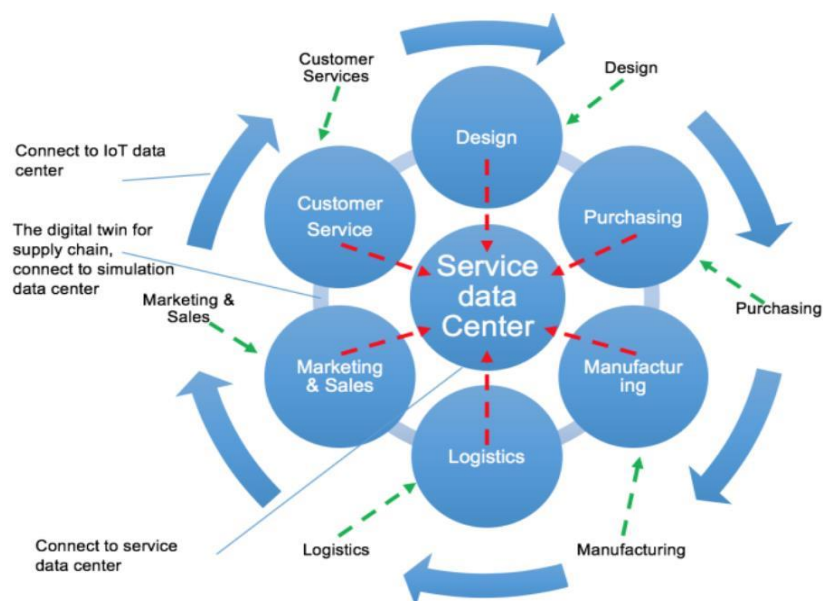
3.5 Μεγάλα δεδομένα και Αναλυτική

Τα μεγάλα δεδομένα είναι ένας ευρύς όρος για έναν μεγάλο όγκο δεδομένων -δομημένων και μη - που παράγονται σε καθημερινή βάση σε μια επιχείρηση. Με την αύξηση των συνδεδεμένων αντικειμένων οι ποσότητες των παραγόμενων δεδομένων αυξάνονται. Τεράστιοι όγκοι δεδομένων δημιουργούνται από διάφορες πηγές, όπως αισθητήρες σε μηχανές (π.χ. εργοστάσια παραγωγής, στρόβιλοι σε σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής, ελκυστήρες που χρησιμοποιούνται στη γεωργία), κινητές συσκευές (π.χ. Fitbit), ροές κοινωνικών μέσων (π.χ. Facebook, Twitter), ηλεκτρονικό εμπόριο (π.χ. Amazon, eBay), υπηρεσίες βίντεο κατά παραγγελία (π.χ. Hulu, Netflix), υπηρεσίες μουσικής κατά παραγγελία (π.χ. Spotify), συστήματα εταιρικού σχεδιασμού πόρων (ERP), παγκόσμια συστήματα εντοπισμού θέσης (GPS), παρακολούθηση ραδιοσυχνοτήτων (RFID) κλπ. (Govindan et al., 2018, pp. 343–344).

Τα μεγάλα δεδομένα μπορούν να καταγραφούν και να αναλυθούν για τη λήψη στρατηγικών και ευφυών αποφάσεων που προσθέτουν αξία στην επιχείρηση. Τα μηχανήματα παρέχουν όλο και περισσότερες πληροφορίες για τους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων και η Αναλυτική (Analytics) είναι το νέο εργαλείο βελτιστοποίησης. Για παράδειγμα, για να δημιουργήσουν ένα έξυπνο εργοστάσιο, οι εταιρείες θα πρέπει να σχεδιάσουν τη διαδικασία βάσει αναλυτικών στοιχείων, επιτρέποντας έτσι μια πιο ενημερωμένη και σε πραγματικό χρόνο λήψη αποφάσεων για τις επιχειρηματικές διαδικασίες ολόκληρης της αλυσίδας αξίας (Dalmarco et al., 2019, p. 5). Η Cisco, για παράδειγμα, έχει μια εγχώρια ομάδα περισσότερων από 80 επιστημόνων δεδομένων που

προέρχονταν από τον οργανισμό της αλυσίδας εφοδιασμού και τους δόθηκε εκπαίδευση δύο ετών για τη δημιουργία σχετικών υπολογιστικών εργαλείων που βασίζονται στη συλλογή δεδομένων (Matthew Littlefield, 2020).

Οι Govindan et al. (2018) στην ερευνητική τους μελέτη αναφέρουν επιπλέον οφέλη από τη χρήση μεθόδων μεγάλων δεδομένων στη Διαχείριση της Εφοδιαστικής Αλυσίδας. Μία προσέγγιση ανάλυσης για τα δεδομένα που συλλέγονται από RFID αισθητήρες είναι η χρήση τους για τον επανασχεδιασμό μιας βέλτιστης πολιτικής αποθέματος. Εξίσου ωφέλιμη προσέγγιση ανάλυσης δεδομένων είναι αυτή για την ελαχιστοποίηση των αποβλήτων στις αλυσίδες εφοδιασμού τροφίμων, τη μείωση του ανθρακικού αποτυπώματος με τη χρήση υπολογιστικού νέφους, τον μετριασμό του φαινομένου bullwhip, την πρόβλεψη και διαχείριση ζήτησης και τον σωστό προγραμματισμό (Govindan et al., 2018, pp. 343–344). Τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης δείχνουν ότι ο συντονισμός μεταξύ των εταιρών της εφοδιαστικής αλυσίδας και η ταχεία ανταπόκρισή της στις μεταβολές της ζήτησης στην αγορά συνδέονται θετικά με την οικονομική απόδοση ενός οργανισμού και την καλύτερη λήψη αποφάσεων (Εικόνα 12). Οι τεράστιοι όγκοι δεδομένων που δημιουργούνται σε όλο και υψηλότερες ταχύτητες θα φέρουν πρόσθετα οφέλη και πληροφορίες, καθώς παρέχουν τον ρεαλισμό και την λεπτομέρεια που προσεγγίζει η τυπική προσομοίωση (Vieira et al., 2019, pp. 11–12).



Εικόνα 12. Εφοδιαστική Αλυσίδα καθοδηγούμενη από Μεγάλα Δεδομένα

[Πηγή: Li et al., 2019]

Το Netflix είναι ένα παράδειγμα μιας μεγάλης εταιρείας που χρησιμοποιεί ανάλυση μεγάλων δεδομένων για στοχευμένη διαφήμιση. Με περισσότερους από 100 εκατομμύρια συνδρομητές, η εταιρεία συλλέγει τεράστια δεδομένα, τα οποία είναι το κλειδί για την επίτευξη της κατάστασης που ενισχύει το Netflix. Αυτό γίνεται χρησιμοποιώντας τα προηγούμενα δεδομένα αναζήτησης και παρακολούθησης των συνδρομητών, τα οποία δίνουν πληροφορίες σχετικά με το τι ενδιαφέρει περισσότερο τον συνδρομητή. Το Spotify, μια υπηρεσία μουσικής κατά παραγγελία, χρησιμοποιεί το Hadoop Big Data analytics, για να συλλέξει δεδομένα από εκατομμύρια χρήστες του σε όλο τον κόσμο και στη συνέχεια χρησιμοποιεί τα αναλυμένα δεδομένα για να δώσει ενημερωμένες μουσικές προτάσεις σε μεμονωμένους χρήστες. Το Amazon Prime, το οποίο έχει ως στόχο να προσφέρει μια εξαιρετική εμπειρία πελάτη, προσφέροντας βίντεο, μουσική και βιβλία Kindle σε ένα ενιαίο κατάστημα, χρησιμοποιεί επίσης τα Μεγάλα Δεδομένα. Η Υπηρεσία Τροφίμων και Φαρμάκων των ΗΠΑ (FDA) χρησιμοποιεί Μεγάλα Δεδομένα για να εντοπίσει και να μελετήσει μοτίβα ασθενειών που σχετίζονται με τρόφιμα. Αυτό επιτρέπει ταχύτερη ανταπόκριση, ταχύτερη θεραπεία και λιγότερους θανάτους.

Από την ίδρυσή της το 1994, η Amazon έχει συλλέξει αμέτρητες πληροφορίες για το τι αγοράζουν εκατομμύρια άνθρωποι, πού παραδίδονται αυτές οι αγορές και ποιες πιστωτικές κάρτες χρησιμοποιούν. Τα τελευταία χρόνια, έχει αρχίσει να προσφέρει σε όλο και περισσότερες εταιρείες - συμπεριλαμβανομένων των εταιρειών μάρκετινγκ - πρόσβαση στην πύλη διαφημίσεων αυτοεξυπηρέτησης, όπου μπορούν να αγοράσουν διαφημιστικές καμπάνιες και να τις στοχεύσουν σε εξαιρετικά ειδικά δημογραφικά στοιχεία, συμπεριλαμβανομένων των αγοραστών του παρελθόντος.

Οι υπηρεσίες Αποτελεσματικής Πτήσης (Flight Efficiency Services,) της GE, που υιοθετήθηκαν πρόσφατα από τη Southwest Airlines και χρησιμοποιούνται από αεροπορικές εταιρείες σε όλο τον κόσμο, μπορούν να βελτιστοποιήσουν τη χρήση καυσίμων, την ασφάλεια και πολλά άλλα αναλύοντας τους τεράστιους όγκους δεδομένων που δημιουργούν τα αεροπλάνα, Ενδεικτικά αναφέρεται ότι μια διατλαντική πτήση παράγει κατά μέσο όρο 1.000 Gigabyte. Τα κλιμακούμενα αναλυτικά στοιχεία αεροπορικών μεταφορών της GE συλλέγουν τις πληροφορίες, μειώνοντας τα νούμερα όσον αφορά την απόδοση καυσίμου, τις καιρικές συνθήκες και τα βάρη επιβατών και φορτίου.

Η πλατφόρμα FourKites χρησιμοποιεί GPS και μια σειρά από άλλες πηγές δεδομένων τοποθεσίας για την παρακολούθηση πακέτων σε πραγματικό χρόνο, είτε διασχίζουν ωκεανούς είτε ταξιδεύουν με τρένο. Ένας προγνωστικός αλγόριθμος στη συνέχεια λαμβάνει υπόψη δεδομένα σχετικά με την κυκλοφορία, τον καιρό και άλλους εξωτερικούς παράγοντες για τον υπολογισμό άφιξης των πακέτων, έτσι ώστε οι πελάτες FourKites να προειδοποιούνται σχετικά με καθυστερήσεις και πρόωρες παραδόσεις - αποφεύγοντας παράλληλα τις χρεώσεις (Rice, 2020).

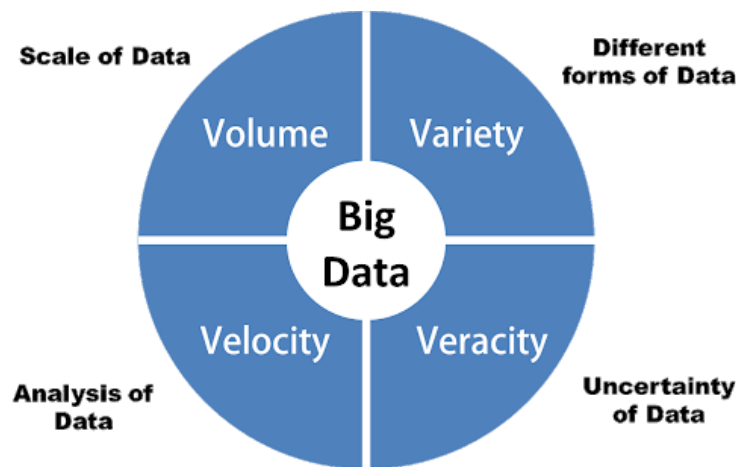
Οι εταιρείες διασκορπίζουν συχνά τα δεδομένα τους σε διάφορες πλατφόρμες, αλλά το Salesforce διατηρεί τη συνοχή. Η πλατφόρμα διαχείρισης σχέσεων πελατών (CRM) ενσωματώνει δεδομένα από διάφορες πτυχές μιας επιχείρησης, όπως το μάρκετινγκ, οι πωλήσεις και οι υπηρεσίες, σε μια ολοκληρωμένη επισκόπηση οθόνης. Τα αναλυτικά στοιχεία Einstein της πλατφόρμας παρέχουν αυτόματες πληροφορίες και προβλέψεις βάσει πληροφοριών για παραμέτρους όπως οι πωλήσεις και οι αλλαγές πελατών. Οι χρήστες μπορούν επίσης να συνδέσουν το Salesforce με εξωτερικά εργαλεία διαχείρισης δεδομένων αντί να εναλλάσσονται μεταξύ πολλών παραθύρων.

Το Security Operations Suite της εταιρείας Splunk βασίζεται σε μεγάλα δεδομένα για τον εντοπισμό και την αντίδραση σε απειλές και απάτες στην κυβερνοασφάλεια. Τα δεδομένα σε όλο το σύστημα ρέουν μέσω των εργαλείων ανάλυσης σε πραγματικό χρόνο, επιτρέποντάς του να εντοπίζει ανωμαλίες με αλγόριθμους μηχανικής μάθησης. Οι πληροφορίες που βασίζονται στα δεδομένα βοηθούν επίσης να δοθεί προτεραιότητα σε ταυτόχρονες παραβιάσεις, να χαρτογραφηθούν επιθέσεις πολλών τμημάτων και να εντοπιστούν πιθανές αιτίες των ζητημάτων ασφαλείας. (Rice, 2020).

Οι Cui et al. (2020) εντόπισαν έξι βασικούς παράγοντες για τον καθορισμό οδηγών για εφαρμογές μεγάλων δεδομένων, οι οποίοι είναι: η ενσωμάτωση όλου του συστήματος, τα δεδομένα, οι προβλέψεις, η βιωσιμότητα, η κοινή χρήση πόρων και το λογισμικό. Στη συνέχεια, παρουσίασαν τα εννέα βασικά στοιχεία του οικοσυστήματος μεγάλων δεδομένων για το σχεδιασμό μιας εφικτής λύσης μεγάλων δεδομένων στις παραγωγικές επιχειρήσεις τα οποία είναι : η απορρόφηση δεδομένων, η αποθήκευση, ο υπολογισμός, τα αναλυτικά στοιχεία, η οπτικοποίηση, η διαχείριση, η ροή εργασίας, η υποδομή και η ασφάλεια (Cui et al., 2020, pp. 3–16).

3.5.1 Αναλυτική

Ως Αναλυτική (Analytics) μπορεί να οριστεί ως η μέθοδος αποκάλυψης και προσδιορισμού ουσιαστικών τάσεων και μοτίβων στα δεδομένα και περιλαμβάνει την εφαρμογή στατιστικών μεθόδων, προγραμματισμού και έρευνας ενώ συχνά υποστηρίζεται από απεικόνιση των δεδομένων για να παρουσιαστούν τα ευρήματα. Η ανάλυση των μεγάλων δεδομένων θα πρέπει να θεωρείται στο πλαίσιο των τεσσάρων «V»: (Volume, Velocity, Variety, Veracity) όγκος, ταχύτητα, ποικιλία και ακρίβεια (Εικόνα 13) (Li and Liu, 2019, p. 1089).



Εικόνα 13. Volume, Velocity, Variety, Veracity of Data

[Πηγή : (Big Data and Analytics)]

Για την διαχείριση τους οι εταιρείες πρέπει να αναπτύξουν πλήρη δεδομένα ή, μια πλατφόρμα Βιομηχανικού Διαδικτύου των πραγμάτων που διαθέτει οδηγούς, πύλες, μεταφορά δεδομένων και δυνατότητες ανάλυσης των άκρων για τη γρήγορη και αποτελεσματική καταγραφή δεδομένων. Χρειάζονται επίσης ένα υβριδικό περιβάλλον πληροφορικής (νέφους και εσωτερικής εγκατάστασης) με μια παραδοσιακή βάση δεδομένων και τέλος χρειάζονται μια δομή δεδομένων που γρήγορα και με αποτελεσματικότητα συγκεντρώνει διαφορετικούς τύπους δεδομένων όπως χρηματοπιστωτικές συναλλαγές, επιχειρησιακές συναλλαγές, μηχανική προϊόντων, προσομοίωση, δεδομένα μηχανών, δικτύων και γεω-χωρικά δεδομένα, παράλληλα με αλγόριθμους που παρέχουν παραδοσιακές δυνατότητες ανάλυσης και νέες δυνατότητες επιστήμης των δεδομένων, όπως νευρωνικά δίκτυα και μηχανική μάθηση.

Με αυτό το πλήρες σύνολο δυνατοτήτων, οι βιομηχανικές εταιρείες έχουν πρόσβαση σε μια πλήρη σειρά αναλυτικών στοιχείων: περιγραφική (descriptive), διαγνωστική

(diagnostic), προγνωστική (predictive) και κανονιστική (prescriptive) (Εικόνα 14) (Analytics Insight, 2017).



Εικόνα 14. Στάδια ανάλυσης δεδομένων

[Πηγή : (Analytics Insight, 2017)]

Πίνακας 4. Επεξήγηση των σταδίων ανάλυσης δεδομένων	
Περιγραφικές αναλυτικές - Descriptive Analytics	Αναλυτικές που χρησιμοποιούν τεχνικές εξόρυξης δεδομένων από ιστορικά δεδομένα για την παροχή πληροφοριών και γνώσεων σχετικά με το τι συνέβη στο παρελθόν και χρησιμοποιούνται ευρέως στις βιομηχανίες με τη μορφή πινάκων εργαλείων, για την παροχή πληροφοριών στους ενδιαφερόμενους.
Διαγνωστικές αναλυτικές - Diagnostic Analytics	Μορφή εκ των προτέρων ανάλυσης, η οποία χρησιμοποιείται για να προσδιοριστεί η βασική αιτία ενός συμβάντος και χαρακτηρίζεται από τεχνικές όπως η λεπτομερής έρευνα, η ανακάλυψη δεδομένων, η εξόρυξη δεδομένων και οι συσχετίσεις.
Προγνωστική αναλυτική - Predictive Analytics	Η χρήση δεδομένων, οι στατιστικοί αλγόριθμοι και τεχνικές εκμάθησης μηχανών για τον εντοπισμό της πιθανότητας μελλοντικών αποτελεσμάτων από ιστορικά δεδομένα και παρέχει την καλύτερη αξιολόγηση του πότε θα επαναληφθεί ένα συμβάν. Αυτό το είδος της ανάλυσης έχει εφαρμογή στην παραγωγή για να προβλέψει μια αποτυχία πριν εμφανιστεί και να την εξαλείψει εκ των προτέρων.

Κανονιστική αναλυτική - Prescriptive Analytics	<p>Η τελική φάση αναλυτικής, παροχή πληροφοριών οι οποίες βοηθούν στη λήψη καλύτερων αποφάσεων.</p> <p>Χαρακτηρίζεται από τεχνικές όπως η ανάλυση γραφημάτων, η προσομοίωση, η σύνθετη επεξεργασία συμβάντων, τα νευρωνικά δίκτυα και η μηχανική μάθηση. Ορισμένες ιστοσελίδες ηλεκτρονικού εμπορίου όπως η eBay, η Rue και οι αεροπορικές εταιρείες χρησιμοποιούν τέτοια αναλυτικά στοιχεία για να ελέγχουν και να προσαρμόζουν δυναμικά τις τιμές τους.</p>
---	---

[Πηγή: προσαρμογή από (Analytics Insight, 2017)]

Όλα αυτά αποτελούν μεγάλο μέρος της ενεργοποίησης έξυπνων, συνδεδεμένων λειτουργιών και της μετατόπισης από λειτουργίες πραγματικού χρόνου σε προγνωστικές λειτουργίες και τελικά σε αυτόνομες επιχειρήσεις.

3.6 Επαυξημένη Πραγματικότητα

Η Οπτική Πληροφορική (Visual Computing) ασχολείται με όλα όσα σχετίζονται με τα οπτικά συστήματα ηλεκτρονικών υπολογιστών : από την απόκτηση, ανάλυση και σύνθεση οπτικών δεδομένων μέσω της χρήσης πόρων υπολογιστών μέχρι τις μαθηματικές εξισώσεις πίσω από κάθε pixel χρώματος (Technopedia, 2020).

Όταν οι παραπάνω έννοιες χρησιμοποιούνται μαζί στο πλαίσιο της βιομηχανικής εφαρμογής προσδίδουν τη προστιθέμενη αξία και τις δυνατότητες ώστε οι νέες μορφές οργάνωσης των πληροφοριών να γίνουν κατανοητές από τους ανθρώπους και να επιτρέψουν τη σωστή και άμεση λήψη αποφάσεων. Η Οπτική Πληροφορική μπορεί να χωριστεί σε δύο κύριους κλάδους: το Περιβάλλον οπτικού υπολογιστή (Visual computer environment) και τις Οπτικές εφαρμογές (Visual applications).

Η τεχνολογία της επαυξημένης ή ενισχυμένης πραγματικότητας (Augmented Reality - AR) αποτελεί ουσιαστικά τομέα της οπτικής Πληροφορικής με εφαρμογή κυρίως στις κινητές συσκευές. Η ιδέα δημιουργήθηκε αρχικά από τον Tom Caudell - πρώην ερευνητή της Boeing - το 1990 και ο πιο ευρέως αποδεκτός ορισμός επαυξημένης πραγματικότητας προτάθηκε από τον Azuma (1997) ως:

«Μια κατάσταση της πραγματικότητας που απαιτεί το συνδυασμό πραγματικών και επαυξημένων αντικειμένων, τη δυνατότητα αλληλεπίδρασης σε πραγματικό χρόνο και την ευθυγράμμιση πραγματικών και εικονικών αντικειμένων σε τρισδιάστατο χώρο.»

Σε αντίθεση με την εικονική πραγματικότητα (Virtual Reality – VR) που αποκόπτει τον χρήστη από το πραγματικό περιβάλλον, ένα σύστημα επαυξημένης πραγματικότητας συμπληρώνει τον πραγματικό κόσμο με εικονικά (δημιουργημένα από υπολογιστή) αντικείμενα που φαίνεται να συνυπάρχουν στον ίδιο χώρο με τον πραγματικό κόσμο (Stoltz et al., 2017, pp. 12979–12980). Το ενδιαφέρον για τις τεχνολογίες επαυξημένης πραγματικότητας αναμένεται να αυξηθεί εκθετικά και να φθάσει τα 108 δισεκατομμύρια USD έως το 2021 και τα 162 δισεκατομμύρια USD έως το 2024 (Rejeb, 2019).

Οι προβολές δεδομένων είναι δυνατές είτε από τις οθόνες κινητών είτε από ειδικά γυαλιά προβολής επαυξημένης πραγματικότητας. Τα τελευταία χρόνια η επαυξημένη πραγματικότητα έχει ήδη φέρει αρκετές δυνατότητες στην εφοδιαστική καθώς αυξάνει την ευελιξία στο σχεδιασμό των συστημάτων logistics και επιτρέπει στους εμπλεκόμενους να αντιδρούν αποτελεσματικότερα στη δυναμική της αγοράς.

Για τη συλλογή - picking, οι χειριστές αποθήκης είναι εξοπλισμένοι με συσκευές επαυξημένης πραγματικότητας, όπως οθόνες κεφαλής (Head-Mounted Displays HMD) και έξυπνα γυαλιά (Εικόνα 15). Επωφελούνται από την οπτικοποίηση (εμφανίζονται πληροφορίες σχετικά με τις θέσεις αποθέματος και άλλα στοιχεία π.χ κωδικού αποθέματος, κωδικός Stock Keeping Unit - SKU) και τη βελτιωμένη παροχή περιεχομένου για τη μείωση των νεκρών χρόνων που προκαλούνται από την οπτική αναζήτηση με δεδομένα κινητού τερματικού (Mobile Data Terminal - MDT) ή λίστα συλλογής, αυξάνοντας την ακρίβεια και μειώνοντας τα ποσοστά σφάλματος.



Εικόνα 15. Έξυπνα Γυαλιά από την AGCO

[Πηγή: (Nilsen Samuel, 2016)]

Επιπλέον, τα συστήματα επαυξημένης πραγματικότητας έχουν εφαρμογές σε γραμμές συναρμολόγησης και μέσα σε εργοστάσια για την υποστήριξη συγκεκριμένων εργασιών, υποδεικνύοντας τον κατάλληλο χρόνο συναρμολόγησης εξαρτημάτων και κινούμενων υλικών, συμβουλεύοντας και καθοδηγώντας οπτικά τις διαδικασίες συντήρησης, και δημιουργώντας έναν αποτελεσματικό και διαισθητικό χώρο εργασίας για εκπαίδευση και μάθηση.

