

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Η ΒΙΩΣΙΜΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ Η ΤΕΤΑΡΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗ:

ΣΥΝΕΡΓΕΙΕΣ

ΔΟΥΚΑ ΙΩΑΝΝΑ

ΜΒΧ 21034

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ ΓΚΟΤΖΑΜΑΝΗ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ, 2022

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΒΙΩΣΙΜΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ 4Η ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗ: ΣΥΝΕΡΓΙΕΣ.....	3
ΑΙΤΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΟΥ ΘΕΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	3
ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ.....	4
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	6
2.1 ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑ.....	7
2.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ: ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΕΙΣ.....	9
2.2.1 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΤΗΣ 4ΗΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗΣ.....	11
3.1 ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑ ΚΑΙ 4η ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗ: ΣΥΝΕΡΓΕΙΕΣ.....	15
4.1. Η ΔΥΝΑΜΗ ΚΑΙ Η ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	15
4.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΝΕΦΟΥΣ (CLOUD COMPUTING).....	18
4.3 ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ.....	19
4.4 ΡΟΜΠΟΤΙΚΗ.....	21
4.5 ΜΗ ΕΠΑΝΔΡΩΜΕΝΑ ΟΧΗΜΑΤΑ (DRONES).....	23
4.6 ΑΛΥΣΙΔΑ ΤΩΝ ΜΠΛΟΚ (BLOCKCHAIN).....	24
4.7 ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΕΚΤΥΠΩΣΗ (3D-PRINTING).....	25
4.8 ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ ΤΩΝ ΠΡΑΓΜΑΤΩΝ (INTERNET OF THINGS).....	27
4.9 ΣΥΝΔΕΣΙΜΟΤΗΤΑ ΔΙΚΤΥΟΥ.....	29
4.10 ΚΟΙΝΩΝΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ (NETWORKING).....	31
4.11 ΚΥΒΕΡΝΟ-ΦΥΣΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ (Cyber Physical Systems).....	32
4.12 ΒΙΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ.....	32
4.13 ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ.....	34
4.14 ΝΕΥΡΟΕΠΙΣΤΗΜΕΣ.....	34
4.15 ΕΙΚΟΝΙΚΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ (VIRTUAL REALITY).....	35
4.16 ΕΠΑΥΞΗΜΕΝΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ.....	36
5.1 ΑΝΑΔΥΣΗ ΝΕΩΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ.....	36
5.2 Η ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ.....	37
5.3 GIG ECONOMY.....	38
5.4 ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ ΤΟΥ ΔΙΑΜΟΙΡΑΣΜΟΥ (SHARING ECONOMY).....	38
6.1 ΕΠΙΡΡΟΗ ΤΗΣ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΤΗΣ 4ΗΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗΣ.....	40
7.1 SOCIETY 5.0 AND INDUSTRY 5.0.....	41
8.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΡΕΥΝΑΣ: ΠΛΑΙΣΙΟ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗΣ ΕΝΝΟΙΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ (CONCEPTUAL FRAMEWORK) ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΜΠΕΙΡΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ.....	41
8.2 ΚΕΝΑ ΔΕΞΙΟΤΗΤΩΝ.....	42
8.3 Η ΥΠΕΡΕΚΘΕΣΗ ΤΗΣ ΙΔΙΩΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΤΟ ΒΩΜΟ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗΣ ΠΡΟΟΔΟΥ.....	44
8.4 Η ΚΟΙΝΩΝΙΚΗ ΑΠΟΞΕΝΩΣΗ ΚΑΙ Η ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΗ ΤΗΣ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑΣ.....	45
8.5 Η ΑΝΘΡΩΠΙΣΤΙΚΗ ΔΙΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ Η ΔΙΑΣΦΑΛΙΣΗ ΑΥΤΗΣ.....	46
8.6 ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΑΠΟΙΚΙΕΣ.....	49
ΕΠΙΛΟΓΟΣ.....	50
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	52
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ.....	65

Η ΒΙΩΣΙΜΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ Η ΤΕΤΑΡΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗ: ΣΥΝΕΡΓΙΕΣ

Το θέμα της εργασίας αφορά την 4^η Βιομηχανική Επανάσταση και την βιώσιμη ανάπτυξη. Συγκεκριμένα, η 4^η Βιομηχανική Επανάσταση αναφέρεται στις αναδυόμενες τεχνολογίες και τον ψηφιακό μετασχηματισμό, όπου τα παραδοσιακά όρια μεταξύ του φυσικού, του ψηφιακού και του βιολογικού κόσμου συγχέονται. Ο ταχύς ρυθμός των αλλαγών που επέφερε η 4^η Βιομηχανική Επανάσταση εμπεριέχει προκλήσεις. Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι να διερευνηθεί το πως η υιοθέτηση των τεχνολογιών της Βιομηχανίας 4.0 μπορεί να αποτελέσει πηγή ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος και κατ' επέκταση διασφάλιση της βιωσιμότητας. Στόχος είναι η ανασκόπηση δεδομένων και ευρημάτων ώστε να αξιοποιηθεί πλήρως η δυναμική της προς όφελος της οικονομίας, της κοινωνίας και του περιβάλλοντος.

- Προτεινόμενη μέθοδος: Βιβλιογραφική Επισκόπηση
- Πιθανά αποτελέσματα: Πίνακας με τα σημαντικότερα ευρήματα της βιβλιογραφικής έρευνας
- Πλαίσιο διασύνδεσης εννοιών και μεταβλητών (conceptual framework) για μελλοντική εμπειρική έρευνα

ΑΙΤΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΟΥ ΘΕΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Τα τελευταία χρόνια παρουσιάζεται μεγάλη συζήτηση σχετικά με τον ταχύ τεχνολογικό μετασχηματισμό του επιχειρηματικού κόσμου, ο οποίος καταστρέφει τα παραδοσιακά εμπόδια της βιομηχανίας και υπογραμμίζεται η ανάγκη επανεξέτασης των υφιστάμενων επιχειρηματικών μοντέλων. Μεγάλο μέρος της συζήτησης αυτής επικεντρώνεται στα βασικά χαρακτηριστικά που σχετίζονται με την 4^η Βιομηχανική Επανάσταση, τα οποία αποτελούν την απάντηση στις σημερινές προκλήσεις τις οποίες πρέπει να αντιμετωπίσουν οι εταιρείες για να παραμείνουν βιώσιμες και ανταγωνιστικές όσον αφορά την παγκοσμιοποίηση, την ένταση του ανταγωνισμού, τη μεταβλητότητα των απαιτήσεων της αγοράς, τη συντόμευση της καινοτομίας και του κύκλου ζωής των προϊόντων και, τέλος, την αυξανόμενη πολυπλοκότητα γύρω από τα προϊόντα και τις διαδικασίες. Δεδομένου ότι μέχρι σήμερα μελετώνται οι απειλές και οι ευκαιρίες, καθώς λόγω της τεχνολογικής μετάβασης ελλοχεύει ο κίνδυνος οι επιχειρήσεις, όπως και οι ίδιες οι κοινωνίες να μην καταφέρουν να προσαρμοστούν στα νέα δεδομένα αλλά αντιθέτως να έρθουν αντιμέτωπες με τον πιθανό περιορισμό των δραστηριοτήτων τους και ως εκ τούτου ριζικές αλλαγές, θεωρείται ως εκ τούτου αναγκαία η διερεύνηση του θέματος.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

Αρχικά, θα αναπτυχθεί η βιβλιογραφική επισκόπηση του θεωρητικού υποβάθρου, με ανάλυση των υπό μελέτη εννοιών, δηλαδή της βιωσιμότητας και της 4^{ης} βιομηχανικής επανάστασης. Επίσης γίνεται μία ιστορική αναδρομή και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της 4^{ης} Βιομηχανικής Επανάστασης. Το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με μία πρώτη προσέγγιση της έννοιας του ψηφιακού μετασχηματισμού σε συνάρτηση με την βιωσιμότητα.

Στο κυρίως μέρος παρουσιάζονται όλες οι πτυχές του ψηφιακού μετασχηματισμού και γίνεται εκτενής αναφορά στις πιο σημαντικές αναδυόμενες τεχνολογίες 4.0 και τα ψηφιακά εργαλεία. Προσέτι, αναλύεται πώς ο ψηφιακός μετασχηματισμός επηρεάζει την βιωσιμότητα της οικονομίας, της κοινωνίας και του φυσικού περιβάλλοντος.

Τέλος, θα παρουσιαστούν τα συμπεράσματα και οι προβληματισμοί της έρευνας με βάση την βιβλιογραφική επισκόπηση που πραγματοποιήθηκε και επιπλέον θα διατυπωθούν ένα σύνολο υποθέσεων και προτάσεις για μελλοντική έρευνα. Στα συμπεράσματα θα δοθεί ένα πλαίσιο διασύνδεσης εννοιών και μεταβλητών (conceptual framework) για μελλοντική εμπειρική έρευνα.

Σύμφωνα με τους στόχους της παρούσας έρευνας, πραγματοποιήθηκε η εξέταση της τρέχουσας κατάστασης των ερευνών που διερευνούν τη σχέση μεταξύ της 4^{ης} Βιομηχανικής Επανάστασης και της βιωσιμότητας καθώς και του βαθμού στον οποίο οι εν λόγω έννοιες και οι διαστάσεις αυτών αλληλοεπηρεάζονται. Ειδικότερα, μια συστηματική βιβλιογραφική επισκόπηση επιλέχθηκε για να εξεταστεί ο τεράστιος όγκος των δημοσιεύσεων και στα δύο πεδία, ελαχιστοποιώντας παράλληλα τις πιθανές προκαταλήψεις που προκαλούνται από τον ερευνητή. Οι ποιοτικές αναλύσεις βασίστηκαν σε 111 διερευνηθείσες εργασίες, οι οποίες έδειξαν αυξανόμενη ερευνητική δραστηριότητα στον τομέα, με μια μικρή τάση προς την εμπειρική έρευνα και την εστίαση στη μεταποίηση. Παρατηρείται μια απότομη αύξηση των άρθρων που δημοσιεύονται και περιέχουν τους όρους "Sustainability" και "Industry 4.0" στην περίληψη αυτών, τον τίτλο ή τις λέξεις-κλειδιά, φτάνοντας τα 258 άρθρα τα οποία δημοσιεύονται από το 2019 και έπειτα σε σύγκριση με αυτά που είχαν δημοσιευτεί πριν από το 2019 στο Scopus τα οποία φτάνανε περίπου τα 93 άρθρα. Ενόψει αυτής της απότομης αύξησης των ερευνητικών δραστηριοτήτων που σχετίζονται με την αλληλεπίδραση μεταξύ της 4^{ης} Βιομηχανικής Επανάστασης και της Βιωσιμότητας, απαιτείται μια ολοκληρωμένη και διεπιστημονική έρευνα για τη δημιουργία μιας ολοκληρωμένης κατανόησης των εν εξελίξει ερευνητικών κατευθύνσεων, των υφιστάμενων ερευνητικών κενών και των αντίστοιχων μελλοντικών ερευνητικών προτάσεων στον τομέα αυτό.

Η μεθοδολογία που ακολουθείται επιτρέπει τη συστηματική επισκόπηση της σχετικής βιβλιογραφίας και την επακόλουθη εξέταση του περιεχομένου ως προς την ανάλυση, αναδεικνύοντας την επιστημονική συναίνεση και τις πιθανές αποκλίσεις και προτείνοντας συνάμα βιώσιμες μελλοντικές ερευνητικές κατευθύνσεις. Με

τον τρόπο αυτό, η παρούσα έρευνα παρέχει μια συστηματική και ολοκληρωμένη επισκόπηση της τρέχουσας κατάστασης του ερευνητικού πεδίου, των σχετικών άρθρων και των υφιστάμενων παραγόμενων γνώσεων.

Για την πραγματοποίηση της παρούσας εργασίας χρησιμοποιήθηκε ξένη βιβλιογραφία, αρθρογραφία και πληροφορίες από ηλεκτρονικές πηγές. Αφού ορίστηκαν οι όροι και οι περιορισμοί αναζήτησης, η πραγματική αναζήτηση πραγματοποιήθηκε σε τρεις ηλεκτρονικές, επιστημονικές βάσεις δεδομένων, και συγκεκριμένα στις Scopus, Web of Science και ScienceDirect, οι οποίες θεωρούνται έγκυρες και κατάλληλες βάσεις δεδομένων για τον αυστηρό εντοπισμό αποδεικτικών στοιχείων για σκοπούς συστηματικής επισκόπησης. Μετά τη συλλογή των επιλέξιμων άρθρων για το πεδίο εφαρμογής της παρούσας έρευνας, η παρουσία των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με την παράθεση πίνακα με τα με τα σημαντικότερα ευρήματα της βιβλιογραφικής έρευνας. Στον πίνακα παρουσιάζονται αναλυτικά ο τίτλος του άρθρου, ο/οι συγγραφέα/είς, το έτος δημοσίευσης, το περιοδικό δημοσίευσης, η περίληψη, και διαφορετικού τύπου δεδομένα που προστέθηκαν στη βάση δεδομένων από την συγγραφέα της παρούσας εργασίας.

Καθώς η παρούσα εργασία βασίζεται στην υπάρχουσα βιβλιογραφία και στα δεδομένα που προέρχονται από αυτήν, ενδέχεται να υπάρχουν επιπτώσεις να ενσωματωθούν κακόβουλες παραπλανητικές προηγούμενες γνώσεις, που δεν έχουν επικυρωθεί στην πράξη. Η χρήση τριών βάσεων δεδομένων μόνο, και η αξιολόγηση των εργασιών μόνο στην αγγλική γλώσσα, συνεπάγεται έναν ακόμα περιορισμό λόγω της περιορισμένης πρόσβασης σε ολόκληρο το ακαδημαϊκό τοπίο, αφήνοντας ενδεχομένως έξω εξαιρετικά συναφή αλλόγλωσσα άρθρα. Η επιλογή των όρων αναζήτησης επηρεάζει επίσης το αποτέλεσμα της εργασίας, παρόλο που η επιλογή των όρων αναζήτησης που χρησιμοποιήθηκαν έγινε με την καλύτερη δυνατή γνώση και πεποίθηση της συγγραφέας. Το ίδιο ισχύει και για τα εξαγόμενα δεδομένα από την συγγραφέα, ιδίως λόγω προσθήκης κατ' αποκλειστικότητα ποιοτικών δεδομένων. Περαιτέρω περιορισμοί ισχύουν καθώς υπάρχουν ακόμα συναφή υπό διερεύνηση θέματα, προτείνοντας ως εκ τούτου μελλοντική έρευνα για μεγαλύτερη εμβάθυνση. Ως εκ τούτου, οι περιορισμοί καθώς και τα ερευνητικά κενά που εντοπίστηκαν χρησιμοποιούνται για την εξαγωγή μελλοντικών ερευνητικών προτάσεων.

Με στόχο την εξαγωγή και την αμοιβαία επιρροή της 4^{ης} Βιομηχανικής Επανάστασης και της Βιωσιμότητας, τα αποτελέσματα αναζήτησης θα έπρεπε να περιέχουν τους όρους τόσο "Industry 4.0" όσο και "Αειφορία" ή ένα από τα αντίστοιχα συνώνυμά τους σε βιομηχανικό πλαίσιο, είτε στο περίληψη, τον τίτλο ή τις λέξεις-κλειδιά, ώστε να προκύψει ένα ολοκληρωμένο σύνολο εργασιών.

Industry 4.0: *Industry 4.0, 4th Industrial Revolution, fourth industrial revolution, Smart Manufacturing; Connected Manufacturing, IIOT, Industrial Internet of Things; Smart Industry*

Sustainability: Sustainable Manufacturing, Sustainable Value, Sustainable Industrial Value Creation, Industrial Sustainable, Green Manufacturing; Triple Bottom Line, TBL, Sustainable Operation, Sustainable Production

Οι σχετικές ακαδημαϊκές εργασίες πρέπει επίσης να δημοσιεύονται στο διαδίκτυο και να δημοσιεύονται σε επιστημονικά περιοδικά. Προκειμένου να μην αποκλειστούν δυνητικά σχετικά άρθρα, δεν τέθηκε περιορισμός ημερομηνιών. Αφού συγκεντρώθηκαν αυτές οι 111 κατάλληλες εργασίες για το αντικείμενο της παρούσας έρευνας, πραγματοποιήθηκε η πραγματική συλλογή δεδομένων. Εκτός από τον τίτλο της εργασίας, τον/τους συγγραφέα/είς, την περίληψη, τις λέξεις-κλειδιά, το έτος δημοσίευσης και το περιοδικό δημοσίευσης, προστέθηκαν στη βάση δεδομένων από τον συγγραφέα διαφορετικού τύπου δεδομένα. Η θεωρητική έρευνα εστιάζει σε θεωρίες, ιδέες, πιθανές ευκαιρίες, προκλήσεις και πλαίσια, μεταξύ άλλων, χωρίς να εγείρει πρωτογενή δεδομένα

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η υπερβολική επίδοση του ανθρώπου με τις θετικές επιστήμες τα τελευταία χρόνια, αποτέλεσε τον ακρογωνιαίο λίθο για την δεσπίζουσα ανάπτυξη της τεχνολογίας. Μάλιστα, η επιβλητική και εκτενής χρήση των τεχνικών μέσων φέρει ως αποτέλεσμα να γίνεται λόγος για «μηχανοποιημένη ζωή».

Η μελέτη και η χρήση τεχνικών και επιστημονικών γνώσεων ή μεθόδων που χρησιμοποιούνται για πρακτικούς σκοπούς στη βιομηχανία, τις επιχειρήσεις, την ιατρική κ.α. έρχεται να συνοψιστεί στον ορισμό της έννοιας της τεχνολογίας. Η τεχνολογία είναι αποτέλεσμα της ανάγκης• της ανάγκης να απαγκιστρωθεί ο άνθρωπος από την κυριαρχία της φύσης αλλά και να βελτιώσει τις συνθήκες της ζωής του. Η τεχνολογία χάρη στην αδιάκοπη συνέχεια και κατακτήσεις που φέρει, κατέληξε να πάρει τις διαστάσεις που έχει στην εποχή μας.

Η ανάπτυξη της τεχνολογίας συνοδεύτηκε από ραγδαίες αλλαγές, με αποτέλεσμα να δημιουργηθεί ο όρος «τεχνολογική επανάσταση», για να δηλώσει τις απότομες ριζοσπαστικές αλλαγές που επέφερε στις κοινωνικές, οικονομικές και περιβαλλοντικές συνθήκες και ευρύτερα στον τρόπο ζωής του ανθρώπου. Ως εκ τούτου έγινε κυρίαρχο στοιχείο στη ζωή του ανθρώπου, καθώς χάρη σε αυτήν πολλαπλασιάζονται οι δυνατότητες και με τη βοήθεια της ανοίγεται μπροστά ένας καινούργιος κόσμος, απαλλαγμένος από το μόχθο της βιοπάλης και από την αρρώστια. Επίσης, η δύναμη της επηρέασε ριζικά τη μορφή των συντελεστών παραγωγής, δηλαδή του τρόπου εργασίας, των μέσων, του κεφαλαίου, της επιχειρηματικότητας και, κατά συνέπεια, την αύξηση της παραγωγικότητας.

Η 4^η Βιομηχανική Επανάσταση, που ονομάστηκε επίσης Βιομηχανία 4.0 (Industry 4.0), ξεκίνησε με τις

αναδυόμενες και ανατρεπτικές τεχνολογίες νοημοσύνης και πληροφοριών. Αυτές οι νέες τεχνολογίες επιτρέπουν ολοένα και υψηλότερα επίπεδα αποδοτικότητας της παραγωγής, ενώ έχουν επίσης τη δυνατότητα να επηρεάσουν δραματικά την οικονομική, κοινωνική και περιβαλλοντική βιώσιμη ανάπτυξη. Στην παρούσα μελέτη, εξετάζουμε περαιτέρω τις τεχνολογίες της Βιομηχανίας 4.0 όσον αφορά την εφαρμογή και τις επιπτώσεις στη βιωσιμότητα.

2.1 ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑ

Η βιωσιμότητα είναι μια ολιστική έννοια που έχει οριστεί με πολλούς τρόπους. Ο πιο δημοφιλής ορισμός ανάγεται στο Brundtland που επινόησε τον όρο βιώσιμη ανάπτυξη, που σημαίνει «ανάπτυξη που ικανοποιεί τις ανάγκες του παρόντος χωρίς να θέτει σε κίνδυνο την ικανότητα των μελλοντικών γενεών να ικανοποιήσουν τις δικές τους ανάγκες» (Brundtland, 1987). Η ιδέα της βιωσιμότητας πηγάζει από την έννοια της βιώσιμης ανάπτυξης που καθιερώθηκε στην πρώτη σύνοδο κορυφής για τη Γη, στο Ρίο το 1992. Στη Διεθνή Συνδιάσκεψη του Ρίο το 1992 από την οποία προέκυψε η Agenda 21, κείμενο βασισμένο στη συστηματική μεθοδολογία, διατυπώθηκαν για πρώτη φορά και επίσημα οι αρχές της βιώσιμης ανάπτυξης. Εκεί η βιώσιμη ανάπτυξη ορίζεται ως η ανάπτυξη που παρέχει μακροπρόθεσμα οικονομικά, κοινωνικά και περιβαλλοντικά οφέλη φροντίζοντας τις ανάγκες των παρόντων και μελλοντικών γενεών. Οι συνθήκες του Maastricht το 1992, του Amsterdam το 1997 και η Διεθνής Συνδιάσκεψη του Johannesburg το 2002, δέκα χρόνια μετά το Ρίο, επιβεβαίωσαν και καθιέρωσαν νομικά την αναγκαιότητα της βιωσιμότητας και ενσωματώθηκαν στο Διεθνές Δίκαιο και το Δίκαιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης (<http://earthcharterhellas.edc.uoc.gr/istoria>).

Δεν υπάρχει ένας μόνο ορισμός για την βιωσιμότητα. Υπάρχουν πολλές διαφορετικές απόψεις για το τι σημαίνει και πως μπορεί να επιτευχθεί. Εναλλακτικά του όρου «βιώσιμη ανάπτυξη» χρησιμοποιούνται οι όροι «αιφορία», «ολοκληρωμένη, διατηρήσιμη ή διαρκής ή αειφόρος ανάπτυξη» κ.α. Βιωσιμότητα (ή αειφορία) είναι ένα πρότυπο παραγωγής το οποίο στοχεύει στο καλύτερο οικονομικό αποτέλεσμα τόσο για τον άνθρωπο όσο και για το φυσικό περιβάλλον, τόσο στο παρόν όσο και στο αόριστο μέλλον. Βασικό της στοιχείο είναι η ισορροπία μεταξύ παραγωγής αγαθών και πρώτης ύλης, που δαπανήθηκε για να επιτευχθεί η παραγωγή (Gajdzik et al. 2020). Στόχος των βιώσιμων διαδικασιών είναι να επιτύχουν περισσότερη παραγωγή με μικρότερη δαπάνη πρώτης ύλης, γι' αυτό η βιωσιμότητα αναφέρεται μαζί με την ανακύκλωση, τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και τον βιοκλιματικό σχεδιασμό. Η βιωσιμότητα υπονοεί ότι οι φυσικοί πόροι υφίστανται εκμετάλλευση με ρυθμό μικρότερο από αυτόν με τον οποίον ανανεώνονται, διαφορετικά λαμβάνει χώρα η περιβαλλοντική υποβάθμιση. Οι έννοιες της αειφορίας και της βιώσιμης ανάπτυξης έχουν αποκτήσει μεγάλη σημασία στην επιστημονική έρευνα για περιβαλλοντικά ζητήματα. Θεωρητικά, το μακροπρόθεσμο αποτέλεσμα της περιβαλλοντικής υποβάθμισης είναι η ανικανότητα του γήινου

οικοσυστήματος να υποστηρίξει την ανθρώπινη ζωή, γνωστή ως οικολογική κρίση (Ghobakhloo 2020).

Με την πάροδο του χρόνου, η αειφορία έχει ερμηνευθεί ως η επιδίωξη εξισορρόπησης των οικονομικών, κοινωνικών και περιβαλλοντικών επιδόσεων, δηλαδή η τριπλή bottom line (TBL). Η έννοια της βιωσιμότητας επομένως, στο πλαίσιο μίας αναλυτικότερης προσέγγισης, μπορεί να υποδιαιρεθεί σε «οικονομική βιωσιμότητα», «κοινωνική βιωσιμότητα» και «περιβαλλοντική βιωσιμότητα». Κατ' επέκταση, ο όρος βιωσιμότητα μπορεί να σχετίζεται με τη διατήρηση της κοινωνικής συνοχής, τόσο στο παρόν όσο και στο αόριστο μέλλον. Οι τρεις αυτές κατηγορίες βιωσιμότητας αλληλοεπιδρούν αλλά δεν ταυτίζονται απαραίτητως ως αντικειμενικοί στόχοι. Συγκεκριμένα, ως *οικονομική βιωσιμότητα* ορίζεται η ικανότητα μιας οικονομίας να υποστηρίξει ένα ορισμένο επίπεδο οικονομικής παραγωγής επ' αόριστο. Ως *κοινωνική βιωσιμότητα* ορίζεται η ικανότητα ενός κοινωνικού συστήματος, όπως είναι το κράτος, η οικογένεια ή ο οργανισμός, να λειτουργεί σε ένα ορισμένο επίπεδο ευημερίας και αρμονίας επ' αόριστο. Προβλήματα όπως ο πόλεμος, η ενδημική φτώχεια, η διαδεδομένη αδικία και το χαμηλό ποσοστό εκπαίδευσης, είναι συμπτώματα ότι το σύστημα είναι κοινωνικά μη βιώσιμο. Τέλος, ως *περιβαλλοντική βιωσιμότητα* ορίζεται η ικανότητα του περιβάλλοντος να υποστηρίξει ένα ορισμένο επίπεδο περιβαλλοντικής ποιότητας και ένα ποσοστό εξόρυξης φυσικών πόρων επ' αόριστο (Felsberger and Reiner 2020).

Σήμερα, είναι γενικότερα αποδεκτό ότι η βιωσιμότητα είναι μια δυναμική διαδικασία που στηρίζεται στους εν λόγω τρεις «πυλώνες», δηλαδή την οικονομία, την κοινωνία και το περιβάλλον. Η βιωσιμότητα με την σημερινή έννοια του όρου αποτελεί μια πορεία, μια διαδικασία του ανθρώπου να διατηρηθεί στο πεπερασμένο οικοσύστημα της Γης. Η βιωσιμότητα δεν είναι μια συγκεκριμένη, παγιωμένη ιδέα, αλλά μια εξελικτική πορεία βελτίωσης της διαχείρισης των φυσικών και ανθρωπίνων συστημάτων μέσα από την καλύτερη κατανόηση και γνώση. Πρέπει να θεωρηθεί ανάλογη με την εξέλιξη των ειδών που είναι μια μη ντετερμινιστική διαδικασία, που δεν έχει αποτέλεσμα γνωστό εκ των προτέρων. Ο βασικός στόχος της βιωσιμότητας είναι η επιβίωση του ανθρώπου και με αυτή την έννοια είναι ανθρωποκεντρική (Müller 2020). Απόρροια των παραπάνω είναι στη σημερινή εποχή να αυξάνεται ολοένα και περισσότερο η πίεση προς τους πολιτικούς, κοινωνικούς και εταιρικούς φορείς να εφαρμόσουν στρατηγικές βιωσιμότητας για την αντιμετώπιση πιεστικών παγκόσμιων περιβαλλοντικών, κοινωνικών και οικονομικών προκλήσεων. Οι οικονομικές δραστηριότητες, ενώ αναμφισβήτητα χρησιμεύουν για την παραγωγή αξίας με σκοπό τη βελτίωση της ευημερίας των κοινωνιών (Gajdzik et al. 2020), έχουν ακολουθήσει μια αχαλίνωτη αναπτυξιακή πορεία, υπερβάλλοντας ως προς τη χρήση των πόρων και την δημιουργία αποβλήτων. Η απεριόριστες αρνητικές εξωτερικές επιδράσεις στο περιβάλλον, τα βασικά ανθρώπινα δικαιώματα και η ευημερία των ανθρώπων είναι ένα υψηλό τίμημα που καταβάλλεται για την επέκταση του οικονομικού κεφαλαίου, ιδίως αν ληφθεί υπόψη η ανισότητα στην κατανομή του πλούτου από τη μία πλευρά, και οι διακριτικές επιπτώσεις των περιβαλλοντικών συνεπειών από την άλλη (Ghobakhloo 2020). Ως απόρροια αυτών, οι καθημερινές πρακτικές θεωρούνται όλο και περισσότερο μη βιώσιμες, γεγονός που υπογραμμίζει

την αειφορία ως την πιο αποτελεσματική εναλλακτική λύση στο κυρίαρχο αναπτυξιακό μοντέλο. Ο βιομηχανικός τομέας, ιστορικά ένοχος για τη γραμμική, συχνά ρυπογόνο χρήση των πόρων, ερευνά και εφαρμόζει επίσης όλο και περισσότερες λύσεις για την καλύτερη διαχείριση των ανεπιθύμητων εξωτερικών επιδράσεων των δραστηριοτήτων του (Tiwarí and Khan 2020). Με γνώμονα τις ανησυχίες για την οικολογική αποδοτικότητα, τον έλεγχο των ενδιαφερομένων μερών ή βλέποντας πραγματικά το ανταγωνιστικό πλεονέκτημα που μπορούν να προσφέρουν, οι εταιρείες σε όλο τον κόσμο επενδύουν σε πρακτικές για την παρακολούθηση και τη μείωση των αρνητικών εξωτερικών τους επιπτώσεων και συμβάλλουν στην ανάπτυξη λύσεων. Οι αναδυόμενες τεχνολογίες που έχουν επινοηθεί υπό την ομπρέλα της 4^{ης} Βιομηχανικής Επανάστασης αρχίζουν να αποδείξουν τις δυνατότητές τους στην υποστήριξη της μετάβασης ολόκληρου του τομέα προς πιο περιβαλλοντικά και κοινωνικά υπεύθυνες πρακτικές, εξασφαλίζοντας παράλληλα βιώσιμη οικονομική ανάπτυξη (Jabbour et al. 2020). Ως εκ τούτου, οι στόχοι αυτοί, αν και μη δεσμευτικοί, έχουν αναδειχθεί ως ένας οδικός χάρτης για ένα πιο βιώσιμο μέλλον, καθοδηγώντας την ατομική και συλλογική δράση απαραίτητη ανάγκη.

Είναι προφανές ότι η κλασική επαγωγική μέθοδος του αίτιου-αιτιατού είναι ανεπαρκής για την σύλληψη και πραγματοποίηση της δυναμικής διαδικασίας της βιωσιμότητας. Για την κατανόηση και εφαρμογή της βιωσιμότητας είναι απαραίτητη η γνώση της δομής και της λειτουργίας τόσο των περιβαλλοντικών συστημάτων, όσο και των ανθρώπινων συστημάτων που εμπεριέχουν τα συστήματα της οικονομίας και της κοινωνίας. Τα περιβαλλοντικά και τα ανθρώπινα συστήματα δεν είναι στατικά, αλλά μεταβάλλονται και εξελίσσονται συνεχώς. Η αναγνώριση αυτής της βασικής διαφοράς και μόνο μας οδηγεί σε «βιώσιμους δρόμους». Θα μπορούσαμε έτσι να ορίσουμε επιγραμματικά τη βιωσιμότητα ως την αρμονική συνεξέλιξη ανθρώπινων συστημάτων και περιβαλλοντικών συστημάτων ή οικοσυστημάτων.

Η αλλαγή νοοτροπίας, ηθικών αξιών, νομοθετικού πλαισίου και επιστημονικής προσέγγισης δεν είναι εύκολη. Η αειφορία απαιτεί αλλαγή βαθιά ριζωμένων αντιλήψεων για τον άνθρωπο και τον κόσμο, που μετατρέπονται σε πλήθος καθημερινών επιλογών σε ατομικό και συλλογικό επίπεδο. Τα θέματα βιωσιμότητας αποτελούν κύριες κινητήριες δυνάμεις τόσο για την επιστημονική έρευνα όσο και για την αυξανόμενη ζήτηση για κοινωνικοοικονομικές και περιβαλλοντικές αλλαγές, ενώ οι τεχνολογίες της βιομηχανίας 4.0 θεωρούνται ότι αποτελούν κατάλληλες λύσεις για την αντιμετώπιση των αναδυόμενων προκλήσεων βιωσιμότητας σε κάθε διάσταση.

2.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ: ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΕΙΣ

Μέχρι σήμερα έλαβαν χώρα τρεις βιομηχανικές επαναστάσεις, οι οποίες επηρέασαν σε πρωτόγνωρο βαθμό την ανθρωπότητα, ενώ η 4^η βιομηχανική επανάσταση λαμβάνει ήδη χώρα και παίζει πρωταγωνιστικό ρόλο

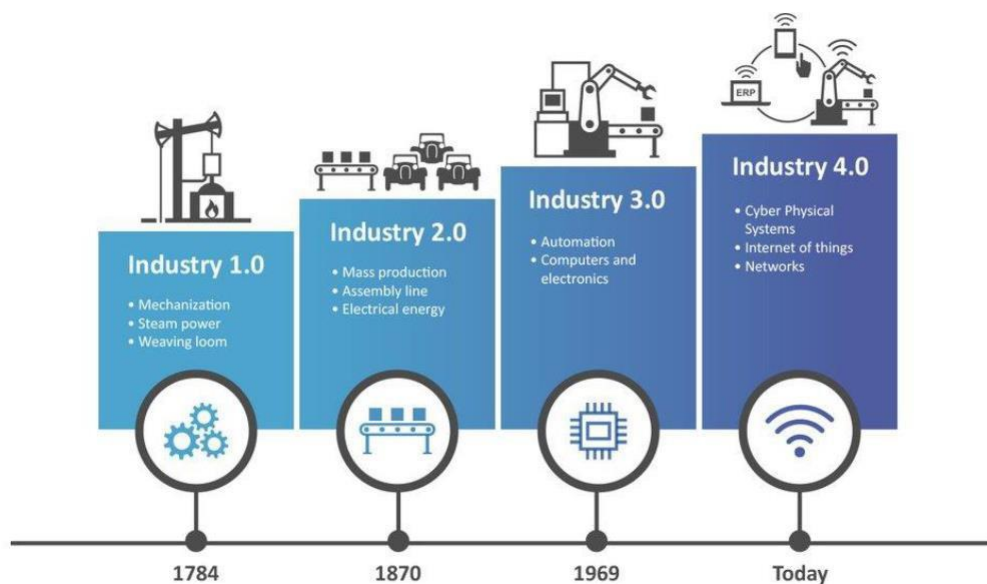
στις αλλαγές του σήμερα φέρνοντας την μεγαλύτερη επίδραση στον άνθρωπο.

Η 1^η βιομηχανική επανάσταση εκτυλίχθηκε μεταξύ 1760-1840, ξεκινώντας από την Αγγλία και γρήγορα εξαπλώθηκε στην υπόλοιπη Ευρώπη και την Αμερική. Είναι η εποχή που αρχίζει η πρώτη μηχανοποίηση της παραγωγής αγαθών χρησιμοποιώντας για την εποχή ενέργεια από τον ατμό. Οποιοδήποτε προϊόν μαζικής παραγωγής κατασκευαζόταν μέχρι τότε με τα χέρια, άρχισε να κατασκευάζεται από μηχανές που χρησιμοποιούν τη δύναμη του ατμού. Οι πρώτες μηχανές ατμού στη βιομηχανική παραγωγή είχαν εφαρμογή σε εργοστάσια κλωστοϋφαντουργίας, με αποτέλεσμα να αλλάξει άρδην ο τρόπος που λειτουργούσαν έκτοτε τα εργοστάσια. Η χρήση του ατμού πέρα από τις μηχανές παραγωγής, αρχίζει να εξαπλώνεται ραγδαίως και να χρησιμοποιείται τόσο στις θαλάσσιες μεταφορές (ατμόπλοια) όσο και στις χερσαίες μεταφορές (σιδηρόδρομος), κάτι που άλλαξε πλήρως την πραγματικότητα όπως ήταν γνωστή έως τότε (Sharma and Singh, 2020).

Η 2^η βιομηχανική επανάσταση, η οποία χρονολογείται μεταξύ 1870-1930, ξεκίνησε από τη Γερμανία και την Αμερική και όπως είναι φυσικό γρήγορα εξαπλώθηκε στον υπόλοιπο κόσμο. Με την εφεύρεση του ηλεκτρικού ρεύματος, που αρχίζει να χρησιμοποιείται ευρέως σε πολλές εφαρμογές, εμφανίζονται οι πρώτοι ηλεκτροκινητήρες, οι ηλεκτρογεννήτριες, ο τηλεγράφος, το τηλέφωνο και ο ηλεκτρικός λαμπτήρας. Παράλληλα, με την ανακάλυψη του πετρελαίου εμφανίζονται και οι πρώτες μηχανές εσωτερικής καύσης που σε συνδυασμό με τις εφαρμογές του ηλεκτρισμού, θα δώσουν τεράστια ώθηση στη βιομηχανική παραγωγή και θα φέρουν μεγάλες αλλαγές σε όλη την ανθρωπότητα. Χάρη στην βιομηχανοποίηση και τον εξηλεκτισμό οι βιομηχανίες επεκτάθηκαν, οι πόλεις αποτέλεσαν πόλο έλξης μετοίκησης ενώ η καθημερινή ζωή των ανθρώπων βελτιώθηκε αισθητά (Sharma and Singh, 2020).

Η 3^η βιομηχανική επανάσταση ξεκίνησε το 1970 από τις Ηνωμένες Πολιτείες και την Ιαπωνία και άλλαξε οριστικά για μια ακόμη φορά, τόσο τις διαδικασίες της βιομηχανικής παραγωγής, αλλά και την καθημερινότητα όλου του κόσμου. Η εφεύρεση και η χρήση του τρανζίστορ, της λυχνίας και των μικροτσιπ, δημιουργούν απεριόριστες δυνατότητες σε πολλές ηλεκτρονικές εφαρμογές. Η πληροφορική, οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές, τα ηλεκτρονικά κυκλώματα, οι μηχανές CNC (Computer Numerical Control), τα λογισμικά CAD- CAM και γενικά η νέα ηλεκτρονική εποχή, που σιγά σιγά αρχίζει να γίνεται ψηφιακή, εισβάλλει δυναμικά σε κάθε παραγωγική διαδικασία, επιταχύνοντας ακόμη περισσότερο τον αυτοματισμό της μαζικής παραγωγής. Παράλληλα με την αυτοματοποίηση και την εφεύρεση των πρώτων ρομπότ, η νέα τεχνολογία αρχίζει να κατακτά όλο και περισσότερο το ευρύ κοινό μέσω των εφαρμογών της. Οι προσωπικοί υπολογιστές, οι προηγμένες τηλεπικοινωνίες, η εφεύρεση του internet, τα έξυπνα λογισμικά, οι υπηρεσίες του Web, το ασύρματο ίντερνετ (Wi-Fi), όπως και εκατοντάδες άλλες τεχνολογίες και εφαρμογές, φέρνουν μια νέα επανάσταση και αλλάζουν για άλλη μια φορά ολόκληρη την ανθρωπότητα (Sharma and Singh, 2020).

. Η μετάβαση από την 3^η στην 4^η βιομηχανική επανάσταση είναι άμεση.



Εικόνα 1. Οι 4 Βιομηχανικές Επαναστάσεις. ΠΗΓΗ: *The Fourth Industrial Revolution Explained in 461 Words*

Η 4^η βιομηχανική επανάσταση ξεκίνησε από τη Γερμανία και είναι πολλές τεχνολογίες μαζί σε καλπάζουσα εξέλιξη, που έρχονται να αλλάξουν ριζικά σε όλη την ανθρωπότητα, όχι μόνο σε αυτό που ξέρουμε να κάνουμε, αλλά και αυτό που είμαστε. Θεμελιωτής και δημιουργός του όρου «4^η Βιομηχανική Επανάσταση» (Industry 4.0) θεωρείται ο Henrik von Scheel (Taylor-Strauss, 2021).

Πάρα πολλοί άνθρωποι έχουν smartphone, tablet, χρησιμοποιούν καθημερινά το internet, έχουν λογαριασμό email, πιστωτικές ή χρεωστικές κάρτες, κάνουν ηλεκτρονικές αγορές και πληρωμές, οδηγούν με την βοήθεια πλοήγησης, απολαμβάνουν το YouTube, το Netflix κλπ. Οι αλγόριθμοι ελέγχουν ήδη τη ζωή μας. Η εξελιγμένη ρομποτική εφαρμόζεται ήδη παντού. Η τεχνητή νοημοσύνη είναι ήδη γύρω μας, από τους υπερυπολογιστές, τα drones, τα συστήματα εντοπισμού και πλοήγησης GPS, την τρισδιάστατη εκτύπωση (3D printing), την αυτόματη μετάφραση και πάρα πολλές άλλες εφαρμογές. Όλα αυτά είναι νέες τεχνολογίες που μπήκαν στη ζωή μας μόλις τα τελευταία χρόνια και έρχονται να αλλάξουν ριζικά όλη τη βιομηχανία και την ανθρωπότητα (Nara et al. 2021). Είναι η αρχή της 4ης βιομηχανικής επανάστασης, η οποία αποτελεί στην ουσία ένα γινόμενο, το οποίο προήλθε από μία εκθετική αύξηση των τριών προηγούμενων επαναστάσεων.

2.2.1 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΤΗΣ 4^{ης} ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗΣ

Σε αντίθεση με τις τεχνολογικές τάσεις που φέρουν οι προηγούμενες βιομηχανικές επαναστάσεις, αυτές που διέπουν την 4^η βιομηχανική επανάσταση βασίζονται στα συμπληρωματικά χαρακτηριστικά τους, καθώς

κανένα από αυτά τα συστήματα δεν λειτουργεί ανεξάρτητα. Αντιθέτως, τα εμπλεκόμενα έξυπνα συστήματα επικοινωνούν και αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους προκειμένου να λαμβάνουν ή να προτείνουν αποφάσεις με ελάχιστη έως καθόλου ανθρώπινη παρέμβαση (Ghobakhloo 2020). Έτσι, η 4^η Βιομηχανική Επανάσταση αντιπροσωπεύει την επαναστατική εποχή των υπολογιστών, των μηχανών και της ανθρώπινης διασύνδεσης και αλληλεπίδρασης για μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα, μεγαλύτερη κλίμακα παραγωγής, βιώσιμα περιβαλλοντικά αποτελέσματα και βελτιωμένη ποιότητα ζωής. Αυτό όμως που αποκαλύπτει τις πραγματικές δυνατότητες της 4^{ης} Βιομηχανικής Επανάστασης είναι η καθιερωμένη σύνδεση και επικοινωνία μεταξύ υπολογιστών και μηχανών που επιτρέπουν τη λήψη αποφάσεων χωρίς καμία ανθρώπινη παρέμβαση (Da Costa et al., 2019). Ως εκ τούτου, το δίκτυο που σχηματίζεται από αυτές τις διασυνδεδεμένες μηχανές και ο παραγόμενος μεγάλος όγκος δεδομένων σηματοδοτεί την πραγματική αξία της 4^{ης} Βιομηχανικής Επανάστασης (Nagy, J., et al. 2018). Το κύριο κριτήριο που την προσδιορίζει είναι η ικανότητα αυτοματοποίησης των διαδικασιών λήψης αποφάσεων και επίλυσης προβλημάτων.

