



ΣΧΟΛΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ & ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ & ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

**«Η ΕΠΙΡΡΟΗ ΤΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΣΤΗΝ 4η ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ
ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗ»**

Αποστόλου Κωνσταντίνος

Επιβλέπων : Στύλιος Χρυσόστομος

Καθηγητής, ΔΕΠ

ΑΡΤΑ, ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ, 2021

**THE INFLUENCE OF INFORMATION SCIENCE ON THE FOURTH
INDUSTRIAL REVOLUTION**

Εγκρίθηκε από τριμελή εξεταστική επιτροπή

Τόπος, Ημερομηνία

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

1. Επιβλέπων καθηγητής

Όνομα Επίθετο,

2. Μέλος επιτροπής

Όνομα Επίθετο,

3. Μέλος επιτροπής

Όνομα Επίθετο,

© Αποστόλου, Κωνσταντίνος, 2021.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Δήλωση μη λογοκλοπής

Δηλώνω υπεύθυνα και γνωρίζοντας τις κυρώσεις του Ν. 2121/1993 περί Πνευματικής Ιδιοκτησίας, ότι η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία είναι εξ ολοκλήρου αποτέλεσμα δικής μου ερευνητικής εργασίας, δεν αποτελεί προϊόν αντιγραφής ούτε προέρχεται από ανάθεση σε τρίτους. Όλες οι πηγές που χρησιμοποιήθηκαν (κάθε είδους, μορφής και προέλευσης) για τη συγγραφή της περιλαμβάνονται στη βιβλιογραφία.

Αποστόλου, Κωνσταντίνος

Υπογραφή



Περίληψη

Ο όρος Βιομηχανία 4.0 (Βιομηχανία 4.0) κυκλοφόρησε για πρώτη φορά το 2011 για την ενίσχυση της γερμανικής ανταγωνιστικότητας στη μεταποιητική βιομηχανία. Η Γερμανική ομοσπονδιακή κυβέρνηση υιοθέτησε την ιδέα για μια στρατηγική υψηλής τεχνολογίας για το 2020. Σήμερα, αυτή η ιδέα γίνεται όλο και πιο πολύ παρούσα. Πολλές έρευνες έχουν διεξαχθεί για να εξηγήσουν αυτήν την ιδέα και να εισαγάγουν τις προκλήσεις και τα οφέλη, αλλά περισσότερη έρευνα σε αυτό το πεδίο είναι απαραίτητη.

Σε αυτή τη μελέτη, παρουσιάζονται ορισμένες προκλήσεις και ευκαιρίες του Βιομηχανία 4.0. Σύμφωνα με την αλλαγή στο κατασκευαστικό περιβάλλον και ενώ ο ανταγωνισμός μεταξύ των εταιρειών αυξάνεται διαρκώς, χρειαζόμαστε μια νέα ιδέα για τον καθορισμό και την κατασκευή νέων εργοστασίων παραγωγής, προκειμένου να λειτουργούν ομαλά και ευέλικτα και προφανώς με λογικό κόστος. Τέλος, στη παρούσα μελέτη παρουσιάζεται η συμβολή των Τεχνολογιών Πληροφορίας και Επικοινωνίας, αφού πρόκειται για μια ψηφιακή επανάσταση.

Λέξεις κλειδιά: Βιομηχανία 4.0, έξυπνες συσκευές, Τεχνολογίες Πληροφορίας και Επικοινωνίας

Abstract

The term Industry 4.0 was first introduced in 2011 to enhance German competitiveness in the manufacturing industry. The German Federal Government has adopted the idea of a high-tech strategy for 2020. Today, this idea is becoming more and more present. Much research has been done to explain this idea and introduce the challenges and benefits, but more research in this area is needed.

In this study, some of the challenges and opportunities of Industry 4.0 are presented. In line with the change in the construction environment and while the competition between the companies is constantly increasing, we need a new idea for the definition and construction of new production plants, in order to operate normally and flexibly and obviously at a reasonable cost. Finally, the present study presents the contribution of Information and Communication Technologies since it is a digital revolution.

Keywords: Industry 4.0, smart devices, Information and Communication Technologies

Πίνακας περιεχομένων

Περίληψη.....	6
Abstract	7
Πίνακας περιεχομένων	8
Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή.....	10
1.1. Τι είναι η Βιομηχανία 4.0.....	10
1.2. Οι προηγούμενες βιομηχανικές επαναστάσεις	16
Κεφάλαιο 2. Βιομηχανία 4.0 και δεξιότητες	21
2.1. Οι δεξιότητες του μέλλοντος	21
2.2. Εκπαίδευση και Βιομηχανία 4.0	23
2.2.1.1. Δεξιότητες και Βιομηχανία 4.0.....	29
Κεφάλαιο 3. Οι τεχνολογίες της Βιομηχανίας 4.0.....	36
3.1. Τεχνητή Νοημοσύνη	36
3.2. Το Υπολογιστικό νέφος	42
3.3. Η Επαυξημένη Πραγματικότητα.....	47
3.4. Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of Things)	56
Κεφάλαιο 4. Συμπεράσματα	64
Βιβλιογραφικές αναφορές	67

Το μεγαλύτερο ταλέντο στη Βιομηχανία 4.0 δεν είναι οι μηχανές, αλλά ένας
συνδυασμός ανθρώπων και μηχανών
(Selamat et al., 2017)

Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή

1.1. Τι είναι η Βιομηχανία 4.0

Η σύγχρονη παγκόσμια οικονομία βρίσκεται στο κατώφλι της νέας βιομηχανικής επανάστασης, η οποία αποδεικνύεται από πολλά στοιχεία και τάσεις. Πρώτα από όλα, η μεγάλη σε διάρκεια παγκόσμια οικονομική κρίση, η οποία άρχισε στις αρχές του 21ου αιώνα και η ξεκάθαρη αδυναμία να ξεπεραστεί με τη βοήθεια των υφιστάμενων δυνατοτήτων των οικονομικών συστημάτων, γεγονός το οποίο αποδεικνύει την εξάντληση των δυνατοτήτων του προηγούμενου τεχνολογικού μοντέλου. Στη “βιομηχανική σφαίρα παραγωγής”, η κρίση εκδηλώθηκε για πρώτη φορά στην υπερπαραγωγή βιομηχανικών αγαθών, καθώς και από την αδυναμία πώλησης τους σε εγχώρια οικονομικά συστήματα, αλλά και σε παγκόσμιο επίπεδο, γεγονός το οποίο οδήγησε σε ένα φαινόμενο μαζικής πτώχευσης βιομηχανικών εταιρειών, σε όλο τον κόσμο, καθώς και στην αύξηση προστατευτικών μέτρων από τις κυβερνήσεις διαφόρων κρατών.

Δεύτερον, σύμφωνα με τις σύγχρονη Οικονομική θεωρία, και συγκεκριμένα, τη “Θεωρία των Οικονομικών Κύκλων”, τη “Θεωρία των Κρίσεων”, τη “Θεωρία των Καινοτομιών” κ.ά., για να ξεπεραστεί η παγκόσμια κρίση απαιτείται να ξεκινήσει ένα νέο κύμα καινοτομιών. Αυτή η τάση υποστηρίζεται από την εντατική πρόοδο πολλών κρατών στη δημιουργία μιας “Οικονομίας της Γνώσης”, με τη βάση ότι η ενίσχυση του Ανθρώπινου Δυναμικού, στο παγκόσμιο οικονομικό σύστημα, είναι σε θέση να ενισχύσει την ανάπτυξη μελλοντικών καινοτομιών. Είναι πλέον, κοινά αποδεκτό ότι οι καινοτομίες αποτελούν μια παγκόσμια προτεραιότητα της κοινωνικοοικονομικής ανάπτυξης.

Τρίτον, στη διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών, διεξήχθησαν μελέτες από διάφορες χώρες η οποία με τη σειρά της οδήγησε σε νέες τεχνολογίες, οι περισσότερες από τις οποίες εστιάζουν στις τεχνολογικές καινοτομίες, δηλαδή, προσανατολίζονται στο πραγματικό τομέα της οικονομίας. Αυτές οι τεχνολογίες πρέπει να διαμορφωθούν και να τονωθούν εντατικά μέσα από την ανάπτυξη νέων τομέων υψηλής τεχνολογίας, αλλά δεν έχουν ακόμη χρησιμοποιηθεί στην πράξη.

Τέταρτον, στο επίπεδο των ξεχωριστών εταιρειών και ακόμη και των χωρών, υπάρχουν πρωτοβουλίες σχετικά με τον επαναστατικό τεχνικό εκσυγχρονισμό που στοχεύουν στην επίτευξη μιας πρωτοφανούς ανάπτυξης, αναφορικά με την καινοτομία. Στις συνθήκες του παγκόσμιου ανταγωνισμού η επιτυχία των οικονομικών συστημάτων στην παγκόσμια αγορά, θα μπορούσε να διασφαλίζεται μόνο με μοναδικά ανταγωνιστικά πλεονεκτήματα. Έτσι, προκειμένου να επιτευχθεί και να διατηρηθεί αυτό το ανταγωνιστικό πλεονέκτημα, είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθούν νέες τεχνολογίες που διασφαλίζουν τη βελτιστοποίηση των κοινωνικοοικονομικών και επιχειρηματικών διαδικασιών.

Ο επιστημονικός όρος «Βιομηχανία 4.0» χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά στη Γερμανία το 2011, κατά τη διάρκεια της Έκθεσης του Ανόβερου, προκειμένου να υποδηλώσει μια διαδικασία παγκόσμιου μετασχηματισμού, αναφορικά με τις αλυσίδες δημιουργίας αξίας. Στην έκθεση «Η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση», η οποία παρουσιάστηκε από τον K. Schwab, στο Παγκόσμιο Οικονομικό Φόρουμ, αναφέρεται ότι η Βιομηχανία 4.0 περιλαμβάνει εκείνες τις επιχειρηματικές διαδικασίες στη βιομηχανία που προβλέπουν την οργάνωση παγκόσμιων δικτύων παραγωγής με βάση τις νέες Τ.Π.Ε. και την τεχνολογία του Διαδικτύου, με τη βοήθεια των οποίων πραγματοποιείται αλληλεπίδραση των αντικειμένων παραγωγής (Schwab, 2017).

Οι Μελετητές από το Ινστιτούτο Τεχνολογίας της Μασαχουσέτης, (M.I.T) E. Brynjolfsson και A. McAfee περιέγραψαν τη Βιομηχανία 4.0 ως μια “χρυσή εποχή της βιομηχανικής παραγωγής”, οργανωμένη βάσει ψηφιακών τεχνολογιών και πλήρως αυτοματοποιημένη (Brynjolfsson & McAfee 2014). Σύμφωνα με τον Ρώσο V. N. Knyaginina, τα πιο σημαντικά ειδικά χαρακτηριστικά που διακρίνουν τη Βιομηχανία 4.0 από την παραδοσιακή βιομηχανική παραγωγή είναι η

- η απόλυτη ολοκλήρωση, με την έννοια της στενής διασύνδεσης, και
- η διαδραστικότητα, με την έννοια της προσαρμογής στην κατάσταση σε πραγματικό χρόνο, όλων των διαδικασιών παραγωγής μιας βιομηχανίας, που εξασφαλίζεται μέσα από τη χρήση των σύγχρονων ψηφιακών τεχνολογιών (Knyaginina, 2017).

Οι Ρώσοι μελετητές Loshkareva et al. (2015) ορίζουν τη Βιομηχανία 4.0 ως μια επαναστατική μέθοδο οργάνωσης της βιομηχανικής παραγωγής, η οποία βασίζεται σε ευρεία ψηφιοποίηση και αυτοματοποίηση της παραγωγής και διανομής και σε διαδικασίες που εξαλείφουν τα όρια μεταξύ φυσικών αντικειμένων, μετατρέποντάς τα σε ένα ολοκληρωμένο σύνθετο σύστημα αλληλοσυνδεόμενων και αλληλεξαρτώμενων στοιχείων.

Οι ίδιοι διακρίνουν τα παρακάτω βασικά χαρακτηριστικά της Βιομηχανίας 4.0 (Loshkareva et al.2015).:

- μετάβαση από τη χειρωνακτική εργασία στη ρομποτική εργασία η οποία διασφαλίζει την αυτοματοποίηση όλων των διαδικασιών παραγωγής,
- εκσυγχρονισμός των συστημάτων μεταφοράς και υλικοτεχνικής υποστήριξης,

- αύξηση της πολυπλοκότητας και της ακρίβειας των κατασκευασμένων τεχνικών προϊόντων, της κατασκευής νέων δομικών υλικών, λόγω της βελτίωσης των τεχνολογιών παραγωγής,
- ανάπτυξη διεπιχειρησιακών επικοινωνιών και αυτοδιαχείρισης των φυσικών συστημάτων, που διεξάγονται με τη βοήθεια του “Internet of Things” (IoT),
- εφαρμογή προγραμμάτων αυτοδιδασκαλίας για την παροχή συνεχούς βελτίωσης των συστημάτων παραγωγής.

Οι Kagermann, Wahlster & Johannes (2013) ορίζουν τη Βιομηχανία 4.0 ως την αξιοποίηση της δύναμης των Τ.Π.Ε. και των καινοτόμων εφευρέσεων για την ενίσχυση της ανάπτυξης της μεταποιητικής βιομηχανίας. Σύμφωνα με τους Qin, Liu & Grosvenor (2016), η Βιομηχανία 4.0 ενθαρρύνει την παραγωγική αποδοτικότητα συλλέγοντας δεδομένα και λαμβάνοντας και εκτελώντας σωστές αποφάσεις . Χρησιμοποιώντας τις πιο προηγμένες τεχνολογίες, οι διαδικασίες συλλογής και ερμηνείας δεδομένων είναι πλέον ευκολότερες. Η ικανότητα διαλειτουργικότητας κατέχει το ρόλο μια «γέφυρας σύνδεσης» για την παροχή ενός αξιόπιστου κατασκευαστικού περιβάλλοντος στη Βιομηχανία 4.0, ενώ η συνολική συνείδηση αποτελεί την πιο σημαντική πτυχή των τεχνητών έξυπνων λειτουργιών.

Σύμφωνα με τους Schumacher, Erol & Sihn (2016), η Βιομηχανία 4.0 περιβάλλεται από ένα τεράστιο δίκτυο προηγμένων τεχνολογιών σε όλη την αλυσίδα αξίας. Οι υπηρεσίες, ο αυτοματισμός, η ρομποτική τεχνητής νοημοσύνης, το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) και η κατασκευή πρόσθετων φέρνουν μια ολοκαίνουργια εποχή παραγωγικών διαδικασιών. Τα όρια μεταξύ του πραγματικού κόσμου και της εικονικής πραγματικότητας γίνονται όλο και πιο δυσδιάκριτα προκαλώντας ένα φαινόμενο γνωστό ως Κυβερνο-φυσικά συστήματα παραγωγής (Cyber-Physical Production

Systems-CPPS). Από την άλλη ο Schwab (2016), αναφέρει ότι η Βιομηχανία 4.0 διαφοροποιείται από τις προηγούμενες βιομηχανικές επαναστάσεις με βάση συγκεκριμένα χαρακτηριστικά των νέων τεχνολογιών, όπως είναι για παράδειγμα οι φυσικοί, οι ψηφιακοί και οι βιολογικοί κόσμοι. Η βελτίωση των τεχνολογιών έχει σημαντικές επιπτώσεις στις βιομηχανίες, τις οικονομίες και τα αναπτυξιακά σχέδια των κυβερνήσεων, ενώ επισημαίνει ότι η Βιομηχανία 4.0 είναι μια από τις πιο σημαντικές ιδέες για την ανάπτυξη της παγκόσμιας βιομηχανίας και της παγκόσμιας οικονομίας.

Οι Wang et al. (2016) αναφέρουν ότι η Βιομηχανία 4.0 χρησιμοποιεί πλήρως τις αναδυόμενες τεχνολογίες και την ταχεία ανάπτυξη μηχανών και εργαλείων για την αντιμετώπιση των παγκόσμιων προκλήσεων προκειμένου να βελτιώσει τα επίπεδα της βιομηχανίας. Η βασική ιδέα της Βιομηχανία 4.0 είναι η χρήση της προηγμένης τεχνολογίας πληροφοριών για την ανάπτυξη υπηρεσιών IoT. Η παραγωγή μπορεί να τρέξει γρηγορότερα και ομαλότερα με ελάχιστο χρόνο διακοπής, ενσωματώνοντας τις γνώσεις της μηχανικής. Επομένως, το κατασκευασμένο προϊόν θα είναι καλύτερης ποιότητας, τα συστήματα παραγωγής θα είναι πιο αποτελεσματικά, ευκολότερα στη συντήρηση και θα επιτυγχάνεται εξοικονόμηση κόστους.

Οι Mrugalska & Magdalena (2017), αναφέρουν ότι οι σύγχρονες και πιο εξελιγμένες μηχανές και εργαλεία με προηγμένο λογισμικό και αισθητήρες δικτύου, θα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για το σχεδιασμό, την πρόβλεψη, την προσαρμογή και τον έλεγχο των κοινωνικών αποτελεσμάτων και των επιχειρηματικών μοντέλων για τη δημιουργία μιας άλλης φάσης οργάνωσης αλυσίδας αξίας και μπορεί να διαχειριστεί καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής ενός προϊόντος. Έτσι, η Βιομηχανία 4.0 προσφέρει ένα ανταγωνιστικό πλεονέκτημα σε οποιονδήποτε κλάδο, ενώ συμπληρώνουν ότι για να

δημιουργηθεί μια πιο δυναμική ροή παραγωγής, η βελτιστοποίηση της αλυσίδας αξίας πρέπει να ελέγχεται αυτόνομα.

Συνοψίζοντας, τα κύρια στοιχεία της Βιομηχανίας 4.0 είναι:

- τα Κυβερνο-φυσικά συστήματα παραγωγής,
- το IoT και γενικά
- το βιομηχανικό Διαδίκτυο.

Εκτός αυτού, ορισμένοι από τους συγγραφείς επικεντρώνονται στον παράγοντα κόστους και την κερδοφορία με πρόσφατα αναπτυγμένες πληροφορίες υψηλής τεχνολογίας και έξυπνες υπηρεσίες. Στην αρχή το επίκεντρο ήταν κυρίως στον τομέα της βιομηχανικής μεταποίησης, αλλά επί του παρόντος πολλοί τομείς όπως η αυτοκινητοβιομηχανία, η μηχανική, η χημική βιομηχανία και η ηλεκτρονική έχουν αρχίσει να εφαρμόζουν πρακτικές της Βιομηχανίας 4.0 (Tay et al., 2018). Συνοπτικά, η Βιομηχανία 4.0, συγκεντρώνει υπάρχουσες ιδέες σε μια νέα αλυσίδα αξίας που παίζει καθοριστικό ρόλο για να μεταμορφώσει ολόκληρες αλυσίδες αξίας κύκλων ζωής αγαθών, ενώ αναπτύσσει καινοτόμα προϊόντα στην κατασκευή που περιλαμβάνει τη σύνδεση συστημάτων και πραγμάτων που δημιουργούν αυτο-οργάνωση και δυναμικό έλεγχο εντός του οργανισμού (Tay et al., 2018).

Η Βιομηχανία 4.0 περιγράφει ένα μελλοντικό σενάριο βιομηχανικής παραγωγής που χαρακτηρίζεται από νέα επίπεδα ελέγχου, οργάνωσης και μετασχηματισμού ολόκληρης της αλυσίδας αξίας με τον κύκλο ζωής των προϊόντων, με αποτέλεσμα υψηλότερη παραγωγικότητα και ευελιξία μέσω τριών τύπων αποτελεσματικής ολοκλήρωσης που είναι:

- οι οριζόντιες,

- οι κάθετες και
- οι end-to-end.