Η DHL συνεργάστηκε με την αυτοκινητοβιομηχανία Audi για την αποθήκευση και τη συναρμολόγηση των εξαρτημάτων της, αξιοποιώντας ένα σύστημα επαυξημένης πραγματικότητας που τροφοδοτείται από τεχνητή νοημοσύνη για τη βελτιστοποίηση των διαδικασιών συναρμολόγησης, μείωση των ποσοστών σφαλμάτων και παροχή διαισθητικών τρόπων για να απεικονίσει τη διαδικασία και να δημιουργήσει οδηγίες για τον έλεγχο κάθε βήματος της εργασίας. Επιπλέον, οι εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας περιλαμβάνουν τη βελτιστοποίηση των δραστηριοτήτων μεταφοράς και τη συμμετοχή των πελατών σε μια ευχάριστη βιωματική εμπειρία μάρκετινγκ (Rejeb, 2019). Η εταιρεία Audi ενσωματώνει γυαλιά επαυξημένης πραγματικότητας ώστε οι πελάτες της να διαμορφώσουν τα αυτοκίνητα των ονείρων τους και να δουν τα οχήματά τους από όλες τις οπτικές γωνίες και σε διάφορα περιβάλλοντα. Η Hyundai δίνει τη δυνατότητα εικονικού εγχειριδίου χρήσης μέσω δωρεάν εφαρμογής για τη διευκόλυνση των πελατών της (Εικόνα 16).



Εικόνα 16. Hyundai Virtual Guide app

[Πηγή: (Hyundai), 2019]

Η Airbus εξοπλίζει τους εργάτες της με έξυπνα γυαλιά που τους βοηθούν να καθορίσουν το σχεδιασμό των καθισμάτων της καμπίνας, εμφανίζοντας τις απαιτούμενες

πληροφορίες στους εργαζόμενους σχετικά με το πού να εγκαταστήσουν τα καθίσματα (Εικόνα 17). Ως αποτέλεσμα, η παραγωγικότητα σε αυτή τη διαδικασία βελτιώθηκε κατά 500 τοις εκατό και το ποσοστό σφάλματος μειώθηκε στο μηδέν.



Εικόνα 17. Airbus - Augmented Reality Smart Glasses

[Πηγή (Airbus, 2015)]

Οι περισσότεροι εμπειρογνώμονες στον τομέα της εικονικής πραγματικότητας (Virtual Reality - VR) και της επαυξημένης πραγματικότητας συμφωνούν ότι ο όρος «Μικτή Πραγματικότητα» (Mixed Reality) περιγράφει ένα συνεχές πραγματικότητας που περικλείει έναν μεγάλο αριθμό προβολών εικονικής πραγματικότητας και επαυξημένης πραγματικότητας. Μια εφαρμογή οθόνης μεικτής πραγματικότητας (HMD) του Microsoft HoloLens που εγκαταστάθηκε σε πεδίο παραγωγής μαζί με μία Microsoft Kinect κάμερα, βελτίωσε την αναγνώριση της αλλαγής θέσης και θέσης του βασικού προϊόντος (Lang et al., 2019, pp. 119–124). Οι Lang et al. (2019) περιγράφουν επίσης εφαρμογές HoloLens στον τομέα της ρομποτικής τα οποία βοηθούν στις διαδικασίες συναρμολόγησης. Το HoloLens προβάλλει μια εικόνα του ψηφιακού δίδυμου, αλληλοεπιδρώντας με το τρισδιάστατο αντικείμενο (3D) μέσω χειρονομιών και φωνητικών εντολών και ο χρήστης μπορεί να δημιουργήσει προσαρμοσμένες ακολουθίες λειτουργίας (Εικόνα 18). Κάθε αλληλεπίδραση με το σύστημα αποθηκεύεται στη βάση δεδομένων του ελεγκτή σταθμού, η οποία επιτρέπει μια γρήγορη και εύκολη προσαρμογή των νέων δημιουργημένων ροών εργασίας στο πραγματικό ρομπότ. Από βιομηχανική άποψη, εταιρείες όπως οι Knapp, Picavi, Itelligence, SAP, DHL και Generix έχουν αρχίσει να αναπτύσσουν λύσεις που εστιάζουν σε διαφορετικά στοιχεία υλικού και λογισμικού μέσω επαυξημένης πραγματικότητας.



Εικόνα 18. Microsoft HoloLens

[Πηγή : (Microsoft Store)]

Ωστόσο, υπάρχουν και κάποιες προκλήσεις που χρειάζεται να αντιμετωπιστούν. Οι περισσότερες από τις υπάρχουσες λύσεις με φορητά γυαλιά καταφέρνουν να εμφανίζουν μόνο το αντίστοιχο της λίστας επιλογής στα μάτια του χρήστη (Stoltz et al., 2017, pp. 12980–12982). Η μπαταρία δεν έχει σχεδιαστεί για να καλύψει μια ολόκληρη εργάσιμη ημέρα, έτσι επιπλέον μπαταρίες μεταφέρονται από τους χειριστές. Οι επεξεργαστές υπερθερμαίνονται και επιβραδύνουν μετά από μεγάλες περιόδους χρήσης ή όταν απαιτείται πολύπλοκος υπολογισμός μπορεί να επηρεάσουν τη φυσική διαδικασία. Ο λανθάνων χρόνος της οθόνης μπορεί να προκαλέσει πονοκεφάλους στους χρήστες και η μη κεντρική προβολή δημιουργεί κόπωση στα μάτια, οι βαριές συσκευές είναι δύσκολο να φορεθούν ενώ χρησιμοποιώντας συσκευές κεφαλής, ορισμένες λειτουργίες μπορεί να είναι πολύ αργές σε σύγκριση με συσκευές χειρός (π.χ. έλεγχος πολλαπλών εισερχόμενων αντικειμένων).

Το συνολικό κόστος ιδιοκτησίας εξακολουθεί να είναι αρκετά υψηλό, ειδικά εάν οι φορητές συσκευές θεωρούνται προσωπικός εξοπλισμός (λόγω προβλημάτων υγιεινής) (Stoltz et al., 2017, p. 12984).

Η ιδιωτικότητα είναι επίσης ένα κρίσιμο τεχνικό ζήτημα που επηρεάζει την υιοθέτηση της επαυξημένης πραγματικότητας στον τομέα της εφοδιαστικής. Οι λειτουργίες αναγνώρισης εικόνας και χωρικής παρακολούθησης που ενεργοποιούνται από την επαυξημένη πραγματικότητα βοηθούν στην καταγραφή των προσωπικών δεδομένων και στην ανάκτηση πληροφοριών σχετικά με τους καταναλωτές από τους λογαριασμούς κοινωνικών μέσων (π.χ. Facebook, Twitter, Amazon, LinkedIn κ.λπ.) και αυτές

αποτελούν έντονη απειλή για το απόρρητο όπως για παράδειγμα η αποτυχία του Google Glass και η απόσυρσή του το 2015 από την αγορά λόγω πιθανών εισβολών απορρήτου (Rejeb, 2019).

3.7 Προσθετική Κατασκευή και εκτύπωση 3D

Ο όρος προσθετική κατασκευή (Additive Manufacturing - AM) αναφέρεται στο σύνολο των πρόσθετων διαδικασιών παραγωγής που ξεκινούν από ψηφιακά μοντέλα, σε αντίθεση με τις παραδοσιακές τεχνικές. Η τρισδιάστατη εκτύπωση (3D printing) είναι μια μέθοδος προσθετικής κατασκευής στην οποία κατασκευάζονται αντικείμενα μέσω της διαδοχικής πρόσθεσης επάλληλων στρώσεων υλικού.

Η τεχνολογία αυτή χρησιμοποιείται ήδη σε πολλές βιομηχανίες, όπως υγειονομικής περίθαλψης, της αεροδιαστημικής και της άμυνας, της οδοντιατρικής, στα ηλεκτρονικά, στα κοσμήματα κλπ. Η αγορά προσθετικής κατασκευής το 2012, μεταξύ προϊόντων και υπηρεσιών, ανήλθε σε 2,2 δισεκατομμύρια δολάρια, με ρυθμό ανάπτυξης 28,6%. Πιο πρόσφατα, εκτιμήθηκε ότι η παγκόσμια αγορά για την προσθετική κατασκευή αυξήθηκε σε 6,1 δισεκατομμύρια δολάρια το 2016, και εκτιμάται ότι η ευρεία διάδοσή της θα αλλάξει ριζικά τον τομέα της παραγωγής (Mandolla et al., 2019, pp. 135–136) .

Η GE Additive ειδικεύεται στην ανάπτυξη μηχανών Powder Bed Fusion (PBF) για την κατασκευή πρόσθετων μετάλλων. Σε όλες τις μηχανές της GE Additive, η διαδικασία περιλαμβάνει την εξάπλωση του στρώματος μετάλλων σε σκόνη και χρησιμοποιεί είτε δέσμη λέιζερ ή ηλεκτρονίων για τήξη και διάχυση της σκόνης για να δημιουργήσει ένα μέρος. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται έως ότου δημιουργηθεί ολόκληρο το τμήμα. Η χαλαρή ή αχρησιμοποίητη σκόνη αφαιρείται κατά την επεξεργασία και ανακυκλώνεται για την επόμενη κατασκευή (GE, 2020).

Το 2017, η ρωσική εταιρεία Apis Cor παρουσίασε το πρώτο τρισδιάστατο τυπωμένο σπίτι που έχτισαν σε 24 ώρες. Ένα επίτευγμα στον τομέα της αρχιτεκτονικής που δημιουργήθηκε χάρη στον αφαιρούμενο βραχίονα που είναι ικανός να εξωθεί μπετόν. Από τότε, η τρισδιάστατη εκτύπωση δεν σταμάτησε μόνο στη δημιουργία κτιρίων, αλλά άρχισε να επεκτείνεται στη δημιουργία γεφυρών όπως στην Κίνα και την Ολλανδία. Η Σχολή Αρχιτεκτονικής και Πολεοδομίας στο Πανεπιστήμιο Tongji στη Σαγκάη, στο πλαίσιο του «Shanghai Digital Future», δημιούργησε τις πρώτες τρισδιάστατες τυπωμένες γέφυρες πεζών στην Κίνα. Οι δύο γέφυρες ήταν κατασκευασμένες από πλαστικό και έχουν μήκος 11 μέτρα και 4 μέτρα. Επιπλέον, στην Ισπανία

κατασκευάστηκε η τρισδιάστατη τυπωμένη γέφυρα από σκυρόδεμα (Εικόνα 19) και στην Ολλανδία η τρισδιάστατη χαλύβδινη τυπωμένη γέφυρα (3Dnatives, 2020).



Εικόνα 19. Castilla-La Mancha 3D Γέφυρα, Μαδρίτη

[Πηγή : (3Dnatives, 2020)]

Η προσθετική κατασκευή επιφέρει επανάσταση στην παραγωγή ανταλλακτικών καθώς τα ανταλλακτικά μπορούν να κατασκευαστούν ανάλογα με τις ανάγκες στις εγκαταστάσεις που διατηρούνται - ακόμη και επί τόπου, εάν η ζήτηση είναι αρκετά υψηλή ή κρίσιμη. Το μόνο που χρειάζεται είναι οι εκτυπωτές, το λογισμικό, ένα σχέδιο με τις σωστές προδιαγραφές για κάθε μέρος και τα υλικά που απαιτούνται για την παραγωγή του. Οι προδιαγραφές για οποιοδήποτε μέρος, μπορούν να δημιουργηθούν χρησιμοποιώντας τρισδιάστατους σαρωτές λέιζερ και να μεταφραστούν αυτόματα σε κώδικα αναγνώσιμο από εκτυπωτές. Η Mercedes-Benz Trucks ανακοίνωσε την παραγωγή των πρώτων μεταλλικών τρισδιάστατων τυπωμένων ανταλλακτικών για τα κλασικά μοντέλα φορτηγών και μοντέλα Unimog φορτηγών.

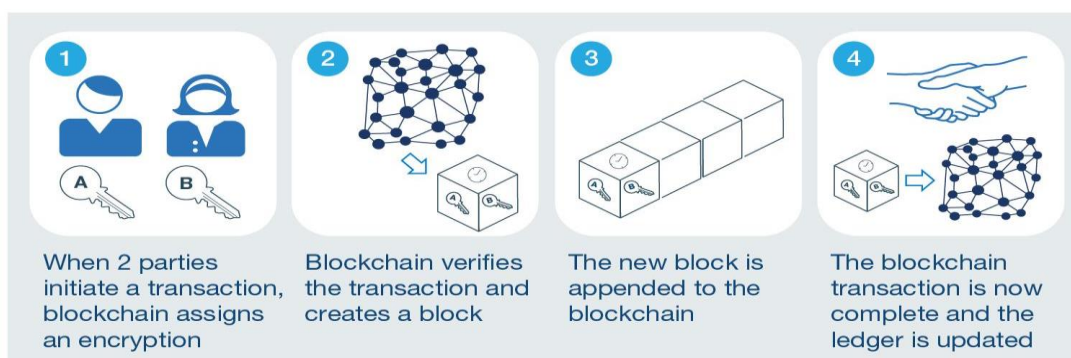
Τα βασικά πλεονεκτήματα είναι η σχεδόν συνολική ελευθερία της διαμορφώσιμης παραγωγής, η μείωση του κόστους παραγωγής, η εξάλειψη των αποβλήτων, η εξαφάνιση του κόστους μεταφοράς (καθώς το προϊόν θα αποσταλεί ηλεκτρονικά στον πελάτη, ο οποίος θα το εκτυπώσει απευθείας στο γραφείο ή στο σπίτι του), οι δραματικές μειώσεις στα αποθέματα ανταλλακτικών και το σχετικό κόστος. Από την άποψη της ανάπτυξης νέων προϊόντων, υπάρχει δραστική μείωση του «χρόνου-προς-αγορά» και μεγάλη ευελιξία αφού επιτρέπει τη δημιουργία προσαρμοσμένων προϊόντων χωρίς επιπλέον κόστος. Ταυτόχρονα, μπορεί κανείς να στραφεί σε διαδικτυακές υπηρεσίες εκτύπωσης

και είτε να ανεβάσει ένα έργο είτε να επιλέξει ένα από έναν κατάλογο, αφού το τυπώσει στο επιθυμητό υλικό και να παραδοθεί απευθείας (Mandolla et al., 2019, pp. 135–136).

3.8 Blockchain – Αλυσίδες Συστοιχιών

Η τεχνολογία με την ονομασία Αλυσίδες Συστοιχιών (Blockchain) παρουσιάστηκε από τον Satoshi Nakamoto το 2008. Η πιο δημοφιλής εφαρμογή της τεχνολογίας Αλυσίδων Συστοιχιών είναι το Bitcoin, ένα νομισματικό σύστημα που έχει εισχωρήσει με καταγιστικούς ρυθμούς σε πολλούς τεχνολογικούς εμπόρους. Η Αλυσίδα Συστοιχιών είναι μια κατανεμημένη βάση δεδομένων που περιέχει αρχεία ψηφιακών δεδομένων ή γεγονότων με τρόπο που τους καθιστά ανθεκτικούς στην παραβίαση. Πολλοί χρήστες μπορούν να έχουν πρόσβαση, να επιθεωρούν ή να προσθέσουν δεδομένα όμως δεν μπορούν να τα αλλάξουν ή να τα διαγράψουν (Εικόνα 20). Οι αρχικές πληροφορίες παραμένουν, αφήνοντας ένα μόνιμο και δημόσιο «μονοπάτι» πληροφοριών ή αλυσίδα των συναλλαγών -εξ ου και ο όρος "blockchain".

How to create a blockchain transaction



McKinsey&Company

Εικόνα 20. Συναλλαγή με τεχνολογία Blockchain

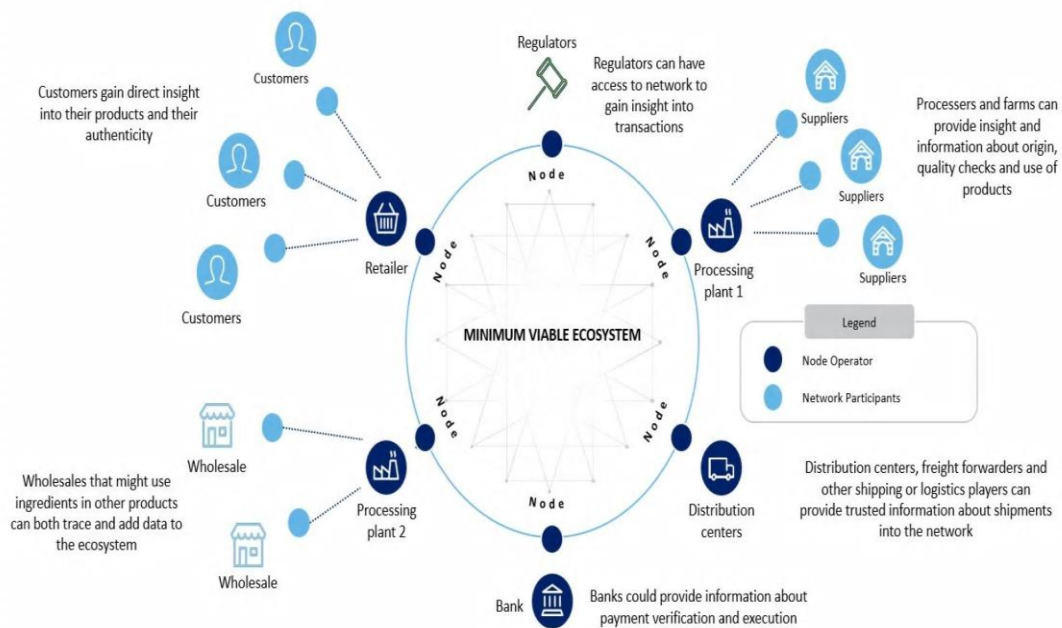
[Πηγή: (McKinsey & Company, 2020b)]

Οι Αλυσίδες Συστοιχιών είναι δύο ειδών : χωρίς άδεια (δημόσιο blockchain) και κατόπιν αδείας (ιδιωτικό blockchain). Στη δημόσια Αλυσίδα Συστοιχιών, ένας άγνωστος χρήστης μπορεί να ενθαρρύνει τους συμμετέχοντες να προσχωρήσουν στο δίκτυο. Το Bitcoin και το Ethereum είναι παραδείγματα δημόσιων Αλυσίδων Συστοιχιών. Στη Αλυσίδα Συστοιχιών κατόπιν αδείας, ένα μέλος πρέπει να λάβει μια πρόσκληση ή άδεια για συμμετοχή, όπου μια ομάδα συμμετεχόντων ή ένας οργανισμός ελέγχει την πρόσβαση (Ghode et al., 2020, pp. 438–439) . Μια υβριδική Αλυσίδα Συστοιχιών θα μπορούσε επίσης να αναπτυχθεί για να συνδυάσει τα πλεονεκτήματα τόσο της ιδιωτικής

όσο και της δημόσιας Αλυσίδας Συστοιχιών, το οποίο προσφέρει ένα τέλειο σύστημα εξουσιοδότησης για τους συμμετέχοντες στους κόμβους και για τον έλεγχο της πρόσβασης στα δεδομένα (Li et al., 2019, p. 968).

Τα βασικά οφέλη της Αλυσίδας Συστοιχιών για τις επιχειρήσεις είναι η εξοικονόμηση χρόνου καθώς η επαλήθευση συναλλαγών από την κεντρική αρχή παραμερίζεται, γίνεται εξοικονόμηση κόστους καθώς οι διαμεσολαβητές μειώνονται, τα αντίγραφα εξαλείφονται σε ένα αυτο-οργανωμένο δίκτυο και είναι πλήρως ασφαλές καθώς αποφεύγει την παραβίαση, την απάτη και το έγκλημα στον κυβερνοχώρο (Ghode et al., 2020, pp. 438–439).

Ορισμένες αλυσίδες εφοδιασμού χρησιμοποιούν ήδη την τεχνολογία, και οι εμπειρογνώμονες θεωρούν ότι θα μπορούσε να γίνει ένα καθολικό "λειτουργικό σύστημα εφοδιαστικής αλυσίδας". Η Αλυσίδα Συστοιχιών μπορεί επίσης να βοηθήσει τον τομέα παραγωγής να αποκτήσει καλύτερο έλεγχο των κυβερνητικών κανονισμών, καθώς όλες οι νόμιμες συναλλαγές αποθηκεύονται κρυπτογραφικά. Επιπλέον, οι εταιρείες παραγωγής μπορούν να καινοτομήσουν στις σειρές προϊόντων τους ταχύτερα και με χαμηλότερο κόστος, να ελέγξουν τα πλαστά εξαρτήματα και να καταπολεμήσουν τα ζητήματα διαφάνειας της αλυσίδας εφοδιασμού (Εικόνα 21) (Banerjee, 2018, pp. 72–81).



Εικόνα 21. Blockchain την Εφοδιαστική Αλυσίδα

[Πηγή: (Deloitte Greece)]

Οι Banerjee et al (2018) αναφέρουν στην έρευνά τους ότι για να βελτιωθεί η διαφάνεια και να μειωθούν οι μεσάζοντες, οι Maersk και IBM ανέπτυξαν από κοινού μια παγκόσμια πλατφόρμα ψηφιακού μετασχηματισμού εμπορίου με βάση την Αλυσίδα Συστοιχιών. Το λιμάνι Χιούστον (ΗΠΑ), η τελωνειακή προστασία των συνόρων των ΗΠΑ, το κοινοτικό σύστημα του λιμένα του Ρότερνταμ και η τελωνειακή διοίκηση της Ολλανδίας θα είναι μέρος αυτού του δικτύου, με απρόσκοπτη μεταφορά αγαθών από μια τοποθεσία σε άλλη χωρίς έντυπα έγγραφα, οδηγώντας σε πράσινες πρωτοβουλίες για την προστασία του πλανήτη. Η Αλυσίδα Συστοιχιών εξομαλύνει και επιταχύνει τη διαδικασία εκτελωνισμού, τον χρόνο παράδοσης και ελέγχου πλοίων, ενώ όταν συμβαίνουν φυσικές καταστροφές, μπορεί να γίνεται άμεσα επαναπροσδιορισμός για εναλλακτικές διαδρομές, προμηθευτές, και προϊόντα εντός του δικτύου. Το 2017, η Samsung ξεκίνησε μια κοινοπραξία Αλυσίδας Συστοιχιών που περιλαμβάνει την Τελωνειακή Υπηρεσία της Κορέας και το Υπουργείο Ωκεανών και Αλιείας της Κορέας. Στην ίδια έρευνα αναφέρεται και το λιμάνι της Αμβέρσας στο Βέλγιο που δοκιμάζει τη χρήση Αλυσίδας Συστοιχιών για την αυτοματοποίηση και τον εξορθολογισμό των εμπορευματοκιβωτίων στον τερματικό του. Η Αλυσίδα Συστοιχιών της Transport Alliance (BiTA) παρέχει μια πλατφόρμα για την τυποποίηση και την ανάπτυξη λύσεων που σχετίζονται με τις μεταφορές. Μερικά από τα μέλη του είναι οι : UPS, Fedex, SAP, BNSF, Salesforce, Schneider, JD.com και Penske (Banerjee, 2018, pp. 72–81).

Η Provenance, η Sourcemap και η Owlchain παρέχουν στους καταναλωτές άμεσες πληροφορίες σχετικά με την πηγή των προϊόντων και τη φυσική τους κίνηση. Η Hyperledger Sawtooth καταγράφει το ταξίδι των θαλασσινών προϊόντων της από την προέλευσή τους, όπου αλιεύονται, μέχρι τον τελικό καταναλωτή, καθώς και θερμοκρασία, υγρασία μεταξύ άλλων. Η Αλυσίδα Συστοιχιών της Everledger παρέχει πληροφορίες προέλευσης διαμαντιών με ψηφιακή εγγραφή φυσικού διαμαντιού, καταγράφοντας χαρακτηριστικά όπως το χρώμα, το καράτι και τον αριθμό πιστοποιητικού, το οποίο είναι χαραγμένο στο διαμάντι μέσω λέιζερ. Η Walmart δοκίμασε μια εφαρμογή που ανιχνεύει χοιρινό στην Κίνα και παράγεται στις ΗΠΑ, για τον έλεγχο ταυτότητας συναλλαγών και την ακρίβεια και αποτελεσματικότητα της τήρησης αρχείων.

