



Διπλωματική Εργασία

ΟΙ ΜΑΚΡΟΧΡΟΝΙΟΙ ΚΥΚΛΟΙ ΤΩΝ 56 ΕΤΩΝ ΚΑΙ Η
4^η ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗ

Ιούνιος 2023

Αλέξανδρος Ρασούλης

Επιβλέπων

Γεώργιος Σ. Ατσαλάκης

Εργαστήριο Ανάλυσης Δεδομένων και Πρόβλεψης
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ | ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

Υποβλήθηκε στο Πολυτεχνείο Κρήτης για μερική ικανοποίηση των απαιτήσεων για την απόκτηση του πτυχίου Μηχανικού Παραγωγής και Διοίκησης στη σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης του Πολυτεχνείου Κρήτης (TUC).

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΟΙ ΜΑΚΡΟΧΡΟΝΙΟΙ ΚΥΚΛΟΙ ΤΩΝ 56 ΕΤΩΝ ΚΑΙ Η 4^η ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗ

Αλέξανδρος Ρασούλης ΙΟΥΝΙΟΣ 2023 pem.tuc.gr

Εγκρίνεται από:

Δρ. Γεώργιο Ατσαλάκη

Αναπληρωτής Καθηγητής

Πολυτεχνείο Κρήτης

Σχολή Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης

Δρ. Κωνσταντίνος Ζοπουνίδης

Καθηγητής

Πολυτεχνείο Κρήτης

Σχολή Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης

Δρ. Στέλιος Τσαφάρáκης

Αναπληρωτής Καθηγητής

Πολυτεχνείο Κρήτης

Σχολή Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης

“Intentionally Left blank”

Περίληψη

Οι μακροχρόνιοι οικονομικοί κύκλοι έχουν διάρκεια 56 έτη. Τα πρώτα 28 χρόνια χαρακτηρίζονται από σημαντική οικονομική ανάπτυξη και τα άλλα 28 χαρακτηρίζονται από στασιμότητα ή ύφεση.

Ο παρόν οικονομικός κύκλος κορυφώνεται το 2024 όπου θα έχει διανύσει 28 χρόνια από το 1996. Τα προηγούμενα 28 χρόνια της ύφεσης και στασιμότητας 1968 με 1996, ήταν τα χρόνια όπου πολλές νέες βιομηχανίες αναπτύχθηκαν γύρω από την πληροφορική και τους υπολογιστές. Νέες τεχνολογίες δημιούργησαν πολλούς νέους βιομηχανικούς τομείς για πρώτη φορά. Όταν οι υπολογιστές και τα κινητά τηλέφωνα εισήλθαν σε κάθε σπίτι και κάθε επιχείρηση, ξεκίνησε η δυναμική ανάπτυξη διάρκειας 28 ετών. Αυτοί οι νέοι τομείς ώθησαν την ανάπτυξη των ετών 1996-2024. Τα ερχόμενα 28 έτη στασιμότητας και ύφεσης 2024-2052 θα εξελιχθούν οι τεχνολογίες της 4^{ης} βιομηχανικής επανάστασης.

Θα καταφέρουν να επιφέρουν το επόμενο ανοδικό κύμα των 56 ετών 2052-2080;

Η τρίτη βιομηχανική επανάσταση βρίσκεται σε κορεσμό. Επίσης η επέλαση του διαδικτύου καθώς και άλλων εφευρέσεων που εντάσσονται στις ζωές μας με σφοδρή ταχύτητα καθιστά ιδανικές τις συνθήκες για μια συνταρακτική αλλαγή. Βρισκόμαστε στην αρχή μιας επανάστασης που αλλάζει ριζικά τον τρόπο που ζούμε, εργαζόμαστε και αλληλοεπιδρούμε μεταξύ μας. Ως προς την κλίμακα, το εύρος και την πολυπλοκότητά, αυτό που την καθιστά τόσο ξεχωριστή την τέταρτη βιομηχανική επανάσταση είναι πως δεν μοιάζει με οτιδήποτε έχει βιώσει η ανθρωπότητα στο παρελθόν.