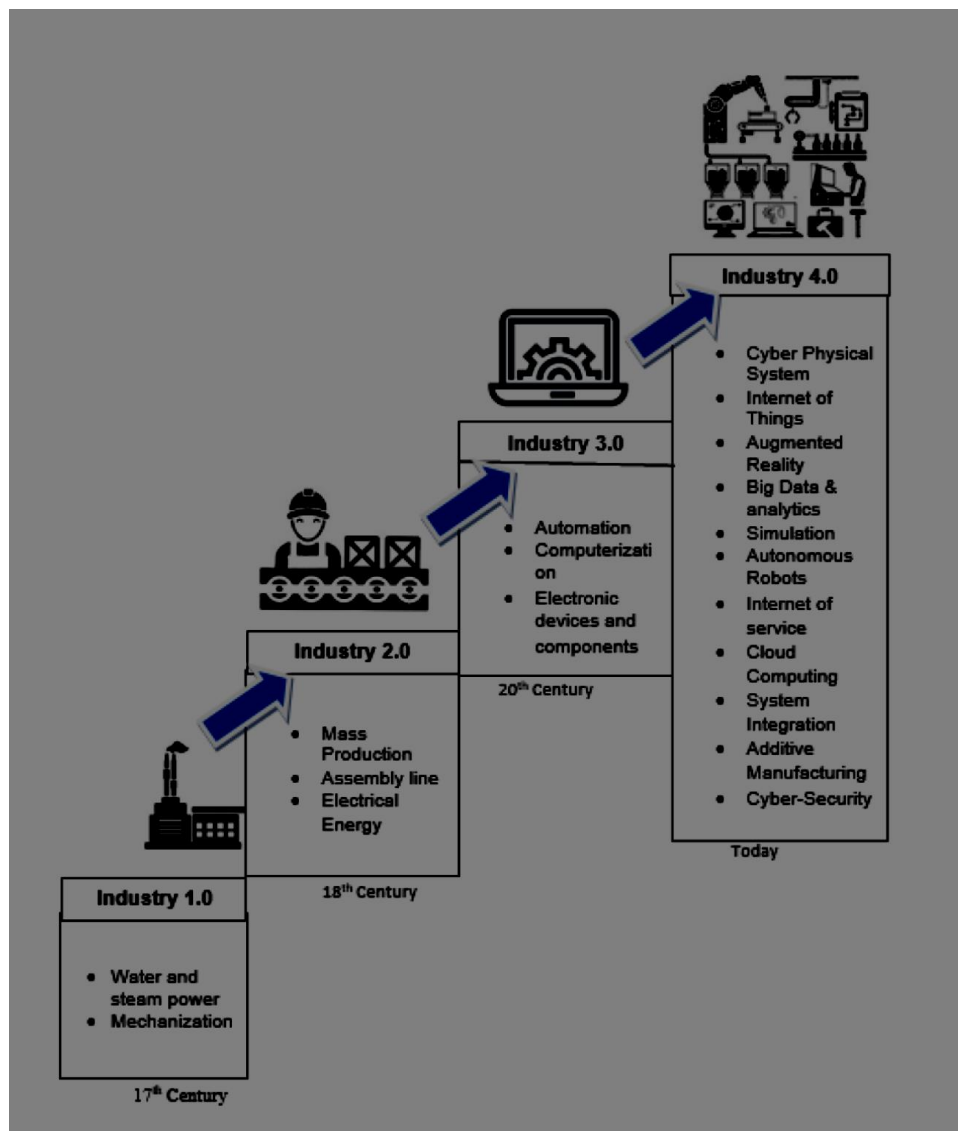
Ως εκ τούτου, αυτά μπορούν να προβλέψουν την υποβάθμιση της απόδοσης του προϊόντος και να διαχειριστούν και να βελτιστοποιήσουν αυτόνομα τις ανάγκες υπηρεσίας προϊόντων και την κατανάλωση πόρων και, στη συνέχεια, να οδηγήσουν σε βελτιστοποίηση και μείωση του κόστους. Στη συνέχεια, η δημιουργία δυναμικών, βελτιστοποιημένων σε πραγματικό χρόνο και αυτο-οργανωμένων δικτύων αξίας μεταξύ εταιρειών μέσω του Cyber-Physical Systems (CPS), του Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of Things), της τεχνητής νοημοσύνης (artificial intelligence), της προσθετικής κατασκευής (additive manufacturing) και του υπολογιστικού νέφους (cloud computing). Όλα αυτά τα στοιχεία αποτελούν μέρη της οραματιστικής ιδέας της Βιομηχανίας 4.0. (Tay et al., 2018).

1.2. Οι προηγούμενες βιομηχανικές επαναστάσεις

Η έναρξη της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης, η οποία περιγράφεται με τον όρο Βιομηχανία 4.0, τοποθετείται στο 2011, όταν και αναφέρθηκε ο συγκεκριμένος όρος για πρώτη φορά στη Γερμανία το 2011, κατά τη διάρκεια της Έκθεσης του Ανόβερου, και προφανώς βρίσκεται ακόμα σε εξέλιξη. Προηγήθηκαν όμως άλλες τρεις βιομηχανικές επαναστάσεις, βασικά στοιχεία των οποίων θα παρουσιαστούν στη συνέχεια ώστε να γίνουν καλύτερα κατανοητές οι μεταξύ τους διαφορές.

Πριν από την βιομηχανική επανάσταση που είναι σε εξέλιξη, προηγήθηκαν τρεις βιομηχανικές επαναστάσεις οι οποίες οδήγησαν σε αλλαγές στον τομέα της παραγωγής (Εικόνα 1) . Αρχικά ήταν η μηχανοποίηση με χρήση νερού και ατμού, στη συνέχεια η

μαζική παραγωγή σε γραμμές συναρμολόγησης και ακολούθησε ο αυτοματισμός με τη χρήση της τεχνολογίας πληροφοριών.



Εικόνα 1. Οι τέσσερις βιομηχανικές επαναστάσεις (Πηγή: Tay et al., 2018)

Η έναρξη της πρώτης βιομηχανικής επανάστασης, ή αλλιώς Industry 1.0, τοποθετείται γύρω στη δεκαετία του 1780 με την εισαγωγή της χρήσης της ισχύος του νερού και του ατμού, στοιχεία τα οποία βοήθησαν στη χρήση μηχανών στην παραγωγική διαδικασία, ενώ βελτίωσαν σημαντικά και τον γεωργικό τομέα. Στη συνέχεια, η δεύτερη βιομηχανική επανάσταση (Industry 2.0), η οποία ξεκίνησε στη δεκαετία του 1830,

ορίζεται ως η περίοδος κατά την οποία η μαζική παραγωγή εισήχθη ως το πρωταρχικό μέσο παραγωγής. Η μαζική παραγωγή χάλυβα βοήθησε να εισαχθούν οι γραμμές παραγωγής στο βιομηχανικό σύστημα, οι οποίες συνέβαλαν συνεπώς στη μαζική παραγωγή γενικά (Tay et al., 2018).

Κατά τη διάρκεια του 20^{ου} αιώνα, η τρίτη βιομηχανική επανάσταση (Industry 3.0) εμφανίστηκε με την έλευση της Ψηφιακής Επανάστασης, με την οποία είμαστε πολύ πιο εξοικειωμένοι, καθώς οι περισσότεροι άνθρωποι που ζουν σήμερα είναι εξοικειωμένοι με τις βιομηχανίες που στηρίζονται στις ψηφιακές τεχνολογίες στην παραγωγή. Κατά τους Liao et al. (2017), η τρίτη βιομηχανική επανάσταση ήταν και εξακολουθεί να είναι άμεσο αποτέλεσμα της τεράστιας ανάπτυξης των υπολογιστών και των βιομηχανιών Τεχνολογίας Πληροφοριών και Επικοινωνιών (Τ.Π.Ε.) για πολλές χώρες.

Η Βιομηχανία 4.0 έφερε αλλαγές σε πολλά επαγγέλματα. Οι άνθρωποι ήταν πάντα υποχρεωμένοι να μαθαίνουν νέες καθημερινές εργασίες, αλλά τώρα είναι επίσης υποχρεωμένοι να χρησιμοποιούν συσκευές υψηλής τεχνολογίας οι οποίες γίνονται ολοένα και περισσότερο σημαντικοί παράγοντες στην επαγγελματική τους ζωή (Gorecky et al., 2014). Τα προηγούμενα χρόνια οι βιομηχανικοί εργάτες έπρεπε να είναι σε θέση να χειρίζονται το βιομηχανικό εξοπλισμό, ο οποίος τους βοηθούσε να κάνουν εργασίες οι οποίες ήταν επικίνδυνες ή και δύσκολες για να τις φέρει εις πέρας ο άνθρωπος. Πλέον, οι εργάτες δεν χειρίζονται απλά ένα γερανό, για παράδειγμα, αλλά εξοπλισμό υψηλής τεχνολογίας. Πλέον, το ανθρώπινο δυναμικό θα πρέπει να είναι σε θέση να επικοινωνεί με τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές και όχι απλά να τους χειρίζεται (Tay et al., 2018), ενώ η Βιομηχανία 4.0 παρουσιάζεται ως μια συνολική αλλαγή μέσω της ψηφιοποίησης και της αυτοματοποίησης κάθε τμήματος σε μια εταιρεία, καθώς και στη διαδικασία παραγωγής.

Μεγάλες πολυεθνικές εταιρείες, οι οποίες βασίζονται στη συνεχή βελτίωση και έχουν υψηλά πρότυπα για έρευνα και ανάπτυξη τείνουν να αποδέχονται την έννοια του Βιομηχανία 4.0 προκειμένου να γίνουν ακόμη πιο ανταγωνιστικές στην αγορά (Marcos et al., 2017). Αυτό γίνεται εφικτό εισάγοντας την αυτο-βελτιστοποίηση, την αυτογνωσία και την αυτο-προσαρμογή στις νέες απαιτήσεις του κλάδου.

Τα δομικά στοιχεία της Βιομηχανίας 4.0 μεταξύ άλλων περιλαμβάνουν (Tay et al., 2018):

- τα Κυβερνο-φυσικά συστήματα
- το Διαδίκτυο των Πραγμάτων,
- την τεχνητή νοημοσύνη,
- την επαυξημένη πραγματικότητα,
- τα Μεγάλα Δεδομένα (Big Data),
- τις προσομοιώσεις,
- τα αυτόνομα robots,
- την κυβερνοασφάλεια και
- το υπολογιστικό νέφος

Η Βιομηχανία 4.0 αντικαθιστά το Industry 3.0, και χαρακτηρίζεται από κυβερνο-φυσική και κατασκευαστική συνεργασία (Hermann et al., 2016; Irianto, 2017). Οι Lee, Lapira, Bagheri, & Kao (2013) συμπληρώνουν ότι χαρακτηρίζεται από την αύξηση της ψηφιοποίησης της παραγωγής που οφείλεται σε τέσσερις παράγοντες. Συγκεκριμένα αυτοί είναι:

- i. ο αυξημένος όγκος δεδομένων,

- ii. η υπολογιστική ισχύς και η συνδεσιμότητα,
- iii. η εμφάνιση της ανάλυσης, της ικανότητας και της επιχειρηματικής ευφυΐας,
- iv. η εμφάνιση νέων μορφών αλληλεπίδρασης μεταξύ ανθρώπων και μηχανών και τέλος,
- v. η βελτίωση των οδηγών ψηφιακής μεταφοράς στον φυσικό κόσμο, όπως είναι ρομποτική και τρισδιάστατη εκτύπωση.

Η βασική αρχή του Βιομηχανία 4.0 είναι η ενσωμάτωση μηχανών, ροών εργασίας και συστημάτων, εφαρμόζοντας έξυπνα δίκτυα κατά μήκος της αλυσίδας και των διαδικασιών παραγωγής για να ελέγχουν ο ένας τον άλλον ανεξάρτητα (Liffler & Tschiesner, 2013), ενώ ένα από τα μοναδικά χαρακτηριστικά του είναι η εφαρμογή της τεχνητής νοημοσύνης.

Κεφάλαιο 2. Βιομηχανία 4.0 και δεξιότητες

2.1. Οι δεξιότητες του μέλλοντος

Σύμφωνα, με την European Conference on ESCO and EUROPASS (26-27 June 2019, Λευκωσία, Κύπρος), οι Ευρωπαίοι πολίτες, αναζητούν και βρίσκουν εργασία στο διαδίκτυο, ενώ και οι εργοδότες διαχειρίζονται το Ανθρώπινο Δυναμικό και τις προσλήψεις, με εφαρμογή των Τεχνολογιών Πληροφορίας και Επικοινωνίας (Τ.Π.Ε.), με τις δεξιότητες να αποτελούν το κύριο εργαλείο αντιστοίχισης ατόμων με μια θέση εργασίας. Τέλος, οι πλατφόρμες ταλέντων (talent platforms) αποτελούν, πλέον, τον ακρογωνιαίο λίθο της αγοράς εργασίας.

Επίσης στα συμπεράσματα της Διάσκεψης, επισημαίνονται οι δυσκολίες εύρεσης προσωπικού. Συγκεκριμένα, αναφέρεται ότι 4 στους 10 εργοδότες δυσκολεύονται να βρουν προσωπικό με το κατάλληλο σύνολο δεξιοτήτων, με την αγορά εργασίας να χαρακτηρίζεται ως αναποτελεσματική, αφού παρατηρούνται σημαντικά κενά δεξιοτήτων του εργατικού δυναμικού, τα οποία δύναται να καλυφθούν από τις ψηφιακές τεχνολογίες οι οποίες μπορούν να αυξήσουν την αποτελεσματικότητα και να αντιμετωπίσουν το κενό δεξιοτήτων.

Οι πλατφόρμες ταλέντων είναι δυνητικά σε θέση να προσθέσουν 5,2 εκατομμύρια θέσεις εργασίας και να αυξήσουν το ΑΕΠ της Ε.Ε. κατά 360 δισεκατομμύρια ευρώ. Παράλληλα, συντελούν στην υψηλότερη συμμετοχή στην αγορά εργασίας, αφού παρέχουν τη δυνατότητα για περισσότερες, καλύτερες, αλλά και ταχύτερες αντιστοιχίσεις θέσεων με άτομα, στα οποία παρέχουν τη δυνατότητα για μια καλύτερα ενημερωμένη απόφαση αναφορικά με τη σταδιοδρομία τους.

Οι στόχοι της Ε.Ε. είναι:

- η καλύτερη σύνδεση της εκπαίδευσης-κατάρτισης με την εργασία, η οποία είναι σε θέση να διασφαλίσει την πρόσβαση σε καλύτερες ευκαιρίες στην αγορά εργασίας
- η διασφάλιση της διαφάνειας των πληροφοριών σχετικά με τις δεξιότητες μέσω της διαλειτουργικότητας των συστημάτων.
- η ανοιχτή πρόσβαση σε πληροφορίες σχετικά με δεξιότητες, προσόντα, θέσεις εργασίας και κατάρτιση, καθώς και η αποφυγή της μονοπώληση δεδομένων στην ψηφιακή αγορά εργασίας.
- ευρωπαϊκά ανοιχτά πρότυπα για την αντιμετώπιση του κινδύνου να υπάρχουν ιδιόκτητα πρότυπα.

Σύμφωνα με την έκθεση του Universities of the Future (UoF) (2018), μια σημαντική δεξιότητα για τον 21ο αιώνα είναι αυτή της επίλυσης προβλημάτων (problem solving). Οι δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων είναι δεξιότητες απαραίτητες για την εργασία στη Βιομηχανία 4.0, καθώς βασίζεται συνεχώς στην επίλυση προβλημάτων. Ο Schein (1972) προσδιορίζει τρεις πτυχές στην επίλυση προβλημάτων:

- i. τη βασική επιστημονική συνιστώσα,
- ii. την εφαρμοσμένη επιστήμη για την επίλυση και τέλος,
- iii. τις δεξιότητες και στάσεις που χρησιμοποιούνται για την επίλυση του προβλήματος.

Η επίλυση προβλημάτων περιλαμβάνει τη διαδικασία της παρατήρησης, της ταυτοποίησης, του προβληματισμού, της διατύπωσης ή διαμόρφωσης προβλημάτων και του πειραματισμού, με τη δημιουργικότητα να αποτελεί ένα σημαντικό παράγοντα ενεργοποίησης της διαδικασίας της σκέψης.

Οι κοινωνικές και διαπροσωπικές δεξιότητες, που αναφέρονται ως soft skills, είναι δεξιότητες που επιτρέπουν στους ανθρώπους να εργάζονται και να μαθαίνουν μεταξύ τους. Περιλαμβάνουν την ικανότητα να εργάζονται σε ομάδες, ιδιαίτερα σε μεγάλες ομάδες, τις ηγετικές ικανότητες, τη δικτύωση και τις κοινωνικές δεξιότητες, καθώς και τους διάφορους τύπους δεξιοτήτων επικοινωνίας, όπως είναι η γραπτή και η προφορική επικοινωνία, οι δεξιότητες διαπραγμάτευσης και πειθούς και οι δεξιότητες παρουσίασης.

Εκτός από τις κοινωνικές και διαπροσωπικές δεξιότητες, η συνειδητοποίηση των δεξιοτήτων και των γνώσεων κάποιου είναι σημαντική για τη διαχείριση της καριέρας. Οι Passow & Passow (2017), όπως και ο Pintrich (2002) αναφέρονται σε αυτήν την ικανότητα ως μεταγνωστική γνώση ή αυτογνωσία. Ο Rautavaara (2015) τονίζει παρόμοια προσωπικά χαρακτηριστικά, όπως είναι η αυτοπεποίθηση, η αυτοδιαχείριση, η ευθύνη, η αναγνώριση για τη διά βίου μάθηση, ως δεξιότητες χρήσιμες για την απασχολησιμότητα.

2.2. Εκπαίδευση και Βιομηχανία 4.0

Πλέον, ο κόσμος έχει εισέλθει στην εποχή της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης, η οποία χαρακτηρίζεται από την αύξηση της συνδεσιμότητας, της αλληλεπίδρασης και της ανάπτυξης ψηφιακών συστημάτων, όπως και συστημάτων τεχνητής νοημοσύνης και εικονικής πραγματικότητας. Με τα ολοένα αυξανόμενα όρια μεταξύ ανθρώπων, μηχανών και άλλων πόρων, οι ΤΠΕ σίγουρα επηρεάζουν διάφορους τομείς. Ένας από αυτούς τους τομείς που επηρεάζει είναι και το εκπαιδευτικό σύστημα. Κανείς δεν μπορεί να αποφύγει αυτές τις αλλαγές, επομένως είναι απαραίτητο να προετοιμαστούν κατάλληλα οι άνθρωποι για να είναι έτοιμοι να προσαρμοστούν και να είναι σε θέση να ανταγωνιστούν σε παγκόσμια κλίμακα. Η βελτίωση της ποιότητας του ανθρώπινου

δυναμικού μέσω της εκπαίδευσης είναι ένας τρόπος εξισορρόπησης της ανάπτυξης της Βιομηχανία 4.0.

Η επιτυχία μιας χώρας να αντιμετωπίσει και να συμμετάσχει σε αυτή τη βιομηχανική Επανάσταση, καθορίζεται επίσης από την ποιότητα του εκπαιδευτικού συστήματος και των εκπαιδευτικών. Οι εκπαιδευτικοί πρέπει να έχουν την εμπειρία, την ικανότητα προσαρμογής στις νέες τεχνολογίες και τις παγκόσμιες προκλήσεις. Σε αυτήν την περίπτωση, κάθε εκπαιδευτικό ίδρυμα πρέπει να προετοιμάσει νέες πληροφορίες και παιδεία στον τομέα της εκπαίδευσης. Ο παλιός εγγραμματισμός που βασίζεται στην ανάγνωση, τη γραφή και τα μαθηματικά, πρέπει να ενισχυθεί με την προετοιμασία νέων εγγραμματισμών, όπως είναι η γνώση δεδομένων, ο τεχνολογικός εγγραμματισμός και ο εγγραμματισμός ανθρώπινων πόρων. Ο εγγραμματισμός δεδομένων είναι η ικανότητα ανάγνωσης, ανάλυσης και χρήσης πληροφοριών από δεδομένα στον ψηφιακό κόσμο. Στη συνέχεια, ο τεχνολογικός εγγραμματισμός είναι η ικανότητα κατανόησης των συστημάτων μηχανικής και τεχνολογίας στον κόσμο της εργασίας, ενώ ο αλφαριθμητικός ανθρώπινου δυναμικού είναι η ικανότητα αποτελεσματικής αλληλεπίδρασης μεταξύ του προσωπικού (Aoun, 2018; Sudlow, 2018).