Η ασφαλιστική εταιρεία Proof of insurance δοκιμάζει επί του παρόντος μια λύση Αλυσίδας Συστοιχιών για να παρέχει αποδεικτικά στοιχεία ασφάλισης που ονομάζονται RiskBlock. Αυτό το εργαλείο, θα βοηθήσει στην επιβολή του νόμου, τους ασφαλισμένους

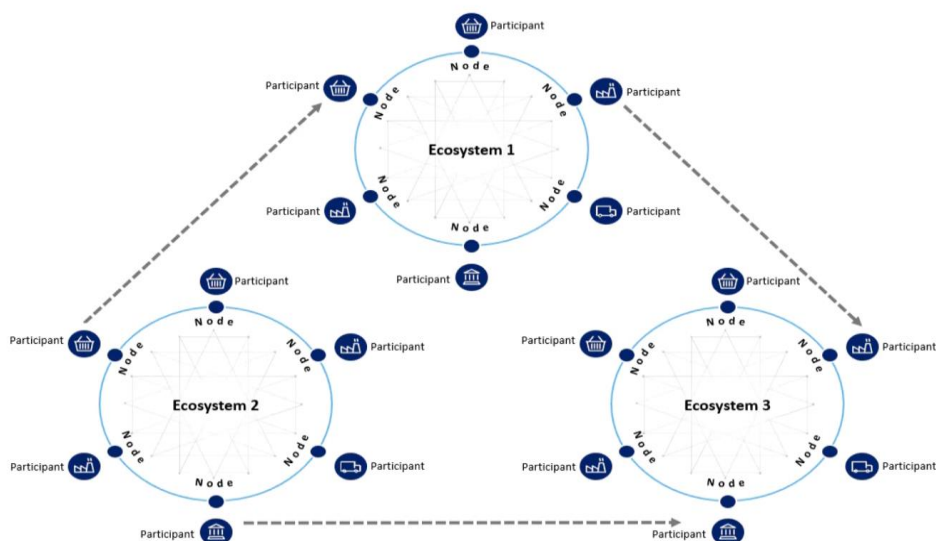
και τους ασφαλιστές να επαληθεύσουν την ασφαλιστική κάλυψη σε πραγματικό χρόνο και να επιταχύνουν την επεξεργασία των απαιτήσεων. Η MedRec προκειμένου να παρέχει στους φορείς ιατρικών υπηρεσιών ασφαλή πρόσβαση στα αρχεία των ασθενών, χρησιμοποιεί Αλυσίδα Συστοιχιών για εξοικονόμηση χρόνου, χρημάτων και επαναλήψεων στις διαδικασίες μεταξύ διαφόρων εγκαταστάσεων και παρόχων. Οι ασθενείς θα μπορούσαν επίσης να έχουν πρόσβαση στα ανώνυμα ιατρικά αρχεία τους για να χρησιμοποιηθούν για έρευνα. Η Ripple στοχεύει να είναι ένας παγκόσμιος πάροχος λύσεων πληρωμών συνδέοντας τράπεζες, παρόχους πληρωμών, εταιρίες και ψηφιακές ανταλλαγές περιουσιακών στοιχείων, ώστε να επιτρέπεται η άμεση, κατά παραγγελία διευθέτηση σε παγκόσμιο επίπεδο (Matt, 2018).

Η Microsoft συνεργάστηκε με τη Mojix (κορυφαίος πάροχος λύσεων RFID και Διαδικτύου των πραγμάτων) για να αξιοποιήσει τη δημόσια πλατφόρμα υπολογιστικού νέφους, Azure, και να παρέχει λύσεις Αλυσίδας Συστοιχιών ως υπηρεσίες για εμπόρους λιανικής και διανομείς. Τα υλικά σαρώνονται όταν περνούν από συγκεκριμένα σημεία ελέγχου και αυτές οι πληροφορίες συλλαμβάνονται χρησιμοποιώντας τεχνολογίες Mojix και ωθούνται στην Αλυσίδα Συστοιχιών Azure (Banerjee, 2018, pp. 82–92). Η BHP παρουσιάζει μια λύση Αλυσίδας Συστοιχιών που αντικαθιστά υπολογιστικά φύλλα για την παρακολούθηση δειγμάτων εσωτερικά και εξωτερικά από μια σειρά παρόχων (McKinsey & Company, 2020a).

Η Αλυσίδα Συστοιχιών μπορεί να διαδραματίσει ζωτικό ρόλο στη ΔΕΑ καθώς είναι μια μοναδική αξιόπιστη πηγή που συμβάλει στην ομαλή κοινή χρήση δεδομένων και επίλυσης διαφορών. Η σχέση δεν περιορίζεται μόνο στην ανταλλαγή χρηματοοικονομικών και μάρκετινγκ, αλλά και σε κοινωνική συναλλαγή. Φέρνει τους συμμετέχοντες της ΕΑ κοντά, ακόμη και με διαφορετική ζώνη ώρας και απόσταση μεταξύ τους, χτίζοντας σχέσεις εμπιστοσύνης με όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη. Γεφυρώνει τα κενά στην τεχνολογία, προσφέροντας διαφορετικά επίπεδα ορατότητας και ελέγχει τη γνησιότητα και τη συνάφεια μεταξύ διαφόρων συστημάτων ERP, ώστε να μπορούν να ενσωματωθούν αποτελεσματικά. Ο συνδυασμός προσβασιμότητας, διαφάνειας και απόρρητου επιτρέπει την ολοκλήρωση εργασιών με οικονομικό και σύντομο τρόπο χωρίς διατάραξη της ροής καθημερινών διαδικασιών.

Το εύρος της ευελιξίας, η κοινή επίλυση προβλημάτων, η εθελοντική ανταλλαγή πληροφοριών και ο έλεγχος βελτιώνει τις σχέσεις προμηθευτών, τη διαχείριση πελατών και τα περιθώρια κέρδους ενώ παράλληλα εξοικονομεί κόστος και δημιουργεί αξία για

όλα τα μέλη (Ghode et al., 2020, pp. 439–442). Οι λύσεις Αλυσίδων Συστοιχιών μπορούν να τέμνουν πολλαπλά οικοσυστήματα στις παγκόσμιες αλυσίδες εφοδιασμού για μια ολιστική παγκόσμια συνεργασία. Όταν συνδυάζεται με το Διαδίκτυο των πραγμάτων, η Αλυσίδα Συστοιχιών μπορεί να οδηγήσει την άμεση κοινή χρήση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο και ακριβείς ενημερώσεις (Εικόνα 22).



Εικόνα 22. Ολοκλήρωση Εφοδιαστικών οικοσυστημάτων με χρήση Blockchain

[Πηγή: (Deloitte Greece)]

Φυσικά, όπως και με οποιαδήποτε νέα τεχνολογία, η Αλυσίδα Συστοιχιών έχει προκλήσεις στην υιοθέτησή της. Ορισμένα ζητήματα που πρέπει να αντιμετωπιστούν είναι :

- **Η υποδομή και το δίκτυο:** διαδικτυακές συναλλαγές, επικοινωνία και αποθήκευση δεδομένων που καταναλώνουν σημαντικό εύρος ζώνης στο Διαδίκτυο και ισχύ CPU, κάτι που μπορεί να είναι δύσκολο στις αναπτυσσόμενες και ανεπτυγμένες οικονομίες. Για παράδειγμα, έχει αναφερθεί ότι η χρήση ενέργειας του δικτύου που χρησιμοποιείται για την παρακολούθηση και επαλήθευση των συναλλαγών Bitcoin ήταν περίπου 30 terrawatts το 2017. Συγκριτικά, ολόκληρη η χώρα της Ιρλανδίας χρησιμοποίησε 24 terrawatts την ίδια χρονική περίοδο (Pitou, 2018).
- **Η διαλειτουργικότητα** καθώς πρέπει να λειτουργεί απρόσκοπτα σε ERP και άλλα συστήματα Αλυσίδων Συστοιχιών.

- **Η διαδικασία επαλήθευσης και η ισορροπία μεταξύ διαφάνειας και εμπιστευτικότητας των δεδομένων.** Επιπλέον, ενδέχεται να προκύψουν προβλήματα όπως αμφισβητούμενες συναλλαγές, εσφαλμένες διευθύνσεις, έκθεση ή απώλεια ιδιωτικών κωδικών, σφάλματα εισαγωγής δεδομένων ή άλλες απροσδόκητες αλλαγές (Ghode et al., 2020, pp. 439–442).
- **Η ασφάλεια δεδομένων** προκαλεί ανησυχία καθώς τα δεδομένα κοινοποιούνται εκτός της επιχείρησης.
- **Κόστος ενεργοποίησης και συντήρησης** καθώς η συντήρηση των κόμβων, ιδίως για συναλλαγές μεγάλου όγκου, αποτελούν σημαντικό κόστος και πρέπει να προσδιοριστούν με σαφήνεια στις έξυπνες συμβάσεις.
- **Κόστος αποθήκευσης δεδομένων** (δεδομένα ανά συναλλαγή): Τα δεδομένα Αλυσίδας Συστοιχιών αποθηκεύονται στο νέφος. Η αόριστη διατήρηση δεδομένων είναι δαπανηρή και τα μοντέλα δεδομένων πρέπει να εξελιχθούν.
- **Καθυστέρηση επικύρωσης δεδομένων:** Σε μια Αλυσίδα Συστοιχιών ανοιχτού δικτύου, τα μπλοκ δεδομένων βρίσκονται σε ουρά και επικυρώνονται για κάθε συναλλαγή. Ιδανικά, η καθυστέρηση πρέπει να διαρκεί δευτερόλεπτα, για να υποστηρίξει επιχειρηματικές αποφάσεις και ενέργειες.
- **Περιορισμός μεγέθους ωφέλιμου φορτίου:** Καθώς το ωφέλιμο φορτίο δεν είναι άπειρο, θα υπάρξουν συναλλαγές που καθίστανται άκυρες λόγω του μεγέθους.
- **Κανονιστικό και νομικό πλαίσιο:** Η ποικιλομορφία στις κυβερνητικές πολιτικές ανά χώρα και η έλλειψη ενός παγκόσμιου κανονιστικού πλαισίου θέτει προκλήσεις για την παγκόσμια αποδοχή και υιοθέτηση (Banerjee, 2018, pp. 92–95).
- **Ενέργεια λειτουργίας:** Λόγω της πολύπλοκης κρυπτογραφίας που πρέπει να «λυθεί» από τους υπολογιστές ώστε να καταστούν τα δεδομένα προσβάσιμα. Αυτό έχει υψηλό κόστος για το περιβάλλον, αν και θα μπορούσε να αντισταθμιστεί με τη μετάβαση σε καθαρότερη και ανανεώσιμη ενέργεια. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο χώρες όπως η Ισλανδία με τεράστιες προμήθειες γεωθερμικής ενέργειας έχουν γίνει κομβικά σημεία της δραστηριότητας εξόρυξης bitcoin (Pitou, 2018) .
- **Προτυποποίηση:** Τα πρότυπα Αλυσίδων Συστοιχιών εξακολουθούν να καθορίζονται καθώς πολλά διαφορετικά πρωτόκολλα ανταγωνίζονται επί του παρόντος μεταξύ τους.

3.9 Υπολογιστική Νέφους και Άκρων

Η τεχνολογία υπολογιστικού νέφους (Cloud Computing) αφορά στην χρήση ενός δικτύου απομακρυσμένων διακομιστών (servers) που συνδέονται μέσω διαδικτύου για την αποθήκευση και την επεξεργασία δεδομένων, αντί ενός τοπικού διακομιστή ή ενός προσωπικού υπολογιστή. Η συγκεκριμένη μέθοδος δίνει τη δυνατότητα σε κάθε είδους επιχείρηση να αναπτύσσει εφαρμογές και να προσφέρει υπηρεσίες χωρίς το κόστος εγκαταστάσεων. Οι Hompel et al. (2015) ορίζουν το υπολογιστικό νέφος ως :

«Ένα μοντέλο που επιτρέπει την εύκολη πρόσβαση στο δίκτυο κατ' απαίτηση σε μια κοινόχρηστη ομάδα διαμορφώσιμων πόρων υπολογιστών (π.χ., δίκτυα, διακομιστές, αποθηκευτικούς χώρους, εφαρμογές και υπηρεσίες) που μπορούν να παρέχονται και να απελευθερώνονται γρήγορα με ελάχιστη προσπάθεια διαχείρισης ή αλληλεπίδραση παρόχου υπηρεσιών.»

Η παροχή υπηρεσιών υπολογιστικού νέφους λαμβάνει συνήθως τρεις μορφές:

- η υποδομή ως υπηρεσία (Infrastructure as a Service - IaaS) που αφορά στην παροχή συστημάτων πληροφορικής, δηλαδή εικονικών μηχανών, αποθήκευσης, δικτύωσης και υποκείμενης υπολογιστικής ισχύος (π.χ Amazon's Elastic Compute Cloud).
- η πλατφόρμα ως υπηρεσία (Platform as a Service - PaaS) που αφορά στην παροχή εργαλείων για την ανάπτυξη προσαρμοσμένων εφαρμογών σε μια πλατφόρμα υπολογιστικού νέφους (π.χ Microsoft Windows Azure).
- το λογισμικό ως υπηρεσία (Software as a Service - SaaS) που αφορά σε ολοκληρωμένο λογισμικό το οποίο είναι συνήθως άμεσα διαθέσιμο μέσω ενός προγράμματος περιήγησης στο Web, συνήθως με συνδρομή για πρόσβαση (π.χ, Salesforce CRM - Customer Relationship Management).

Αυτά παρέχουν στις συσκευές σχεδόν απεριόριστες δυνατότητες όσον αφορά την αποθήκευση και την επεξεργαστική ισχύ (Cloudfare, 2020).

Το υπολογιστικό νέφος παρέχει τη δυνατότητα κλιμάκωσης των υπολογιστικών ικανοτήτων - οριζόντια και κάθετα στην αλυσίδα - κατά παραγγελία προσφέροντας ελαστικότητα ανάλογα με την πραγματική ζήτηση. Αυτό το χαρακτηριστικό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τις εταιρείες που οι παραγγελίες τους είναι εποχιακές με περιόδους αιχμής της ζήτησης. Επιπλέον, οι πολιτικές χρέωσης είναι ελαστικές.

Το Netflix λόγω της υπηρεσίας ροής κατά παραγγελία, αντιμετωπίζει μεγάλες αυξήσεις στο φορτίο του διακομιστή σε ώρες αιχμής. Η κίνηση μετεγκατάστασης από εσωτερικά κέντρα δεδομένων στο νέφος επέτρεψε στην εταιρεία να επεκτείνει σημαντικά την πελατειακή της βάση χωρίς να χρειάζεται να επενδύσει στη ρύθμιση και τη συντήρηση δαπανηρών υποδομών. Τα Google Apps, το Twitter, το Facebook και το Flickr, έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως στην καθημερινή μας ζωή. Οι περισσότερες εφαρμογές ανταλλαγής μηνυμάτων και κλήσεων όπως το Skype και το WhatsApp βασίζονται επίσης σε υποδομή νέφους. Όλα τα μηνύματα και οι πληροφορίες αποθηκεύονται στο υλικό του παρόχου υπηρεσιών και όχι στην προσωπική συσκευή του χρήστη ώστε να έχει πρόσβαση στις πληροφορίες από οπουδήποτε μέσω του Διαδικτύου. Η ανάκτηση πραγματοποιείται επίσης γρηγορότερα στο νέφος, επειδή τα δεδομένα αποθηκεύονται μέσω δικτύου φυσικών διακομιστών και όχι σε ένα κέντρο δεδομένων επιτόπου. Το Dropbox, το Google Drive και το Amazon S3 είναι δημοφιλή παραδείγματα λύσεων δημιουργίας αντιγράφων ασφαλείας στο νέφος. Επιπλέον, το υπολογιστικό νέφος επιτρέπει στους επιστήμονες δεδομένων να αξιοποιήσουν οποιαδήποτε οργανωτικά δεδομένα και να αναλύσουν για μοτίβα και πληροφορίες, να βρουν συσχετισμούς να κάνουν προβλέψεις, να προβλέψουν μελλοντική κρίση και να βοηθήσουν στη λήψη αποφάσεων που υποστηρίζονται από δεδομένα. Οι υπηρεσίες τεχνολογίας υπολογιστικού νέφους καθιστούν δυνατή την εξόρυξη τεράστιων ποσοτήτων δεδομένων παρέχοντας υψηλότερη ισχύ επεξεργασίας και εξελιγμένα εργαλεία. Υπάρχουν πολλά εργαλεία μεγάλων δεδομένων ανοιχτού κώδικα που βασίζονται στο νέφος, όπως για παράδειγμα το Hadoop, Cassandra, HPCC κ.λπ. Χωρίς το νέφος, είναι πολύ δύσκολο να συλλέξουν και να αναλύσουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο, ειδικά για μικρές εταιρείες (NewGenApps, 2020).

Το γερμανικό Efficiency Cluster Logistics Ruhr (www.effizienzcluster.de) έχει κηρύξει την ανάπτυξη ενός νέφους logistics ως στρατηγικού του στόχου (Hompel et al., 2015, pp. 13–15). Επιπλέον, οι κλιμακωτές υποδομές επηρεάζουν σημαντικά τον τρόπο λειτουργίας των επιχειρήσεων όπως για παράδειγμα : το Google File System, MapReduce, Apache Hadoop, Apache Spark, και ούτω καθεξής (Shi et al., 2016, p. 637). Προμηθευτές όπως οι SAP SE, Oracle Corporation, Epicor Software Corporation, Infor ή Manhattan Associate έχουν εφαρμόσει λύσεις νέφους στα κορυφαία προϊόντα τους για την αλυσίδα εφοδιασμού για μεγάλο χρονικό διάστημα (Szymczak, 2019, p. 363).

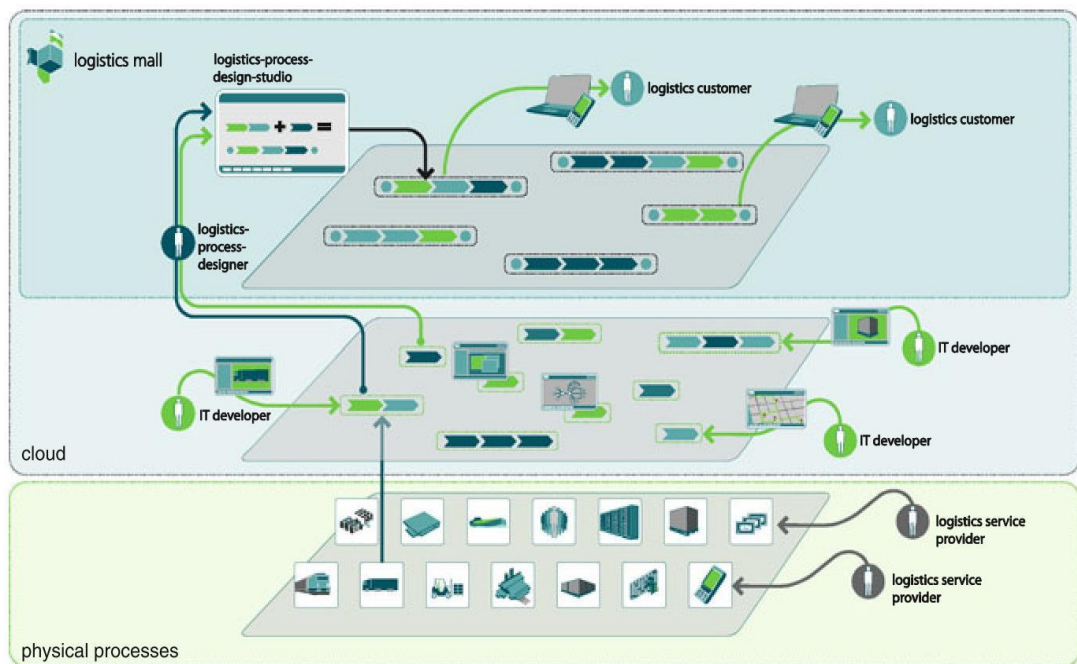
Οι Hompel et al. (2015) ανέλυσαν ένα μοντέλο παροχής υπηρεσιών που παρέχει ολοκληρωμένες επιχειρηματικές διαδικασίες και ορίζεται ως επιχειρηματική διαδικασία ως υπηρεσία (Business Process as a Services - BPaaS). Η συνδυασμένη χρήση της εφοδιαστικής και της τεχνολογίας πληροφορικής οδήγησαν σε μια πλατφόρμα προσανατολισμένη στις υπηρεσίες: το Logistics Mall (Εικόνα 23).



Εικόνα 23. Logistics Mall

[Πηγή : Hompel et al., 2015]

Το Logistics Mall, του Fraunhofer Innovation Cluster "Cloud Computing for Logistics", επικεντρώνεται στη μοντελοποίηση και την αυτόματη εκτέλεση διαδικασιών που βασίζονται σε πολλές υπηρεσίες πληροφορικής, οι οποίες μπορούν να προσφερθούν χρησιμοποιώντας μια ενιαία πλατφόρμα νέφους (Hompel et al., 2015, pp. 18–19). Η στενή συνεργασία συνέδεσε την εφοδιαστική και την πληροφορική και χρησιμοποίησε τις συνέργειες και από τους δύο τομείς εμπειρογνωμοσύνης για την επίτευξη των στόχων του έργου (Εικόνα 24).



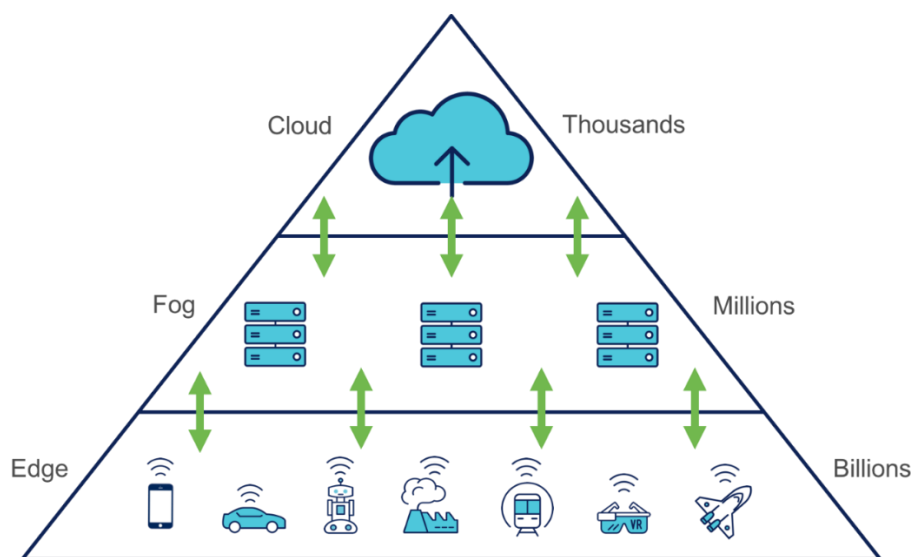
Εικόνα 24. Cloud Computing for Logistics

[Πηγή: Hompel et al., 2015]

Το νέφος συμβάλλει σημαντικά στη δημιουργία μιας ενοποιημένης πλατφόρμας για την διαχείριση της ΕΑ με διαδικτυακή ορατότητα, στη δημιουργία συστημάτων φυσικής ασφάλειας στον κυβερνοχώρο και επιτρέπει πραγματική και ενεργή συμπερίληψη διαδικασιών επιτόπιων υπηρεσιών στους εμπλεκόμενους στην αλυσίδα εφοδιασμού καθώς και στον τελικό πελάτη. Οι εταιρείες μπορούν να μειώσουν το οικολογικό τους αποτύπωμα, επειδή το νέφος τους βοηθά να χρησιμοποιούν τους πόρους και τα συστήματά τους βέλτιστα και αποτελεσματικά.

Από την άλλη πλευρά, επισημαίνεται ότι ο κύριος περιορισμός υιοθέτησης είναι να καθοριστεί ποιο ποσοστό μιας τοπικά διαθέσιμης φυσικής υπολογιστικής ικανότητας θα μετακινηθεί σε συστήματα νέφους, καθώς ανησυχίες σχετικά με την ασφάλεια δεδομένων, τις εσωτερικές πολιτικές πληροφορικής ή ακόμη και την πιθανότητα πτώχευσης μιας εταιρείας παροχής υπηρεσιών υπολογιστικού νέφους μπορεί να επηρεάσει την δεδομένα που αποθηκεύονται σε αυτό, περιορίζοντας τη χρήση του σε μη στρατηγικές πληροφορίες (Dalmarco et al., 2019, pp. 5–6).

Οι λύσεις υπολογιστικού νέφους μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο κατηγορίες: την υπολογιστική ομίχλης (Fog computing) και την υπολογιστική άκρων (Edge computing) (Εικόνα 25).



Εικόνα 25. Σχέση των Edge - Cloud - Fog Computing

[Πηγή: (Afonso, 2018)]

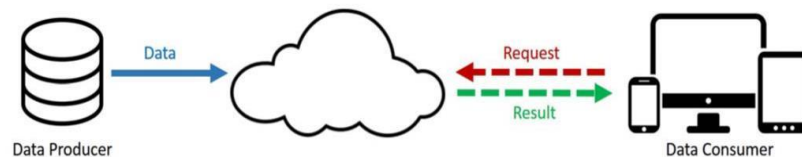
Η υπολογιστική ομίχλης παρουσιάστηκε για πρώτη φορά από τη Cisco το 2012, για να περιγράψει ένα πλαίσιο επεξεργασίας, αποθήκευσης και διασύνδεσης για την υποστήριξη εφαρμογών Διαδικτύου των πραγμάτων.

Ο συγκεκριμένος όρος επισημαίνει, μεταφορικά, ότι οι υπολογιστικοί πόροι είναι κοντά στις πηγές δεδομένων, σε αντίθεση με το νέφος, στο οποίο οι υπολογιστικοί πόροι είναι συγκεντρωτικοί και απομακρυσμένοι. Το κύριο χαρακτηριστικό της υπολογιστικής ομίχλης είναι η ικανότητά της να υποστηρίζει εφαρμογές που απαιτούν χαμηλό λανθάνοντα χρόνο, επίγνωση τοποθεσίας και κινητικότητα. Για παράδειγμα, ένα έξυπνο τηλέφωνο είναι το φυσικό σημείο διεπαφής (άκρο) μεταξύ του πραγματικού κόσμου και του νέφους. Με το συντονισμό και τη διαχείριση των πόρων υπολογισμού και αποθήκευσης που βρίσκονται στο άκρο του δικτύου, η υπολογιστική ομίχλης μπορεί να αντιμετωπίσει την ολοένα αυξανόμενη ζήτηση για αναλυτικά στοιχεία σε πραγματικό χρόνο στη παγκόσμια διαχείριση αλυσίδας εφοδιασμού (Musa and Vidyasankar, 2017, p. 179).