Η 4^η Βιομηχανική Επανάσταση, συγκεκριμένα, φέρει στην φαρέτρα τις κάτωθι τεχνολογίες:

- ✚ την τεχνητή νοημοσύνη (Artificial Intelligence). Η τεχνητή νοημοσύνη αφορά την ικανότητα ενός υπολογιστή να προσομοιώνει την ανθρώπινη νοημοσύνη έπειτα από τον προγραμματισμό του πρώτου. Κύριοι στόχοι είναι η μηχανή να σκέφτεται και να δρα ανθρώπινα και λογικά.
- ✚ τη ρομποτική (Robotics). Η ρομποτική είναι ο σχεδιασμός, η κατασκευή και η χρήση μηχανών (ρομπότ) για να εκτελέσουν εργασίες που πραγματοποιούνταν από ανθρώπους. Τα ρομπότ χρησιμοποιούνται ευρέως σε κλάδους όπως οι αυτοκινητοβιομηχανίες για να πραγματοποιούν επαναλαμβανόμενες δουλειές και σε τομείς στους οποίους η εργασία μπορεί να είναι επικίνδυνη για τον άνθρωπο. Η ρομποτική περιλαμβάνει σε μεγάλο βαθμό την τεχνητή νοημοσύνη. Τα ρομπότ μπορεί να είναι εξοπλισμένα με αισθήσεις αντίστοιχες με του ανθρώπου, όπως π.χ. η όραση, η αφή, και τη δυνατότητα να αντιλαμβάνονται τη θερμοκρασία.
- ✚ το διαδίκτυο των πραγμάτων (Internet of Things, IoT). Ο όρος «Διαδίκτυο των πραγμάτων» χρησιμοποιείται για να περιγράψει συσκευές και αντικείμενα που μπορούν να συνδεθούν στο διαδίκτυο και να αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους, στέλνοντας και λαμβάνοντας δεδομένα.
- ✚ την επαυξημένη πραγματικότητα (Augmented Reality). Η επαυξημένη πραγματικότητα (AR) αξιοποιεί την τεχνολογία των υπολογιστών για να προσομοιώσει αντικείμενα σε ένα πραγματικό περιβάλλον. Στην περίπτωση αυτή, ο υπολογιστής χρησιμοποιεί αισθητήρες και αλγόριθμους για να προσδιορίσει τη θέση της κάμερας και ακολούθως η τεχνολογία της επαυξημένης πραγματικότητας απεικονίζει τα αντικείμενα σε τρισδιάστατα γραφικά.
- ✚ την εικονική πραγματικότητα (virtual reality). Η εικονική πραγματικότητα (VR) αξιοποιεί την

τεχνολογία των υπολογιστών για να δημιουργήσει ένα προσομοιωμένο περιβάλλον. Ο χρήστης φορά ακουστικά, γυαλιά ή άλλες συσκευές, προσομοιώνοντας έτσι τις περισσότερες αισθήσεις του, δηλαδή την όραση, την ακοή, την αφή και την μυρωδιά, με αποτέλεσμα να αισθάνεται ότι βρίσκεται στον τεχνητό κόσμο που δημιουργείται από την τεχνολογία της εικονικής πραγματικότητας.

- ✚ τους τρισδιάστατοι εκτυπωτές (3D Printing). Η τρισδιάστατη εκτύπωση αποτελεί μία εκτύπωση σε τρεις διαστάσεις από ειδικούς εκτυπωτές. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται στην τρισδιάστατη εκτύπωση ποικίλουν και δύνανται να είναι από πλαστικό έως και μπετόν.
- ✚ τη βιοτεχνολογία (Biotechnology). Η βιοτεχνολογία είναι κλάδος της βιολογίας που χρησιμοποιεί μικροοργανισμούς για την ανάπτυξη ή εξέλιξη των προϊόντων.
- ✚ την νανοτεχνολογία (Nanotechnology). Η νανοτεχνολογία είναι μία νέα προσέγγιση για την κατανόηση και την άρτια γνώση των ιδιοτήτων της ύλης σε νανοκλίμακα: Ένα νανόμετρο (ένα δισεκατομμυριοστό του μέτρου) είναι το μήκος ενός μικρού μορίου. Στο επίπεδο αυτό αποκαλύπτονται διαφορετικές και συχνά καταπληκτικές ιδιότητες της ύλης και είναι δυσδιάκριτα τα όρια μεταξύ των καθιερωμένων επιστημών και των τεχνικών κλάδων.
- ✚ την γονιδιωματική (Genomics). Η γονιδιωματική επιστήμη έχει σκοπό τη μελέτη και την ανάλυση ολόκληρων γονιδιωμάτων.
- ✚ τα αιωρούμενα μη επανδρωμένα οχήματα (drones). Τα drones οχήματα είναι ιπτάμενα μη επανδρωμένα οχήματα, που πραγματοποιούν πτήσεις είτε αυτόνομα είτε με τηλεκατεύθυνση.
- ✚ την αλυσίδα των μπλοκ (Blockchain). Το Blockchain είναι ένας κατακευματισμένος λογιστικός κατάλογος (distributed ledger), δημόσιος ή ιδιωτικός, στον οποίο συναλλαγές ή δεδομένα συνδέονται μεταξύ τους σε συνδεδεμένα μπλοκ δεδομένων, καθιστώντας τα πρακτικά αμετάβλητα και αδιαμφισβήτητα από όλους τους κατακευματισμένους κόμβους (Nodes) στους οποίους έχει γίνει η ενημέρωση του καταλόγου.
- ✚ την νευροτεχνολογία. Ο βασικός στόχος των νευροεπιστημών είναι να κατανοήσουν το πως οι διάφορες ομάδες νευρώνων αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους για την εκδήλωση της συμπεριφοράς. Οι νευροεπιστήμονες μελετούν τη δράση μορίων, γονιδίων και κυττάρων και διερευνούν τις περίπλοκες διεργασίες που εμπλέκονται στις διάφορες σωματικές λειτουργίες, στη λήψη αποφάσεων, στο συναίσθημα, στη μάθηση και σε πολλά άλλα.
- ✚ τα νευρωνικά δίκτυα (Neural Networks). Τα νευρωνικά δίκτυα ή τεχνητά νευρωνικά δίκτυα (Artificial Neural Networks) είναι μία σειρά αλγορίθμων που στόχο έχει τη μίμηση του ανθρώπινου εγκεφάλου.
- ✚ τους κβαντικούς υπολογιστές / κβαντική μηχανική (Quantum Technology). Η κβαντική μηχανική είναι μία θεμελιώδης θεωρία της φυσικής, που περιγράφει τη συμπεριφορά της ύλης σε μοριακό, ατομικό και υποατομικό επίπεδο.

- ✚ τα προηγμένα υλικά (Advanced Materials). Τα προηγμένα υλικά είναι υλικά που εμφανίζουν καινοτόμες ή βελτιωμένες ιδιότητες με τις οποίες ενισχύεται η απόδοση έναντι των συμβατικών μεθόδων.
- ✚ τα κυβερνο-φυσικά συστήματα (Cyber Physical Systems). Το CPS είναι ενοποιησεις υπολογισμού, δικτύωσης και φυσικών διαδικασιών. Οι ενσωματωμένοι υπολογιστές και δίκτυα παρακολουθούν και ελέγχουν τις φυσικές διεργασίες, με βρόχους ανάδρασης όπου οι φυσικές διαδικασίες επηρεάζουν τους υπολογισμούς, και το αντίστροφο. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα εφαρμογής της τεχνολογίας είναι στον έλεγχο κυκλοφορίας.
- ✚ την υπολογιστική νέφος (Cloud computing). Η υπολογιστική νέφος ονομάζεται η κατ' αίτηση διαδικτυακή κεντρική διάθεση υπολογιστικών πόρων (όπως δίκτυο, εξυπηρετητές, εφαρμογές και υπηρεσίες) με υψηλή ευελιξία, ελάχιστη προσπάθεια από τον χρήστη και υψηλή αυτοματοποίηση. Στην υπολογιστική νέφος η αποθήκευση, η επεξεργασία και η χρήση δεδομένων, λογισμικού και υπηρεσιών γίνεται διαδικτυακά, μέσω απομακρυσμένων υπολογιστών σε κεντρικά data center. Υπηρεσίες όπως η κατ' αίτηση παροχή εικονικών μηχανών, το διαδικτυακό ηλεκτρονικό ταχυδρομείο ή τα κοινωνικά δίκτυα συχνά βασίζονται στην τεχνολογία της υπολογιστικής νέφος.

Ο ψηφιακός μετασχηματισμός που επιφέρει η 4^η Βιομηχανική Επανάσταση δημιουργεί νέες δυνατότητες, εφοδιάζει τον άνθρωπο με νέα εργαλεία για να διαπραγματευτεί εκ νέου με την έννοια του χρόνου, καθώς επίσης και να αναβαθμίσει τόσο το βιοτικό όσο και το πνευματικό του επίπεδο (Bai, Dallasega et al., 2020, Zheng, Ardolino et al. 2021)

Οι δυνατότητες που αντιπροσωπεύει η αλληλεπίδραση της 4^{ης} Βιομηχανικής Επανάστασης και της βιωσιμότητας έχουν απασχολήσει ακαδημαϊκούς και επαγγελματίες να μελετήσουν την έννοια της δημιουργίας βιώσιμης αξίας, κατά την οποία οι αναδυόμενες τεχνολογίες αξιοποιούνται για τη δημιουργία θετικής αξίας μεταξύ της κοινωνικής, της οικονομικής και της περιβαλλοντικής διάστασης (Felsberger και Reiner 2020).

Ολοκληρωμένες, αυτοματοποιημένες και συνδεδεμένες τεχνολογίες, για παράδειγμα, διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στην υποστήριξη πιο αποδοτικών προτύπων παραγωγής ως προς τους πόρους και την υποστήριξη της ανάπτυξης βιώσιμων λύσεων. Με την υποστήριξη της βελτιστοποίησης των συστημάτων παραγωγής, μπορούν να μειωθούν όχι μόνο οι ροές ενέργειας και αποβλήτων (εκπομπές, υποπροϊόντα και απόβλητα), αλλά και οι κίνδυνοι για την υγεία και την ασφάλεια, δημιουργώντας καλύτερα περιβαλλοντικά και κοινωνικά αποτυπώματα (συνθήκες εργασίας) (Margherita & Braccini 2020- R. Kumar, Singh & Dwivedi 2020). Επιπλέον, οι τεχνολογίες της 4^{ης} Βιομηχανικής Επανάστασης διευκολύνουν την παρακολούθηση και τη λογοδοτική αναφορά ως προς τους βιώσιμους δείκτες, όπως το περιβαλλοντικό αποτύπωμα ή τα ανθρώπινα δικαιώματα (Felsberger και Reiner 2020). Παρόλες τις κοινωνικές ανησυχίες γύρω από την

ψηφιοποίηση και την αυτοματοποίηση των εγκαταστάσεων παραγωγής που προκύπτουν, οι Felsberger και Reiner (2020) υπογραμμίζουν ένα μεγάλο αριθμό ερευνών που αποδεικνύει ότι, ενώ οι τεχνολογίες της 4^{ης} Βιομηχανικής Επανάστασης θα αντικαταστήσουν εργασίες και θα ρομποτικοποιήσουν διαδικασίες, εντούτοις δημιουργούν θέσεις εργασίας σε όλο και πιο σχετικές λειτουργίες, επανεκπαιδεύοντας το εργατικό δυναμικό του μέλλοντος.

Σε γενικές γραμμές, η 4^η Βιομηχανική Επανάσταση στοχεύει στην πλήρη ενσωμάτωση των τεχνολογιών που φέρει, τόσο οριζόντια όσο και κάθετα σε ολόκληρο το δίκτυο δημιουργίας αξίας, χρησιμοποιώντας προηγμένες τεχνολογίες πληροφοριών και επικοινωνιών για τη συλλογή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, ανταλλαγής και ανάλυσης αυτών. Με βάση την αυξημένη λεπτομέρεια και διαθεσιμότητα των δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, έξυπνοι αλγόριθμοι προβλέπουν μελλοντικές συμπεριφορές και λαμβάνουν βέλτιστα αντίμετρα χωρίς ή με μικρή ανθρώπινη παρέμβαση, βελτιώνοντας τις επιδόσεις και την αποδοτικότητα των πόρων μεταξύ άλλων (Abubakr et al. 2020). Οι αναδυόμενες τεχνολογίες, επομένως, παρουσιάζουν πολλές υποσχόμενες δυνατότητες για την ενίσχυση της μετάβασης σε μια πιο βιώσιμη δημιουργία αξίας (Nara et al. 2021), εξουδετερώνοντας τις αρνητικές συνεισφορές και δημιουργώντας λύσεις.

Ενόψει αυτής της απότομης αύξησης των ερευνητικών δραστηριοτήτων που σχετίζονται με την αλληλεπίδραση μεταξύ της 4^{ης} Βιομηχανικής Επανάστασης και της βιωσιμότητας, απαιτείται μια ολοκληρωμένη και διεπιστημονική έρευνα για τη δημιουργία μιας ολοκληρωμένης κατανόησης των εν εξελίξει ερευνητικών κατευθύνσεων, των υφιστάμενων ερευνητικών κενών και των αντίστοιχων μελλοντικών ερευνητικών προτάσεων στον τομέα αυτό (Müller, 2020).

3.1 ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑ ΚΑΙ 4^η ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗ: ΣΥΝΕΡΓΕΙΕΣ

4.1 Η ΔΥΝΑΜΗ ΚΑΙ Η ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Τα παραδοσιακά οικονομικά πρότυπα, που βασίζονται στο χρήμα και το εμπορικό ισοζύγιο, παρατηρείται να έχουν μεταστραφεί σε νέα πρότυπα οικονομιών, τα οποία βασίζονται στα δεδομένα και τις ψηφιακές δεξιότητες, δημιουργώντας ένα ψηφιακό ισοζύγιο. Η παραγωγή, εξαγωγή αλλά και η εισαγωγή δεδομένων έρχονται συνεπώς να αντικαταστήσουν το χρήμα, που απορρέει από τα προϊόντα και τις υπηρεσίες. (Evans, M. 2018). Η συλλογή, η επεξεργασία και η ανάλυση αυτών έρχεται να αποτελέσει επικερδής πηγή πλούτου για την οικονομία.

Με τον όρο *Μεγάλα Δεδομένα* εννοούμε «την πράξη συλλογής και αξιολόγησης δεδομένων που καταχωρούνται από διαφορετικές πηγές με σκοπό την υποστήριξη της λήψης των αποφάσεων μέσα σε πραγματικό χρόνο και τη βελτιστοποίηση της παραγωγής» (Sullivan et al., 2020). Σύμφωνα με την διεθνή βιβλιογραφία, τα χαρακτηριστικά των Μεγάλων Δεδομένων είναι η αξία, η ακρίβεια, η ταχύτητα, η ποικιλία

και ο όγκος των δεδομένων (Dimitry Ivanov, et al, 2019). Όλα τα στοιχεία των δεδομένων αυτών μπορούν να χρησιμοποιηθούν και με βάσει αυτά να δημιουργηθούν εξελιγμένα μοντέλα πρόβλεψης. Στις επιχειρήσεις, συγκεκριμένα, έχουν ήδη αναπτυχθεί τεχνικές προηγμένης ανάλυσης (advanced analytics) για την επεξεργασία των δεδομένων που συλλέγονται, ώστε να πραγματοποιούν καλύτερες αναλύσεις των επιχειρηματικών δεδομένων, να κάνουν όσο το δυνατόν πιο ακριβείς προβλέψεις και να παίρνουν πιο στοχευμένες επιχειρηματικές αποφάσεις. Μέσα από αυτά τα μοντέλα η κάθε εταιρεία μπορεί να βοηθηθεί ώστε να κατανοήσει καλύτερα τις επιχειρηματικές της διαδικασίες, αν εκτελούνται σωστά ή αν προκύπτουν μέσα από καθυστερήσεις. Ακόμη, μέσα από αυτά τα μοντέλα πρόβλεψης ο κάθε οργανισμός αντλεί πληροφορίες για το πως εξελίσσονται οι αγορές των προϊόντων και που πρέπει να στοχεύσει, ώστε με την κατάλληλη διαφήμιση οι καταναλωτές να οδηγούνται στην προσδοκώμενη από την εταιρεία αγορά του προϊόντος. Με βάση την αυξημένη λεπτομέρεια και διαθεσιμότητα των δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, οι έξυπνοι αλγόριθμοι της πλοήγησης προβλέπουν τις μελλοντικές συμπεριφορές και λαμβάνουν τα βέλτιστα αντίμετρα χωρίς ή με μικρή ανθρώπινη παρέμβαση, ενισχύοντας μεταξύ άλλων τη λειτουργική απόδοση και την αποδοτικότητα των πόρων (Abubakar et al. 2020).

Η ικανότητα των συστημάτων να συγκεντρώνουν, να οπτικοποιούν και να χρησιμοποιούν πληροφορίες εκτενώς οδηγεί στη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων και την επίλυση επειγόντων προβλημάτων σε σύντομο χρονικό διάστημα. Σκοπός της τεχνολογίας θα είναι η συλλογή και η ανάλυση δεδομένων από το ανθρώπινο περιβάλλον βοηθώντας στον σχεδιασμό μιας κυκλικής οικονομίας, την αύξηση των εσόδων, τη μείωση των κεφαλαιακών δαπανών και τη βελτίωση των υπηρεσιών και της κινητικότητας (Vishal Singh Patyal, 2021).

Επιπλέον, η διαχείριση των δεδομένων μέσω της αξιοποίησης των ψηφιακών εργαλείων μπορεί να οδηγήσει σε πλεονάσματα τα οποία θα έχουν θετικό αντίκτυπο στον ισοσκελισμό του εμπορικού ισοζυγίου μίας χώρας. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν αυτά της Ολλανδίας και τις Ιρλανδίας, οι οποίες έχοντας πραγματοποιήσει μία ψηφιακή στροφή στις οικονομίες τους, μετατράπηκαν σε τεχνολογικό παράδεισο μεγάλων κολοσσών της πληροφορικής και πόλο έλξης ξένων επενδύσεων, καθιστώντας αυτές σημαντικά διαμετακομιστικά κέντρα (O'Donnell, I., & O'Sullivan, 2020). Ως εκ τούτου, η έννοια του ψηφιακού εμπορικού ισοζυγίου έρχεται να λειτουργήσει αντιστρόφως ανάλογα του παραδοσιακού εμπορικού ισοζυγίου.

Με την πάροδο του χρόνου και καθώς προχωράμε σε μια πλήρη διασύνδεση όλων των οικονομιών παγκοσμίως προβλέπεται ότι η ζήτηση για μεταφορά αγαθών θα αυξάνεται εκθετικά. Αυτή η ανάπτυξη θα αυξήσει τις ανάγκες για μεγιστοποίηση του χρόνου εκτέλεσης των παραγγελιών ώστε οι διαδικασίες να είναι πιο κερδοφόρα. Η χρήση προηγμένων τεχνικών επεξεργασίας δεδομένων όπως είναι το data mining, θα μετατρέψει την παράδοση αγαθών σε μια πιο αποτελεσματική διαδικασία της εφοδιαστικής. Σε αυτό το αποτέλεσμα έρχονται να βοηθήσουν τα big data analytics (Kumar et al., 2020). Οι υπεύθυνοι λήψης

αποφάσεων θα πρέπει να βελτιώσουν τις λειτουργίες της αλυσίδας εφοδιασμού ώστε να επιτυγχάνονται με βάση πρότυπα ποιοτικού ελέγχου. Εύκολα μπορούμε να διακρίνουμε ότι υπάρχει μεγάλο εύρος πληροφοριών αφού συλλέγονται από διαφορετικά κανάλια, αλλά είναι εξίσου σημαντικό να συλλέγονται οι σωστές πληροφορίες. Η άντληση πολλών δεδομένων φέρει και τον κίνδυνο αποθήκευσης περιττών, ανακριβών και διπλότυπων δεδομένων. Αυτό για τους υπεύθυνους του Logistics αποτελεί μεγάλη πρόκληση, αλλά παράλληλα αποτελεί μια ευκαιρία δημιουργίας διαδικασιών που βασίζονται σε εξατομικευμένα πλαίσια. Θα πρέπει να χρησιμοποιούνται σωστά τα διάφορα κανάλια ώστε να προσφέρετε η τελική αξία στους πελάτες (Sandhaus, 2019). Ως εκ τούτου, απαιτούνται τεχνικές, αναλυτικές και δεξιότητες διακυβέρνησης για τη διαχείριση ενός μεγάλου περιβάλλοντος δεδομένων.

Η 4^η Βιομηχανική Επανάσταση έρχεται να αλλάξει τους κανόνες και να θέσει νέους όρους τεχνολογικής φύσεως. Τα δεδομένα αποτελούν μία νέα πηγή πλούτου και κατ' επέκταση ένας γεωστρατηγικός συντελεστής, με αποτέλεσμα αυτοί που θα ελέγχουν τα δίκτυα και τις υποδομές να αποκτούν αυτομάτως γεωστρατηγικά πλεονεκτήματα. Ο έλεγχος των δεδομένων έρχεται να αποτελέσει τον νέο βασικό συντελεστή επικυριαρχίας μεταξύ των παγκόσμιων δυνάμεων και να επηρεάσει τις ισορροπίες και τις σχέσεις μεταξύ των κρατών (Bag S et al., 2020). Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι ο έλεγχος αυτών ήδη πραγματοποιείται σε μεγάλο βαθμό από τεχνολογικούς κολοσσούς (π.χ. Huawei, Google, Facebook κ.α.) με αποτέλεσμα οι γεωστρατηγικές διεκδικήσεις των χωρών να γίνονται με γνώμονα της δυναμικής αυτών των εταιρειών. Παραδείγματα αποτελούν η επένδυση της Cosco από την Κίνα στον Πειραιά, επιδιώκοντας επιρροή τόσο σε χερσαίες όσο και σε θαλάσσιες δυνάμεις, όπως και η ραγδαία τεχνολογική εξέλιξη της Ινδίας, καθιστώντας την το ταχύτερα αναπτυσσόμενο τεχνολογικό κέντρο (hub) στον κόσμο με προοπτικές δημιουργίας μίας νέας Σίλικον Βάλεϊ. (Lalwani, A. (2019)

Είναι αδιαμφισβήτητο, επομένως, ότι τον ρόλο που έπαιζε η ενέργεια στις προηγούμενες τρεις βιομηχανικές επαναστάσεις, κατά την 4^η Βιομηχανική Επανάσταση θα τον αναλάβουν τα δεδομένα και ο έλεγχος τους, ως βασικός συντελεστής επικυριαρχίας των παγκόσμιων δυνάμεων. Όπως διαφαίνεται οι ΗΠΑ και η Κίνα θα βρεθούν σε μία παρατεταμένη και κλιμακούμενη διαμάχη για την παγκόσμια κυριαρχία και των έλεγχου των δεδομένων, με τον ίδιο τρόπο που σήμερα λαμβάνει χώρα η διαμάχη μεταξύ ΗΠΑ και Γερμανίας, με την τελευταία να επιλέγει ως δίκτυο τηλεπικοινωνιακών υποδομών τα δίκτυα της Huawei, στην προσπάθεια της να εδραιωθεί ως μία ανεξάρτητη γεωστρατηγική και γεωπολιτική δύναμη. Στην αντίπερα όχθη η Κίνα, μία οικονομική και παραγωγική υπερδύναμη επίσης, μέσω της στρατηγικής της «οικονομικής βοήθειας» και της χρήσης του τεχνολογικού εργαλείου 5G, επεκτείνεται σταδιακά, αυξάνοντας τον γεωστρατηγικό της ρόλο στο παγκόσμιο γίνεσθαι και επικρατώντας ως υπερδύναμη στον πόλεμο της τεχνολογίας. («*Turkey Wealth Fund inks \$5B MoU with China's Sinosure*», Daily Sabah, 2020).

4.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΝΕΦΟΥΣ (CLOUD COMPUTING)

Με τον όρο υπολογιστική νέφους (Cloud Computing) εννοούμε τις διάφορες υπηρεσίες των υπολογιστών που γίνονται χρήση μέσω του διαδικτύου. Κύρια χαρακτηριστικά της υπολογιστικής νέφους είναι ότι αυτή η παροχή υπηρεσιών γίνεται κατόπιν αιτήματος του χρήστη, ο οποίος έχει μια ευρεία πρόσβαση στο δίκτυο. Ο κάθε χρήστης που είναι συνδεδεμένος στο δίκτυο μπορεί να χρησιμοποιεί έναν υπολογιστή όταν και όσο χρειάζεται. Αυτό δίνει στον κάθε χρήστη αμοιβαία χρήση πόρων και ευελιξία ως προς την πρόσβαση, καθώς η υπολογιστική νέφους μπορεί να υποστηρίξει μεγάλη πρόσβαση χρηστών από διαφορετικές συσκευές. Τα πλεονεκτήματά είναι πολυάριθμα αφού επιτρέπει γρήγορη, αποτελεσματική πρόσβαση σε υπηρεσίες πληροφορικής προσφέροντας καινοτόμες λύσεις στις υπηρεσίες εφοδιασμού (Radivojević & Milosavljević, 2019).

Σύμφωνα με το Εθνικό Ινστιτούτο Προτύπων και Τεχνολογίας ο επίσημος ορισμός είναι ότι «η υπολογιστική νέφους (cloud computing) είναι ένα μοντέλο που επιτρέπει την απανταχού πρόσβαση στο δίκτυο και με μια μικρή απαίτηση από διαθέσιμους πόρους υπολογιστών όπως τα δίκτυα, οι διακομιστές, οι εφαρμογές υπολογιστών και άλλες τέτοιου είδους εφαρμογές, χάρη στις οποίες παρέχεται γρήγορη απόκριση στις όποιες διαδικασίες με ελάχιστη προσπάθεια διαχείρισης» (<https://csrc.nist.gov/publications/detail/sp/800-145/final>). Ουσιαστικά η υπολογιστική νέφους προσφέρει ένα «ενιαίο» χώρο στο διαδίκτυο, που επιτρέπει την εκτέλεση μεγάλης ποικιλίας ψηφιακών λειτουργιών και μειώνει την ανάγκη για επιπλέον χωρητικότητα στους τοπικούς υπολογιστές. Στις δυνατότητές του μπορούμε να προσθέσουμε και το μεγάλο εύρος χρήσης του σε όλο τον κόσμο. Η κατασκευή ενός cloud στην πραγματικότητα δίνει την δυνατότητα σε ένα ψηφιακό προϊόν να υποβληθεί σε επεξεργασία άμεσα και με συνέπεια από ένα άλλο μέρος της γης. Τεχνολογίες όπως η τρισδιάστατη εκτύπωση (3D printing) χρησιμοποιούν επίσης την υπολογιστική νέφους. (Zijm, Heragu, Klumpp, & Regattieri, 2019).

Τα τελευταία χρόνια η ζήτηση για υπηρεσίες υπολογιστικού νέφους διαρκώς αυξάνεται. Η υψηλή ζήτηση υπηρεσιών δημόσιου υπολογιστικού νέφους οφείλεται στο ότι είναι οικονομικά αποδοτικές. Όσον αφορά τη δημοτικότητα των παρόχων υπηρεσιών δημόσιου υπολογιστικού νέφους ξεχωρίζουν η Microsoft Azure, η Amazon Web Services (AWS) και η Google Cloud. Η αγορά υπηρεσιών δημόσιου υπολογιστικού νέφους φαίνεται να επηρεάζεται θετικά τόσο άμεσα όσο και μακροπρόθεσμα από την πανδημία Covid-19 (Nara et al., 2021). Η υγειονομική κρίση ανέδειξε τα οφέλη των υπηρεσιών υπολογιστικού νέφους τόσο στα πλαίσια της τηλεργασίας όσο και σε θέματα ευελιξίας των επιχειρηματικών διαδικασιών ιδίως σε περιόδους κρίσης. Η πανδημία οδήγησε σε ταχεία υιοθέτηση από επιχειρήσεις και οργανισμούς υπηρεσιών υπολογιστικού νέφους αυξάνοντας έτσι τα έσοδα του κλάδο.

Οι τεχνολογίες υπολογιστικής νέφους μπορούν να αποτελέσουν το θεμέλιο για τον ψηφιακό μετασχηματισμό της χρηματοπιστωτικής βιομηχανίας. Η υπολογιστική νέφους επιτρέπει στις τραπεζικές

επιχειρήσεις να αξιοποιήσουν νέα επιχειρηματικά μοντέλα, κάνοντας χρήση της τεχνολογικής προόδου για την παροχή νέων και βελτιωμένων υπηρεσιών στους πελάτες, μέσω της βελτίωσης της παραγωγικότητας, της αποδοτικότητας και της ευελιξίας των εσωτερικών επιχειρηματικών διεργασιών. Οι νέες ευκαιρίες για την παροχή υπηρεσιών στους πελάτες, εξυπηρετώντας τις ανάγκες και τις προσδοκίες τους, είναι εξίσου σχετικές με την βελτίωση της ασφάλειας, την μείωση του κόστους και την ευελιξία κατά τη διεξαγωγή των επιχειρηματικών διεργασιών (Ramirez-Peña et al., 2020). Οι τεχνολογίες υπολογιστικής νέφους έχουν επίσης τη δυνατότητα να ανοίξουν νέες αγορές και να δώσουν την ευκαιρία στους «ώριμους» χρηματοπιστωτικούς θεσμούς να βρουν νέους τρόπους ώστε να ανταγωνιστούν τις νεοεισερχόμενες στην αγορά επιχειρήσεις χρηματοοικονομικής τεχνολογίας (*fintech companies*) (Najaf, Schinckus et al., 2020)

4.3 ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ

Η Τεχνητή Νοημοσύνη είναι ένας όρος που χρησιμοποιείται τα τελευταία χρόνια κυρίως στην πληροφορική και την μηχανική. Ο όρος αρχικά λειτουργούσε σαν ιδέα για τον οποίο οι επιστήμονες οραματίζονταν ότι με κάποιον τρόπο οι μηχανές θα μπορούν να επιλύσουν προβλήματα όπως οι άνθρωποι. Βασική αποστολή ήταν να *«κάνουν τις μηχανές να κατανοούν, να σκέφτονται και να μαθαίνουν με παρόμοιο τρόπο όπως οι άνθρωποι»* (Kumar J et al., 2020). Σύμφωνα με τον ορισμό του Bostrom *«η τεχνητή νοημοσύνη είναι η ικανότητα που μπορεί να διαθέτει μια μηχανή να αντιμετωπίζει την αβεβαιότητα, η δυνατότητα εξόρυξης χρήσιμων εννοιών από αισθητήρες και η ικανότητα του συνδυασμού των στοιχείων αυτών ώστε να επέλθει ένα αποτέλεσμα βάσει της ανθρώπινης λογικής και της διαισθητικής λογικής»* (Bostrom et al., 2020). Η τεχνητή νοημοσύνη αφορά των προγραμματισμό των μηχανών να λειτουργούν σαν άνθρωποι, αντιγράφοντας τον τρόπο με τον οποίο ο ανθρώπινος νους δημιουργεί λογικούς συλλογισμούς και μέσω αυτής της διάδρασης και της διαδικασίας αυτό-εκπαίδευσης, να προσαρμόζονται με τις απαιτήσεις που καλούνται να αντιμετωπίσουν (*«Artificial Intelligence, What it is and why it matters, SAS»*). Γίνεται επομένως λόγος για μία «ανθρωποποίηση» των μηχανών, που προκύπτει από την ικανότητα μίας μηχανής να αναπαράγει τις γνωστικές λειτουργίες του ανθρώπου και μοντέλα συμπεριφοράς, τα οποία προέρχονται από την ανάλυση μεγάλων δεδομένων και την αναγνώριση συγκεκριμένων προτύπων. (*«What is artificial intelligence and how is it used?»*, European Parliament). Ως ένα σύστημα σχεδιασμένο να προσομοιώνει τον τρόπο με τον οποίο ο ανθρώπινος εγκέφαλος προσπαθεί να αναλύσει και να επεξεργαστεί πληροφορίες, που απορρέουν από την συλλογή των δεδομένων, η τεχνητή νοημοσύνη θεωρείται η επιτομή της τεχνολογικής έξαρσης (*«Artificial Neural Network»*, Jake Frankenfield, 2020).

Η τεχνητή νοημοσύνη επιτρέπει επομένως την πλήρη εξάλειψη των λαθών που προκαλούνται από τον «ανθρώπινο παράγοντα», διασφαλίζοντας έτσι τον εξορθολογισμό και τη βελτιστοποίηση όλων των επιχειρηματικών διαδικασιών. Μια άλλη διαφορά είναι η επαναστατική αλλαγή όχι μόνο ξεχωριστών αλλά

και όλων των επιχειρηματικών διαδικασιών μιας βιομηχανικής επιχείρησης. Οι δυνατότητες της τεχνητής νοημοσύνης επιτρέπουν βαθιά αλλαγή, εκσυγχρονισμό και βελτιστοποίηση όλων των συνιστωσών του συστήματος παραγωγής και διανομής, συμπεριλαμβανομένης της εφοδιαστικής, της διαχείρισης, του μάρκετινγκ κλπ (Bag and Surajit et al., 2020)

Χάρη στην χρήση της τεχνητής νοημοσύνης, τα δεδομένα που θα συλλέγονται θα συσχετίζονται μεταξύ τους και θα μπορούν να δημιουργηθούν μοντέλα πρόβλεψης που θα ελαχιστοποιούν το περιθώριο λάθους, καθιστώντας την όποια επιχειρηματική απόφαση ορθή. Με την χρήση της τεχνητής νοημοσύνης οι προβλέψεις γίνονται πιο ακριβείς, μειώνοντας τα όποια περιθώρια σφάλματος. Έτσι η αντιμετώπιση των κρίσεων, που τείνουν να αναδυθούν, θα καθίσταται στοχευμένη και αποτελεσματική, προβαίνοντας σε διαρθρωτικές αλλαγές στις οργανωτικές δομές και υιοθετώντας μια αποτελεσματική στρατηγική απέναντι σε προβλήματα που πιθανόν να προκύψουν στο μέλλον (Bag and Surajit et al., 2020). Η διαχείριση του μεγάλου όγκου αυτών των δεδομένων, σε συνδυασμό με την τεχνητή νοημοσύνη και τις υψηλές ταχύτητες που φέρουν τα δίκτυα, μπορεί να οδηγήσει στην δημιουργία νέων επιχειρηματικών μοντέλων, επηρεάζοντας ακόμη και τις γεωστρατηγικές ισορροπίες (Gupta A., Basu B., 2020).

Ένα ακόμη παράδειγμα που είναι ίσως πιο κοντά στα σημερινά και καθημερινά δεδομένα, αποτελεί η εκτενής χρήση της τεχνητής νοημοσύνης στην χρήση εφαρμογών του τραπεζικού κλάδου (Kumar et al., 2020). Η καταχώρηση των προσωπικών δεδομένων των πολιτών και η αξιολόγηση αυτών από εφαρμογές τεχνητής νοημοσύνης που θα αξιολογούν την οικονομική επιφάνεια, την φορολογική κατάσταση και την πιστότητα αυτών ενδεχομένως να εγείρει μία έντονη καχυποψία. Από την άλλη πλευρά όμως, χάρη στη χρήση αυτών των συστημάτων, οι τράπεζες έχουν βρει ένα τρόπο να εντοπίζουν κάθε παράνομη δραστηριότητα, όπως λόγου χάρη τις οικονομικές απάτες, το ξέπλυμα χρήματος, τη χρηματοδότηση τρομοκρατικών οργανώσεων, αντιμετωπίζοντας κατά αυτό τον τρόπο οικονομικά, κοινωνικά και πολιτικά προβλήματα που σχετίζονται με την τρομοκρατία, την διακίνηση ναρκωτικών, το εμπόριο ανθρώπων κ.α. («*The case for artificial intelligence in combating money laundering and terrorist financing*», Deloitte).

Τις τελευταίες δεκαετίες παρατηρούμε την τεχνητή νοημοσύνη να παίρνει θέση σε πολλούς κοινωνικούς τομείς και ιδιαίτερα αυτών των logistics και των αλυσίδων εφοδιασμού. Κύριος στόχος της τεχνητής νοημοσύνης και της μηχανικής μάθησης για τις υπηρεσίες logistics είναι η βελτίωση των λειτουργιών και των διαδικασιών τους, αντικαθιστώντας πολλές από αυτές με βελτιωμένες αυτοματοποιημένες εφαρμογές πληροφορικής (Woschank et al., 2020). Η μηχανική μάθηση φαίνεται να είναι μια πολλά υποσχόμενη τεχνητή καθώς μπορεί να κωδικοποιεί τους ισχύοντες κανόνες των λήψεων αποφάσεων. Παραδείγματος χάρι η μηχανική μάθηση είναι ικανή να παρακολουθήσει την κατάσταση των περιουσιακών στοιχείων και με βάση παλαιότερα στοιχεία να μπορεί να προβλέψει την επικείμενη συντήρηση. Οι εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης δείχνουν αρκετά προσοδοφόρες για τον τομέα των μεταφορών και τις αλυσίδες εφοδιασμού (Chien et al., 2020).

Η ανάπτυξη της τεχνητής νοημοσύνης αναπτύσσεται πάνω στον μεγάλο αριθμό δεδομένων, στους αλγόριθμους και τους υπολογιστικούς πόρους, έχοντας συνδράμει σε μεγάλο βαθμό, με την παρουσία διαφόρων εφαρμογών, στην καθημερινότητα του ανθρώπου ως προς το καλύτερο. Η ρομποτική, οι ψηφιακοί βοηθοί, η αναγνώριση εικόνας και γλώσσας κ.α. είναι μερικές από αυτές τις εφαρμογές, των οποίων η λειτουργία στηρίζεται στην τεχνητή νοημοσύνη (Wang and Siau et al.,2019). Η παρουσία αυτής μπορεί να συνοδεύεται από την κατάργηση θέσεων εργασίας (π.χ. εφεύρεση των drones – κατάργηση πιλότου), όμως συνεπάγεται και την δημιουργία νέων (π.χ. συντήρηση, τηλεχειρισμός, ανάλυση δεδομένων κ.α.).

Ο φόβος ότι θα βιώσουμε το απευκαίιο σενάριο, σύμφωνα με το οποίο ο κόσμος θα κυβερνάται από την τεχνητή νοημοσύνη, θα πρέπει να αντισταθμιστεί από το γεγονός ότι πίσω από ένα σύστημα τεχνητής νοημοσύνης θα υπάρχει ένας άνθρωπος που θα το προγραμματίζει. Η παρακολούθηση αυτών των δεδομένων σε συνάρτηση με την τεχνική νοημοσύνη μπορεί να επιτευχθεί μέσω μίας συνετής και ώριμης συνεργασίας του ανθρώπου και της τεχνολογίας.

4.4 ΡΟΜΠΟΤΙΚΗ

Η ρομποτική είναι ένας σύγχρονος κλάδος της μηχανικής που έχει ως αντικείμενο τη μελέτη, το σχεδιασμό και την λειτουργία των ρομπότ με σκοπό οι διάφορες εργασίες να αυτοματοποιηθούν και να εκτελούνται ταχύτερα. Σε πολλούς τομείς, όπως στην ιατρική, τα ρομπότ υποκαθιστούν τον άνθρωπο. Αυτό συνέβη διότι οι διαδικασίες εκτελούνται άμεσα χωρίς καθυστέρηση με αποφυγή τυχόν λαθών. Είναι σημαντικό για τις επιχειρήσεις να φέρουν το επιθυμητό αποτέλεσμα σε σύντομο χρονικό διάστημα. Αν το αναλογιστούμε πολλές φορές υπάρχουν επικίνδυνα υλικά με τα οποία ο άνθρωπος δεν πρέπει να έρθει σε επαφή ενώ ένα μηχάνημα δεν έχει πρόβλημα ως προς αυτό. Έπειτα η ανθρώπινη κόυραση μειώνει την παραγωγικότητα και την αποτελεσματικότητα σε αντίθεση με ένα μηχάνημα που δεν εμπίπτει σε αυτό (Gualtieri et al. 2020).

Η εκτεταμένη αναφορά της ρομποτικής, στα πλαίσια της 4^{ης} Βιομηχανικής Επανάστασης, σε συνδυασμό με την τεχνητή νοημοσύνη, έχει δημιουργήσει δύο αντικρουόμενα στρατόπεδα. Από την μία πλευρά, χάρη στην ρομποτική πραγματοποιούνται «λεπτές» επεμβάσεις με επιτυχία, η παρουσία και χρήση του βηματοδότη έχει βοηθήσει τις καρδιές πολλές ανθρώπων να συσπώνται ρυθμικά, λειτουργώντας ως αρωγός στην αύξηση του προσδόκιμου ζωής. Από την άλλη πλευρά όμως, ένα μεγάλο μέρος των ανθρώπων, ίσως επηρεαζόμενο και από διάφορες ταινίες επιστημονικής φαντασίας, έχει συνδυάσει την παρουσία και την δυναμική των ρομπότ με την υποκατάσταση και τον αφανισμό του ανθρωπίνου είδους, εγείροντας θέματα βιοηθικής σε μόνιμη βάση.

Τα ρομπότ χαρακτηρίζονται από στοιχεία όπως η ταχύτητα, η συνέπεια, η ακρίβεια και η επαυξημένη παραγωγικότητα. Η είσοδος των ρομπότ στο εργασιακό περιβάλλον αποτελεί αναπόδραστη

πραγματικότητα και θα καθορίσει σημαντικά το μέλλον της εργασίας, των βιομηχανιών και της οικονομίας γενικότερα, δημιουργώντας νέες ευκαιρίες. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί ο κλάδος της κλωστοϋφαντουργίας, όπου λόγω του εργατικού κόστους, οι χώρες της Ανατολής άρχισαν σιγά σιγά να αποτελούν πόλο έλξης της παγκόσμιας παραγωγής, με αποτέλεσμα χώρες που παραδοσιακά σταδιοδρομούσαν στον εν λόγω κλάδο να χάσουν τα ηνία και να υποστούν τις συνέπειες αυτού του φαινομένου σε οικονομικό και κοινωνικό επίπεδο. Με πρόφαση το χαμηλό εργατικό κόστος, πολλές επιχειρήσεις μετέφεραν, τις παραγωγικές τους μονάδες στην Κίνα, με αποτέλεσμα το 28,4% της παγκόσμιας παραγωγής να πραγματοποιείται εκεί, εγκαθιδρύοντας το παγκόσμιο μονοπώλιο της Κίνας και εγκυμονώντας κινδύνους γεωπολιτικής, γεωστρατηγικής και γεωοικονομικής φύσεως για την ανθρωπότητα (Koronka, 2020). Αυτό συνέβη διότι η Κίνα στο παρελθόν αποτελούσε μία χώρα με πολύ χαμηλό εργατικό κόστος με αποτέλεσμα αυτός ο παράγοντας να την καταστήσει κυρίαρχη στον παγκόσμιο παραγωγικό ιστό. Ως εκ τούτου η δυναμική από την χρήση της ρομποτικής μπορεί να ανατρέψει αυτά τα δεδομένα, εξασφαλίζοντας μίας αυτάρκεια βασιζόμενη στην εγχώρια παραγωγή, μειώνοντας δραστικά τον βαθμό εξάρτησης από την Κίνα και τις ανατολικές χώρες και αποσοβώντας την υπερέκθεση σε εξωγενείς παράγοντες που επηρεάζουν αποφασιστικά την κοινωνική και οικονομική συνοχή και πορεία των εξαρτώμενων χωρών.