Απαιτείται λοιπόν μια εκπαίδευση η οποία θα μπορεί να δημιουργήσει μια δημιουργική, καινοτόμο και ανταγωνιστική γενιά. Ένα από αυτά μπορεί να επιτευχθεί βελτιστοποιώντας τη χρήση της τεχνολογίας, ως εκπαιδευτικό μέσο και βοήθημα, βοήθειας που αναμένεται να παράγει αποτελέσματα που μπορούν να προσαρμοστούν και να αλλάξουν την εποχή μας προς το καλύτερο. Ενδεχομένως η απάντηση στο Βιομηχανία 4.0, είναι το Education 4.0, όπου οι άνθρωποι και η τεχνολογία συγκλίνουν για να δημιουργήσουν νέες ευκαιρίες δημιουργικά και καινοτόμα (Fisk, 2017).

Ο Fisk (2017) εξηγεί «ότι το νέο όραμα της μάθησης προωθεί τους μαθητές να μάθουν όχι μόνο δεξιότητες και γνώσεις που απαιτούνται αλλά και να προσδιορίσουν την πηγή για να μάθουν αυτές τις δεξιότητες και γνώσεις». Ωστόσο, σύμφωνα με τον Hussain (2013), υπάρχουν εννέα τάσεις που σχετίζονται με το Education 4.0.

- i. Η μάθηση μπορεί να πραγματοποιηθεί οποτεδήποτε, οπουδήποτε. Τα εργαλεία ηλεκτρονικής μάθησης προσφέρουν εξαιρετικές ευκαιρίες για απομακρυσμένη και αυτορρυθμιζόμενη μάθηση.
- ii. Η μάθηση θα εξατομικεύεται σε μεμονωμένους μαθητές.
- iii. Οι μαθητές έχουν την επιλογή να καθορίσουν πώς θέλουν να μάθουν.
- iv. Οι μαθητές θα εκτεθούν σε περισσότερη μάθηση βάσει έργου.
- v. Οι μαθητές θα εκτεθούν σε πιο πρακτική μάθηση μέσω εμπειριών πεδίου όπως πρακτική άσκηση, προγράμματα καθοδήγησης και συνεργατικά έργα.
- vi. Οι μαθητές θα εκτεθούν σε ερμηνεία δεδομένων στην οποία καλούνται να εφαρμόσουν τη θεωρητική τους γνώσεις και να χρησιμοποιήσουν τις ικανότητες συλλογιστικής τους για να βγάλουν συμπεράσματα με βάση τη λογική και τις τάσεις από συγκεκριμένα σύνολα δεδομένων.
- vii. Οι μαθητές θα αξιολογηθούν διαφορετικά, και οι συμβατικές πλατφόρμες για την αξιολόγηση των μαθητών μπορεί να καταστούν ανεπαρκείς.
- viii. Η γνώμη του μαθητή θα ζητηθεί κατά το σχεδιασμό και την ενημέρωση της διδακτέας ύλης.

- ix. Οι μαθητές θα γίνουν πιο ανεξάρτητοι στη μάθησή τους, αναγκάζοντας έτσι τους εκπαιδευτικούς να αναλάβουν έναν νέο ρόλο ως διαμεσολαβητές που θα καθοδηγήσουν τους μαθητές μέσω της μαθησιακής τους διαδικασίας.

Οι παραπάνω εννέα αλλαγές στην τάση της “Εκπαίδευσης 4.0” αποτελούν μια πρωταρχική ευθύνη των εκπαιδευτικών προς τους μαθητές. Οι εκπαιδευτικοί πρέπει να διαδραματίσουν ρόλο για να υποστηρίξουν τη μετάβαση και να μην τη θεωρούν απειλή για την παραδοσιακή διδασκαλία. Η προσαρμογή σε αυτήν την εκπαιδευτική τάση εγγυάται σε άτομα και κοινότητες να αναπτύξουν μια σειρά ικανοτήτων, δεξιοτήτων και γνώσεων που θα είναι πλήρεις.

Με βάση την παραπάνω περιγραφή, η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση, η οποία χαρακτηρίζεται από μια τεχνολογική αλλαγή έχει σημαντικές επιπτώσεις στο εκπαιδευτικό σύστημα. Το πρόβλημα είναι, ποια στοιχεία της εκπαίδευσης επηρεάζονται και πώς θα είναι δυνατόν να ανταποκριθούμε σε αυτές τις συνέπειες. Ενδεχομένως η λύση να είναι η Εκπαίδευση 4.0 (Education 4.0). Ο συγκεκριμένος όρος είναι ένας γενικός όρος που χρησιμοποιείται από θεωρητικούς της εκπαίδευσης για να περιγράψει διάφορους τρόπους ενσωμάτωσης της τεχνολογίας του κυβερνοχώρου στη μάθηση. Είναι ένα άλμα από την Εκπαίδευση 3.0, η οποία περιλαμβάνει τον συγκερασμό της νευροεπιστήμης, της γνωστικής ψυχολογίας και της εκπαιδευτικής τεχνολογίας, χρησιμοποιώντας ψηφιακή και κινητή διαδικτυακή βάση, συμπεριλαμβανομένων εφαρμογών, υλικού και λογισμικού (Hussain, 2013).

Η Εκπαίδευση 4.0 είναι ένα φαινόμενο που προκύπτει ως απόκριση στις ανάγκες της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης, όπου οι άνθρωποι και οι μηχανές συνεργάζονται για την εξεύρεση λύσεων, την επίλυση διαφόρων προβλημάτων που αντιμετωπίζουν και την εύρεση διαφόρων δυνατοτήτων για καινοτομίες που μπορούν να

χρησιμοποιηθούν για τη βελτίωση της ζωής του ανθρώπου. Ο Dunwill (2016) είπε ότι θα υπάρξουν πολλές αλλαγές στο μέλλον και προβαίνει σε μια εκτίμηση για το πώς θα φαίνονται οι αίθουσες διδασκαλίας τα επόμενα 5-7 χρόνια. Αυτά αφορούν σημαντικές αλλαγές στη διάταξη της τάξης, την εισαγωγή εικονικής και επαυξημένης πραγματικότητας οι οποίες θα αλλάξουν το εκπαιδευτικό τοπίο, ευέλικτες εργασίες που απευθύνονται σε πολλά στυλ μάθησης και τέλος τα Μαζικά Ανοικτά Διαδικτυακά Μαθήματα (Massive Open Online Courses –MOOC) και άλλες διαδικτυακές επιλογές μάθησης θα έχουν αντίκτυπο ιδιαίτερα στη Δευτεροβάθμια εκπαίδευση.

Ο πολίτης του 21^{ου} αιώνα, πρέπει να έχει δεξιότητες κριτικής σκέψης, γνώσεις και δεξιότητες ψηφιακού εγγραμματισμού και πληροφοριακού γραμματισμού, γνώση μέσων μαζικής ενημέρωσης και κυρίως ΤΠΕ (Frydenberg & Andone, 2011), συμπεριλαμβανομένων και των εκπαιδευτικών. Η χρήση διαφόρων μαθησιακών δραστηριοτήτων που υποστηρίζουν τη Βιομηχανία 4.0 και της τεχνολογικής καινοτομίας είναι απαραίτητη με οποιονδήποτε τρόπο και οπουδήποτε, στην τάξη και στα εργαστήρια με εικονικό υλικό, με σκοπό τη διαδραστική, ενδιαφέρουσα και πλούσια σε περιεχόμενο μάθηση.

Σύμφωνα με το project Universities of the Future (UoF), το οποίο είναι ένα Πρόγραμμα Συμμαχίας Γνώσης που χρηματοδοτείται και υποστηρίζεται από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, στόχος τους είναι η παρουσίαση παραδειγμάτων αλλαγής στον τρόπο με τον οποίο τα ιδρύματα τριτοβάθμιας εκπαίδευσης, οι επιχειρήσεις, οι βιομηχανίες και κυβερνητικές υπηρεσίες συνεργάζονται στο πλαίσιο της Βιομηχανία 4.0. Η διάρκεια του έργου είναι από το 2018 έως και το 2021. Το συγκεκριμένο έργο δείχνει τη βαρύτητα που δίνει η Ευρωπαϊκή Ένωση στη σύνδεση της εκπαίδευσης με τη Βιομηχανία 4.0.

Η Βιομηχανία 4.0 βασίζεται στην τεχνολογική πρόοδο επιφέροντας σημαντικές αλλαγές, με τον αντίκτυπό του να είναι αισθητός σε όλους τους τομείς, συμπεριλαμβανομένου του τομέα της εκπαίδευσης. Είναι σημαντικό λοιπόν να διερευνηθεί ο αντίκτυπος της Βιομηχανία 4.0 στα εκπαιδευτικά ιδρύματα της Τριτοβάθμιας εκπαίδευσης, τόσο σε αυτά με τεχνολογικό αντικείμενο και με διοικητικό αντικείμενο αλλά και σε όσες επιστήμες είναι δυνατόν να βρουν πεδίο εφαρμογής στη Βιομηχανία 4.0. Για αυτό το λόγο θα εξεταστεί στη συνέχεια της εργασίας αν και κατά πόσο τα τμήματα της Τριτοβάθμιας εκπαίδευσης στην Ελλάδα έχουν αναπτύξει κάποιο πλαίσιο ανάπτυξης δεξιοτήτων προκειμένου να εφοδιάσουν τους μελλοντικούς επιστήμονες με τις απαραίτητες για τη Βιομηχανία 4.0 δεξιότητες.

Η Βιομηχανία 4.0 οδηγεί τον κόσμο σε ένα παγκόσμιο, αυτοματοποιημένο, εικονικό και ευέλικτο περιβάλλον, το οποίο καταλήγει σε έναν παγκόσμιο ανταγωνισμό για θέσεις εργασίας που απαιτούν εξειδικευμένες δεξιότητες σε μια οικονομία η οποία στηρίζεται ολοένα και περισσότερο στα ψηφιακά μέσα και επιτεύγματα, όπως και στην οικονομία διαμοιρασμού (sharing economy) (Motyl et al., 2017). Έτσι λοιπόν, η υιοθέτηση τεχνολογιών Βιομηχανίας 4.0 οδηγεί τους εργαζόμενους σε ένα ψηφιοποιημένο και δικτυωμένο χώρο εργασίας που προωθεί την αλληλεπίδραση με αλγόριθμους και ρομποτική, ενώ λειτουργεί συχνά σε ένα εικονικό κόσμο (Richert, 2016).

Αυτές οι αλλαγές έχουν ως αποτέλεσμα νέες απαιτήσεις για ένα εξειδικευμένο σύνολο δεξιοτήτων. Κατά συνέπεια, υπάρχει μια αισθητή αλλαγή στις απαιτήσεις δεξιοτήτων μεταξύ της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης και των προηγούμενων τριών βιομηχανικών επαναστάσεων. Η διαθεσιμότητα σχετικών δεξιοτήτων και ικανοτήτων στο εργατικό δυναμικό μιας χώρας αναμένεται ότι θα επηρεάσει σημαντικά την επιτυχή υιοθέτηση της Βιομηχανίας 4.0 σε βραχυπρόθεσμα και μακροπρόθεσμα .

Επιπλέον, η ποιότητα των δεξιοτήτων και τα προσόντα του εργατικού δυναμικού θα διαδραματίσουν αξιοσημείωτο ρόλο στην προώθηση της καινοτομίας και στην ανταγωνιστικότητα των οργανισμών (Benešová & Tupa, 2017). Αντίθετα, η έλλειψη του απαιτούμενου συνόλου δεξιοτήτων θα έχει ως αποτέλεσμα μια αξιοσημείωτη πτώση της απόδοσης και μειωμένη ανταγωνιστικότητα στους οργανισμούς. Ωστόσο, οι Schallock et al. (2018) επισημαίνουν ότι η Βιομηχανία 4.0 είναι κάτι παραπάνω από μια τεχνολογική πρόοδος και για αυτό πρέπει να δοθεί προτεραιότητα στην ανάπτυξη ανθρώπινων πόρων, η οποία περιλαμβάνει την ανάπτυξη των δεξιοτήτων που θα απαιτηθούν το μέλλον.

2.2.1.1. Δεξιότητες και Βιομηχανία 4.0

Η ανεργία αποτελεί μια από τις μεγαλύτερες προκλήσεις στις αναπτυσσόμενες, αλλά και στις ανεπτυγμένες χώρες. Μεταξύ των παραγόντων που συμβάλλουν στην υψηλή ανεργία είναι η αναντιστοιχία μεταξύ διαθέσιμων και απαιτούμενων δεξιοτήτων, το υψηλό ποσοστό ανειδίκευτου εργατικού δυναμικού και η ανεπαρκής εκπαίδευση (Richert, 2016). Η Βιομηχανία 4.0 προσφέρει την προοπτική για μια ποιοτική και παραγωγική απασχόληση. Το πρόβλημα έγκειται στο γεγονός ότι η Βιομηχανία 4.0 έχει τις δυνατότητες να αυξήσει την ανεργία μέσω της απώλειας χειρωνακτικών θέσεων εργασίας και εργασιών ρουτίνας, οι οποίες μπορούν εύκολα να αυτοματοποιηθούν, εκτός εάν το θέμα της ανάπτυξης των δεξιοτήτων που απαιτούνται για μια ψηφιακή οικονομία αντιμετωπίζεται σε πρώιμα στάδια από τεχνικά και ακαδημαϊκά εκπαιδευτικά ιδρύματα. Ιδιαίτερα στις αναπτυσσόμενες χώρες παρατηρείται μια σημαντική έλλειψη επαγγελματιών που απαιτούνται στη Βιομηχανία 4.0. (Pradhan, & Agwa-Ejon, 2018). Αυτό καθιστά απαραίτητη τη διεξοδική διερεύνηση των βασικών απαιτήσεων, σχετικά με τις δεξιότητες σε αυτήν την ψηφιακή

οικονομία, καθώς και για τον καθορισμό του μηχανισμού με τον οποίο μπορούν αυτές να αναπτυχθούν και να ενσωματωθούν σε υπάρχουσες εκπαιδευτικές δομές. Οι Shvetsova & Kuzmina (2018) επισημαίνουν ότι υπάρχει ένα κενό μεταξύ των απαιτούμενων δεξιοτήτων και των δεξιοτήτων που αναπτύχθηκαν στην εποχή της Βιομηχανίας 4.0. Αυτό θα μπορούσε να οφείλεται στο γεγονός ότι δεν υπάρχει σαφής γνώση τους.

Ο μετασχηματισμός, με ταχείς ρυθμούς, των θέσεων εργασίας είχε ως αποτέλεσμα να απαιτείται ένα ευρύς συνδυασμός δεξιοτήτων, στάσεων, εμπειριών (World Economic Forum, 2016). Η πολυπλοκότητα της εργασίας έχει αυξηθεί μέσα από τις διαδοχικές βιομηχανικές επαναστάσεις. Ειδικότερα όμως η Βιομηχανία 4.0 θα μπορούσε να αποτελέσει σημαντική απειλή για την απασχόληση, δεδομένης της αυξημένης πολυπλοκότητας των απαιτήσεων στο χώρο εργασίας. Οι Adolph et al. (2014), οι οποίοι μελέτησαν τα περιβάλλοντα παραγωγής, επισημαίνουν ότι οι τεχνολογικές τάσεις θα επηρεάσουν σημαντικά τις απαιτούμενες δεξιότητες και ικανότητες. Αυτό με τη σειρά του απαιτεί από τους οργανισμούς να αναπτύξουν στρατηγικές καθώς και ιδρύματα ανάπτυξης δεξιοτήτων τα οποία να είναι καινοτόμα στον εφοδιασμό του εργατικού δυναμικού με τις απαιτούμενες δεξιότητες και ικανότητες.

Οι Gudanowska, Alonso & Törmänen (2018) αναφέρουν ότι, παρόλο που τα πεδία ενδέχεται να διαφέρουν, υπάρχουν ομοιότητες στις ικανότητες που απαιτούνται σε διαφορετικές βιομηχανίες. Προσθέτουν ότι οι διαπροσωπικές δεξιότητες (soft skills) θα είναι εξίσου σημαντικές με τις τεχνικές δεξιότητες στον μηχανικό του μέλλοντος. Η αλληλεπίδραση του μελλοντικού μηχανικού με τις έξυπνες μηχανές θα απαιτεί μια βάση διαπροσωπικών δεξιοτήτων, όπως είναι η συναισθηματική νοημοσύνη, η κριτική σκέψη, η καινοτομία, η επικοινωνία, η συνεργασία, η ηγεσία και

η ομαδική εργασία (Wilson & Daugherty, 2018). Οι έξυπνες μηχανές δεν μπορούν να λειτουργήσουν με βάση την κοινή λογική, ούτε μπορούν να εμφανίσουν ενσυναίσθηση, την οποία διαθέτουν οι άνθρωποι και χρησιμοποιούν για αύξηση της παραγωγικότητας όταν εργάζονται σε «έξυπνα» εργοστάσια (Guszcza et al, 2017).

Ο Jaschke (2014) επισημαίνει ότι οι διαδοχικές βιομηχανικές επαναστάσεις άλλαξαν αισθητά τη φύση των διαδικασιών στην εργασία και οδήγησαν στην αλλαγή του ρόλου των εργαζομένων και των απαιτούμενων δεξιοτήτων. Την μεγαλύτερη αλλαγή αναμένεται να φέρει η ακόμα εν εξελίξει τέταρτη βιομηχανική επανάσταση η οποία ήδη έχει επιφέρει σημαντικές αλλαγές στις διαδικασίες εργασίας και συνεπώς απαιτείται μια διαφορετική προσέγγιση στον τρόπο εκτέλεσης της εργασίας (Prifti et al., 2017).

Το μελλοντικό εργοστάσιο θα εξοπλιστεί σε μεγάλο βαθμό με ρομποτικό εξοπλισμό το οποίο θα είναι σε θέση να αλληλεπιδράσει με τον άνθρωπο στο χώρο εργασίας. Αυτό σημαίνει ότι, αν και ο βαθμός του αυτοματισμού θα ποικίλλει ανάλογα με τους τομείς και τους τύπους θέσεων εργασίας, ο αντίκτυπός του θα γίνει αισθητός σε παγκόσμιο επίπεδο (Chui et al., 2016). Ένα τέτοιο περιβάλλον απαιτεί από τους ανθρώπους να αναπτύξουν λογική, η οποία θα εφαρμοστεί από προηγμένα ρομπότ, ενώ η συνεργασία ανθρώπων και ρομπότ φαίνεται αναπόφευκτη με σκοπό τη βελτίωση της παραγωγικότητας (Wilson & Daugherty, 2018).