Η υπολογιστική άκρων (Edge computing) αναφέρεται στις τεχνολογίες που επιτρέπουν στις υπολογιστικές διαδικασίες να εκτελούνται στο φυσικό άκρο του δικτύου, τόσο σε δεδομένα downstream για λογαριασμό υπηρεσιών νέφους όσο και για δεδομένα upstream για λογαριασμό υπηρεσιών Διαδικτύου των πραγμάτων. Για παράδειγμα, μια πύλη σε ένα έξυπνο σπίτι είναι το άκρο διασύνδεσης των οικιακών συσκευών και του νέφους, ενώ ένα κέντρο μικρό-δεδομένων και ένα cloudlet είναι το άκρο μεταξύ μιας κινητής

συσκευής και του νέφους. Η έμφαση στη συγκεκριμένη προσέγγιση έγκειται στο ότι ο υπολογισμός πρέπει να συμβαίνει κοντά στις πηγές δεδομένων και εστιάζει περισσότερο στην πλευρά των πραγμάτων, ενώ η υπολογιστική ομίχλης εστιάζει περισσότερο στην πλευρά της υποδομής (Shi et al., 2016, p. 638).

Η εφαρμογή της υπολογιστικής άκρων απαιτεί καλή υποδομή μεταφοράς δεδομένων καθώς με την αυξανόμενη ποσότητα δεδομένων που παράγονται στα άκρα, η μεταφορά των δεδομένων μπορεί να αποτελέσει εμπόδιο για την επεξεργασία στο νέφος. Για παράδειγμα, μέχρι και 5 Gigabyte δεδομένων μπορούν να παράγονται από ένα Boeing 787 κάθε δευτερόλεπτο, αλλά το εύρος ζώνης μεταξύ του αεροπλάνου και του δορυφόρου ή του σταθμού βάσης στο έδαφος δεν είναι αρκετά μεγάλο για τη μετάδοση όλου του όγκου δεδομένων. Ένα άλλο παράδειγμα είναι ένα αυτόνομο όχημα που μπορεί να παράγει δεδομένα με ρυθμό ένα Gigabyte κάθε δευτερόλεπτο και απαιτεί επεξεργασία σε πραγματικό χρόνο για να λάβει το όχημα σωστές αποφάσεις. Εάν όλα τα δεδομένα πρέπει να σταλούν στο νέφος για επεξεργασία, ο χρόνος απόκρισης θα ήταν πολύ μεγάλος (Shi et al., 2016, pp. 637–638).

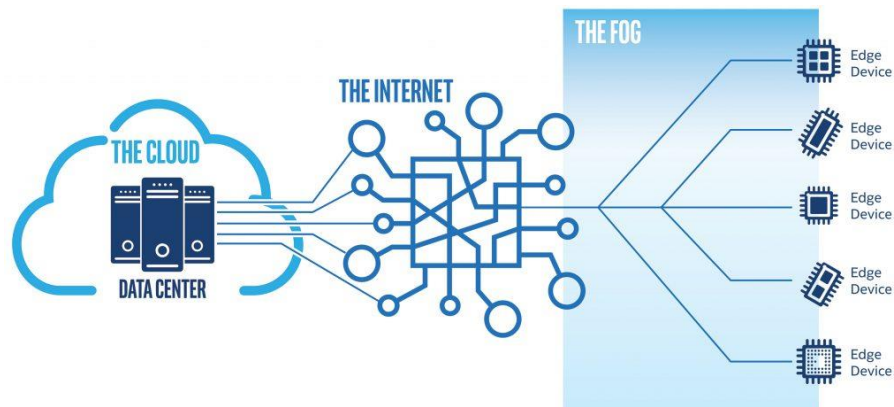


Εικόνα 26. Edge Computing

[Πηγή: Shi, Cao et al. 2016]

Επιπλέον η μεταφορά δεδομένων από τον καταναλωτή στον παραγωγό απαιτεί τοποθέτηση περισσότερων λειτουργιών στο άκρο (Εικόνα 26). Για παράδειγμα, οι άνθρωποι σήμερα τραβούν φωτογραφίες ή βίντεο, στη συνέχεια μοιράζονται τα δεδομένα μέσω μιας υπηρεσίας νέφους όπως το YouTube, το Facebook, το Twitter ή το Instagram. Σε αυτήν την περίπτωση, το αρχείο πρέπει να αποσυνδεθεί και να προσαρμοστεί στην κατάλληλη ανάλυση στο άκρο πριν από τη μεταφόρτωση στο νέφος. Ένα άλλο παράδειγμα είναι οι φορητές συσκευές υγείας. Δεδομένου ότι τα φυσικά δεδομένα που συλλέγονται από αυτές είναι συνήθως ιδιωτικού χαρακτήρα, η επεξεργασία των δεδομένων στο άκρο θα μπορούσε να προστατεύσει το απόρρητο των χρηστών καλύτερα

από τη μεταφόρτωση ανεπεξέργαστων δεδομένων στο νέφος (Εικόνα 27) (Shi et al., 2016, pp. 637–638).



Εικόνα 27. Cloud Computing

[Πηγή: (Seguel, 2019)]

3.10 Ψηφιακό Δίδυμο

Ο όρος ψηφιακό δίδυμο (Digital Twin – DT) παρουσιάστηκε για πρώτη φορά από τον Michael Grieves σε μια παρουσίαση του 2003 σχετικά με τη διαχείριση του κύκλου ζωής των προϊόντων (Product Lifecycle Management - PLM) στο Πανεπιστήμιο του Μίσιγκαν. Προκειμένου να επιλυθούν όλο και πιο περίπλοκα προβλήματα μηχανικού συστήματος, η Εθνική Διοίκηση Αεροναυτικής και Διαστήματος (National Aeronautics and Space Administration - NASA) και η Πολεμική Αεροπορία των ΗΠΑ εφάρμοσαν το ψηφιακό δίδυμο στη συντήρηση των αεροδιαστημικών τους οχημάτων.

Το ψηφιακό δίδυμο είναι το εικονικό μοντέλο, το οποίο ενσωματώνει γεωμετρία, δομή, συμπεριφορά, κανόνες και λειτουργικές ιδιότητες και αντιπροσωπεύει ένα συγκεκριμένο φυσικό αντικείμενο.

Πρόσφατα, το ψηφιακά δίδυμα έχουν υιοθετηθεί σε διάφορους κλάδους για σκοπούς όπως ο σχεδιασμός προϊόντων, ο σχεδιασμός γραμμής παραγωγής, τα καταστήματα, η βελτιστοποίηση της διαδικασίας παραγωγής και η πρόγνωση και η διαχείριση της υγείας. Οι βιομηχανικές πρακτικές του ψηφιακού δίδυμου μπορούν επίσης να παρατηρηθούν σε πολλές μεγάλες επιχειρήσεις, όπως η General Electric, η Siemens, η PTC, η Dassault Systems και η Tesla, οι οποίες τα χρησιμοποιούν για να αυξήσουν την απόδοση των προϊόντων τους, την ευελιξία κατασκευής και την ανταγωνιστικότητά τους (Tao et al., 2019, pp. 654–656).

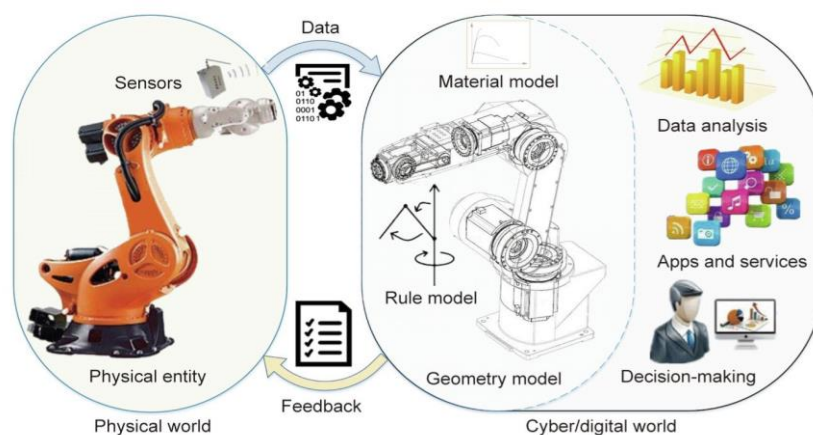


Εικόνα 28. Παραδείγματα Ψηφιακών Διδύμων

[Πηγή:(Norlean, 2020), (TWI, 2020)]

Τα ψηφιακά δίδυμα γίνονται επιχειρηματική επιτακτική ανάγκη, καλύπτοντας ολόκληρο τον κύκλο ζωής ενός αντικειμένου ή μιας διαδικασίας και σχηματίζοντας τη βάση για συνδεδεμένα προϊόντα και υπηρεσίες. Ένα ψηφιακό δίδυμο είναι σαν μια γέφυρα μεταξύ του φυσικού και του ψηφιακού κόσμου (Εικόνα 28). Πρώτα, οι έξυπνοι αισθητήρες συγκεντρώνουν δεδομένα σχετικά με την κατάσταση σε πραγματικό χρόνο, την κατάσταση εργασίας ή τη θέση ενός φυσικού στοιχείου. Οι αισθητήρες είναι συνδεδεμένοι σε ένα σύστημα βασισμένο σε υπολογιστικό νέφος που λαμβάνει και επεξεργάζεται όλα τα δεδομένα που παρακολουθούν οι αισθητήρες.

Το απόλυτο όραμα για το ψηφιακό δίδυμο είναι η δημιουργία, η δοκιμή και η ανάπτυξη ενός τμήματος εξοπλισμού σε εικονικό περιβάλλον και όταν αυτό φτάσει σε επίπεδο που αποδίδει ικανοποιητικά για τις απαιτήσεις της εταιρείας, να κατασκευάζεται και φυσικά. Στη συνέχεια, η φυσική κατασκευή συνδέεται με το ψηφιακό δίδυμό της μέσω των αισθητήρων, έτσι ώστε το ψηφιακό δίδυμο να περιέχει όλες τις πληροφορίες που επιτρέπουν τον έλεγχο της φυσικής κατασκευής. Τα ψηφιακά δίδυμα μπορούν να οδηγήσουν στην καινοτομία και στην απόδοση με τις πιο προηγμένες δυνατότητες παρακολούθησης, ανάλυσης και πρόβλεψης (Εικόνα 29) (Tao et al., 2019, pp. 654–656).



Εικόνα 29. Digital Twins and Cyber-Physical Systems

[Πηγή: Tao et al., 2019]

Η αγγλική κατασκευαστική εταιρεία Laing O'Rourke χρησιμοποιεί το ψηφιακό δίδυμο για να αναδιοργανώσει τις λειτουργίες της West Coast Mainline – έναν από τους πιο πολυσύχναστους και σημαντικούς σιδηροδρομικούς διαδρόμους, που λειτουργούν επί του παρόντος ως Virgin West Coast. Το ψηφιακό δίδυμο του δικτύου Laing O'Rourke είναι σε θέση να μοντελοποιήσει την κίνηση των τρένων του και να συντονιστεί όταν πρέπει να επιστρέψουν στην αποθήκη για συντήρηση, με αποτέλεσμα ένα πιο αξιόπιστο δίκτυο, με λιγότερες ακυρώσεις τελευταίας στιγμής ή ανταλλαγές πλατφορμών, μειωμένο κόστος συντήρησης και πιο ισορροπημένη χρήση τρένου (Hobbs, 2018).

Παρόμοια με τα οφέλη στην κατασκευή, τα ψηφιακά δίδυμα μπορούν να φέρουν επανάσταση στις λειτουργίες υγειονομικής περίθαλψης καθώς και στη φροντίδα των ασθενών. Ένα ψηφιακό δίδυμο ενός ασθενούς ή οργάνων επιτρέπει στους χειρουργούς και τους επαγγελματίες υγείας να πραγματοποιούν διαδικασίες σε προσομοιωμένο περιβάλλον και όχι σε πραγματικό ασθενή. Ψηφιακό δίδυμο έχει ακόμη αναπτυχθεί για να βελτιώσει τους αγώνες αυτοκινήτων της Formula 1. Σε ένα άθλημα που μετρά κάθε δευτερόλεπτο, μια προσομοίωση μπορεί να βοηθήσει τον οδηγό και την ομάδα του αυτοκινήτου να γνωρίζουν ποιες ρυθμίσεις μπορούν να βελτιώσουν την απόδοση. Ακόμη, υπάρχει και ένα ψηφιακό δίδυμο της Σιγκαπούρης. Η τεχνολογία ψηφιακού δίδυμου βοηθά τους πολιορκούς να κατανοήσουν και να βελτιώσουν την αποδοτικότητα της κατανάλωσης ενέργειας, καθώς και πολλές εφαρμογές που μπορούν να βελτιώσουν τη ζωή των πολιτών της (Marr, 2019).

Το Ψηφιακό δίδυμο της εφοδιαστικής αλυσίδας (Supply Chain Digital Twin - SCDT) είναι η εφαρμογή του Ψηφιακού διδύμου στα logistics και στην ΕΑ. Οι Pan et al. (2019) υποστηρίζουν ότι το Ψηφιακό δίδυμο της εφοδιαστικής αλυσίδας θα παρέχει δεδομένα σε πραγματικό χρόνο από περιουσιακά στοιχεία και δραστηριότητες εφοδιαστικής (απαιτήσεις, χωρητικότητα, διακοπές κ.λπ.) που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για αποφάσεις βάσει δεδομένων και αποφάσεις ελέγχου σε πραγματικό χρόνο χρησιμοποιώντας εργαλεία προσομοίωσης και βελτιστοποίησης. Επιπλέον, η διαχείριση του κύκλου ζωής των κοινόχρηστων προϊόντων σε δια-λειτουργικά εφοδιαστικά δίκτυα και logistics είναι επίσης κρίσιμο θέμα (Pan et al., 2019, p. 8).

Στον τομέα της παραγωγής μπορούν πλέον να κατανοηθούν τα δεδομένα στο πλαίσιο των μηχανημάτων, των πρώτων υλών, της διαχείρισης ποιότητας και ολόκληρου του περιβάλλοντος της γραμμής παραγωγής, προκειμένου να πραγματοποιηθούν βήματα εξορθολογισμού και βελτιστοποίησης (Raj and Surianarayanan, 2020, pp. 288–292). Για παράδειγμα, το «ψηφιακό αιολικό αγρόκτημα» της GE (General Electric) άνοιξε νέους τρόπους βελτίωσης της παραγωγικότητας. Για κάθε φυσικό περιουσιακό στοιχείο υπάρχει ένα εικονικό αντίγραφο στο υπολογιστικό νέφος όπου γίνεται επεξεργασία των επιχειρησιακών δεδομένων ενώ οι υπεύθυνοι εστιάζουν μόνο στην αποτελεσματικότητα. Ισχυρά και σε πραγματικό χρόνο αναλυτικά στοιχεία εφαρμόζονται στα συλλεγόμενα και καθαρισμένα δεδομένα, προκειμένου να αποκαλυφθούν μοτίβα σε όγκους δεδομένων για να εντοπιστούν τυχόν ανωμαλίες ή ακραίες τιμές (Raj and Surianarayanan, 2020, pp. 297–298).

Ο Szymczak (2019) στην έρευνά του αναφέρει ορισμένες εφαρμογές των ψηφιακών διδύμων όπως η AspenTech που παρέχει μια λύση μηχανικής εκμάθησης που ενσωματώνει το ψηφιακό δίδυμο στη χημική βιομηχανία. Ονομάζεται Aspen Mtell και μπορεί να προβλέψει με ακρίβεια μια αστοχία υπερσυμπιεστή, σε μια διαδικασία πολυαιθυλενίου χαμηλής πυκνότητας (LDPE), 25 ημέρες νωρίτερα. Ακόμα, οι φαρμακευτικές εταιρείες μπορούν να χρησιμοποιήσουν την τεχνολογία για να παρακολουθούν τα δεδομένα για μοτίβα σε συνταγές και διανομές, έτσι ώστε οι αλυσίδες εφοδιασμού τους να μπορούν να προσαρμοστούν στις απαιτήσεις ζήτησης σε μικρότερο χρονικό διάστημα. Η υψηλότερη ευθύνη των αλυσίδων εφοδιασμού στη βιομηχανία υγείας οδηγεί σε μια ενσωματωμένη ικανότητα να επιλύει γρήγορα αναδυόμενα προβλήματα υγείας και εκτεταμένες επιδημίες (Szymczak, 2019, pp. 365–366). Ένα ακόμα παράδειγμα είναι η χρήση από τους αγρότες, οι οποίοι χρησιμοποιώντας ένα

ψηφιακό δίδυμο του γεωργικού χαρτοφυλακίου τους, μπορούν να παρακολουθήσουν την ποιότητα του εδάφους, το ρυθμό συγκομιδής, το ρυθμό αποβλήτων, το ρυθμό ανάπτυξης, τις καιρικές συνθήκες κ.λπ

3.11 Κυβερνοασφάλεια

Η ασφάλεια θα πρέπει να ληφθεί υπόψη όσον αφορά τις λειτουργίες μετάδοσης είτε φυσικών ροών είτε δεδομένων. Η ασφάλεια δεδομένων διασφαλίζει ότι τα σωστά δεδομένα εισάγονται στο σύστημα είτε μέσω επικύρωσης εισόδου είτε διασφαλίζοντας την αυθεντικότητα της πηγής (Sharpe et al., 2019, p. 42). Οι σημερινές παγκόσμιες αλυσίδες εφοδιασμού εκτίθενται σε διαφορετικούς κινδύνους, οι οποίοι μπορεί προσωρινά να διαταράξουν τη λειτουργία μιας εταιρείας κι ένας από αυτούς είναι η ασφάλεια στον κυβερνοχώρο.

Η ασφάλεια στον κυβερνοχώρο (cybersecurity) είναι :

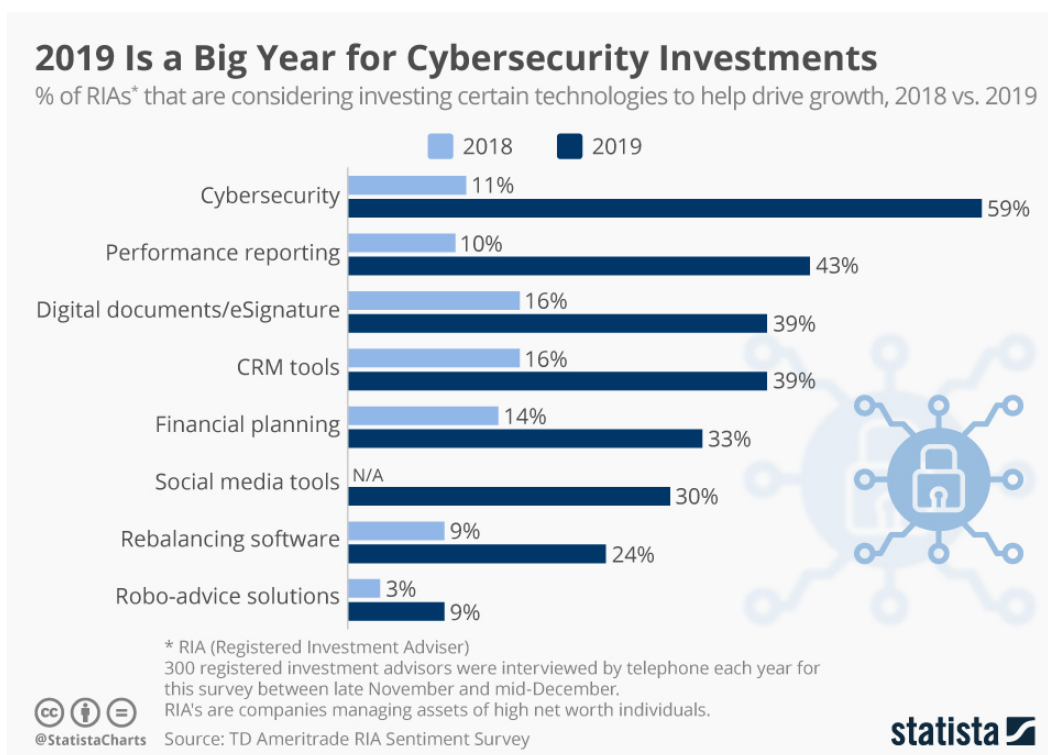
«Το σώμα των συνδυασμένων τεχνολογιών, διαδικασιών και πρακτικών που εφαρμόζονται για την προστασία δεδομένων και δικτύων από επιθέσεις, ζημιές ή μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση». (Simon and Omar, 2019)

Το έγκλημα στον κυβερνοχώρο έχει σημαντικό αρνητικό αντίκτυπο στην παγκόσμια οικονομία με ετήσιο κόστος περίπου 445 δισεκατομμυρίων δολαρίων. Μία από τις πιο πρόσφατες επιτυχημένες παραβιάσεις μεγάλων εταιρειών αφορούσε την Marriott, όπου εκτέθηκαν δεδομένα 500 εκατομμυρίων πελατών, μια επίθεση που ανακαλύφθηκε τέσσερα χρόνια μετά την πραγματοποίησή της (Simon and Omar, 2019, pp. 161–162). Οργανισμοί όπως οι Target, Home Depot, Fiat Chrysler, T-Mobile USA, IRS, CVS, Costco, Sam's Club, Boston Medical Center και άλλοι έχουν υποστεί κυβερνοεπιθέσεις επειδή οι τρίτοι πάροχοι τους είχαν παραβιαστεί. Οι διαδικτυακές επιθέσεις μπορεί να οδηγήσουν σε σημαντικές ζημιές λόγω αγωγών, νομικών τελών και απώλειας καλής θέλησης και εμπιστοσύνης των πελατών. Για παράδειγμα, όταν η Target υπέστη παραβίαση δεδομένων πελατών το 2013, οι συνολικές οικονομικές ζημιές τους ήταν πάνω από 200 εκατομμύρια δολάρια. Οι επιθέσεις μπορούν να προκαλέσουν σημαντικές διακοπές στην εφοδιαστική, την παραγωγή και τις λειτουργίες, καθώς και την απώλεια δεδομένων. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε έλλειψη διαθέσιμου αποθέματος, καθώς και κόστος από την ταχεία αποστολή για την αντιμετώπιση της διαταραχής (Simon and Omar, 2019, pp. 161–162).

Οι Lezzi et al. (2018) πραγματοποίησαν μια ανάλυση των τρωτών σημείων του ψηφιακού μετασχηματισμού στη βιομηχανία παραγωγής, η οποία έδειξε ότι η ασφάλεια δεν αποτελεί προτεραιότητα. Σύμφωνα με τις ετήσιες εκθέσεις για την κυβερνοασφάλεια της Cisco 2018, το 31% των οργανισμών έχουν βιώσει επιθέσεις στον κυβερνοχώρο στην επιχειρησιακή τεχνολογία ενώ το 38% αναμένει ότι οι επιθέσεις θα επεκταθούν από την Πληροφορική στην Επιχειρησιακή Τεχνολογία. Αν και η ασφάλεια στον κυβερνοχώρο θεωρείται ως προτεραιότητα από το 75% των εμπειρογνομόνων, μόνο το 16% δηλώνει ότι η εταιρεία τους είναι καλά προετοιμασμένη να αντιμετωπίσει τις προκλήσεις. Αυτό οφείλεται κυρίως στην έλλειψη προτύπων καθώς και στην έλλειψη διοικητικών και τεχνικών δεξιοτήτων που απαιτούνται για την εφαρμογή τους. Ευρωπαϊκοί και διεθνείς οργανισμοί κινούνται προς αυτή την κατεύθυνση. Για παράδειγμα, το 2017, ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Ασφάλειας στον κυβερνοχώρο (European Cyber Security Organization - ESCO) συγκέντρωσε σε ένα έγγραφο όλα τα υπάρχοντα πρότυπα και προδιαγραφές που σχετίζονται με την ασφάλεια στον κυβερνοχώρο σε σχέση με την ευρωπαϊκή ψηφιακή ενιαία αγορά. Επιπλέον, η Διεθνής Ηλεκτροτεχνική Επιτροπή (International Electrotechnical Commission - IEC) δημοσίευσε έναν διεθνή οδηγό για την ασφάλεια των πληροφοριών και το απόρρητο των δεδομένων, ο οποίος παρέχει κατευθυντήριες γραμμές που πρέπει να καλύπτονται σε δημοσιεύσεις του IEC και εξηγεί πώς εφαρμόζονται (Lezzi et al., 2018, p. 106).