Τα ρομπότ έρχονται να ισοσκελίσουν τις διαφορές από το εργατικό κόστος, να επαναφέρουν πίσω ισχυρούς κλάδους, δημιουργώντας νέες θέσεις εργασίας, με αποτέλεσμα χώρες της Ανατολής να απωλέσουν οριστικά το ανταγωνιστικό πλεονέκτημα του χαμηλότερου εργατικού κόστους. Η χρήση των ρομπότ στις βιομηχανίες έχει αρχίσει να πραγματοποιείται σε μεγάλο βαθμό, με στόχο την ενίσχυση της εγχώριας παραγωγής, την μεγιστοποίηση του κέρδους και κατ' επέκταση την ανάπτυξη της οικονομίας (Gajšek B et al., 2020)

Η εφαρμογή των ρομπότ έκανε την εμφάνισή της στα εργοστάσια όπου σε διάφορα στάδια της παραγωγής έχουν αντικαταστήσει τους υπαλλήλους ώστε να συναρμολογούνται προϊόντα με ακρίβεια, σύμφωνα με τα πρότυπα ποιότητας και με χαμηλό κόστος (Javaid, Haleem et al. 2021). Τα αυτόνομα και συνεργατικά ρομπότ (Autonomous and Collaborative Robots) χρησιμοποιούνται στις μεταποιητικές βιομηχανίες για την επίλυση πολύπλοκων εργασιών που δεν μπορούν να επιλυθούν εύκολα από έναν άνθρωπο. Είναι σημαντικό να σημειωθεί εδώ, ωστόσο, ότι είναι απαραίτητα όχι μόνο για την αντικατάσταση μεμονωμένων εργασιών με μηχανήματα και για την αύξηση της αποτελεσματικότητας, αλλά και από τη σκοπιά των βιομηχανικών εφαρμογών, όσον αφορά τη μετατροπή ολόκληρων επιχειρήσεων σε «έξυπνα εργοστάσια» («smart factories») μέσω του συνδυασμού αρκετών έξυπνων μηχανών (Hitachi, 2019). Σήμερα τα ρομπότ υπερβαίνουν τα όριά τους καθώς γίνονται ευέλικτα και πιο έξυπνα και αποτελούν, ως μέρος της 4^{ης} Βιομηχανικής Επανάστασης, την κινητήρια δύναμη του αυτοματισμού, κάτι που δεν ήταν ποτέ άλλοτε. Η χρήση όλο και περισσότερων βιομηχανικών ρομπότ στα εργοστάσια επιταχύνεται με την 4^η Βιομηχανική

Επανάσταση, η οποία τους δίνει τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν σε διάφορους τομείς όπως η παραγωγή, ο εφοδιασμός και οι δραστηριότητες διανομής, ελέγχοντάς τα εξ αποστάσεως χάρη σε ένα συνεργατικό σύστημα ανθρώπινης αλληλεπίδρασης, στο οποίο ο χειριστής και το ρομπότ συνεργάζονται σε ένα μόνο εργασιακό περιβάλλον (Galín and Meshcheyakov, 2019).

Χάρη στην χρήση της ρομποτικής, η αγορά εργασίας τείνει να αλλάξει ριζικά και να διαμορφώσει ένα διαφορετικό εργασιακό πλαίσιο σχεδόν σε όλους τους κλάδους της οικονομίας, διαφοροποιώντας πλήρως τον τρόπο λειτουργίας πολλών επιχειρήσεων και δημιουργώντας νέες, ποιοτικές θέσεις εργασίας. Άλλωστε, εκ του αποτελέσματος, οι βιομηχανικές επαναστάσεις συντέλεσαν στη δημιουργία πολλών θέσεων εργασίας, συγκριτικά με εκείνων που χάθηκαν, και βελτίωσαν το βιοτικό επίπεδο του ανθρώπου. Στο εργοστάσιο του μέλλοντος, δεν υπάρχει διαχωρισμός μεταξύ αυτοματοποιημένων και χειροκίνητων σταθμών εργασίας. Οι άνθρωποι και τα ρομπότ συνεργάζονται άριστα - χωρίς διαχωρισμό και χωρίς περίφραξη ασφαλείας. Εδώ οι άνθρωποι και τα ρομπότ έρχονται σε άμεση επαφή (π.χ. απτικά ή ακουστικά), ενώ στη συνύπαρξη ανθρώπινων ρομπότ λειτουργούν και οι δύο στον κοινό χώρο εργασίας που λειτουργεί με τις συγκεκριμένες εργασίες τους, κάτω από τον ίδιο σκοπό, πληρώντας ταυτόχρονα τις απαιτήσεις του χρόνου και του χώρου (Zaatari, Marei et al., 2019)

4.5 ΜΗ ΕΠΑΝΔΡΩΜΕΝΑ ΟΧΗΜΑΤΑ (DRONES)

Τα drones είναι μη επανδρωμένα ιπτάμενα οχήματα τα οποία ελέγχονται από έναν απομακρυσμένο χειριστή ή έχουν ενσωματωμένο λογισμικό για να λειτουργούν αυτόματα. Κατά το παρελθόν τα μη επανδρωμένα οχήματα (drones) χρησιμοποιούνταν στον στρατό για συλλογή πληροφοριών και με στόχο την κατάρριψη του εχθρού. Η λέξη είχε συνδυαστεί με τη τεχνολογία όπου ο στρατός κάποιας χώρας έριχνε πυραύλους στους εχθρούς σε όλο τον κόσμο (Chunguang et al, 2020).

Με την εκδήλωση της 4^{ης} Βιομηχανικής Επανάστασης προβλέπεται ότι όχι μόνο τα αυτόνομα οχήματα αλλά κυρίως τα μη επανδρωμένα αυτοκινούμενα (Drones) θα φέρουν την επανάσταση όχι μόνο στις μεταφορές αλλά και στις διανομές τελευταίου μιλίου. Ο αυξανόμενος ρυθμός ανάπτυξης αυτόνομων οχημάτων επηρέασε τις εμπορικές και επιβατικές μεταφορές. Τα τελευταία χρόνια ιδίως τα μη επανδρωμένα αεροσκάφη (drones) χρησιμοποιούνται κυρίως για την μεταφορά εμπορευμάτων σε δυσπρόσιτες περιοχές και πυκνοκατοικημένες περιοχές. Σήμερα τα μη επανδρωμένα οχήματα χρησιμοποιούνται επιπλέον σε ένα μεγάλο φάσμα δραστηριοτήτων, όπως η διάσωση ζώων και ανθρώπων, στην μελέτη καιρικών συνθηκών, στην φωτογράφιση και χαρτογράφηση τοπίου, καθώς επίσης και στην γεωργία (Ayamga, Tekinerdogan et al., 2021). Τα μη επανδρωμένα αυτοκινούμενα (drones) αποτελούν επίσης αντικείμενα προς διερεύνηση για τον κόσμο των logistics και τον βαθμό στον οποίο μπορούν να αξιοποιηθούν καταλλήλως, παρόλο του υψηλού κόστους εγκατάστασής τους.

Σημαντική εφαρμογή είναι ακόμη, η χρήση αγροτικών μη επανδρωμένων, κατευθυνόμενων αεροσκαφών (drones). Τα αγροτικά drones χρησιμοποιούνται, με επίγειες και εναέρια πτήσεις, για την αξιολόγηση της υγείας των καλλιεργειών, την ολοκληρωμένη χαρτογράφηση, την εξοικονόμηση χρόνου, την επιθεώρηση της γεωργικής γης και την δυνατότητα αύξησης των αποδόσεων. Βασική στρατηγική τους είναι η συλλογή και η επεξεργασία δεδομένων σε πραγματικό χρόνο με τη χρήση τεχνολογίας τηλεπικοινωνιών προκειμένου να δώσουν μια τεχνολογική εξέλιξη στη γεωργία. Η χρήση των drones στην γεωργία φέρει την δυνατότητα να βοηθάει στον έλεγχο του σταδίου ωρίμανσης των καλλιεργούμενων εκτάσεων κοκ. (Bigliardia B, et al., 2019).

Τα αυτόνομα μη επανδρωμένα οχήματα αποτελούν παραδείγματα υψηλού επιπέδου αυτοματοποίησης, που βασίζονται σε εφαρμογές της τεχνικής νοημοσύνης (Zijm, Heragu, Klumpp, & Regattieri, 2019) απαιτώντας προηγμένες τεχνολογίες και εγκαταστάσεις για να λειτουργούν πλήρως. Η έννοια της αυτόματης τεχνολογίας δεν είναι κάτι καινούργιο. Αρκετές εφαρμογές της υπάρχουν εδώ και αρκετά χρόνια στην αεροπορία με την χρήση του αυτόματου πιλότου, όπως επίσης υπάρχουν παραδείγματα αυτοματοποιημένων μετρό και μέσων μεταφοράς όπως λεωφορεία. Ακόμη τα συστήματα πέδησης και cruise control υπάρχουν ήδη σε πολλά αυτοκίνητα σήμερα (Wittmer and Müller, 2021).

4.6 ΑΛΥΣΙΔΑ ΤΩΝ ΜΠΛΟΚ (BLOCKCHAIN)

Η συγκεκριμένη τεχνολογία έχει γνωρίσει μεγάλη ανάπτυξη τα τελευταία χρόνια και οι διάφορες εφαρμογές της μετασχηματίζουν ριζικά τον τρόπο λειτουργίας της οικονομίας και συνολικά την επιχειρηματική δραστηριότητα. Το blockchain είναι ένας καταμεμημένος λογιστικός κατάλογος (distributed ledger), δημόσιος ή ιδιωτικός, στον οποίο συναλλαγές ή δεδομένα συνδέονται μεταξύ τους σε συνδεδεμένα μπλοκ δεδομένων καθιστώντας τα πρακτικά αμετάβλητα και αδιαμφισβήτητα από όλους τους καταμεμημένους κόμβους (nodes) στους οποίους έχει γίνει η ενημέρωση του καταλόγου. Τα μπλοκ αυτά είναι κρυπτογραφημένα με τον αλγόριθμο SHA-256 secure hash algorithm, ο οποίος κρυπτογραφεί μαθηματικά και κατακερματίζει την πληροφορία του μπλοκ με τρόπο ο οποίος να μην μπορεί να είναι αναστρέψιμος (one way encryption) (Leng, Guolei et al., 2020)

Οι εφαρμογές της τεχνολογίας blockchain προσφέρουν πολλά πλεονεκτήματά. Ξεκινώντας από την εγκυρότητα και την ασφάλεια, οι συναλλαγές στο blockchain εγκρίνονται από ένα δίκτυο δισεκατομμυρίων υπολογιστών, κάτι που περιορίζει στο ελάχιστο την ανθρώπινη εμπλοκή στη διαδικασία επαλήθευσης και κατ' επέκταση περιορίζει την πιθανότητα ανθρώπινου σφάλματος. Όσον αφορά το κόστος, με τα σημερινά δεδομένα, οι καταναλωτές πληρώνουν την τράπεζα για να επικυρώσει μία συναλλαγή, τον συμβολαιογράφο για να επικυρώσει ένα έγγραφο ή έναν κρατικό λειτουργό για να επιβεβαιώσει ένα γάμο ενώ οι εφαρμογές του blockchain περιορίζουν την ανάγκη επικύρωσης από τα τρίτα προαναφερθέντα μέρη (Kumar et al.,

2020). Στις εφαρμογές blockchain δεν υπάρχει αποθήκευση των δεδομένων σε κάποιο κεντρικό σημείο, αντίθετα, όταν ένα νέο block με δεδομένα δημιουργηθεί, κάθε υπολογιστής του δικτύου ενημερώνεται άμεσα καθώς και όλοι όσοι έχουν πρόσβαση στη βάση δεδομένων. Επίσης, με το blockchain, οι συναλλαγές ολοκληρώνονται μέσα σε δέκα λεπτά και είναι πλήρως καταγεγραμμένες μέσα σε μερικές ώρες. Αυτό το χαρακτηριστικό είναι ιδιαίτερα σημαντικό σε περιπτώσεις εμβασμάτων από μία χώρα σε μία άλλη. Τέλος, όσον αφορά το απόρρητο, μόνο ο κωδικός του ατόμου είναι ανιχνεύσιμος χωρίς να μπορεί να αποδοθεί σε συγκεκριμένο άτομο (Navin; Shankar et al., 2020).

Η τεχνολογία αυτή συγκέντρωσε μεγάλο επιστημονικό ενδιαφέρον καθώς οι εφαρμογές της δεν περιορίζονταν μόνο στον κλάδο της οικονομίας, αλλά έδιναν απαντήσεις σε πολλούς τομείς. Χαρακτηριστικά αναφέρονται οι τομείς της ενέργειας, της υγείας, τα κρυπτονομίσματα, των τίτλων ιδιοκτησίας, η εφοδιαστική αλυσίδα, το τραπεζικό σύστημα, οι ψηφοφορίες, την ιχνηλασιμότητα των τροφίμων, την πιστοποίηση αυθεντικότητας, την ψηφιακή ταυτότητα, στα «έξυπνα συμβόλαια» («Smart Contracts») και πλήθος άλλων εφαρμογών, οι οποίες ποικίλουν αναφορικά με τον κλάδο που δραστηριοποιείται η εκάστοτε επιχείρηση (Conway, 2021). Ενδεικτικό παράδειγμα εφαρμογής αποτελεί η εφοδιαστική αλυσίδα όπου η αλυσίδα των μπλοκ (blockchain) δίνει απαντήσεις σε σημαντικά προβλήματα, όπως η τήρηση αρχείων, το διοικητικό κόστος, η πληρωμή μεταφορικού κόστους, η επίλυση διαφορών, η διαφάνεια στην προέλευση των προϊόντων, στις συνθήκες αποθήκευσης και μεταφοράς, η διαχείριση αποθεμάτων – επιστροφών και τέλος η βελτίωση της αποτελεσματικότητας των μεταφορών. Deloitte, 2021)

4.7 ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΕΚΤΥΠΩΣΗ (3D-PRINTING)

Η τρισδιάστατη εκτύπωση (3D printing) αναφέρεται ως μια τεχνολογική μέθοδος, η οποία μετατρέπει τα ηλεκτρονικά αρχεία σε στερεά εκτυπωμένα αντικείμενα. Η αξιοποίηση και εκτεταμένη χρήση της τρισδιάστατης εκτύπωσης (3D-printing) με την εκτύπωση αντικειμένων σε τρεις διαστάσεις από ειδικούς εκτυπωτές χρησιμοποιείται ήδη σε πολλούς κλάδους, όπως λόγου χάρη στην αρχιτεκτονική, στην ιατρική, στην αυτοκινητοβιομηχανία κ.α. (Shahrubudin et al., 2019). Μέσω της τρισδιάστατης εκτύπωσης έχει γίνει σημαντική εξοικονόμηση κόστους, χρόνου και μείωση δαπάνης των πόρων, με αποτέλεσμα να βελτιστοποιηθεί η παραγωγή σε μεγάλο βαθμό.

Η απρόσκοπτη ενσωμάτωση προηγμένων δυνατοτήτων κατασκευής με ψηφιακές υποδομές επιτρέπει τη σύλληψη, την παραγωγή και την διάδοση πληροφοριών μέσω βελτιωμένης παρακολούθησης, ανάλυσης, μοντελοποίησης και προσομοίωσης. Όλες αυτές οι πτυχές απορρίπτουν τα παραδοσιακά συστήματα παραγωγής και διαχείρισης, ενώ απαιτούν μια πλήρη αναθεώρηση των επιχειρήσεων, των διαδικασιών και των δομών. Η τρισδιάστατη εκτύπωση (3D printing) είναι μια από τις βασικές τεχνολογίες αυτής της διαδικασίας που εφαρμόζεται σε πολλές επιχειρήσεις και για πολλούς σκοπούς, όπως η ταχεία παραγωγή

πρωτοτύπων ή των ανταλλακτικών (Ford, and Minshall, 2019).

Χάρη σε αυτή την τεχνολογία, φερ' ειπείν, μειώνεται σημαντικά το κόστος της αυτοκινητοβιομηχανίας, επηρεάζοντας σε μεγάλο βαθμό τις προοπτικές πρόβλεψης, ζήτησης, διαχείρισης αποθεμάτων, μεταφορών και αποθήκευσης. Κατά τη διάρκεια της παραγωγής, η λειτουργική απόδοση και η αποδοτικότητα των πόρων μπορούν να αυξηθούν, διευκολύνοντας τη βιώσιμη παραγωγή κατά παραγγελία αντί της μαζικής παραγωγής που οδηγεί σε υψηλά αποθέματα και μεγάλες ποσότητες αχρησιμοποίητων προϊόντων (Janeková, Pelle et al., 2019) Μέσω της τεχνολογίας της τρισδιάστατης εκτύπωσης (3D-printing) θα υπάρχει η δυνατότητα άμεσης εκτύπωσης μεταλλικών εξαρτημάτων ή και οποιοδήποτε άλλων εξαρτημάτων αυτοκινήτου σύμφωνα με τις απαιτούμενες προδιαγραφές. Στην παραγωγή ανταλλακτικών με γνώμονα τον κατασκευαστή, ο κατασκευαστής κατασκευάζει ανταλλακτικά κατά παραγγελία και ο πελάτης λαμβάνει ένα ανταλλακτικό έτοιμο για συναρμολόγηση. Εάν αυτή η διαδικασία καθοδηγείται από τον πελάτη, ο κατασκευαστής παρέχει ένα εκτυπώσιμο μοντέλο 3D μόνο του ανταλλακτικού. Οι προεκτάσεις αυτές φέρουν επίσης θετικό αντίκτυπο στην διασφάλιση της προστασίας του περιβάλλοντος, χάρη στην μείωση της σπατάλη για τον εξοπλισμό των αυτοκινήτων και των ανταλλακτικών που είθισται να πραγματοποιηθεί. Ως εκ τούτου, η μείωση της δαπάνης υπέρογκων πόρων και η επένδυση σε εξειδικευμένο και τεχνολογικά προηγμένο εξοπλισμό, θα οδηγήσει στην απαίτηση μηδενικού αποθέματος και μικρότερων χώρων αποθήκευσης με αποτέλεσμα να αποτελούν μία προσοδοφόρα επένδυση στο μέλλον για τον κλάδο της αυτοκινητοβιομηχανίας (Srinivasan et al. 2021)

Επιπλέον, είναι δυνατή η απλοποίηση και επιτάχυνση των συμφωνιών λόγω της πλήρους αυτοματοποίησης της διαδικασίας ανάπτυξης προϊόντων και της κατασκευής τους. Με την παραλαβή της παραγγελίας από έναν πελάτη, είναι δυνατό να αναπτυχθεί μια τεχνική λύση (έργο, σχέδιο κ.λπ.) και να δημιουργηθεί ένα αρχικό μοντέλο με τρισδιάστατο εκτυπωτή μέσω της παραγγελίας από τον υπολογιστή και στη συνέχεια το έργο μεταβιβάζεται στην παραγωγή. Έτσι, ο άνθρωπος δεν συμμετέχει σε καμία από τις παραπάνω λειτουργίες (Elakkad, 2019).

Η τεχνολογία της τρισδιάστατης εκτύπωσης (3D printing) έχει τη δυνατότητα να φέρει επανάσταση στις βιομηχανίες και να αλλάξει τη γραμμή παραγωγής. Παράλληλα, θα αυξήσει την ταχύτητα παραγωγής, μειώνοντας παράλληλα το κόστος, ενώ η ζήτηση του καταναλωτή θα επηρεάσει περισσότερο την παραγωγή. Οι καταναλωτές έχουν μεγαλύτερη συνεισφορά στο τελικό προϊόν και μπορούν να ζητήσουν να το παράγουν ώστε να ταιριάζει στις προδιαγραφές τους. Σημειώνεται ότι οι εγκαταστάσεις της τεχνολογίας τρισδιάστατης εκτύπωσης φέρουν την δυνατότητα να βρίσκονται πιο κοντά στον καταναλωτή, επιτρέποντας μια πιο ευέλικτη και αποκριτική διαδικασία κατασκευής, καθώς και μεγαλύτερο έλεγχο ποιότητας. Επιπλέον, όταν χρησιμοποιείται τεχνολογία εκτύπωσης 3D, η ανάγκη για παγκόσμια μεταφορά μειώνεται σημαντικά. Αυτό συμβαίνει επειδή, όταν κατασκευάζονται τοποθεσίες που βρίσκονται πιο κοντά στον τελικό προορισμό, όλη η διανομή θα μπορούσε να γίνει με τεχνολογία παρακολούθησης στόλου που εξοικονομεί

ενέργεια και χρόνο)Singh, Kumar et al.,2020) Τέλος, η υιοθέτηση της τεχνολογίας 3D εκτύπωσης μπορεί να αλλάξει την εφοδιαστική μιας εταιρείας. Η εφοδιαστική των εταιρειών μπορεί να διαχειριστεί ολόκληρη τη διαδικασία και να προσφέρει πιο ολοκληρωμένες υπηρεσίες από την αρχή έως το τέλος, καθώς στην αλυσίδα εφοδιασμού, οι πάροχοι υπηρεσιών logistics θα μπορούν να ενεργούν ως διανομείς ενώ οι λιανοπωλητές θα μπορούν να φιλοξενήσουν την εν λόγω τεχνολογία ως υπηρεσία (Hecker, 2020)

4.8 ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ ΤΩΝ ΠΡΑΓΜΑΤΩΝ (INTERNET OF THINGS)

Ως όρος Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of Things) είχε εμφανιστεί από τα τέλη του 1990 και χρησιμοποιείται για να περιγράψει τις συσκευές που συνδέονται στο διαδίκτυο και αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους. Η χρήση αυτού μέσω διαφόρων συσκευών έφερε την αυτονομία, την μείωση κόστους και κυρίως την εκμηδένιση χρόνου-αποστάσεων στην καθημερινή ζωή. Σε ατομικό επίπεδο, 8 στους 10 ανθρώπους έχουν πρόσβαση στο διαδίκτυο εν κινήσει ενώ η τάση ψηφιοποίησης των επιχειρήσεων γίνεται μέσω συστημάτων μηχανογράφησης, όπως το Enterprise Resource Planning (ERP), το Customer Relation Management (CRM), το Materials Requirements Planning (MRP) κτλ (Papetti, Gregori et al.,2020).

Με την χρήση του διαδικτύου των πραγμάτων και σε συνδυασμό με άλλες τεχνολογίες, υπάρχουν ήδη συστήματα ασφαλείας κτιρίων τα οποία λειτουργούν ως προς την διασφάλιση της ασφάλειας μας. Στο κάθε σπίτι θα υπάρχουν ηλεκτρικές συσκευές, οι οποίες θα είναι συνδεδεμένες στο διαδίκτυο και θα μπορούν να αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους, όπως ήδη υπάρχει η Alexa της Amazon, η Siri της Apple κ.α. Το ψυγείο, παραδείγματος χάρη, θα μπορεί να εντοπίσει μέσω ενός αλγόριθμου, τις προτιμήσεις και τις διατροφικές συνήθειες του νοικοκυ. Θα μπορεί να στέλνει μία λίστα με τα ψώνια σε κάποια άλλη συσκευή, η οποία με την αυτονομία της άγιας εντολής θα δίνει την παραγγελία στο αντίστοιχο κατάστημα τροφίμων (Park, Kang et al. 2020).

Ένα άλλο πεδίο εφαρμογής αποτελεί η ορθή χρήση της ενέργειας, μειώνοντας τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Η ενεργειακή κατανάλωση είναι υπεύθυνη για το 40% της συνολικής ενέργειας που καταναλώνεται στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Η ενέργεια που καταναλώνεται οφείλεται σε οικιακές συσκευές αλλά και στην θέρμανση/ψύξη του κτιρίου, ενώ σε επαγγελματικούς χώρους (χώροι γραφείου) η κατανάλωση ενέργειας αφορά κυρίως τον φωτισμό και την θέρμανση/ψύξη. Για την μείωση κατανάλωσης ενέργειας έχουν ειπωθεί κατά καιρούς πολλά σενάρια και μέτρα (Kumar et al., 2020). Ο τρόπος εξοικονόμησης ενέργειας είναι η αυτοματοποίηση των συστημάτων του κτιρίου. Στην εποχή μας, αυτό μπορεί να επιτευχθεί πιο εύκολα με τη χρήση του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT), καθώς μπορεί να γίνει δηλαδή μια αλληλεπίδραση μεταξύ των «έξυπνων συσκευών» και του πραγματικού κόσμου. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την χρήση μιας «έξυπνης συσκευής» που είναι συνδεδεμένη με αισθητήρες, συστήματα επικοινωνίας (WI-FI, SMS κτλ) και καταγράφει στοιχεία όπως η τοποθεσία, η ώρα κτλ, η οποία μπορεί να

τοποθετηθεί σε τέτοιο σημείο ώστε να παρέχει στο χρήστη όλες τις πληροφορίες που χρειάζεται για την αυτοματοποίηση του κτιρίου. Έτσι όταν σε έναν χώρο δεν ανιχνεύεται καμία ανθρώπινη παρουσία, το σύστημα φωτισμού μπορεί να κλείνει από μόνο του. Επίσης, με την καταγραφή της ώρας προέλευσης των υπαλλήλων σε κάποιο επαγγελματικό χώρο μπορεί να ρυθμιστεί η ώρα που θα αρχίσει να λειτουργεί το σύστημα ψύξης και θέρμανσης (Gurta, 2019).

Ένα άλλο παράδειγμα αποτελεί το γεγονός ότι το Διαδίκτυο των Πραγμάτων για τον τομέα της Ναυτιλίας αποτελεί ένα χρήσιμο εργαλείο, το οποίο βοηθά στην άντληση στοιχείων τα οποία συμβάλλουν στην λήψη αποφάσεων και επιτρέπουν την διάδοση της πληροφορίας, σε πραγματικό χρόνο (Katranas et al., 2020). Τα αντικείμενα όπως οι αισθητήρες των πλοίων, που είναι μοναδικά διασυνδεδεμένοι μαζί του, καταγράφουν την ριπή του ανέμου, την άνοδο της θερμοκρασίας και το επίπεδο της υγρασίας, με αποτέλεσμα να μπορούν να προσδιορίζουν την βέλτιστη διαδρομή, εκτιμώντας έτσι τον πραγματικού χρόνο άφιξης των πλοίων (UNCTAD, 2018). Το Δίκτυο των Πραγμάτων χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο ιδιαίτερα στην επικοινωνία των πλοίων προς την ξηρά. Η διασύνδεση αυτή περιλαμβάνει την καταγραφή μεγάλων δεδομένων μεταξύ πλοίων και λιμένων όπου σημειώνονται οι χρόνοι διέλευσης, οι χρόνοι που καταγράφονται κατά την παραμονής τους στο λιμάνι, ενώ εντοπίζει που υπάρχει υψηλή κυκλοφορία. Αυτή η καταγραφή έχει ως σκοπό να συμβάλλει στην αποφυγή της συμφόρησης του λιμένα και την ειδοποίηση των μερών σε κάθε περίπτωση. Με άλλα λόγια, το Δίκτυο των Πραγμάτων στοχεύει, με την βοήθεια της τεχνητής νοημοσύνης, να προβλέπει την επισκεψιμότητα και να πραγματοποιείται ένας έξυπνος συντονισμός των πλοίων (Aiello et al., 2020).

Μια πολύ σημαντική πρακτική του Διαδικτύου των Πραγμάτων είναι στον τομέα της γεωργίας. Στην αγροτική ζωή είναι σημαντική η εφαρμογή της αγροτικής ακρίβειας, δηλαδή ο έλεγχος της ακρίβειας στην καλλιέργεια αλλά και στην εκτροφή ζώων. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση αισθητήρων, συστημάτων ελέγχου, αυτοματοποιημένα οχήματα και υλικά, ανιχνευτές υγρασίας του εδάφους, εικονική βελτιστοποίηση και ούτω καθεξής (Abbasi, Yaghmaee et al., 2019). Στην κτηνοτροφία, και συγκεκριμένα όσον αφορά την εκτροφή ζώων, οι ασύρματες εφαρμογές Διαδικτύου των Πραγμάτων μπορούν να συλλέξουν δεδομένων σχετικά με την τοποθεσία, την ευημερία και την υγεία των ζώων τους. Αυτές οι πληροφορίες τους βοηθούν να εντοπίζουν ζώα σε περίπτωση που είναι άρρωστα και πρέπει να διαχωρισθούν από το υπόλοιπο κοπάδι, σε περίπτωση που έχουν χαθεί ή ακόμα και σε περίπτωση που έχουν κλαπεί (Shi, Zha et al, 2019). Η χρήση του Διαδικτύου των Πραγμάτων θα μπορούσε να έχει τον μεγαλύτερο αντίκτυπο στην παραγωγή αγαθών για όλο τον κόσμο. Όλες οι νέες καλλιεργητικές προτάσεις καλούνται να λάβουν υπόψη τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, την εξέλιξη της τροφικής αλυσίδας, την αλλαγή του κλίματος. Συνεπώς, κρίνεται επιτακτική ανάγκη η καλλιέργεια νέων αγαθών για την κάλυψη του ολοένα αυξανόμενου πληθυσμού, έχοντας πάντα υπόψιν όλα τα παραπάνω. Μία τέτοια λύση έχει δοθεί με τη χρήση Διαδικτύου των Πραγμάτων καθώς παρέχεται ένα σύστημα για την παρακολούθηση του καλλιεργητικού πεδίου με τη

βοήθεια αισθητήρων (φως, υγρασία, θερμοκρασία, υγρασία εδάφους κλπ.). Συγκεκριμένα, τα έξυπνα θερμοκήπια είναι μια εφαρμογή που έχει ως στόχο την ενίσχυση της απόδοσης λαχανικών, φρούτων, καλλιεργειών κλπ. Ένα έξυπνο θερμοκήπιο μπορεί να σχεδιαστεί με τη βοήθεια του Διαδικτύου των πραγμάτων, χρησιμοποιώντας αισθητήρες. Οι αισθητήρες στο θερμοκήπιο παρέχουν πληροφορίες σχετικά με τα επίπεδα φωτός, την πίεση, την υγρασία και τη θερμοκρασία. Αυτοί οι αισθητήρες μπορούν να ελέγχουν αυτόματα τους ενεργοποιητές για να ανοίξουν ένα παράθυρο, να ανάψουν τα φώτα, να ελέγξουν ένα θερμαντήρα, να ενεργοποιήσουν έναν ανεμιστήρα, όλα ελέγχονται μέσω σήματος WiFi. Με βάση αυτό το σύστημα οι αγρότες μπορούν να παρακολουθούν στενά τις συνθήκες του χώρου άμεσα και αναλόγως να δρουν, όπως π.χ. να προσαρμόζουν ένα αυτοματοποιημένο σύστημα άρδευσης. Ουσιαστικά, μέσω της «έξυπνης γεωργίας», οι αγρότες μπορούν να καταφέρουν μείωση των αποβλήτων τους, αύξηση της παραγωγικότητας, έλεγχο της χρήσης νερού και έλεγχο όλων των δεδομένων όπως ποσότητα λιπασμάτων, χρήση αγροτικών μηχανημάτων κλπ (Bigliardia et al.,2019),. Οι εφαρμογές της έξυπνης γεωργίας που βασίζονται όχι μόνο σε συμβατικές, μεγάλες γεωργικές δραστηριότητες, θα δύνανται να αποτελέσουν νέους μοχλούς για την ανάδειξη άλλων αυξανόμενων ή κοινών τάσεων σε αγροτικές περιοχές, όπως η βιολογική γεωργία, η οικογενειακή γεωργία κοκ.

4.9 ΣΥΝΔΕΣΙΜΟΤΗΤΑ ΔΙΚΤΥΟΥ

Η ανάπτυξη εφαρμογών του διαδικτύου διαρκώς αυξάνεται μαζί με την αντιστοίχως αυξανόμενη ανάγκη για την φιλοξενία τους σε πλατφόρμες οι οποίες προσφέρουν διαθεσιμότητα, σταθερότητα, ασφάλεια και μια πληθώρα από εργαλεία για την διασφάλιση της απόδοσης και της ποιότητας των εφαρμογών.

Ο νομπελίστας οικονομολόγος Γιόζεφ Σουμπέτερ (Joseph Schumpeter) εισήγαγε τον όρο «δημιουργική καταστροφή», σύμφωνα με την ερμηνεία του οποίου θεωρούσε πως οι οικονομικές κρίσεις συνιστούσαν επανεκκίνηση της οικονομίας και αφετηρία για τις καινοτομίες (<https://www.investopedia.com/terms/j/joseph-schumpeter.asp>). Αυτή η «δημιουργική καταστροφή» ως αποτέλεσμα της τεχνολογικής εξέλιξης και της καινοτομίας, έρχεται να διαταράξει την νηνεμία στην οποία βρίσκονται επιχειρήσεις, οι οποίες σταδιοδρομούν με την χρήση παρωχημένης τεχνολογίας. Παράδειγμα αποτελεί η υγειονομική κρίση Covid-19, η οποία σε ελάχιστο χρονικό διάστημα κατέστησε επιτακτική ανάγκη την ψηφιοποίηση και την εκτεταμένη χρήση διαφόρων τεχνολογιών. Συγκεκριμένα, μαθητές και φοιτητές κλήθηκαν να παρακολουθήσουν τα μαθήματα τους ψηφιακά ενώ οι εργαζόμενοι κλήθηκαν να εκτελέσουν τις εργασίες τους μέσω της τηλεργασίας από τον προσωπικό τους χώρο. Εκατομμύρια συσκέψεις πραγματοποιούνταν μέσω ψηφιακών εφαρμογών, όπως το Microsoft Teams, το Zoom κτλ, ενώ οι κυβερνήσεις κλήθηκαν να επιταχύνουν τις διαδικασίες δημιουργίας ψηφιακών υπηρεσιών, ώστε να εξυπηρετήσουν τους πολίτες εξ αποστάσεως. Ως γνωστόν, οι μεγάλες δυσκολίες και οι έντονες κρίσεις είναι που λειτουργούν ως αρωγοί

στη διαδικασία παραγωγής ριζοσπαστικών καινοτομιών.

Η εκτενής εκμετάλλευση της τηλεργασίας (telecommuting) χάρη στην χρήση της τεχνολογίας επέφερε σημαντικά οφέλη τόσο για τους εργαζόμενους όσο και για τους εργοδότες, αφού μειώνει σημαντικά τις δαπάνες, δηλαδή το κόστος δι' αμφοτέρους. Απόρροια αυτής είναι η δημιουργία ενός νέου όρου, αυτού του «digital nomads» (Hayes A., 2020), όπου ελληνιστί σημαίνει «ψηφιακοί νομάδες» και χαρακτηρίζει μία νέα κατηγορία εργαζομένων που διαμορφώνουν και το αντίστοιχο περιβάλλον γύρω τους, καθώς επιλέγουν τον χώρο από όπου θα εργαστούν, έχοντας τη δυνατότητα να δουλεύουν από οποιοδήποτε μέρος του πλανήτη. Αυτή η τάση, πέρα από τα οικονομικά οφέλη, φέρει ευεργετικά οφέλη προς τη βελτίωση της ποιότητας ζωής των ανθρώπων καθώς επίσης και διασφάλισης της ψυχικής ακεραιότητας αυτών. Επιπλέον, το ζήτημα της αποκέντρωσης έρχεται ξανά σε περίοπτη θέση, καθώς λόγω της δυνατότητας της απομακρυσμένης εργασίας, οι πόλεις που ασφυκτιούσαν από υπερπληθυσμό, βρίσκουν μία εν δυνάμει λύση στο πρόβλημα της αστικοποίησης μέσω της τηλεργασίας (Richter, 2020). Οι τεχνολογίες της 4^η Βιομηχανικής Επανάστασης παρέχουν όλα τα εργαλεία ώστε να επιδιώξουμε να αποκτήσουμε μία οικείωση με την ιδέα αυτή, πολύ πριν βρεθούμε να δημιουργήσουμε αστικά κέντρα που θα αποτελούν στο τέλος πόλεις-κράτη, όπως παρατηρείται να συμβαίνει με τη Σιγκαπούρη και το Χονγκ Κονγκ λόγω του υπερπληθυσμού.

Η επιτάχυνση της ψηφιοποίησης έχει ήδη αρχίσει να επιφέρει ριζικές αλλαγές στον εργασιακό βίο και στις επιχειρήσεις. Η εκτεταμένη χρήση των διαδικτυακών πλατφορμών, όπως το Webex, το Zoom κτλ για την διοργάνωση τηλεδιάσκεψεων επέφεραν ένα μεγάλο όφελος που μπόρεσαν να αποκομίσουν οι επιχειρήσεις. Μία οργανωμένη τηλεδιάσκεψη δεν επιφέρει μόνο το όφελος της άμεσης επικοινωνίας και της εκμηδένισης του χρόνου αλλά και της μείωσης κόστους, καθώς αποφεύγεται κάθε είδους κοστοβόρα μετακίνηση και παρέκκλιση από άλλες προσοδοφόρες εργασίες που θα εκτελούνταν από τον εργαζόμενο υπό άλλες συνθήκες. Ως εκ τούτου, οι επιχειρήσεις δύνανται να λειτουργούν απρόσκοπτα, με καλύτερα αποτελέσματα και πολύ χαμηλότερο κόστος. Σύμφωνα μάλιστα με μία μελέτη της Gartne, ένα ποσοστό της τάξης 74% των CFO, με αφορμή την υγειονομική κρίση, σκοπεύουν να μονιμοποιήσουν την τηλεργασία για μέρος των εργαζομένων (Lavelle J., 2020). Ως εκ τούτου, κατά αυτό τον τρόπο δύναται να μειωθεί το σταθερό κόστος που φέρει μία επιχείρηση από την ενοικίαση χώρων για την εκτέλεση των εργασιών των εργαζομένων.

Ως απόρροια των ανωτέρω, η πολλαπλή σύνδεση των χρηστών και η παροχή υψηλών ταχυτήτων θα μεγιστοποιήσουν πλήρως τις δυνατότητες του Διαδικτύου των Πραγμάτων, της υπολογιστικής νέφους, της επαυξημένης πραγματικότητας και άλλων συναφών τεχνολογιών, των οποίων η εξέλιξη εξαρτάται από τον βαθμό της συνδεσιμότητας. Οι επιδράσεις επομένως που θα δεχτούν οι πολίτες, οι επιχειρήσεις, οι κυβερνήσεις κ.α., που χρησιμοποιούν το διαδίκτυο ως εργαλείο, θα είναι μεγάλες.

4.10 ΚΟΙΝΩΝΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ (NETWORKING)

Τα κοινωνικά δίκτυα είναι σύνολο αλληλεπιδράσεων και διαπροσωπικών σχέσεων. Ο όρος σήμερα χρησιμοποιείται κατά κόρον, επίσης, για να περιγράψει ιστοσελίδες, οι οποίες επιτρέπουν την διεπαφή ανάμεσα στους χρήστες, π.χ. με σχόλια, φωτογραφίες κτλ (*Social network*, Oxford dictionary). Οι ιστότοποι αυτοί αποτελούν εικονικές κοινότητες, όπου οι χρήστες μπορούν να επικοινωνούν και να αναπτύσσουν επαφές μέσα από αυτές. Ένα κοινωνικό δίκτυο είναι μια κοινωνική δομή που αποτελείται από ένα σύνολο παραγόντων, όπως άτομα ή οργανισμούς. Στο διαδίκτυο, τα κοινωνικά δίκτυα είναι μία πλατφόρμα που συντηρείται για την δημιουργία κοινωνικών σχέσεων μεταξύ των ανθρώπων, που συνήθως αποτελούν ενεργά μέλη του κοινωνικού δικτύου, με κοινά ενδιαφέροντα ή δραστηριότητες (Zhuravskaya, 2020).

Η πρόοδος που επιτεύχθηκε σε επίπεδο τεχνολογίας και καινοτομίας δυστυχώς ήταν αντιστρόφως ανάλογη των επιπτώσεων που επήλθαν σε περιβαλλοντικό επίπεδο. Ως εκ τούτου, η τεχνολογική εξέλιξη που επέρχεται διαμέσου της 4^{ης} Βιομηχανικής Επανάστασης μπορεί να αποτελέσει αρωγός στην προσπάθεια να ανατραπούν οι προδιαγεγραμμένες επιπτώσεις της καταστροφής του περιβάλλοντος. Αρχής γενομένης από την ατομική ευθύνη και ευαισθητοποίηση, καθώς επίσης τις επιχειρήσεις και το κράτος, η ευθύνη είναι ισόποση, απαιτώντας μία ομοιογενή στρατηγική και την πλήρη αξιοποίηση των ψηφιακών εργαλείων που θα άρουν την κατάχρηση που έχει συντελεστεί.

Η υπερθέρμανση του πλανήτη, η κλιματική αλλαγή και η μόλυνση των ωκεανών έχουν αρχίσει να ξεφεύγουν από τον έλεγχο των ανθρώπων, καθώς αποτελούν απόρροια των αλόγιστων συμπεριφορών των τελευταίων και οι συνέπειες όλων αυτών των φαινομένων τείνουν να είναι καταστροφικές (Buscio et al., 2019). Με την χρήση των ψηφιακών εργαλείων υπάρχει η δυνατότητα ενημέρωσης και αντιμετώπισης της επιβάρυνσης του περιβάλλοντος και της βελτιστοποίησης αυτού μέσω του ελέγχου των αποβλήτων, διαχείρισης των ρύπων των οχημάτων, ανάλυσης της ποιότητας του νερού κτλ.

Τα κοινωνικά δίκτυα είναι ένα από τα ψηφιακά εργαλεία που αποτελούν αρωγό στην προστασία του περιβάλλοντος, καθώς μέσω αυτών υπάρχει η δυνατότητα διάχυσης της πληροφορίας με εκθετικό βαθμό, εξυπηρετώντας κατά αυτό τον τρόπο την υλοποίηση μίας εκστρατείας ευαισθητοποίησης για το περιβάλλον και την κλιματική αλλαγή (Vu, Blomberg et al., 2021)

Το περιβάλλον μολύνεται αδιάλειπτα σε καθημερινή βάση από τα σκουπίδια που ρίπτονται και δεν ανακυκλώνονται, την ατμοσφαιρική ρύπανση, η οποία προκαλείται από τα εργοστάσια, τα ρυπογόνα οχήματα κοκ. Παράδειγμα αποτελεί η έντονη αστικοποίηση, λόγω της ανθρώπινης δραστηριότητας που λαμβάνει χώρα στις πόλεις, με αποτέλεσμα το 72% των παγκόσμιων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου να προέρχεται από αυτές (Rosmino, 2020). Ως εκ τούτου κρίνεται επιτακτική ανάγκη η ενημέρωση με στόχο την αφύπνιση και την ανάληψη δράσης απέναντι στις άνευ όρων ανθρώπινες δραστηριότητες και κερδοσκοπικές προτεραιότητες που επιβαρύνουν το περιβάλλον.

4.11 ΚΥΒΕΡΝΟ-ΦΥΣΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ (Cyber Physical Systems)

Η κρίσιμη πτυχή της 4ης Βιομηχανικής Επανάστασης είναι τα ευφυή δίκτυα που βασίζονται στα κυβερνο-φυσικά συστήματα (Cyber-physical System), που ορίζονται ως «ο συνδυασμός του φυσικού και του ψηφιακού κόσμου δημιουργώντας παγκόσμια δίκτυα για τις επιχειρήσεις, που ενσωματώνουν την τεχνολογία, τα συστήματα αποθήκευσης και τις εγκαταστάσεις παραγωγής τους». Επομένως τα κυβερνο-φυσικά συστήματα (CPS) μπορεί να χαρακτηριστούν γενικά ως φυσικά και μηχανικά συστήματα των οποίων οι λειτουργίες παρακολουθούνται, ελέγχονται, συντονίζονται και ενσωματώνονται από έναν πυρήνα υπολογιστών και επικοινωνιών (Matt and Rauch, 2020). Μέσω της ένταξης των κυβερνο-φυσικών συστημάτων (CPS) οι εταιρείες μπορούν να προσφέρουν νέα «έξυπνα και συνδεδεμένα» προϊόντα και ταυτόχρονα παρέχεται αυξημένη παραγωγικότητα και αποδοτικότητα μεταξύ των οργανισμών .

Οι πρόσφατες εξελίξεις στη μεταποιητική βιομηχανία έχουν ανοίξει το δρόμο για την ανάπτυξη των κυβερνο-φυσικών συστημάτων (CPS), στο πλαίσιο του οποίου παρακολουθούνται στενά οι πληροφορίες από όλες τις σχετικές προοπτικές και συγχρονίζονται μεταξύ του φυσικού εργοστασίου και του υπολογιστικού χώρου στον κυβερνοχώρο (Chu-Chi Kuo, Joseph Z. Shyu, Kun Ding, 2019).