Η σχετική βιβλιογραφία (World Economic Forum, 2016, 2017; Selamat et al., 2017; Wilson & Daugherty, 2018) συγκλίνει στην άποψη ότι θα υπάρξει αύξηση της αυτοματοποίησης και της προηγμένης ρομποτικής η οποία ολοένα και περισσότερο θα αντικαθιστά ρουτίνες και επαναλαμβανόμενες εργασίες, συχνά επικίνδυνες, οι οποίες είναι μεσαία αμειβόμενες. Η τεχνολογική πρόοδος στη Βιομηχανία 4.0 μειώνει

σημαντικά τη συνάφεια των υπαρχόντων συνόλων δεξιοτήτων ενθαρρύνοντας παράλληλα τη δημιουργία νέων συνόλων δεξιοτήτων (World Economic Forum, 2016, 2017). Πολλοί αναφέρουν ότι οι τεχνικές δεξιότητες θα πρέπει να συμπληρώνονται και από ισχυρές κοινωνικές και συνεργατικές δεξιότητες (World Economic Forum, 2016; Selamat et al., 2017). Η ανάλυση των μεγάλων δεδομένων έχει αποδειχθεί ότι είναι μια εξαιρετικά σημαντική ικανότητα των μηχανικών που δραστηριοποιούνται στη Βιομηχανία 4.0 (World Economic Forum, 2016). Για να έχει όμως η συγκεκριμένη δεξιότητα αισθητή επίδραση, πρέπει να συνδυαστεί και με μια σειρά από τεχνικές δεξιότητες, γνώσεις λειτουργίας επιχειρήσεων και βιομηχανιών, καθώς και διαπροσωπικές δεξιότητες.

Λόγω της Βιομηχανίας 4.0 τόσο τα τεχνικά όσο και τα άλλα ακαδημαϊκά ιδρύματα πρέπει να προσπαθήσουν να συμπληρώσουν τη θεωρητική γνώση με πρακτικές δεξιότητες, κοινωνικές δεξιότητες και υπευθυνότητα, ηθική και αξίες, και ικανότητα επιχειρηματικότητας μεταξύ άλλων (Selamat et al., 2017), ενώ κάποιες χώρες προχωρούν προς την ανάπτυξη προγραμμάτων που προορίζονται να επιτύχουν δεξιότητες μάθησης και καινοτομίας, δεξιότητες τεχνολογίας πληροφοριών και δεξιότητες ζωής και σταδιοδρομίας (Venkatraman, de Souza-Daw & Kaspi, 2018).

Οι Prifti et al. (2017) επισημαίνουν ότι οι δεξιότητες για τη Βιομηχανία 4.0 θα απαιτήσουν ένα συγκεκριμένο επίπεδο επαγγελματικής κατάρτισης μηχανικών αφού οι προηγμένες τεχνολογίες στο χώρο εργασίας αλλάζουν σημαντικά το προφίλ δεξιοτήτων των μηχανικών και των επαγγελματιών ΤΠΕ. Αυτό θεμελιώνεται και με τη χρήση ψηφιακών δεξιοτήτων από μηχανικούς οι οποίοι είναι σε θέση σε λειτουργήσουν μηχανές από απομακρυσμένα κέντρα καθώς και να αντιμετωπίσουν προβλήματα σε απομακρυσμένες περιοχές. Οι Prifti et al. (2017) επισημαίνουν ότι οι απαιτήσεις δεξιοτήτων για τη Βιομηχανία 4.0 διαφέρουν από τις προηγούμενες

εξελίξεις στον κλάδο επειδή, πέρα από τις γνώσεις για τον κάθε τομέα, οι ατομικές και προσωπικές δεξιότητες αποδεικνύουν ότι διαδραματίζουν ζωτικό ρόλο καθώς η αλληλεπίδραση μεταξύ των τεχνολογιών και της εικονικής τους φύσης δημιουργούν μια νέα αντίληψη.

Η εκπαίδευση των μηχανικών δεν πρέπει να επικεντρώνεται μόνο σε συγκεκριμένες και αυστηρές γνώσεις, αλλά θα πρέπει να επικεντρωθεί και στις συμπεριφορικές δεξιότητες. Πέρα από την εξισορρόπηση της αυστηρής γνώσης και των δεξιοτήτων συμπεριφοράς, η διεπιστημονική κατανόηση πρέπει να αναπτυχθεί (Prifti et al., 2017). Οι περισσότερες τεχνολογικές εξελίξεις της Βιομηχανίας 4.0 βρίσκονται στον εικονικό κόσμο και για αυτό οι τυπικές συμπεριφορές δεν είναι αποτελεσματικές και τονίζεται η ανάγκη για διεπιστημονική κατανόηση. Επιπλέον, οι ραγδαίες και σημαντικές εξελίξεις των τεχνολογιών Βιομηχανίας 4.0 απαιτούν από τους υπαλλήλους να διαθέτουν ικανότητες δια βίου μάθησης (Prifti et al., 2017).

Οι Cotet, Balgiu & Zaleschi (2017) επισημαίνουν τη σημασία των διαπροσωπικών και τεχνικών δεξιοτήτων (hard skills) σε σύγκριση με τις συμπεριφορικές δεξιότητες σε αντίθεση με τους Prifti et al. (2017), επισημαίνοντας ότι οι επικοινωνιακές δεξιότητες αναγνωρίζονται ότι συμβάλλουν σημαντικά στην επιτυχία και την εξέλιξη του εργαζομένου στην εποχή της Τέταρτης Βιομηχανικής επανάστασης. Σύμφωνα με τους ίδιους, οι τρεις κορυφαίες διαπροσωπικές δεξιότητες που απαιτούνται από έναν υπάλληλο της εποχής της Βιομηχανία 4.0 είναι η δημιουργικότητα, η συναισθηματική νοημοσύνη και ο προνοητικός τρόπος σκέψης. Αυτές οι τρεις κορυφαίες δεξιότητες βοηθούν τον υπάλληλο να προσαρμόζεται εύκολα στις σταδιακές αλλαγές που είναι χαρακτηριστικό της φύσης των τεχνολογιών της Βιομηχανίας 4.0. Οι Adolph et al. (2017) περιλαμβάνουν, μεταξύ άλλων, την ευελιξία στην επίλυση προβλημάτων, την

ικανότητα βελτίωσης των διαδικασιών και την αυτο-μάθηση, ως κεντρικής σημασίας ιδιότητες στην πορεία της παραγωγής σε περιβάλλοντα Βιομηχανίας 4.0.

Οι νέες θέσεις εργασίας με υψηλότερες δεξιότητες που δημιουργούνται από τη Βιομηχανία 4.0 θα απαιτούν νέα προσόντα και νέες δεξιότητες. Υπό αυτήν την έννοια, οι δεξιότητες αυτο-οργάνωσης, διαχείρισης, ομαδικής εργασίας ή επικοινωνίας αποκτούν κεντρικό ρόλο (Kergroach, 2017). Η Boston Consulting Group τόνισε ότι η σημασία των δεξιοτήτων πληροφορικής και προγραμματισμού θα αυξηθεί από την άποψη της απασχολησιμότητας (Bonekamp & Sure, 2015: 35). Επιπλέον, οι εταιρείες θα προσλαμβάνουν ανθρώπινο δυναμικό το οποίο θα διαθέτει νέα προσόντα και δεξιότητες, και θα προχωρούν σε αναδιάρθρωση της οργανωτικής δομής τους και θα υιοθετήσουν νέες πρακτικές διαχείρισης για την πιο αποτελεσματική αξιοποίηση των ανθρώπινων πόρων (Kergroach, 2017).

Στο εγγύς μέλλον, η δημιουργικότητα και η λήψη αποφάσεων καθώς και οι δεξιότητες σχετικές με τις ΤΠΕ θα είναι ικανότητες που θα ζητούνται από τους εργοδότες. Οι τεχνολογίες των ΤΠΕ, η ανάλυση των μεγάλων δεδομένων και της ασφάλειας στον κυβερνοχώρο αναμένεται να αποτελέσουν από τα κορυφαία επαγγέλματα στις ανεπτυγμένες οικονομίες (Davies, 2015). Σύμφωνα με το WEF (2018), έως το 2022, επαγγέλματα που χρησιμοποιούν την τεχνολογία, όπως αναλυτές δεδομένων, δημιουργοί λογισμικού, οι προγραμματιστές εφαρμογών και οι ειδικοί ηλεκτρονικού εμπορίου και κοινωνικών μέσων θα ζητούνται όλο και περισσότερο από τις επιχειρήσεις. Επιπλέον, τα επαγγέλματα που επωφελούνται σημαντικά από τις ανθρώπινες δεξιότητες, όπως είναι η εξυπηρέτηση πελατών, οι επαγγελματίες πωλήσεων και μάρκετινγκ, η εκπαίδευση και ανάπτυξη, οι ειδικοί ανάπτυξης και οι διαχειριστές καινοτομίας αναμένεται να έχουν όλο και περισσότερη ζήτηση (WEF, 2018).

Στο Βιομηχανία 4.0, σε σχέση με τους ανθρώπινους πόρους και την οργάνωση της εργασίας επισημαίνεται η σημασία της ομαδικής εργασίας, της διεπιστημονικής συνεργασίας και των δικτύων συνεργατών είναι πιθανό να αναπτυχθούν ιδιαίτερα. Επιπλέον, με τη Βιομηχανία 4.0, εκτιμάται ότι θα αυξηθεί η ευελιξία της επαγγελματικής ζωής (Bonekamp & Sure, 2015). Επιπλέον, σύμφωνα με το WEF (2018), η ζήτηση για τεχνολογικές και μη γνωστικές μαλακές δεξιότητες αυξάνεται ταχύτερα. Επαγγελματίες στο χώρο των Υπολογιστών, της Μηχανικής και των Μαθηματικών, αλλά και οι προγραμματιστές της Τεχνολογία Κατανεμημένης Εγγραφής (Block Chain), Αρχιτέκτονες IoT και ειδικοί Μηχανικής Μάθησης, αναλυτές big data και ειδικοί στην ασφάλεια στον κυβερνοχώρο, αναμένεται να έχουν επίσης υψηλή ζήτηση.

Αυτές οι αλλαγές της τεχνολογίας, στους ρόλους εργασίας και στις επαγγελματικές δομές, οδηγεί αναπόφευκτα στην ενίσχυση της ανάγκης για νέους τύπους εκπαίδευσης και κατάρτισης. Επίσης, ο κίνδυνος υποαπασχόλησης θα αυξηθεί πολύ για άτομα χωρίς επαγγελματική εκπαίδευση (Schroeder, 2016). Οι Frey & Osborne (2017) εντόπισαν μια ισχυρή αρνητική σχέση μεταξύ μισθών και εκπαιδευτικών επιτευγμάτων και της πιθανότητας για απασχόληση στις νέες τεχνολογίες. Τα ευρήματά τους υποδηλώνουν ότι καθώς η τεχνολογία εξελίσσεται, οι εργαζόμενοι με χαμηλή ειδίκευση θα πρέπει να αλλάξουν σε εργασίες που απαιτούν δημιουργική και κοινωνική νοημοσύνη και να αποκτήσουν νέες δημιουργικές και κοινωνικές δεξιότητες (Frey&Osborne,2017).

Από αυτήν την άποψη, είναι απαραίτητη η οργάνωση προγραμμάτων επανεκπαίδευσης για να βοηθήσει τους εργαζόμενους, οι οποίοι κινδυνεύουν να μείνουν εκτός εργασίας, στην απόκτηση νέων δεξιοτήτων.

Κεφάλαιο 3. Οι τεχνολογίες της Βιομηχανίας 4.0

Ως νέα βιομηχανική επανάσταση, ο όρος Βιομηχανία 4.0 είναι ένα από τα πιο δημοφιλή θέματα στη σύγχρονη βιομηχανία, αλλά και στον ακαδημαϊκό κόσμο. Η Βιομηχανία 4.0 κατέχει σημαντικό ρόλο στη στρατηγική για την αξιοποίηση των δυνατοτήτων ψηφιοποίησης όλων των σταδίων παραγωγής, καθώς και των συστημάτων υπηρεσιών. Η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση πραγματοποιείται με το συνδυασμό πολυάριθμων φυσικών και ψηφιακών τεχνολογιών όπως είναι η τεχνητή νοημοσύνη, το cloud computing, η ρομποτική, η επαυξημένη πραγματικότητα και το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of things-IoT).

Ανεξάρτητα από τις τεχνολογίες ενεργοποίησης, ο κύριος σκοπός του βιομηχανικού μετασχηματισμού είναι η αύξηση της αποδοτικότητας των πόρων και της παραγωγικότητας καθώς και η αύξηση της ανταγωνιστικής δύναμης των εταιρειών. Η εποχή του μετασχηματισμού, στην οποία εμείς ζούμε τώρα, διαφέρει από τις προηγούμενες βιομηχανικές επαναστάσεις στο σημείο ότι δεν παρέχει μόνο την αλλαγή σε βασικές επιχειρηματικές διαδικασίες αλλά αποκαλύπτει επίσης τις έννοιες των έξυπνων και των συνδεδεμένων προϊόντων παρουσιάζοντας επιχειρηματικά μοντέλα που βασίζονται σε υπηρεσίες.

3.1. Τεχνητή Νοημοσύνη

Ο όρος νοημοσύνη αναφέρεται στην ικανότητα απόκτησης και εφαρμογής διαφορετικών δεξιοτήτων και γνώσεων προκειμένου να επιλυθεί ένα δεδομένο πρόβλημα. Επιπλέον, η νοημοσύνη ασχολείται επίσης με τη χρήση της γενικής διανοητικής ικανότητας για επίλυση, λογική και εκμάθηση διαφόρων καταστάσεων (Feuerstein, 2002; Milford et al. 2015; Fragkiadaki et al. 2015). Η νοημοσύνη

συνδυάζεται με διάφορες γνωστικές λειτουργίες όπως η γλώσσα, η προσοχή, ο σχεδιασμός, η μνήμη και η αντίληψη. Η εξέλιξη της νοημοσύνης βρίσκεται υπό διαρκή μελέτη τις τελευταίες δεκαετίες και διακρίνεται σε ανθρώπινη και τεχνητή νοημοσύνη. Η ανθρώπινη νοημοσύνη ασχολείται με την επίλυση προβλημάτων, το συλλογισμό και τη μάθηση. Επιπλέον, οι άνθρωποι έχουν απλές, όσον αφορά την πολυπλοκότητα, συμπεριφορές και μπορούν εύκολα να μάθουν καθόλη τη διάρκεια της ζωής τους.

Το πεδίο της τεχνητής νοημοσύνης έχει εξελιχθεί σε ένα πεδίο με παγκόσμιο αντίκτυπο. Ο ορισμός της τεχνητής νοημοσύνης και του τι πρέπει και δεν πρέπει να είναι έχει αλλάξει με την πάροδο του χρόνου. Πράγματι, ακόμη και ο ορισμός της ίδιας της τεχνητής νοημοσύνης είναι ευμετάβλητος με την πάροδο του χρόνου. Οι Kaplan και ο Haenlein την ορίζουν ως την «ικανότητα ενός συστήματος να ερμηνεύει σωστά το εξωτερικό δεδομένα, για να μαθαίνει από αυτά τα δεδομένα και για να χρησιμοποιεί αυτά τα διδάγματα για την επίτευξη συγκεκριμένων στόχων και εργασιών μέσω ευέλικτης προσαρμογής» (Kaplan & Haenlein 2019). Οι Poole & Mackworth (2010) την ορίζουν ως «το πεδίο που μελετά τη σύνθεση και την ανάλυση των υπολογιστικών πρακτόρων (agents) που λειτουργούν έξυπνα».

Ένας πράκτορας είναι κάτι (ή κάποιος) που ενεργεί. Ένας πράκτορας είναι έξυπνος όταν:

- οι ενέργειές του είναι κατάλληλες για τις περιστάσεις και τους στόχους της εργασίας,
- είναι ευέλικτος στην αλλαγή περιβάλλοντος και στην αλλαγή στόχων,
- μαθαίνει από την εμπειρία και

- κάνει τις κατάλληλες επιλογές δεδομένων των αντιληπτικών και υπολογιστικών περιορισμών του.

Οι Russell & Norvig ορίζουν την τεχνητή νοημοσύνη ως «τη μελέτη έξυπνων πρακτόρων που λαμβάνουν εντολές από το περιβάλλον και αναλαμβάνουν δράση». Κάθε τέτοιος πράκτορας υλοποιείται από μια συνάρτηση που χαρτογραφεί αντιλήψεις σε ενέργειες και καλύπτει διαφορετικούς τρόπους αναπαραγωγής αυτών των λειτουργιών, όπως συστήματα παραγωγής, αντιδραστικοί παράγοντες, λογικοί σχεδιαστές, νευρωνικά δίκτυα, και θεωρητικά συστήματα αποφάσεων (Russell & Norvig, 2010).

Οι Russell και Norvig προσδιορίζουν επίσης τέσσερις σχολές σκέψης για την τεχνητή νοημοσύνη. Στην πρώτη από αυτές κάποιοι ερευνητές και μελετητές επικεντρώνονται στη δημιουργία μηχανών που σκέφτονται όπως οι άνθρωποι. Η έρευνα σε αυτή τη σχολή έχει καταλήξει ότι η σκέψη επιδιώκει να αναπαράγει, με κάποιο τρόπο, τις διαδικασίες, τις αναπαραστάσεις και αποτελέσματα της ανθρώπινης σκέψης σε μια μηχανή. Μια δεύτερη σχολή επικεντρώνεται στη δημιουργία μηχανών που δρουν σαν άνθρωποι και επικεντρώνεται στη δράση, τι πραγματικά είναι ο πράκτορας ή το ρομπότ και τι κάνει και όχι στη διαδικασία για να φτάσει σε αυτήν τη δράση. Μια τρίτη σχολή επικεντρώνεται στην ανάπτυξη μηχανών που δρουν ορθολογικά. Ο ορθολογισμός σχετίζεται στενά με τη βέλτιστη επίλυση των προβλημάτων. Αυτά τα τεχνητά, έξυπνα συστήματα προορίζονται να κάνουν πάντα το σωστό πράγμα ή να ενεργούν με τον σωστό τρόπο. Τέλος, η τέταρτη σχολή επικεντρώνεται στην ανάπτυξη μηχανών που σκέφτονται λογικά. Ο σχεδιασμός και / ή η λήψη αποφάσεων που θα κάνουν αυτά τα συστήματα πρέπει να είναι το βέλτιστο. Το βέλτιστο εδώ είναι φυσικά σχετικό με ορισμένα προβλήματα που το κάθε σύστημα προσπαθεί να λύσει.

Ίσως το πιο βασικό στοιχείο που είναι κοινό στους παραπάνω ορισμούς, είναι ότι όλοι τους περιλαμβάνουν τη μελέτη, το σχεδιασμό και την κατασκευή ευφυών πρακτόρων που μπορούν να επιτύχει στόχους. Οι επιλογές που κάνει ένας τέτοιος πράκτορας πρέπει να είναι κατάλληλες σύμφωνα με την ικανότητα αντίληψης και τους γνωστικούς περιορισμούς. Εάν ένα σύστημα τεχνητής νοημοσύνης είναι ευέλικτο και μπορεί να μάθει και από την εμπειρία του, βάσει της αρχικής του διαμόρφωσης, μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι πιο έξυπνο από ένα σύστημα τεχνητής νοημοσύνης που έχει απλώς ένα σύνολο κανόνων που καθοδηγεί ένα σταθερό σύνολο ενεργειών.

Ωστόσο, υπάρχουν ορισμένα περιβάλλοντα στα οποία μπορεί να μην είναι επιθυμητό το σύστημα να μάθει νέους κανόνες και συμπεριφορές, όπως για παράδειγμα κατά την εκτέλεση μιας ιατρικής διαδικασίας. Οι υποστηρικτές των διαφόρων προσεγγίσεων τείνουν να τονίζουν ορισμένα από αυτά τα στοιχεία περισσότερο από άλλους. Για παράδειγμα, οι προγραμματιστές συστημάτων βλέπουν την τεχνητή νοημοσύνη ως ένα αποθετήριο από ειδικές γνώσεις που μπορούν να συμβουλευτούν οι άνθρωποι, ενώ οι προγραμματιστές της μηχανικής μάθησης (machine learning) θεωρούν την τεχνητή νοημοσύνη ως κάτι που μπορεί να ανακαλύψει νέες γνώσεις.

Υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τύποι συστημάτων τεχνητής νοημοσύνης. Η αναπαράσταση της γνώσης είναι ένα σημαντικό πρόβλημα το οποίο η τεχνητή νοημοσύνη προσπαθεί να αντιμετωπίσει τον τρόπο με τον οποίο οι πληροφορίες θα πρέπει να αναπαρίστανται για να μπορεί ο υπολογιστής να τις οργανώσει και να τις χρησιμοποιήσει. Στη δεκαετία του 1960, τα έμπειρα συστήματα (expert systems) εισήχθησαν ως συστήματα γνώσης τα οποία μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν προκειμένου να απαντηθούν ερωτήσεις ή να λύσουν στενά καθορισμένα προβλήματα σε ένα συγκεκριμένο τομέα. Συχνά έχουν ενσωματωμένους κανόνες που συλλαμβάνουν τη γνώση ενός ανθρώπινου εμπειρογνώμονα. Τα προγράμματα

συμβούλων στεγαστικών δανείων, για παράδειγμα, χρησιμοποιούνται από τις τράπεζες προκειμένου να αξιολογήσουν την πιστοληπτική ικανότητα ενός αιτούντος. Ένας άλλος γενικός τύπος συστήματος τεχνητής νοημοσύνης είναι αυτά τα οποία σχεδιάζουν συστήματα. Τα συστήματα σχεδιασμού προσπαθούν να δημιουργήσουν και να οργανώσουν μια σειρά δράσεων που εξαρτώνται από την κατάσταση του περιβάλλοντος και την αβεβαιότητα του. Η αναγνώριση αντικειμένων είναι μια κοινή εργασία που αναλαμβάνουν τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης, ενώ η μηχανική μάθηση επικεντρώνεται σχετικά με την ανάπτυξη αλγορίθμων τα οποία επιτρέπουν σε έναν υπολογιστή να χρησιμοποιεί την εμπειρία του προκειμένου να βελτιώσει τον απόδοση σε μια καλά καθορισμένη εργασία.

Η μηχανική μάθηση είναι ένα υπο-πεδίο της τεχνητής νοημοσύνης το οποίο επικεντρώνεται στη δημιουργία αλγορίθμων που χρησιμοποιούν την εμπειρία σε σχέση με μια κατηγορία εργασιών και ανατροφοδότησης με τη μορφή μιας παράστασης για τη βελτίωση της απόδοσής τους σε αυτό το έργο. Η σύγχρονη μηχανική μάθηση είναι ένα εκτεταμένο και ταχέως μεταβαλλόμενο πεδίο. Συνήθως η μηχανική μάθηση διακρίνεται σε τρεις τύπους μάθησης.

- Η εποπτευόμενη μάθηση επικεντρώνεται σε μεθόδους όπως η παλινδρόμηση και η ταξινόμηση για την επίλυση ενός προβλήματος ταξινόμησης εμπειριών με τη μορφή δεδομένων με ετικέτα σε σχέση με κάποια κατηγοριοποίηση των στόχων. Η διαδικασία επισήμανσης επιτυγχάνεται συνήθως με την καταγραφή της προσπάθειας των ανθρώπων να εξετάζουν κάθε κομμάτι δεδομένων και να επισημαίνουν τα δεδομένα. Για εποπτευόμενα μαθησιακά προβλήματα ταξινόμησης εκτιμάται η απόδοση υπολογίζοντας το αληθώς θετικό ποσοστό (η αναλογία των πραγματικών θετικών έναντι όλων των θετικών, σωστά επισημασμένο ή όχι) και το ψευδώς θετικό ποσοστό (η αναλογία ψευδών

θετικών σε όλα τα αρνητικά ταξινομημένα δεδομένα, σωστά και λανθασμένα επισημασμένα). Το αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας μηχανικής εκμάθησης ονομάζεται ταξινομητής. Ένας ταξινομητής είναι λογισμικό που μπορεί να προβλέψει αυτόματα την ετικέτα ενός νέου κομματιού δεδομένων. Ένας ταξινομητής μηχανικής μάθησης που κατηγοριοποιεί τα δεδομένα με επισημάνση με αληθώς θετικό ποσοστό 100% και ψευδώς θετικό ποσοστό 0% είναι ένας τέλειος ταξινομητής. Η εποπτευόμενη μαθησιακή διαδικασία είναι τότε η διαδικασία με την οποία τα δεδομένα χωρίς σήμανση τροφοδοτούνται σε έναν ταξινομητή και, πέρα από την πορεία της επεξεργασίας ορισμένων δεδομένων εκπαίδευσης, η απόδοση του ταξινομητή βελτιώνεται. Ο έλεγχος του ταξινομητή απαιτεί τη χρήση ενός δεύτερου συνόλου δεδομένων ετικετών που ονομάζεται το σύνολο δεδομένων δοκιμής. Στην πράξη, συχνά ένα συνολικό σύνολο δεδομένων ενσωματώνεται σε ένα σύνολο δοκιμών στο οποίο ο ταξινομητής εκπαιδεύεται και ελέγχεται. Οι δοκιμές και η εκπαιδευτική διαδικασία μπορεί να είναι χρονοβόρα, αλλά μόλις δημιουργηθεί ένας ταξινομητής μπορεί να χρησιμοποιηθεί προκειμένου να κατηγοριοποιήσει γρήγορα τα εισερχόμενα δεδομένα.

- Η μη εποπτευόμενη μάθηση επικεντρώνεται περισσότερο στην κατανόηση των προτύπων και των σχέσεων μεταξύ των δεδομένων παρά στην πρόβλεψη. Περιλαμβάνει μεθόδους όπως είναι η ανάλυση κυρίων συστατικών και η ομαδοποίηση. Αυτά χρησιμοποιούνται συχνά ως διερευνητικοί πρόδρομοι προς μια διαδικασία επίβλεψης μαθησιακών μεθόδων.
- Η ενισχυτική μάθηση είναι ένας τρίτος τύπος μηχανικής μάθησης, η οποία δεν επικεντρώνεται στην επισημάνση των δεδομένων, αλλά μάλλον προσπαθεί να χρησιμοποιήσει τα σχόλια και τη μορφή μιας λειτουργίας ενίσχυσης για την

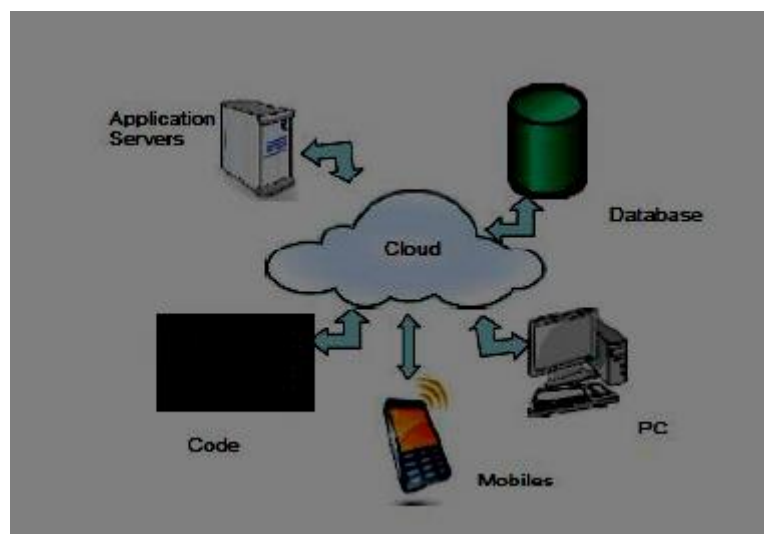
επισήμανση καταστάσεων του κόσμου ως περισσότερο ή λιγότερο επιθυμητό σε σχέση με κάποιο στόχο. Για παράδειγμα ας αναλογιστούμε, ένα ρομπότ που προσπαθεί να μετακινηθεί από μια τοποθεσία σε άλλη. Εάν οι αισθητήρες του ρομπότ παρέχουν ανατροφοδότηση αναφορικά με το ποια είναι η απόσταση από τη θέση του στόχου, τότε η λειτουργία ενίσχυσης είναι απλά το αποτέλεσμα των μετρήσεων του αισθητήρα. Καθώς το ρομπότ κινείται στον κόσμο φτάνει σε διαφορετικές τοποθεσίες που μπορούν να περιγράφουν ως «πολιτείες του κόσμου», όπου κάποιες από αυτές είναι πιο ικανοποιητικές από άλλες. Το να είσαι κοντά στην τοποθεσία του στόχου είναι περισσότερο επιθυμητό από το να είσαι πιο μακριά ή πίσω από ένα εμπόδιο. Η μάθηση ενίσχυσης μαθαίνει μια πολιτική, η οποία αντιστοιχεί από τη δράση του ρομπότ σε αναμενόμενες ανταμοιβές. Ως εκ τούτου, ο αλγόριθμος λέει στο σύστημα πώς να δράσει προκειμένου να επιτύχει τη μέγιστη ανταμοιβή.

3.2. Το Υπολογιστικό νέφος

Το υπολογιστικό νέφος είναι ένα μοντέλο που επιτρέπει την εύκολη πρόσβαση δικτύου κατ' απαίτηση σε ένα κοινόχρηστο σύνολο ρυθμιζόμενων υπολογιστικών πόρων, όπως είναι τα δίκτυα, οι διακομιστές, ο χώρος αποθήκευσης δεδομένων και οι εφαρμογές και υπηρεσίες, που μπορούν να παρέχονται γρήγορα με ελάχιστη προσπάθεια διαχείρισης ή αλληλεπίδρασης με τον πάροχο υπηρεσιών (Buyya, Yeo & Venugopal, 2008).

Το υπολογιστικό νέφος έχει αναδειχθεί ως μια δημοφιλής λύση για την παροχή φθηνής και εύκολης πρόσβασης σε εξωτερικούς πόρους ΤΠΕ. Ένας αυξανόμενος αριθμός οργανισμών όπως είναι τα διάφορα ερευνητικά κέντρα και οι επιχειρήσεις, επωφελούνται από το υπολογιστικό νέφος προκειμένου να φιλοξενήσουν τις

εφαρμογές τους. Διά μέσου virtualization, το υπολογιστικό νέφος μπορεί να αντιμετωπίσει, με την ίδια φυσική υποδομή, μια μεγάλη πελατειακή βάση με διαφορετικές υπολογιστικές ανάγκες (Buyya, Yeo & Venugopal, 2008). Το υπολογιστικό νέφος δεν είναι προσανατολισμένο στην εφαρμογή αλλά στις υπηρεσίες και προσφέρει κατ' απαίτηση εικονικούς πόρους ως μετρήσιμους και χρεώσιμους όπως και βοηθητικά προγράμματα (Buyya, Yeo & Venugopal, 2008; Aoun & Gagnaire, 2009). Στην Εικόνα 2 παριστάνεται ένα βασικό περιβάλλον υπολογιστικού νέφους.



Εικόνα 2. Υπολογιστικό νέφος (Πηγη; Buyya, Yeo & Venugopal, 2008)

Κάθε υπολογιστικό νέφος αναμένεται να έχει τα παρακάτω πέντε χαρακτηριστικά (Buyya, Yeo & Venugopal, 2008):

- Κατά παραγγελία αυτοεξυπηρέτηση (On-demand self-service). Ένας καταναλωτής μπορεί να παρέχει μονομερώς υπολογιστικές δυνατότητες, όπως είναι ο χρόνος διακομιστή και η αποθήκευση δικτύου, όπου απαιτείται

αυτόματα και χωρίς να απαιτείται ανθρώπινη αλληλεπίδραση με τον πάροχο της κάθε υπηρεσίας.

- Ευρεία πρόσβαση στο δίκτυο. Οι δυνατότητες είναι διαθέσιμες μέσω του δικτύου και έχουν πρόσβαση μέσω τυποποιημένων μηχανισμών που προωθούν τη χρήση από ετερογενείς πλατφόρμες πελατών όπως είναι οι κινητές συσκευές, τα τηλέφωνα, οι φορητοί υπολογιστές και οι προσωπικοί ψηφιακοί βοηθοί (PDA).
- Συγκέντρωση πόρων. Οι πόροι υπολογιστών του παρόχου συγκεντρώνονται για προβολή από πολλούς καταναλωτές που χρησιμοποιούν διαφορετικούς φυσικούς και εικονικούς πόρους που εκχωρούνται δυναμικά και σύμφωνα με τη ζήτηση των καταναλωτών. Υπάρχει μια αίσθηση ανεξαρτησίας τοποθεσίας με βάση το γεγονός ότι ο συνδρομητής γενικά δεν έχει έλεγχο ή γνώση σχετικά με την ακριβή τοποθεσία των παρεχόμενων πόρων, αλλά μπορεί να είναι σε θέση να καθορίσει την τοποθεσία σε υψηλότερο επίπεδο αφαίρεσης, όπως για παράδειγμα χώρα, πολιτεία ή κέντρο δεδομένων. Παραδείγματα τέτοιων πόρων περιλαμβάνουν την αποθήκευση και την επεξεργασία των δεδομένων, τη μνήμη, τις ευρυζωνικές συνδέσεις και τις εικονικές μηχανές.
- Ταχύτητα και ευελιξία. Οι δυνατότητες μπορούν να παρέχονται γρήγορα και εύελικτα, και σε μερικές περιπτώσεις αυτόματα. Στον καταναλωτή, οι διαθέσιμες δυνατότητες συχνά φαίνεται να είναι απεριόριστες και μπορεί να αγοραστούν σε οποιαδήποτε ποσότητα ανά πάσα στιγμή.
- Μετρήσιμη υπηρεσία. Τα συστήματα υπολογιστικού νέφους ελέγχουν και βελτιστοποιούν αυτόματα την χρήση των πόρων, με τη χρήση μιας ικανότητας μέτρησης σε κάθε επίπεδο και τύπο της υπηρεσίας (π.χ. αποθήκευση,

επεξεργασία, εύρος ζώνης και ενεργούς λογαριασμούς χρηστών). Η χρήση των πόρων μπορεί να παρακολουθείται, να ελέγχεται και να αναφέρεται ότι παρέχει διαφάνεια τόσο για τον πάροχο όσο και για τον καταναλωτή της χρησιμοποιούμενης υπηρεσίας.

Ένα υπολογιστικό νέφος μπορεί να αναπτυχθεί χρησιμοποιώντας οποιεσδήποτε από τις παρακάτω στρατηγικές (Buyya, Yeo & Venugopal, 2008):

- Δημόσιο υπολογιστικό νέφος . Με απλά λόγια, οι κοινές υπηρεσίες υπολογιστικού νέφους χαρακτηρίζονται ως διαθέσιμες σε πελάτες από τρίτο φορέα παροχής υπηρεσιών μέσω διαδικτύου. Ο όρος «κοινό» δεν σημαίνει πάντα δωρεάν, παρόλο που μπορεί να είναι δωρεάν ή αρκετά φθηνό στη χρήση. Το public cloud δεν σημαίνει ότι τα δεδομένα ενός χρήστη είναι δημόσια ορατά, αφού οι συγκεκριμένοι πάροχοι παρέχουν μηχανισμούς ελέγχου για τους χρήστες τους. Τα public clouds παρέχουν ευέλικτα και οικονομικά αποδοτικά μέσα για την ανάπτυξη λύσεων.
- Ιδιωτικό υπολογιστικό νέφος . Ένα ιδιωτικό υπολογιστικό νέφος προσφέρει πολλά από τα οφέλη του κοινού περιβάλλοντος υπολογιστικού νέφους, όπως είναι η ευελιξία με βάση την υπηρεσία. Η διαφορά μεταξύ ενός ιδιωτικού νέφους και ενός δημόσιου, είναι ότι σε μια ιδιωτική υπηρεσία, τα δεδομένα και οι διαδικασίες διαχειρίζονται εντός του οργανισμού χωρίς τους περιορισμούς από την ευρυζωνικότητα των δικτύων, τα κενά ασφαλείας και νομικές απαιτήσεις που ενδέχεται να χρησιμοποιούν δημόσιες υπηρεσίες υπολογιστικού νέφους. Επιπλέον, οι υπηρεσίες ιδιωτικού υπολογιστικού νέφους προσφέρουν στο χρήστη μεγαλύτερο έλεγχο της υποδομής cloud, αλλά και βελτίωση της ασφάλειας και της ανθεκτικότητας, επειδή η πρόσβαση των

χρηστών και τα δίκτυα που χρησιμοποιούνται είναι περιορισμένα και καθορισμένα.

- Κοινόχρηστο υπολογιστικό νέφος. Το συγκεκριμένο υπολογιστικό νέφος ελέγχεται και χρησιμοποιείται από μια ομάδα οργανισμών που έχουν κοινά ενδιαφέροντα, και συγκεκριμένες απαιτήσεις ασφαλείας ή μια κοινή αποστολή. Τα μέλη της κοινότητας μοιράζονται την πρόσβαση στα δεδομένα και τις εφαρμογές στο υπολογιστικό νέφος.
- Υβριδικό υπολογιστικό νέφος: Ένα υβριδικό υπολογιστικό νέφος είναι ένας συνδυασμός δημόσιου και ιδιωτικού. Σε αυτό το μοντέλο οι χρήστες συνήθως αναθέτουν σε τρίτους μη επιχειρηματικές πληροφορίες για επεξεργασία στο κοινό cloud, διατηρώντας παράλληλα τις σημαντικές για την επιχείρηση υπηρεσίες και δεδομένα στον έλεγχό τους.

Το υπολογιστικό νέφος μπορεί να παραδοθεί σε 3 μοντέλα, συγκεκριμένα τα SaaS, PaaS και IaaS.

- Λογισμικό ως υπηρεσία (Software-as-a-Service-SaaS): Το SaaS είναι λογισμικό που ανήκει, παραδίδεται και διαχειρίζεται από απόσταση από έναν ή περισσότερους παρόχους και αυτό προσφέρεται με πληρωμή ανά χρήση (Mertz, Eschinger, Eid & Pring, 2007). Το SaaS με απλούς όρους μπορεί να οριστεί ως το λογισμικό που αναπτύσσεται ως μια φιλοξενούμενη υπηρεσία με πρόσβαση από Διαδίκτυο. Τα υπολογιστικά νέφη παρέχουν τη δυνατότητα κλιμάκωσης και αλλάζουν επίσης σημαντικά τα βάρη από συνδρομητές σε παρόχους, με αποτέλεσμα ευκαιρίες για μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα και, σε ορισμένες περιπτώσεις, εκτέλεση. Ο τυπικός χρήστης μιας προσφοράς SaaS δεν έχει συνήθως ούτε γνώση ούτε έλεγχο για την υποδομή.

- Πλατφόρμα ως υπηρεσία (Platform-as-a-Service- PAAS). Αυτό το είδος υπολογιστικού νέφους παρέχει ως υπηρεσία την ανάπτυξη περιβάλλοντος. Ο καταναλωτής μπορεί να χρησιμοποιήσει τον εξοπλισμό του μεσάζοντα για να αναπτύξει το δικό του πρόγραμμα και να το παραδώσει στους χρήστες μέσω Διαδικτύου και διακομιστών. Ο καταναλωτής ελέγχει τις εφαρμογές που εκτελούνται στο περιβάλλον, αλλά δεν ελέγχει το λειτουργικό σύστημα, υλικό ή την υποδομή δικτύου στην οποία λειτουργούν.
- Υποδομή ως υπηρεσία (Infrastructure-as-a-Service-IaaS): Η υποδομή ως υπηρεσία παρέχει μια πλατφόρμα εικονικής υπηρεσίας εξωτερικής ανάθεσης στην οποία ο καταναλωτής μπορεί να ελέγχει το περιβάλλον ως υπηρεσία. Αντί για την αγορά ή μίσθωση διακομιστών, λογισμικού, και χώρου αποθήκευσης δεδομένων ή εξοπλισμού δικτύου, οι καταναλωτές αγοράζουν αυτούς τους πόρους ως ένα πλήρως λειτουργικό σύστημα, το οποίο περιλαμβάνει χώρο αποθήκευσης, υλοποιημένες εφαρμογές και ενδεχομένως στοιχεία δικτύωσης, όπως είναι τα τείχη προστασίας, αλλά όχι την υποδομή του υπολογιστικού νέφους.