Ο συντονισμός των επενδύσεων στον κυβερνοχώρο σε επιχειρήσεις που αποτελούν τμήματα μιας αλυσίδας εφοδιασμού είναι κρίσιμος, καθώς οι επιθέσεις σε έναν κόμβο θα επηρεάσουν και την υπόλοιπη αλυσίδα εφοδιασμού. Οι Simon et al. (2020) ανέπτυξαν ένα μοντέλο για την ανάλυση των βέλτιστων επιπέδων επένδυσης στον κυβερνοχώρο για συντονισμένες αλυσίδες εφοδιασμού και των επιπέδων επένδυσης στον κυβερνοασφάλεια που προκύπτουν από κόμβους που ενεργούν ανεξάρτητα και έλαβαν αποτελέσματα για στρατηγικούς και μη εισβολείς. Όταν ο εισβολέας δεν είναι στρατηγικός, οι κόμβοι που ενεργούν ανεξάρτητα δεν θα επενδύσουν στην ασφάλεια στον κυβερνοχώρο, γιατί αγνοούν τις έμμεσες ζημιές στην υπόλοιπη αλυσίδα εφοδιασμού. Όταν ο εισβολέας είναι στρατηγικός, διαπίστωσαν ότι οι προκύπτουσες αναμενόμενες ζημιές από επιθέσεις σε κάθε κόμβο είναι παρόμοιες μεταξύ τους και γίνεται επιθυμητό να αυξηθούν οι δαπάνες στους μεγαλύτερους κόμβους και να μειωθούν στους μικρότερους (Simon and Omar, 2019, p. 169).

Το ενδιαφέρον για την κυβερνοασφάλεια αυξήθηκε σημαντικά μεταξύ του 2018 και του 2019. Η κυβερνοασφάλεια έρχεται όλο και περισσότερο στο προσκήνιο καθώς χαρακτηρίζεται ως ανησυχητικό ζήτημα. Η TD Ameritrade στην Αμερική πραγματοποιεί μια ετήσια έρευνα των εγγεγραμμένων συμβούλων επενδύσεών της, οι οποίοι καθοδηγούν εταιρείες που διαχειρίζονται περιουσιακά στοιχεία ατόμων με υψηλή καθαρή αξία. Μέσα σε ένα χρόνο, σχεδόν έξι στους δέκα δήλωσαν ότι ήθελαν να επενδύσουν στην κυβερνοασφάλεια (Εικόνα 30) (Statista, 2020b). Άλλα σημαντικά άλματα των επενδυτών περιλάμβαναν τεχνολογία μέτρησης απόδοσης, ψηφιακά έγγραφα και επενδύσεις σε ηλεκτρονικές υπογραφές - eSignature, εργαλεία CRM, οικονομικό σχεδιασμό και εργαλεία κοινωνικών μέσων.



Εικόνα 30. Επενδύσεις Επιχειρήσεων σε προηγμένες τεχνολογίες, 2018 vs 2019

[Πηγή : (Statista, 2020b)]

Για να διασφαλιστεί η ασφάλεια δεδομένων στον τομέα των μεταφορών και της αλυσίδας εφοδιασμού πρέπει να εφαρμοστούν κανονισμοί σε έξι καθορισμένους βασικούς τομείς ρύθμισης, όπως περιγράφονται σε μελέτη της ΕΕ : (Klumpp and Ruiner, 2018, pp. 5–6)

- Κανόνες δεοντολογίας,
- Κανόνες ευθύνης,
- Συνδεσιμότητα, πνευματική ιδιοκτησία και ροή δεδομένων,

- Τυποποίηση και ασφάλεια,
- Εκπαίδευση και απασχόληση,
- Θεσμικός συντονισμός και εποπτεία.

3.12 Ανθρώπινος Παράγοντας

Είναι σημαντικό για τους οργανισμούς να αναπτύξουν ένα πλαίσιο που θα συνδυάζει την ανθρώπινη πτυχή και τις τεχνολογικές απαιτήσεις - καθώς έχουν αναπόσπαστο ρόλο στο σχεδιασμό και τη λειτουργία της έξυπνης βιομηχανίας - και να επικεντρωθούν στο κυβερνο-(άνθρωπο)φυσικό σύστημα (Cyber-Physical-Human System) (Sharpe et al., 2019, p. 38).

Ο όρος Χειριστής 4.0 (Operator 4.0) περιγράφει μια νέα φιλοσοφία σχεδιασμού και μηχανικής για προσαρμοστικά συστήματα παραγωγής που χρησιμοποιούν μεθόδους αυτοματισμού για την περαιτέρω ενίσχυση των φυσικών, αισθητηριακών και γνωστικών ικανοτήτων του ανθρώπου (Rauch et al., 2020). Το πλαίσιο αυτό πρέπει να συμπεριλάβει και τα τρία οργανωτικά επίπεδα (στρατηγικό, τακτικό και λειτουργικό), αντί για την τρέχουσα κατάσταση, η οποία επικεντρώνεται κυρίως στο επιχειρησιακό οργανωτικό επίπεδο. Υπό αυτό το πρίσμα, είναι επιτακτική η κατανόηση και η εφαρμογή εκείνων των διοικητικών πρακτικών και εννοιών που καθιστούν δυνατή την αποτελεσματική απόκτηση, επεξεργασία και χρήση των γνωστικών πόρων με τρόπο που επιτρέπει στους οργανισμούς να «μαθαίνουν», να καινοτομούν, να προσαρμόζονται στις αλλαγές που συντελούνται στο εσωτερικό και εξωτερικό τους περιβάλλον και να επιτυγχάνουν υψηλή απόδοση. Ωστόσο, επειδή το συγκεκριμένο πεδίο έρευνας είναι σχετικά νέο, δεν υπάρχει πλούσια σχετική βιβλιογραφία.

Οι Catal et al. (2019) στη μελέτη τους εστίασαν ιδιαίτερα στο εκπαιδευτικό πλαίσιο για το όραμα Βιομηχανία 4.0 και δήλωσαν ότι τα απαραίτητα συστατικά είναι η διεπιστημονική συνεργασία, οι τεχνικές δεξιότητες, η βιομηχανική και πανεπιστημιακή συνεργασία, οι ανοιχτές πλατφόρμες μάθησης και τα δωρεάν μαθήματα σε ανοιχτά πανεπιστήμια και πρότειναν τους ακόλουθους τομείς που πρέπει να διδαχθούν για τους μαθητές: εικονική και μικτή πραγματικότητα, μεγάλη ανάλυση δεδομένων, επιστήμη δεδομένων, διεπαφές ανθρώπου-μηχανής, προηγμένη προσομοίωση, 3D εκτύπωση, έλεγχος ποιότητας προϊόντων και διαδικασιών, συστήματα βελτιστοποίησης απογραφής και logistics σε πραγματικό χρόνο και αυτοματοποίηση συστήματος & επικοινωνία δεδομένων (Catal and Tekinerdogan, 2019, pp. 101–102).

Αλλαγές αναμένονται στα εκπαιδευτικά συστήματα όπου εκτιμάται ότι θα αναπτυχθούν συστήματα Εκπαίδευσης 4.0 (Education 4.0) που θα συνδυάζουν πραγματικές και εικονικές πληροφορίες. Τα εικονικά περιβάλλοντα μάθησης (Virtual learning environments - VLE) θα χρησιμοποιηθούν για την μεταφορά γνώσεων και δεξιοτήτων και θα γίνεται εφαρμογή της επαυξημένης πραγματικότητας στο πραγματικό περιβάλλον. Βέβαια αυτοί οι τύποι εκπαίδευσης είναι πολύ δαπανηροί, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει στην ιδιωτικοποίηση ορισμένων ιδρυμάτων τριτοβάθμιας εκπαίδευσης (Benešová and Tura, 2017, p. 2196).

Ήδη πολλά εκπαιδευτικά προγράμματα υποστήριξης των νέων τεχνολογιών κυκλοφορούν ανά τον κόσμο. Για παράδειγμα, τον Σεπτέμβριο του 2018, στο Πανεπιστήμιο Wageningen της Ολλανδίας ξεκίνησε ένα νέο πρόγραμμα BSc minor στην Πληροφορική (Data Science) που παρέχει μια νέα μαθησιακή εμπειρία. Οι μαθητές θα μπορούν μετά το πέρας των σπουδών να σχεδιάσουν και να εφαρμόσουν μια βάση δεδομένων (SQL), να προγραμματίσουν (Python), να ανακαλύψουν γνώσεις και μοτίβα από τεράστιο όγκο δεδομένων που αποθηκεύονται σε κατανεμημένα μεγάλα συστήματα επεξεργασίας δεδομένων (Spark), και να εκτελούν ποσοτική ανάλυση δεδομένων και οπτικοποίηση των δεδομένων (Catal and Tekinerdogan, 2019, p. 104).

Ένα μεταπτυχιακό πρόγραμμα για την Αυτόνομη Ρομποτική στη Σχολή Μηχανικών του Πανεπιστημίου της Πάδοβα (Ιταλία) στοχεύει στην εκπαίδευση των μαθητών στην αυτόνομη και βιομηχανική ρομποτική στο πλαίσιο της Βιομηχανίας 4.0. Υιοθετώντας μια προγραμματιστική προσέγγιση για τη το σχεδιασμό αυτοματοποιημένων συστημάτων συλλογής και διακίνησης (pick-place-transport), που ενθαρρύνει την παραγωγή καινοτόμων ιδεών από τους σπουδαστές, την απόκτηση διατομεακών γνώσεων και τη χρήση νέων προτύπων και μεθοδολογιών (π.χ. μοντελοποίηση, προσομοίωση) ώστε να αναπτύξουν εύκολα ένα δίκτυο ρομπότ και υπολογιστών που μπορούν να ανταλλάσσουν δεδομένα και να αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους (Tosello et al., 2019, pp. 153–154).

Η Βιομηχανία 4.0 θα θέσει μεγαλύτερες απαιτήσεις σε όλα τα μέλη του εργατικού δυναμικού όσον αφορά την επίλυση προβλημάτων, την αφαιρετική ικανότητα και τη διαχειριστική πολυπλοκότητα. Οι εργαζόμενοι θα πρέπει να βελτιώσουν τις δεξιότητες επικοινωνίας, να γίνουν πιο ανεξάρτητοι και να αναλάβουν την ευθύνη να οργανώσουν τα δικά τους καθήκοντα. Οι Kadir et al. (2019) διεξήγαγαν μια έρευνα ποιοτικής και ποσοτικής ανάλυσης με προσέγγιση που ενσωματώνει ανθρώπινους παράγοντες και

εργονομία (Human Factors and Ergonomics - HF/E) για την ανάλυση, την κατανόηση και το σχεδιασμό της ανθρώπινης εργασίας και των κυβερνοφυσικών συστημάτων στη Βιομηχανία 4.0 (Kadir et al., 2019, pp. 1–10).

Οι επαγγελματίες των αλυσίδων εφοδιασμού, εκτός από το να έχουν τη βασική κατανόηση των δεξιοτήτων της εφοδιαστικής αλυσίδας, θα χρειαστεί να είναι εφοδιασμένοι με ένα σύνολο δεξιοτήτων και δυνατοτήτων που περιλαμβάνουν: το στρατηγικό προγραμματισμό και την ολιστική προσέγγιση, τη διοίκηση γνώσης και οργανωσιακής αλλαγής, την ολοκληρωμένη τεχνογνωσία της εφοδιαστικής αλυσίδας, καθώς και την τεχνολογική εμπειρογνωμοσύνη στους τομείς της ανάλυσης δεδομένων, της διαχείρισης κινδύνων και της αλλαγής ηγεσίας (καθώς η αλλαγή ηγεσίας επιφέρει συνήθως αλλαγές σε κάθε σχεδόν πτυχή της επιχείρησης). Τα στελέχη καλούνται να έχουν, επίσης, ολιστικές παγκόσμιες ηγετικές δεξιότητες (καθώς διαχειρίζονται πλήρως την αλυσίδα εφοδιασμού από άκρο σε άκρο), δυνατότητες μετασχηματισμού της επιχειρηματικής διαδικασίας, γνώσεις βέλτιστων πρακτικών τόσο εντός όσο και εκτός του κλάδου, καθώς και τεχνικές γνώσεις που θα τους επιτρέπουν να συμβαδίζουν και να συντονίζονται με τους συναδέλφους τεχνικούς υπολογιστών.

Τα αυτοματοποιημένα συστήματα που χρησιμοποιούνται σήμερα έχουν σχεδιαστεί για να προτείνουν ενέργειες που θα εκτελεστούν από τον άνθρωπο-χειριστή. Σε νομικούς όρους, αυτό μπορεί να μεταφράζεται σε αυξημένο καθήκον επιμέλειας, με αποτέλεσμα υψηλότερο κίνδυνο ευθύνης για τον χειριστή, τον οργανισμό εκμετάλλευσης της υπηρεσίας αλλά και για τον ίδιο παραγωγό της τεχνολογίας, που φέρουν έμμεσα αλλά και άμεσα οργανωτική και τεχνική ευθύνη, καθώς η υψηλότερη πολυπλοκότητα στη διεπαφή ανθρώπου-μηχανής θα αύξανε τον κίνδυνο τεχνολογικής αποτυχίας.

Οι κανονισμοί για τις τεχνολογικές εξελίξεις είναι ένα σημαντικό αλλά δομικά παραμελημένο πεδίο σχετικά με την ανθρώπινη προοπτική για την αύξηση της αυτοματοποίησης. Το 2017 με έκθεση του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και δημόσια διαβούλευση για την Ευρωπαϊκή Ένωση, επισημάνθηκε ότι η πλειονότητα των πολιτών στην Ευρώπη θεωρεί τις τεχνολογικές εξελίξεις ως θετικούς τομείς καινοτομίας, αλλά με την ανάγκη για περαιτέρω αποφάσεις και συμμετοχή, καθώς και εξατομικευμένη και αντίστοιχη επικοινωνία υποστήριξης και φροντίδας. Επιπλέον, τα ζητήματα ρύθμισης απαιτούν τοπικούς, περιφερειακούς, εθνικούς και ευρωπαϊούς φορείς να αντιμετωπίσουν θέματα τυποποίησης, ασφάλειας και εμπιστοσύνης για το κοινό, καθώς και το ευρωπαϊκό εργατικό δυναμικό στον τομέα της εφοδιαστικής (Klumpp and Ruiner, 2018, pp. 9–10).

Κεφάλαιο 4: Το επίπεδο κτήσης των νέων τεχνολογιών στην Ευρώπη και στην Ελλάδα

Τα στοιχεία δείχνουν ότι υπάρχει μεγάλη διασπορά μεταξύ των χωρών σε σχέση με την παρουσία των απαραίτητων προϋποθέσεων για την ετοιμότητα της υιοθέτησης του ψηφιακού μετασχηματισμού. Η Ευρωπαϊκή Κοινότητα επενδύει στη συλλογή σχετικών δεδομένων και πληροφοριών στο πλαίσιο της στρατηγικής για την ψηφιακή ενιαία αγορά με στόχο να «παρέχει καλύτερη πρόσβαση για τους καταναλωτές και τις επιχειρήσεις σε ψηφιακά αγαθά και υπηρεσίες σε ολόκληρη την Ευρώπη, δημιουργώντας τις κατάλληλες συνθήκες και ίσους όρους ανταγωνισμού για ψηφιακά δίκτυα και καινοτόμες υπηρεσίες για άνθηση και μεγιστοποίηση του αναπτυξιακού δυναμικού της ψηφιακής οικονομίας» (European Commission, 2020a).

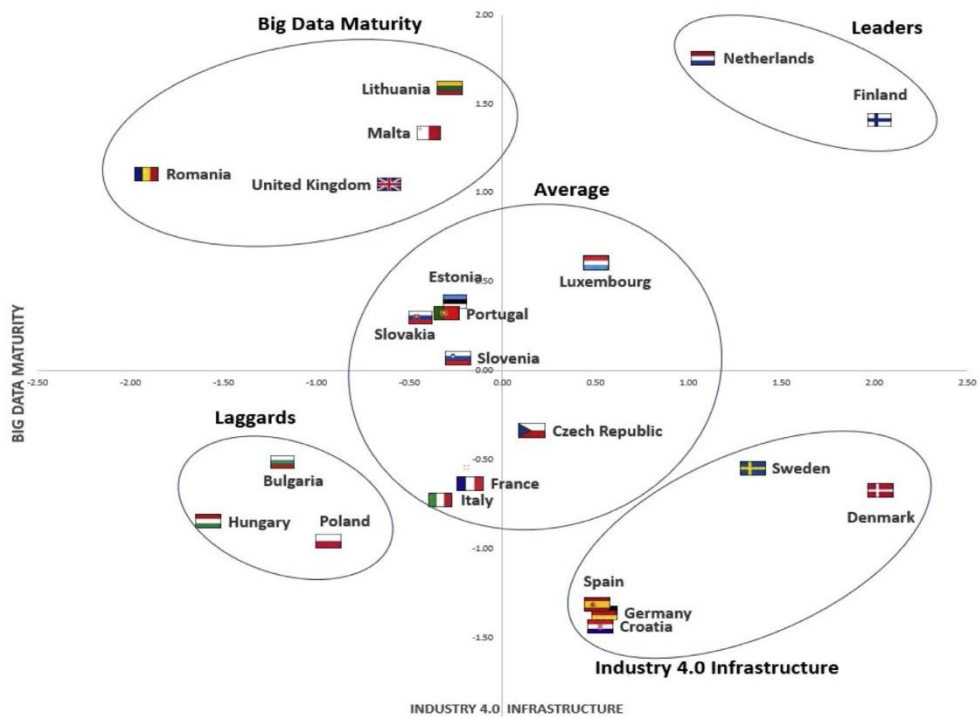
Η Eurostat συλλέγει επί του παρόντος στοιχεία για χρήση τεχνολογιών όπως μεγάλα δεδομένα, Υπολογιστικό Νέφος, ασφάλεια, εύρος της λειτουργίας των Τεχνολογιών πληροφοριών και επικοινωνιών (Information and communications technologies - ICT) με προμηθευτές ή πελάτες και συμβατική ταχύτητα στο Διαδίκτυο (Spear, 2019).

Οι Castelo et al. (2019) πραγματοποίησαν μια έρευνα η οποία αντιπροσωπεύει την υιοθέτηση τεχνικών και διαδικασιών που ενισχύουν τον ψηφιακό μετασχηματισμό από βιομηχανικές εταιρείες στην Ευρώπη για την απόκτηση ανταγωνιστικών πλεονεκτημάτων σε εγχώριες και παγκόσμιες αγορές, υποδεικνύοντας δύο διαστάσεις ετοιμότητας :

- **Υποδομή Βιομηχανίας 4.0:** τεχνολογίες πληροφοριών, επικοινωνίας και συνδεσιμότητας
- **Ωριμότητα Μεγάλων Δεδομένων:** ικανότητα επεξεργασίας των πληροφοριών που δημιουργούνται από την υποδομή.

Η ταυτόχρονη παρουσία και των δύο στοιχείων επιτρέπει τη δυνατότητα διασύνδεσης, διαλειτουργικότητας, οπτικοποίησης και διαφάνειας πληροφοριών και επισημάνει τη δυνατότητα υιοθέτησης των πρακτικών της Βιομηχανίας 4.0. (Castelo-Branco et al., 2019, pp. 7–8) Σύμφωνα με τα αποτελέσματα τα κράτη ταξινομήθηκαν σε πέντε κατηγορίες, όπως φαίνεται στην Εικόνα 31:

- Ηγέτες
- Βραδυπορούντες
- Ανωριμότητα ανάλυσης Μεγάλων δεδομένων
- Μέσος Όρος
- Έλλειμμα βιομηχανικής υποδομής



Εικόνα 31. Αξιολόγηση ετοιμότητας Ευρωπαϊκών χωρών για την εφαρμογή των τεχνολογιών Industry 4.0

[Πηγή: Castelo et al., 2019]

Σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης, οι σκανδιναβικές χώρες παρουσιάζουν υψηλό επίπεδο υιοθέτησης και βρίσκονται στην πρώτη γραμμή για το κλείσιμο του ψηφιακού χάσματος. Όσον αφορά τις άλλες χώρες, η πολύ ευρεία έννοια του θέματος του ψηφιακού χάσματος δεν επιτρέπει κανένα είδος αναλογίας, δεδομένης της ιδιαιτερότητας της φιλοσοφίας Βιομηχανίας 4.0. Όσον αφορά τη Γερμανία, όπου δημιουργήθηκε η ιδέα, τα δεδομένα δείχνουν ότι απαιτούνται περαιτέρω εξελίξεις σχετικά με τη χρήση μεγάλων αναλυτικών δεδομένων.

Ωστόσο, πολλές άλλες πτυχές μπορούν να εξεταστούν ως εμπόδια στη διαλειτουργικότητα και τα πρότυπα Τεχνολογιών πληροφοριών και επικοινωνιών όπως

η έλλειψη εμπειρογνομόνων με τις απαραίτητες δεξιότητες καθώς και δημόσιων πολιτικών που θα επιτρέψουν την αποτελεσματική διάδοση των σωστών πληροφοριών - ειδικά μεταξύ των μικρομεσαίων επιχειρήσεων - και την πιο αποτελεσματική κατανομή των πόρων (Castelo-Branco et al., 2019, pp. 8–9).

Η επιτυχία των ψηφιακών προσεγγίσεων θα εξαρτηθεί από τις μικρομεσαίες επιχειρήσεις (ΜΜΕ) -που αποτελούν τη ραχοκοκαλιά των περισσότερων οικονομιών- λόγω της πολυπλοκότητας και της απαιτούμενης εμπειρογνωμοσύνης που απαιτούνται για την υιοθέτηση και εφαρμογή των υποκείμενων τεχνολογιών. Υπάρχει υψηλός κίνδυνος αναντιστοιχίας που μπορεί να θέσει σε κίνδυνο την ίδια την ύπαρξη των μικρομεσαίων επιχειρήσεων. Για παράδειγμα, στη Γερμανία, ο τομέας των ΜΜΕ αντιπροσωπεύει το 99,5% όλων των οργανισμών (3,6 εκατομμύρια εταιρείες) και απασχολεί περίπου το 62,8% του γερμανικού εργατικού δυναμικού (Andulkar M. et al., 2018).

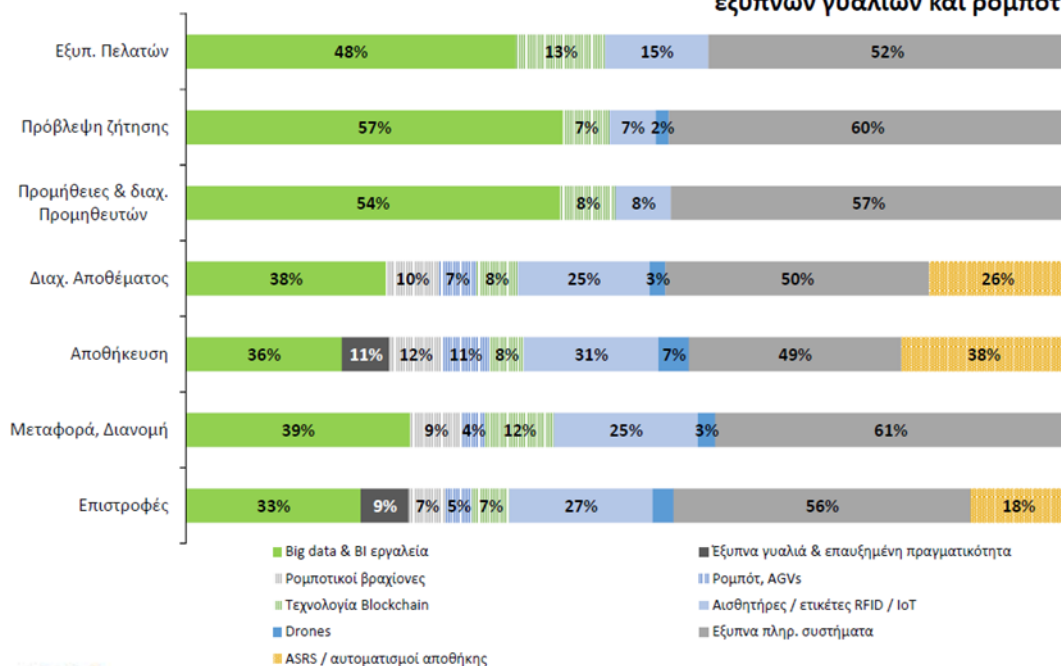
Οι εταιρείες εξακολουθούν να αντιμετωπίζουν βασικά ζητήματα που σχετίζονται με τον προγραμματισμό, την οργάνωση και τον αυτοματισμό. Οι έννοιες της Βιομηχανίας 4.0 μπορεί να μην είναι απαραίτητες ή επωφελείς για μια επιχείρηση, καθώς εξαρτάται από διάφορους παράγοντες συμπεριλαμβανομένων των επιχειρηματικών τους στρατηγικών και των χαρακτηριστικών των προϊόντων, της εταιρικής κουλτούρας, της έλλειψης εμπειρογνωμοσύνης, της διαθεσιμότητας κεφαλαίων κ.λπ. Οι Mittal et al. (2018) ανέπτυξαν ένα μοντέλο εκτίμησης της ωριμότητας υιοθέτησης πρακτικών Βιομηχανίας 4.0 (Industry 4.0 Maturity Model) που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τις μικρομεσαίες επιχειρήσεις, αντικατοπτρίζει την ποικιλομορφία των απαιτήσεων και ενσωματώνει ένα εργαλείο αυτοαξιολόγησης για την υιοθέτηση των νέων τεχνολογιών (Mittal et al., 2018, p. 212).