Τα κυβερνο-φυσικά συστήματα αναφέρονται κατά κύριο λόγο στην ενσωμάτωση των Κυβερνο-φυσικών Συστημάτων Παραγωγής (CPPS) που σκοπεύουν να διαμορφώσουν καλύτερα και αποδοτικότερα οποιασδήποτε μεταποιητική βιομηχανία και να διαχειριστούν ολόκληρη τη διαδικασία της αλυσίδας αξίας. Το κύριο χαρακτηριστικό αυτών είναι η κάθετη δικτύωση των έξυπνων συστημάτων παραγωγής. Η κάθετη ολοκλήρωση δημιουργεί μία σύνδεση μεταξύ των διαφόρων επιπέδων της βιομηχανίας από το επίπεδο παραγωγής μέχρι την παρακολούθηση, τον έλεγχο και την εποπτεία της παραγωγής, το τμήμα έρευνας και ανάπτυξης, τη διαχείριση ποιότητας, τις λειτουργίες, τη διαχείριση προϊόντων και τη μεταποίηση. Αυτή η διασύνδεση μεταξύ όλων των επιπέδων της επιχείρησης επιτρέπει την ομαλή και διαφανή κυκλοφορία των δεδομένων, που επιτρέπει τη στρατηγική και την λήψη τακτικών αποφάσεων με βάση τα δεδομένα (Nara et al., 2021). Ως εκ τούτου, ο κύριος στόχος πίσω από την κάθετη δικτύωση είναι η χρήση των συστημάτων παραγωγής κυβερνο-φυσικής (CPPS) ώστε να μπορέσουν οι βιομηχανίες να ανταποκριθούν γρήγορα σε απροσδόκητες αλλαγές παραγγελιών που προκύπτουν από διακυμάνσεις της ζήτησης, βλάβες του εξοπλισμού ή έλλειψη αποθεμάτων (Meissner, H., & Aurich, J. C. 2019).

4.12 ΒΙΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

Η μορφή του κόσμου άλλαξε ριζικά καθώς η τεχνολογία σαν δίνη παρέσυρε στους ιλιγγιώδεις ρυθμούς της τη νωχέλεια της απλής και περιορισμένης ζωής των παλιότερων καιρών φτάνοντας σε σημείο που ξεπέρασε ακόμη και τις προσδοκίες του ανθρώπου. Πέραν των προσωπικών βιωμάτων του καθενός, όπως επίσης της

περιοχής που γεννήθηκε και μεγάλωσε, τα επιστημονικά και τεχνολογικά επιτεύγματα που έφερε η κάθε εποχή, επηρέασαν και καθόρισαν εν πολλοίς τη ζωή του. Παρόλη την καθολική εξέλιξη του ανθρώπου σε όλα τα επίπεδα, οι στόχοι για την αύξηση του προσδόκιμου ζωής και την βελτίωση της ποιότητας της παρέμειναν αλώβητοι.

Η υποδομή υψηλής τεχνολογίας στην ιατρική συνέβαλε στην έγκαιρη διάγνωση και θεραπεία των ασθενειών με αποτέλεσμα να μειωθεί η θνησιμότητα. Η τεχνολογία ήρθε να συμβάλει αποφασιστικά στην καταπολέμηση ανιάτων ως τώρα ασθενειών και στην παράταση του μέσου όρου ζωής. Απόρροια αυτών ήταν να βελτιωθεί το προσδόκιμο ζωής, να αυξηθεί ο παγκόσμιος πληθυσμός και να μειωθεί το ποσοστό των ανθρώπων που ζουν σε συνθήκες απόλυτης φτώχειας. Ενδεικτικό παράδειγμα αποτελεί η Κίνα. Συγκεκριμένα, ο αριθμός των ανθρώπων που πρόσφατα γλίτωσαν τις πενιχρές συνθήκες διαβίωσης που φέρει η πενία στην Κίνα, ισούται με το διπλάσιο του πληθυσμού ολόκληρο των Ηνωμένων Πολιτειών (Ross,2017).

Στο παρελθόν παρουσιάστηκαν πανδημίες, λοιμοί και ασθένειες που εξαφάνισαν ολόκληρες γενιές τόσο στις πόλεις όσο και στα χωριά. Η ελλιπής ή εμβρυακή ακόμη εξέλιξη της επιστήμης αδυνατούσε να τις αντιμετωπίσει μειώνοντας τις όποιες δυνατότητες ανάσχεσης της μετάδοσης αυτών• πολύ περισσότερο να τις θεραπεύσει. Ιστορικά παραδείγματα αυτών αποτελούν η «Μαύρη Πανώλη» ή «Μαύρος Θάνατος» που έλαβε χώρα τον 14ο αιώνα και αποτέλεσε μία από τις πιο καταστροφικές πανδημίες της ανθρωπότητας, φτάνοντας του 75 εκατ. θανάτους. Επίσης, το πρώτο κρούσμα ασιατικής χολέρας, του οποίου η εξάπλωση χρονολογείται περίπου στο 1800 επέφερε τον θάνατο σε πολλά εκατομμύρια ανθρώπους, ενώ πιο κοντά χρονολογικά, στις αρχές του 20ο αιώνα έλαβε χώρα η ισπανική γρίπη, η οποία στο διάβα της συμπαρέσυρε περίπου 30-50 εκατ. ανθρώπους (Taylor, 2020).

Εκείνη την εποχή δεν υπήρχαν ακόμη τα μέσα με τα οποία θα μπορούσαν να εντοπιστούν και να καταγραφούν τα θύματα και οι απώλειες. Σε αντιδιαστολή με τα σημερινά δεδομένα, η εξέλιξη της τεχνολογικής προόδου και η χρήση των μέσων αυτής χάρη στην βιοτεχνολογία, πρόσφερε στον άνθρωπο τα εργαλεία που ήταν απαραίτητα ώστε να δύναται να διαχειρίζεται τέτοιες καταστάσεις και να παίρνει τις κατάλληλες αποφάσεις με βάση τα διαθέσιμα δεδομένα.

Η γενετική μηχανική αποτελεί επιστημονικό επίτευγμα των τελευταίων δεκαετιών και εφαρμόζεται ως καινοτομική τεχνολογία. Πρόκειται για την πιο σύγχρονη από τις γενετικές παρεμβάσεις τις οποίες επιχείρησε ο άνθρωπος, και έγινε πρώτα σε απλούς μικροοργανισμούς, για την παραγωγή σε αυτούς κυρίως πολύτιμων για τον άνθρωπο πρωτεϊνών (όπως π.χ. η ανθρώπινη ινσουλίνη κ.α.) και τώρα προχωρεί στις εφαρμογές σε πολυπλοκότερους οργανισμούς, όπως τα φυτά (Show et al., 2022).

Το πιο αξιοσημείωτο παράδειγμα της χρήσης της βιοτεχνολογίας αποτελεί η παραγωγή ανθρώπινης ινσουλίνης. Η ινσουλίνη που καταναλώνει όλος ο κόσμος σήμερα, και όλοι οι διαβητικοί, είναι ανθρώπινη ινσουλίνη, παραγόμενη σε βακτήρια. Μέχρι τότε, για τη θεραπεία του διαβήτη χρησιμοποιούνταν ινσουλίνη

από χοίρους, η οποία ήταν προβληματική για ανθρώπινη χρήση. Το γεγονός ότι δόθηκε η ευκαιρία χάρη σε αυτή τη διαδικασία να παράγεται ανθρώπινη ινσουλίνη, έδωσε λύση σε ένα πολύ σημαντικό πρόβλημα προστασίας της υγείας του ανθρώπου (Τσαυτάρης, 1998).

Όλα τα παραπάνω έρχεται να τα επιβεβαιώσει η πανδημία Covid-19. Η δυνατότητα των επιστημόνων χάρη στην τεχνολογία, να κατανοήσουν το είδος του κορωνοϊού και σε ποια ομάδα ανήκει, αναγνωρίζοντας τη δομή του DNA και RNA σε ελάχιστο χρονικό διάστημα, έρχονται να υπογραμμίσουν την δυναμική και την αποτελεσματικότητα της χρήσης της τεχνολογίας στην αντιμετώπιση της εξάπλωσης του ιού. Αν η πανδημία του κορωνοϊού λάμβανε χώρα σε μία άλλη εποχή, πιο παλιά, και σε χώρες λιγότερο προηγμένες τεχνολογικά, θα είχε επέλθει το απευκαίριο. Στο μέλλον, πολύ πιθανόν, δεν θα υφίσταται ο όρος «πανδημία», καθώς ο άνθρωπος θα έχει τα εργαλεία χάρη στην τεχνολογία να περιορίσει εν δυνάμει ασθένειες που έχουν τάσεις εξάπλωσης (Rezaei, 2020). Η 4^η Βιομηχανική Επανάσταση δύναται να προκαλέσει, μετά από κάποιες δεκαετίες, αύξηση του πληθυσμού με γεωμετρική πρόοδο, αυξάνοντας το προσδόκιμο ζωής των ανθρώπων σταθερά και γραμμικά, χάρη στην εξέλιξη της βιοτεχνολογίας.

4.13 NANOTEΧΝΟΛΟΓΙΑ

Η Νανοτεχνολογία είναι ο επιστημονικός κλάδος που ασχολείται με δομές ατόμων, μορίων με μία ή περισσότερες διαστάσεις, της τάξης του 1 έως 100nm. Ως Νανοτεχνολογία ορίζεται ο επιστημονικός κλάδος που ασχολείται με δομές μεγέθους μερικών νανομέτρων, τα νανοϋλικά και με τις εφαρμογές τους. Στην κλίμακα αυτή οι δομές αυτές χαρακτηρίζονται από εξολοκλήρου διαφορετικές ιδιότητες (ηλεκτρικές, οπτικές, θερμικές, μηχανικές, χημικές) συγκριτικά με τις αντίστοιχες φυσικές ιδιότητες των στοιχείων αυτών σε μεγαλύτερη κλίμακα. Οι κύριες κατηγορίες νανοϋλικών είναι αυτά με βάση τον άνθρακα, τα δένδριμερή και τα σύνθετα υλικά (Bai, Dallasega et al, 2020). Από τους σημαντικότερους τομείς εφαρμογής της Νανοτεχνολογίας είναι ο τομέας της Νανοηλεκτρονικής, όπου αναπτύσσονται γρηγορότερες επικοινωνίες, νέα πολύ ισχυρά συστήματα αποθήκευσης πληροφορίας, μικρότερα μεγέθη υπολογιστικών συστημάτων, συστήματα έξυπνων αισθητήρων κλπ. Την πρόοδο στον τομέα της Νανοηλεκτρονικής ακολούθησαν οι εξελίξεις και στον τομέα της Νανοιατρικής, με διαγνωστικές και θεραπευτικές εφαρμογές (Nasrollahzadeh, 2019).

4.14 ΝΕΥΡΟΕΠΙΣΤΗΜΕΣ

Η νευροεπιστήμη είναι η επιστημονική μελέτη του νευρικού συστήματος. Παραδοσιακά, η νευροεπιστήμη αναγνωρίζεται ως ένας κλάδος της βιολογίας. Ωστόσο, στις μέρες μας αποτελεί ένα διεπιστημονικό επιστημονικό πεδίο που συνεργάζεται με άλλους τομείς όπως τη χημεία, τη γνωσιακή επιστήμη, την επιστήμη των υπολογιστών, τη μηχανική, τη γλωσσολογία, τα μαθηματικά, την ιατρική

(συμπεριλαμβανομένης της νευρολογίας), τη γενετική, και συναφείς κλάδους, συμπεριλαμβανομένης της φιλοσοφίας, της φυσικής και της ψυχολογίας. Επίσης, ασκεί επιρροή σε άλλους τομείς, όπως την εκπαίδευση και την (βιο)ηθική. («Neuroscience». Merriam-Webster Medical Dictionary).

Οι νευροεπιστήμες και οι τεχνολογίες που τις διέπουν γεννούν απίστευτες δυνατότητες αξιοποίησης του ανθρώπινου εγκεφάλου. Η νευροτεχνολογία έχει την δυνατότητα να διαβάξει τον ανθρώπινο εγκέφαλο εστιάζοντας στο πώς οι εκούσιες ή ακούσιες διεργασίες που συμβαίνουν σε αυτόν, επηρεάζουν τη συμπεριφορά και τις γνωστικές μας λειτουργίες.

Η νευροεπιστήμη έχει αναπτυχθεί τόσο τα τελευταία χρόνια δημιουργώντας νέα ερευνητικά πεδία στο ευρύτερο πλαίσιο του νευροπολιτισμού. Από το “πάντρεμά” της με τις επιστήμες της εκπαίδευσης γεννήθηκε η νευροεκπαίδευση (Mora F.,2021). Η νευροεκπαίδευση εστιάζει στο επιστημονικό/ερευνητικό πεδίο για το πώς μαθαίνει ο άνθρωπος, για το ποιοι παράγοντες διευκολύνουν αλλά και ποιοι δυσχεραίνουν τη μαθησιακή διαδικασία, περνώντας στον χώρο της εκπαίδευσης, ώστε η διδακτική πράξη να στηριχθεί στα ασφαλή πορίσματα της νευροεπιστημονικής έρευνας για τον εγκέφαλο.

Ένα άλλο πεδίο εφαρμογής της νευροεπιστήμης αποτελεί η αρχιτεκτονική. Από το αμάλγαμα της νευροεπιστήμης και της αρχιτεκτονικής προήλθε η νευροαρχιτεκτονική. Όταν δε τα δύο νέα πεδία εισήλθαν σε κοινό ερευνητικό πλαίσιο, φτάσαμε ένα βήμα πιο κοντά στην κατανόηση των ποιοτήτων του χώρου που ευνοούν τη μάθηση και την απομνημόνευση. Ο κλάδος της νευροαρχιτεκτονικής ενσωματώνει γνωστά συστατικά της νευροεπιστήμης σε μια νέα διάσταση: αυτή της συνεισφοράς στην ευζωία του ανθρώπου και στην ενίσχυση των προσωπικών και κοινωνικών του ικανοτήτων ενώ βρίσκει εφαρμογή ιδιαίτερα στους νέους τρόπους σχεδίασης των νοσοκομείων και των σχολικών κτιρίων. Στην περίπτωση των σχολείων, ο ρόλος της νευροαρχιτεκτονικής είναι να “μεταφράσει” τον “άψυχο” χώρο και χρόνο του σχολικού περιβάλλοντος σε έναν κώδικα που ο εγκέφαλος φέρει εκ γενετής, αλλά και να τον ενισχύσει. Προσδοκά ένα νέο διάλογο με το περιβάλλον που θα παρέχει στα παιδιά αίσθημα ευεξίας κατά τη διαδικασία της μάθησης, της απομνημόνευσης και της μετεξέλιξής τους, καθώς διαμορφώνουν και χτίζουν τον εγκέφαλό τους (Academy of Neuroscience for Architecture, ANFA)

4.15 ΕΙΚΟΝΙΚΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ (VIRTUAL REALITY)

Η προσομοίωση (Simulation) αντικατοπτρίζει ένα πραγματικό φυσικό φαινόμενο σε υπολογιστές με εικονικά μοντέλα με τα οποία μπορούν να δοκιμαστούν με ασφάλεια και με σημαντικά μικρότερο κόστος τυχόν αλλαγές στα συστήματα (Gunal, 2019).

Η εικονική πραγματικότητα έχει βρει εφαρμογή στην προσομοίωση πτήσεων, οδήγησης πλοίων, αυτοκινήτων και διαστημοπλοίων, δίνοντας την δυνατότητα εκπαίδευσης των οδηγών και πιλότων χωρίς να

εμπλέκονται σε πραγματικό κίνδυνο. Επίσης, η εικονική πραγματικότητα εφαρμόζεται, μεταξύ άλλων, στην εκπαίδευση, την ιατρική, την ψυχαγωγία (βιντεοπαιχνίδια, θεματικά πάρκα) και το διαδίκτυο (με τον κυβερνοχώρο και τα μέσα κοινωνικής δικτύωσης) (Wohlgenannt et al., 2020).

Τα εργαλεία προσομοίωσης κατέχουν υποστηρικτικό ρόλο σε δραστηριότητες που σχετίζονται με την παραγωγή, προωθώντας ένα βιώσιμο περιβάλλον παραγωγής. Σε όλο και πιο ανταγωνιστικά επιχειρηματικά περιβάλλοντα, η προσομοίωση επιτρέπει την αποτελεσματική διαχείριση της παραγωγικής δραστηριότητας της επιχείρησης, δίνοντάς τη δυνατότητα προσαρμογής της σε πολύπλοκα συστήματα, σχεδιάζοντας τις λειτουργίες παραγωγής βάσει των πληροφοριών και των ακριβών εκτιμήσεων που αφορούν το εκάστοτε παραγωγικό σύστημα χρησιμοποιώντας εικονικά μοντέλα (Beheiry et al., 2019).

4.16 ΕΠΑΥΞΗΜΕΝΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ

Ως Επαυξημένη Πραγματικότητα (Augmented Reality) ορίζεται η διαδραστική τεχνολογία που επιτρέπει την άμεση ή έμμεση θέαση ενός πραγματικού περιβάλλοντος επαυξημένο με ψηφιακές πληροφορίες, όπως για παράδειγμα ήχους, κείμενο και βίντεο. Οι τρέχουσες εφαρμογές Επαυξημένης Πραγματικότητας παρέχουν μεγάλες δυνατότητες βελτίωσης της εμπειρίας των χρηστών όσον αφορά τις εφαρμογές στις οποίες καλούνται να έχουν πρόσβαση και να αλληλοεπιδρούν με πληροφορίες που έχουν άμεση σχέση με το περιβάλλον τους (Ramirez-Peña et al., 2020). Επιπλέον, βελτιώνεται η αλληλεπίδραση ανθρώπου-μηχανής, δίνοντας τη δυνατότητα εφαρμογής απομακρυσμένου ελέγχου σε εργασίες συντήρησης και της οπτικής επιθεώρησης του ανθρώπου καθώς μέσω της χρήσης αισθητήρων κίνησης μπορεί να δοθεί ο έλεγχος των κινήσεων των χρηστών για την εκτέλεση συγκεκριμένων εργασιών.

Καθώς η τεχνολογία επαυξημένης πραγματικότητας παρουσιάζει σημαντική εξέλιξη τα τελευταία χρόνια, πληθώρα κλάδων, όπως η ταξιδιωτική βιομηχανία, τα εκπαιδευτικά ιδρύματα και ο ξενοδοχειακός τομέας, την υιοθετούν και την προσαρμόζουν στα δεδομένα τους (Zhan et al., 2020). Η επαυξημένη πραγματικότητα χρησιμοποιείται σαν εργαλείο που αυξάνει την ικανοποίηση του πελάτη και φυσικά το κέρδος.

5.1 ΑΝΑΔΥΣΗ ΝΕΩΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ

Τα οικονομικά ή αλλιώς η οικονομική επιστήμη παίζουν σημαντικό ρόλο στην ερμηνεία και την εφαρμογή της βιωσιμότητας. Τα κλασικά οικονομικά που επηρεάζουν σήμερα πολλές πλευρές της σχέσης ανθρώπου-περιβάλλοντος όπως και ανθρώπου-κοινωνίας είναι βασισμένα στην αναλυτική λογική. Με τα οικονομικά προσδιορίζεται η κατανάλωση των φυσικών και άλλων πόρων, η οικονομική δραστηριότητα που είναι παράγων ρύπανσης, όπως και η κατανομή των αγαθών. Οι «νόμοι» της οικονομίας βασίζονται σε υποθέσεις (όπως αυτή του προσωπικού συμφέροντος του ανθρώπου που είναι προϋπόθεση σε πολλά

οικονομικά μοντέλα), ενώ η ανάπτυξη των οικονομικών θεωριών σχετίζεται στενά με την εκάστοτε πολιτική ιδεολογία και ηθική (Grabowska et al., 2022). Ως εκ τούτου, είναι χρήσιμο να επισημανθούν τα κυριότερα σημεία που σχετίζονται στενά με την βιωσιμότητα.

Η χρήση της τεχνολογίας στους τομείς της εργασίας και της οικονομίας επέφερε μείωση του κόστους που κατέβαλε ο άνθρωπος για την παραγωγή και την αύξηση των παραγόμενων αγαθών, καθώς η χρήση των τεχνικών μέσων υπερτερούν κατά πολύ σε σχέση με τις ανθρώπινες μυϊκές και λογικές δυνατότητες. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα τα τεχνικά μέσα να απαλλάξουν τον άνθρωπο από το μόχθο και το κυριότερο να αυξηθεί η παραγωγικότητα, με αποτέλεσμα τα αγαθά να παράγονται σε λιγότερο χρόνο, με μικρότερο κόστος και σε περισσότερη αφθονία. Η ακαδημαϊκή κοινότητα, λοιπόν, πιστεύει ότι η 4^η βιομηχανική επανάσταση και η υποκείμενη βιομηχανική ψηφιοποίηση μπορούν να προσφέρουν ευκαιρίες για τη βιωσιμότητα, όπως αποδοτικότητα των πόρων ή συνολική οικονομική ανάπτυξη.

Οι νέες επιταγές της τεχνολογικής εξέλιξης οδηγούν αναπόφευκτα στην αναπροσαρμογή των οικονομιών, αναπτύσσοντας νέα οικονομικά πρότυπα που αξιοποιούν αυτές στην επίτευξη του στόχου μίας βιώσιμης ανάπτυξης. Η 4^η βιομηχανική επανάσταση έρχεται να αλλάξει τα παραδοσιακά οικονομικά μοντέλα και να δημιουργήσει νέα, όπως η gig economy, η οικονομία διαμοιρασμού (sharing / collaborative economy), (Frankenfield J., 2020), η βιωματική οικονομία (experience economy) και την «κυκλική οικονομία» (cycling economy).

5.2 Η ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ

Η κυκλική οικονομία δείχνει τον τρόπο με τον οποίο οι τεχνολογίες της 4^{ης} Βιομηχανικής Επανάστασης ενσωματώνονται στις πρακτικές CE. Αυτό επιτρέπει την πρόταση ενός κυκλικού επιχειρηματικού μοντέλου για την ανακύκλωση των αποβλήτων και την παροχή νέων προϊόντων, μειώνοντας σημαντικά την κατανάλωση πόρων και βελτιστοποιώντας τους φυσικούς πόρους (Rosa et al., 2020). Σε ένα πρώτο στάδιο, το κυκλικό επιχειρηματικό μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανακύκλωση ηλεκτρονικών απορριμμάτων, με την προτεινόμενη ενσωμάτωση τεχνολογιών διαδικτύου, αντίστροφης εφοδιαστικής και την χρήση τεχνολογικών πλατφόρμων για την υποστήριξη του μοντέλου. Αυτά έχουν αρκετές περιβαλλοντικές, κοινωνικοτεχνικές και οικονομικές επιπτώσεις για την κοινωνία. Πρώτον, ο αντίκτυπος της επαναχρησιμοποίησης των υλικών σε κατασκευή νέων προϊόντων ελαχιστοποιεί την κατανάλωση πόρων και τις αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Το κυκλικό μοντέλο ενθαρρύνει επίσης τη διατήρηση των επικίνδυνων υλικών που απειλούν σοβαρά τη ζωή στα οικοσυστήματα εκτός των χώρων υγειονομικής ταφής και τους ωκεανούς. Μέσα από την πραγματοποίηση διαφόρων μελετών, διαπιστώθηκε ότι τα περισσότερα αστικά απόβλητα είναι πλαστικό και χυτοσίδηρος, αφήνοντας χώρο για βελτίωση στην αύξηση της ανακύκλωσης των μεταλλικών απορριμμάτων και παρόμοιων υλικών (Awan, 2021). Δεύτερον,

το κυκλικό επιχειρηματικό μοντέλο προωθεί μια κουλτούρα επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσης και παρακινεί την ανάπτυξη της συλλογής και επεξεργασίας τεχνικών για τα αστικά απόβλητα μέσω της χρήσης τεχνολογιών, όπως λόγω χάρη της τρισδιάστατης εκτύπωσης. Ως εκ τούτου, με αυτόν τον τρόπο, οι εμπλεκόμενοι φορείς επικεντρώνονται στα τεχνικά μέρη της ανακύκλωσης και μπορούν να αφιερωθούν καλύτερα στην έρευνα, ανάπτυξη και την καινοτομία, επειδή πολλές από τις διαδικασίες θα αυτοματοποιηθούν. (Nascimento, D. et al., 2019).

5.3 GIG ECONOMY

Ένα νέο οικονομικό πρότυπο που έχει δείξει την δυναμική που φέρει σε συνάρτηση με τις νέες τεχνολογίες είναι το «gig economy», σύμφωνα με τις επιταγές του οποίου οι προσωρινές, ευέλικτες θέσεις εργασίας είναι κοινός τόπος και οι εταιρείες τείνουν να προσλαμβάνουν ανεξάρτητους εργολάβους και ελεύθερους επαγγελματίες αντί για υπαλλήλους πλήρους απασχόλησης (Ungureanu et al., 2019). Η εν λόγω οικονομία υπονομεύει την παραδοσιακή οικονομία των εργαζομένων πλήρους απασχόλησης, οι οποίοι συχνά επικεντρώνονται στην εξέλιξη της καριέρας τους, ενώ αντιθέτως βασίζεται σε ευέλικτες, προσωρινές ή ανεξάρτητες θέσεις εργασίας, οι οποίες συχνά περιλαμβάνουν σύνδεση με πελάτες ή πελάτες μέσω μιας διαδικτυακής πλατφόρμας ωφελώντας τους εργαζόμενους, τις επιχειρήσεις και τους καταναλωτές και καθιστώντας την εργασία πιο προσαρμόσιμη στις ανάγκες της στιγμής και στη ζήτηση για ευέλικτο τρόπο ζωής. Ενδεικτικά παραδείγματα αυτού του προτύπου οικονομίας αποτελούν οι εταιρείες Airbnb και Uber, που στα βασικά χαρακτηριστικά τους ορίζονται ως αρκετά οικονομικές και αποτελεσματικές επιλογές για αυτούς που θέλουν να τις χρησιμοποιήσουν (Mehta et al., 2020). Η gig economy βασίζεται κατά κύριο λόγο στις ψηφιακές τεχνολογίες, όπως αναφέρεται και στην Investopedia (Chappelow J, 2020, Roush, Ch. 2020). Ως εκ τούτου το οικονομικό πρότυπο της gig economy είναι ένα περιβάλλον δυναμικό, τα οφέλη του οποίου μπορούν να αποκομίσουν μόνο όσοι κάνουν χρήση των ψηφιακών υπηρεσιών, όπως το διαδίκτυο. Κατά αυτό τον τρόπο υπογραμμίζεται η άρρηκτη σχέση μεταξύ της τεχνολογικής προόδου που αναπτύσσει μία χώρα και του οικονομικού προτύπου που προωθεί. Ίσως στον αντίποδα θα μπορούσε να σταθεί το γεγονός της διάβρωσης των παραδοσιακών οικονομικών σχέσεων μεταξύ εργαζομένων, επιχειρήσεων και πελατών. Η συνολική αξία της gig economy αποτιμάται στα 246δισ ευρώ, σύμφωνα με τα τελευταία στοιχεία που συλλέχθηκαν το 2020, ενώ εκτιμάται ότι μέχρι το 2023 η συνολική αξία θα διαμορφωθεί στα 378δισ ευρώ. (DK Consultants Group, 2021).

5.4 ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ ΤΟΥ ΔΙΑΜΟΙΡΑΣΜΟΥ (SHARING ECONOMY)

Η εποχή της ψηφιακής ανάπτυξης χαρακτηρίζεται από κάθε καινοτομία που αναπτύσσεται και βασίζεται σε ανακαλύψεις που προϋπάρχουν, ενώ αυξάνει τον αριθμό των εφαρμογών. Ταυτόχρονα, κάθε νέα

τεχνολογία περιορίζει την επιρροή προηγούμενων τεχνολογιών και σε πολλές περιπτώσεις οδηγεί σε ολική ανατροπή και δημιουργία τελείως νέων δεδομένων. Αυτό παρατηρείται και στα επιχειρηματικά μοντέλα που εφαρμόζονται σήμερα με χαρακτηριστικότερη περίπτωση το μοντέλο της οικονομίας του διαμοιρασμού (sharing economy) (Pham et al., 2019). Μετά από έναν αιώνα όπου το επικρατέστερο μοντέλο ήταν αυτό των εισηγμένων εταιριών, σήμερα παρατηρείται σημαντική κάμψη και στροφή σε εταιρίες που αν και είναι εισηγμένες σε χρηματαγορές, διατηρούν παράλληλα την ιδιωτικότητα τους. Χιλιάδες νέοι άνθρωποι δημιουργούν επιχειρήσεις με προσωρινές έδρες, που πρωτοπορούν ως προς την οργανωτική τους δομή. Ενώ παλαιότερα οι επιχειρήσεις αντιμετώπιζαν προβλήματα στην εύρεση των απαιτούμενων πόρων για ενοικίαση κτιριακών εγκαταστάσεων και εγκατάσταση μηχανογραφικών συστημάτων, τώρα με τη χρήση νέων τεχνολογιών έχουν τη δυνατότητα να απευθύνονται σε παγκόσμιο κοινό χωρίς υψηλές επενδύσεις. (Govindan et al., 2020) Αντίθετα, μπορούν να αναπτύσσονται ακολουθώντας ένα μοντέλο αγοράς υπηρεσιών μόνο όταν απαιτούνται, εφαρμόζοντας μοντέλα ανάθεσης σε εξωτερικούς συνεργάτες όλων των διεργασιών που δεν σχετίζονται με τη βασική δραστηριότητα της επιχείρησης. Αυτό βέβαια είναι εφικτό μόνο μέσω τεχνολογικών – ψηφιακών εφαρμογών που συνδυάζουν αποτελεσματικά την προσφορά και τη ζήτηση πόρων και υπηρεσιών.

Η οικονομία του διαμοιρασμού είναι ένα σύγχρονο οικονομικό και κοινωνικό φαινόμενο που βασίζεται στο διαμοιρασμό ανθρώπινων και φυσικών πόρων και περιλαμβάνει μεταξύ άλλων διαμοιρασμό της δημιουργίας, της παραγωγής, της διανομής, του εμπορίου και της κατανάλωσης αγαθών και υπηρεσιών από διαφορετικά άτομα και οργανισμούς. Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί στο διαδίκτυο πολλές πλατφόρμες διαμοιρασμού αγαθών και υπηρεσιών με περισσότερο γνωστές αυτές των σπιτιών και των αυτοκινήτων (Grondys et al., 2019). Το βασικό πλεονέκτημα αυτών των συστημάτων είναι ότι δημιουργούν επωφελείς καταστάσεις για όλα τα εμπλεκόμενα μέρη, ενώ βασικά τους πλεονεκτήματα είναι η κατά παραγγελία πρόσβαση σε αγαθά και υπηρεσίες και η αποτελεσματική αξιοποίηση αχρησιμοποίητων πόρων που παράλληλα ωθεί σε αύξηση της απασχόλησης και της μικρό-επιχειρηματικότητας.

Η δυναμική των επιχειρήσεων που ακολουθούν αυτό το μοντέλο είναι τεράστια με χαρακτηριστικότερες την Uber και την Airbnb, που και οι δύο δημιουργήθηκαν στο Σαν Φρανσίσκο. Η Uber έχει ένα σημαντικό πλεονέκτημα σε σχέση με τις παραδοσιακές εταιρίες ταξί, δεν έχει δικά της οχήματα με αποτέλεσμα να μην τη βαρύνουν τα κόστη ασφάλισης και συντήρησης του στόλου οχημάτων τα οποία επωμίζονται οι ιδιοκτήτες των οχημάτων. Η Airbnb αντίστοιχα, είναι μία εταιρία που παρέχει υπηρεσίες διαμονής και δραστηριοποιείται διαδικτυακά. Αντίθετα με παραδοσιακές επιχειρήσεις του χώρου όπως η Hyatt, η Airbnb παρουσιάζει εκθετική αύξηση στον κύκλο εργασιών. Το γεγονός αυτό καταδεικνύει με τον πλέον χαρακτηριστικό τρόπο τη διαφορά στην προσέγγιση της έννοιας της ιδιοκτησίας από τις δύο επιχειρήσεις. Ο παραδοσιακός τρόπος, που εκφράζει η Hyatt, απαιτεί τη δέσμευση τεράστιων χρηματικών πόρων για την απόκτηση κτιριακών εγκαταστάσεων και υλικοτεχνικών υποδομών, ενώ ο καινοτόμος τρόπος της Airbnb

φέρει σε επαφή τους ιδιοκτήτες ακινήτων με ανθρώπους που αναζητούν υπηρεσίες διαμονής, χωρίς η εταιρία να κατέχει καμία ιδιοκτησία (Curtis et al., 2019). Οι δύο εν λόγω επιχειρήσεις διαταράσσουν τον παραδοσιακό τρόπο λειτουργίας, προσφέροντας έναν οικονομικό και βολικό τρόπο στους καταναλωτές για αγορά υπηρεσιών.

Η οικονομία του διαμοιρασμού δεν δημιουργήθηκε από το μηδέν, αλλά αποτελεί συνέχιση της υφιστάμενης τάσης που ευνοεί την κατά παραγγελία χρήση από την ιδιοκτησία. Σήμερα, βλέπουμε αυτήν την τάση και στο χώρο της διασκέδασης με εταιρίες όπως το Spotify και το Netflix να έχουν αποκτήσει τεράστια αξία. Όπως στον χώρο της μετακίνησης και των ξενοδοχειακών υπηρεσιών, έτσι, και σε αυτήν την περίπτωση είναι η ανάπτυξη των ψηφιακών τεχνολογιών που περιόρισε το κόστος και κατέστησε εφικτό αυτόν τον τρόπο λειτουργίας. Οι σύγχρονοι αναλυτές θεωρούν πως η οικονομία διαμοιρασμού είναι η ενδιάμεση φάση ανάμεσα στον παραδοσιακό τρόπο ζωής που βασίζονταν στην ιδιοκτησία και στον μελλοντικό, όπου τα πάντα θα παρέχονται υπό μορφή υπηρεσίας. (Nannelli M & Oliva St., 2021)

6.1 ΕΠΙΡΡΟΗ ΤΗΣ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΤΗΣ 4^{ΗΣ} ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗΣ

Η βιωσιμότητα θέτει όρια στο πώς και ποιες τεχνολογίες της 4^{ης} Βιομηχανικής Επανάστασης εφαρμόζονται (Cochran & Rauch, 2020). Σε οικονομικό επίπεδο, είναι κυρίως τα εμπόδια που επηρεάζουν την εφαρμογή της 4^{ης} Βιομηχανικής Επανάστασης, καθώς απαιτεί υψηλές αρχικές επενδύσεις, οι οποίες πρέπει να ξεπεραστούν για την οικονομική μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα και την ανταγωνιστικότητα (Bag, Yadav, et al. 2020- Kumar, Singh, and Dwivedi 2020). Σε περιβαλλοντικό επίπεδο, η πίεση από την πολιτική, κοινωνική και νομική πλευρά αυξάνεται δραστικά, απαιτώντας από τις βιομηχανικές επιχειρήσεις να λάβουν αντίστοιχα αντίμετρα, όπως η ενίσχυση των περιβαλλοντικών τους επιδόσεων με την εφαρμογή των νέων αυτών τεχνολογιών (Bag, Pretorius et al. 2020- Harikannan, Vinodh & Gurumurthy 2020). Από κοινωνική άποψη, η εφαρμογή της 4^{ης} Βιομηχανικής Επανάστασης θα πρέπει να γίνεται με επίκεντρο τον άνθρωπο, διευκολύνοντας και εμπλουτίζοντας τα καθήκοντα των εργαζομένων, αυξάνοντας την επαγγελματική τους υγεία και ασφάλεια, και την ενίσχυση του επιπέδου γνώσεων και δεξιοτήτων τους, καθώς ο άνθρωπος παραμένει η καρδιά της βιώσιμης δημιουργίας βιομηχανικής αξίας (Gualtieri et al. 2020 - Pinzone et al. 2020).

Η μελλοντική έρευνα θα μπορούσε να διερευνήσει λεπτομερέστερα την κινητήρια και εξαρτητική δύναμη των αντίστοιχων τεχνολογιών της 4^{ης} Βιομηχανικής Επανάστασης και των αρχών στο πλαίσιο της βιωσιμότητας, στην καλύτερη περίπτωση με εμπειρικό τρόπο, βελτιώνοντας την πρακτικότητά της. Επιπλέον, η συστηματική εμπειρική διερεύνηση του τρόπου με τον οποίο οι 4^η Βιομηχανική Επανάσταση και η βιωσιμότητα αλληλοεπηρεάζονται στο πλαίσιο της επίδρασής τους στην τριπλή bottom line (TBL) μπορεί να

αποβεί πρακτικά επωφελής, καθώς η εφαρμογή των τεχνολογιών της 4^{ης} Βιομηχανικής Επανάστασης υπόκειται σε λεπτομερή σχεδιασμό, εξαλείφοντας όσο το δυνατόν περισσότερες αβεβαιότητες κατά τη διάρκεια της αντίστοιχης λήψης αποφάσεων. Η έρευνα θα μπορούσε να δημιουργήσει έναν οδικό χάρτη υλοποίησης της 4^{ης} Βιομηχανικής Επανάστασης και για το πώς θα επιτευχθεί η βιώσιμη αλλαγή όσο το δυνατόν πιο αποτελεσματικά και αποδοτικά. Επιπλέον, θα μπορούσε να διερευνηθεί η αντίστοιχη δύναμη μόχλευσης των τεχνολογιών της 4^{ης} Βιομηχανικής Επανάστασης, για το πώς θα μεγιστοποιηθεί ο αντίκτυπος της εφαρμογής αυτών ως σύνολο και όχι ως μεμονωμένη τεχνολογία.

7.1 SOCIETY 5.0 AND INDUSTRY 5.0

“Υπάρχουν μελέτες που θεωρούν την τεχνολογία ως τον κύριο μοχλό της «ριζικής αλλαγής» (Morakanyane et al. 2020). Από την άλλη πλευρά, υπάρχουν άνθρωποι που περιγράφουν τις ψηφιακές τεχνολογίες ως ευνοϊκό παράγοντα για μια νέα οργανωτική αλλαγή (Nambisan et al. 2019 ; Morakanyane et al. 2020), που επηρεάζει την κοινωνία και τους ανθρώπους, καθώς και τη διαχείριση της γνώσης” (Urbinati et al. . 2020). Η διαδικασία ψηφιοποίησης αποτελείται από μια σειρά μετρήσεων που αποδίδονται στη βελτιστοποίηση των διαδικασιών παραγωγής εντός των βιομηχανιών (διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας, κατασκευή και παραγωγή σε έξυπνα εργοστάσια κ.λπ.). Από την άλλη πλευρά, ο ψηφιακός μετασχηματισμός εφαρμόζει μια αναδιάρθρωση των κοινωνικοπολιτισμικών προτύπων με επίκεντρο τις πιο ανόμοιες τεχνολογικές καινοτομίες (Nambisan et al. 2019). Εδώ ορίζεται η ιδέα του Society 5.0 (ή «Super Smart Society»). Αυτή η πρωτότυπη άποψη ξεκίνησε στην Ιαπωνία και σκιαγραφήθηκε ως η κύρια ιδέα στο «Πέμπτο Βασικό Σχέδιο Επιστήμης και Τεχνολογίας» που εισήχθη από το ιαπωνικό «Συμβούλιο για την Επιστήμη, την Τεχνολογία και την Καινοτομία». Σύμφωνα με την ιδέα του Society 5.0 οι μελλοντικές μηχανές και οι έξυπνες συσκευές θα βελτιώσουν τη ζωή και την εργασία του ανθρώπου” (Ellitan and Anatan 2020). Ο ρόλος της σχεδιαστικής σκέψης στο Industry 5.0 είναι πιο ανθρωποκεντρικός σε σύγκριση με το Industry 4.0. Η σχεδιαστική σκέψη υποστηρίζει τη σύνδεση της καινοτομίας και των τεχνολογικών πολιτικών με την εταιρική στρατηγική μιας επιχείρησης (Ellitan and Anatan 2019).

8.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΡΕΥΝΑΣ: ΠΛΑΙΣΙΟ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗΣ ΕΝΝΟΙΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ (CONCEPTUAL FRAMEWORK) ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΜΠΕΙΡΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

Ενώ οι περισσότερες έρευνες επικεντρώνονται στις θετικές επιπτώσεις των τεχνολογιών της 4^{ης} Βιομηχανικής Επανάστασης σε σχέση με την βιώσιμη ανάπτυξη (Margherita & Braccini, 2020 – Felsberger et al., 2020 - Strandhagen et al., 2020), ελάχιστες επικεντρώνονται στις αρνητικές επιπτώσεις και τους αντίστοιχους κινδύνους (Birkel et al, 2019). Επιπλέον, η έρευνα δεν έχει ακόμη συναινέσει σχετικά με τις

πραγματικά κύριες προθέσεις και τους κύριους κινητήριους μοχλούς κατά την εφαρμογή της 4^{ης} Βιομηχανικής Επανάστασης, καθώς υπάρχουν έρευνες που υπονοούν ότι οι οικονομικοί παράγοντες είναι οι κύριοι κινητήριοι μοχλοί (Brozzi et al., 2020 – Ivascu 2020), ενώ άλλες έρευνες αναδεικνύουν τους περιβαλλοντικούς και κοινωνικούς παράγοντες ως αντίστοιχους κύριους κινητήριους μοχλούς (Sharma et al., 2020). Ο Ghobakhloo (2020) θεωρεί έτσι τις οικονομικές λειτουργίες της βιωσιμότητας ως ένα άμεσο αποτέλεσμα της 4^{ης} Βιομηχανικής Επανάστασης, το οποίο πληρώνει το τίμημα για την όποια ανάπτυξη των κοινωνικοπεριβαλλοντικών λειτουργιών βιωσιμότητας. Ένα σημείο στο οποίο συμφωνούν κυρίως οι έρευνες είναι η σημασία της 4^{ης} Βιομηχανικής Επανάστασης για μια βιώσιμη ανάπτυξη, θεωρώντας την ανθρωποκεντρική εφαρμογή της ως μοχλό για την ενίσχυση όχι μόνο της παραγωγικότητας, αλλά και ολόκληρης της διαδικασίας εφαρμογής της (Yadav et al. 2020). Επιπλέον, η 4^η Βιομηχανική Επανάσταση θεωρείται ως βασικός παράγοντας για τη συνεχιζόμενη αλλαγή παραδείγματος από μια γραμμική οικονομία σε μια κυκλική οικονομία (P. Kumar, Singh, and Kumar 2021- Dantas et al. 2021- Nascimento et al. 2019). Ωστόσο, οι έρευνες διαφωνούν σχετικά με τον ακριβή αντίκτυπο της 4^{ης} Βιομηχανικής Επανάστασης στην κοινωνία, κυρίως λόγω του ότι τα αποτελέσματα αυτής δεν είναι ακόμη προβλέψιμα, με απειλές όπως η απώλεια θέσεων εργασίας να εγείρονται από την μία πλευρά (Birkel et al. 2019) και από την άλλη να παρουσιάζονται οφέλη όπως οι εμπλουτισμός της εργασίας, η υγεία και ασφάλεια, η μείωση της μονοτονίας και της κακής στάσης εργασίας, καθώς και η ενισχυμένη επαγγελματική κατάρτιση. Ως εκ τούτου κρίνεται επιτακτική ανάγκη για περαιτέρω έρευνα και διατύπωση βελτιωμένων πλαισίων για την αποτύπωση μιας πιο ολιστικής άποψης σχετικά με την σχετικά με τους συναφείς κινδύνους των βιώσιμων εφαρμογών της 4^{ης} Βιομηχανικής Επανάστασης (Birkel et al. 2019).

8.2 ΚΕΝΑ ΔΕΞΙΟΤΗΤΩΝ

Οι βαθιές αλλαγές που συντελούνται στη δομή της παραδοσιακής κοινωνίας είναι μεγάλες. Οι σύγχρονοι ήρωες της ανθρωπότητας δεν είναι πια ο συνετός βασιλιάς, ο σοφός ουμανιστής, ο φιλελεύθερος κυβερνών αλλά ο εφευρέτης, ο ατομικός επιστήμονας, ο προγραμματιστής ή ο αστροναύτης. Η επικράτηση των όρων «τεχνοκρατία» και «τεχνοκράτης» μαρτυρούν το κύρος που απολαμβάνει η τεχνολογία στις μέρες μας.