Στην συγκεκριμένη εργασία συντάσσεται αναλυτικά η μετατροπή που φέρνει η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση στους οικονομικούς κύκλους του μέλλοντος. Συγκεκριμένα, η ανάλυση εμπίπτει στην καταγραφή και διαχωρισμό των νέων τεχνολογιών που καθορίζουν την διέλευση του Industry 4.0. Όπως για παράδειγμα, το IOT (internet of things), τεχνητή νοημοσύνη, μηχανική μάθηση, αυτόνομα οχήματα, τρισδιάστατη εκτύπωση, νανοτεχνολογία, βιοτεχνολογία, η αποθήκευση ενέργειας και κβαντικοί υπολογιστές. Οι συγκεκριμένες τεχνολογίες θα δημιουργήσουν έναν νέο κόσμο με εντελώς καινούργια δεδομένα. Αυτός είναι και ο στόχος της εργασίας. Δηλαδή να προσδιορίσει με ακρίβεια τη δημιουργία του επόμενου οικονομικού κύκλου των βιομηχανιών, των κυβερνήσεων και των επιχειρήσεων. Περιγράφοντας τους νέους κλάδους αλλά και τον μετασχηματισμό της οικονομίας που θα προκύψει μέσω αυτών καθώς και την εγκατάλειψη πρώην και πλέον μη-βιώσιμων οικονομικών μοντέλων.

Λέξεις κλειδιά: Μακροχρόνιοι Οικονομικοί Κύκλοι, Τέταρτη Βιομηχανική Επανάσταση, Τεχνολογική Πρόβλεψη, Σιγμοειδής Καμπύλες

Abstract

Long economic cycles have a duration of 56 years. The first 28 years are characterized by significant economic growth and the other 28 are characterized by stability or recession.

The current economic cycle peaks in 2024 where it has been 28 years since its beginning in 1996. The previous 28 years of recession and stagnation 1968-1996, were the years where many new industries developed around IT and computing. New technologies created many new industrial sectors for the first time. When computers and cell phones penetrate every home and business, a 28-year economic boom began. These new sectors drove the growth of the 1996-2024. In the next 28 years of stagnation and recession 2024-2052 the technologies of the 4th industrial revolution will evolve.

Are they going to bring the next fruitful wave of 28 years (2052-2080) of economic growth?

The third industrial revolution is in saturation. Also, the advance of the internet and other inventions that are entering our lives at breakneck speed makes the conditions ideal for a disruptive change. We are at the beginning of a revolution that is fundamentally changing the way we live, work, and interact with each other. In terms of scale, complexity, and scope, the ingredients that make the fourth industrial revolution so special is that it is unlike anything humanity has experienced before.

This bachelor's thesis composes the transformation that the fourth industrial revolution brings to the economic cycles of the future. In particular, the analysis falls under the recording and separation of the new technologies that determine the passage of Industry 4.0. For example, IOT (internet of things), artificial intelligence, machine learning, autonomous vehicles, 3D printing, nanotechnology, biotechnology, energy storage and quantum computing. These technologies will create a new world with completely new data. This is also the goal of the work. That is to pinpoint the creation of the next economic cycle of industries, governments, and products. Describing the new industries but also the transformation of the economy that will arise through them as well as the abandonment of former and no longer sustainable economic models.

Kew Words: Long-Term Economic Cycles, Fourth Industrial Revolution, Technological Forecasting, Sigmoid Curves

“Intentionally Left blank”

Διασάφηση εργασίας

Εγώ, ο Ρασούλης Αλέξανδρος, επιβεβαιώνω ότι η εργασία για την παρακάτω διατριβή με τίτλο «Οι μακροχρόνιοι οικονομικοί κύκλοι των 56 ετών και η 4^η Βιομηχανική Επανάσταση» αναλήφθηκε αποκλειστικά από εμένα και ότι δεν παρασχέθηκε βοήθεια από άλλες πηγές όπως αυτές επέτρεπαν. Όλες οι ενότητες της εργασίας που χρησιμοποιούν αποσπάσματα ή περιγράφουν ένα επιχείρημα ή μια έννοια που αναπτύχθηκε από άλλο συγγραφέα έχουν αναφερθεί, συμπεριλαμβανομένης όλης της δευτερογενούς βιβλιογραφίας που χρησιμοποιήθηκε, για να υποστηρίξει ότι αυτό το υλικό έχει υιοθετηθεί για να υποστηρίξει τη διατριβή μου.