Σύμφωνα με τον Δείκτη Ψηφιακής Οικονομίας & Κοινωνίας (The Digital economy & Society Index – DESI) σε σύνολο 28 κρατών μελών της ΕΕ, η Ελλάδα μέχρι στιγμής για το 2020, κατέχει την τελευταία θέση σε επίπεδο συνδεσιμότητας, την 24^η θέση σε ανθρώπινο κεφάλαιο και σε χρήση διαδικτυακών υπηρεσιών, την 23^η θέση στην ενσωμάτωση της ψηφιακής τεχνολογίας και την προτελευταία θέση σε ψηφιακές δημόσιες υπηρεσίες (European Commission, 2020c). Αυτό μπορεί να οφείλεται στην αρχή υλοποίησης σε θέματα ψηφιακού μετασχηματισμού καθώς και της γραφειοκρατίας στο δημόσιο, αλλά και στην πλειάδα προβλημάτων και προκλήσεων που αντιμετωπίζουν οι εταιρείες στον ιδιωτικό τομέα.

Οι Ζεϊμπέκης κ.ά. παρουσίασαν τα αποτελέσματα της έρευνάς τους σε στελέχη της εφοδιαστικής αλυσίδας (στον κλάδο εμπορίας και μεταποίησης και στις εταιρείες παροχής υπηρεσιών logistics) στην Αττική, σχετικά με τις υφιστάμενες δράσεις ψηφιακού μετασχηματισμού στην Ελλάδα, στο πλαίσιο της έκθεσης “Εφοδιαστική Αλυσίδα & Logistics” τον Νοέμβριο του 2019. Συμπεράναν πως, παρότι έχουν γίνει επενδύσεις σε πληροφοριακά συστήματα, το Ms-Excel παραμένει ως βασικό εργαλείο ενώ απουσιάζει η ολοκλήρωση των πληροφοριακών συστημάτων εσωτερικά και με τρίτους. Οι επιχειρήσεις -ιδιαίτερα οι μικρομεσαίες - αδυνατούν να υποστηρίξουν ένα ψηφιακό άλμα λόγω υψηλού κόστους απόκτησης των τεχνολογιών, έλλειψης ψηφιακής κουλτούρας και απαραίτητων ψηφιακών δεξιοτήτων ανθρώπινου δυναμικού καθώς και έλλειψη μιας ξεκάθαρης Εθνικής Ψηφιακής Στρατηγικής.

Ως εκ τούτου η Πολιτεία καλείται να δημιουργήσει ένα πλάνο με εργαλεία όπως π.χ εκπαιδευτικά προγράμματα, επιδοτήσεις, φοροαπαλλαγές, υπεραποσβέσεις κλπ ώστε να καταστήσει ελκυστικό τον ψηφιακό μετασχηματισμό των επιχειρήσεων, καθώς οι εταιρείες παροχής υπηρεσιών logistics έχουν κατανοήσει τη σημασία του για την απόκτηση και διατήρηση του ανταγωνιστικού τους πλεονεκτήματος και είναι πρόθυμοι να επενδύσουν σε αυτόν την επόμενη πενταετία (Εικόνα 32). Έτσι οι περισσότεροι συμμετέχοντες ενδιαφέρονται προς το παρόν περισσότερο για τις πιλοτικές εφαρμογές (Ζεϊμπέκης Β, Γιαλός Α, Φραγκιαδάκη Ι, 2019).

Τα επόμενα χρόνια οι εταιρίες (είτε πελάτες είτε προμηθευτές τεχνολογιών) θα εστιάσουν σε πλειάδα λύσεων με έμφαση στους αυτοματισμούς της αποθήκης, τα εργαλεία BI καθώς και τα έξυπνα Πληρ. Συστήματα. Σημαντικές προοπτικές διαφαίνονται στη χρήση drones, έξυπνων γυαλιών και ρομπότ.



Εικόνα 32. Προοπτική χρήσης των τεχνολογιών Industry 4.0 στην Ελλάδα

[Πηγή: σημειώσεις από την παρουσίαση των Ζεϊμπέκης κ.ά., Logi.C Νοέμβριος, 2019]

Κεφάλαιο 5: Οφέλη και προκλήσεις

5.1 Πλεονεκτήματα και οφέλη

Οι περισσότεροι ερευνητές συμφωνούν ότι η εφαρμογή τεχνολογιών, μεθόδων και προσεγγίσεων που εμπεριέχονται στο πλαίσιο «Βιομηχανία 4.0» θα ωφελήσει τις εταιρείες, ενισχύοντας την ικανότητα επεξεργασίας πληροφοριών θα συμβάλει στη μείωση του επιπέδου αβεβαιότητας προσφοράς/ζήτησης στο ευρύτερο παγκόσμιο επιχειρηματικό δίκτυο, θα βοηθήσει άμεσα στη βελτιστοποίηση των επιχειρηματικών διαδικασιών με ολοκληρωμένη, κατανοητή και σε πραγματικό χρόνο παγκόσμια προβολή της επιχείρησης (Telukdarie et al., 2018, pp. 327–328) (Galati and Bigliardi, 2019, pp. 104–107).

Τα οφέλη από τις πρόσφατες εξελίξεις όσον αφορά την τεχνολογία των πληροφοριών μπορούν να ταξινομηθούν σε τέσσερις κατηγορίες όπως φαίνεται παρακάτω (Πίνακας 5).

Πίνακας 5. Κατηγορίες που επηρεάζονται από την εξέλιξη της τεχνολογίας	
Επιχείρηση	Συγκέντρωση φυσικού και ψηφιακού κόσμου και υιοθέτηση νέων βιομηχανικών πρότυπων με αντίκτυπο στις οικονομίες και τις κοινωνίες και αύξηση προσαρμογής επιχειρηματικών μοντέλων στις απαιτήσεις της αγοράς .
Λειτουργίες	Αντίκτυπο των νέων τεχνολογιών στην παραγωγή και τις διαδικασίες εφοδιαστικής αλυσίδας. Αύξηση στην ποιότητα των προϊόντων. Αποτελεσματικές διαδικασίες παραγωγής. Διαλειτουργικότητα, εικονικοποίηση, αποκέντρωση, ανταπόκριση σε πραγματικό χρόνο, προσανατολισμός υπηρεσιών, σπονδυλωτή προσέγγιση, ενίσχυση της λιτής / έξι σίγμα (Lean / SixSigma) ικανότητας ενός οργανισμού σε επιχειρησιακό επίπεδο. Ηλεκτρονικά Kanbans. Παρακολούθηση της παραγωγής (πρόβλεψη προβλημάτων από τα έξυπνα πρωτόκολλα και κοινοποίηση πληροφοριών μέσω έξυπνων ρολογιών ή tablet). Ολική παραγωγική συντήρηση (χρήση αισθητήρων για ανίχνευση αντικατάστασης των εξαρτημάτων).

Τεχνολογικές λύσεις	<p>Διαδίκτυο των πραγμάτων ως εκκινητής της Βιομηχανίας 4.0 όπου όλα τα φυσικά πράγματα που μπορούν να μετατραπούν σε «έξυπνα πράγματα» με την εμφάνιση μικρών υπολογιστών που είναι συνδεδεμένοι στο Διαδίκτυο.</p> <p>Τα κυβερνοφυσικά συστήματα φέρνουν τον φυσικό και τον εικονικό κόσμο μαζί ενοποιώντας συγχρονισμένα τους υπολογισμούς με τις φυσικές διαδικασίες, επιτρέποντας έτσι ένα νέο βαθμό ελέγχου, επιτήρησης, διαφάνειας και αποτελεσματικότητας.</p>
Εργασία και δεξιότητες	<p>Πολύπλοκη αλληλεπίδραση μεταξύ ανθρώπων και μηχανών, δημιουργώντας νέους τρόπους εργασίας και νέους κλάδους μέσω του σχεδιασμού σύνθετων συστημάτων που θα ενσωματωθούν σε καθημερινές πρακτικές και θα συνδυάσουν πολύπλοκες μεθοδολογίες με υψηλή χρηστικότητα.</p> <p>Οι εργασίες γίνονται λιγότερο επαναλαμβανόμενες και απαιτείται αδιάκοπη ανάπτυξη δεξιοτήτων.</p>

Για τη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας, προβλέπονται πολλαπλές δυνατότητες και αρκετοί βασικοί παράγοντες προστιθέμενης αξίας που βελτιώνονται από τις εφαρμογές που προαναφέρθηκαν σε σύγκριση με το παραδοσιακό μοντέλο της ΕΑ (Πίνακας 6).

Πίνακας 6. Διαφορές μεταξύ του παραδοσιακού μοντέλου της Εφοδιαστικής Αλυσίδας και της ολοκληρωμένης Αλυσίδας	
Παραδοσιακό μοντέλο εφοδιαστικής αλυσίδας	Ολοκληρωμένο οικοσύστημα αλυσίδας εφοδιασμού
Διαφάνεια	
Περιορισμένη ορατότητα της αλυσίδας εφοδιασμού	Πλήρης ορατότητα της αλυσίδας εφοδιασμού
Επικοινωνία	
Καθυστερημένες πληροφορίες καθώς διέρχονται σε κάθε οργανισμό	Πληροφορίες διαθέσιμες σε όλα τα μέλη της εφοδιαστικής αλυσίδας ταυτόχρονα
Συνεργασία	

Περιορισμένη ορατότητα σε ολόκληρη την αλυσίδα, εμποδίζοντας ουσιαστική συνεργασία	Φυσική ανάπτυξη του βάθους συνεργασίας για την καταγραφή της εγγενούς αξίας της αλυσίδας εφοδιασμού
Ευελιξία	
Παραμορφωμένη ζήτηση τελικού πελάτη καθώς οι πληροφορίες ρέουν κατά μήκος της ροής του υλικού	Οι αλλαγές στη ζήτηση των τελικών πελατών αξιολογούνται γρήγορα
Ανταπόκριση	
Διαφορετικοί κύκλοι προγραμματισμού με αποτέλεσμα καθυστερήσεις και μη συγχρονισμένες αποκρίσεις σε πολλαπλά επίπεδα	Αντίδραση σε πραγματικό χρόνο σε επίπεδο προγραμματισμού και εκτέλεσης (σε όλες τις βαθμίδες για αλλαγές στη ζήτηση)

[Πηγή: προσαρμογή από PwC, 2016]

Μερικές ακόμα θετικές αναφορές σε επίπεδο logistics αναγράφονται στη συνέχεια :

- ✓ Ανίχνευση δυναμικότητας : για παράδειγμα συστήματα που επικοινωνούν μεταξύ τους σε ανοιχτούς χώρους στην αποθήκη και μειωμένος χρόνος αποθήκευσης και κόστους εργασίας.
- ✓ Προγραμματισμός και υποβολή αναφορών : μείωση των προσπαθειών καταγραφής, ευχρηστία δεδομένων και συστήματα που παρακολουθούν ένα δίκτυο μεταφορών, εντοπίζουν και αναλύουν περιπτώσεις όπως π.χ τροχαία ατυχήματα για καλύτερο προγραμματισμό διαδρομής και χρόνου παράδοσης.
- ✓ Βελτιστοποίηση διαδρομής : εργαλεία που δημιουργούν τη συντομότερη και πιο αποδοτική διαδρομή όσον αφορά τα καύσιμα και τον χρόνο στην παράδοση καθώς και μείωση εσφαλμένης παράδοσης.
- ✓ Διαχείριση ενέργειας : συστήματα που επιτρέπουν να ληφθεί η καλύτερη δυνατή απόφαση για τη χρήση καυσίμων, φωτισμού, θέρμανσης κλπ. και εξισορρόπηση φορτίου.
- ✓ Παρακολούθηση και διαχείριση περιβάλλοντος : εργαλεία που επιτρέπουν στον διαχειριστή να ελέγχει και να προσαρμόζει π.χ τη θερμοκρασία στην οποία πρέπει να διατηρείται το προϊόν.

- ✓ Εντοπισμός και πρόληψη απειλών : εργαλεία που βοηθούν στην αποκάλυψη του μη εξουσιοδοτημένου ανοίγματος εμπορευματοκιβωτίων ή φορτηγών και στην πρόληψη και μείωση της κλοπής.
- ✓ Ιχνηλασιμότητα σε πραγματικό χρόνο : εργαλεία που βοηθούν στην παρακολούθηση όχι μόνο των εμπορευματοκιβωτίων και των οχημάτων, αλλά και των μεμονωμένων αντικειμένων.
- ✓ Ευελιξία, αξιοπιστία, χρήση λιγότερων πόρων (Müller and Voigt, 2018, p. 2) (Koliński and Kilic, 2019) (Dalmarco et al., 2019, pp. 6–7)

Όλα τα παραπάνω επικεντρώνονται στην περικοπή του κόστους και στην αύξηση του επιπέδου του κέρδους και της αποδοτικότητας της εφοδιαστικής αλυσίδας.

5.2 Προκλήσεις και εμπόδια

Πολλές είναι οι προκλήσεις και οι απειλές που ανακύπτουν γι' αυτόν τον λόγο θα πρέπει οι επιλογές να γίνουν με βάση ένα σφαιρικό μοντέλο που να εξηγεί την αποδοχή των εφαρμογών της 4^{ης} βιομηχανικής επανάστασης για κάθε μέτοχο στην ΕΑ.

Τα εμπόδια διακρίνονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες και σχετίζονται με τους χρήστες, την τεχνολογία και την πολιτική:

- οικονομικά, επιχειρησιακά και διαχειριστικά εμπόδια, όπως το κόστος εφαρμογής και συντήρησης τεχνολογικών λύσεων, η έλλειψη ειδικών στις ΤΠΕ (Τεχνολογία πληροφοριών και Επικοινωνιών) και η αβεβαιότητα σχετικά με την απόδοση της επένδυσης.
- θέματα ασυμβατότητας μεταξύ εφαρμογών ΤΠΕ, έλλειψη προτύπων ΤΠΕ, ασφάλειας και προστασίας δεδομένων.
- έλλειψη πολιτικών που αποσκοπούν στη διευκόλυνση υιοθέτησης των ΤΠΕ, στον συντονισμό και την εναρμόνιση των κανονισμών σε εθνικό και ηπειρωτικό επίπεδο και στον καθορισμό προτύπων (Giusti et al., 2019, pp. 96–97).

Το επίπεδο ωριμότητας του ψηφιακού μετασχηματισμού μιας εταιρείας επηρεάζει εξίσου την υιοθέτηση τεχνολογιών Βιομηχανίας 4.0. Τα ζητήματα ασφαλείας όπως το απόρρητο, η επαλήθευση, η ρύθμιση παραμέτρων του συστήματος και η διαχείριση επισημαίνονται ως ανησυχίες που ενδέχεται να επηρεάσουν την απόφαση του οργανισμού σχετικά με την υιοθέτηση των νέων τεχνολογιών. Η έλλειψη κοινών προτύπων ανίχνευσης και μετρήσεων σε ολόκληρη την εφοδιαστική αλυσίδα έχει οδηγήσει σε χαμηλή

συμβατότητα μεταξύ των συμμετεχόντων στην Εφοδιαστική Αλυσίδα 4.0 (Ghadimi et al., 2019, p. 599). Οι οργανισμοί εξακολουθούν να αντιμετωπίζουν προκλήσεις (Πίνακας 7) στην εξαγωγή γνώσεων από δεδομένα καθώς και της εφαρμογής αυτών των τεχνολογιών (Schniederjans et al., 2020).

Πίνακας 7. Προκλήσεις που συνδέονται με τις τεχνολογίες της 4ης Βιομηχανικής Επανάστασης

- Υψηλή επένδυση στην εφαρμογή της Βιομηχανίας 4.0
- Έλλειψη σαφήνειας σχετικά με το οικονομικό όφελος
- Προκλήσεις στην ολοκλήρωση της αλυσίδας αξίας
- Κίνδυνος παραβιάσεων ασφαλείας
- Χαμηλό επίπεδο ωριμότητας της προτιμώμενης τεχνολογίας
- Ανισότητα
- Διακοπή στις υπάρχουσες εργασίες
- Έλλειψη προτύπων, κανονισμών και μορφών πιστοποίησης
- Έλλειψη υποδομής
- Έλλειψη ψηφιακών δεξιοτήτων
- Προκλήσεις στη διασφάλιση της ποιότητας των δεδομένων
- Έλλειψη εσωτερικής ψηφιακής κουλτούρας και κατάρτισης
- Αντίσταση στην αλλαγή
- Αναποτελεσματική διαχείριση αλλαγών
- Έλλειψη ψηφιακής στρατηγικής παράλληλα με την έλλειψη πόρων

Οι Raj et al. (2020) επισημαίνουν στην μελέτη τους ότι η έλλειψη γνώσεων για τη Βιομηχανία 4.0, η μεγαλύτερη εστίαση στο κόστος ανάπτυξης της εταιρείας, η έλλειψη κατανόησης της στρατηγικής σημασίας της Βιομηχανίας 4.0 και η έλλειψη εκπαιδευτικού συστήματος είναι τα πιο εμφανή εμπόδια που αντιμετωπίζουν οι μικρομεσαίες επιχειρήσεις εταιρείες σε ανεπτυγμένες και αναπτυσσόμενες χώρες, ενώ οι εταιρείες που εφαρμόζουν τη Βιομηχανία 4.0 έχουν συχνά παρουσία σε πολλές χώρες (Raj et al., 2020, pp. 7–9).

5.3 Προτάσεις και στρατηγικές διαχείρισης

Η έναρξη και η επιτυχής ολοκλήρωση των διαδικασιών καινοτομίας και ψηφιακού μετασχηματισμού απαιτεί, εκτός από τις επενδύσεις σε τεχνολογίες υλικού και λογισμικού, μια εσωτερική αναμόρφωση της κουλτούρα της επιχείρησης και κατά συνέπεια έναν καλά καθορισμένο χάρτη πορείας της εταιρείας.

Η ψηφιακή μετάβαση απαιτεί νέες στρατηγικές, οργανωτικά και επιχειρησιακά μοντέλα, καθώς και αλλαγές σε ολόκληρη την οργάνωση στις φυσικές υποδομές, τις κατασκευαστικές λειτουργίες, τις τεχνολογίες, τους ανθρώπινους πόρους και τους διαχειριστές. Ως εκ τούτου, ένας μετασχηματισμός προς το ψηφιακό απαιτεί μια πλήρη κατανόηση της τρέχουσας κατάστασης μιας εταιρείας, προτείνοντας έτσι επακόλουθες ενέργειες, όπως η ανάπτυξη νέων μεθόδων και εργαλείων για την αντιμετώπιση της μετάβασης (Facchini et al., 2020, pp. 17–18), η ρύθμιση των λειτουργιών, η ενοποίηση προτύπων, κανόνων και διαδικασιών, τα δικαιώματα πνευματικής ιδιοκτησίας και τα οικονομικά ζητήματα (Akabane et al., 2020, p. 238). Η εξατομίκευση, ο αυτοματισμός, η οικονομική, κοινωνική και οικολογική βιωσιμότητα ενός οργανισμού θα πρέπει να συσταθεί με γνώμονα τους στόχους και τους περιορισμούς σε κάθε τομέα, ώστε να αποτελέσει την κινητήρια δύναμη για την ΕΑ του μέλλοντος.

Οι Facchini et al. (2020) ανέπτυξαν ένα ειδικό μοντέλο ωριμότητας ως εργαλείο για την αξιολόγηση της εφαρμογής της Βιομηχανίας 4.0 σε διαδικασίες logistics, που προσαρμόζεται σε διαφορετικά σενάρια και παρέχει στους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων των εταιρειών, ένα φιλικό προς το χρήστη εργαλείο για μια γρήγορη αξιολόγηση του επιπέδου ωριμότητας της εταιρείας. Τα επίπεδα ωριμότητας είναι πέντε:

1. Άγνοια
2. Καθορισμός
3. Υιοθέτηση
4. Διαχείριση
5. Ολοκλήρωση

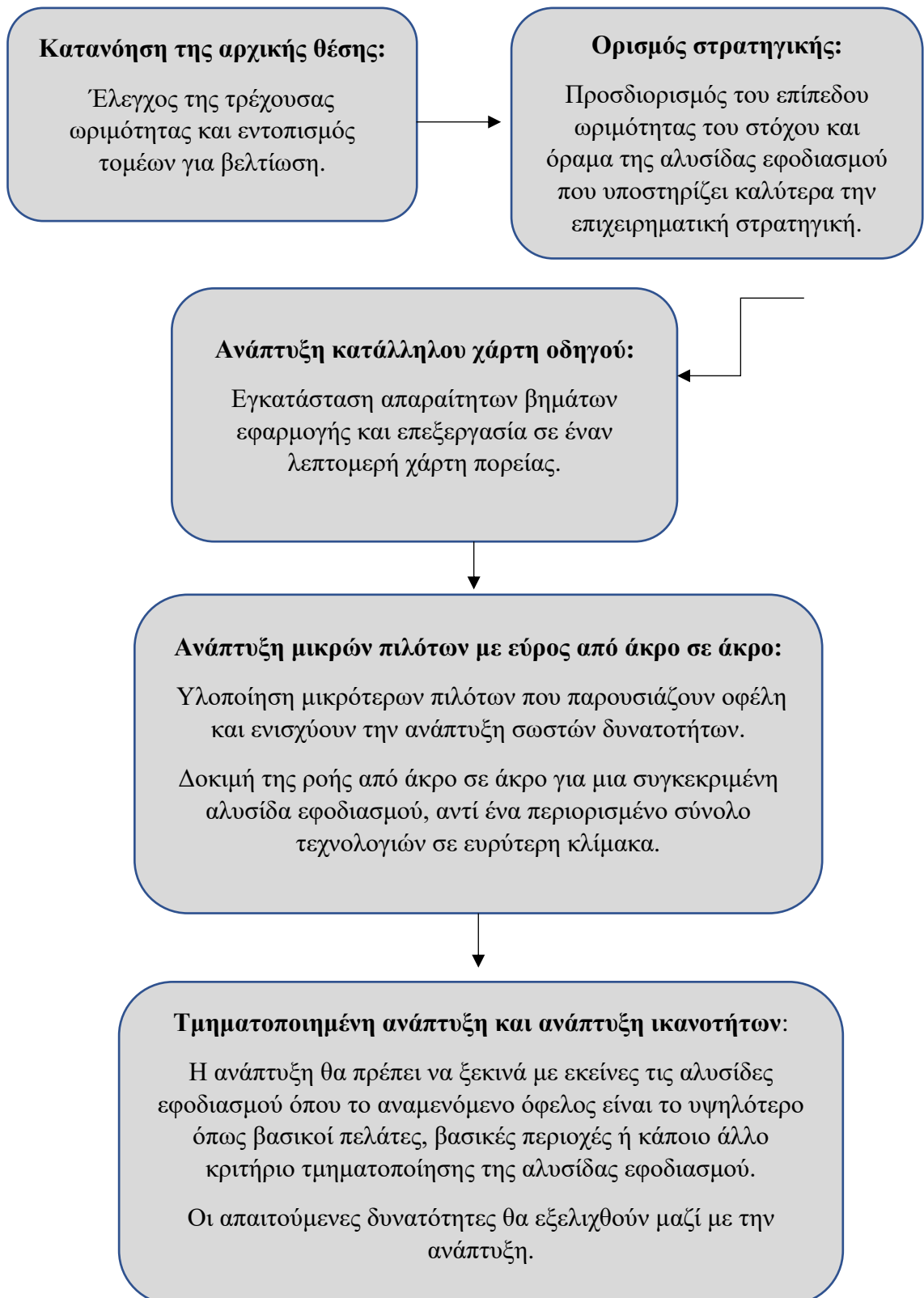
Το πρώτο επίπεδο προσδιορίζει την απουσία οποιασδήποτε ικανότητας Logistics 4.0 και το πέμπτο επίπεδο προσδιορίζει την πλήρη εφαρμογή και ολοκλήρωση των λύσεων Logistics 4.0 (Facchini et al., 2020, p. 7).

Παρά την προσέγγιση που βασίζεται στην τεχνολογία της Βιομηχανίας 4.0, οι πτυχές που σχετίζονται με τους ανθρώπους (π.χ. η ενεργός συμμετοχή των εργαζομένων σε δραστηριότητες επίλυσης προβλημάτων) θα παραμείνουν καθοριστικοί για τη βελτίωση της επιχειρησιακής απόδοσης. Υπό αυτήν την έννοια, οι τεχνολογίες Βιομηχανίας 4.0 επηρεάζουν επίσης τους κοινωνικοπολιτισμικούς παράγοντες που ενσωματώνουν τον τρόπο με τον οποίο μαθαίνουν οι οργανώσεις, οι ομάδες και τα άτομα, συμβάλλοντας στις αλλαγές συμπεριφοράς που υποστηρίζουν τα αποτελέσματα απόδοσης.

Η οργανωσιακή μάθηση (Organisational Learning) μπορεί να θεωρηθεί ως μια διαδικασία βελτίωσης που βασίζεται σε μια σαφέστερη κατανόηση και βαθύτερη γνώση που συνδέεται άμεσα με την οργανωτική κουλτούρα και το περιβάλλον (Tortorella et al., 2020, pp. 284–285). Η χρήση στρατηγικών διαχείρισης γνώσεων μπορεί να βελτιώσει την ανταγωνιστικότητα της εταιρείας μακροπρόθεσμα, αποτελώντας τη βάση για την υιοθέτηση της Βιομηχανίας 4.0 με οργανικό τρόπο (Dalmarco et al., 2019, p. 7).