Στο παρελθόν αναλφάβητος θεωρούνταν εκείνος που δεν πήγαινε ή εγκατέλειπε νωρίς το σχολείο, με αποτέλεσμα να μην γνωρίζει γραφή και ανάγνωση και κατά συνέπεια να έχει ελάχιστες γνώσεις. Στην σημερινή εποχή και με την αλματώδη ανάπτυξη της τεχνολογίας, δημιουργείται μία νέα μορφή αναλφαβητισμού, ο ψηφιακός αναλφαβητισμός. Οι άνθρωποι που δεν φέρουν την κατάρτιση και την γνώση της χρήσης και της λειτουργίας των ψηφιακών εργαλείων θα θεωρούνται ψηφιακά αναλφάβητοι και θα καλούνται να αντιμετωπίσουν σοβαρά προβλήματα στην καθημερινότητα τους σε σχέση με τις ψηφιακές υπηρεσίες. Η αναδιαμόρφωση και η συγκρότηση μίας ηλεκτρονικής διακυβέρνησης έχει ήδη ξεκινήσει

καθώς οι συνθήκες έχουν ωριμάσει για κάτι τέτοιο. Καθίσταται επομένως αδήριτη ανάγκη η κατάρτιση στα τεχνολογικά μέσα που φέρει η 4^η Βιομηχανική Επανάσταση, ώστε να μπορούμε όλοι να συνυπάρχουμε και να συνεχίσουμε να αποτελούμε ενεργοί πολίτες στη διαδικασία του ψηφιακού εκσυγχρονισμού του κράτους στο οποίο ανήκουμε. Ως εκ τούτου, θα πρέπει να θέσουμε ως στόχο να μειώσουμε, στον μικρότερο δυνατό αριθμό, τους ψηφιακά αναλφάβητους, ώστε να απωλέσουμε την πιθανότητα εργασίας αυτών σε χαμηλά αμειβόμενες θέσεις, καθώς δεν θα έχουν την κατάρτιση να ενταχθούν στο νέο ενεργό κομμάτι του εργατικού δυναμικού και οι οποίες στο μέλλον θα κινδυνεύουν να αντικατασταθούν από τα ρομπότ. Θα πρέπει να δημιουργήσουμε μία ενιαία βάση, στην οποία η ψηφιακή εκπαίδευση θα είναι μία ατέρμονη διαδικασία. Ο πολίτης καλείται, επομένως, να είναι περισσότερο δικτυωμένος από ποτέ, ώστε να δύναται να συμμετάσχει άμεσα και γρήγορα στη λήψη αποφάσεων.

Οι κίνδυνοι που ελλοχεύουν εξαιτίας της έλλειψης τεχνολογικών γνώσεων αντικατοπτρίζονται στην στρατηγική ήπιας ισχύος της Κίνας που εφαρμόζεται στην Αφρική. Συγκεκριμένα, η Κίνα μέσω της δημιουργίας υποδομών και τηλεπικοινωνιακού δικτύου στις χώρες της Αφρικής, κατάφερε να εκμεταλλευτεί τον πλούτο που υπάρχει στην ήπειρο με αδιαφανείς διαδικασίες. Οι Κινέζοι μέσω της δημιουργίας σημαντικών δομών, εξαναγκάζουν υποδορίως τους Αφρικανούς να υπογράψουν αποκλειστικές συμβάσεις σύμφωνα με τις οποίες οι πρώτες ύλες να είναι κινεζικές, ενώ το πρόβλημα έρχεται να ενισχυθεί με την αξιοποίηση και χρήση εργατικού δυναμικού από την Κίνα και όχι από τον ντόπιο πληθυσμό της εν λόγω ηπείρου. Αποτελέσματα των παραπάνω είναι η ελλιπής παροχή τεχνογνωσίας και η αδυναμία κάλυψης θέσεων εργασίας από τους ντόπιους, οδηγώντας στην πλήρη εξάρτηση των χωρών αυτών από την Κίνα. Ως εκ τούτου, η κατάσταση αυτή οδηγεί τις τοπικές κοινωνίες σε έντονο προβληματισμό και αναζήτηση νέων διεξόδων διαμέσου της τεχνολογίας ώστε να μειωθεί η έκταση της διαφθοράς καθώς απομακρύνει την πιθανότητα μίας σταθερής και βιώσιμης ανάπτυξης της ηπείρου, οδηγώντας τη σε μία νέα μορφή υποδούλωσης. (Sobriño et al. 2019).

Η ασιατική υπερδύναμη προσπαθεί εν αγνωιδώς να αφαιρέσει τα σκήπτρα από τις ΗΠΑ και όλες οι στρατηγικές κινήσεις, οι συνεργασίες της με διάφορα κράτη (Τουρκία, αφρικανικές και ευρωπαϊκές χώρες, Πακιστάν κ.α.), καθώς και η τεχνολογική της ανάπτυξη διά μέσου της Huawei είναι προσανατολισμένες προς αυτή την κατεύθυνση, που θέλει το γεωστρατηγικό παιχνίδι να ταυτίζεται με τον έλεγχο της 4^{ης} Βιομηχανικής Επανάστασης. Ως εκ τούτου οι γεωστρατηγικές και γεωπολιτικές διαμάχες θα καθορίσουν εν πολλοίς τον ρου της 4^{ης} Βιομηχανικής Επανάστασης, καθώς αποκτούν πλέον μία γεωτεχνολογική διάσταση.

Ο ψηφιακός μετασχηματισμός που δρομολογείται από την 4^η Βιομηχανική Επανάσταση θα πρέπει να ωριμάσει από κοινωνιολογική άποψη, ώστε να προσφέρει τις επιθυμητές λειτουργίες βιωσιμότητας με την ανάπτυξη του ανθρωπίνου δυναμικού στην ψηφιοποίηση, η οποία αποτελεί το εφελτήριο για τη διαδικασία αυτή. Σήμερα, τα κενά δεξιοτήτων σε όλες τις βιομηχανίες αυξάνονται με πρωτοφανή ρυθμό, γεγονός που οφείλεται στη χιονοστιβάδα ανάπτυξης προηγμένων ψηφιακών τεχνολογιών, στις ραγδαίες εξελίξεις της

τεχνητής νοημοσύνης και στην ενσωμάτωση του διαδικτύου των πραγμάτων σε διάφορους κλάδους. Αυτή η συνεχής πορεία μεταβάλλει ταχύτατα την ίδια τη φύση των θέσεων εργασίας, συρρικνώνοντας τις ευκαιρίες απασχόλησης με χαμηλές δεξιότητες όλο και περισσότερο, απαιτώντας τεχνικές δεξιότητες στους τομείς της επίλυσης προβλημάτων, του προγραμματισμού, της δημιουργικής σκέψης και του σχεδιασμού συστημάτων. Θα πρέπει να υπάρξει μία επανεκπαίδευση στα νέα δεδομένα και συγκεκριμένα μία «ψηφιακή εκπαίδευση», με στόχο την απασχόληση και την διαχείριση της ανεργίας. Ένα το ισοζύγιο νέων ψηφιακών θέσεων εργασίας – παρωχημένων θέσεων εργασίας δεν είναι θετικό, τότε οι κοινωνίες θα οδηγηθούν με μαθηματική ακρίβεια είτε σε κοινωνικές αναταράξεις είτε σε κοινωνική ακηδία. Τα καλά νέα είναι ότι οι ίδιες ψηφιακές τεχνολογίες που ευθύνονται για τις δεξιότητες ψηφιοποίησης και το χάσμα των δεξιοτήτων μπορούν να συμβάλουν στη γεφύρωσή του. Η χρήση των έξυπνων εφαρμογών, της ανταλλαγής πληροφοριών με την δυνατότητα του διαδικτύου των πραγμάτων και των εργαλείων ανάλυσης δεδομένων μπορεί να βελτιώσει σημαντικά την αποτελεσματικότητα της κατάρτισης στην εργασία και μέσω των προγραμμάτων μάθησης και των συστημάτων ανάπτυξης καριέρας. Κρίνεται επομένως απαραίτητο να ερευνηθεί η ομαλή μετάβαση και πλήρης κατάρτιση στις τεχνολογικές δεξιότητες που φέρει η 4^η Βιομηχανική Επανάσταση.

8.3 Η ΥΠΕΡΕΚΘΕΣΗ ΤΗΣ ΙΔΙΩΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΤΟ ΒΩΜΟ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗΣ ΠΡΟΟΔΟΥ

Το διαδίκτυο των πραγμάτων ως έννοια αφορά την παραγωγή δεδομένων από αντικείμενα που είναι συνδεδεμένα στο διαδίκτυο. Αυτό συνεπάγεται ότι όλα τα αντικείμενα που μας περικλείουν θα είναι συνδεδεμένα στο διαδίκτυο και με τους ενσωματωμένους ανιχνευτές που θα φέρουν, θα μπορούν να καταγράφουν, να ανταλλάσσουν δεδομένα μεταξύ τους και να αλληλοεπιδρούν. Θα οδηγηθούμε σταδιακά στο διαδίκτυο των πάντων και στην δημιουργία ενός νέου μοντέλου των έξυπνων πόλεων («smart cities») που στόχο θα έχουν την ευημερία. Τι θα συμβεί όταν έξυπνες συσκευές, φαινομενικά λειτουργικές προς την εξυπηρέτηση μας, περάσουν στον στόχαστρο μεγάλων εταιρειών; Όταν αντί ο πρωτεύων σκοπός ενός «έξυπνου ψυγείου» δεν θα είναι αθώος, να γεμίσει δηλαδή το ψυγείο μας με τρόφιμα, αλλά εμείς οι ίδιοι οι καταναλωτές θα αποτελέσουμε βορά μεγάλων διαφημιστικών εταιρειών;

Αρκεί να αναλογιστούμε εταιρείες η ισχύς που φέρουν εταιρίες όπως η Google, η Amazon, το Facebook, η Apple και η Microsoft πόσο μεγάλη είναι. Το μέγεθος της επίδρασης αυτών των εταιρειών αποτυπώνεται στην υπερέκθεση των ανθρώπων μέσω του ψηφιακού εθισμού σε αυτές. Η απόσπαση των δεδομένων και η απορρόφηση της προσοχής των ανθρώπων σε αυτές καθιστά τους τελευταίους έρμαιο των επιχειρηματικών επιδιώξεων τους και κατ' επέκταση των διαφημιστών που επιδιώκουν να προωθήσουν τα προϊόντα και τις υπηρεσίες τους. Η εγγραφή και η χρήση απειράριθμων χρηστών σε αυτές οδήγησε στην «κεφαλαιοποίηση» των τελευταίων, με αποτέλεσμα να αποτελούν πηγή κέρδους για τις εν λόγω εταιρείες. Την ίδια στιγμή που

εγγραφόμενα και χρησιμοποιούμε τις πλατφόρμες των κοινωνικών δικτύων πληρώνουμε το αντίτιμο με τα δεδομένα μας. Οι εταιρείες που διαχειρίζονται τις πλατφόρμες κοινωνικής δικτύωσης, πωλούν τα δεδομένα μας έναντι υπέρογκων ποσών σε διαφημιστές που θέλουν να προσελκύσουν την προσοχή μας για να αγοράσουμε τα προϊόντα που πωλούν. Γιατί όχι και ένα «έξυπνο ψυγείο», που θα είναι διαρκώς συνδεδεμένο στο διαδίκτυο;

Παράδειγμα αποτελεί το σκάνδαλο της Cambridge Analytica η οποία μέσω της εφαρμογής «This is your digital life» πραγματοποιούσε παράνομη χρήση των δεδομένων των χρηστών της κοινωνικής πλατφόρμας facebook, χωρίς την συγκατάθεση τους, με στόχο την προώθηση πολιτικών διαφημίσεων και την επιρροή της κρίσης αυτών. Το σκάνδαλο αντικατοπτρίζει εν τοις πράγμασι τον τρόπο με τον οποίο οι ιδέες και οι πεποιθήσεις των ανθρώπων μπορούν να μετατραπούν σε εμπόρευμα.

Δεν θα πρέπει να παραβλέπουμε ότι η νέα ψηφιακή πραγματικότητα εγκυμονεί αρκετούς κινδύνους για την ασφάλεια των χρηστών και γενικότερα των πολιτών. Τα δεδομένα αποτελούν στοιχεία της προσωπικής μας ζωής, τα περιουσιακά στοιχεία μας τα οποία πρέπει να προφυλαχτούν και να αποσοβηθεί η όποια κατάχρηση αυτών. Η ασφάλεια που θα πρέπει η εκάστοτε κυβέρνηση να μεριμνήσει να υπάρχει μέσω μίας νέας και κομβικής τεχνολογίας, αυτή της κυβερνοασφάλειας, θα κληθεί να δημιουργήσει ένα πλέγμα ασφάλειας των προσωπικών δεδομένων των πολιτών έναντι στην αλόγιστη και ανήθικη επεξεργασία και κατάχρηση αυτών, καθώς επίσης της αποτροπής των ψηφιακών επιθέσεων (cyber attacks).

Στον αντίποδα των ανωτέρω, μια εξορθολογισμένη μεταχείριση μέσω της προστασίας των δεδομένων (GDPR), καθώς επίσης μία φορολογητέα πρακτική των δεδομένων για την ορθή και ασφαλή διαχείριση αυτών, ίσως φρενάρει την αλόγιστη κατάχρηση που γίνεται από την αξιοποίηση αυτών με στόχο το οικονομικό κέρδος. Είναι όλα αυτά όμως αρκετά; Μήπως αποτελούν απλώς το πέπλο της ασφάλειας ενώ στην πραγματικότητα θα πρέπει να προβλεφθούν τυχόν επιπτώσεις της αλόγιστης χρήσης και υπερέκθεσης; Η έρευνα φαίνεται να φέρει ακόμα κενά περιεχομένου, ενώ κρίνεται επιτακτική ανάγκη η ορθή εξομάλυνση της όποιας υπερέκθεσης και η ανάγκη ενός σχεδίου προστασίας.

8.4 Η ΚΟΙΝΩΝΙΚΗ ΑΠΟΞΕΝΩΣΗ ΚΑΙ Η ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΗ ΤΗΣ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑΣ

Οι επιπτώσεις της τεχνολογικής ανάπτυξης δεν αφορούν τον άνθρωπο μόνο ως φυσική ύπαρξη, αλλά και ως προσωπική και κοινωνική οντότητα. Από την άποψη αυτή η τεχνολογία έγινε αιτία να δημιουργηθούν οι απαραίτητες προϋποθέσεις της αλλοτρίωσης του σύγχρονου ανθρώπου, της αποξένωσής του, όχι μόνο από το φυσικό αλλά και από το κοινωνικό περιβάλλον, από σημαντικές εκφάνσεις της προσωπικότητάς του, όπως για παράδειγμα από τη δημιουργία, ακόμη και από τον ίδιο τον εαυτό του. Αυτό, κυρίως, οφείλεται στο γεγονός ότι η τεχνολογία επέβαλλε ένα νέο τρόπο παραγωγής και νέες «οικονομικές» σχέσεις. Τα αγαθά παράγονται από μηχανές, ιδιοκτήτες των οποίων δεν είναι αυτοί που τις χειρίζονται, η εργασία

καταμερίστηκε, οι εργαζόμενοι εξειδικεύτηκαν, η παραγωγή αγαθών έγινε μαζική και τυποποιημένη. Αποτέλεσμα των καινοτομιών αυτών είναι η αποξένωση των εργαζομένων από τη δημιουργική εργασία, από τα προϊόντα της εργασίας τους, που τα ιδιοποιούνται οι κάτοχοι των τεχνικών μέσων παραγωγής, και η στέρηση της δυνατότητας τους να επηρεάζουν και να διαμορφώνουν όχι μόνο τις συνθήκες εργασίας αλλά και τις συνθήκες της ίδιας της ζωής τους, καθώς αυτή υποτάσσεται σε αντικειμενικές αλλότριες (ξένες) αξιώσεις που καταργούν την προσωπική βούληση. Έτσι, το άτομο ανελεύθερο, αποξενωμένο από την ηθική ικανοποίηση που προσφέρει η ολοκληρωμένη προσωπική δημιουργία, από συγκινήσεις και ενδιαφέροντα για τον εξωτερικό κόσμο χάνει το ενδιαφέρον του για την ζωή, τον συνάνθρωπο και κυριεύεται από άγχος και κατάθλιψη.

Παραδείγματα τεχνολογικής προόδου μπορεί να συναντήσει κανείς σε διάφορες χώρες, πέρα από τις πιο φημισμένες ως τεχνολογικά προηγμένες, όπως οι ΗΠΑ, η Κίνα και η Ιαπωνία, που φέρουν υψηλό επίπεδο τεχνολογίας. Η ταχύτητα, το εύρος και το βάθος της 4^{ης} Βιομηχανικής Επανάστασης μας κάνει να ξανασκεφτούμε πώς οι χώρες πρέπει να αναπτύσσονται, πώς οι οργανισμοί παράγουν αξία, όπως και τι σημαίνει να είσαι άνθρωπος

Η αδιάλειπτη ψηφιακή ενασχόληση και η εξάρτηση από το κινητό τηλέφωνο, τον ηλεκτρονικό υπολογιστή και το διαδίκτυο αποτελούν ήδη σοβαρά προβλήματα, καθιστώντας αδήριτη ανάγκη τόσο σε συλλογικό όσο και σε ατομικό επίπεδο τον επαναπροσδιορισμό των ωφελειών που αποκομίζουμε από αυτή την αλόγιστη χρήση. Ο ψηφιακός εθισμός αναπτύσσεται εκθετικά, γι' αυτό και κρίνεται απαραίτητη η ορθή και στοχευμένη χρήση των ψηφιακών λειτουργιών, διασφαλίζοντας την ιδιωτικότητα του κάθε ανθρώπου και αποφεύγοντας την εκχώρηση και υπερέκθεση αυτής στον δημόσιο χώρο.

8.5 Η ΑΝΘΡΩΠΙΣΤΙΚΗ ΔΙΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ Η ΔΙΑΣΦΑΛΙΣΗ ΑΥΤΗΣ

Υπάρχουν έρευνες που να καταδεικνύουν ότι η εξέλιξη της τεχνολογίας, πέρα από τα οφέλη, ότι συνεπάγεται και διασφαλίζει τα πνευματικά χαρακτηριστικά και να ορίζεται από μία ανθρωπιστική κατεύθυνση; Δυστυχώς η πληθώρα αυτών φαίνεται να εκλείπει από ανθρωπιστικής, πέρα από κοινωνιολογικής, προσέγγισης. Διαθέτουμε την γνώση και την τεχνολογία και όπως όλα βαίνουν προμηνύουν την «αναδημιουργία του ανθρώπου» μέσω της ψηφιοποίησης. Το ζήτημα είναι σε ποιο βαθμό θα διασφαλιστούν οι αξίες, η σωφροσύνη και η ηθική και δεν θα οδηγηθούμε σε ένα τεχνολογικά κατασκευασμένο πρότυπο που δεν θα φέρει ανθρωπιστικά γνωρίσματα και χαρακτηριστικά, έχοντας απωλέσει τις αξίες της ανθρωπότητας; Κάτι τέτοιο θα επέφερε αρνητικές εξελίξεις και ως εκ τούτου η ουμανιστική διάσταση του τεχνολογικά προηγμένου ανθρώπου αποτελεί κρίσιμο ζήτημα περαιτέρω έρευνας.

Οι δυνατότητες που γεννώνται από την αξιοποίηση του ανθρωπίνου εγκεφάλου μέσω τις εξελίξης των

νευροεπιστημών και τις τεχνολογίες που τις διέπουν είναι απίστευτες. Αυτό που θα πρέπει να διασφαλιστεί είναι η μη υποκατάσταση του νου και της ψυχής του ανθρώπου από αυτές. Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις σύγχρονων ιστορικών-φιλοσόφων, όπως φερ' ειπείν οι τοποθετήσεις του ιστορικού Yuval Noah Harari, ο άνθρωπος θα μπορεί στο μέλλον να ανανεώνει τα κύτταρα του κτλ και να φτάσει ακόμη στο σημείο να πετύχει να γίνει αθάνατος. (Harari Y. N., 2015). Ο άνθρωπος δύναται να αυξήσει το προσδόκιμο ζωής του, να αναπτύξει στον υπέρμετρο βαθμό την πνευματικότητα και το γνωστικό του επίπεδο, καθώς επίσης και την ευμάρειά του. Ως εκ τούτου θα πρέπει να αποφευχθεί ο κίνδυνος της αλαζονείας και της έπαρσης του αυτοδύναμου ανθρώπου που θα φιλοδοξεί να αποκτήσει θεϊκές ιδιότητες στην αναζήτηση και την εύρεση της αθανασίας, θυσιάζοντας και υπονομεύοντας κάθε έκφραση των θεμελιωδών ανθρωπίνων αξιών.

Η ψηφιακή αναγέννηση του ανθρώπου μέσω της χρήσης της βιοτεχνολογίας και των νευροεπιστημών θα πρέπει να είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με τις ανθρώπινες αξίες ώστε να απωλεθεί η αναγέννηση μίας χιτλερικής προδιάθεσης για την δημιουργία μίας ψηφιακής άριας φυλής. Θα πρέπει να αποτελέσει απευκαίριο σενάριο η πιθανότητα αξιοποίησης της τεχνητής νοημοσύνης και του ελέγχου των δεδομένων προς υλοποίηση νοσηρών οραμάτων. Αρωγός στην αξιοποίηση των τεχνολογιών θα πρέπει να είναι η δημοκρατικές αξίες και ο σεβασμός στα θεμελιώδη ανθρώπινα δικαιώματα. Δεν αποτελεί απίθανο σενάριο το ενδεχόμενο επανεμφάνισης ολοκληρωτικών και φασιστικών καθεστώτων που θα έχουν στην κυριότητα τους τα τεχνολογικά μέσα για τον έλεγχο της μάζας. Η εκτεταμένη χρήση και εφαρμογή της τεχνολογίας θα πρέπει να συνοδεύεται από διαφανείς προδιαγραφές που θα διασφαλίζουν και θα κρατάνε ακέραια τα θέματα αρχών και αξιών.

Οι άνθρωποι θα κληθούν να αντιμετωπίσουν την πάλη ανάμεσα στο φυσικό και στον εικονικό-ψηφιακό κόσμο και συγκεκριμένα τα ρομπότ και τις νέες τεχνολογίες. Θα καταφέρει ο άνθρωπος να τις χρησιμοποιήσει για τη βελτίωση της ανθρωπότητας ή θα βρεθεί έρμαιο των μηχανών, οι οποίες είτε ελλοχεύει ο κίνδυνος να στραφούν εναντίον του είτε να χρησιμοποιηθούν αλόγιστα από την συγκρότηση μίας ελίτ που θα τις κατέχει και θα εξουσιάζει με απολυταρχικό τρόπο την υπόλοιπη ανθρωπότητα. Το τελευταίο ενδεχόμενο είναι κάτι που θορυβεί έντονα, δεδομένου ότι μόλις το 1,0% των ανθρώπων κατέχει το 44% του παγκόσμιου πλούτου (Allianz, 2020). Ως εκ τούτου τείνει, ελλοχεύει ο κίνδυνος να διευρυνθεί κι άλλο το ήδη τεράστιο χάσμα που υπάρχει μεταξύ των κοινωνικών-οικονομικών στρωμάτων και η αξιοποίηση των νέων τεχνολογιών να λάβει ολιγοπωλιακό χαρακτήρα. Στον αντίποδα, ο νέος τεχνολογικά προηγμένος ανθρωπιστικός φιλελευθερισμός θα μπορεί να προσφέρει ευκαιρίες κοινωνικής και οικονομικής ανέλιξης σε όλα τα κοινωνικά στρώματα αυξάνοντας την απασχόληση, διασφαλίζοντας την βιωσιμότητα του περιβάλλοντος, της ευημερίας, ισοσκελίζοντας τις ανισότητες και εκμηδενίζοντας το χάσμα, ωθώντας τον κόσμο σε ομοιόμορφη ανάπτυξη.

Η ιστορία είναι γεμάτη από παραδείγματα για την πάλη των τάξεων και της επιδίωξης επικράτησης καθεστώτων διακυβέρνησης μεταξύ σοσιαλισμού, καπιταλισμού, φιλελευθερισμού και ολοκληρωτικών

καθεστώτων. Ο ανταγωνισμός ήρθε να λάβει τέλος μέσα από χρόνιες επίπονες διαδικασίες τόσο φιλοσοφικών και ιδεολογικών στοχασμών όσο και δοκιμασιών που βίωσαν διάφοροι λαοί μέσω των συγκρούσεων, για να καταφέρει να πάρει την σκυτάλη και να επικρατήσει εν τέλει ο φιλελευθερισμός. Εντούτοις, το φιλελεύθερο μοντέλο για να συνεχίσει να λειτουργεί και να διασφαλίζει την βελτίωση της ποιότητας της ζωής και την ευμάρεια των ανθρώπων, καλείται να ανανεωθεί σύμφωνα με τις επιταγές των τεχνολογιών της 4^{ης} Βιομηχανικής Επανάστασης ώστε να μην παρωχηθεί.

Η έκφραση του φιλελευθερισμού μέσω της ορθής και ανθρωποκεντρικής χρήσης της τεχνολογίας, μπορεί να ωφελήσει στην αύξηση του προσδόκιμου ζωής του ανθρώπου, να αυξηθεί η απασχόληση, να διασφαλιστεί η προστασία του περιβάλλοντος και να αναπτυχθεί η οικονομία. Θα πρέπει λοιπόν να υπάρξει μία έρευνα διασφάλισης του δημοκρατικά φιλελεύθερου καθεστώτος, το οποίο μέσω της αξιοποίησης και της χρήσης των τεχνολογιών της 4^{ης} βιομηχανικής επανάστασης θα μπορέσει ο άνθρωπος να προοδεύσει σε στερεές βάσεις. Η δομή του φιλελεύθερου καθεστώτος στα πλαίσια της 4^{ης} βιομηχανικής επανάστασης θα πρέπει να ανασυγκροτηθεί βάση τριών συνιστωσών: αυτής της ιδεολογίας που θα περιέχει τα χαρακτηριστικά της φιλελεύθερης αντίληψης στην κοινωνία και οικονομία, των ψηφιακών τεχνολογιών της 4^{ης} βιομηχανικής επανάστασης και φυσικά των διαχρονικών αξιών της ανθρωπότητας.

Η θέση της ηθικής σε συνάρτηση με την αντικειμενική και άδολη χρήση της τεχνολογίας από τις χώρες που είναι τεχνολογικά προηγμένες θα πρέπει να αποτελέσουν εφελκυστικό γεφύρωσης του χάσματος που υπάρχει σε σχέση με τις χώρες που δεν έχουν γνωρίσει ακόμη τα οφέλη των προηγούμενων τεχνολογικών επαναστάσεων. Αποτέλεσμα αυτού είναι το θέμα της ανθρωποκεντρικής προσέγγισης να καθίσταται για άλλη μία φορά πρωταγωνιστής της τεχνολογικής προόδου και εξέλιξης. Δεν πρέπει να περνάει στη λήθη το ότι η ηθική είναι παράγωγο της συλλογικότητας και ότι η συσσώρευση υπερβολικής εξουσίας στα χέρια του ενός εγείρει μακιαβελικά ένστικτα.

Η 4^η βιομηχανική επανάσταση, πέρα από τις προοπτικές εξέλιξης που θα επιφέρει, θα πρέπει να περιλαμβάνει και προοπτικές βελτίωσης των θεσμών και της προόδου στη ζωή των ανθρώπων. Δεν μπορεί να υφίσταται η καινοτομία και η εφευρετικότητα με μία στασιμότητα σε κρίσιμους τομείς. Η ηθική μαζί με τις αξίες και την σοφία που έχει αναπτύξει ο άνθρωπος στην μακρά πορεία του, θα πρέπει να μην εκλείπουν από τα επαγγέλματα του μέλλοντος.

Με βάση τα ανωτέρω, θα πρέπει να τεθεί ένα θεσμικό πλαίσιο μέσα στο οποίο θα αποτυπώνονται οι κανόνες που θα διασφαλίζουν την σύνεση που είναι αναγκαία να υπάρχει στην χρήση των νέων τεχνολογιών και αντίστοιχα την επιβολή κυρώσεων σε περιπτώσεις κατάχρησης. Κρίνεται ως επιτακτική ανάγκη, επομένως, η έρευνα αναδιαμόρφωσης της χάρτας των δικαιωμάτων του τεχνολογικά προηγμένου ανθρώπου και της διασφάλισης αυτών, διατηρώντας συνάμα ακέραια τα ουμανιστικά στοιχεία αυτού για την διασφάλιση και την ομαλή συγκρότηση των κοινωνιών.

Η τεχνητή νοημοσύνη και η ρομποτική έρχεται να λάβει χώρα με απώτερο στόχο την διευκόλυνση. Θα λάβει

χώρα όμως κάτι τέτοιο; Μήπως στο δρόμο για παγκοσμιοποίηση θα κληθούμε να αναθεωρήσουμε ότι ξέραμε μέχρι τώρα; Ο φασισμός έπεσε πρώτος, ενώ ο φιλελευθερισμός κατάφερε να περιορίσει τον κομμουνισμό. Όλα αυτά από πολιτευμένες ομάδες. Τι θα γίνει όταν τα ηγία θα θελήσουν να αναλάβουν αυτοί που κατέχουν τα μέσα και φέρουν την πρωτοκαθεδρία στην ψηφιακή εποχή. Μήπως θα πρέπει να μιλάμε για επαναπροσδιορισμό εννοιών και εξουσιών και την δημιουργία ενός νέου «Θαυμαστού κόσμου»; Ο Χαξλεϊσμός μήπως θα αποτελέσει την νέα ανασυγκρότηση και δομή των κοινωνιών που θα δημιουργηθούν;

Ως απόρροια των ανωτέρω, κρίνεται απαραίτητο να ερευνηθεί περαιτέρω ο ψηφιακός και του κοινωνικοοικονομικός μετασχηματισμός από μία πιο ανθρωπιστική προσέγγιση, ο οποίος θα εξαρτηθεί άμεσα από την αποτελεσματικότητα και τη συνέπεια των κοινών προσπαθειών των κυβερνητικών δομών, της επιχειρηματικής κοινότητας και των κοινωνικών θεσμών για την αντιμετώπιση των προκλήσεων της βιώσιμης ανάπτυξης της οικονομίας και της διασφάλισης των κοινωνικών δομών. (Salimova et. Al, 2020).

8.6 ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΑΠΟΙΚΙΕΣ

Υπάρχει ένα μεγάλο ερώτημα που εγείρεται και αυτό αφορά το αν θα υπάρξει ενιαία ψηφιοποίηση των χωρών. Δεδομένου ότι κάποιες δεν έχουν γνωρίσει ακόμα τις προηγούμενες τεχνολογικές επαναστάσεις ή θα οδηγηθούμε σε έναν νέο ψηφιακό αποικισμό από τεχνολογικά κυρίαρχες χώρες; Δεδομένου ότι κάποιες χώρες δεν είναι τεχνολογικά προηγμένες και φαίνονται να επιβιώνουν με «μεσαιωνικά» κριτήρια ακόμη (παράδειγμα αποτελεί η Δημοκρατία του Κονγκό και γενικότερα η Αφρική), κρίνεται εκ προοιμίου ανέφικτο το άλμα προς την αποδόμηση, ανασυγκρότηση και την οικοδόμηση αυτών με τα τρέχοντα τεχνολογικά κριτήρια. Θα πρέπει να υπάρξει πρόθεση διαμοιρασμού της γνώσης και της τεχνολογίας τόσο προς τις αναπτυσσόμενες όσο και προς τις υποανάπτυκτες χώρες (Mendoza-del Villara L. 2020). Διαφορετικά ελλοχεύει ο κίνδυνος της συγκρότησης χωρών κυρίαρχων ψηφιακά από την μία πλευρά και εξαρτώμενων ψηφιακά από την άλλη. Ως εκ τούτου θα οδηγηθούμε στην δημιουργία ψηφιακών αποικιών, που θα υστερούν σε γεωστρατηγικό, γεωπολιτικό και οικονομικό επίπεδο, δίνοντας εν αγνοία τους την σκυτάλη σε άλλες, τεχνολογικά προηγμένες χώρες.

Οι κοινωνίες στις οποίες δεν έχουν ωριμάσει οι συνθήκες, αν δεν επιθυμούν να συλληφθούν εξαπίνης των νέων τεχνολογικών καινοτομιών που λαμβάνουν χώρα και να διαταραχτεί η επίπλαστη νηνεμία την οποία έχουν δημιουργήσει, θα πρέπει να επανεκκινήθουν μέσω ενός τεχνολογικού επιταχυντή. Δεδομένου ότι έχουν διαμορφώσει ένα τελείως διαφορετικό περιβάλλον, στο οποίο ο ψηφιακός κόσμος δεν έχει αναπτυχθεί, οι άνθρωποι που συγκρατούν αυτές τις κοινωνίες καλούνται ως «ψηφιακοί μετανάστες», σε αντίθεση με τους ανθρώπους των οποίων οι κοινωνίες είναι τεχνολογικά προηγμένες και έχουν γεννηθεί μέσα στις τεχνολογικές εξελίξεις, οι οποίοι καλούνται «ψηφιακοί ιθαγενείς». Γι' αυτό, ο ψηφιακός κόσμος

αποτελεί αδιαίρετο στοιχείο της καθημερινότητας τους, ενώ οι «ψηφιακοί μετανάστες» πρέπει να προσαρμοστούν σε αυτήν ώστε να μπορέσουν να επιβιώσουν.

Προς επίρρωση των ανωτέρω, παράδειγμα αποτελεί η μάχη για την κυριαρχία μεταξύ ΗΠΑ και Κίνας ότι δηλαδή δεν υπάρχουν άδολες προθέσεις και στόχοι. Συγκεκριμένα, το 2020 με την εξάπλωση του κορωνοϊού, στην μία πλευρά του Ατλαντικού έλαβε χώρα η συνεργασία μεταξύ Google και Apple, οι οποίες ανέπτυξαν μία εφαρμογή από κοινού με τη χρήση Bluetooth, η οποία είναι σε θέση να εντοπίζει κρούσματα. Από την άλλη πλευρά, η εταιρεία Huawei μέσω της χρήσης υπολογιστικής νέφους και της τεχνητής νοημοσύνης, ανέπτυξε υπηρεσίες για να καταπολεμήσει τη διάδοση της νόσου. Ως απόρροια των παραπάνω, ενώ φαινομενικά τα γεγονότα δείχνουν την πανδημία ως την αφορμή για όσα επιδίωξαν οι εν λόγω εταιρείες, στην πραγματικότητα αφορούσε ακόμα μία «μάχη» εν μέσω πολέμου για την κυριαρχία. Τον εν λόγω ανταγωνισμό έρχεται να επιβεβαιώσει η ανακοίνωση της Google ότι αποκλείει την εταιρεία Huawei από τις μελλοντικές αναβαθμίσεις του λειτουργικού συστήματος Android και την πρόσβαση των smartphone της τελευταίας σε δημοφιλείς εφαρμογές, όπως το Youtube, το Google Maps και το Gmail, υποστηρίζοντας ότι υπήρχαν ζητήματα ασφάλειας. Στην αντεπίθεση, η εταιρεία Huawei ανέπτυξε το δικό της λειτουργικό σύστημα Harmony OS / Hongmeng OS ως απάντηση και με στόχο την πλήρη απαγκίστρωση της ίδιας από τις όποιες αμερικανικές τεχνολογικές εταιρείες. (Keane S.2020 – Reuters St., 2020)

Όλα τα παραπάνω έρχονται να υπογραμμίσουν ότι η παγκόσμια ηγεσία καθορίζεται από τα ψηφιακά δίκτυα, των έλεγχο των δεδομένων και την αξιοποίηση των νέων τεχνολογιών. Παρατηρείται επομένως η εισαγωγή ενός νέου όρου στα πεδία της στρατηγικής και της κυριαρχίας, ο γεοτεχνολογικός, ο οποίος φέρει στην φαρέτρα του κάθε μορφής νέα τεχνολογία και οδηγεί τις χώρες που κατέχουν αυτά να υπερκεράσουν εμπόδια, να εξασφαλίσουν γεωστρατηγικά οφέλη και να επιτύχουν υψηλότερους ρυθμούς ανάπτυξης. Θα πρέπει επομένως να υπάρχει να εξεταστεί η συγκρότηση ενός θεσμικού πλαισίου συνδεδεμένο άρρηκτα με τις νέες τεχνολογίες, όπου θα διέπεται από αξίες και κανόνες για την αντιμετώπιση των όποιων κυβερνοεπιθέσεων και την κάθε είδους κακόβουλη χρήση της τεχνολογίας.

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Η παρούσα εργασία διερευνά τις αμοιβαίες επιδράσεις των τεχνολογιών της 4^{ης} Βιομηχανικής Επανάστασης και της βιωσιμότητας με βάση μια συστηματική βιβλιογραφική επισκόπηση, ώστε να αποκτηθούν γνώσεις σχετικά με τον τρόπο διαχείρισης της μετάβασης προς μια πιο βιώσιμη ανάπτυξη αποτελεσματικά και αποδοτικά. Πραγματοποιήθηκε μια ολοκληρωμένη επισκόπηση με ποιοτικές αναλύσεις της υφιστάμενης κατάστασης στην υπάρχουσα έρευνα, αναλύοντας τις υπάρχουσες γνώσεις και τις

τρέχουσες ερευνητικές κατευθύνσεις, ενώ διατυπώθηκαν τα ερευνητικά κενά ως μελλοντικές ερευνητικές προτάσεις.

Τα θέματα βιωσιμότητας αποτελούν κύριες κινητήριες δυνάμεις τόσο για την επιστημονική έρευνα όσο και για την αυξανόμενη ζήτηση βιομηχανικών αλλαγών, ενώ οι τεχνολογίες της 4^{ης} Βιομηχανικής Επανάστασης θεωρούνται αρωγός για την αντιμετώπιση των αναδυόμενων προκλήσεων βιωσιμότητας σε κάθε διάσταση αυτής.

Η πίεση προς τους πολιτικούς, κοινωνικούς και εταιρικούς φορείς αυξάνεται στο να εφαρμόσουν στρατηγικές βιωσιμότητας για την αντιμετώπιση πιεστικών παγκόσμιων περιβαλλοντικών, κοινωνικών και οικονομικών προκλήσεων. Αν και μη δεσμευτικοί, οι στόχοι αυτοί έχουν αναδειχθεί ως ένας οδικός χάρτης για ένα πιο βιώσιμο μέλλον, καθοδηγώντας την ατομική και συλλογική δράση.

Συνοψίζοντας, η χρήση των τεχνολογιών της 4^{ης} Βιομηχανικής Επανάστασης θα πρέπει να γίνει υπό μία σοφή διαχείριση που στόχο θα έχει την βιωσιμότητα σε οικονομικό, κοινωνικό και περιβαλλοντικό επίπεδο. Απόρροια αυτής της διαχείρισης θα αποτελούν η εξάλειψη των ανισοτήτων, η μείωση ανάμεσα στον αναπτυγμένο, στον εν αναπτύξει και στον υποανάπτυκτο κόσμο, η βελτίωση της παγκόσμιας υγείας, η αύξηση του προσδόκιμου ζωής και η βελτίωση της ποιότητας της, η καλύτερη διαχείριση των πόρων, μείωσης των ρύπων CO₂, μόλυνση του νερού και του αέρα. Οι τεχνολογίες της 4^{ης} Βιομηχανικής Επανάστασης είναι απαραίτητο να μην περιορίζουν τις ικανότητες του ανθρώπου (πνευματικές, διανοητικές, πρακτικές, καλλιτεχνικές) και να τον καθιστούν περιορισμένο, απομονωμένο και αναλώσιμο.

Εάν η τεχνολογία τεθεί σε ένα υψηλό βάθρο με στόχο την πλήρη αυτοματοποίηση, τα ιδιωτικοοικονομικά κριτήρια και την όποια κερδοφορία των επιχειρήσεων, απαγκιστρωμένη από ανθρωποκεντρικά κριτήρια, τότε ελλοχεύει ο κίνδυνος ο άνθρωπος να γίνει παρωχημένος και περιττός, να αντικατασταθούν από μηχανές και να οδηγηθεί σε μία κοινωνική παρακμή, με περιορισμένη ευεξία. Αντιθέτως, η χρήση της τεχνολογίας προς όφελος του με στόχο την βελτίωση των πρακτικών και γνωστικών του ικανοτήτων μπορεί να βοηθήσει τον άνθρωπο στην ενίσχυση της ευφυΐας του, στην βελτιωμένη απόδοση αυτού, αύξηση του προσδόκιμου ζωής, βελτίωση της υγείας, της εξέλιξης και της κοινωνικής του ευημερείας.

Εν κατακλείδι, η 4η Βιομηχανική επανάσταση έρχεται να προσφέρει σημαντικές ευκαιρίες βελτίωσης των συνθηκών της ζωής του ανθρώπου, εφόσον γίνει ανάσχεση των απειλών και των κινδύνων που ελλοχεύουν, μέσω της ορθής διαχείρισης της τεχνολογικής γνώσης. Θα πρέπει να γίνει κατανοητή η δυναμική που φέρει ως προς την επίλυση διαφόρων προβλημάτων και από κοινού με σύνεση, αξιοσύνη και συνεργασία να βρεθούν λύσεις. Ακρογωνιαίος λίθος στα παραπάνω θα πρέπει να είναι η διασφάλιση των ανθρωπίνων δικαιωμάτων και αξιών, που διαχρονικά λειτουργούν ως αρωγοί για την βελτίωση και την πρόοδο της ανθρωπότητας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Bag, Surajit, Shivam Gupta, and Sameer Kumar. 2021. 'Industry 4.0 Adoption and 10R Advance Manufacturing Capabilities for Sustainable Development'. *International Journal of Production Economics* 231: 107844. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107844>.
- Conway, L. (2021). The 10 most important cryptocurrencies other than bitcoin. Investopedia, Jun, 1.
- Deloitte, 'Using blockchain to drive supply chain transparency', 2021, διαθέσιμο στο: <https://www2.deloitte.com/us/en/pages/operations/articles/blockchain-supply-chain-innovation.html>
- DK Consultants Group, DK Marketing, "The Micro Living, Gig Economy, Ghost Kitchen Trends", 2021
- Nannelli M & Oliva St., "The rise of the sharing economy and its relationship with sustainable development. A critical literature review," , 2021, Working Papers - Business wp2021_03.rdf, Universita' degli Studi di Firenze, Dipartimento di Scienze per l'Economia e l'Impresa.
- Abubakr, M., A.T. Abbas, I. Tomaz, M.S. Soliman, M. Luqman, and H. Hegab. 2020. 'Sustainable and Smart Manufacturing: An Integrated Approach'. *Sustainability (Switzerland)* 12 (6): 1–19. <https://doi.org/10.3390/su12062280>.
- Hayes A., 'Digital Nomad', 2020, investopedia.com, διαθέσιμο στο: <https://www.investopedia.com/terms/d/digital-nomad.asp>
- Mora F., Neuroeducacion, 2021, Alianza Editorial.
- Chappelow J., "Gig economy", 2020, investopedia.com, διαθέσιμο στο: <https://www.investopedia.com/terms/g/gig-economy.asp>
- Adenuga, Olukorede Tijani, Khumbulani Mpofo, and Ramatsetse Innocent Boitumelo. 2019. 'Energy Efficiency Analysis Modelling System for Manufacturing in the Context of Industry 4.0'. *Procedia CIRP* 80: 735–40. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.01.002>.
- Ahmad, S., S. Miskon, R. Alabdian, and I. Tlili. 2020. 'Towards Sustainable Textile and Apparel Industry: Exploring the Role of Business Intelligence Systems in the Era of Industry 4.0'. *Sustainability (Switzerland)* 12 (7). <https://doi.org/10.3390/su12072632>.
- Allianz.com, "Allianz Global Wealth Report 2020: Η ανοσία του πλούτου",allianz.com.gr, διαθέσιμο στο: <https://www.allianz.com.gr/idiotes/etairia/nea/allianz-global-wealth-report-2020.html>
- Ambrogio, Giuseppina, Rosita Guido, Domenico Palaia, and Luigino Filice. 2020. 'Job Shop Scheduling Model for a Sustainable Manufacturing'. *Procedia Manufacturing* 42: 538–41. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.02.034>.
- Amjad, Muhammad Saad, Muhammad Zeeshan Rafique, Shafqat Hussain, and Mohammad Aamir Khan. 2020. 'A New Vision of LARG Manufacturing — A Trail towards Industry 4.0'. *CIRP Journal of Manufacturing*

Science and Technology. <https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2020.06.012>.