Ευχαριστίες

Νιώθω θερμά την ανάγκη να ευχαριστήσω τον υπεύθυνο καθηγητή Γεώργιο Ατσαλάκη για την επίβλεψή του σε όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της διατριβής μου και για την εξαιρετική συνεργασία που είχαμε. Επιπλέον, όλοι οι καθηγητές και οι συμφοιτητές μου στο Πολυτεχνείο Κρήτης επηρέασαν σε μεγάλο βαθμό την ακαδημαϊκή μου εμπειρία.

Θα ήθελα επίσης να αναφέρω ανθρώπους, εκτός του στενού ακαδημαϊκού περιβάλλοντος, που υπήρξαν σημαντικοί πόλοι στη φοιτητική μου ζωή. Ευχαριστώ θερμά τους καλούς μου φίλους Δημήτρη και Νίκη που με βοήθησαν και με υποστήριξαν σε κάθε μου προσπάθεια και για την κατάλληλη ενθάρρυνση τους κατά την ολοκλήρωση της διατριβής.

Ως τελευταία σημείωση, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την αμέριστη υποστήριξή τους κατά τη διάρκεια των σπουδών μου. Πιο συγκεκριμένα, ευχαριστώ τα αδέρφια μου Μιχάλη, Βασιλεία, Κωνσταντίνα, Στέφανο και Μαρία για την συμπαράστασή τους.

Πάνω από όλα, όμως, είμαι για πάντα ευγνώμων στους γονείς μου Δημήτρη και Κατερίνα για την ολόψυχη και ανιδιοτελή αγάπη τους και την απεριόριστη υποστήριξή τους όλα αυτά τα χρόνια.

Ως εκ τούτου, αφιερώνω αυτή τη διατριβή στην οικογένειά μου που πάντα με ακολουθούσε, και στάθηκε δίπλα μου, σε αυτό το ταξίδι της γνώσης.

ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ Δ. ΡΑΣΟΥΛΗΣ



“Intentionally Left blank”

Περιεχόμενα

Περίληψη	4
Abstract	5
Διασάφηση εργασίας	7
Ευχαριστίες	7
Κεφάλαιο 1	13
1.1 Περιγραφή	13
1.2 Ιστορικό πλαίσιο	14
1.3 Τέταρτη Βιομηχανική Επανάσταση	14
1.4 Η μελέτη	16
Κεφάλαιο 2	17
2.1 Διαδοχικά Στάδια Ανάπτυξης	17
2.2 Οι Μακροχρόνιοι Οικονομικοί Κύκλοι.....	18
2.3 Χρονολόγηση των Μακροχρόνιων Οικονομικών Κύκλων.....	22
2.4 Τεχνολογικοί Μετασχηματισμοί.....	24
2.4.1 Πρώτο Κύμα Βιομηχανικής Ανάπτυξης	24
2.3.2 Δεύτερο Κύμα Βιομηχανικής Ανάπτυξης	25
2.3.3 Τρίτο Κύμα Βιομηχανικής Ανάπτυξης	25
2.3.4 Τέταρτο Κύμα Βιομηχανικής Ανάπτυξης	26
2.3.4 Πέμπτο Κύμα Βιομηχανικής Ανάπτυξης	26
2.5 Τεχνολογίες Γενικής Χρήσης.....	27
2.6 Οι τεχνολογικοί περιορισμοί της Τέταρτης Βιομηχανικής Επανάστασης	28
Κεφάλαιο 3	30
3.1 Εισαγωγή	30
3.2 Μοντέλο Λογιστικής Ανάπτυξης Σιγμοειδούς Καμπύλης	31
3.2.1 Απλό μοντέλο Ανάπτυξης.....	31
3.2.2 Σιγμοειδής Καμπύλες: Πλεονεκτήματα και Αδυναμίες.....	34
3.2.3 Μοντέλο δι' λογιστικών Συναρτήσεων (Bi-logistic Model)	35
3.2.4 Γενικευμένη μορφή μοντέλου δι' λογιστικών συναρτήσεων	38
3.2.5 Μαθηματική ανάλυση 'Loglet'.....	39
Κεφάλαιο 4	42
4.1 Περιγραφή μεθόδου	42