Η διαχείριση της γνώσης, η οποία περιλαμβάνει τη διαδικασία δημιουργίας, ανταλλαγής, χρήσης και διαχείρισης γνώσεων και πληροφοριών σε έναν οργανισμό, είναι απαραίτητη για τη διευκόλυνση της διαδικασίας μετατροπής αυτών των τεράστιων ποσοτήτων δεδομένων σε γνώση (Schniederjans et al., 2020).

Το κλειδί για να αποκομίσει η εταιρεία τα πλήρη οφέλη της ψηφιακής εφοδιαστικής αλυσίδας έγκειται στην ανάπτυξη μιας ομαλής διαδικασίας για την εφαρμογή και την ενσωμάτωση των πολλών απαιτούμενων τεχνολογιών και δυνατοτήτων. Οι εταιρείες πρέπει να ακολουθήσουν πέντε βασικά βήματα (Εικόνα 33) : (Spear, 2019)



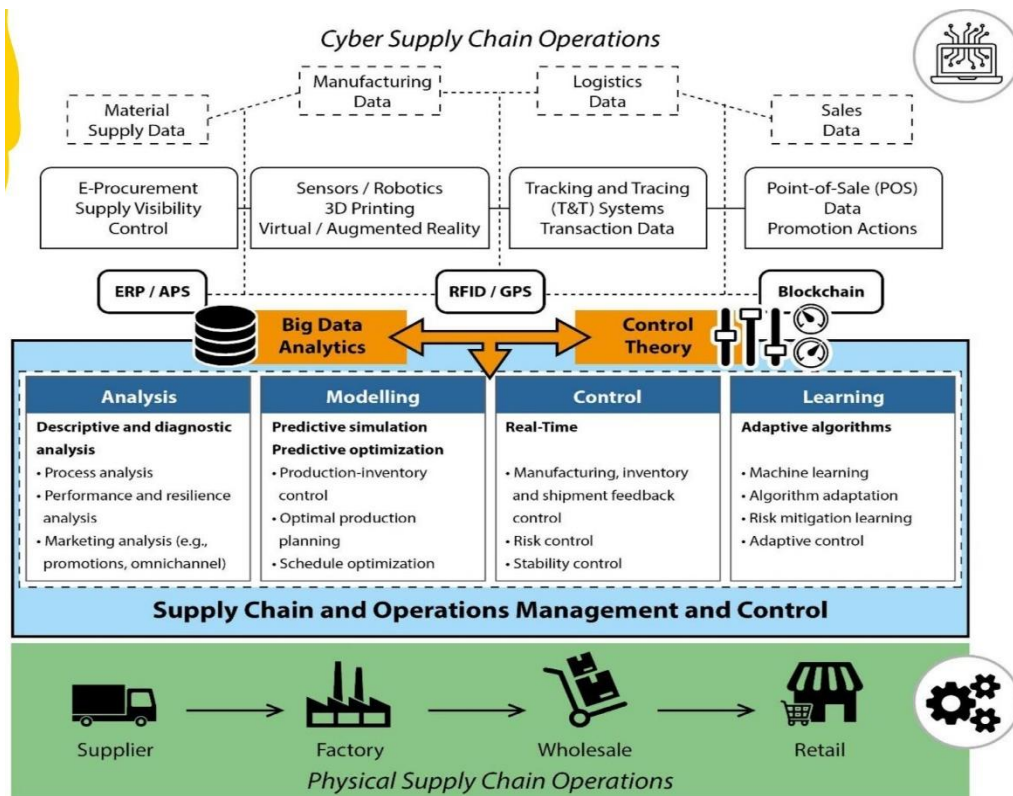
Εικόνα 33. Βήματα για την υιοθέτηση των τεχνολογιών του Industry 4.0

[Πηγή: μερική προσαρμογή από PwC, 2016]

Οι εταιρείες μπορούν να χρησιμοποιήσουν την Χαρτογράφηση ροής αξίας για να κατανοήσουν τις κύριες δυνατότητες στις διαδικασίες τους και την ροή πληροφοριών. Με αυτές τις συνδυνασμένες πληροφορίες, θα αποκομίσουν έναν καλύτερο λόγο κόστους-οφέλους για τα επόμενα βήματα όπως βραχυπρόθεσμες δραστηριότητες συνεχούς βελτίωσης ή ένα μακροπρόθεσμο έργο βελτιστοποίησης (Meudt et al., 2017, p. 416). Οι Meudt et al. (2017) δημιούργησαν το μοντέλο Value Stream Mapping 4.0 (VSM4.0) που βασίζεται στη διαχείριση των δεδομένων που προσφέρονται στην ψηφιακή εποχή για την αναβάθμιση των αξιών και του ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος των εταιρειών.

Η θεωρία ελέγχου (Control Theory - CT) χρησιμοποιείται επίσης συχνά στη μοντελοποίηση και την ανάλυση λειτουργικών συστημάτων στην παραγωγή και την εφοδιαστική από τις αρχές του 21^{ου} αιώνα. Οι ιδιότητες που αναλύονται είναι η σταθερότητα, η αξιοπιστία και η ανθεκτικότητα (Ivanov et al., 2018, p. 138).

Η συμβολή της θεωρίας ελέγχου στις επιχειρήσεις, είναι η προσαρμοστική κατανόηση των διαδικασιών σχεδιασμού και ελέγχου σε ένα συνεχές χρονικό πεδίο, με δυνατότητα κάλυψης της δυναμικής της διαδικασίας και των αλλαγών στην ΕΑ και στο περιβάλλον σε διαφορετικά επίπεδα, επιτυγχάνοντας την ολοκληρωμένη λύση προβλημάτων στο σύνολο του συστήματος. Οι Ivanov et al. (2018) πρότειναν έναν συνδυασμό μεθόδων ελέγχου και αναλυτικών στοιχείων που έχει τη δυνατότητα να δημιουργήσει πρωτοποριακές λύσεις και αναδιαμορφώσεις των λειτουργιών της ΕΑ βάσει της αναπληροφόρησης (Εικόνα 34).



Εικόνα 34. Θεωρία Ελέγχου στην ψηφιακή Εφοδιαστική Αλυσίδα

[Πηγή: Ivanov et al., 2018)]

Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα

Η παρούσα διπλωματική είχε ως στόχο τον προσδιορισμό των κύριων γενικών θεμάτων που αναφέρονται βιβλιογραφικά στη Βιομηχανία 4.0 και στις εφαρμογές στην ΕΑ - πώς λειτουργεί και εξελίσσεται, τις δυνατότητες δημιουργίας αξίας και τα εμπόδια - προκειμένου να προσδώσει μια στρατηγική προοπτική διαχείρισης της ΕΑ του εγγύς μέλλοντος και να προτείνει, για κάθε γενικό θέμα, μελλοντικές ερευνητικές ευκαιρίες.

Η παρούσα έρευνα στηρίχθηκε κατά κύριο λόγο μόνο στην αγγλική βιβλιογραφία σε περιορισμένες διεπιστημονικές βάσεις δεδομένων (Scopus, Science Direct και Academia) και αποκλείστηκαν έρευνες σε άλλες γλώσσες. Από την άποψη της πληρότητας, αυτή η μελέτη θα μπορούσε να είναι πιο περιεκτική εάν ληφθούν υπόψη περισσότερες βάσεις δεδομένων και περισσότερες γλώσσες. Είναι αξιοσημείωτο ότι η Διαχείριση Εφοδιαστικής αλυσίδας αναφέρεται σε θεωρητικές μελέτες στο εξωτερικό, αλλά δεν έχει ακόμη εφαρμοστεί εξολοκλήρου στην πραγματική ΕΑ και ιδιαίτερα στην Ελλάδα. Η μεγαλύτερη πρόκληση είναι οι πρακτικές εφαρμογές των τεχνικών της Βιομηχανίας 4.0 διότι εξακολουθεί να υπάρχει ανεπάρκεια ερευνών αναφορικά με το κανονιστικό πλαίσιο, τη ψηφιακή συμβίωση, τη διατερματική ολοκλήρωση καθώς και τις κοινωνικές επιπτώσεις. Συμπερασματικά, παρά τους περιορισμούς, αυτή η ανασκόπηση της βιβλιογραφίας ανέφερε την εξέλιξη και τρέχουσα κατάσταση της 4^{ης} βιομηχανικής επανάστασης μέσω της ανάλυσης των ακαδημαϊκών εξελίξεων στη Βιομηχανία 4.0.

Η πανδημία του COVID-19 του 2020 αποκάλυψε αδυναμίες σε συστήματα εφοδιαστικής αλυσίδας. Οργανισμοί σε παγκόσμιο επίπεδο, στον δημόσιο και στον ιδιωτικό τομέα, έδειξαν διαφορετικούς βαθμούς ικανότητας να ανταποκριθούν. Αυτό αποκάλυψε ελαττώματα σε συνεργασίες που απαιτούνται για τον εντοπισμό, τον έλεγχο ταυτότητας, τη χρηματοδότηση, τον εκτελωνισμό προμηθειών κ.λπ. Τέτοια παγκόσμια γεγονότα επισημαίνουν την ανάγκη για μια διασυνδεδεμένη και διαλειτουργική αλυσίδα εφοδιασμού. Η συγκεκριμένη πρόκληση αποκάλυψε προβλήματα στη διακυβέρνηση, στην ιδιοκτησία δεδομένων, εμπορικών επιχειρηματικών μοντέλων και συνεργασιών.

Οι λειτουργίες της εφοδιαστικής εξακολουθούν να αντιμετωπίζουν ζητήματα διαφάνειας, υψηλό κόστος, χειροκίνητη προσπάθεια, έλλειψη εμπιστοσύνης και προκλήσεις από τη διαθεσιμότητα δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Η ροή πληροφοριών στον κλάδο της

εφοδιαστικής είναι πολύ αναποτελεσματική, επιρρεπής σε σφάλματα, πραγματοποιείται χειροκίνητα και μη-ψηφιακά και εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από πολύπλοκα συστήματα που βασίζονται σε χαρτί.

Η 4^η βιομηχανική επανάσταση απογειώνει τις ισχυρότερες πτυχές της ανθρώπινης φύσης -αντιληπτικότητα, επινοητικότητα, δημιουργικότητα-, δίνει τη δυνατότητα επεξεργασίας πρωτοφανούς όγκου δεδομένων και την εκτέλεση mega-υπολογιστικών πράξεων και πολυσύνθετων εντολών ταχύτατα και σε πολλαπλά πεδία. Οι εταιρείες θα αναλάβουν νέες αρμοδιότητες και οι υπάλληλοι καλούνται να αποκτήσουν νέες δεξιότητες. Οι τεχνολογίες της Βιομηχανίας 4.0 που συζητήθηκαν στην παρούσα εργασία φαίνονται παρακάτω (Πίνακας 8).

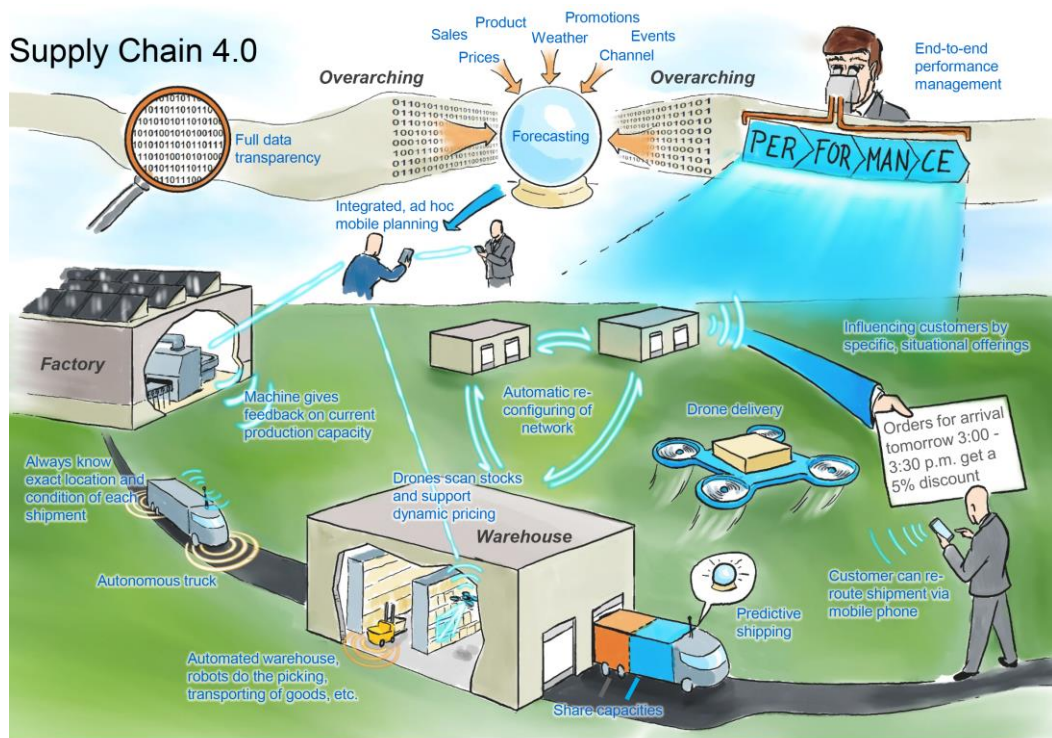
Πίνακας 8. Σύνοψη τεχνολογιών της Βιομηχανίας 4.0	
Τεχνολογία	Περιγραφή
Διαδίκτυο των πραγμάτων	Θεωρείται ως ένα σύστημα, το οποίο περιλαμβάνει υπολογιστικές συσκευές, καθημερινά αντικείμενα και ανθρώπους, για τη μεταφορά δεδομένων μέσω ενός δικτύου χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση.
Κυβερνοφυσικά συστήματα	Αντιπροσωπεύει ένα σύνολο φυσικών συσκευών που αλληλοεπιδρούν με τον εικονικό κυβερνοχώρο μέσω ενός δικτύου επικοινωνίας, στο οποίο κάθε φυσική συσκευή έχει τον κυβερνοχώρο της ως ψηφιακή αναπαράσταση της πραγματικής συσκευής.
Ρομποτική	Προηγμένα ρομπότ που επιτρέπουν στα συστήματα να μιμούνται ανθρώπινες ενέργειες και να λειτουργούν αυτόνομα καθώς και να συνεργάζονται με τους ανθρώπους.
Τεχνητή Νοημοσύνη	Περιλαμβάνει την προσομοίωση της ανθρώπινης νοημοσύνης και στην ενσωμάτωση χαρακτηριστικών όπως η λογική, η αντίληψη, η επίλυση προβλημάτων και ο προγραμματισμός.
Μεγάλα Δεδομένα & Αναλυτική	Αντιμετωπίζουν δομημένα, μη δομημένα και ημιδομημένα δεδομένα που είναι πολύ μεγάλα για να

	<p>υποβληθούν σε επεξεργασία με συμβατικές τεχνικές και τεχνολογίες.</p> <p>Με τη χρήση προηγμένων τεχνικών ανάλυσης δεδομένων, που χρησιμοποιούν αλγόριθμους μηχανικής μάθησης και βαθιά μάθηση, εξάγουν πολύτιμες γνώσεις, διευκολύνοντας τη λήψη αποφάσεων βάσει δεδομένων.</p>
Επαυξημένη Πραγματικότητα	Προσθέτει στρώματα ψηφιακών πληροφοριών στον φυσικό κόσμο καταλύοντας την αποτελεσματικότητα των εργασιών.
Προσθετική κατασκευή 3D Printing	Αντικατοπτρίζει την ανάπτυξη τρισδιάστατων πρότυπων αντικειμένων που κατασκευάζονται σε στρώσεις υπό τον έλεγχο υπολογιστή.
Αλυσίδες Συστοιχιών	Είναι μια κατανομημένη βάση δεδομένων σε ένα δίκτυο ομοτίμων που περιλαμβάνει μια μηχανή συναίνεσης και κρυπτογραφικές μεθόδους.
Υπολογιστική Νέφος και άκρων	Παρέχει κατά παραγγελία παράδοση εφαρμογών, αποθήκευση, υπολογιστική ισχύ μέσω του Διαδικτύου.
Ψηφιακό Δίδυμο	Το εικονικό μοντέλο προσομοίωσης συστημάτων, προϊόντων ή διαδικασιών, που ενσωματώνει όλες τις λειτουργικές ιδιότητες του συγκεκριμένου αντικειμένου.
Κυβερνοασφάλεια	Η διαδικασία ή ένα σύνολο πρακτικών για την προστασία συστημάτων, δικτύων και δεδομένων από κακόβουλες κυβερνοεπιθέσεις.

Καθώς η Διαχείριση της Εφοδιαστικής Αλυσίδας περιλαμβάνει τη διαχείριση, τον προγραμματισμό και συντονισμό του συνόλου των ροών υλικού και πληροφοριών προσφοράς και ζήτησης, όλες οι παραπάνω τεχνολογίες έχουν εφαρμογή στη διαχείρισή της: Προμήθειες, Παραγωγή, Συντήρηση, Πωλήσεις, Παρακολούθηση Ροών, Αποθήκευση και Διαχείριση Αποθεμάτων, Μεταφορά και Αντίστροφη Εφοδιαστική.

Η ενσωμάτωση ανθρώπου, μηχανήματος και δεδομένων, δημιουργεί πιο ευέλικτες αλυσίδες εφοδιασμού σε μια έξυπνη, ολιστική, αποκεντρωμένη και δια-τερματική λήψη αποφάσεων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη βελτίωση στις παροχές από άκρο σε άκρο- σε

πραγματικό χρόνο με πλήρη διαφάνεια- και την παραγωγικότητα των εταιρειών, χαμηλότερο κόστος, καλύτερη διαχείριση πόρων, προηγμένες προσεγγίσεις πρόβλεψης και διανομής προϊόντων, ευέλικτη αντίδραση σε μεταβαλλόμενες καταστάσεις ζήτησης ή προσφοράς, αύξηση της ευελιξίας στην οργάνωση αποθηκών και των μεταφορών, καλύτερες πωλήσεις και συνολικά καλύτερες οικονομικές επιδόσεις (Εικόνα 35).



SOURCE: McKinsey

Εικόνα 35. Δυναμική real-time Διαχείριση στην Εφοδιαστική Αλυσίδα 4.0

[Πηγή : (McKinsey & Company, 2016)]

Ωστόσο, υπάρχει ακόμα ψηφιακή υστέρηση και οφείλεται στο ότι οι επιχειρήσεις – ιδιαίτερα οι μικρομεσαίες - δεν επενδύουν σε σύγχρονες τεχνολογίες με τον σωστό τρόπο και δύσκολα αλλάζουν τα παραγωγικά τους μοντέλα. Καθώς μεγαλύτερη σημασία έχει η αλληλεπίδραση και η διαλειτουργικότητα με τον επόμενο κρίκο έως το τέλος της αλυσίδας, παρά η ταχύτητα των εσωτερικών λειτουργιών, είναι αναγκαίο να δοθεί μεγάλη έμφαση στην επιμόρφωση και ανάπτυξη δεξιοτήτων μέσω της συνεργασίας της ακαδημαϊκής και επιχειρηματική κοινότητας ώστε να πραγματοποιηθεί η αλλαγή της νοοτροπίας και να υιοθετηθεί καθολικά η ψηφιακή κουλτούρα.

Βασική προϋπόθεση για τον ψηφιακό μετασχηματισμό είναι η αποτελεσματική υιοθέτηση των αλλαγών από τις επιχειρήσεις. Για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος απαιτούνται οι κατάλληλες υποδομές, ολοκληρωμένα πληροφοριακά συστήματα για να

αποτελέσουν τη βάση για την ενσωμάτωση πελατών και παραγωγής με σκοπό να ενισχυθεί η διαφάνεια, καθώς και η κατάλληλη ψηφιακή διακυβέρνηση. Στην πραγματικότητα, οι σύγχρονες επιχειρήσεις είναι ακόμα ευάλωτες σε επιθέσεις στον κυβερνοχώρο, οι οποίες μπορούν να επηρεάσουν ολόκληρο το επιχειρηματικό μοντέλο. Ως εκ τούτου είναι αναγκαίο ένα ενιαίο αποτελεσματικό πανευρωπαϊκό project για τον ψηφιακό μετασχηματισμό, καθώς και για όλες τις διαδρομές Logistics στην Ευρώπη (χερσαία, θαλάσσης, σιδηροδρόμων), που θα στοχεύει στο συγχρονισμό και την κοινοποίηση δεδομένων με ασφάλεια, αλλά και τη μείωση ανθρακικού αποτυπώματος στο σύνολο της εφοδιαστικής.

Συγκεκριμένα στην Ελλάδα, δεν υπάρχει ακόμα η ψηφιακή ωριμότητα καθώς οι υποδομές (οπτικές ίνες, 5G κ.λπ.) δεν μπορούν να υποστηρίξουν το ψηφιακό άλμα. Ακόμα, η γραφειοκρατία είναι ένα μείζον πρόβλημα αφού οι δημόσιες υπηρεσίες έχουν η καθεμία δικό της πρόσωπο. Είναι αναγκαίο να εισαχθεί μια κυβερνητική πύλη με στόχο τη σύνδεση των υπηρεσιών του δημοσίου για την επίτευξη της διαλειτουργικότητας και η Πολιτεία να μεριμνήσει σχετικά με τη στήριξη της επιχειρηματικής κοινότητας στον ψηφιακό μετασχηματισμό.

Οι επιχειρήσεις μπορούν έτσι να αλλάξουν τον τομέα της εφοδιαστικής αλυσίδας με αποτελέσματα όπως : την αύξηση χρήσης των πλατφορμών ανάλυσης που βασίζονται στο νέφος (πέρα από ERP, CRM και BI), τη διεύρυνση και βελτίωση των υπηρεσιών, τη βελτιστοποίηση των διαδικασιών κυρίως στη διαχείριση και μεταφορά αποθεμάτων, την πανταχού παρούσα αυτοματοποίηση που μπορεί να είναι πιο ορατή στην παραγωγή και την αποθήκευση, τη βελτιωμένη πρόβλεψη και αυξημένη γνώση για τους πελάτες μέσω της μηχανικής μάθησης και την εμφάνιση νέων υπηρεσιών.

Λαμβάνοντας υπόψη τις τεχνολογίες που αναλύθηκαν καθώς και την χρήση τους στις μεγάλες εταιρείες επί του παρόντος, μπορούμε να ορίσουμε τρία επίπεδα ωριμότητας γενικής εφαρμογής αυτών των τεχνολογιών : ευρεία εφαρμογή, μέτρια εφαρμογή, μικρή εφαρμογή (Πίνακας 9).

Πίνακας 9. Εφαρμογή των αναφερόμενων τεχνολογιών		
Ευρεία εφαρμογή	Μέτρια εφαρμογή	Μικρή εφαρμογή
<ul style="list-style-type: none"> • Διαδίκτυο των Πραγμάτων • Κυβερνοφυσικά Συστήματα • Τεχνητή Νοημοσύνη • Υπολογιστικό Νέφος 	<ul style="list-style-type: none"> • Επαυξημένη Πραγματικότητα • Αλυσίδες συστοιχιών • Μεγάλα Δεδομένα & Αναλυτική • Κυβερνοασφάλεια 	<ul style="list-style-type: none"> • Προσθετική Κατασκευή • Ψηφιακό Δίδυμο • Ρομποτική

Οι ψηφιακές δυνατότητες είναι πολλές και τα διαθέσιμα δεδομένα πρέπει να αξιοποιούνται πολύ περισσότερο για τη βελτίωση των επιχειρηματικών αποφάσεων. Στα συστήματα πληροφορικής που εφαρμόζονται πρέπει να αναπτυχθούν περαιτέρω ψηφιακές δυνατότητες και όχι μόνο οι βασικοί αλγόριθμοι που χρησιμοποιούνται για τον προγραμματισμό ή την πρόβλεψη, καθώς και ανάπτυξη ενός μοντέλου που συγκεντρώνει όλες τις νέες τεχνολογίες. Οι προηγμένοι αλγόριθμοι πρέπει να αξιοποιούνται από τους επιστήμονες δεδομένων, ακολουθώντας μια σαφή πορεία ανάπτυξης προς την ψηφιακή γνώση. Η εκκίνηση χαρτογράφησης αξίας μπορεί να ξεκινήσει οποιαδήποτε στιγμή και εξαρτάται από την τρέχουσα ψηφιακή ωριμότητα της επιχείρησης.

Καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι ανάλογα με την κατάσταση εφαρμογής της Βιομηχανίας 4.0 και τον ρόλο μιας εταιρείας απέναντί της, πρέπει να αναπτυχθούν διαφορετικές στρατηγικές. Για επιχειρήσεις που βρίσκονται στο προκαταρκτικό στάδιο εφαρμογής ή δεν έχουν ακόμη εφαρμόσει τη Βιομηχανία 4.0 σε μεγάλη κλίμακα, συνίσταται η προώθηση οργανωτικής κουλτούρας προς τη Βιομηχανία 4.0. Επιπλέον, η τεχνογνωσία, η κατανόηση και η ανάπτυξη στρατηγικών μεταξύ των οργανώσεων πρέπει να αποκτηθούν προκειμένου να ενσωματωθεί επιτυχώς η Βιομηχανία 4.0 στις διαδικασίες δημιουργίας αξίας. Για τις επιχειρήσεις στις οποίες η εφαρμογή της έχει ήδη καθιερωθεί σε μεγαλύτερη κλίμακα, είναι απαραίτητο να αντιμετωπιστούν οι τεχνολογικές προκλήσεις. Αυτές περιλαμβάνουν, για παράδειγμα, την ασφάλεια δεδομένων, την ευαισθησία κατά την ανάλυση, την ανεπαρκή ποιότητα δεδομένων καθώς και την υποδομή της πληροφορικής. Κατά συνέπεια, πρέπει να διατεθούν πόροι

για την αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων της εφαρμογής της Βιομηχανίας 4.0, η οποία απαιτεί κυρίως εξειδικευμένους υπαλλήλους και τεχνικές ικανότητες σε τομείς που σχετίζονται με την πληροφορική. Η γρήγορη πραγματοποίηση των πιλοτικών εφαρμογών είναι απαραίτητη για να ληφθούν άμεσα οι επιχειρηματικές πληροφορίες σχετικά με την καταλληλότητα και τον αντίκτυπο των λύσεων ώστε να δημιουργηθεί εμπιστοσύνη στις καινοτομίες που προσφέρουν οι νέες τεχνολογίες και να κατευθύνουν τους επόμενους κύκλους ανάπτυξης.

Βιβλιογραφία

- 3Dnatives (2020) *Additive Manufacturing: Applications by sector - 3Dnatives* [Online]. Available at <https://www.3dnatives.com/en/applications-by-sector/#> (Accessed 13 September 2020).
- Afonso, J. (2018) *Edge Computing : learn to delegate: OCTO Talks* [Online]. Available at <https://blog.octo.com/en/edge-computing-learn-to-delegate/> (Accessed 8 September 2020).
- Airbus (2015) ‘Airbus looks into the future on the A330 final assembly line with “connected” glasses’, *Airbus*, 2015 [Online]. Available at <https://www.airbus.com/newsroom/news/en/2015/07/a-smarter-view-airbus-looks-into-the-future-on-the-a330-final-assembly-line-with-connected-glasses.html> (Accessed 2 September 2020).
- Akabane, G. K., Oliveira, R. M. N. de and Costa, I. (2020) ‘A Typological Approach for Technological Innovation in Logistics in the Industry 4.0 Scenario’, *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, vol. 7, no. 2, pp. 233–241.
- Analytics Insight (2017) *Four Types of Business Analytics to Know | Analytics Insight* [Online]. Available at <https://www.analyticsinsight.net/four-types-of-business-analytics-to-know/> (Accessed 20 December 2019).
- Andulkar M., Duc Tho Le and Berger U (2018) ‘A multi-case study on Industry 4.0 for SME's in Brandenburg, Germany’, pp. 1–10.
- Bag, S., Wood, L. C., Mangla, S. K. and Luthra, S. (2020) ‘Procurement 4.0 and its implications on business process performance in a circular economy’, *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 152, pp. 1–14.
- Banerjee, A. (2018) ‘Blockchain Technology: Supply Chain Insights from ERP’, in *Blockchain Technology: Platforms, Tools and Use Cases*, Elsevier, pp. 69–98.
- Benešová, A. and Tupa, J. (2017) ‘Requirements for Education and Qualification of People in Industry 4.0’, *Procedia Manufacturing*, vol. 11, pp. 2195–2202.
- Big Data and Analytics: Vusumuzi's Blog* [Online]. Available at <http://vusumuzi.dbsdatapjects.com/2017/03/04/big-data-and-analytics/> (Accessed 20 September 2020).

- Castelo-Branco, I., Cruz-Jesus, F. and Oliveira, T. (2019) ‘Assessing Industry 4.0 readiness in manufacturing: Evidence for the European Union’, pp. 1–11.
- Catal, C. and Tekinerdogan, B. (2019) ‘Aligning Education for the Life Sciences Domain to Support Digitalization and Industry 4.0’, *Procedia Computer Science*, vol. 158, pp. 99–106.
- Cloudflare (2020) ‘Cloud Definition’, 15 July [Online]. Available at <https://www.cloudflare.com/learning/cloud/what-is-the-cloud/> (Accessed 15 July 2020).
- Columbus, L. (2018) ‘10 Ways Machine Learning Is Revolutionizing Supply Chain Management’, 21 June [Online]. Available at <https://www.forbes.com/sites/louiscolombus/2018/06/11/10-ways-machine-learning-is-revolutionizing-supply-chain-management/#7c5d15183e37> (Accessed 3 August 2020).
- Cui, Y., Kara, S. and Chan, K. C. (2020) ‘Manufacturing big data ecosystem: A systematic literature review’, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, vol. 62, pp. 1–20.
- Dalmarco, G., Ramalho, F. R., Barros, A. C. and Soares, A. L. (2019) ‘Providing industry 4.0 technologies: The case of a production technology cluster’, *The Journal of High Technology Management Research*, vol. 30, no. 2, pp. 1–9.
- Deloitte Greece Consulting, Financial Advisory, Risk Advisory, Tax & Legal services, Audit and reports | Global [Online]. Available at <https://www2.deloitte.com/gr/en.html> (Accessed 20 January 2020).
- DHL Supply Chain (2020) ‘DHL Supply Chain and Locus Robotics Expand Partnership, Launching 10 New U.S. Deployments in 2020’, 30 July [Online]. Available at <https://www.dhl.com/us-en/home/press/press-archive/2020/dhl-supply-chain-and-locus-robotics-expand-partnership-launching-10-new-us-deployments-in-2020.html> (Accessed 30 July 2020).
- European Commission (2019) *Cyber-Physical Systems - Shaping Europe’s digital future - European Commission* [Online]. Available at <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/cyber-physical-systems> (Accessed 30 July 2020).
- European Commission (2020a) *A Digital Single Market for Europe: Commission sets out 16 initiatives to make it happen* [Online]. Available at https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_15_4919 (Accessed 19 July 2020).

- European Commission (2020b) ‘Ethics guidelines for trustworthy AI - Shaping Europe’s digital future - European Commission’, 9 July [Online]. Available at <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/ethics-guidelines-trustworthy-ai> (Accessed 19 July 2020).
- European Commission (2020c) ‘DESI by components: Digital Scoreboard - Data & Indicators’, 19 July [Online]. Available at <https://digital-agenda-data.eu/charts/desi-components> (Accessed 19 July 2020).
- Facchini, F., Oleśków-Szłapka, J., Ranieri, L. and Urbinati, A. (2020) ‘A Maturity Model for Logistics 4.0: An Empirical Analysis and a Roadmap for Future Research’, *Sustainability*, vol. 12, no. 1, pp. 1–20.
- Fizyr (2020), 30 July [Online]. Available at <https://fizyr.com/> (Accessed 30 July 2020).
- Fox, M. S., Chionglo, J. F. and Barbuceanu Mihai (1993) ‘The Integrated Supply Chain Management System’, pp. 1–12.
- Francis, S. (2017) ‘Kiva Systems developers launch new company and their own logistics robot’, 10 November [Online]. Available at <https://roboticsandautomationnews.com/2017/07/26/kiva-systems-developers-launch-new-company-and-their-own-logistics-robot/13562/#more-13562> (Accessed 30 July 2020).
- Frazzon, E. M., Rodriguez, C. M. T., Pereira, M. M., Pires, M. C. and Uhlmann, I. (2019) ‘Towards Supply Chain Management 4.0’, *Brazilian Journal of Operations & Production Management*, vol. 16, no. 2, pp. 180–191.
- Galati, F. and Bigliardi, B. (2019) ‘Industry 4.0: Emerging themes and future research avenues using a text mining approach’, *Computers in Industry*, vol. 109, pp. 100–113.
- GE (2020) ‘What is Additive Manufacturing’, 2020 [Online]. Available at <https://www.ge.com/additive/additive-manufacturing> (Accessed 19 September 2020).
- Ghadimi, P., Wang, C., Lim, M. K. and Heavey, C. (2019) ‘Intelligent sustainable supplier selection using multi-agent technology: Theory and application for Industry 4.0 supply chains’, *Computers & Industrial Engineering*, vol. 127, pp. 588–600.
- Ghode, D., Yadav, V., Jain, R. and Soni, G. (2020) ‘Adoption of blockchain in supply chain: an analysis of influencing factors’, *Journal of Enterprise Information Management*, vol. 33, no. 3, pp. 437–456.

- Giusti, R., Manerba, D., Bruno, G. and Tadei, R. (2019) ‘Synchromodal logistics: An overview of critical success factors, enabling technologies, and open research issues’, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, vol. 129, pp. 92–110.
- Govindan, K., Cheng, T.C.E., Mishra, N. and Shukla, N. (2018) ‘Big data analytics and application for logistics and supply chain management’, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, vol. 114, pp. 343–349.
- Hobbs, A. (2018) ‘Five ways the Internet of Things is transforming businesses today’, 28 August [Online]. Available at <https://internetofbusiness.com/5-ways-the-internet-of-things-is-transforming-businesses-today/> (Accessed 21 September 2020).
- Hompel, M. ten, Rehof, J. and Wolf, O. (2015) *Cloud Computing for Logistics*, Cham, Springer International Publishing.
- Hyundai *Hyundai Motor Group Newsroom* [Online]. Available at <https://news.hyundaimotorgroup.com/> (Accessed 23 July 2020).
- Ivanov, D., Sethi, S., Dolgui, A. and Sokolov, B. (2018) ‘A survey on control theory applications to operational systems, supply chain management, and Industry 4.0’, *Annual Reviews in Control*, vol. 46, pp. 134–147.
- Kadir, B. A., Broberg, O. and Conceição, C. S. d. (2019) ‘Current research and future perspectives on human factors and ergonomics in Industry 4.0’, *Computers & Industrial Engineering*, vol. 137, pp. 1–10.
- Kaptanoğlu, R. Ö. (2020) ‘Artificial Intelligence in Supply Chain Management’, in Ceyhun, G. Ç. (ed) *Handbook of research on the applications of international transportation and logistics for world trade*, Hershey PA, Business Science Reference, pp. 470–482.
- Klumpp, M. and Ruiner, C. (2018) ‘Regulation for Artificial Intelligence and Robotics in Transportation, Logistics and Supply Chain Management: Background and Developments’, no. 2, pp. 1–30.
- Koliński, A. and Kilic, Z. (2019) ‘Concept of communication integration for automated production processes regarding Logistics 4.0’, pp. 86–100.
- Konecranes *Konecranes* [Online]. Available at <https://www.konecranes.com/> (Accessed 28 August 2020).

- Lang, S., Dastagir Kota, M. S. S., Weigert, D. and Behrendt, F. (2019) ‘Mixed reality in production and logistics: Discussing the application potentials of Microsoft HoloLens™’, *Procedia Computer Science*, vol. 149, pp. 118–129.
- Lee, E. A. (2008) *Proceedings: The 11th IEEE Symposium on ObjectComponentService-Oriented Real-Time Distributed Computing Orlando, Florida, May 5-7, 2008*, Los Alamitos Calif., IEEE Computer Society.
- Lezzi, M., Lazoi, M. and Corallo, A. (2018) ‘Cybersecurity for Industry 4.0 in the current literature: A reference framework’, *Computers in Industry*, vol. 103, pp. 97–110.
- Li, M., Shen, L. and Huang, G. Q. (2019) ‘Blockchain-enabled workflow operating system for logistics resources sharing in E-commerce logistics real estate service’, *Computers & Industrial Engineering*, vol. 135, pp. 950–969.
- Li, Q. and Liu, A. (2019) ‘Big Data Driven Supply Chain Management’, *Procedia CIRP*, vol. 81, pp. 1089–1094.
- Liao, Y., Deschamps, F., Loures, E. d. F. R. and Ramos, L. F. P. (2017) ‘Past, present and future of Industry 4.0 - a systematic literature review and research agenda proposal’, *International Journal of Production Research*, vol. 55, no. 12, pp. 3609–3629.
- Manavalan, E. and Jayakrishna, K. (2019) ‘A review of Internet of Things (IoT) embedded sustainable supply chain for industry 4.0 requirements’, *Computers & Industrial Engineering*, vol. 127, pp. 925–953.
- Mandolla, C., Petruzzelli, A. M., Percoco, G. and Urbinati, A. (2019) ‘Building a digital twin for additive manufacturing through the exploitation of blockchain: A case analysis of the aircraft industry’, *Computers in Industry*, vol. 109, pp. 134–152.
- Marr, B. (2018) ‘30+ Real Examples Of Blockchain Technology In Practice’, *Forbes*, 2018 [Online]. Available at <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2018/05/14/30-real-examples-of-blockchain-technology-in-practice/#717b7799740d> (Accessed 29 November 2019).
- Marr, B. (2019) ‘7 Amazing Examples of Digital Twin Technology In Practice’, *Forbes*, 2019 [Online]. Available at <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2019/04/23/7-amazing-examples-of-digital-twin-technology-in-practice/#2c4ff6a36443> (Accessed 8 March 2020).

- Marr, B. and Brannan, M. (2020) ‘Six crucial elements to adopt AI successfully: IBM United Kingdom - Blog’, 19 July [Online]. Available at <https://www.ibm.com/blogs/think/uk-en/six-crucial-elements-to-adopt-ai-successfully> (Accessed 19 July 2020).
- Masitek (2018) ‘Connected Supply Chain Creating Total Product Visibility’, 19 April [Online]. Available at <https://mmaazz.org/blog/connected-supply-chain-creating-total-product-visibility> (Accessed 30 July 2020).
- Matthew Littlefield (2020) *Cover story: Big data analytics - ISA* [Online]. Available at <https://www.isa.org/intech/20151201/> (Accessed 2 July 2020).
- mc.ai (2020) ‘Introduction to Artificial Intelligence, Machine Learning, Deep Learning and Data Science’, 24 March [Online]. Available at <https://mc.ai/introduction-to-artificial-intelligence-machine-learning-deep-learning-and-data-science-2/> (Accessed 20 September 2020).
- McKinsey & Company (2016) ‘Supply Chain 4.0 – the next-generation digital supply chain’, 27 October [Online]. Available at <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/supply-chain-40--the-next-generation-digital-supply-chain#> (Accessed 20 September 2020).
- McKinsey & Company (2020a) ‘Blockchain technology for supply chains’, 31 July [Online]. Available at <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/blockchain-technology-for-supply-chainsa-must-or-a-maybe> (Accessed 31 July 2020).
- McKinsey & Company (2020b) ‘Blockchain technology for supply chains-A must or a maybe?’, 31 July [Online]. Available at <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/blockchain-technology-for-supply-chainsa-must-or-a-maybe> (Accessed 31 July 2020).
- Meudt, T., Metternich, J. and Abele, E. (2017) ‘Value stream mapping 4.0: Holistic examination of value stream and information logistics in production’, *CIRP Annals*, vol. 66, no. 1, pp. 413–416.
- Microsoft Store ‘HoloLens 2: Find Specs and Features - Microsoft HoloLens 2’ [Online]. Available at <https://www.microsoft.com/en-us/p/hololens-2/91pnzzznzwc?activetab=pivot:overviewtab> (Accessed 17 September 2020).
- Mistry, I., Tanwar, S., Tyagi, S. and Kumar, N. (2020) ‘Blockchain for 5G-enabled IoT for industrial automation: A systematic review, solutions, and challenges’, *Mechanical Systems and Signal Processing*, vol. 135, pp. 1–21.

- Mittal, S., Khan, M. A., Romero, D. and Wuest, T. (2018) ‘A critical review of smart manufacturing & Industry 4.0 maturity models: Implications for small and medium-sized enterprises (SMEs)’, *Journal of Manufacturing Systems*, vol. 49, pp. 194–214.
- Müller, J. M. and Voigt, K.-I. (2018) ‘The Impact of Industry 4.0 on Supply Chains in Engineer-to-Order Industries - An Exploratory Case Study’, pp. 1–6.
- Musa, Z. and Vidyasankar, K. (2017) ‘A Fog Computing Framework for Blackberry Supply Chain Management’, *Procedia Computer Science*, vol. 113, pp. 178–185.
- NewGenApps (2020) ‘Top 10 Cloud Computing Examples and Uses’, 1 May [Online]. Available at <https://www.newgenapps.com/blog/top-10-cloud-computing-examples-and-uses/> (Accessed 17 August 2020).
- Nilsen Samuel, N. E. (2016) *The adoption of Industry 4.0 technologies*.
- Norlean (2020) ‘Norlean’, 2020 [Online]. Available at <https://norlean.com/en/home/> (Accessed 9 September 2020).
- One Network Enterprises (2019) ‘Digital Transformation for Ecommerce: The 8 Keys to Achieving Success with Artificial Intelligence in Supply Chain’, pp. 1–10.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (2020) ‘Artificial intelligence’, 6 July [Online]. Available at <https://www.oecd.org/going-digital/ai/> (Accessed 19 July 2020).
- Pan, S., Zhong, R. Y. and Qu, T. (2019) ‘Smart product-service systems in interoperable logistics: Design and implementation prospects’, *Advanced Engineering Informatics*, vol. 42, pp. 1–9.
- Pitou, K.-K. (2018) ‘Stop worrying about how much energy bitcoin uses’, 28 August [Online]. Available at <https://theconversation.com/stop-worrying-about-how-much-energy-bitcoin-uses-97591> (Accessed 15 July 2020).
- Raj, A., Dwivedi, G., Sharma, A., Lopes de Sousa Jabbour, A. B. and Rajak, S. (2020) ‘Barriers to the adoption of industry 4.0 technologies in the manufacturing sector: An inter-country comparative perspective’, *International Journal of Production Economics*, vol. 224, pp. 1–50.
- Raj, P. and Surianarayanan, C. (2020) ‘Digital twin: The industry use cases’, in *The Digital Twin Paradigm for Smarter Systems and Environments: The Industry Use Cases*, Elsevier, pp. 285–320.

- Rauch, E., Linder, C. and Dallasega, P. (2020) ‘Anthropocentric perspective of production before and within Industry 4.0’, *Computers & Industrial Engineering*, vol. 139, pp. 1–15.
- Rejeb, A. (2019) ‘The Challenges of Augmented Reality in Logistics: A Systematic Literature Review’, pp. 1–31.
- Rice, M. (2020) ‘17 Big Data Applications & Examples | Built In’, 20 September [Online]. Available at <https://builtin.com/big-data/big-data-examples-applications> (Accessed 21 September 2020).
- Robinson, A. (2020) ‘The Top 5 Impacts of Artificial Intelligence (AI) in Logistics: Supply Chain Game Changer™’, 30 June [Online]. Available at <https://supplychaingamechanger.com/the-top-5-impacts-of-artificial-intelligence-ai-in-logistics/> (Accessed 30 June 2020).
- Robots In The Workplace* (2020) [Online]. Available at <https://willrobotstakemyjob.com/awesome-examples-of-robots-in-the-workplace> (Accessed 21 September 2020).
- Sage Automation Inc. (2020) ‘Gantry Robots’, 28 January [Online]. Available at <https://www.sagerobot.com/gantry-robots/> (Accessed 18 September 2020).
- Satya Ramaswamy (2017) *How Companies Are Already Using AI* [Online]. Available at <https://hbr.org/2017/04/how-companies-are-already-using-ai> (Accessed 3 August 2020).
- Schniederjans, D. G., Curado, C. and Khalajhedayati, M. (2020) ‘Supply chain digitisation trends: An integration of knowledge management’, *International Journal of Production Economics*, vol. 220, pp. 1–11.
- Seguel, R. (2019) *Technologias y Aplicaciones de Smart Cities* [Online], iUAI. Available at <https://ingenieria.uai.cl/centros/smart/wp-content/uploads/2019/04/SmartCities-30-Abril.pdf> (Accessed 25 August 2020).
- Shah, P. and Gautam, P. (2018) ‘Transformational Planning for Artificial Intelligence’, pp. 1–5.
- Sharpe, R., van Lopik, K., Neal, A., Goodall, P., Conway, P. P. and West, A. A. (2019) ‘An industrial evaluation of an Industry 4.0 reference architecture demonstrating the need for the inclusion of security and human components’, *Computers in Industry*, vol. 108, pp. 37–44.
- Shi, W., Cao, J., Zhang, Q., Li, Y. and Xu, L. (2016) ‘Edge Computing: Vision and Challenges’, *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 3, no. 5, pp. 637–646.

- Simon, J. and Omar, A. (2019) ‘Cybersecurity investments in the supply chain: Coordination and a strategic attacker’, *European Journal of Operational Research*, vol. 282, no. 1, pp. 161–171.
- Software Testing Help (2020) ‘10 Powerful Internet of Things (IoT) Examples of 2020’, 23 September [Online]. Available at <https://www.softwaretestinghelp.com/best-iot-examples/> (Accessed 23 September 2020).
- Spear, B. (2019) ‘How digitization makes the supply chain more efficient, agile, and customer-focused’, 2019, pp. 1–32.
- Statista (2020a) ‘Robotics market revenue worldwide 2018-2025’, 10 July [Online]. Available at <https://www.statista.com/statistics/760190/worldwide-robotics-market-revenue/> (Accessed 10 July 2020).
- Statista (2020b) ‘Technology investments of the U.S. RIAs 2020’, 23 September [Online]. Available at <https://www.statista.com/statistics/322625/ria-business-growth-tool-investment-usa/> (Accessed 23 September 2020).
- Stoltz, M.-H., Giannikas, V., McFarlane, D., Strachan, J., Um, J. and Srinivasan, R. (2017) ‘Augmented Reality in Warehouse Operations: Opportunities and Barriers’, *IFAC-PapersOnLine*, vol. 50, no. 1, pp. 12979–12984.
- supplychain.gr (2020) ‘Logistics, Διανομή, Μεταφορές, Αποθήκευση’, 15 July.
- Szymczak, M. (2019) ‘Digital Smart Logistics. Managing Supply Chain 4.0: Concepts, Components and Strategic Perspective’, 27-29 June, 2019, Cognitive-Crcs, pp. 356–368.
- Tao, F., Qi, Q., Wang, L. and Nee, A.Y.C. (2019) ‘Digital Twins and Cyber–Physical Systems toward Smart Manufacturing and Industry 4.0: Correlation and Comparison’, *Engineering*, vol. 5, no. 4, pp. 653–661.
- Technopedia (2020) ‘What is Visual Computing’, 15 July [Online]. Available at <https://www.techopedia.com/definition/16286/visual-computing> (Accessed 15 July 2020).
- Telukdarie, A., Buhulaiga, E., Bag, S., Gupta, S. and Luo, Z. (2018) ‘Industry 4.0 implementation for multinationals’, *Process Safety and Environmental Protection*, vol. 118, pp. 316–329.

- Tortorella, G. L., Cawley Vergara, A. M., Garza-Reyes, J. A. and Sawhney, R. (2020) ‘Organizational learning paths based upon industry 4.0 adoption: An empirical study with Brazilian manufacturers’, *International Journal of Production Economics*, vol. 219, pp. 284–294.
- Tosello, E., Castaman, N. and Menegatti, E. (2019) ‘Using robotics to train students for Industry 4.0’, pp. 1–6.
- TWI (2020) ‘Joining Innovation with Expertise’, 2020 [Online]. Available at <https://www.twi-global.com/> (Accessed 3 September 2020).
- Vieira, A. A. C., Dias, L. M. S., Santos, M. Y., Pereira, G. A. B. and Oliveira, J. A. (2019) ‘Supply chain hybrid simulation: From Big Data to distributions and approaches comparison’, *Simulation Modelling Practice and Theory*, vol. 97, pp. 1–13.
- Wang, L., Shen, W. and Lang, S. (2002) ‘Wise-ShopFloor: a web-based and sensor-driven shop floor environment’.
- Williams, T. (2020) ‘Machine Learning & Supply Chain (Impact to Sourcing)’, 3 August [Online]. Available at <https://www.cgnglobal.com/blog/machine-learning-supply-chain-impact-to-sourcing> (Accessed 3 August 2020).
- Βώσσοι, Α. (2019) *ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΤΑΣΕΙΣ ΣΤΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΤΗΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ: Διδακτικές Σημειώσεις*, Πανεπιστήμιο Πειραιώς.
- Ζεϊμπέκης Β, Γιαλός Α, Φραγκιαδάκη Ι (2019) *Ψηφιακός Μετασχηματισμός στην Εφοδιαστική Αλυσίδα*, Metropolitan Expo, OPTILOG ADVISORY SERVICES.
- Μαλινδρέτος, Γ. (2015) *Εφοδιαστική Αλυσίδα, Logistics & Εξυπηρέτηση Πελατών*, ΣΥΝΔΕΣΜΟΣ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΩΝ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΩΝ.
- Τμήμα Λογιστικής και Χρηματοοικονομικής Πληροφοριακά Συστήματα: Διδακτικές Σημειώσεις [Online], ΤΕΙ Ηπείρου. Available at <http://accfin.teiep.gr/eclass/modules/document> (Accessed 17 March 2020).