3.3. Η Επαυξημένη Πραγματικότητα

Από την απαρχή της Επαυξημένης Πραγματικότητας (Augmented Reality-AR), η βιομηχανία ήταν πάντα ήταν ένας από τους εξέχοντες τομείς εφαρμογής της. Οι πρόσφατες εξελίξεις τόσο σε φορητές συσκευές AR και στις νέες προκλήσεις εισήχθη από την τέταρτη βιομηχανική επανάσταση και διευρύνει περαιτέρω την εφαρμογή της AR για τη βελτίωση της παραγωγικότητας και την ενίσχυση της εμπειρίας του χρήστη.

Πλέον η AR έχει πολλές εφαρμογές, χάρη στην ανάπτυξη της τεχνολογίας, αλλά η προέλευση της μπορεί να χρονολογηθεί από τη δεκαετία του 1960, όταν ο Sutherland αναγνώρισε για πρώτη φορά το πρωτότυπο AR, βασισμένο σε μια συσκευή Head-Mounted (HMD) (Sutherland, 1968). Μετά τον Sutherland, και για περισσότερα από είκοσι χρόνια, εμφανίστηκε ο όρος Augmented Reality από τους Caudell και Mizell, δύο επιστήμονες που εργάστηκαν στο Boeing Corporation, η οποία ανέπτυξε ένα πειραματικό σύστημα AR με σκοπό της απλοποίησης της διαδικασίας παραγωγής (Caudell & Mizell, 1992).

Η έννοια της AR επισημοποιήθηκε το 1994, από τους Milgram & Kishino, ως η σχέση μεταξύ πραγματικού και εικονικός κόσμου, καθώς και όλες τις ενδιάμεσες μορφές μικτού κόσμου (Milgram & Kishino, 1994).

Μέχρι πριν από μερικά χρόνια, η έλλειψη οικονομικά προσιτών συσκευών ήταν το κύριο εμπόδιο στην ευρεία υιοθέτηση εφαρμογών AR. Σήμερα, η ευρεία υιοθέτηση κινητών συσκευών έχει καταργήσει αυτόν τον περιορισμό, καθώς τα smartphones και τα tablets διαθέτουν όλους τους αισθητήρες και τις μονάδες επεξεργασίας που απαιτούνται για την ανάπτυξη εφαρμογών AR. Εξάλλου, οι τεχνολογικές καινοτομίες που επηρεάζουν τις κινητές συσκευές μπορούν να παράγουν νέα ενδιαφέροντα προϊόντα, που συνήθως και οι βιομηχανίες προχωρούν με νέες κατηγορίες συσκευών AR, όπως είναι οι φακοί επαφής Emacula από την εταιρεία Innovega, τα Vuzix Blade 3000 γυαλιά AR [6] ή το ακουστικό Meta 2 AR.

Η παγκόσμια αγορά για την επαυξημένη πραγματικότητα αυξάνεται γρήγορα και η διάχυτη υιοθέτηση των τεχνολογιών AR συνεπάγονται ένα αναμφισβήτητο αντίκτυπο στην κοινωνία. Συνολικά, η εφαρμογή του AR στον τομέα της βιομηχανίας είναι σχετικά δεδομένο ότι βελτιώνει σημαντικά την επικοινωνία στο σχεδιασμό προϊόντων

και την ανάπτυξη της παραγωγής. Συγκεκριμένα, βοηθά στον εντοπισμό και την αποφυγή σφαλμάτων σχεδιασμού στα αρχικά στάδια της διαδικασίας ανάπτυξης, μειώνει τον αριθμό των φυσικών πρωτοτύπων και εξοικονομεί χρόνο και κόστος για τις επιχειρήσεις. Το AR θεωρείται πολύτιμο εργαλείο για τη βελτίωση και την επιτάχυνση της παραγωγής του προϊόντος και ανάπτυξη διεργασιών σε πολλές βιομηχανικές εφαρμογές.

Μπορούμε να προσδιορίσουμε τουλάχιστον πέντε βασικούς τομείς εφαρμογής AR στον τομέα της βιομηχανίας. Συγκεκριμένα αυτοί είναι η συνεργασία ανθρώπου-ρομπότ, η συντήρηση-επισκευή-επιδιόρθωση, η εκπαίδευση, η επιθεώρηση προϊόντων και η παρακολούθηση κτιρίων. Στον τομέα συνεργασίας ανθρώπου-ρομπότ, οι τεχνολογίες AR χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία αποτελεσματικών διεπαφών για την αλληλεπίδραση με βιομηχανικά ρομπότ. Στις εργασίες συντήρησης-συναρμολόγησης-επισκευής, οι τεχνολογίες AR βελτιώνουν την παραγωγικότητα, ενώ σε εκπαιδευτικές λειτουργίες, οι χρήστες μπορούν να βρουν στο AR μια ισχυρή λύση για την ενίσχυση των δεξιοτήτων τους. Κατά την επιθεώρηση προϊόντων, οι ελεγκτές μπορούν να παρατηρήσουν τυχόν ασυμφωνίες στοιχείων χρησιμοποιώντας ισχυρά και ευέλικτα συστήματα AR. Τέλος, στις εργασίες παρακολούθησης κτιρίων, η τεχνολογία AR επισημαίνει οποιοδήποτε σφάλμα ή απόκλιση μιας εγκατάστασης με απλό και διαισθητικό τρόπο.

Η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση φέρνει μια σειρά από νέες τεχνολογικές προκλήσεις. Η ικανότητα των βιομηχανικών ρομπότ αυξάνεται σταθερά, μαζί με την προσδοκία για ισχυρότερη συνεργασία με τον ανθρώπινο παράγοντα. Οι χειριστές τους πρέπει να εργάζονται σε ένα ασφαλές περιβάλλον, το οποίο βελτιώνει σημαντικά την εμπιστοσύνη στα ρομπότ. Για να δημιουργηθεί ένα σύστημα στο οποίο τα ρομπότ λειτουργούν παράλληλα με τον άνθρωπο, πρέπει να αναπτυχθούν νέες διεπαφές που να

επιτρέπουν στους χρήστες να αλληλεπιδράσουν μαζί τους με τον πιο φυσικό τρόπο. Για αυτούς τους λόγους, αναδύονται νέοι επιστημονικοί κλάδοι. Για παράδειγμα η Human Robot Collaboration (HRC) εστιάζει στο πώς είναι δυνατόν να βελτιωθεί η συνεργασία ανθρώπων και ρομπότ χρησιμοποιώντας καινοτόμες διεπαφές.

Η δημιουργία ενός ασφαλούς και αξιόπιστου συστήματος είναι μια περίπλοκη πρόκληση. Ένα σύστημα συνεργασίας ανθρώπου-ανθρώπου θεωρείται ασφαλές γιατί ένας άνθρωπος μπορεί φυσικά να καταλάβει την πρόθεση ενός άλλου ανθρώπου. Στην περίπτωση των ρομπότ, μπορεί να επιτευχθεί η ίδια συμπεριφορά δείχνοντας εκ των προτέρων στους χρήστες τις κινήσεις ή τις δυνάμεις που τα ρομπότ θα εφαρμόσουν στο πραγματικό περιβάλλον. Έτσι, με αυτόν τον τρόπο ο χειριστής μπορεί κατανοήσει ξεκάθαρα τις προθέσεις του ρομπότ. Η τεχνολογία AR μπορεί να χρησιμοποιηθεί με επιτυχία για αυτόν τον σκοπό, δεδομένου ότι είναι σε θέση να εμφανίσει πληροφορίες με βάση το πραγματικό περιβάλλον, βελτιώνοντας την ευαισθητοποίηση των χειριστών του συστήματος. Η τεχνολογία AR, μεταξύ άλλων εφαρμογών, είναι μια πολλά υποσχόμενη τεχνολογία που μπορεί να βελτιώσει την ικανότητα του χρήστη να κατανοήσει τις κινήσεις ενός ρομπότ, τις κινήσεις ενός ρομποτικού βραχίονα, και τις δυνάμεις που ασκούνται από ένα ρομπότ.

Οι εργασίες συντήρησης, επισκευής και συναρμολόγησης αντιπροσωπεύουν ένα ακόμα στρατηγικό ερευνητικό πεδίο για εφαρμογές AR, δεδομένου ότι η μείωση του κόστους είναι ο βασικός στόχος για πολλές βιομηχανίες. Ένα από τα προβλήματα που τίθενται από τέτοιου είδους εργασίες σχετίζονται με την πολυπλοκότητά τους. Συγκεκριμένα, οι τεχνικοί ίσως χρειαστεί να αναφερθούν σε εγχειρίδια οδηγιών για τη σωστή ολοκλήρωση των καθορισμένων διαδικασιών. Η συνεχής εναλλαγή της προσοχής μεταξύ της συσκευής που εμπλέκεται στη διαδικασία και το εγχειρίδιο, μπορεί να περιλαμβάνει υψηλό γνωστικό φορτίο για τους τεχνικούς. Τα διαδραστικά

ηλεκτρονικά τεχνικά εγχειρίδια (Interactive Electronic Technical Manuals-IETMs) μπορούν να αντιμετωπίσουν τις ανακρίβειες και τις δυσκολίες που σχετίζονται με ένα τυπικό τεχνικό εγχειρίδιο και η αποτελεσματικότητα στη βελτίωση, τόσο των έμπειρων όσο και άπειρων τεχνικών έχει αποδειχθεί (Fuller, 1994). Ωστόσο, τα IETMs δεν αποτελούν ένα αποκλειστικό μέρος της διαδικασίας αλληλεπίδρασης μεταξύ του τεχνικού και του μηχανήματος, και έχει αποδειχθεί ότι αυτός ο διαχωρισμός αυξάνει τόσο τον χρόνο όσο και το κόστος των εργασιών και του γνωστικού φορτίου στους τεχνικούς. Οι τεχνολογίες AR μπορούν εύκολα και αποτελεσματικά να αντιμετωπίσουν το πρόβλημα διαχωρισμού που τίθεται από τους δύο τύπους εγχειριδίων, καθώς και τα οφέλη που μπορεί να αποφέρει η AR στις εργασίες συντήρησης, επισκευής και συναρμολόγησης. Η τεκμηρίωση που βασίζεται σε AR έχει αποδειχθεί ότι προκαλεί μείωση του κόστους έως και 25% και βελτίωση των επιδόσεων έως και 30% (Terenzi & Basile, 2014). Η International Data Corporation (IDC) προβλέπει ότι η επιτόπια συναρμολόγηση και ασφάλεια θα προσελκύσει επενδύσεις σε AR τεχνολογίες εικονικής πραγματικότητας έως 362 εκατομμύρια δολάρια τα επόμενα τέσσερα χρόνια και έως το τέλος του 2021 η βιομηχανική συντήρηση αναμένεται να είναι η μεγαλύτερη περίπτωση χρήσης βιομηχανίας με επενδύσεις έως 5,2 δισεκατομμύρια δολάρια (IDC, 2018).

Οι εφαρμογές AR για συντήρηση και επισκευή αποτελούνται από ένα σύνολο εικονικών στοιχείων που παρέχουν ενδείξεις, βοηθήματα ή προτάσεις στους τεχνικούς. Τα πιο κοινά στοιχεία είναι τα ηχητικά τμήματα οδηγιών, τα κινούμενα μοντέλα 3D που περιγράφουν οπτικά τι πρέπει να κάνει ο τεχνικός και οι ετικέτες κειμένου που παρέχουν λεπτομέρειες σχετικά με την εργασία που πρέπει να εκτελεστεί. Τα γραφικά στοιχεία επικαλύπτονται και ευθυγραμμίζονται σε σχέση με το μηχάνημα που πρόκειται να συντηρηθεί, επιτρέποντας στους τεχνικούς να επωφεληθούν από αυτά

κατά την εκτέλεση της διαδικασίας. Επιπλέον, αυτό το είδος AR εφαρμογών συχνά ενσωματώνουν ένα σύστημα τηλεπαρουσίας, το οποίο επιτρέπει σε ένα απομακρυσμένο τεχνικό να αλληλεπιδράσει για την υποστήριξη των συντηρητών, όταν οι AR ενισχύσεις δεν επαρκούν.

Οι Feiner, Macintyre & Seligmann (1993), αναφέρονται στις πρώτες προσπάθειες μεταφοράς οδηγιών συντήρησης σε τεχνικούς από συστήματα που βασίζονται σε AR τεχνολογίες, οι οποίες μπορούν να χρονολογηθούν από τη δεκαετία του 1990, καθώς οι ερευνητές άρχισαν να διερευνούν τα οφέλη και τις εφαρμογές του AR στις εργασίες συντήρησης, επισκευής και συναρμολόγησης. Ένα από τα πρώτα παραδείγματα τηλε-βοήθειας μέσω AR, είναι η τηλε-συντήρηση, το οποίο ήταν ένα σύστημα βασισμένο σε AR τεχνολογία, η οποία θα μπορούσε να δημιουργήσει ένα κανάλι επικοινωνίας μεταξύ συντηρητών και εξειδικευμένων εμπειρογνομόνων.

Το έργο STARMATE ήταν ένα από τα πρώτα που διερεύνησαν και υλοποίησαν πολυτροπική αλληλεπίδραση βασισμένη σε AR τεχνολογία, συνδυάζοντας μια εικονική συσκευή κατάδειξης και φωνητικές εντολές (Schwald et al., 2001). Σε άλλα έργα, ο στόχος είναι να παρέχει στους χρήστες τη δυνατότητα να εκτελούν διαδικασίες AR που μετακινούνται σε μια απομακρυσμένη βιομηχανική τοποθεσία ή μονάδα, αντί να λειτουργούν σε ένα σταθερό πάγκο εργασίας, εφαρμόζοντας το λεγόμενο κινητό AR (Haritos & Macchiarella, 2005; Harmo et al., 2000).

Ακόμα κι αν η διάδοση προσωπικών συσκευών, όπως tablet και smartphone τα τελευταία χρόνια τροφοδότησε το Handheld Augmented Reality (HAR), ένας από τους κύριους περιορισμούς της χρήσης του στη βιομηχανία είναι ότι οι τεχνικοί συχνά χρειάζονται συσκευές χωρίς χέρια για να ολοκληρώσουν τις εργασίες που έχουν εκχωρηθεί. Επιπλέον, παρατηρώντας το αντικείμενο που πρέπει να διατηρηθεί ή να

συναρμολογηθεί, μια κάμερα ενδέχεται να περιλαμβάνει ζητήματα ασφάλειας για τον τεχνικό.

Η χρήση τεχνολογιών AR για εκπαιδευτικούς σκοπούς σχετίζεται αυστηρά με εργασίες συντήρησης, συναρμολόγησης και επισκευής, καθώς είναι συνήθως το αντικείμενο της μάθησης για έναν χρήστη από τον τομέα της βιομηχανίας. AR τεχνικές για τη βελτίωση των παραδοσιακών μαθησιακών προσεγγίσεων διερευνήθηκαν βαθιά με την πάροδο των ετών, καθώς οι εκπαιδευτές αναζητούν πάντα νέες μεθόδους για την ενίσχυση της μαθησιακής εμπειρίας των μαθητών τους, αλλά και για να αναπτύξουν καινοτόμους τρόπους μάθησης και κατάρτισης. Τα πολυμεσικά περιεχόμενα δεν μπορούν μόνο να παραδώσουν μια πλούσια αισθητηριακή εμπειρία που μπορεί να βελτιώσει τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ χρηστών, αλλά και επειδή το περιεχόμενο πολυμέσων μπορεί να αυξήσει τα κίνητρα και το ενδιαφέρον του αναγνώστη ή του θεατή, όπως αναφέρεται από τους Chignell και Waterworth (1997).

Ένα άλλο σημαντικό όφελος το οποίο σχετίζεται με τη χρήση τεχνολογιών AR για εκπαίδευση, είναι ότι η AR επιτρέπει την προσομοίωση επικίνδυνων εργασιών ή ακόμη και καταστροφικών συμβάντων χωρίς να υπάρχει κίνδυνος για τους εκπαιδευόμενους. Τα πρώτα παραδείγματα συστημάτων AR για την υποστήριξη και την κατάρτιση τεχνικών μέσω οδηγιών που δημιουργούνται από υπολογιστή μπορούν να χρονολογηθούν αρχές της δεκαετίας του 1990, όπως ανέφεραν οι Nee et al. (2012) και Ong et al. (2008). Οι AR τεχνολογίες χρησιμοποιούνται τώρα για την εκπαίδευση και την υποστήριξη τεχνικών σχετικά με μεγάλο αριθμό τομέων της βιομηχανίας, όπως είναι τα εργοστάσια, η αεροδιαστημική και η βιομηχανία αυτοκινήτων.

Η δημιουργία ενός προϊόντος είναι μια πολύπλοκη εργασία αφού η κατασκευή προϊόντων περνά από διάφορες φάσεις, όπως η σύλληψη, ο σχεδιασμός και η

υλοποίηση. Μόλις δημιουργηθεί ένα προϊόν, αυτό επιθεωρείται προκειμένου να διαπιστωθεί ότι δεν παρουσιάστηκαν σφάλματα κατά τη φάση δημιουργίας και ότι δεν υπάρχουν διαφορές ως προς αυτό που είχε σχεδιαστεί. Για λόγους αποτελεσματικότητας, η συνολική διαδικασία πρέπει να ολοκληρωθεί όσο το δυνατόν πιο γρήγορα και με ακρίβεια. Υπάρχει μια αυξανόμενη τάση προκειμένου να επιτευχθεί επίπεδο τελειότητας, τόσο στη διοίκηση της εταιρείας, όσο και στη γραμμή παραγωγής. Στο τέλος της αλυσίδας παραγωγής, οι ποιοτικοί έλεγχοι είναι υψηλοί, προκειμένου τα προϊόντα να ικανοποιούν καλύτερα τις προσδοκίες του τελικού χρήστη. Όσον αφορά τα εμπορικά στοιχεία, τα προϊόντα εξετάζονται οπτικά χρησιμοποιώντας μια λίστα που περιέχει μη αποδεκτά ελαττώματα των προϊόντων. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται συνήθως επιθεώρηση.

Η επιθεώρηση μπορεί να γίνει σε διαφορετικούς τομείς, όπως είναι οι κατασκευές, οι επιχειρήσεις, η κυβέρνηση, η μηχανική, και συνίσταται σε μια οργανωμένη εξέταση συγκεκριμένου εξοπλισμού. Δεδομένου ότι η ποικιλία των προϊόντων και τα στοιχεία τους αυξάνονται διαρκώς, η επιθεώρηση γίνεται ολοένα και πιο περίπλοκη. Έτσι, η επιθεώρηση θα μπορούσε να γίνεται λιγότερο αποτελεσματικά, λόγω των γνωστικών περιορισμών των επιθεωρητών. Οι AR τεχνολογίες φαίνεται σαφώς να είναι μια πολλά υποσχόμενη τεχνολογία στη ρύθμιση της διαδικασίας επιθεώρησης, επειδή επιτρέπει μια άμεση σύγκριση μεταξύ του πραγματικού αντικειμένου και ενός ιδανικού μοντέλου. Πράγματι, χρησιμοποιώντας φορητές συσκευές, ο χειριστής μπορεί να απεικονίσει μια τρισδιάστατη αναπαράσταση του ιδανικού αντικείμενου που τοποθετείται απευθείας πάνω στο προϊόν που ελέγχεται. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται συχνά «έλεγχος ασυμφωνίας» (Wasenmuller, Meyer & Stricker, 2016).