4.2 Δεδομένα	43
4.3 Εφαρμογή μεθοδολογίας γενικευμένου μοντέλου δι' λογιστικών συναρτήσεων	45
4.4 Συμπεράσματα.....	53
Κεφάλαιο 5	55
5.1 Εισαγωγή	55
5.2 Το σημείο εκκίνησης	56
5.3 Η Πρώτη Βιομηχανική Επανάσταση	57
5.3.1 Περίληψη	57
5.3.2 Η γέννηση της Πρώτης Βιομηχανικής Επανάστασης	58
5.3.4 Οι τεχνολογίες γενικής χρήσης	59
5.4 Η Δεύτερη Βιομηχανική Επανάσταση	63
5.4.1 Περιγραφή	63
5.4.2 Οι τεχνολογίες γενικής χρήσης	63
5.5 Η Τρίτη Βιομηχανική Επανάσταση	67
5.5.1 Περιγραφή	67
5.5.2 Τεχνολογίες Γενικής Χρήσης	68
Κεφάλαιο 6	72
6.1 Εισαγωγή	72
6.2 Τεχνητή Νοημοσύνη - AI.....	73
6.2.1 Οι δυνατότητες της τεχνολογίας AI: Εξέλιξη & Ευκαιρίες	74
6.2.2 Μετασχηματίζοντας Βιομηχανίες και Κοινωνίες	75
6.2.3 Οι προκλήσεις: Ηθικές, τεχνικές και κοινωνικές επιπτώσεις	75
6.2.4 Το παράδειγμα του ChatGPT	77
6.3 Προσθετική κατασκευή	78
6.3.1 Η επανάσταση που φέρει : Οι προκλήσεις και οι ευκαιρίες	79
6.4 Βιοτεχνολογία.....	81
6.4.1 Η Γονιδιωματική Επανάσταση	82
6.4.2 Εξισορρόπηση προόδου και ηθικής	83
6.5 Νέα υλικά.....	84
Κεφάλαιο 7	87
7.1 Περίληψη	87

7.2 Επιπτώσεις.....	88
7.2.1 Οικονομία	88
7.2.2 Επιχειρήσεις	89
7.2.3 Κυβερνήσεις.....	92
7.2.4 Κοινωνία	93
7.2.5 Τον Άνθρωπο.....	94
Κεφάλαιο 8	96
8.1 Συμπεράσματα	96
8.2 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα	97
Βιβλιογραφία.....	98

ΓΡΑΦΗΜΑ 1	18
ΓΡΑΦΗΜΑ 2	20
ΓΡΑΦΗΜΑ 3	20
ΓΡΑΦΗΜΑ 4	21
ΓΡΑΦΗΜΑ 5	23
ΓΡΑΦΗΜΑ 6	32
ΓΡΑΦΗΜΑ 7	33
ΓΡΑΦΗΜΑ 8	34
ΓΡΑΦΗΜΑ 9	37
ΓΡΑΦΗΜΑ 10	39
ΓΡΑΦΗΜΑ 11	44
ΓΡΑΦΗΜΑ 12	45
ΓΡΑΦΗΜΑ 13	46
ΓΡΑΦΗΜΑ 14	46
ΓΡΑΦΗΜΑ 15	49
ΓΡΑΦΗΜΑ 16	50
ΓΡΑΦΗΜΑ 17	51
ΓΡΑΦΗΜΑ 18	52
ΓΡΑΦΗΜΑ 19	53

“Intentionally Left blank”

1.1 Περιγραφή

Οι τεχνολογικές επαναστάσεις συνδέονται με την εμφάνιση συμπλεγμάτων τεχνολογικών καινοτομιών που μεταμορφώνουν βαθιά την οικονομία, και ευρύτερα τα κοινωνικά συστήματα (Cesare Marchetti, 1986). Παραδείγματα αυτών των τεχνολογιών είναι η ατμομηχανή, που διαμόρφωσε τη Βρετανική Βιομηχανική Επανάσταση, μετά ο ηλεκτρισμός, οι τεχνολογίες αυτοκινήτων και πιο πρόσφατα οι τεχνολογίες πληροφοριών και επικοινωνιών (ΤΠΕ).

Η παρατήρηση τέτοιων κυκλικών επαναστάσεων έχει παράσχει τη βάση για την ανάπτυξη μιας θεωρίας μακρών κύκλων στην οικονομική ανάπτυξη όπου οι περίοδοι υψηλής και χαμηλής ανάπτυξης συνδέονται με την άνοδο και την πτώση των κυμάτων τεχνικής αλλαγής (Modis, *Technological Forecasting & Social Change*, 2002). Η οικονομική βιβλιογραφία έχει επίσης συνδέσει αυτή την άνοδο αναπτυξιακή πορεία με την εμφάνιση μιας συγκεκριμένης κατηγορίας τεχνολογιών. Των τεχνολογιών γενικής χρήσης σε πρώτο επίπεδο και μεταγενέστερα των ενεργοποιητικών τεχνολογιών, που χαρακτηρίζονται από διεισδυτικότητα, υψηλό δυναμισμό και ισχυρή αλληλοσυμπλήρωση (Bresnahan, T. F. and M. Trajtenberg, 1995).