Bag, S., G. Yadav, L.C. Wood, P. Dhamija, and S. Joshi. 2020. 'Industry 4.0 and the Circular Economy: Resource Melioration in Logistics'. Resources Policy 68. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2020.101776>.

Bag, Surajit, Jan Ham Christiaan Pretorius, Shivam Gupta, and Yogesh K. Dwivedi. 2020. 'Role of Institutional Pressures and Resources in the Adoption of Big Data Analytics Powered Artificial Intelligence, Sustainable Manufacturing Practices and Circular Economy Capabilities'. Technological Forecasting and Social Change, 120420. | <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120420>.

Bag, Surajit, Gunjan Yadav, Pavitra Dhamija, and Krishan Kumar Kataria. 2020. 'Key Resources for Industry 4.0 Adoption and Its Effect on Sustainable Production and Circular Economy: An Empirical Study'. Journal of Cleaner Production, 125233. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125233>.

Bai, C., P. Dallasega, G. Orzes, and J. Sarkis. 2020. 'Industry 4.0 Technologies Assessment: A Sustainability Perspective'. International Journal of Production Economics 229. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107776>.

Daily Sabah, 2020, «Turkey Wealth Fund inks \$5B MoU with China's SinosureBal», <https://www.dailysabah.com>, 26 Μαρτίου 2020, διαθέσιμο στο: <https://www.dailysabah.com/business/economy/turkey-wealth-fund-inks-5b-mou-with-chinas-sinosure>.

Ellitan L. and Anatan L., Achieving Business Continuity in Industrial 4.0 and Society 5.0, 2020, International Journal of Trend in Scientific Research and Development

Frankenfield J., «Artificial Neural Network», 2020, investopedia.com, διαθέσιμο στο: <https://www.investopedia.com/terms/a/artificial-neural-networks-ann.asp>

Frankenfield J., «Collaborative economy», 2020, investopedia.com, διαθέσιμο στο: <https://www.investopedia.com/terms/c/collaborative-economy.asp>

Morakanyane, R., O'Reilly, P., McAvoy, J., & Grace, A. (2020, January). Determining digital transformation success factors. In Proceedings of the 53rd Hawaii International Conference on System Sciences. <https://scholarspace.manoa.hawaii.edu/server/api/core/bitstreams/cef25334-2ba8-48df-ab18-b274ccd4e747/content>

Urbinati, A., Chiaroni, D., Chiesa, V., & Frattini, F. (2020). The role of digital technologies in open innovation processes: an exploratory multiple case study analysis. *R&D Management*, 50(1), 136-160.

Rauch, E., & Cochran, D. S. Sustainable Introduction of Industry 4.0: A Systematic Literature Review. 2021, <http://ieomsociety.org/proceedings/2021rome/165.pdf>

SALIMOVA Tatiana¹ , VUKOVIC Natalia² , GUSKOVA Nadezhda³, TOWARDS SUSTAINABILITY THROUGH INDUSTRY 4.0 AND SOCIETY 5.0, 2020, Faculty of Business Economics and Entrepreneurship, International Review (2020 No. 3-4)

Alperen, and Fazleena Badurdeen. 2019. 'A Business Model to Implement Closed-Loop Material Flow in IoT-

Enabled Environments'. *Procedia Manufacturing* 38: 1284–91. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.162>.

Bigliardia B., Bottania E. and Casellaa G., 2019, 'Enabling technologies, application areas and impact of industry 4.0: a bibliographic analysis', *International Conference on Industry 4.0 and Smart Manufacturing (ISM 2019)*.

Ivanov, D., Dolgui, A., & Sokolov, B. (2019). The impact of digital technology and Industry 4.0 on the ripple effect and supply chain risk analytics. *International Journal of Production Research*, 57(3), 829-846.

Sandhaus, S., Kaufmann, D., & Ramirez-Andreotta, M. (2019). Public participation, trust and data sharing: gardens as hubs for citizen science and environmental health literacy efforts. *International Journal of Science Education, Part B*, 9(1), 54-71.

Beier, G., S. Niehoff, and B. Xue. 2018. 'More Sustainability in Industry through Industrial Internet of Things?' *Applied Sciences (Switzerland)* 8 (2). <https://doi.org/10.3390/app8020219>.

Beier, Grischa, André Ullrich, Silke Niehoff, Malte Reißig, and Matthias Habich. 2020. 'Industry 4.0: How It Is Defined from a Sociotechnical Perspective and How Much Sustainability It Includes – A Literature Review'. *Journal of Cleaner Production* 259: 120856. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120856>.

Koronka Poppy, Architects have designed a Martian city for the desert outside Dubai, 2020, cnn.com, διαθέσιμο στο <https://edition.cnn.com/style/article/mars-science-city-design-spc-scn/index.html>

Birkel, H.S., J.W. Veile, J.M. Müller, E. Hartmann, and K.-I. Voigt. 2019. 'Development of a Risk Framework for Industry 4.0 in the Context of Sustainability for Established Manufacturers'. *Sustainability (Switzerland)* 11 (2). <https://doi.org/10.3390/su11020384>.

Galin R., Meshcheryakov R., 2019, "Automation and robotics in the context of Industry 4.0: the shift to collaborative robots", *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/537/3/032073/pdf>

Gunal Murat M., *Simulation for Industry 4.0: Past, Present, and Future*, 2019, Springer

Zijm, H., Klumpp, M., Heragu, S., & Regattieri, A. (2019). Operations, logistics and supply chain management: definitions and objectives. In *Operations, Logistics and Supply Chain Management* (pp. 27-42). Springer, Cham.

Bonilla, S.H., H.R.O. Silva, M.T. da Silva, R.F. Gonçalves, and J.B. Sacomano. 2018. 'Industry 4.0 and Sustainability Implications: A Scenario-Based Analysis of the Impacts and Challenges'. *Sustainability (Switzerland)* 10 (10). <https://doi.org/10.3390/su10103740>.

Braccini, A.M., and E.G. Margherita. 2018. 'Exploring Organizational Sustainability of Industry 4.0 under the Triple Bottom Line: The Case of a Manufacturing Company'. *Sustainability (Switzerland)* 11 (1). <https://doi.org/10.3390/su11010036>.

Bressanelli, Gianmarco, Federico Adrodegari, Marco Perona, and Nicola Saccani. 2018. 'The Role of Digital

Technologies to Overcome Circular Economy Challenges in PSS Business Models: An Exploratory Case Study'. *Procedia CIRP* 73: 216–21. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.03.322>.

Brozzi, R., D. Forti, E. Rauch, and D.T. Matt. 2020. 'The Advantages of Industry 4.0 Applications for Sustainability: Results from a Sample of Manufacturing Companies'. *Sustainability (Switzerland)* 12 (9). <https://doi.org/10.3390/su12093647>.

Tiwari, K., & Khan, M. S. (2020). Sustainability accounting and reporting in the industry 4.0. *Journal of cleaner production*, 258, 120783.

Cagliano, R., F. Canterino, A. Longoni, and E. Bartezzaghi. 2019. 'The Interplay between Smart Manufacturing Technologies and Work Organization: The Role of Technological Complexity'. *International Journal of Operations and Production Management* 39: 913–34. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-01-2019-0093>.

Carvalho, Núbia, Omar Chaim, Edson Cazarini, and Mateus Gerolamo. 2018. 'Manufacturing in the Fourth Industrial Revolution: A Positive Prospect in Sustainable Manufacturing'. *Procedia Manufacturing* 21: 671–78. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.02.170>.

Chiappetta Jabbour, C.J., P.D.C. Fiorini, N.O. Ndubisi, M.M. Queiroz, and É.L. Piato. 2020. 'Digitally-Enabled Sustainable Supply Chains in the 21st Century: A Review and a Research Agenda'. *Science of the Total Environment* 725. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138177>.

Cochran, David S., and Erwin Rauch. 2020. 'Sustainable Enterprise Design 4.0: Addressing Industry 4.0 Technologies from the Perspective of Sustainability'. *Procedia Manufacturing* 51: 1237–44. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.173>.

Dantas, T. E. T., E. D. de-Souza, I. R. Destro, G. Hammes, C. M. T. Rodriguez, and S. R. Soares. 2021. 'How the Combination of Circular Economy and Industry 4.0 Can Contribute towards Achieving the Sustainable Development Goals'. *Sustainable Production and Consumption* 26: 213–27. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.10.005.33>

Dev, Navin K., Ravi Shankar, and Fahham Hasan Qaiser. 2020. 'Industry 4.0 and Circular Economy: Operational Excellence for Sustainable Reverse Supply Chain Performance'. *Resources, Conservation and Recycling* 153: 104583. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104583>.

Esmaelian, B., J. Sarkis, K. Lewis, and S. Behdad. 2020. 'Blockchain for the Future of Sustainable Supply Chain Management in Industry 4.0'. *Resources, Conservation and Recycling* 163. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105064>.

Felsberger, Andreas, Fahham Hasan Qaiser, Alok Choudhary, and Gerald Reiner. 2020. 'The Impact of Industry 4.0 on the Reconciliation of Dynamic Capabilities: Evidence from the European Manufacturing Industries'. *Production Planning & Control*, September. <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1810765>.

- Felsberger, Andreas, and Gerald Reiner. 2020. 'Sustainable Industry 4.0 in Production and Operations Management: A Systematic Literature Review'. *Sustainability (Switzerland)* 12 (19): 1–39. <https://doi.org/10.3390/su12197982>.
- Ferrari, Anna Maria, Lucrezia Volpi, Davide Settembre-Blundo, and Fernando E. GarcíaMuiña. 2020. 'Dynamic Life Cycle Assessment (LCA) Integrating Life Cycle Inventory (LCI) and Enterprise Resource Planning (ERP) in an Industry 4.0 Environment'. *Journal of Cleaner Production*, 125314. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125314>.
- Ghobakhloo, M. (2020). Industry 4.0, digitization, and opportunities for sustainability. *Journal of cleaner production*, 252, 119869.
- Keane Sean, "Huawei ban timeline: Qualcomm reportedly gets Ok to sell 4G chips to Chinese company", cnet.com, 2020, διαθέσιμο στο: <https://www.cnet.com/news/huawei-ban-full-timeline-us-sanctions-china-trump-administration-qualcomm/>
- Reuters Staff, "Canada spy agency warned of 'shock waves' from arrest of Huawei founders's daughter", reuters.com, 2020, διαθέσιμο στο: <https://www.reuters.com/article/us-usa-huawei-tech-canada-idUSKBN23K017>
- Meissner, H., & Aurich, J. C. (2019). Implications of cyber-physical production systems on integrated process planning and scheduling. *Procedia Manufacturing*, 28, 167–173. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.12.027>. ISSN 2351-9789.
- Fu, B., Z. Shu, and X. Liu. 2018. 'Blockchain Enhanced Emission Trading Framework in Fashion Apparel Manufacturing Industry'. *Sustainability (Switzerland)* 10 (4). <https://doi.org/10.3390/su10041105>.
- Furstenau, Leonardo B., Michele Kremer Sott, Liane Mahlmann Kipper, Enio Leandro Machado, Jose Ricardo Lopez-Robles, Michael S. Dohan, Manuel J. Cobo, Adnan Zahid, Qammer H. Abbasi, and Muhammad Ali Imran. 2020. 'Link Between Sustainability and Industry 4.0: Trends, Challenges and New Perspectives'. *IEEE Access* 8: 140079–96. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3012812>.
- Gajdzik, B., Grabowska, S., Saniuk, S., & Wiczorek, T. (2020). Sustainable development and industry 4.0: A bibliometric analysis identifying key scientific problems of the sustainable industry 4.0. *Energies*, 13(16), 4254.
- Gajšek, B., S. Stradovnik, and A. Hace. 2020. 'Sustainable Move towards Flexible, Robotic, Human-Involving Workplace'. *Sustainability (Switzerland)* 12 (16). <https://doi.org/10.3390/su12166590>.
- O'Donnell, I., & O'Sullivan, E. (2020). 'Coercive confinement': An idea whose time has come?. *Incarceration*, 1(1), <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/2632666320936440>
- Lavelle J., 'Gartner CFO Survey Reveals 74% intend to Shift Some Employees to Remote Work Permanently', gartner.com, 2020, διαθέσιμο στο: <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2020-04-03-gartner-cfo-survey-reveals-74-percent-of-orgs-to-shift-some-employees-to-remote->

[work-permanently](#)

Nambisan, S., Zahra, S. A., & Luo, Y. (2019). Global platforms and ecosystems: Implications for international business theories. *Journal of International Business Studies*, 50(9), 1464-1486.

Evans, M. (2018). Why Data Is the Most Important Currency Used in Commerce Today. *Forbes*. March, 12, 2018.

Garcia-Muiña, F.E., R. González-Sánchez, A.M. Ferrari, and D. Settembre-Blundo. 2018. 'The Paradigms of Industry 4.0 and Circular Economy as Enabling Drivers for the Competitiveness of Businesses and Territories: The Case of an Italian Ceramic Tiles Manufacturing Company'. *Social Sciences* 7 (12). <https://doi.org/10.3390/socsci7120255>.

Garcia-Muiña, F.E., R. González-Sánchez, A.M. Ferrari, L. Volpi, M. Pini, C. Siligardi, and D. Settembre-Blundo. 2019. 'Identifying the Equilibrium Point between Sustainability Goals and Circular Economy Practices in an Industry 4.0 Manufacturing Context Using Eco-Design'. *Social Sciences* 8 (8). <https://doi.org/10.3390/socsci8080241>.

Chu-Chi Kuo, Joseph Z. Shyu, Kun Ding. (2019) Industrial revitalization via industry 4.0- A comparative policy analysis among China, Germany and the USA.

García-Muiña, F.E., M.S. Medina-Salgado, A.M. Ferrari, and M. Cucchi. 2020. 'Sustainability Transition in Industry 4.0 and Smart Manufacturing with the Triple-Layered Business Model Canvas'. *Sustainability (Switzerland)* 12 (6). <https://doi.org/10.3390/su12062364>.

Garrido-Hidalgo, C., D. Hortelano, L. Roda-Sanchez, T. Olivares, M.C. Ruiz, and V. Lopez. 2018. 'IoT Heterogeneous Mesh Network Deployment for Human-in-the-Loop 34. Challenges Towards a Social and Sustainable Industry 4.0'. *IEEE Access* 6: 28417–37. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2836677>.

Ghobakhloo, Morteza. 2020. 'Industry 4.0, Digitization, and Opportunities for Sustainability'. *Journal of Cleaner Production* 252: 119869. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119869>.

Godina, R., I. Ribeiro, F. Matos, B.T. Ferreira, H. Carvalho, and P. Peças. 2020. 'Impact Assessment of Additive Manufacturing on Sustainable Business Models in Industry 4.0 Context'. *Sustainability (Switzerland)* 12 (17). <https://doi.org/10.3390/su12177066>.

Lalwani, A. (2019). This is how India can become the next Silicon Valley. *Retrieved*, 6, 2021.

Sobrinho, Nelson and Thakoor, "Tackling corruption in Sub-Saharan Africa", *imf.org*, том.56, тх.3, 2019, διαθέσιμο στο: www.imf.org/external/pubs/ft/fandd/2019/09/tackling-corruption-in-Sub-Saharan-Africa-sobrinho.htm

Gregori, Fabio, Alessandra Papetti, Monica Pandolfi, Margeherita Peruzzini, and Michele Germani. 2018. 'Improving a Production Site from a Social Point of View: An IoT Infrastructure to Monitor Workers Condition'. *Procedia CIRP* 72: 886–91. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.03.057>.

UNCTAD, 'Review of Maritime Transport', 2018, διαθέσιμο στο: <https://unctad.org/webflyer/review-maritime->

[transport-2018](#)

Gružasuskas, V., S. Baskutis, and V. Navickas. 2018. 'Minimizing the Trade-off between Sustainability and Cost Effective Performance by Using Autonomous Vehicles'. *Journal of Cleaner Production* 184: 709–17.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.302>.

Gualtieri, L., I. Palomba, F.A. Merati, E. Rauch, and R. Vidoni. 2020. 'Design of HumanCentered Collaborative Assembly Workstations for the Improvement of Operators' Physical Ergonomics and Production Efficiency: A Case Study'. *Sustainability (Switzerland)* 12 (9). <https://doi.org/10.3390/su12093606>.

Gupta, A., and B. Basu. 2019. 'Sustainable Primary Aluminium Production: Technology Status and Future Opportunities'. *Transactions of the Indian Institute of Metals* 72 (8): 2135–50. <https://doi.org/10.1007/s12666-019-01699-9>.

Harikannan, N., S. Vinodh, and Anand Gurumurthy. 2020. 'Sustainable Industry 4.0-an Exploratory Study for Uncovering the Drivers for Integration'. *Journal of Modelling in Management*, September.

<https://doi.org/10.1108/JM2-11-2019-0269>.

Hoffa-Dabrowska, P., and K. Grzybowska. 2020. 'Simulation Modeling of the Sustainable Supply Chain'. *Sustainability (Switzerland)* 12 (15). <https://doi.org/10.3390/su12156007>.

Horváthová, M., R. Lacko, and Z. Hajduová. 2019. 'Using Industry 4.0 Concept – Digital Twin – to Improve the Efficiency of Leather Cutting in Automotive Industry'. *Quality Innovation Prosperity* 23 (2): 1–12. <https://doi.org/10.12776/QIP.V23I2.1211>.

Iqbal, A., G. Zhao, H. Suhaimi, N. He, G. Hussain, and W. Zhao. 2020. 'Readiness of Subtractive and Additive Manufacturing and Their Sustainable Amalgamation from the Perspective of Industry 4.0: A Comprehensive Review'. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 111 (9–10): 2475–98. <https://doi.org/10.1007/s00170-020-06287-6>.

Ivascu, L. 2020. 'Measuring the Implications of Sustainable Manufacturing in the Context of Industry 4.0'. *Processes* 8 (5). <https://doi.org/10.3390/PR8050585>.

Jasiulewicz-Kaczmarek, M., S. Legutko, and P. Kluk. 2020. 'Maintenance 4.0 Technologies -New Opportunities for Sustainability Driven Maintenance'. *Management and 35 Production Engineering Review* 11 (2): 74–87. <https://doi.org/10.24425/mper.2020.133730>.

Jena, M.C., S.K. Mishra, and H.S. Moharana. 2020. 'Application of Industry 4.0 to Enhance Sustainable Manufacturing'. *Environmental Progress and Sustainable Energy* 39 (1). <https://doi.org/10.1002/ep.13360>.

Sullivan, B. P., Desai, S., Sole, J., Rossi, M., Ramundo, L., & Terzi, S. (2020). Maritime 4.0—opportunities in digitalization and advanced manufacturing for vessel development. *Procedia manufacturing*, 42, 246-253.

Da Costa, M. B., Dos Santos, L. M. A. L., Schaefer, J. L., Baierle, I. C., & Nara, E. O. B. (2019). Industry 4.0 technologies basic network identification. *Scientometrics*. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11192-019-03216-7>.

- Johansson, N., E. Roth, and W. Reim. 2019. 'Smart and Sustainable Emaintenance: Capabilities for Digitalization of Maintenance'. *Sustainability (Switzerland)* 11 (13). <https://doi.org/10.3390/su11133553>.
- Radivojević, G., & Milosavljević, L. (2019, May). The concept of logistics 4.0. In *4th Logistics International Conference* (pp. 283-292).
- Nagy, J., Ol'ah, J., Erdei, E., M'at'e, D., & Popp, J. (2018). The role and impact of Industry 4.0 and the internet of things on the business strategy of the value chain—The case of Hungary. *Sustainability*, 10, 3491. <https://doi.org/10.3390/su10103491>.
- Kaczmarek, Małgorzata Jasiulewicz-, and Arkadiusz Gola. 2019. 'Maintenance 4.0 Technologies for Sustainable Manufacturing - an Overview'. *IFAC-PapersOnLine* 52 (10): 91–96. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.10.005>.
- Kamble, S., A. Gunasekaran, and N.C. Dhone. 2020. 'Industry 4.0 and Lean Manufacturing Practices for Sustainable Organisational Performance in Indian Manufacturing Companies'. *International Journal of Production Research* 58 (5): 1319–37. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1630772>.
- Kamble, S.S., A. Gunasekaran, and S.A. Gawankar. 2018. 'Sustainable Industry 4.0 Framework: A Systematic Literature Review Identifying the Current Trends and Future Perspectives'. *Process Safety and Environmental Protection* 117: 408–25. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2018.05.009>.
- Kayikci, Yasanur. 2018. 'Sustainability Impact of Digitization in Logistics'. *Procedia Manufacturing* 21: 782–89. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.02.184>.
- Khanzode, A.G., P.R.S. Sarma, S.K. Mangla, and H. Yuan. 2021. 'Modeling the Industry 4.0 Adoption for Sustainable Production in Micro, Small & Medium Enterprises'. *Journal of Cleaner Production* 279. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123489>.
- Kim, Hyungjung, Woo-Kyun Jung, In-Gyu Choi, and Sung-Hoon Ahn. 2019. 'A Low-Cost Vision-Based Monitoring of Computer Numerical Control (CNC) Machine Tools for Small and Medium-Sized Enterprises (SMEs)'. *Sensors* 19 (20): 4506. <https://doi.org/10.3390/s19204506>.
- Kristoffersen, E., F. Blomsma, P. Mikalef, and J. Li. 2020. 'The Smart Circular Economy: A Digital-Enabled Circular Strategies Framework for Manufacturing Companies'. *Journal of Business Research* 120: 241–61. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.07.044>.
- Kumar, P., R.K. Singh, and V. Kumar. 2021. 'Managing Supply Chains for Sustainable Operations in the Era of Industry 4.0 and Circular Economy: Analysis of Barriers'. *Resources, Conservation and Recycling* 164. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105215>.
- Kumar, R., R.K. Singh, and Y.K. Dwivedi. 2020. 'Application of Industry 4.0 Technologies in SMEs for Ethical and Sustainable Operations: Analysis of Challenges'. *Journal of Cleaner Production* 275. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124063>.
- Kumar, R., S.P. Singh, and K. Lamba. 2018. 'Sustainable Robust Layout Using Big Data Approach: A Key

towards Industry 4.0'. *Journal of Cleaner Production* 204: 643–59.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.327>.

Leng, J., G. Ruan, Y. Song, Q. Liu, Y. Fu, K. Ding, and X. Chen. 2021. 'A Loosely-Coupled Deep Reinforcement Learning Approach for Order Acceptance Decision of Mass Individualized Printed Circuit Board Manufacturing in Industry 4.0'. *Journal of Cleaner Production* 280.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124405.36>

Leng, Jiewu, Guolei Ruan, Pingyu Jiang, Kailin Xu, Qiang Liu, Xueliang Zhou, and Chao Liu. 2020. 'Blockchain-Empowered Sustainable Manufacturing and Product Lifecycle Management in Industry 4.0: A Survey'. *Renewable & Sustainable Energy Reviews* 132 (October): 110112.

<https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110112>.

Li, Y., J. Dai, and L. Cui. 2020. 'The Impact of Digital Technologies on Economic and Environmental Performance in the Context of Industry 4.0: A Moderated Mediation Model'. *International Journal of Production Economics* 229. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107777>.

Liboni, L.B., L.H.B. Liboni, and L.O. Cezarino. 2018. 'Electric Utility 4.0: Trends and Challenges towards Process Safety and Environmental Protection'. *Process Safety and Environmental Protection* 117: 593–605.

<https://doi.org/10.1016/j.psep.2018.05.027>.

Lim, C.H., S. Lim, B.S. How, W.P.Q. Ng, S.L. Ngan, W.D. Leong, and H.L. Lam. 2021. 'A Review of Industry 4.0 Revolution Potential in a Sustainable and Renewable Palm Oil Industry: HAZOP Approach'. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 135. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110223>.

Lin, Y.-C., C.-C. Yeh, W.-H. Chen, W.-C. Liu, and J.-J. Wang. 2020. 'The Use of Big Data for Sustainable Development in Motor Production Line Issues'. *Sustainability (Switzerland)* 12 (13).

<https://doi.org/10.3390/su12135323>.

Lindström, J., P. Kyösti, W. Birk, and E. Lejon. 2020. 'An Initial Model for Zero Defect Manufacturing'. *Applied Sciences (Switzerland)* 10 (13). <https://doi.org/10.3390/app10134570>.

Liu, Yang, Qinghua Zhu, and Stefan Seuring. 2020. 'New Technologies in Operations and Supply Chains: Implications for Sustainability'. *International Journal of Production Economics* 229 (November): 107889.

<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107889>.

Lopes de Sousa Jabbour, A.B., C.J.C. Jabbour, M. Godinho Filho, and D. Roubaud. 2018. 'Industry 4.0 and the Circular Economy: A Proposed Research Agenda and Original Roadmap for Sustainable Operations'. *Annals of Operations Research* 270 (1–2): 273–86. <https://doi.org/10.1007/s10479-018-2772-8>.

Luthra, S., A. Kumar, E.K. Zavadskas, S.K. Mangla, and J.A. Garza-Reyes. 2020. 'Industry 4.0 as an Enabler of Sustainability Diffusion in Supply Chain: An Analysis of Influential Strength of Drivers in an Emerging Economy'. *International Journal of Production Research* 58 (5): 1505–21.

<https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1660828>.

- Ma, Shuaiyin, Yingfeng Zhang, Yang Liu, Haidong Yang, Jingxiang Lv, and Shan Ren. 2020. 'Data-Driven Sustainable Intelligent Manufacturing Based on Demand Response for Energy-Intensive Industries'. *Journal of Cleaner Production* 274: 123155. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123155>.
- Ma, Shuaiyin, Yingfeng Zhang, Jingxiang Lv, Yuntian Ge, Haidong Yang, and Lin Li. 2020. 'Big Data Driven Predictive Production Planning for Energy-Intensive Manufacturing Industries'. *Energy* 211: 118320. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.118320>.
- Machado, Carla Gonçalves, Mats Peter Winroth, and Elias Hans Dener Ribeiro da Silva. 2020. 'Sustainable Manufacturing in Industry 4.0: An Emerging Research Agenda'. *International Journal of Production Research* 58 (5): 1462–84. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1652777>.
- Majeed, A., Y. Zhang, S. Ren, J. Lv, T. Peng, S. Waqar, and E. Yin. 2021. 'A Big Data-Driven Framework for Sustainable and Smart Additive Manufacturing'. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing* 67. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2020.102026>.
- Manavalan, E., and K. Jayakrishna. 2019. 'An Analysis on Sustainable Supply Chain for Circular Economy'. *Procedia Manufacturing* 33: 477–84. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.04.059>
- Margherita, Emanuele Gabriel, and Alessio Maria Braccini. 2020. 'Industry 4.0 Technologies in Flexible Manufacturing for Sustainable Organizational Value: Reflections from a Multiple Case Study of Italian Manufacturers'. *Information Systems Frontiers*, July. <https://doi.org/10.1007/s10796-020-10047-y>.
- Mark, B.G., S. Hofmayer, E. Rauch, and D.T. Matt. 2019. 'Inclusion of Workers with Disabilities in Production 4.0: Legal Foundations in Europe and Potentials through Worker Assistance Systems'. *Sustainability (Switzerland)* 11 (21). <https://doi.org/10.3390/su11215978>.
- Mastos, T.D., A. Nizamis, T. Vafeiadis, N. Alexopoulos, C. Ntinis, D. Gkortzis, A. Papadopoulos, D. Ioannidis, and D. Tzovaras. 2020. 'Industry 4.0 Sustainable Supply Chains: An Application of an IoT Enabled Scrap Metal Management Solution'. *Journal of Cleaner Production* 269. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122377>.
- Meng, Y., Y. Yang, H. Chung, P.-H. Lee, and C. Shao. 2018. 'Enhancing Sustainability and Energy Efficiency in Smart Factories: A Review'. *Sustainability (Switzerland)* 10 (12). <https://doi.org/10.3390/su10124779>.
- Müller, J.M., D. Kiel, and K.-I. Voigt. 2018. 'What Drives the Implementation of Industry 4.0? The Role of Opportunities and Challenges in the Context of Sustainability'. *Sustainability (Switzerland)* 10 (1). <https://doi.org/10.3390/su10010247>.
- Müller, J.M., and K.-I. Voigt. 2018. 'Sustainable Industrial Value Creation in SMEs: A Comparison between Industry 4.0 and Made in China 2025'. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing - Green Technology* 5 (5): 659–70. <https://doi.org/10.1007/s40684-018-0056-z>.
- Murmura, F., and L. Bravi. 2018. 'Additive Manufacturing in the Wood-Furniture Sector: Sustainability of the Technology, Benefits and Limitations of Adoption'. *Journal of Manufacturing Technology Management* 29 (2):

350–71. <https://doi.org/10.1108/JMTM-08-2017-0175>.

Naderi, Mahdi, Enrique Ares, Gustavo Peláez, Daniel Prieto, and Madalena Araújo. 2019. 'Sustainable Operations Management for Industry 4.0 and Its Social Return'. *IFAC PapersOnLine* 52 (13): 457–62. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.11.102>.

Nara, E.O.B., M.B. da Costa, I.C. Baierle, J.L. Schaefer, G.B. Benitez, L.M.A.L. do Santos, and L.B. Benitez. 2021. 'Expected Impact of Industry 4.0 Technologies on Sustainable Development: A Study in the Context of Brazil's Plastic Industry'. *Sustainable Production and Consumption* 25: 102–22. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.07.018>.

Nascimento, Daniel Luiz Mattos, Viviam Alencastro, Osvaldo Luiz Goncalves Quelhas, Rodrigo Goyannes Gusmao Caiado, Jose Arturo Garza-Reyes, Luis Rocha Lona, and Guilherme Tortorella. 2019. 'Exploring Industry 4.0 Technologies to Enable Circular Economy Practices in a Manufacturing Context A Business Model Proposal'. *Journal of Manufacturing Technology Management* 30 (3): 607–27. <https://doi.org/10.1108/JMTM-03-2018-0071>.

Nouiri, M., D. Trentesaux, and A. Bekrar. 2019. 'Towards Energy Efficient Scheduling of Manufacturing Systems through Collaboration between Cyber Physical Production and Energy Systems'. *Energies* 12 (23). <https://doi.org/10.3390/en12234448>.

Oláh, J., N. Aburumman, J. Popp, M.A. Khan, H. Haddad, and N. Kitukutha. 2020. 'Impact of Industry 4.0 on Environmental Sustainability'. *Sustainability (Switzerland)* 12 (11). <https://doi.org/10.3390/su12114674>.

Ordieres-Meré, J., T.P. Remón, and J. Rubio. 2020. 'Digitalization: An Opportunity for Contributing to Sustainability from Knowledge Creation'. *Sustainability (Switzerland)* 12 (4): 1–21. <https://doi.org/10.3390/su12041460>.

Papetti, Alessandra, Fabio Gregori, Monica Pandolfi, Margherita Peruzzini, and Michele Germani. 2020. 'A Method to Improve Workers' Well-Being toward Human-Centered Connected Factories'. *Journal of Computational Design and Engineering* 7 (5): 630–43. <https://doi.org/10.1093/jcde/qwaa047>.

Park, K.T., Y.T. Kang, S.G. Yang, W.B. Zhao, Y.-S. Kang, S.J. Im, D.H. Kim, S.Y. Choi, and S. Do Noh. 2020. 'Cyber Physical Energy System for Saving Energy of the Dyeing Process with Industrial Internet of Things and Manufacturing Big Data'. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing - Green Technology* 7 (1): 219–38. <https://doi.org/10.1007/s40684-019-00084-7>.

Patsavellas, John, and Konstantinos Salonitis. 2019. 'The Carbon Footprint of Manufacturing Digitalization: Critical Literature Review and Future Research Agenda'. *Procedia CIRP* 81: 1354–59. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.04.026>.

Pham, T.T., T.-C. Kuo, M.-L. Tseng, R.R. Tan, K. Tan, D.S. Ika, and C.J. Lin. 2019. 'Industry 4.0 to Accelerate the Circular Economy: A Case Study of Electric Scooter Sharing'. *Sustainability (Switzerland)* 11 (23). <https://doi.org/10.3390/su11236661>.

Pinzone, M., F. Albè, D. Orlandelli, I. Barletta, C. Berlin, B. Johansson, and M. Taisch. 2020. 'A Framework for Operative and Social Sustainability Functionalities in HumanCentric Cyber-Physical Production Systems'. *Computers and Industrial Engineering* 139. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.03.028>.

Piscitelli, Giuseppina, Angela Ferazzoli, Antonella Petrillo, Raffaele Cioffi, Adele Parmentola, and Marta Travaglioni. 2020. 'CIRCULAR ECONOMY MODELS IN THE INDUSTRY 4.0 ERA: A REVIEW OF THE LAST DECADE'. *Procedia Manufacturing* 42: 227–34. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.02.074>.

Ramirez-Peña, M., A.J. Sánchez Sotano, V. Pérez-Fernandez, F.J. Abad, and M. Batista. 2020. 'Achieving a Sustainable Shipbuilding Supply Chain under I4.0 Perspective'. *Journal of Cleaner Production* 244. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118789>.

Ren, S., Y. Zhang, Y. Liu, T. Sakao, D. Huisingh, and C.M.V.B. Almeida. 2019. 'A Comprehensive Review of Big Data Analytics throughout Product Lifecycle to Support Sustainable Smart Manufacturing: A Framework, Challenges and Future Research Directions'. *Journal of Cleaner Production* 210: 1343–65. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.025>.

Saetta, Stefano, and Valentina Caldarelli. 2020. 'How to Increase the Sustainability of the AgriFood Supply Chain through Innovations in 4.0 Perspective: A First Case Study Analysis'. *Procedia Manufacturing* 42: 333–36. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.02.083>.

Sartal, A., R. Bellas, A.M. Mejías, and A. García-Collado. 2020. 'The Sustainable Manufacturing Concept, Evolution and Opportunities within Industry 4.0: A Literature Review'. *Advances in Mechanical Engineering* 12 (5). <https://doi.org/10.1177/1687814020925232>.

Scharl, S., and A. Praktijnjo. 2019. 'The Role of a Digital Industry 4.0 in a Renewable Energy System'. *International Journal of Energy Research* 43 (8): 3891–3904. <https://doi.org/10.1002/er.4462>.

Sharma, Mahak, Sachin Kamble, Venkatesh Mani, Rajat Sehrawat, Amine Belhadi, and Vardaan Sharma. 2020. 'Industry 4.0 Adoption for Sustainability in Multi-Tier Manufacturing Supply Chain in Emerging Economies'. *Journal of Cleaner Production*, 125013. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125013>.

Shayganmehr, Masoud, Anil Kumar, Jose Arturo Garza-Reyes, and Md. Abdul Moktadir. 2020. 'Industry 4.0 Enablers for a Cleaner Production and Circular Economy within the Context of Business Ethics: A Study in a Developing Country'. *Journal of Cleaner Production*, November, 125280. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125280>.

Sony, M., and S. Naik. 2020. 'Industry 4.0 Integration with Socio-Technical Systems Theory: A Systematic Review and Proposed Theoretical Model'. *Technology in Society* 61. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2020.101248>.

Sousa Jabbour, A.B.L. de, C.J.C. Jabbour, C. Foropon, and M.G. Filho. 2018. 'When Titans Meet – Can Industry 4.0 Revolutionise the Environmentally-Sustainable Manufacturing Wave? The Role of Critical Success Factors'. *Technological Forecasting and Social Change* 132: 18–25.

<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.01.017>.

Stock, T., M. Obenaus, S. Kunz, and H. Kohl. 2018. 'Industry 4.0 as Enabler for a Sustainable Development: A Qualitative Assessment of Its Ecological and Social Potential'. *Process Safety and Environmental Protection* 118: 254–67. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2018.06.026>.

Strandhagen, Jo Wessel, Sven-Vegard Buer, Marco Semini, Erlend Alfnes, and Jan Ola Strandhagen. 2020. 'Sustainability Challenges and How Industry 4.0 Technologies Can Address Them: A Case Study of a Shipbuilding Supply Chain'. *Production Planning & Control*, May. <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1837940>.

Tavares, Thais Moreira, Moacir Godinho Filho, Gilberto Devos Ganga, and Mario Henrique Callefi. 2020. 'THE RELATIONSHIP BETWEEN ADDITIVE MANUFACTURING AND CIRCULAR ECONOMY: A SISTEMATIC REVIEW'. *Independent Journal of Management & Production* 11 (5): 1647–65. <https://doi.org/10.14807/ijmp.v11i5.1290>.

Tirabeni, L., P. De Bernardi, C. Forliano, and M. Franco. 2019. 'How Can Organisations and Business Models Lead to a More Sustainable Society? A Framework from a Systematic Review of the Industry 4.0'. *Sustainability (Switzerland)* 11 (22). <https://doi.org/10.3390/su11226363>.

Tiwari, K., and M.S. Khan. 2020. 'Sustainability Accounting and Reporting in the Industry 4.0'. *Journal of Cleaner Production* 258. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120783>.

Turner, C., M. Moreno, L. Mondini, K. Salonitis, F. Chamley, A. Tiwari, and W. Hutabarat. 2019. 'Sustainable Production in a Circular Economy: A Business Model for ReDistributed Manufacturing'. *Sustainability (Switzerland)* 11 (16). <https://doi.org/10.3390/su11164291>.

Varela, L., A. Araújo, P. Ávila, H. Castro, and G. Putnik. 2019. 'Evaluation of the Relation between Lean Manufacturing, Industry 4.0, and Sustainability'. *Sustainability (Switzerland)* 11 (5). <https://doi.org/10.3390/su11051439>.

Waibel, M. W., G. A. Oosthuizen, and D. W. du Toit. 2018. 'Investigating Current Smart Production Innovations in the Machine Building Industry on Sustainability Aspects'. *Procedia Manufacturing* 21: 774–81. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.02.183>.

Yadav, G., A. Kumar, S. Luthra, J.A. Garza-Reyes, V. Kumar, and L. Batista. 2020. 'A Framework to Achieve Sustainability in Manufacturing Organisations of Developing Economies Using Industry 4.0 Technologies' Enablers'. *Computers in Industry* 122. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2020.103280>.

Yadav, G., S. Luthra, S.K. Jakhar, S.K. Mangla, and D.P. Rai. 2020. 'A Framework to Overcome Sustainable Supply Chain Challenges through Solution Measures of Industry 4.0 and Circular Economy: An Automotive Case'. *Journal of Cleaner Production* 254. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120112>.

Yang, S., M.R.A. Raghavendra, J. Kaminski, and H. Pepin. 2018. 'Opportunities for Industry 4.0 to Support Remanufacturing'. *Applied Sciences (Switzerland)* 8 (7). <https://doi.org/10.3390/app8071177>.

European Parliament, «What is artificial intelligence and how is it used?», europa.eu, 2020, διαθέσιμο στο: <https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/society/20200827STO85804/what-is-artificial-intelligence-and-how-is-it-used>

Deloitte, «The case for artificial intelligence in combating money laundering and terrorist financing. A deep dive into the application of machine learning technology», 2021, deloitte.com, διαθέσιμο στο: <https://www2.deloitte.com/tr/en/pages/financial-advisory/articles/the-case-for-artificial-intelligence-in-combating-money-laundering-and-terrorist-financing.html>

SAS, «Artificial Intelligence, What it is and why it matters», sas.com, διαθέσιμο στο: https://www.sas.com/en_us/insights/analytics/what-is-artificial-intelligence.html

Τσαυτάρης Α., «Βιοτεχνολογία: επιτεύγματα, προοπτικές, προβληματισμοί,» in *Η άλλη πλευρά της βιοτεχνολογίας*, 1998, pp. 11–20.

«Neuroscience». Merriam-Webster Medical Dictionary, <http://www.merriam-webster.com/medlineplus/neuroscience>.