Ένα παράδειγμα συστήματος AR που χρησιμοποιείται για την επιθεώρηση ενός βιομηχανικού προϊόντος προτείνεται από τους P. Ramakrishna et al. (2016). Στο

προτεινόμενο σύστημα, ένας εκτυπωτής αναλύεται χρησιμοποιώντας ορισμένες συσκευές Android που μπορούν να εξάγουν πληροφορίες σχετικά με το αντικείμενο εντοπίζοντας έναν κωδικό QR που είναι συνδεδεμένος στον εκτυπωτή. Οι συγκεντρωμένες πληροφορίες αφορούν ορισμένες σχετικές λεπτομέρειες του εκτυπωτή (τύπος, έτος κατασκευής, ιστορικό επιθεώρησης κ.λπ.) μαζί με τον κατάλογο ελέγχου που πρέπει να εκτελεστεί κατά την επιθεώρηση. Στη συνέχεια, εμφανίζονται οδηγίες και εγχειρίδια στην οθόνη της συσκευής χρήστη με τον τρόπο που ο επιθεωρητής μπορεί να ολοκληρώσει τη λειτουργία έχοντας όλες τις απαραίτητες πληροφορίες. Στη διαδικασία, παρακολουθούνται διαφορετικά αντικείμενα και έτσι, συγκεκριμένες πληροφορίες αποστέλλονται στον χειριστή. Για τη βελτίωση της απόδοσης του συστήματος έχει ενσωματωθεί μια μηχανή αναγνώρισης ομιλίας προκειμένου να επιτρέπεται στον χρήστη να σχολιάζει.

Διακρίνονται τέσσερις διαφορετικοί τρόποι επιθεωρήσεων. Η χειροκίνητη τροποποίηση συνίσταται στη λήψη μέτρησης απευθείας στο πραγματικό αντικείμενο. Με τις μεθόδους 2D και 3D, εμφανίζονται μόνο τα σχετικά δεδομένα σχετικά με το πραγματικό αντικείμενο στο χρήστη. Η μόνη διαφορά μεταξύ 2D και 3D τρόπων απεικόνισης εντοπίζεται στον τρόπο οπτικοποίησης των δεδομένων στην οθόνη (2D προοπτικές εικόνες και ισομετρικές προοπτικές, αντίστοιχα). Τέλος, το AR modality χρησιμοποιεί την ίδια προσέγγιση του 3D, αλλά επιπλέον είναι εξοπλισμένο με μια οθόνη κεφαλής, η οποία υπερθέτει το 3D μοντέλο πάνω από το πραγματικό αντικείμενο με τις πληροφορίες μέτρησης. Τα αποτελέσματα από τη σύγκριση μεταξύ αυτών των τεσσάρων τρόπων, δείχνουν ότι η μέθοδος AR παρέχει την καλύτερη απόδοση με την ταχύτερη προσέγγιση. Επιπλέον, το σύστημα AR δείχνει το λιγότερο αριθμό σφαλμάτων αφού ο χειριστής πρέπει να επιτύχει λιγότερα καθήκοντα παρά με τους

άλλους τρεις τρόπους. Τέλος, αυτό το σύστημα βοηθά ώστε ο χειριστής να κατανοήσει ποια χαρακτηριστικά πρέπει να μετρηθούν.

Σχετικά με την παρακολούθηση κτιρίων, τα οικοδομικά περιβάλλοντα είναι πλέον αρκετά σύνθετες κατασκευές, αποτελούμενες από συστήματα που αποτελούνται από διαφορετικά μηχανήματα που απαιτούν κατάλληλες υποδομές. Η οικοδόμηση ενός τέτοιου περιβάλλοντος είναι μια δύσκολη εργασία. Το σύστημα αποτελείται από διαφορετικά υποσυστήματα που πρέπει να τοποθετηθούν στο κατάλληλο μέρος. Αυτά τα υποσυστήματα αντιπροσωπεύονται χρησιμοποιώντας μοντέλα 3D και η κατασκευή έχει προ-οπτικοποιηθεί χρησιμοποιώντας γραφικά υπολογιστή (Computer Graphics). Με αυτόν τον τρόπο είναι δυνατόν να τοποθετηθεί κάθε υποσύστημα στο κατάλληλο μέρος, ελέγχοντας είτε για οποιεσδήποτε συγκρούσεις ή άλλες παρατυπίες.

3.4. Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of Things)

Σήμερα, λόγω των ταχέως εξελισσόμενων τεχνολογικών εξελίξεων, οι έξυπνες συσκευές είναι σε θέση να διασυνδεθούν, να επικοινωνήσουν και να αλληλεπιδράσουν μέσω του Διαδικτύου. Επιπλέον, με τα χρόνια, το μέγεθος αυτών των συσκευών έχει μειωθεί σημαντικά, ενώ αντιθέτως η ισχύς επεξεργασίας και οι δυνατότητες αποθήκευσης έχουν σημαντικά αυξηθεί. Οι σύγχρονες, έξυπνες συσκευές είναι εξοπλισμένες με προηγμένα ενσωματωμένα συστήματα και διαθέτουν δυνατότητες επικοινωνίας, ανίχνευσης, ενεργοποίησης καθώς και ανάκτησης, συλλογής, αποθήκευσης δεδομένων σε πραγματικό χρόνο και επεξεργασία.

Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων είναι μια ταχέως αναπτυσσόμενη καινοτόμος τεχνολογία με διάφορες εφαρμογές, λειτουργίες και υπηρεσίες στην καθημερινή ζωή και σε μια μεγάλη ποικιλία τομέων. Το IoT στοχεύει διεισδύοντας στο καθημερινό περιβάλλον

και τα αντικείμενά του, συνδέοντας τον φυσικό κόσμο με τον ψηφιακό κόσμο και επιτρέποντας άτομα και συσκευές να συνδέονται ανά πάσα στιγμή, οπουδήποτε, με οτιδήποτε και με οποιονδήποτε (Vermesan et al., 2011; Perera et al., 2013). Το IoT και πιο συγκεκριμένα το Βιομηχανικό Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IIoT) μαζί με τη ψηφιοποίηση και αυτοματοποίηση της βιομηχανικής κατασκευής θεωρείται ότι είναι αυτό που πραγματικά έχουν ξεκινήσει τέταρτη βιομηχανική επανάσταση. Η Βιομηχανία 4.0 συνδυάζει την παραδοσιακή κατασκευή και βιομηχανικές πρακτικές με καινοτόμες τεχνολογίες, όπως είναι η επικοινωνία μεταξύ των μηχανών (M2M), το IoT, κυβερνο-φυσικά συστήματα κ.λπ.

Επιπλέον, στοχεύει ουσιαστικά μετατρέποντας τις παραδοσιακές βιομηχανίες σε έξυπνες, εισάγοντας την αυτοσυντήρηση, την αυτο-βελτίωση και την αυτο-προσαρμογή στη βιομηχανία. Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι χρησιμοποιώντας το προηγμένο και δυναμικό δίκτυο διασυνδεδεμένων συσκευών, το IoT μπορεί να προσφέρει λύσεις σε βιομηχανίες καθώς και πλήθος σύγχρονων και προηγμένων εφαρμογών και υπηρεσιών που δεν μπορεί μόνο να βελτιώσει την ποιότητα ζωής, αλλά μπορεί επίσης να οδηγήσει σε οφέλη σε προσωπικό, επαγγελματικό και οικονομικό επίπεδο (Li et al., 2011).

Σύμφωνα με τους Atzori et al. (2010), ο σημασιολογικός ορισμός του IoT θα μπορούσε να οριστεί ως ένα παγκόσμιο επίπεδο διασυνδεδεμένων αντικειμένων με μοναδική διεύθυνση, βάσει τυπικών πρωτοκόλλων επικοινωνίας. Επιπλέον, σύμφωνα με τους Vermesan et al. (2011), το IoT μπορεί να θεωρηθεί μια δυναμική και παγκόσμια υποδομή δικτύου που βασίζεται σε τυπικά και διαλειτουργικά πρωτόκολλα επικοινωνίας και με δυνατότητες αυτοδιαμόρφωσης. Σε αυτήν τη συγκεκριμένη υποδομή δικτύου, τα φυσικά και εικονικά «πράγματα» είναι διασυνδεδεμένα, έχουν ταυτότητες, φυσικά χαρακτηριστικά και εικονικές προσωπικότητες και χρησιμοποιούν

έξυπνες διεπαφές και είναι απρόσκοπτα ενσωματωμένο στο δίκτυο πληροφοριών (Vermesan et al., 2011).

Στο πλαίσιο του IoT, αυτή η νέα διάσταση των «πραγμάτων» μπορεί να θεωρηθεί ως μια επέκταση του υπάρχοντος περιβάλλοντος αλληλεπίδρασης και επικοινωνίας ανθρώπου και υπολογιστή. Πιο συγκεκριμένα, οποιαδήποτε φυσική ή εικονική οντότητα, που υπάρχει και κινείται στο χώρο και στο χρόνο και μπορεί να αναγνωριστεί είτε με καθορισμένους αριθμούς αναγνώρισης, ονόματα ή / και διευθύνσεις τοποθεσίας, και επιπλέον ενσωματώνονται σε δίκτυα επικοινωνίας, μπορούν να θεωρηθούν ως ένα «πράγμα» (Vermesan et al., 2011).

Επιπλέον, τα «πράγματα» γίνονται ενεργοί συμμετέχοντες οι οποίοι αναγνωρίζουν το περιβάλλον, αντιδρούν αυτόνομα και δημιουργούν υπηρεσίες χωρίς την ανάγκη άμεσης ανθρώπινης παρέμβασης. Το IoT παρέχει μια συμβιωτική αλληλεπίδραση μεταξύ του φυσικού και του εικονικού κόσμου και επιτρέπει στους ανθρώπους και τα «πράγματα» να συνδεθούν οποτεδήποτε, οπουδήποτε, με οτιδήποτε και οποιονδήποτε, χρησιμοποιώντας οποιαδήποτε διαδρομή ή δίκτυο και οποιοδήποτε υπηρεσία (Atzori et al., 2010; Vermesan et al., 2011).

Το IoT στοχεύει στην εφαρμογή αυτόνομων, ισχυρών και ασφαλών συνδέσεων και ανταλλαγής δεδομένων μεταξύ συσκευών και εφαρμογών πραγματικού κόσμου. Επιπλέον, συμβάλλει στην εκπλήρωση της M2M επικοινωνίας και διασύνδεσης καθώς και στην ενσωμάτωση της νοημοσύνης σε συσκευές. Έτσι, οι συσκευές θα είναι σε θέση να επεξεργάζονται πληροφορίες και δεδομένα και να λαμβάνουν, σε πραγματικό χρόνο, έξυπνες αποφάσεις χωρίς να απαιτείται ανθρώπινη συμμετοχή ή/και παρέμβαση (Khan et al., 2012). Ως εκ τούτου, μπορεί να συμβάλει στη δημιουργία ενός δυνητικά καλύτερου κόσμου για ανθρώπους στους οποίους τα «πράγματα» γύρω

τους ξέρουν τι τους αρέσει, τι θέλουν και τι χρειάζονται και ενεργούν ανάλογα, χωρίς να χρειάζεται να λάβουν ρητές οδηγίες από τους ανθρώπους (Perera et al., 2014).

Το IoT θεωρείται μια ταχέως αναπτυσσόμενη και καινοτόμος τεχνολογία με διάφορες εφαρμογές, λειτουργίες και υπηρεσίες στην καθημερινή ζωή και σε ένα ευρύ φάσμα αγορών και βιομηχανιών. Αν και οι πρόσφατες εξελίξεις και οι δυνατότητες που προσφέρει το IoT, το καθιστούν απαραίτητο στην ανάπτυξη ενός τεράστιου αριθμού εφαρμογών, μόνο λίγες είναι προς το παρόν διαθέσιμες (Atzori et al., 2010). Οι εφαρμογές IoT στοχεύουν στη βελτίωση της ποιότητας ζωής για την κοινότητα των τελικών χρηστών και την υποστήριξη υποδομών και λειτουργιών γενικού σκοπού (Akpraku et al., 2017)

Οι λύσεις IoT μπορούν να εφαρμοστούν σε πολλούς τομείς και περιβάλλοντα και ως εκ τούτου μπορούν να ομαδοποιηθούν τομείς εφαρμογών με διάφορους τρόπους. Οι Atzori et al. (2010) προχώρησαν στην κατηγοριοποίηση των Εφαρμογών IoT στους ακόλουθους τομείς:

- Τομέας μεταφοράς και εφοδιαστικής: Οι εφαρμογές αυτού του τομέα περιλαμβάνουν την εφοδιαστική και την υποβοηθούμενη οδήγηση, την έκδοση εισιτηρίων από κινητά, την παρακολούθηση του περιβάλλοντος, τους επαυξημένους χάρτες κ.λπ.
- Τομέας υγειονομικής περίθαλψης: Οι εφαρμογές αυτού του τομέα περιλαμβάνουν την παρακολούθηση, αναγνώριση, τον έλεγχο ταυτότητας, τη συλλογή δεδομένων, την ανίχνευση κ.λπ.
- Έξυπνος τομέας περιβάλλοντος: Οι εφαρμογές αυτού του τομέα περιλαμβάνουν άνετα σπίτια και γραφεία, καθώς και έξυπνες βιομηχανικές εγκαταστάσεις, έξυπνα μουσεία και γυμναστήρια κ.λπ.

- Προσωπικός και κοινωνικός τομέας: Οι εφαρμογές αυτού του τομέα περιλαμβάνουν την κοινωνική δικτύωση, τις απώλειες και τις κλοπές κ.λπ.
- Φουτουριστικός τομέας: Οι εφαρμογές αυτού του τομέα περιλαμβάνουν ρομπότ ταξί, μοντέλα πληροφοριών πόλης, βελτιωμένες αίθουσες παιχνιδιών κ.λπ.

Οι Gubbi et al. (2013) ταξινομήσαν τις εφαρμογές IoT στους ακόλουθους τομείς εφαρμογών: προσωπικές και οικιακές, επιχειρηματικές, βοηθητικά προγράμματα και κινητά, λαμβάνοντας υπόψη τον αντίκτυπο, τον τύπο του δικτύου, την διαθεσιμότητα, την κάλυψη, την κλίμακα, την ετερογένεια, την επαναληψιμότητα και τη συμμετοχή των χρηστών. Οι Sundmaeker et al. (2010) ομαδοποίησαν τις εφαρμογές IoT στους ακόλουθους τρεις τομείς εφαρμογών:

- Περιβαλλοντικός τομέας: Περιλαμβάνει εφαρμογές που προστατεύουν, παρακολουθούν και αναπτύσσουν όλους τους φυσικούς πόρους, τις υπηρεσίες περιβαλλοντικής διαχείρισης, τη διαχείριση ενέργειας, την ανακύκλωση, τη γεωργία κ.λπ.
- Βιομηχανικός τομέας: Οι εφαρμογές αυτού του τομέα περιλαμβάνουν οικονομικές ή εμπορικές συναλλαγές μεταξύ επιχειρήσεων, οργανισμών και άλλων οντοτήτων. Επιπλέον, αναφέρονται στην κατασκευή, στην εφοδιαστική, και στις τραπεζικές, χρηματοοικονομικές και κυβερνητικές αρχές κ.λπ.
- Κοινωνικός τομέας: Περιλαμβάνει εφαρμογές σχετικά με τις κοινωνίες ανάπτυξης και ένταξης, τις πόλεις και τους ανθρώπους, καθώς και κυβερνητικές υπηρεσίες προς πολίτες και άλλες κοινωνικές δομές και τα λοιπά.

Η ραγδαία αστική ανάπτυξη ήδη δημιουργεί σημαντική πίεση στις υπάρχουσες υποδομές και επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας τονίζοντας την ανάγκη για πιο βιώσιμο

πολεοδομικό σχεδιασμό και δημόσιες υπηρεσίες. Οι IoT εφαρμογές και υπηρεσίες αξιοποιούνται προκειμένου να ικανοποιηθούν αυτές οι νέες απαιτήσεις και κοινωνικές αλλαγές ανάλογες με αυτήν την ταχεία ανάπτυξη που πρέπει να αντιμετωπιστεί. Επιπλέον, οι αυτόνομες πόλεις και τα οικιακά δίκτυα θα είναι ευφυή και ικανά να ανιχνεύουν, να παρακολουθούν και να προσαρμόζονται σε περιβαλλοντικές αλλαγές καθώς να αντιδρούν σε ανθρώπινες δραστηριότητες. Πιο συγκεκριμένα, μέσω του IoT, έξυπνες τεχνολογίες και συσκευές διασυνδέονται και, ως εκ τούτου, είναι σε θέση να βελτιώσουν την ποιότητα και τρόπο ζωής για τους κατοίκους της πόλης, καθώς και να διασφαλιστεί ότι παρέχονται οι βασικές υπηρεσίες τους.

Επιπλέον, μέσω του IoT κάθε πτυχή της αστικής ζωής μπορεί να βελτιωθεί δημιουργώντας έξυπνες πόλεις που θα παρέχουν τις ήδη καθιερωμένες υπηρεσίες και υπηρεσίες κοινής ωφέλειας με τις οποίες οι κάτοικοι αλληλεπιδρούν καθημερινά, βελτιστοποίηση της χρήσης υποδομών, πόρων και εγκαταστάσεων της πόλης και βελτίωση της ζωής των κατοίκων της πόλης ποιότητα. Μερικά από τα πολλά οφέλη της χρήσης εφαρμογών και υπηρεσιών IoT σε έξυπνες πόλεις περιλαμβάνουν (Atzori et al., 2010):

- Ενεργειακά αποδοτικές υπηρεσίες, κτίρια και εγκαταστάσεις που θα μειώσουν το μακροπρόθεσμο κόστος και τα απόβλητα.
- Νέα και αποτελεσματικά συστήματα κατανάλωσης, διαχείρισης, διανομής και ανανέωσης πόρων.
- Προηγμένα συστήματα ελέγχου και παρακολούθησης της κυκλοφορίας καθώς και πιο αξιόπιστα μέσα μαζικής μεταφοράς μέσα και υποστήριξη πεζών.
- Προηγμένα συστήματα παρακολούθησης και παρακολούθησης της ασφάλειας, ώστε να βελτιωθεί η δημόσια ασφάλεια.

Ο ιατρικός τομέας είναι ένας από τους πρώτους κλάδους που υιοθέτησε το IoT και επηρεάστηκε σε μεγάλο βαθμό. Οι IoT τεχνολογίες μπορούν να δημιουργήσουν νέες ευκαιρίες, υπηρεσίες και εφαρμογές ώστε να βελτιωθεί η υγειονομική περίθαλψη και υγειονομικός τομέας. Επιπλέον, οι πλατφόρμες και οι υπηρεσίες IoT ενισχύουν τις τρέχουσες λύσεις διαβίωσης και να διευκολύνουν την υλοποίηση του οράματος της υγειονομικής περίθαλψης που είναι η υγειονομική περίθαλψη σε οποιονδήποτε, οπουδήποτε και οπουδήποτε εξαλείφοντας τα εμπόδια που σχετίζονται με την τοποθεσία, το χρόνο και άλλους περιορισμούς αυξάνοντας ταυτόχρονα την κάλυψη και την ποιότητα της υγειονομικής περίθαλψης (Lee & Shim, 2009).

Επιπλέον, στο πλαίσιο του IoT, θα εξοπλιστούν όλα τα αντικείμενα της βιομηχανίας υγειονομικής περίθαλψης με αισθητήρες και οι ασθενείς θα μεταφέρουν κινητούς ιατρικούς αισθητήρες. Ως εκ τούτου, μέσω της διασύνδεσης τους, αυτοί οι ετερογενείς αισθητήρες, θα εντοπίζουν αντικείμενα και ασθενείς και θα παρακολουθούνται εξ αποστάσεως σε πραγματικό χρόνο. Αυτό το γεγονός θα απλοποιήσει και θα αυτοματοποιήσει τη διαδικασία συλλογής δεδομένων δημιουργώντας έτσι ένα τεράστιο όγκο δεδομένων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για περαιτέρω επιστημονικές και ιατρικές μελέτες.