Η κατανόηση των επιπτώσεων του τεχνολογικού μετασχηματισμού απαιτεί να ανοίξουμε το «μαύρο κουτί» της τεχνολογίας και να εξηγήσουμε πώς, πού και γιατί αυτό το φαινόμενο εμφανίζεται και εξελίσσεται (Rosenberg, 1982). Ο τεχνολογικός μετασχηματισμός αποτελεί ένα μοναδικό πρότυπο τεχνικής αλλαγής που αναπτύσσονται μέσω πολύπλοκων αλληλεπιδράσεων τεχνικών παραγόντων, της επιστημονικής βάσης και του ευρύτερου θεσμικού και οικονομικού πλαισίου. Οι έννοιες του Dosi (G. Dosi, 1982) περί τεχνολογικών προτύπων και κύκλων παρέχουν ένα ιδανικό πλαίσιο για τη μελέτη καινοτόμων δραστηριοτήτων που περιλαμβάνουν γνωστικές, τεχνικές, θεσμικές και οικονομικές διαστάσεις. Ενώ τα τεχνολογικά πρότυπα χαρακτηρίζουν και δεσμεύουν τον δυνητικά απεριόριστο χώρο έρευνας μιας τεχνολογίας, οι τεχνολογικές τροχιές προσδιορίζουν τοπικά, σωρευτικά και μη αναστρέψιμα πρότυπα μοντέλα ανάπτυξης μέσα στο χρόνο.

Εν συντομία, ο κοσμικός παλμός των 56 ετών ρυθμίζει πολλές ανθρώπινες δραστηριότητες και ιδίως την εξέλιξη της οικονομίας. Βασίζεται στην φυσιολογική ανάπτυξη τεχνολογιών που διαγράφουν σιγμοειδής καμπύλες μέχρι το επίπεδο κορεσμού τους. Η κατανόηση και η ερμηνεία των συγκεκριμένων κύκλων εξυπηρετεί στην εκτίμηση των τάσεων του παρελθόντος και στην πρόβλεψη των μελλοντικών τάσεων. Συνεπώς, ο συνδυασμός των διαδικασιών φυσιολογικής ανάπτυξης, των τεχνολογιών γενικής χρήσης με τους μακροχρόνιους οικονομικούς κύκλους 56 ετών μπορούν να αποτελέσουν εργαλεία για την ανάλυση μιας υφιστάμενης οικονομικής κατάστασης σε πραγματικό χρόνο.

1.2 Ιστορικό πλαίσιο

Η λέξη «επανάσταση» υποδηλώνει απότομη και ριζική αλλαγή. Επαναστάσεις έχουν συμβεί σε όλη την ιστορία, όταν οι νέες τεχνολογίες και οι νέοι τρόποι αντίληψης του κόσμου πυροδοτούν μια βαθιά αλλαγή στα οικονομικά συστήματα και τις κοινωνικές δομές. Δεδομένου ότι η ιστορία χρησιμοποιείται ως πλαίσιο αναφοράς, η ταχύτητα αυτών των αλλαγών μπορεί να πάρει χρόνια για να ξεδιπλωθεί.

Η πρώτη βαθιά αλλαγή στον τρόπο ζωής μας - η μετάβαση από την αναζήτηση τροφής στη γεωργία - συνέβη πριν από περίπου 10.000 χρόνια και έγινε δυνατή από την εξημέρωση των ζώων. Η αγροτική επανάσταση συνδύασε τις προσπάθειες των ζώων με αυτές των ανθρώπων για σκοπούς παραγωγής, μεταφοράς και επικοινωνίας. Σιγά σιγά, η παραγωγή τροφίμων βελτιώθηκε, ωθώντας την αύξηση του πληθυσμού και επιτρέποντας μεγαλύτερους ανθρώπινους οικισμούς. Αυτό οδήγησε τελικά στην αστικοποίηση και την άνοδο των πόλεων.