Yuval Noeh Harari, «Homo Deus: A Brief History of Tomorrow», 2015, Hebrew

Brundtland, G.H. (1987) Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development. Geneva, UN-Dokument A/42/427. <http://www.un-documents.net/ocf-ov.htm>

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ

Author(s)	Title of Article	Year	What was done?	Author's main implications & findings
Abubakr M., Abbas A.T., Tomaz I., Soliman M.S., Luqman M., Hegab H.	Sustainable and smart manufacturing: An integrated approach	2020	<ul style="list-style-type: none"> - integrated sustainable smart manufacturing performance by incorporating sustainable manufacturing measures - the conventional life cycle analysis (LCA) is upgraded with the TBL principle --> the Life-Cycle-Sustainability-Assessment (LCSA) - discussion of current and future challenges 	<ul style="list-style-type: none"> - implementing a factory will indeed improve the overall process and product performance, quality, and flexibility, although at the same time, it will require a considerable capital investment compared to the conventional one
Adenuga, Olukorede Tijani; Mpfu, Khumbulani; Boitumelo, Ramatsetse Innocent	Energy efficiency analysis modelling system for manufacturing in the context of industry 4.0	2019	<ul style="list-style-type: none"> - The paper proposes an "Energy Efficiency Analysis Modelling System" (EEAMS) as a tool to provide an estimation of energy costs in a manufacturing plant - Therefore, a bottom-up approach is adopted, which uses information on energy cost as a baseline for a web-based interacting platform - an energy efficiency software framework (EESF) is proposed to determine the economic impacts of energy measurements - the authors proposed an Energy Efficiency Sustainable Software through IoT architecture and big data analytics model and allow centralization of data for cloud hosting, through a web-based interacting platform, using EESF to determine the economic impacts of energy measurement, and verification on energy consumption and environment 	<ul style="list-style-type: none"> - The article provides a platform for the digitalization of the use of energy, which is beginning to have a significant impact on the energy sector and energy efficiency is emerging as a key arena for innovation - The efficient use of electricity at its end by a production equipment is a useful output on the demand-side energy efficiency policies - The adherence to the determination of energy usage baselines in accordance with SANS 5001 and determination of energy efficiency saving potentials through the use of the Energy Efficiency Sustainability Framework (EESF) as the means of energy performance indicators for monitoring energy performance, helps in the preparation of reports on the implementation of the energy management plans, and achieved energy savings

<p>Ahmad S., Miskon S., Alabdan R., Tlili I.</p>	<p>Towards sustainable textile and apparel industry: Exploring the role of business intelligence systems in the era of industry 4.0</p>	<p>2020</p>	<ul style="list-style-type: none"> - investigating the determinants of business intelligence system (BIS) adoption with an eye towards understanding how BIS can resolve sustainability issues in T&A companies with Industry 4.0 technologies - 14 semi-structured in-depth interviews, The snowball and purposeful sampling strategy is used to select the participants. - qualitative content analysis technique is used to analyze the interview data 	<ul style="list-style-type: none"> - sustainability issues in T&A companies improved value creation processes with leading business intelligence solutions (BIS), and perceived difficulties in the adoption of BIS - Major improvements are perceived in the apparel retail business because apparel companies are more prone to adopt the Industry 4.0 technologies with advanced BIS - A major improvement was observed in retail business with fast insights and well-informed decision-making - high-end apparel companies from advanced countries are more prone to adopt the Industry 4.0 technologies
<p>Ambrogio, Giuseppina; Guido, Rosita; Palaia, Domenico; Filice, Luigino</p>	<p>Job shop scheduling model for a sustainable manufacturing</p>	<p>2020</p>	<ul style="list-style-type: none"> - this study aims at introducing a smart tool, based on the application of a mathematical model, already proposed in literature, for the job scheduling from an energy saving perspective into a real company IT system - After a preliminary introduction on the concepts of sustainability and industry 4.0, and how they are connected to each other, and a second part that will deal with Smart Factory, smart factories oriented to customization and flexibility, the mathematical model of activity scheduling will be discussed and then applied to a specific IT system 	<ul style="list-style-type: none"> - This model, in fact, properly implemented into a Manufacturing Execution System (MES) will represent a powerful tool oriented to the efficient use of energy resources
<p>Amjad, Muhammad Saad; Rafique, Muhammad Zeeshan; Hussain, Shafqat; Khan, Mohammad Aamir</p>	<p>A new vision of LARG Manufacturing — A trail towards Industry 4.0</p>	<p>2020</p>	<ul style="list-style-type: none"> - The objective of this study is to explore the possibility of collaboration between constituents of LARG (Lean, Agile, Resilient and Green) Manufacturing with the facets of Industry-4.0 - In this context, a thorough systematic literature review has been conducted to validate the research gap regarding integration of LARG Manufacturing with Industry 4.0 	<ul style="list-style-type: none"> - LARG constituent practices can be amalgamated with various facets of Industry-4.0 to provide operational, economic and environmental benefits - Once the manufacturing processes are ridden of wastes, the adoption of Industry 4.0 concepts becomes easier The increased process visibility, elimination of wastes, fast processes, high level of responsiveness to disruptions and eco-friendly manufacturing are the salient features of the LARG Manufacturing & Industry-4.0 synergy, fuelled by automation and BigData
<p>Bag S., Yadav G., Wood L.C., Dhamija P., Joshi S.</p>	<p>Industry 4.0 and the circular economy: Resource melioration in logistics</p>	<p>2020</p>	<ul style="list-style-type: none"> - This study investigates how Industry 4.0 resources impact smart logistics and further influence dynamic remanufacturing and green manufacturing capability and, the final effect on business logistics sustainability. - Survey data were collected from 150 respondents using an online survey of South African executives in firms operating mines, quarries, and processing plants. - Partial Least Squares based structural equation modelling (PLS-SEM) was used to test the hypotheses 	<ul style="list-style-type: none"> - Industry 4.0 resources have a strong effect on intelligent logistics compared to its impact on interconnected logistics and instrumented logistics - The impact of intelligent logistics is found to be very high compared to that of interconnected logistics and instrumented logistics on dynamic remanufacturing and green manufacturing capability dynamic remanufacturing and green manufacturing capability are found to have a positive influence business logistics sustainability
<p>Bag, Surajit; Gupta, Shivam; Kumar, Sameer</p>	<p>Industry 4.0 adoption and 10R advance manufacturing capabilities for sustainable development</p>	<p>2021</p>	<ul style="list-style-type: none"> - the current study aspires to examine how great an effect Industry 4.0 adoption has on 10R (Refuse, Rethink, Reduce, Reuse, Repair, Refurbish, Remanufacture, Repurpose, Recycle, and Recover) advanced manufacturing capabilities and its outcome on sustainable development under the moderating effect of an Industry 4.0 delivery system - Practice-based view and Dynamic capability view theories are used to conceptualise the theoretical model - The research team statistically validated the theoretical model considering 124 data points that were collected using an online survey with a structured questionnaire - The study concludes with key take away points for managers 	<ul style="list-style-type: none"> - firms with a high degree of I4.0 implementation lead to a positive development of 10 R advanced manufacturing capabilities - 10 R advanced manufacturing capabilities are found to have a positive influence on sustainable development outcomes - I4.0 delivery system is found to have a moderating effect on the relationship degree of I4.0 adoption and 10 R advanced manufacturing capabilities - This suggests that firms should focus on the degree of I4.0 adoption and 10 R advanced

				manufacturing capabilities to enhance sustainable development outcomes and achieve their goals However, serious focus on the development of infrastructure for I4.0 delivery systems is essential
Bag, Surajit; Pretorius, Jan Ham Christiaan; Gupta, Shivam; Dwivedi, Yogesh K.	Role of institutional pressures and resources in the adoption of big data analytics powered artificial intelligence, sustainable manufacturing practices and circular economy capabilities	2020	<ul style="list-style-type: none"> - this study employs institutional theory and resource-based view theory to elucidate the way in which automotive firms configure tangible resources and workforce skills to drive technological enablement and improve sustainable manufacturing practices and furthermore develop circular economy capabilities - tested the research hypothesis using primary data collected from 219 automotive and allied manufacturing companies operating in South Africa 	<ul style="list-style-type: none"> - coercive pressures and mimetic pressures are positively associated with tangible resources - coercive pressures and normative pressures indicate a positive association with workforce skills - Tangible resources and workforce skills indicate a positive association with Big Data Analytic powered by Artificial Intelligence (BDA-AI) adoption - BDA-AI adoption was found to have a positive association with SMP and Circular Economy (CE) capabilities -SMP were found to have a positive association with CE capabilities the enabling effect of BDA-AI and CE capabilities is positively moderated by organizational flexibility and industry dynamism
Bai C., Dallasega P., Orzes G., Sarkis J.	Industry 4.0 technologies assessment: A sustainability perspective	2020	<ul style="list-style-type: none"> - we further examine Industry 4.0 technologies in terms of application and sustainability implications - We introduce a measures framework for sustainability based on the United Nations Sustainable Development Goals; incorporating various economic, environmental and social attributes. We also develop a hybrid multi-situation decision method integrating hesitant fuzzy set, cumulative prospect theory and VIKOR 	<ul style="list-style-type: none"> - Take advantage of Industry 4.0 technology adoption to improve sustainability impact but each technology needs to be carefully evaluated as specific technology will variably influence industry and sustainability dimensions - Investment in such technologies should consider appropriate priority investment and championing - Industry 4.0 can tackle each of the 17 SDGs
Bal, Alperen; Badurdeen, Fazleena	A Business Model to Implement Closed-loop Material Flow in IoT- enabled Environments	2019	<ul style="list-style-type: none"> - In this research we propose a 'Lease-First, Then-Sell' (LFTS) business model adopting the multiple lifecycle approach to design, manufacture and use products - Simulation is used to study the logistics network configuration when implementing this model for different scenarios to identify TBL benefits as well as opportunities and challenges to implement the IoT-enabled LFTS model A case study for Turkish refrigerator market is presented to observe the expected results over 12 years (2024-2035) 	<ul style="list-style-type: none"> - LFTS provide the opportunity to companies to expand and diversify their markets - companies could experiment the business model which could possibly make them to reach more environmentally friendly and more profitable supply chain - Results indicate when LFTS is implemented, total supply chain profit has a tendency to increase
Beier G., Niehoff S., Xue B.	More sustainability in industry through Industrial Internet of Things?	2018	<ul style="list-style-type: none"> - This paper discusses how the environmental dimension of a sustainable development can potentially benefit from the IIoT—focusing especially on three topics: resource efficiency, sustainable energy and transparency. - It presents a state of the art literature analysis of IIoT-enabled approaches addressing the three environmental topics. This analysis is compared with the findings of a survey among Chinese industrial companies, investigating the sustainability-related expectations of participants coming along with the implementation of IIoT solutions the survey was conducted with the means of a questionnaire 	<ul style="list-style-type: none"> - barriers and concerns regarding the digital inclusion of suppliers have to be addressed Expectations relating to improved resource efficiency are high (88.1% expect very high or high material saving potentials, 83.5% foresee very high or high energy savings), but further research has to focus on assessing real potentials taking possible rebound effects into account
Beier G., Niehoff S., Ziems T., Xue B.	Sustainability aspects of a digitalized industry – A comparative study from China and Germany	2017	<ul style="list-style-type: none"> - This paper discusses the changes that digitalization is expected to bring about in the industrial sector by comparing a highly industrialized (Germany) with a major emerging industrial economy (China) - empirical investigation of how the digitalization of industry is likely to affect sustainability aspects of manufacturing companies in two countries with very different industrial 	<ul style="list-style-type: none"> - this transformation should receive more attention from a sustainability point of view and be embedded in national and international sustainability policies to ensure the proper exploitation of opportunities and the identification

			<p>structures (Germany & China) this transformation will not only impact the ecological dimension (resource efficiency, renewable energy), but that the technical transformation is likely to be accompanied by social transformations.</p>	<p>of potential risks and respective countermeasures from the very beginning</p>
<p>Beier, Grischa; Ullrich, André; Niehoff, Silke; Reißig, Malte; Habich, Matthias</p>	<p>Industry 4.0: How it is defined from a sociotechnical perspective and how much sustainability it includes – A literature review</p>	2020	<p>- This paper provides a de-facto definition of the concept “Industry 4.0” from a sociotechnical perspective based on systematically deriving and describing the constituting key features of the concept Industry 4.0 through a qualitative literature review a thorough review of how far the concept of sustainability is incorporated in it</p>	<p>- Industry 4.0 does not seem to be a sharply defined, homogeneous development rather a collective term of different developments, including huge overlaps of key features between all categories, underlining that Industry 4.0 is a sociotechnical development that can and should not be reduced to technical aspects - it is not clear to what extent Industry 4.0 will contribute to a sustainable development - Many text fragments claim improved resource efficiency as a consequence of Industry 4.0; It is not made clear though under which circumstances those efficiency gains are to be expected - In total only 17 out of 684 text fragments describing the concept Industry 4.0 provide evidence or a reference to such evidence that postulate effects of key features on sustainability aspects - only very few of the articles establish a scientific link between Industry 4.0 and sustainability aspects although often authors’ presentations are suggesting otherwise - A contribution to a sustainable development of industry can only be expected when the transformation includes clear intentions from the very beginning - The leading question should not be how much positive influence Industry 4.0 will have on sustainable development but how sustainable digitalization of industry could look like</p>
<p>Birkel H.S., Veile J.W., Müller J.M., Hartmann E., Voigt K.-I.</p>	<p>Development of a risk framework for Industry 4.0 in the context of sustainability for established manufacturers</p>	2019	<p>- proposes a framework of risks in the context of Industry 4.0 that is related to the Triple Bottom Line of sustainability framework is developed from a literature review, as well as from 14 in- depth expert interviews</p>	<p>- - creates an initial and holistic understanding of the risks expected by Industry 4.0</p>
<p>Blümel, Eberhard</p>	<p>Global Challenges and Innovative Technologies Geared Toward New Markets: Prospects for Virtual and Augmented Reality</p>	2013	<p>- This paper examines means by which digital engineering and virtual and augmented reality technologies can support the creation of sustainable smart manufacturing and smart logistics processes as well as on-the-job training and qualification and knowledge transfer</p>	<p>- It is imperative that the design and simulation tools implemented in the process chain have coordinated interfaces and the data is thus consistently integrated - Real work systems for on-the-job qualification and training will increasingly be supplemented or supplanted by VR work systems - Since digital engineering already allows the virtually seamless integration of real working systems in virtual environments and vice versa, both the basic technological and economic conditions will make the widespread use of interactive VR technologies in basic and advanced vocational training of technical specialists</p>

				possible in the near future
Bonilla S.H., Silva H.R.O., da Silva M.T., Gonçalves R.F., Sacomano J.B.	Industry 4.0 and sustainability implications: A scenario-based analysis of the impacts and challenges	2018	<ul style="list-style-type: none"> - conduct a literature-based analysis to discuss the sustainability impact and challenges of Industry 4.0 from four different scenarios: deployment, operation and technologies, integration and compliance with the sustainable development goals, and long-run scenarios. - analysis of the impact on sustainability, based on a scenario approach the effects of Industry 4.0 on the deployment and operation scenarios are explored, and the positive and negative impacts on sustainability are identified 	<ul style="list-style-type: none"> - we identified both positive and negative expected impacts, with some predominance of positives that can be considered positive secondary effects derived from Industry 4.0 activities - only through integrating Industry 4.0 with the sustainable development goals in an eco-innovation platform, can it really ensure environmental performance - The convergence of Industry 4.0 technologies towards the SDGs platform is possible but requires supportive innovation and policies
Braccini A.M., Margherita E.G.	Exploring organizational sustainability of Industry 4.0 under the triple bottom line: The case of a manufacturing company	2018	<ul style="list-style-type: none"> - Our investigation considered the adoption of I40 in a manufacturing company which we analyzed as a single case study We describe the level of I40 adoption and the process through which the unit has adopted them. 	<ul style="list-style-type: none"> - Our case confirms that I40 applications support the triple bottom line through the improvement of productivity and product quality (economic), continuous energy consumption monitoring (environmental), and safer work environment and less intense work-load and job enrichment (social) - In the trajectories found, the three dimensions of sustainability influence and reinforce each other
Bressanelli, Gianmarco; Adrodegari, Federico; Perona, Marco; Sacconi, Nicola	The role of digital technologies to overcome Circular Economy challenges in PSS Business Models: an exploratory case study	2018	<ul style="list-style-type: none"> - this paper explores how new digital technologies can overcome in practice the main Circular Economy challenges through a case study of a company who leverages Internet of Things, Big Data and Analytics in the provision of its Product-Service Systems Business Model 	<ul style="list-style-type: none"> - the case indicates that, following the adoption of IoT, Big Data and Analytics, a company is able to offer a set of functionalities that, in turn, helps to overcome Circular Economy challenges
Brozzi R., Forti D., Rauch E., Matt D.T.	The advantages of industry 4.0 applications for sustainability: Results from a sample of manufacturing companies	2020	<ul style="list-style-type: none"> - conduct a study to investigate the benefits of Industry 4.0 applications for sustainability - use the results from a sample of manufacturing companies, which were asked by means of a questionnaire. investigate to what extent manufacturing companies see Industry 4.0 as an advantage for economic, environmental and social sustainability 	<ul style="list-style-type: none"> - overall the perception of economic opportunities prevail, while the association of a beneficial impact of Industry 4.0 on environmental sustainability is rather low across companies, regardless of their size, turnover and digital level - the results suggest a strong association of the size and the digital level to specific Industry 4.0 related advantages, referring to the social and economic dimension of sustainability, respectively The social opportunity relating to flexible organisation of work emerges as a driver in large companies, more so than SMEs
Cagliano R., Canterino F., Longoni A., Bartezzaghi E.	The interplay between smart manufacturing technologies and work organization: The role of technological complexity	2019	<ul style="list-style-type: none"> - providing evidence on how Smart Manufacturing (SM) affects work organization on both micro & macro level reports on a multiple-case study of 19 companies implementing SM. 	<ul style="list-style-type: none"> - a higher level of technological complexity is associated to decentralization of decision making and a reduction in the number of hierarchical levels - low levels of technological complexity in the SM context are associated with an organizational scenario in which operators perform a limited number of tasks, with limited job autonomy, cognitive demand, and vice versa - the study offers valuable practical insights

				related to the importance of including work organization considerations when defining the technological strategy within companies the interplay between technology and work organization cannot be considered in a deterministic way
Carvalho, Núbia; Chaim, Omar; Cazarini, Edson; Gerolamo, Mateus	Manufacturing in the fourth industrial revolution: A positive prospect in Sustainable Manufacturing	2018	- This paper seeks to describe the main forms of collaboration of Industry 4.0 in relation to sustainability	- industry 4.0 has a considerable area of significant aspects for sustainable industrial development - To achieve its environmental potential, this technological development must be tied to sustainable awareness - Regarding its interconnection to Ecotreneurship, this new revolution has an unparalleled potential for fast and significant change While some sustainability improvement can be inferred from the increased efficiency and adaptation to demand curves, a deepen impact on sustainability can only be achieved by incorporating environmental and social issues into the very concept of manufacturing companies' success
Chiappetta Jabbour C.J., Fiorini P.D.C., Ndubisi N.O., Queiroz M.M., Piato É.L.	Digitally-enabled sustainable supply chains in the 21st century: A review and a research agenda	2020	- this study aims to systematise published studies which address the implications of big data for sustainable supply chain management through a systematic literature review - A systematisation of the knowledge in this field is presented with a focus on big data. A research agenda containing pressing research gaps is presented.	- overview of extant literature on this topic in recent years - proposition of seven gaps in the literature in order to foster future investigations on big data-driven sustainable supply chains; - four lessons for business practitioners aiming to use big data for sustainable supply chain practices (i) developing big data analytics capability has to become a business priority in order to effectively build competitive sustainable supply chains (ii) big data has benefits for each of the dimensions of the triple-bottom-line in supply chains development of complementary organizational capabilities is needed to overcome challenges and facilitate the benefits of big data technology for sustainable supply chain management
Cochran, David S.; Rauch, Erwin	Sustainable Enterprise Design 4.0: Addressing Industry 4.0 Technologies from the Perspective of Sustainability	2020	- This paper aims to present an approach to better address sustainability as well as Industry 4.0 in terms of long-term strategic, enterprise design that is sustainable - the authors are looking from the perspective of the Triple Bottom Line concept to investigate the Why, What and How for economic, environmental and social sustainability based on physical solutions derived from Industry 4.0 - as a result, a list of needs, functional requirements as well as possible Industry 4.0 physical solutions is proposed to achieve a long-term sustainable enterprise design - a framework for integrating Industry 4.0, sustainability and long-term sustainable enterprise design is presented	- From an economic perspective, the main aim of Industry 4.0 is digitization to connect products with machines, workers and the enterprise environment outside the smart factory, enhancing automated manufacturing processes to be able to produce small lot sizes in a highly efficient way - Industry 4.0 also raises the awareness of environmental sustainability by making the degree of sustainability measurable through enabling technologies like IoT, smart sensors and real-time connectivity on the social dimension, the requirement is to provide the appropriate qualification and use of new technologies that provide new opportunities for Associates to collaborate and interact with machines, robots and computers, and with each other

<p>Dantas, T. E. T.; de Souza, E. D.; Destro, I. R.; Hammes, G.; Rodriguez, C. M. T.; Soares, S. R.</p>	<p>How the combination of Circular Economy and Industry 4.0 can contribute towards achieving the Sustainable Development Goals</p>	<p>2021</p>	<p>- This research performs a systematic literature review to identify how the combination of Circular Economy practices and Industry 4.0 technologies, could contribute to achieving the Sustainable Development Goals (SDG)</p> <p>- A total of 50 peer-review articles that addressed the simultaneous or individual link between CE and I4.0 to sustainability are assessed</p> <p>- The articles were first screened with regard to the I4.0 technologies and CE practices applied, and further analyzed in order to understand the stronger links to the SDG</p> <p>The specific targets addressed by the combined implementation of CE practices and I4.0 technologies are disclosed and discussed</p>	<p>- Findings show that the CE-I4.0 nexus directly benefits SDG 7, SDG 8, SDG 9, SDG 11, SDG 12, and SDG 13</p> <p>the CE-I4.0 nexus is pivotal in the endeavors to reach the SDG, as it connects innovative technologies with novel circular production and business models, which ultimately brings the opportunity to tackle the SDG targets intensified in this study</p>
<p>de Sousa Jabbour A.B.L., Jabbour C.J.C., Foropon C., Filho M.G.</p>	<p>When titans meet – Can industry 4.0 revolutionise the environmentally-sustainable manufacturing wave? The role of critical success factors</p>	<p>2018</p>	<p>- Literature review</p> <p>- elaboration of Critical success factors (CSFs) and how I4.0T can support them</p> <p>setting up framework of I4.0 - green manufacturing - CSF</p>	<p>- Industry 4.0 technologies can unlock the full potential of environmentally-sustainable manufacturing practices</p>
<p>Dev, Navin K.; Shankar, Ravi; Qaiser, Fahham Hasan</p>	<p>Industry 4.0 and circular economy: Operational excellence for sustainable reverse supply chain performance</p>	<p>2020</p>	<p>- The present research proposes a roadmap to the excellence of operations for sustainable reverse supply chain/ logistics by the joint implementation of principles of Industry 4.0 (I4.0) and ReSOLVE model of circular economy (CE) approaches</p> <p>- The connection between I4.0 and CE is unveiled by addressing the case-based model affecting the economic and environmental performances</p> <p>The effectiveness of the virtual world in I4.0 environment is explored using simulation of reverse logistics model</p>	<p>- Based on the trade-off analysis between environmental and economic performances, appropriate combinations of information-sharing and family-based dispatching rules are suggested</p> <p>the implementation of technology characteristics of operational excellence in terms of I4.0, reverse logistics, and lean approach provides valuable guidance to practice for the sustainable performances of a circular SC</p>
<p>Esmaelian B., Sarkis J., Lewis K., Behdad S.</p>	<p>Blockchain for the future of sustainable supply chain management in Industry 4.0</p>	<p>2020</p>	<p>- provide an overview of Blockchain technology and Industry 4.0 for advancing supply chains towards sustainability</p> <p>- we evaluate the capabilities of Industry 4.0 for sustainability extracted from the existing literature</p> <p>- unfolding the capabilities that Blockchain offers for increasing sustainability</p> <p>Blockchain technology capabilities for contributing to social and environmental sustainability, research gaps, adversary effects of Blockchain, and future research directions are discussed.</p>	<p>- Blockchain as an enabler for the successful implementation of sustainability and circular economy concepts by:</p> <p>- (1) promoting green behavior through designing specialized tokens</p> <p>- (2) enhancing the visibility of product lifecycle</p> <p>- (3) increasing systems efficiency and decreasing development and operational costs,</p> <p>(4) enhancing corporate performance reporting and sustainability monitoring capabilities</p>
<p>Felsberger A., Reiner G.</p>	<p>Sustainable industry 4.0 in production and operations management: A systematic literature review</p>	<p>2020</p>	<p>- systematic literature review approach in order to identify the literature that is related to sustainability in I4.0 and its impact in the area of production and operations management (P&OM)</p> <p>- executed via bibliometric and text mapping tools</p> <p>- focus group discussion with experts to derive practical insights</p> <p>based on this analysis, a conceptual model for a new TBL approach is introduced that considers the technological development along with the social, economic and environmental dimensions of sustainability</p>	<p>- there is room for researchers and practitioners to realize the need of simultaneously covering EcEvS aspects of sustainability in order to create sustainable manufacturing environments</p> <p>- several economic, environmental, and social impacts already exist and are expected to increase within the next year</p> <p>Technological progress influences each of the three dimensions of sustainability and has direct and indirect influences on sustainability across the whole value chain</p>

<p>Felsberger, A; Qaiser, FH; Choudhary, A; Reiner, G</p>	<p>The impact of Industry 4.0 on the reconciliation of dynamic capabilities: evidence from the European manufacturing industries</p>	<p>2020</p>	<p>- multiple case study analysis, how I40 impacts sustainability KPIs in all three dimensions</p>	<p>- I40 has big potential in improving all dimensions of sustainability - the results of this study contribute to theory development regarding how to evaluate value chain process improvement after innovative technical adaptations The results pave the way for integration of the digital transformation and digital process improvements to increase the competitiveness of manufacturing companies in Europe</p>
<p>Ferrari, Anna Maria; Volpi, Lucrezia; Settembre-Blundo, Davide; García-Muiña, Fernando E.</p>	<p>Dynamic Life Cycle Assessment (LCA) integrating Life Cycle Inventory (LCI) and Enterprise Resource Planning (ERP) in an Industry 4.0 environment</p>	<p>2020</p>	<p>- This paper aims to explore the potential of IoT technologies and the Industry 4.0 paradigm to automate, by digitizing, the inventory analysis phase underlying Life Cycle Assessment (LCA) some research questions were proposed and then empirically verified both from a conceptual and operational point of view</p>	<p>- Industry 4.0 paradigm and IoT technologies are indeed enabling technologies for environmental sustainability - it was verified that IoT technologies in the Industry 4.0 paradigm, which capture, process and store a large amount of data from sensors distributed within the production plant, can be used effectively to automatically perform inventory analysis (LCI) for environmental assessment (LCA) purposes business intelligence combined with an ERP system and LCA analysis tool makes it easy to process data from the factory and provide real-time environmental impact KPIs</p>
<p>Fu B., Shu Z., Liu X.</p>	<p>Blockchain enhanced emission trading framework in fashion apparel manufacturing industry</p>	<p>2018</p>	<p>- an innovative environmentally sustainable solution is proposed for the fashion apparel manufacturing industry (FAMI) - the blockchain supported ETS framework, the carbon emissions of clothing manufacturing life cycle, and the emission link powered procedures are introduced in detail - A theoretical case study is provided to demonstrate the carbon emission evaluation procedure a multi-criteria evaluation is performed to demonstrate the benefits and drawbacks of the proposed system</p>	<p>- Supported by blockchain and the smart measurement devices, the carbon emission could be easily measured and recorded with less human labor as a reliable approach to reduce carbon emissions for FAMI BCELF offers significant improvements compared with the conventional ETS in FAMI, especially in terms of the environmental performance and the political acceptability</p>
<p>Gajšek B., Stradovnik S., Hace A.</p>	<p>Sustainable move towards flexible, robotic, human-involving workplace</p>	<p>2020</p>	<p>- With the help of literature review and testing in the production environment, we approach the design of a procedure for planning a sustainable technological upgrade of craft production</p>	<p>- - The introduction of new technologies certainly increases sustainability, as technologically equipped workplaces produce less waste, save time, and maintain health</p>
<p>García-Muiña F.E., González-Sánchez R., Ferrari A.M., Settembre-Blundo D.</p>	<p>The paradigms of Industry 4.0 and circular economy as enabling drivers for the competitiveness of businesses and territories: The case of an Italian ceramic tiles manufacturing company</p>	<p>2018</p>	<p>- This paper explores the phases of the transition from a linear to a circular economy and proposes a procedure for introducing the principles of sustainability (environmental, economic and social) in a manufacturing environment, through the design of a new Circular Business Model (CBM) tested and validated in an Italian company producing ceramic tiles, using the digitalization of the production processes of the Industry 4.0 environment, to implement the impact assessment tools</p>	<p>- Strategies aimed at integrating sustainability into business, as well as improving environmental conditions and social cohesion, become a competitive advantage for the companies that implement it - The business transformation introduced with Industry 4.0 favors convergence between business and technology in new production models, promoting a sustainable evolution of human existence in its social, environmental and economic dimensions - The Industry 4.0 paradigm and the technologies of the Internet of Things are able to stimulate the transition from a linear to a circular business model - circular economy is a possible economic model that goes beyond the mere business perimeters</p>

<p>Garcia-Muiña F.E., González-Sánchez R., Ferrari A.M., Volpi L., Pini M., Siligardi C., Settembre-Blundo D.</p>	<p>Identifying the equilibrium point between sustainability goals and circular economy practices in an Industry 4.0 manufacturing context using eco-design</p>	<p>2019</p>	<p>- test eco-design as a tool to define the equilibrium point between sustainability and circular economy in the manufacturing environment of ceramic tile production, and to demonstrate how new business opportunities can be created through evolution from a linear to a circular business model, thanks to IoT and Industry 4.0 technologies used as enabling factors. demonstration of the effectiveness of the Industry 4.0 paradigm as an enabling factor for sustainability</p>	<p>- The circular economy can become a paradigm of sustainability through the use of eco-design to find the equilibrium of the system between regeneration capacity and minimization of environmental and socio-economic effects - A circular business model can reduce operating costs by strengthening relations with stakeholders (suppliers, employees, customers, institutions, territory) and stimulating competitiveness</p>
<p>Garcia-Muiña F.E., Medina-Salgado M.S., Ferrari A.M., Cucchi M.</p>	<p>Sustainability transition in industry 4.0 and smart manufacturing with the triple-layered business model canvas</p>	<p>2020</p>	<p>- The paper explores the still limited literature on the application of sustainable business models in operational scenarios. - analyze the introduction of sustainability in the corporate value proposition, through the evolution from a traditional to a sustainable business model - The business model innovation will be investigated in the case of a ceramic tile producer in the district of Sassuolo, Italy. results illustrate the new company's sustainable value proposition, considering all three pillars of sustainability: environment, economy, and society</p>	<p>- - In manufacturing, industry 4.0 leads to greater efficiency and control of production processes and provides new opportunities in terms of sustainability introduction and impact assessment</p>
<p>Garrido-Hidalgo C., Hortelano D., Roda-Sanchez L., Olivares T., Ruiz M.C., Lopez V.</p>	<p>IoT Heterogeneous Mesh Network Deployment for Human-in-the-Loop Challenges Towards a Social and Sustainable Industry 4.0</p>	<p>2018</p>	<p>- green I3A smart factory (GreenISF) scenario is presented, where the deployment of a collaborative mesh network based on Bluetooth low energy (BLE) and long range wide-area network (LoRaWAN) technologies promotes human-machine collaboration towards socially sustainable factories - smart wristband prototype OperaBLE is introduced in this paper as key enabler for human-in-the-loop systems</p>	<p>- - encourage sustainable techniques and algorithms to avoid social disruption caused by the incoming industrial paradigm</p>
<p>Ghobakhloo, Morteza</p>	<p>Industry 4.0, digitization, and opportunities for sustainability</p>	<p>2020</p>	<p>- the study first reviews the fundamental design principles and technology trends of Industry 4.0 and introduces the architectural design of Industry 4.0 the study further draws on the interpretive structural modelling technique to model the contextual relationships among the Industry 4.0 sustainability functions</p>	<p>- - economic sustainability functions tend to be the more immediate outcome of Industry 4.0, which pays the way for development of more remote socioenvironmental sustainability functions of Industry 4.0</p>
<p>Furstenau, LB; Sott, MK; Kipper, LM; Machado, EL; Lopez-Robles, JR; Dohan, MS; Cobo, MJ; Zahid, A; Abbasi, QH; Imran, MA</p>	<p>Link Between Sustainability and Industry 4.0: Trends, Challenges and New Perspectives</p>	<p>2020</p>	<p>- bibliometric performance and network analysis (BPNA), describing the existing relationship between industry 4.0 and sustainability, the strategic themes from 2010 to March 2019, as well as the research gaps for proposing future work</p>	<p>- I4.0 impacts manufacturing in several ways, and can be used as a potential strategy for the development of sustainable production, capable of social, economic and ecological changes - scientific efforts are focused to enhance economic and environmental aspects and highlights a lack of effort relating the social sphere - Although the number of studies in the area is increasing, it is still difficult to achieve a qualitative and quantitative combination of TBL dimensions, as these impact both the internal and external environment of the organization - Environmental benefits are strongly related to the economic development of the organization as they enhance the company's image and attract investors, while social efforts bring financial advantages when made public our finding shows the energy issue is considered as one of the main factors to promote sustainable development</p>

Godina R., Ribeiro I., Matos F., Ferreira B.T., Carvalho H., Peças P.	Impact assessment of additive manufacturing on sustainable business models in industry 4.0 context	2020	- through the lenses of Industry 4.0 and its technological concepts, this paper aims to contribute to the knowledge about the impacts of additive manufacturing technology on sustainable business models. This aim is accomplished through a proposed framework, as well as the models and scales that can be used to determine these impacts. effects are assessed by taking into account the social, environmental and economic impacts of additive manufacturing on business models and for all these three dimensions a balanced scorecard structure is proposed.	- additive manufacturing has the potential to favorably impact the manufacturing sector by reducing costs in production, logistics, inventories, and in the development and industrialization of a new product
Gregori, Fabio; Papetti, Alessandra; Pandolfi, Monica; Peruzzini, Margherita; Germani, Michele	Improving a production site from a social point of view: an IoT infrastructure to monitor workers condition	2018	- this paper focuses on integration of workers in the digitalized factory - it proposes a method to design an IoT infrastructure and acquire human- related data from a production site in order to improve workers wellbeing and overall productivity - A case study was developed in collaboration with an Italian sole producer to validate the method and the related data acquisition system	- IoT infrastructures enable methods permitting to identify bottlenecks and criticalities from a social point of view, focusing on the human performance, and define corrective actions at different levels (operations, plant layout or shift management)
Gregori, Fabio; Papetti, Alessandra; Pandolfi, Monica; Peruzzini, Margherita; Germani, Michele	Digital Manufacturing Systems: A Framework to Improve Social Sustainability of a Production Site	2017	- this paper proposes a method to acquire social related data in a production plant After a discussion on production plants facilities and features, the parameters that need to be considered to guarantee socially sustainable manufacturing processes are identified	- a smart architecture within the concept of IoT factory permits to monitor the parameters that could influence social sustainability in a production site - Guaranteeing social sustainability could boost the factory productivity main novelty of the proposed method is a tool (Social Decision Matrix) that lets the designers consider the workers' conditions and performances during the design and development process of a new production system
Gružasuskas V., Baskutis S., Navickas V.	Minimizing the trade-off between sustainability and cost effective performance by using autonomous vehicles	2018	- discussing the limited possibilities to achieve cost effective performance and sustainability	- conducted literature analysis indicates that there is a lack of industry 4.0 practices for supply chain management more sustainable supply chain is using consolidation warehouses, which indicated 19% lower transportation costs and 55% lower CO2 emission level than just-in-time distribution strategy
Gualtieri L., Palomba I., Merati F.A., Rauch E., Vidoni R.	Design of human-centered collaborative assembly workstations for the improvement of operators' physical ergonomics and production efficiency: A case study	2020	- a manual workstation for wire harness assembly was transformed into a collaborative one as follows - Analysis of the current situation in terms of physical ergonomics; - Evaluation of the potentials for collaborative robotics; - Workstation re-design for physical ergonomics and production efficiency enhancement. the transformation of a manual workstation for wire harness assembly into a collaborative and human-centered one is presented	- factory of the future should focus on the implementation of adaptable, reconfigurable, and sustainable production systems, which consider the human as their core and valuable part Strengthening actual assembly workstations by integrating smart automation solutions for the enhancement of operators' occupational health and safety will be one of the main goals of the near future
Gupta A., Basu B.	Sustainable Primary Aluminium Production: Technology Status and Future Opportunities	2019	this article will discuss Digital Twin technology for aluminium production and will show how this can assist aluminium industries in addressing energy and emission challenges.	- With fast pace development in Industry 4.0 technology platforms (like internet of things, cloud technology, machine learning, artificial intelligence, etc.), digital twin will be a new disruptive technology intervention in aluminium smelting that will enable industries to achieve the highest level of operational and performance benchmark in energy and emission

Harikannan, N; Vinodh, S; Gurumurthy, A	Sustainable industry 4.0- an exploratory study for uncovering the drivers for integration	2020	<ul style="list-style-type: none"> - Interpretive structural modeling (ISM) is used to derive the structural model for analyzing the causal association between drivers. - Cross-Impact Matrix Multiplication Applied to Classification (MICMAC) analysis is being performed to group the drivers. 20 drivers identified from literature review for simultaneous deployment of I4.0 and sustainable manufacturing are presented 	<ul style="list-style-type: none"> - ISM shows that the drivers for deploying sustainable I4.0 are highly inter-related the dominant drivers derived are societal pressure and public awareness, government policies on support I4.0, top management involvement and support and government promotions and regulations
Hoffa-Dabrowska P., Grzybowska K.	Simulation modeling of the sustainable supply chain	2020	<ul style="list-style-type: none"> - building simulation models showing the supply chain and the sustainable supply chain The benefits of sustainable supply chain in economic and environmental aspects will be presented using a computer simulation tool 	<ul style="list-style-type: none"> - modeling supply chains in their virtuality and analysis, many resources can be saved in reality
Horváthová M., Lacko R., Hajduová Z.	Using industry 4.0 concept – digital twin – to improve the efficiency of leather cutting in automotive industry	2019	<ul style="list-style-type: none"> - In this case study, an automotive company processing a natural leather material that enters the process of a large-scale production was explored ways of improving the efficiency of the material processing were proposed and tested in a digital environment 	<ul style="list-style-type: none"> - By the use of Digital twin and other Industry 4.0 principles and solutions in the process of material selection and processing in the company selected, the increased efficiency and cost savings were achieved
Iqbal A., Zhao G., Suhaimi H., He N., Hussain G., Zhao W.	Readiness of subtractive and additive manufacturing and their sustainable amalgamation from the perspective of Industry 4.0: a comprehensive review	2020	<ul style="list-style-type: none"> - article provides a comprehensive review of the published literature to establish the states of readiness of the two most important manufacturing technologies: subtractive and additive and their sustainable merger from the perspective of Industry 4.0. subtractive-additive amalgamation is scrutinized 	<ul style="list-style-type: none"> - The review establishes that the subtractive manufacturing (SM) domain is nearly compatible regarding speed and agility but needs improvements in respect of sustainability and customer centricity - Additive manufacturing (AM), on the other hand, appears strong on agility and customer-centricity fronts but needs amelioration regarding production speed and sustainability - both SM & AM seem to be compatible regarding automation, whereas significant improvements are required in connectivity and data sensing and collection - The amalgamation of SM & AM, especially in a done-in-one configuration, has, succeeded to retain the favorable traits of the two manufacturing technologies, thus, bringing the merger much closer to the Industry 4.0 requirements Proper process planning and optimal work distribution between the subtractive and additive modes are critical for operating an amalgamated system at high levels of the key characteristics
Ivascu L.	Measuring the implications of sustainable manufacturing in the context of industry 4.0	2020	<ul style="list-style-type: none"> - This research proposes a hierarchical framework for sustainability assessment of manufacturing industry in Romania - market research by means of a questionnaire applied to 100 manufacturing industry experts - the Delphi method involving one facilitator and 40 experts All the phases of the research are progressively completed, and finally, the proposed framework is pre-tested and validated. 	<ul style="list-style-type: none"> - waste management and the interests of the stakeholders are major implications that must be measured and properly motivated
Jasiulewicz-Kaczmarek M., Legutko S., Kluk P.	Maintenance 4.0 technologies - new opportunities for sustainability driven maintenance	2020	<ul style="list-style-type: none"> - describe the latest trends within the area of maintenance management from the perspective of the challenges of the fourth industrial revolution and the economic, environmental and social challenges of sustainable development 	<ul style="list-style-type: none"> - development in the area of intelligent technologies and models for analysing large data sets has created new opportunities not only in the scope of increasing the reliability, availability and efficiency of using technical objects, but also in the scope of challenges of environmental and social

				implementation of sustainable development
Jena M.C., Mishra S.K., Moharana H.S.	Application of Industry 4.0 to enhance sustainable manufacturing	2020	<p>- a smart factory framework is presented by vertical integration of various components that incorporates industrial network, cloud, and supervisory control terminals with different functions for optimizing resource utilization and eliminating all type wastages to enhance sustainable manufacturing</p> <p>To evaluate the outcome of this model implementation, a case study has been conducted on a cement plant</p>	<p>- Although through this automation some part of human being at work will be replaced by machines with high degree of automation and intelligent manufacturing, still it is expected that the whole world is going to adopt the Industry 4.0 to cope up the pace of production and service of one with other sooner or later</p>
Johansson N., Roth E., Reim W.	Smart and sustainable emaintenance: Capabilities for digitalization of maintenance	2019	<p>- develop a framework that presents the required capabilities and their connection when an organization wants to implement eMaintenance, as well as to identify the outcomes of the transition to eMaintenance</p> <p>- based on 26 interviews with a digital railway maintenance development company and its main customer, the traffic agency</p> <p>The framework also analyzes the outcomes of implementing digital maintenance, which demonstrate a variety of economic, environmental, and social benefits</p>	<p>- five main capabilities for implementing eMaintenance are: digital technology development, organizational development, change of work routines, compliance with regulations, and assuring information security</p> <p>- management of information security and regulations and monitoring are a primary challenge when implementing eMaintenance</p> <p>increased sustainability was identified as a main driver for eMaintenance</p>
Kaczmarek, Małgorzata Jasiulewicz; Gola, Arkadiusz	Maintenance 4.0 Technologies for Sustainable Manufacturing - an Overview	2019	<p>- maintenance processes and their evaluation during the last few decades are described</p> <p>- maintenance contribution to business competitiveness and sustainable manufacturing operations are presented</p> <p>new IT technologies in machines and devices that can support maintenance function are described</p>	<p>- Maintenance 4.0 can break the trade-offs of the older strategies by enabling companies to maximize the useful life of their production equipment while avoiding unplanned downtime, minimizing planned downtime, increasing process and people safety, minimizing energy and resources consumption and saving costs</p> <p>- From a sustainable production perspective, the Maintenance 4.0 contribution can be applied to Life Cycle Thinking, services and aftersales, resources and processes, inventories, asset utilization, and labor</p> <p>the role of Maintenance 4.0 for sustainable manufacturing is still in its infancy and it has big potentiality that need to be investigated</p>
Kamble S., Gunasekaran A., Dhone N.C.	Industry 4.0 and lean manufacturing practices for sustainable organisational performance in Indian manufacturing companies	2020	<p>- this research study investigates the indirect effects of Industry 4.0 technologies (I4 T) on sustainable organizational performance (SOP) with lean manufacturing practices (LMP) as the mediating variable</p> <p>- furthermore, it aims to confirm or not the direct effects of I4 T on LMP and SOP</p> <p>The study is based on data collected from 205 managers, working in 115 manufacturing firms</p>	<p>- The findings reveal that Industry 4.0 technologies have a positive and direct influence on LMP and SOP</p> <p>- Industry 4.0 technologies' sustainability effects are amplified by Lean Manufacturing processes</p> <p>- The study also identified LMP as a significant mediating variable</p> <p>companies should clearly outline their sustainable objectives and prioritise the different Industry 4.0 technologies based on the contributions they can make in creating smart products and processes</p>
Kamble S.S., Gunasekaran A., Gawankar S.A.	Sustainable Industry 4.0 framework: A systematic literature review identifying		<p>- Selected 85 papers were classified in five research categories namely conceptual papers on Industry 4.0, human-machine interactions, machine- equipment interactions, technologies of Industry 4.0 and sustainability</p> <p>- The review primarily attempted to seek answers to the following two questions: (1) What are different research</p>	<p>- The study identifies that the proposed relationship between the modern technologies and the process integration results in benefits such as virtualization, real-time capability, interoperability, service orientation, and decentralization</p> <p>- This implies that practitioners can have a better</p>

	the current trends and future perspectives	2018	approaches used to study Industry 4.0? and (2) What is the current status of research in the domains of Industry 4.0? We propose a sustainable Industry 4.0 framework based on the findings of the review with three critical components viz., Industry 4.0 technologies, process integration and sustainable outcomes	industrial control on the processes, increasing the flexibility and agility of the organizations The practitioners can make decisions in real time, offer highly customized products in shorter lead times by efficiently using the available resources and low energy consumption
Kayikci, Yasanur	Sustainability impact of digitization in logistics	2018	- this study highlights the benefits of the digitization of logistics process and examines the sustainability impact of digitization in logistics this study is pursued as a single case study within the FMCG companies and their transport service providers in Turkey and it is based on a qualitative method and on connected semi-structured interviews	'- the sustainability impact of digitization with respect of economic implication was more important than the other dimensions - In terms of logistics cost, delivery time, delay, inventory, reliability and flexibility issues, a great potential of digitization in logistics can be seen the social implications of digitization (improved health outcomes, lower accident rates) have generally poor impact
Khazode A.G., Sarma P.R.S., Mangla S.K., Yuan H.	Modeling the Industry 4.0 adoption for sustainable production in Micro, Small & Medium Enterprises	2021	- This study assesses the barriers involved in implementing Industry 4.0 for sustainable production, and it attempts to find causality among the barriers using the 'Decision Making Trial and Evaluation Laboratory' method The study considers eight barriers to implement Industry 4.0 for sustainable production. These barriers are interrelated and have causal relationships among them. This causality is represented graphically. It also illustrates the strength of the influence of one barrier over the other through numerical values	- 'Technological upgradation', 'lack of policy frameworks' are the top two barriers involved in implementing Industry 4.0 for sustainable production in the MSME sector
Kim H., Jung W.-K., Choi I.-G., Ahn S.-H.	A low-cost vision-based monitoring of computer numerical control (CNC) machine tools for small and medium-sized enterprises (SMES)	2019	- A monitoring system of machine tools on the shop floor using a low-cost webcam and open-source software, such as Python for the application development, Google Tesseract for the OCR process, OpenCV for image processing was proposed	- using open-source platforms which are lightweight, cost-effective, and flexible to configure can boost the speed of software development in few weeks and reduce the barrier to entry to the digital transformation for SMEs
Kristoffersen E., Blomsma F., Mikalef P., Li J.	The smart circular economy: A digital-enabled circular strategies framework for manufacturing companies	2020	- Develop a framework that supports the systematic identification of BA requirements needed to advance different smart circular strategies. Consolidate and further advance the framework through the development of a knowledge base that can be used for BA gap analysis and the creation of roadmaps for the application of smart circular strategies within organizations	- The smart use of resources in the Circular Economy can be supported by the creation, extraction, processing, and sharing of data from Digital Technologies - Effectively using this digital transformation will be pivotal for organizations in transitioning to, and leveraging, the Circular Economy at scale Industry 4.0 technologies are enablers / amplifiers for a Circular Economy adoption, and thus, influences sustainability
Kumar P., Singh R.K., Kumar V.	Managing supply chains for sustainable operations in the era of industry 4.0 and circular economy: Analysis of barriers	2021	- This study identifies the major criteria for sustainable operations and barriers that need to be overcome to achieve the objectives of sustainability through literature review and experts' opinions An integrated approach comprising Analytic Hierarchy Process (AHP) and Elimination and Choice Expressing Reality (ELECTRE) is used to analyze these barriers and ensure the sustainable supply chain operations	- To ensure sustainability of operations, digitization of processes requires linkage of Industry 4.0 technologies with CE dimensions - Resource circularity, increasing profits from green products, and designing processes for resource and energy efficiency are major sustainability criteria - Barriers to the implementation of Industry 4.0 include, but are not limited to, a lack of a skilled workforce that understands Industry 4.0, ineffective legislation and controls, ineffective performance framework, and short-term corporate goals ineffective strategies for the integration of industry 4.0 with sustainability measures, combined with a lack of funds for industry 4.0 initiatives, are just two of the major barriers
Kumar R., Singh	Application of industry 4.0 technologies in	2020	- we have identified fifteen challenges, impacting the application of Industry 4.0 technologies in SMEs - A questionnaire was designed for collecting the response from industry and academic experts	- lack of motivation from partners and customers on