Προκειμένου να αποφευχθεί αποτελεσματικότερα η εμφάνιση προβλημάτων υγείας, οι τεχνολογίες IoT βελτιώνουν τη θεραπεία και την ευεξία και την εξατομίκευση της ροής εργασίας, καθώς και λειτουργίες, όπως είναι η διαχείριση των φαρμάκων, ενώ ταυτόχρονα μειώνεται το λειτουργικό κόστος. Επίσης παρέχει πιο αποτελεσματικές μεθόδους για ιατρικά αρχεία και ανάλυση δεδομένων, καθώς και ad hoc διάγνωση αξιοποιώντας ταχέως αυτοματοποιημένες αποφάσεις και συνεχή προηγμένη κατάσταση παρακολούθησης απομακρυσμένου ασθενούς. Τέλος, προσφέροντας ένα μέσο αυτοματισμού, επίβλεψης και επικοινωνίας για απομακρυσμένους εξωτερικούς

ασθενείς, το IoT έχει τεράστιο αντίκτυπο στην ανεξάρτητη διαβίωση και παρέχει έξυπνες λύσεις για βελτίωση της ποιότητας ζωής και υποστήριξη ενός πληθυσμού που γερνάει συνεχώς, όσο αυξάνεται το προσδόκιμο ζωής του ανθρώπου.

Κεφάλαιο 4. Συμπεράσματα

Η αυξανόμενη ολοκλήρωση της σύνδεσης ψηφιακού, φυσικού και του ανθρώπινου κόσμου οδηγούν σε ένα μεγάλο μετασχηματισμό της βιομηχανίας και πλέον γινόμαστε μάρτυρες της τέταρτης Βιομηχανικής Επανάστασης που ονομάζεται Βιομηχανία 4.0. Η συγκεκριμένη επανάσταση παρέχει ευκαιρίες να κάνουμε τα εργοστάσια μια ανοιχτή πλατφόρμα από κατανεμημένα συστήματα με μια δυναμική δομή τα οποία θα είναι πιο αποτελεσματικά και ταχύτερα και πιο ευέλικτα και ανθεκτικά στις πολύπλοκες αλυσίδες εφοδιασμού.

Ο όρος Βιομηχανία 4.0 κυκλοφόρησε για πρώτη φορά το 2011 για την ενίσχυση της γερμανικής ανταγωνιστικότητας στη μεταποιητική βιομηχανία. Η Γερμανική ομοσπονδιακή κυβέρνηση υιοθέτησε την ιδέα για μια στρατηγική υψηλής τεχνολογίας για το 2020. Σήμερα, αυτή η ιδέα γίνεται όλο και πιο δυνατή. Πολλές έρευνες έχουν εκτελεστεί για να εξηγήσουν αυτήν την ιδέα και να εισάγουν τις προκλήσεις και τα οφέλη, αλλά περισσότερη έρευνα σε αυτό το πεδίο είναι απαραίτητη.

Τον δέκατο όγδοο αιώνα, η πρώτη βιομηχανική επανάσταση προκάλεσε σημαντικές αλλαγές στις βιομηχανίες χρησιμοποιώντας τη δύναμη του ατμού. Η ηλεκτρική ισχύς και η γραμμή συναρμολόγησης για η μαζική παραγωγή ήταν το κύριο χαρακτηριστικό της δεύτερης βιομηχανικής επανάστασης. Οι υπολογιστές και οι ΤΠΕ ενσωματώθηκαν στην κατασκευή και στα διάφορα υποβοηθούμενες από υπολογιστή συστήματα κατά την τρίτη βιομηχανική επανάσταση. Τώρα, η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση περιλαμβάνει τη χρήση αυτοματισμού και ανταλλαγής δεδομένων.

Τα νέα συστήματα χρησιμοποιούν τις πλέον προηγμένες τεχνολογίες, όπως τα κυβερνο-φυσικά συστήματα, το Διαδίκτυο των Πραγμάτων τη τρισδιάστατη εκτύπωση, τη προηγμένη ανάλυση δεδομένων, το υπολογιστικό νέφος και πολλά

ακόμα. Επομένως, τα σύγχρονα βιομηχανικά συστήματα πρέπει να είναι σε θέση να επεξεργαστούν τη ψηφιοποίηση και την ενσωμάτωση του κυβερνο-φυσικού συστήματος και του έξυπνου ελέγχου στη βιομηχανία. Επίσης, η αποτελεσματικότητα αυξάνει τις ανάγκες της ολοκλήρωσης των υποστηρικτικών συστημάτων στο κύριο σύστημα, όπως είναι η συντήρηση, τα logistics και ο εφοδιασμός.

Όλα τα μελλοντικά εργοστάσια πρέπει να λειτουργούν με βάση το παράδειγμα της Βιομηχανία 4.0. Αυτή η ιδέα εισήχθη με βάση συστήματα παραγωγής, αλλά αυτή η ιδέα μπορεί να εφαρμοστεί στο διαφορετικές βιομηχανίες, όπως είναι ο ενεργειακός τομέας, οι χημικές εγκαταστάσεις και οι σταθμοί παραγωγής ενέργειας. Η Βιομηχανία 4.0 έχει πολλά οφέλη, όπως η αύξηση του όγκου παραγωγής, η γρήγορη ανταπόκριση στις απαιτήσεις του πελάτη, μείωση των αποβλήτων παραγωγής κ.ά.

Η εφαρμογή της Βιομηχανίας 4.0 είναι σε θέση να ικανοποιήσει αρκετές βασικές απαιτήσεις όπως:

- Εταιρική ολοκλήρωση και διαλειτουργικότητα
- Κατανεμημένη οργάνωση
- Παρακολούθηση και έλεγχος βάσει μοντέλου
- Ετερογενή συστήματα και περιβάλλοντα
- Ανοικτή και δυναμική δομή
- Συνεργασία
- Ενσωμάτωση και διαλειτουργικότητα των ανθρώπων με συστήματα λογισμικού και υλικού
- Ευελιξία, επεκτασιμότητα και ανοχή σφαλμάτων

- Ανεξάρτητα δίκτυα
- Ανάλυση βάσει δεδομένων, μοντελοποίηση, έλεγχος και συστήματα μάθησης για υποστήριξη λήψης αποφάσεων.

Αυτές οι τεχνολογίες περιλαμβάνουν διάφορα λογισμικά, προηγμένη συνεργατική ρομποτική, αρθρωτή και προσαρμόσιμη διαμόρφωση, συστήματα υψηλής ταχύτητας για μεταφορά δεδομένων και άλλα. Για να αποκτηθεί ένα πλήρως έξυπνο σύστημα, χρειαζόμαστε έξυπνες αλυσίδες εφοδιασμού, έξυπνα συστήματα συντήρησης, έξυπνη εργασία κ.ο.κ. Αυτός ο τύπος συστήματος ασχολείται με πολλές προκλήσεις από τεχνική άποψη. Έτσι, ορισμένες εταιρείες δεν είναι σε θέση να εφαρμόσουν ακόμα αυτήν την ιδέα και ο δρόμος είναι ακόμη μακρύς.

Κάθε κατασκευαστικό σύστημα πρέπει να είναι αξιόπιστο και η διαθεσιμότητά του είναι λογική. Επίσης, θέματα όπως είναι η ασφάλεια και η συντηρησιμότητα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στο σχεδιασμό, στα βήματα εφαρμογής και στην αξιοποίηση των νέων τεχνολογιών. Έτσι, οι προκλήσεις και ευκαιρίες από τη σκοπιά της μηχανικής αξιοπιστίας πρέπει να ληφθούν υπόψη. Από ότι φάνηκε και παραπάνω, ο μόνος περιορισμός για μελλοντικές εφαρμογές, είναι η ανθρώπινη φαντασία, αφού οι εφαρμογές φαίνεται να μη γνωρίζουν κάποιο περιορισμό. Πρόκειται για μια επανάσταση η οποία βρίσκεται ακόμα εν εξελίξει, ενώ αντίθετα με τις προηγούμενες απαιτεί ένα ανθρώπινο δυναμικό με υψηλές δεξιότητες και ικανότητες.

Βιβλιογραφικές αναφορές

- Aoun, J. E. (2018). Robot-proof: higher education in the age of artificial intelligence. *Journal of Education for Teaching*. <https://doi.org/10.1080/02607476.2018.1500792>.
- Akpakwu, G. A., Silva, B. J., Hancke, G. P., & Abu-Mahfouz, A. M. (2017). A survey on 5G networks for the Internet of Things: Communication technologies and challenges. *IEEE Access*, 6, 3619- 3647.
- Atzori, L., Iera, A. & Morabito, G. (2010). The internet of things: A survey. *Computer networks*, 54(15), 2787-2805.
- Aoun, R. & Gagnaire, M. (2009). Towards a fairer benefit distribution in Grid environments,” in *Proc. IEEE/ACS AICCSA Conf.*, 2009, pp. 21– 26.
- Brynjolfsson, E. & McAfee, A. (2014). *The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies*. New York, USA: W.W. Norton & Company.
- Buyya, R., Yeo C. S. & Venugopal S. (2008). Market oriented Cloud computing: Vision, hype, and reality for delivering IT services as computing utilities in *Proc. IEEE/ACM Grid Conf.*, 2008, pp. 50–57.
- Caudell, T. P. & Mizell, D. W. (1992). Augmented reality: An application of heads-up display technology to manual manufacturing processes. In *Proc. HICSS*, vol. 2, pp. 659–669. IEEE, Kauai, 1992
- Dunwill, E. (2016). *4 changes that will shape the classroom of the future: Making education fully technological*. Retrieved from <https://elearningindustry.com/4-changes-will-shape-classroom-of-the-future-making-education-fully-technological>
- Feiner, S., Macintyre, B. & Seligmann, D. (1993). Knowledge-based augmented reality. *Communications of the ACM*, 36(7):53–62.

- Feuerstein, R. (2002). *The Dynamic Assessment of Cognitive Modifiability: The Learning Propensity Assessment Device : Theory, Instruments and Techniques*. ICELP Press.
- Fisk, P. (2017). *Education 4.0 ... the future of learning will be dramatically different, in school and throughout life*. Retrieved Aug 9, 2020, from <http://www.thegeniusworks.com/2017/01/future-education-young-everyone-taught-together/>
- Fragkiadaki, K., Levine, S., Felsen, P. & Malik J. (2015). Recurrent network models for human dynamics in *Computer Vision (ICCV), 2015 IEEE International Conference on. IEEE, 2015*, pp. 4346–4354
- Frydenberg, M. & Andone, D. (2011). Learning for 21 st Century Skills. In *International Conference on Information Society (i-Society)*.
- Fuller., J.J. (1994). IETMs: From research to reality. *CALS Expo '94 International Proceedings*
- Gorecky, D., Schmitt, M., Loskyll, M. & Zühlke, D. (2014). Human-Machine-Interaction in the Industry 4.0 Era. *12th IEEE International Conference on Industrial Infomatic*, pp. 289–294.
- Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future generation computer systems*, 29(7), 1645-1660.
- Haritos T. and Macchiarella. N. D. (2005). A mobile application of augmented reality for aerospace maintenance training. In *Proc. DASC*, vol. 1, pp. 5–B. IEEE, Washington, 2005.
- Harmo, P., Halme, A., Virekoski, P., Halinen, M., Pitkanen, E. et al. (2000). A virtual reality assisted telepresence system for remote control and maintenance. *IFAC Proceedings Volumes*, 33(26):1011–1016.
- Hermann, M., Pentek, T., & Otto, B. (2016). Design principles for industrie 4.0 scenarios. In *Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences*. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2016.488>

Hussain, F. (2013). E-Learning 3.0 = E-Learning 2.0 + Web 3.0? *IOSR Journal of Research & Method in Education*, pp.25-38.

IDC. Worldwide spending on augmented and virtual reality expected to double or more every year through 2021, according to idc. <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS42959717>.

Irianto, D. (2017). Industry 4.0: The Challenges of Tomorrow. Seminar Nasional Teknik Industri 2017. <https://doi.org/k8bksti.ub.ac.id/wp-content/uploads/2017/10/Keynote-Speaker-Dradjad-Irianto.pdf>

Kagermann, H., Wahlster, W. & Johannes, H. (2013). Recommendations for Implementing the Strategic Initiative INDUSTRIE 4.0. *Forschungsunion*, 2013.

Kahn, S. Olbrich, M. Engelke, T. Keil, J. Riess, P. Webel, S. Graf, H. Bockholt, U. & Picinbono, G. (2012). Beyond 3d “as-built” information using mobile ar enhancing the building lifecycle management. In *Proc. CW*, pp. 29–36. IEEE, Darmstadt, 2012.

Khan, R., Khan, S. U., Zaheer, R., & Khan, S. (2012, December). Future internet: the internet of things architecture, possible applications and key challenges. In *2012 10th international conference on frontiers of information technology* (pp. 257-260). IEEE

Knyaginina, V.N. (2017). *The new technological revolution: Challenges and possibilities for Russia: Expert and analytical report*. <http://csr.ru/wp-content/uploads/2017/10/novaya-tehnologicheskaya-revolutsiya.pdf>. Accessed July 15, 2020.

Lee, J., Lapira, E., Bagheri, B. & Kao, H. (2013). Recent advances and trends in predictive manufacturing systems in big data environment. *Manufacturing Letters*. <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2013.09.005>.

Lee, C. P., & Shim, J. P. (2009). Ubiquitous healthcare: Radio frequency identification (RFID) in hospitals. In *Handbook of research on distributed medical informatics and e-health* (pp. 273-281). IGI Global.

- Liao, Y., Deschamps, F., Freitas, E.D. & Loures, R. (2017). Past, present and future of Industry 4.0 - a systematic literature review and research agenda proposal. *International Journal of Production Research* 55 (12), pp. 3609–3629.
- Liffler, M. & Tschiesner, A. (2013). *The Internet of Things and the future of manufacturing* | McKinsey & Company.
- Li, J., Huang, Z. & Wang, X. (2011). Notice of Retraction Countermeasure research about developing Internet of Things economy: A case of Hangzhou city. In *2011 International Conference on E-Business and E-Government (ICEE)* (pp. 1-5). IEEE.
- Loshkareva, E., Luksha, P., Ninenko, I., Smagin I. & Sudakov, D. (2015). *Skills of the future. Which knowledge and skills are necessary in the new complex world.* <http://worldskills.ru/media-czentr/dokladyi-i-issledovaniya.html>. Accessed July 15, 2020.
- Marcos, M., Suárez, S., Marcos, M., Fernández-miranda, S. S., Marcos, M., Peralta, M. E. & Aguayo, F. (2017). The challenge of integrating Industry in the degree of Mechanical Engineering. *Procedia Manufacturing*, 13 (1), pp. 1229–1236.
- Mertz, S.A., Eschinger C, Eid T., & Pring B (2007), (2007) *Dataquest Insight: SaaS Demand Set to Outpace Enterprise Application Software Market*
- Milgram, P. & Kishino, F. (1994). A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems*, 77(12):1321– 1329, Dec. 1994.
- Milford, M., Shen, C., Lowry, N. et al. (2015). Sequence searching with deep-learned depth for condition-and viewpointinvariant route-based place recognition in *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops*, 2015, pp. 18–25.
- Mrugalska, B. & Wyrwicka, M.K. (2017). Towards Lean Production in Industry 4.0. *Procedia Engineering*, 182, pp. 466–473.

- Nee, A., Ong, S., Chryssolouris, G. & Mourtzis, D. (2012). Augmented reality applications in design and manufacturing. *CIRP Annals-manufacturing technology*, 61(2):657–679.
- Ong, S., Yuan, M. & Nee, A. (2008). Augmented reality applications in manufacturing: a survey. *International journal of production research*, 46(10):2707–2742.
- Passow, H.J. & Passow, C.H. (2017) What Competencies Should Undergraduate Engineering Programs Emphasize? A Systematic Review. *J Eng Educ*. 106 (3) pp. 475-526.
- Perera, C., Liu, C. H., Jayawardena, S., & Chen, M. (2014). A survey on internet of things from industrial market perspective. *IEEE Access*, 2, 1660-1679.
- Pintrich, P.R. (2002). The Role of Metacognitive Knowledge in Learning, Teaching, and Assessing. *Theory Pract.*, 41, pp. 219-225.
- Qin, J., Liu, Y. & Grosvenor, R. (2016). A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and Beyond. *Procedia CIRP*, 2016, 52 pp. 173–178.
- Ramakrishna, P., Hassan, E., Hebbalaguppe, R., Sharma, M., Gupta, G., Vig, L., Sharma, G. & Shroff, G. (2016) . An ar inspection framework: Feasibility study with multiple ar devices. In *Proc. ISMAR-Adjunct*, pp. 221–226. IEEE, Merida, 2016.
- Rautavaara, E. (2015). *Educating the Future Product Designers - Exploring the anatomy of a project-based capstone course*.
- Schwald, B., Figue, J., Chauvineau, E., Vu-Hong, F., Robert, A., Arbolino, M. et al. (2001). STARMATE: Using augmented reality technology for computer guided maintenance of complex mechanical elements. *Ework and ECommerce*, 1:196–202.
- Schein, E. (1972). Professional Education Some New Directions. New York: McGraw-Hill.
- Schumacher, A., Erol, S. & Sihn, W. (2016). A maturity model for assessing Industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises. *Procedia CIRP*, 52 pp. 161–166.

- Schwab, K. (2016). *The Fourth Industrial Revolution, what it means and how to respond*. Retrieved from <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how>.
- Schwab, K. (2017). *The fourth industrial revolution*. Moscow, 2016. Available in http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=21240265&lfrom=159481197. Accessed July 21, 2020.
- Sudlow, B. (2018). Robot Proof: Higher Education in the Age of Artificial Intelligence. *Postdigital Science and Education*. <https://doi.org/10.1007/s42438-018-0005-8>
- Sundmaeker, H., Guillemin, P., Friess, P., & Woelfflé, S. (2010). *Vision and challenges for realising the Internet of Things. Cluster of European Research Projects on the Internet of Things*, European Commission, 3(3), 34-36.
- Sutherland, I. E. (1968). A head-mounted three dimensional display. In *Proc. AFIPS*, pp. 757–764. ACM, San Francisco.
- Tay, S., Lee, T.C, Aziati, A. & Ahmad, A.N.A. (2018). An Overview of Industry 4.0: Definition, Components, and Government Initiatives. *Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems*, 10, 14, pp. 1379-1387.
- Terenzi, G. & Basile, G. (2014). Smart maintenance: An augmented reality platform for training and fields operations in the manufacturing industry. *ARMEDIA Augmented Reality blog*.
- Universities of the Future (UoF) (2018). Industry 4.0 Implications For Higher Education Institutions. Available at www.universitiesofthefuture.eu. Accessed July, 10, 2020.
- Vermesan, O., Friess, P., Guillemin, P., Gusmeroli, S., Sundmaeker, H., Bassi, A., ... & Doody, P. (2011). Internet of things strategic research roadmap. *Internet of things-global technological and societal trends*, 1(2011), 9-52.
- Wang, S., Wan, J., Li, D. & Zhang, C. (2016). Implementing Smart Factory of Industrie 4.0 : An Outlook. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 6 (2), pp. 1-10.

Wasenmuller, O., Meyer, M. & Stricker, D. (2016). Augmented reality 3d "discrepancy check in industrial applications. In *Proc. ISMAR*, pp. 125–134. IEEE, Merida, 2016

Waterworth, J.A. & Chignell, M.H. (1997). *Multimedia Interaction*.