R.K., Dwivedi Y.K.	SMEs for ethical and sustainable operations: Analysis of challenges		<ul style="list-style-type: none"> - On the collected data, the DEMATEL approach has been applied to check the degree of influence and interrelationship among challenges, categorizing these factors as cause and effect Sensitivity analysis is also performed to validate the results obtained from the DEMATEL approach 	<p>the application of I4.0 technologies is the leading challenge</p> <p>Fear of failure of I4.0 technologies is the main effect group challenge</p>
Kumar R., Singh S.P., Lamba K.	Sustainable robust layout using Big Data approach: A key towards industry 4.0	2018	<ul style="list-style-type: none"> - this work proposes an embedded simulated annealing based meta- heuristic and principal component analysis (PCA) approach using large scale data to solve sustainable robust stochastic cellular facility layout problem (sustainable-RSCFLP) - data for the problem is collected considering basic 3Vs of Big Data i.e. Volume, Variety, and Velocity Fourteen different criteria are identified and evaluated by 100 experts to group them 	<ul style="list-style-type: none"> - The integration of Big Data approach can greatly assist layout managers to incorporate various qualitative factors in the design ensuring all the relevant factors are being utilized, hence, making the layout more suited to the changing market dynamics Additionally, the same is also supplemented by robustness of the layouts ensured by considering the expected values and the variances
Leng J., Ruan G., Song Y., Liu Q., Fu Y., Ding K., Chen X.	A loosely-coupled deep reinforcement learning approach for order acceptance decision of mass-individualized printed circuit board manufacturing in industry 4.0	2021	<ul style="list-style-type: none"> - An order acceptance decision model is established based on a loosely- coupled integration of deep learning and reinforcement learning techniques deep learning algorithm is presented for accurately predicting the production cost, makespan, and carbon consumption of incoming PCB orders in the large-scale manufacturing system 	<ul style="list-style-type: none"> - Promoting new industrial artificial intelligence infrastructures is a crucial driver of economic growth and sustainable development in the manufacturing sector Under a long-term accumulation of artificial intelligence, the higher acceptance rate of PCB with lower manufacturer's carbon consumption per unit profit will drive the optimizing of PCB design toward a more sustainable development way
Leng, JW; Ruan, GL; Jiang, PY; Xu, KL; Liu, Q; Zhou, XL; Liu, C	Blockchain-empowered sustainable manufacturing and product lifecycle management in industry 4.0: A survey	2020	<ul style="list-style-type: none"> - This paper surveys how blockchain can overcome potential barriers to achieving sustainability from two perspectives, namely, the manufacturing system perspective and the product lifecycle management perspective - The paper first examines literature on these two perspectives, following which the state of research in blockchain-empowered sustainable manufacturing is presented, which sheds new light on urgent issues as part of the UN's Sustainable Development Goals - discussion of challenges regarding techniques, social barriers, standards, and regulations with respect to blockchain-empowered manufacturing applications discussion of challenges and social barriers that blockchain technology must overcome to demonstrate its sustainability in industrial and business spheres 	<ul style="list-style-type: none"> - blockchain-empowered transformation of a sustainable manufacturing paradigm is still in an early stage of the hype phase, proceeding toward full adoption - From the manufacturing system perspective, blockchain could be designed as an enabler to drive existing manufacturing information systems, such as ERP and MES, which already exist in manufacturers' workshops From the product management perspective, blockchain could provide a tool for the product lifecycle management community (including designers, manufacturers, assemblers, and manufacturing service providers) to establish a unified database to share product information and make deals, enabling untrusted manufacturers to exchange capabilities and requirements freely
Li Y., Dai J., Cui L.	The impact of digital technologies on economic and environmental performance in the context of industry 4.0: A moderated mediation model	2020	<ul style="list-style-type: none"> - Based on information processing theory, this study intends to explore how digital technologies influence economic and environmental performance in the new era of Industry 4.0 The mediating effect of digital supply chain platforms and the moderating effect of environmental dynamism are proposed and evaluated using a survey of Chinese manufacturing firms. 	<ul style="list-style-type: none"> - digital supply chain platforms mediate the effects of digital technologies on both economic and environmental performance - the effectiveness of digital technologies should be realized through the establishment of digital supply chain platforms manufacturing firms should not only rely on internal information processing capabilities by use of digital technologies but also need to make the utmost digital supply chain platforms access more sufficient information externally, thereby realizing higher economic and environmental performance
Liboni L.B., Liboni L.H.B., Cezarino L.O.	Electric utility 4.0: Trends and challenges towards process safety and environmental protection	2018	<ul style="list-style-type: none"> - qualitative research based on a systemic approach, using the Soft System Methodology (SSM) to address the challenges brought by the industry 4.0 paradigm in the electric system industry in Brazil, focusing on the topic of environmental protection and process safety - point out important capabilities needed by these companies to keep up with the new industrial revolution 	<ul style="list-style-type: none"> - The main short- term challenges are to overcome existing practices and beliefs such as organizational culture and more investments in educating the final users of the importance of a smart utility to enable companies to adapt and innovate Long-term challenges comprise training data science-

			indicating the three main dynamic capabilities that have emerged: new policies to enable innovation, bureaucracy reduction, and investments in education	driven employees, designing better IT systems, asset management systems, personal hazard systems, assessing regulatory constraints on asset management and environmental policies, and feeding back information transparently to regulators
Lim C.H., Lim S., How B.S., Ng W.P.Q., Ngan S.L., Leong W.D., Lam H.L.	A review of industry 4.0 revolution potential in a sustainable and renewable palm oil industry: HAZOP approach	2021	<ul style="list-style-type: none"> - conduct a detailed review of the current state of the palm oil industry development toward Industry 4.0 - novel Hazard and Operability Analysis (HAZOP) approach is adopted i) to ensure a detailed evaluation of the existing problems, and ii) to identify potential implementation of Industry 4.0 technologies in the palm oil industry - investigation of the possible adaptation of Industry 4.0 technologies to improve the palm oil industry <p>Existing Industry 4.0 technologies and features were evaluated to identify feasible adaptation in the industry</p>	- 23 recommendations to improve the palm oil industry with Industry 4.0 technologies to achieve a higher standard in sustainable production
Lin Y.-C., Yeh C.-C., Chen W.-H., Liu W.-C., Wang J.-J.	The use of big data for sustainable development in motor production line issues	2020	<ul style="list-style-type: none"> - This study explores big data gathered from motor production lines to gain a better understanding of production line issues - 3606 datapoints from the company's testing equipment were statistically analyzed - focused on secondary data and expert interview results to further define the relevant statistical dimensions <p>a theoretical model for the monitoring of the motor production line was proposed</p>	- in the future of Industry 4.0, big data will become the key to the sustainable development of enterprises
Lindström J., Kyösti P., Birk W., Lejon E.	An initial model for zero defect manufacturing	2020	<ul style="list-style-type: none"> - This paper investigates an initial model for Zero Defect Manufacturing (ZDM) using a cost function where the operation and condition of a production process are reflected, and the quality of the output/product and the production process (as well as safety aspects) can be considered <p>The outset of the study is based on empirical data collected from five manufacturing companies, and proposes an initial model for ZDM with an Industry 4.0 perspective</p>	- the development of the Industry 4.0 concept enables the ZDM concept to be more easily implemented, due to the availability of the necessary amounts of data (Big Data) required for techniques such as ML to work; however, a much better integration and coordination of the capacity of each technique or method used is still required
Liu, Y; Zhu, QH; Seuring, S	New technologies in operations and supply chains: Implications for sustainability	2020	<ul style="list-style-type: none"> - introducing the theme and objectives of special issue on new technologies in operations and supply chains as well as their implications for sustainability <p>The papers comprising the special issue are then summarized, and major findings are briefly presented</p>	<ul style="list-style-type: none"> - most existing research focuses on one or two technologies, and on certain stages of a supply chain - collaboration among manufacturing enterprises and information technology providers/platforms demands further in-depth studies - it seems that we have mainly focused on the pros of new technologies on sustainability in operations and supply chain but so far rarely addressed the cons of new technologies that they may bring along, especially from the social perspective
Lopes de Sousa Jabbour A.B., Jabbour C.J.C., Godinho Filho M., Roubaud D.	Industry 4.0 and the circular economy: a proposed research agenda and original roadmap for sustainable operations	2018	<ul style="list-style-type: none"> - This work makes a case for the integration of the increasingly popular and largely separate topics of Industry 4.0 and the circular economy (CE) by proposing a pioneering roadmap to enhance the application of CE principles in organisations by unveiling how different Industry 4.0 technologies could underpin CE strategies 	- Industry 4.0 and the CE is a mutually beneficial relationship
Luthra S., Kumar A., Zavadskas E.K., Mangla S.K., Garza-Reyes J.A.	Industry 4.0 as an enabler of sustainability diffusion in supply chain: an analysis of influential strength of drivers in an	2020	<ul style="list-style-type: none"> - this study aims to examine the drivers of I4.0 to diffuse sustainability in Supply Chains (SCs) - this research identifies the most relevant drivers through the literature and discusses them with area experts - Afterwards, an empirical analysis is conducted to validate the key drivers <p>Finally, the Grey based DEMATEL method is employed to examine the influential strength of the identified drivers and to</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Key drivers to Industry 4.0 to diffuse sustainable supply chains are: Collaboration and transparency among supply chain members; Management support and effective governance; Development of infrastructure and information technology (IT) based facilities; Competitiveness; Improved information sharing system and

	emerging economy		build an interrelationship diagram	resource development; Reduction in waste and improved cost efficiency; Workforce knowledge and expertise in managing resources; Government supportive policies; Adoption of innovative business models
Ma, Shuaiyin; Zhang, Yingfeng; Liu, Yang; Yang, Haidong; Lv, Jingxiang; Ren, Shan	Data-driven sustainable intelligent manufacturing based on demand response for energy-intensive industries	2020	- This paper presented a framework of data-driven sustainable intelligent/smart manufacturing based on demand response for energy-intensive industries multi-level demand response models were developed based on machine, shop-floor and factory to save energy cost	- the sustainability in energy management system must be assessed to meet the requirements of energy with an enhanced economic, ecological and social performance from a national context - In the background of Industry 4.0, the integration of Cleaner Production and intelligent manufacturing forms a new discipline regarded as sustainable intelligent manufacturing, which provides numerous opportunities for managers to develop and implement CE strategies
Ma, Shuaiyin; Zhang, Yingfeng; Lv, Jingxiang; Ge, Yuntian; Yang, Haidong; Li, Lin	Big data driven predictive production planning for energy-intensive manufacturing industries	2020	- in this paper, the big data driven predictive production planning is proposed to improve energy and resource efficiency for energy-intensive manufacturing industries An industrial case study is presented to process energy big data and predict energy consumption parameters and production status	- - the proposed long short-term memory models outperform back propagation neural network, autoregressive moving average and support vector regression
Machado C.G., Winroth M.P., Ribeiro da Silva E.H.D.	Sustainable manufacturing in Industry 4.0: an emerging research agenda	2020	- This systematic review intends to identify how sustainable manufacturing research is contributing to the development of the Industry 4.0 agenda and for a broader understanding about the links between the Industry 4.0 and Sustainable Manufacturing by mapping and summarising existing research efforts, identifying research agendas, as well as gaps and opportunities for research development.	- - the concepts of sustainable manufacturing and the use of the new technologies can enable Industry 4.0 to have positive impacts on all the sustainability dimensions in an integrated way, and also supporting the implementation of the Industry 4.0 agenda in the following aspects: developing sustainable business models; sustainable and circular production systems; sustainable supply chains; sustainable product design; and policy development to ensure the achievement of the sustainable goals in the Industry 4.0 agenda
Majeed A., Zhang Y., Ren S., Lv J., Peng T., Waqar S., Yin E.	A big data-driven framework for sustainable and smart additive manufacturing	2021	- the significant techniques of smart manufacturing, sustainable manufacturing, and additive manufacturing are combined to make a unified term of sustainable and smart additive manufacturing (SSAM) - developing a framework by combining big data analytics (BDA), additive manufacturing (AM), and sustainable smart manufacturing (SSM) technologies which is beneficial to the additive manufacturing enterprises an application scenario of the additive manufacturing industry was presented to demonstrate the proposed framework	- The marketing department is responsible for classifying the unspoken needs of the forecast customers' and promising customers - The R & D department inputs for AM will be increased in the future, which may be due to the development and usage of innovative technologies for the manufacturing of cleaner production - In the production department, BDA and SSAM framework should be applied to manage the production of AM systems, improve the energy efficiency of AM systems, and monitor the quality of AM product - In the services department, the customers' satisfaction is increased by the state-of-the-art service strategies, such as, real-time monitoring service of product quality and predictive maintenance service which should be attained by continuous monitoring of product's status
Manavalan, E.; Jayakrishna, K.	An Analysis on Sustainable Supply Chain for Circular Economy	2019	- The research paper has analyzed a case example in a supply chain organization to meet industry 4.0 requirements and enable circular economy - analysis on supply chain industry has been conducted with the focus on 6Rs such as Recover, Reuse, Remanufacture, Recycle, Redesign, Reduce The article highlights the opportunities available in the	- combining the concept of circular economy with sustainable supply chain can deliver strong benefits from an environmental perspective - Investment in technology helps organizations to improve operational efficiency, resulting in more proficient implementation of circular supply chain

			transformation from linear economy to circular economy	- the investment in technology a major challenge in various industries at early stages, but in the long term, it allows the organization to become more sustainable
Margherita, EG; Braccini, AM	Industry 4.0 Technologies in Flexible Manufacturing for Sustainable Organizational Value: Reflections from a Multiple Case Study of Italian Manufacturers	2020	- analysis of the value creation of Industry 4.0 (I40) technologies in flexible manufacturing (FM) under a sustainability perspective - performs a multiple case study analysis of four Italian manufacturing organizations that have successfully implemented I40 technologies in FM without eliminating jobs - description how the adoption of I40 technology in FM leads to sustainable organizational value and positive economic, environmental and social sustainability outcomes employment of the TBL of sustainability in the IT value discourse to analyse the sustainable organizational value of I40 adoption in FM	- I40 technologies support sustainable organizational value when they are deployed with a worker-centric approach - I40 technologies can be adopted in FM to support all the dimensions of sustainability and thus can deliver sustainable organizational value and contribute to building a sustainable society - data plays a crucial role in supporting the organizational sustainability of manufacturing companies and thus in the development of a sustainable society - Vocational training plays a crucial role and should be provided for each worker employed in the FM production process
Mark B.G., Hofmayer S., Rauch E., Matt D.T.	Inclusion of workers with disabilities in production 4.0: Legal foundations in Europe and potentials through worker assistance systems	2019	- This article examines to what extent the trend towards Industry 4.0 offers potential for the inclusion of people with disabilities in Production 4.0 based on a literature review, it is examined which technological aids in the form of worker assistance systems derived from Industry 4.0 can make jobs in the manufacturing sector accessible for people with disabilities	- - Three types of assistance systems are eligible for inclusion of workers with disabilities: sensorial aid systems, physical aid systems, and cognitive aid systems
Mastos T.D., Nizamis A., Vafeiadis T., Alexopoulos N., Ntinas C., Gkortzis D., Papadopoulos A., Ioannidis D., Tzovaras D.	Industry 4.0 sustainable supply chains: An application of an IoT enabled scrap metal management solution	2020	- The purpose of this paper is to provide evidence of the impact of an IoT solution on the sustainable supply chain management (SSCM) performance A case study from a scrap metal producer that operates in the lift industry and a waste management company is presented, in order to illustrate how the deployment of a state-of-the-art industry 4.0 solution has the potential to improve sustainability both in the firm level and in the supply chain level.	- five key management areas that should receive careful attention in order to improve SSCM with the deployment of industry 4.0 solutions: (1) Business based smart operations, (2) technology based smart products, - (3) sustainable development, (4) collaboration, (5) management strategy and organization are the key strategic priorities that should be integrated in order to create more sustainable supply chains
Naderi, Mahdi; Ares, Enrique; Peláez, Gustavo; Prieto, Daniel; Araújo, Madalena	Sustainable Operations Management for Industry 4.0 and its Social Return	2019	- this paper develops a methodology and procedures that allow predicting the systems performance as a whole	- - The development of tools and procedures to facilitate multi- criteria decision processes and pro-active attitudes, in order to identify the associated risks and mitigate the negative impacts on economic, environmental and social development from the Analysis of Manufacturing Processes, allows greater efficiency on the improvement of the corporate sustainability
Nara E.O.B., da Costa M.B., Baierle I.C., Schaefer J.L., Benitez G.B., do Santos L.M.A.L., Benitez L.B.	Expected impact of industry 4.0 technologies on sustainable development: A study in the context of Brazil's plastic industry	2021	-This study investigates the impact of Industry 4.0 technologies on sustainability using the Triple Bottom Line perspective for sustainable development - A sustainability-oriented model for evaluating the influence of Industry 4.0 technologies on sustainable metrics is proposed, analyzing the impact of Industry 4.0 technologies on several key performance indicators related to sustainable development - The model was tested in the plastics industry a fuzzy TOPSIS multi-criteria method was used to classify Industry 4.0 technologies, identifying those with the strongest and weakest impacts on sustainable development	- he internet of things, cyber-physical systems, sensors, and big data implementation are drivers for sustainable development - these technologies are associated with substantial positive impacts on economic metrics - however, there was a much smaller positive influence on environmental and social metrics, suggesting an imbalance on the Triple Bottom Line perspective for the plastics industry - negative impacts from robots on job creation and low influence from cloud computing and system integration technologies for sustainable development

<p>Nascimento, DLM; Alencastro, V; Quelhas, OLG; Caiado, RGG; Garza-Reyes, JA; Lona, LR; Tortorella, G</p>	<p>Exploring Industry 4.0 technologies to enable circular economy practices in a manufacturing context A business model proposal</p>	<p>2019</p>	<p>- stage 1: literature review of the concepts, successful factors and barriers related to the transition to a CE - stage 2: providing a conceptual framework for integrating and evaluating the synergistic potential of each of the concepts revealed in stage 1 stage 3: validation of the proposed model by collecting rich qualitative data based on a focus group and semi-structured interviews with managers, researchers and professors in the field of operations management.</p>	<p>- recommendation of a circular model to reuse scrap electronic devices, integrating web technologies, reverse logistics and additive manufacturing to support CE practices - results suggest a positive influence from improving business sustainability by reinserting waste into the supply chain to manufacture products on demand - reuse of wasted material enables the development of local business networks that generate jobs and improve economic performance</p>
<p>Nouiri M., Trentesaux D., Bekrar A.</p>	<p>Towards energy efficient scheduling of manufacturing systems through collaboration between cyber physical production and energy systems</p>	<p>2019</p>	<p>- In this paper, a multi-agent architecture aimed at elaborating predictive and reactive energy-efficient scheduling through collaboration between cyber physical production and energy systems is proposed - smart, sustainable decision tools for cyber physical production systems (CPPS) and cyber physical energy systems (CPES) are proposed - Dynamic mechanisms in CPPS and CPES are proposed to adjust the energy consumption of production systems based on the availability of the renewable energy - The proposed approach was validated on a physically distributed architecture A series of instances inspired from the literature were tested to assess the performance of the proposed method</p>	<p>- smart, sustainable decision tools for cyber physical production systems (CPPS) and cyber physical energy systems (CPES) enable the connected factories to adjust especially their consumption in terms of an energy threshold communicated in real-time by CPES</p>
<p>Oláh J., Aburumman N., Popp J., Khan M.A., Haddad H., Kitukutha N.</p>	<p>Impact of industry 4.0 on environmental sustainability</p>	<p>2020</p>	<p>- this research debates the effects on environmental sustainability and the challenges facing Industry 4.0 - analysis of a literature review of manuscripts discussing topics related to Industry 4.0 and environmental sustainability published between 2000 and 2020 Four scenarios are discussed: a deployment scenario, an operation scenario, integration and compliance with sustainable development goals, and a long-run scenario</p>	<p>- there is a negative relationship related to the flow of the production process from the inputs to the final product, including raw materials, energy requirements, information, and waste disposal, and their impacts on the environment - However, the integration of Industry 4.0 and the sustainable development goals enhance environmental sustainability to create ecological support that guarantees high environmental performance with a more positive impact than before - Companies investing in research and development bring more awareness of sustainable ways of enabling technology to be better reused, reduced, recycled, and replaced, so that effective use of raw materials, information, and energy is encouraged, as is responsible consumption, according to the SDGs</p>
<p>Ordieres-Meré J., Remón T.P., Rubio J.</p>	<p>Digitalization: An opportunity for contributing to sustainability from knowledge creation</p>	<p>2020</p>	<p>- The paper looks to show how I4.0 can help to increase the organizational knowledge, in particular in rather complex environments - discuss the effects of digitalization by focusing on its drivers, like the implementation of Industry 4.0, mainly oriented not only on production but also on the health of workers and environmental working conditions two case studies are performed</p>	<p>- improvements impacting sustainability need to be adopted as explicit knowledge by the company to be permanent - knowledge increases when framed in a convincing strategy that can support direct and indirect improvements, including the sustainability dimension - To consider workers' behavior inside the cloud manufacturing schema can bring additional perspective about process variability, which can contribute to further improvement of the whole system</p>
<p>Papetti, A; Gregori, F; Pandolfi, M; Peruzzini, M; Germani, M</p>	<p>A method to improve workers' well-being toward human-centered connected factories</p>	<p>2020</p>	<p>- the paper provides a novel transdisciplinary engineering method to measure and promote social sustainability on production sites - it exploits Internet of Things technology to support the (re)design of manufacturing processes and plants toward human-centered connected factories - the method has been implemented in a real industrial case</p>	<p>- Results confirmed that the improvement of the manufacturing system from the social point of view has to be a win-win strategy with positive relapses on both operators' health and company</p>

			study within the footwear industry the sole finishing process has been analyzed from different perspectives to solve ergonomics-related problems and implement effective improvement strategies	productivity
Park K.T., Kang Y.T., Yang S.G., Zhao W.B., Kang Y.-S., Im S.J., Kim D.H., Choi S.Y., Do Noh S.	Cyber Physical Energy System for Saving Energy of the Dyeing Process with Industrial Internet of Things and Manufacturing Big Data	2020	- In this study, a cyber physical energy system that improves the energy efficiency of the dyeing process by collecting and analyzing manufacturing big data was developed the implemented system was applied to actual dyeing and finishing shops, and its effects were verified	- The energy consumption of the dyeing process can be reduced by utilizing the CPES instead of purchasing expensive machines
Patsavellas, John; Saloniitis, Konstantinos	The Carbon Footprint of Manufacturing Digitalization: critical literature review and future research agenda	2019	- this paper ascertains the absence of any structured assessment framework of CO2 emissions of the various components of industrial digitalization, as an evaluation tool of the accelerating digital transformation of manufacturing within a sustainable growth context	- There is notable absence of peer-reviewed published work in relation to the possible emissions from the impending 4th industrial revolution - The evidence of the existing studies on the growth of data generating sources and the potential merit that such data can have when turned into intelligent insights that can be acted upon automatically in manufacturing, - calls for action in transparency of its carbon impact
Pham T.T., Kuo T.-C., Tseng M.-L., Tan R.R., Tan K., Ika D.S., Lin C.J.	Industry 4.0 to accelerate the circular economy: A case study of electric scooter sharing	2019	- This paper discusses the fundamental concepts of Industry 4.0 and explores the influential factors of Industry 4.0 that accelerate the sharing economy in the CE context via a case of electric scooters in Taiwan	- technologies of Industry 4.0 (IoT, CPS, CC, and data-driven analysis) provide a powerful set of tools to overcome barriers to Circular Economy implementation - Industry 4.0 Technologies are facilitators for Circular Economy practices, and thus, increase the sustainability affects of Circular Economy
Pinzone M., Albè F., Orlandelli D., Barletta I., Berlin C., Johansson B., Taisch M.	A framework for operative and social sustainability functionalities in Human-Centric Cyber-Physical Production Systems	2020	- This paper synthesizes the diverse literature regarding CPS and social sustainability in production systems - it conceptualizes a holistic framework, the CyFL Matrix, and outlines a guideline to analyze how the functionalities of a CPPS relate to operational and social sustainability-related performance impacts at different levels of analysis Finally, it presents an industrial use case, which the CyFL Matrix and the related guidelines are applied to	- Identifying and measuring social aspects in manufacturing, and determining their interaction with production and operative dimensions is crucial to progress towards the Industry 4.0 paradigm in a socially sustainable way and to shape the competitive and human-centric workplaces of the future - Without clear frameworks, methods and tools to integrate human and social sustainability aspects in the design and deployment of future CPPS, there is the risk these aspects will be overlooked or considered as an add-on to core value-creation processes
Piscitelli, Giuseppina; Ferazzoli, Angela; Petrillo, Antonella; Cioffi, Raffaele; Parmentola, Adele; Travaglioni, Marta	CIRCULAR ECONOMY MODELS IN THE INDUSTRY 4.0 ERA: A REVIEW OF THE LAST DECADE	2020	- This paper analyzes and reviews the scientific literature to examine current state-of-the-art of Circular Economy (CE) with I4.0 perspective and highlight its benefits from the point of view of sustainability within the industry different types of studies have been collected, dividing theoretical studies from technical-application case studies	- CE shows great application potential in many industrial operations, the choice to implement CE model ultimately, depends on the application field of the I4.0 system - we cannot have a circular economy without the 4th Industrial Revolution, and we cannot have a socially useful and sustainable 4th Industrial Revolution without advancing the circular economy
Ramirez-Peña M., Sánchez Sotano A.J., Pérez-	Achieving a sustainable shipbuilding supply	2020	- this article aims to connect each of the key enabling I4.0 technologies with the most significant supply chain paradigms: Lean, Agile, Resilience and Green to define what	- The results obtained imply the implementation of enabling technologies in two phases - A first phase would achieve a sustainable shipbuilding supply chain that improve economic, energy and environmental aspects through the implementation of the following technologies: Autonomous Robots, Additive Manufacturing,

Fernandez V., Abad F.J., Batista M.	chain under I4.0 perspective		the Shipbuilding Supply Chain should be	Cloud Computing, Autonomous Robots, Cybersecurity and Augmented Reality - A second phase where converge the Functional and Social aspects through the implementation of Horizontal & Vertical Integration, Big Data, Blockchain, Simulation, Internet of Things and Artificial Intelligence, reinforcing the Resilient and Agile paradigms - in this way, it is achieved total visibility and connectivity required on the Shipbuilding Supply Chain 4.0
Ren S., Zhang Y., Liu Y., Sakao T., Huisingh D., Almeida C.M.V.B.	A comprehensive review of big data analytics throughout product lifecycle to support sustainable smart manufacturing: A framework, challenges and future research directions	2019	- A comprehensive overview of big data in smart manufacturing was conducted, and a conceptual framework was proposed from the perspective of product lifecycle through combining the key technologies of smart manufacturing and the idea of ubiquitous servitization in the whole lifecycle, the term of sustainable smart manufacturing was coined	- The goals of SSM for using the emerging information technologies and advanced analytics are: (a) to reduce resource waste; (b) to decrease environmental impacts; (c) to increase digitization level; (d) to achieve global intellectualization in manufacturing and service
Saetta, Stefano; Caldarelli, Valentina	How to increase the sustainability of the agri- food supply chain through innovations in 4.0 perspective: a first case study analysis	2020	- Through the administration of surveys to different companies the agri- food sector, a preliminary assessment of possible solutions is made, identifying logistic improvements and technological innovations for the increase of the sustainability	- The introduction of a hub, a facility shared by several companies, allows to have a single shared point of departure and arrival - Load consolidation, vehicles loaded in a more effective and efficient way, together with route optimization, lead to a reduction in the kilometers traveled, increasing not only economic but also environmental sustainability
Sartal A., Bellas R., Mejias A.M., Garcia-Collado A.	The sustainable manufacturing concept, evolution and opportunities within Industry 4.0: A literature review	2020	- this article first presents an overview of the main concepts related to sustainable manufacturing, and metrics to evaluate organizations' sustainability performance, and then an outlook of current trends Our work highlights the consistencies and inconsistencies in the research community related to the interpretations of sustainable manufacturing and Industry 4.0, as well as the lack of consensus about the true social impact of Industry 4.0	- the positive ecological and economic impacts of sustainable manufacturing are fairly widespread - lack of consensus about the true impact of Industry 4.0 regarding the social dimension - In this way, sustainable manufacturing practices are to be reinforced by initiatives within the fourth stage of industrialization – the so-called Industry 4.0 – which offers great opportunities for sustainable manufacturing, thanks to digital transformation - The empirical studies show that the indicators most used by productive companies can be summarized in about 20 and are mostly focused on the economic dimension, while the social and environmental dimensions often seem to be addressed with the sole goal of complying with legal aspects
Scharl S., Praktiknjo A.	The Role of a Digital Industry 4.0 in a Renewable Energy System	2019	- this paper explores the expert discourse on the role of industry 4.0 in a renewable energy system - for this purpose, 21 qualitative semistructured interviews are conducted it describes what new capacities industry 4.0 will develop and industry's willingness to interact in the energy transition, as seen by these experts	- By reducing uncertainties in the forecasting of industrial energy consumption and generation as well as in the identification of technical failures, security of energy supply can increase significantly although power generation is increasingly dependent on the weather conditions - security of energy supply can increase significantly - the discourse on the transformation of the industry into a supporting role for the energy transition could fail due to a communication barrier between the different disciplines - Policy has to address the missing incentives to participate in the energy system and provide a transparent legal framework for asset-less businesses to foster knowledge spillovers between industry and the energy system

				<ul style="list-style-type: none"> - industry requires strong legislation on data security and transparency together with robust technical means of enforcing this
<p>Sharma, Mahak; Kamble, Sachin; Mani, Venkatesh; Sehrawat, Rajat; Belhadi, Amine; Sharma, Vardaan</p>	<p>Industry 4.0 adoption for sustainability in multi-tier manufacturing supply chain in emerging economies</p>	2020	<ul style="list-style-type: none"> - valuation of drivers and barriers for implementation of Industry 4.0 in multi-tier manufacturing supply chains - Based on practitioner's opinion, a total of 37 drivers and 21 barriers were identified under five dimensions viz., technological, organizational, economic, environmental, and social, and their inter-relationships were also established in a multi-tier supply chain The study highlights drivers and barriers to industry 4.0 adoption with the sustainability context in multi-tier manufacturing supply chain 	<ul style="list-style-type: none"> - the sustainable aspects, that includes the environmental and social factors, were the highest-ranked drivers and identified as the causal variables - At the same time, organizational and environmental dimensions were identified as the highly ranked barriers and causal factors - need for developing global standards, data sharing protocols, and ethical code and standards between the stakeholders in multi-tier manufacturing supply chain
<p>Shayganmehr, Masoud; Kumar, Anil; Garza-Reyes, Jose Arturo; Mektadir, Md Abdul</p>	<p>Industry 4.0 enablers for a cleaner production and circular economy within the context of business ethics: A study in a developing country</p>	2020	<ul style="list-style-type: none"> - In this paper, a novel framework was proposed to illustrate the important role of Industry 4.0 enablers in the implementation of CP and CE within business ethics - Firstly, the most important enablers were defined and validated through the Fuzzy Delphi method The importance of the validated enablers was established through the IVFS AHP method 	<ul style="list-style-type: none"> - The most important enablers were "Technical capability", "Security and safety", "Policy and Regulation", "System flexibility", "Education and participation" and "Support and maintenance" - technical capability is the most important enabler for the successful adoption of CP and sustainable development, including Industry 4.0 technologies such as Big Data and IoT for accelerating the CP implementation and development
<p>Sony M., Naik S.</p>	<p>Industry 4.0 integration with socio-technical systems theory: A systematic review and proposed theoretical model</p>	2020	<ul style="list-style-type: none"> - Building on the previous literatures on Socio-Technical Systems Theory and Industry 4.0, the article proposes bringing the two approaches together and presents a framework for integration mechanism - This study suggests a design mechanism for three types of integration mechanism in Industry 4.0 by considering the socio-technical systems impact on people, infrastructure, technology, processes, culture and goals Further, the integration is also suggested for analysis on the impact of stakeholders, economic situation and regulatory frameworks around which the operating organizations are operating 	<ul style="list-style-type: none"> - there is a need for Industry 4.0 systems to bring in the inclusivity of all types of workers in the smart factories especially in terms of being proficient in assisting the ageing, disabled and other disadvantaged workers - Industry 4.0 can be socially sustainable if organizations will accompany its technological transformations with training and development programs for their workforce - there is a need for human elements working in tandem with the technical systems for the success of Industry 4.0 - while designing the socio-technical architecture of vertical integration, social principles such as the impact on people, infrastructure, technology, processes, culture and organization goal must be considered
<p>Stock T., Obenaus M., Kunz S., Kohl H.</p>	<p>Industry 4.0 as enabler for a sustainable development: A qualitative assessment of its ecological and social potential</p>	2018	<ul style="list-style-type: none"> - The state of the art in research and technology for Industry 4.0 and sustainability is outlined - The potential for sustainable value creation in Industry 4.0 is qualitatively assessed for a macro and micro perspective based on a literature review and expert interviews The emphasis of the investigation was put on the environmental and social dimension of sustainability 	<ul style="list-style-type: none"> - the value creation factors can positively contribute to the ecological dimension of sustainability in most cases - Critical areas with expected negative contributions are identified, namely the quantity of materials used and primary energy consumption - Benefits in the social sustainability dimension can be expected for a better integration and inclusion of employees, the enrichment of work, a more effective education of workers, as well as for a better work-life balance - Negative social impacts might occur in terms of substitution or simplification of jobs by technological systems and in terms of the controllability and complete transparency of work by ICT which might lead to exploitation and performance extortion of employees

<p>Strandhagen, JW; Buer, SV; Semini, M; Alfnes, E; Strandhagen, JO</p>	<p>Sustainability challenges and how Industry 4.0 technologies can address them: a case study of a shipbuilding supply chain</p>	<p>2020</p>	<p>- case study of a shipbuilding supply chain, which results in the identification of its primary sustainability challenges proposing a set of nine digital solutions to improve sustainability in shipbuilding operations</p>	<p>- shipbuilding supply chains should initially pay attention to the Industry 4.0 base technologies and investigate how they can be applied and pursue the least complex implementation level - This level includes cloud services, improved connectivity, monitoring and control of products, vertical integration of internal IT systems and the establishment of internal digital platforms - From there, the digital infrastructure that is needed can be built from the bottom, enabling for the pursuit of the more complex digital solutions that have been suggested in earlier sections</p>
<p>Tavares, TM; Godinho, M; Ganga, GD; Callefi, MH</p>	<p>THE RELATIONSHIP BETWEEN ADDITIVE MANUFACTURING AND CIRCULAR ECONOMY: A SISTEMATIC REVIEW</p>	<p>2020</p>	<p>- a Systematic Literature Review was performed by applying the Method Ordination multicriteria methodology in order to map the main publications Then, 10 articles were analyzed to obtain relevant information about the relationship between Additive Manufacturing and Circular Economy</p>	<p>- Additive Manufacturing has the potential to provide the advantages of sustainability and the circular production system - However, more recent studies have highlighted some barriers that can prevent this vision from becoming a reality - AM may evolve into a trend to encourage consumerism, instant gratification and disposable society, which also goes against the principles of circular economy</p>
<p>Tirabeni L., De Bernardi P., Fortiano C., Franco M.</p>	<p>How can organisations and business models lead to a more sustainable society? A framework from a systematic review of the industry 4.0</p>	<p>2019</p>	<p>- a systematic literature review is performed to investigate the most recent Industry 4.0 research streams by adopting a multi-perspective approach insights on the key traits of an Enterprise 4.0 are analysed</p>	<p>- key traits found to be the recurrent, common concepts of an Enterprise 4.0 are: integration, decomposed hierarchy, flexibility, and autonomy - The following features of the phenomenon have been identified: an involved and resilient workforce, alongside 'smart' middle managers; sustainable, networked, and customer-centred business models; a lean self- organisation; and participative leadership style - the smartness of a company will probably depend on its ability to concretely adopt these features and concepts, and policy-makers could be helped to understand their role in shaping Industry 4.0, and fostering innovation and economic growth</p>
<p>Tiwari K., Khan M.S.</p>	<p>Sustainability accounting and reporting in the industry 4.0</p>	<p>2020</p>	<p>- detailed review of the key SAR (Sustainability accounting and reporting) variables under Global Reporting Initiatives and other relevant literature, and of Industry 4.0 technology and architectural features; - Mapping of Industry 4.0 capabilities with SAR variables in a multivariate model - Collecting primary data from two Focus Groups working on Industry 4.0 solutions in Delhi NCR region - Conducting interviews with five manufacturing operations heads in the city of Kanpur and Lucknow - Evolving an empirical model showing relationships between the Industry 4.0 capabilities and the relevant triple bottom-line topic areas of the Global Reporting Initiative; - Critical analyses of the empirical model, their relevance, and significance for theory and practice</p>	<p>- Industry 4.0 is not a complete solution for comprehensive GRI reporting because only a limited number of disclosure requirements can be implemented even if all the three levels of Industry 4.0 positioned in India are implemented - IIoT and cyber physical systems are credited to mostly environmental performance monitoring - body wearable sensors for health and safety monitoring seem not to be eligible in the future</p>
<p>Turner C., Moreno M., Mondini L., Salonitis K., Chamley F., Tiwari</p>	<p>Sustainable production in a circular economy: A business model for</p>	<p>2019</p>	<p>- In this paper, business models for re-distributed manufacture (RdM) are developed using anIDEF (Icam DEFinition for Function Modelling) description to serve as a guide for the implementation of the RdM concept in the consumer goods industry - Exploring the viability of a re-distributed business model for manufacturers employing new manufacturing technologies</p>	<p>- Only raw materials and data should travel long distances in a re- distributed model - the proximity of the customer to the manufacturing and servicing facilities is an important value generation opportunity - having multi-tasking facilities which can manufacture, remanufacture, and provide services</p>

A., Hutabarat W.	re- distributed manufacturing		such as additive manufacturing as part of a sustainable and circular production and consumption system An As-Is value chain model is presented alongside the proposed new business model for a sustainable re-distributed manufacturing system, both being illustrated via a case study drawn from the shoe manufacturing industry	all in the same location and with the same equipment, all in close vicinity to the customer, is the main generator of value to the customer and their community - Installed capacity and lead time are crucial components to the implementation of a re-distributed model, by determining installed capacity according to the particular local demands for flexibility of product and quantity
Varela L., Araújo A., Ávila P., Castro H., Putnik G.	Evaluation of the relation between lean manufacturing, industry 4.0, and sustainability	2019	- this research proposes a structural equation model, with six hypotheses, to quantitatively measure the effects of Lean Manufacturing and Industry 4.0, in Sustainability 252 valid questionnaires from industrial companies of Iberian Peninsula (Portugal and Spain) are collected to statistically validate such hypotheses	- it is not conclusive that Lean Manufacturing is correlated with any of the sustainability pillars - it exists a strong relation between I4.0 and the three pillars of Sustainability, with a strongest factorial weight for Environmental Sustainability (1.482), followed by Social Sustainability (0.994), and the lowest for Economic Sustainability (0.457) - Industry 4.0 & Lean Manufacturing are correlating
Waibel, M. W.; Oosthuizen, G. A.; Toit, D. W. du	Investigating current smart production innovations in the machine building industry on sustainability aspects	2018	- This research study investigates current smart production innovations and trends in the machine building industry the sustainability aspects and the potential of various smart innovations are outlined	- The approach of Smart Production Systems promises far-reaching improvements on every company level - To the costs of mass production parts companies will be able to produce high-tech individualized parts according to customer's requirements - On the bottom line manufacturing companies use smart innovations when these systems help them to produce a lower unit price; Falling product prices in combination with an increasing prosperity of the global population will lead to a higher consumption of goods and resources
Yadav G., Kumar A., Luthra S., Garza-Reyes J.A., Kumar V., Batista L.	A framework to achieve sustainability in manufacturing organisations of developing economies using industry 4.0 technologies' enablers	2020	- This study aims to develop a framework to improve sustainability adoption across manufacturing organisations of developing nations using Industry 4.0 technologies - enablers that strongly influence sustainability adoption are identified through a literature review - Further, a large scale survey is conducted to finalise the Industry 4.0 technologies' enablers to be included in the framework - Based on the empirical analysis, a framework is developed and tested across an Indian manufacturing case organisation Finally, Robust Best Worst Method (RBWM) is utilised to identify the intensity of influence of each enabler included in the framework	- managerial and economical, and environmental enablers possess a strong contribution toward sustainability adoption - environmental enablers also possess a strong influence in achieving overall sustainability - the adoption of sustainable energy resources systems, adoption of sustainability supportive policies and effective sustainability performance metrics are among the top influencing enablers that support sustainability adoption - government policies favouring sustainability adoption through the execution of new technologies will have a positive impact on strengthening nations' economy - Similarly, the promotion of a sustainable energy resource system will create awareness among manufacturing organisations and help them improve their sustainable performance
Yadav G., Luthra S., Jakhar S.K., Mangla S.K., Rai D.P.	A framework to overcome sustainable supply chain challenges through solution measures of industry 4.0 and circular economy: An automotive case	2020	- the present study aims to develop a framework to overcome SSCM challenges through industry 4.0 and circular economy based solution measures by identifying a unique set of 28 SSCM challenges and 22 solution measures - Further, an automotive case organisation is used to test the applicability of the developed framework through hybrid Best Worst Method (BWM)- ELimination and Choice Expressing REality (ELECTRE) approach inputs for BWM-ELECTRE approach is obtained by constructing an expert panel within the case organisation.	- managerial and organisational challenges and economic challenges emerge as most critical to SSCM adoption, followed by economic challenges, supplier challenges, process challenges, and socio-cultural challenges - lack of availability of resources including financial, technical and human, Conflict among product sustainability policy and free trade provisions, and Poor management commitment for adoption of sustainability are observed as the most critical challenges that restricts SSCM adoption

<p>Yang S., Raghavendra M.R.A., Kaminski J., Pepin H.</p>	<p>Opportunities for industry 4.0 to support remanufacturing</p>	<p>2018</p>	<p>- This paper reviews the challenges encountered by the remanufacturing sector and discusses how the Industry 4.0 revolution could help to effectively address these issues and unlock the potential of remanufacturing</p> <p>- Two case studies are included in this paper to exemplify how technology enablers from Industry 4.0 can increase efficiency, reliability, and digitization of the remanufacturing process</p>	<p>- - increased digitalization across the supply chain and enhanced cyber- physical intelligence within the factory have effectively addressed several major concerns that remanufacturers encounter</p>
--	--	-------------	---	---