Την αγροτική επανάσταση ακολούθησε μια σειρά βιομηχανικών επαναστάσεων που ξεκίνησαν στο δεύτερο μισό του 18ου αιώνα. Αυτά σημάδεψαν τη μετάβαση από τη μυϊκή δύναμη στη μηχανική δύναμη, εξελίσσοντας στο σημείο όπου σήμερα, με την τέταρτη βιομηχανική επανάσταση, η ενισχυμένη γνωστική ισχύς αυξάνει την ανθρώπινη παραγωγή.

Έχοντας υπόψη τους διάφορους ορισμούς και τα ακαδημαϊκά επιχειρήματα που χρησιμοποιούνται για την περιγραφή των τριών πρώτων βιομηχανικών επαναστάσεων, θεωρείτε από διάφορους οικονομολόγους και επιστήμονες ότι σήμερα βρισκόμαστε στην έναρξη μιας τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης.

Ξεκίνησε στις αρχές αυτού του αιώνα και βασίζεται στην ψηφιακή επανάσταση. Χαρακτηρίζεται από ένα συνεχώς διαθέσιμο διαδίκτυο. Οι ψηφιακές τεχνολογίες που έχουν στον πυρήνα τους το υλικό, το λογισμικό και τα δίκτυα υπολογιστών δεν είναι νέες, αλλά σε μια ρήξη με την τρίτη βιομηχανική επανάσταση, γίνονται πιο εξελιγμένες και ολοκληρωμένες και, ως εκ τούτου, μεταμορφώνουν τις κοινωνίες και την παγκόσμια οικονομία από την εποχή της πληροφορίας στην εποχή της γνώσης.

1.3 Τέταρτη Βιομηχανική Επανάσταση

Στη Γερμανία, γίνονται συζητήσεις για το «Industry 4.0», έναν όρο που επινοήθηκε στην Έκθεση του Αννόβερου το 2011 για να περιγράψει πώς αυτό θα φέρει επανάσταση στην οργάνωση των παγκόσμιων δομών. Ενεργοποιώντας τα «έξυπνα εργοστάσια», η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση δημιουργεί έναν κόσμο στον οποίο τα εικονικά και φυσικά συστήματα παραγωγής παγκοσμίως συνεργάζονται μεταξύ τους με ευέλικτο τρόπο. Αυτό επιτρέπει την απόλυτη προσαρμογή των προϊόντων και τη δημιουργία νέων μοντέλων λειτουργίας.

Η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση, ωστόσο, δεν αφορά μόνο έξυπνα και συνδεδεμένα μηχανήματα και συστήματα. Το πεδίο εφαρμογής του είναι πολύ

ευρύτερο. Ταυτόχρονα συμβαίνουν κύματα περαιτέρω ανακαλύψεων σε τομείς που κυμαίνονται από την αλληλουχία γονιδίων έως τη νανοτεχνολογία, από τις ανανεώσιμες πηγές έως τους κβαντικούς υπολογιστές. Είναι η συσπείρωση αυτών των τεχνολογιών και η αλληλεπίδρασή τους στους φυσικούς, ψηφιακούς και βιολογικούς τομείς που κάνουν την τέταρτη βιομηχανική επανάσταση θεμελιωδώς διαφορετική από τις προηγούμενες επαναστάσεις.

Σε αυτήν την επανάσταση, οι αναδυόμενες τεχνολογίες και η καινοτομία ευρείας βάσης διαχέονται πολύ πιο γρήγορα και ευρύτερα από ό,τι σε προηγούμενες, οι οποίες συνεχίζουν να εκτυλίσσονται σε ορισμένα μέρη του κόσμου.

Από τις πολλές διαφορετικές και συναρπαστικές προκλήσεις που αντιμετωπίζουμε σήμερα, η πιο έντονη και σημαντική είναι πώς να κατανοήσουμε και να διαμορφώσουμε τη νέα τεχνολογική επανάσταση, η οποία δεν συνεπάγεται τίποτα λιγότερο από έναν μετασχηματισμό της ανθρωπότητας.

Παρατηρούνται βαθιές αλλαγές σε όλους τους κλάδους, που χαρακτηρίζονται από την εμφάνιση νέων επιχειρηματικών μοντέλων, τη διακοπή των κατεστημένων φορέων και την αναμόρφωση των συστημάτων παραγωγής, κατανάλωσης, μεταφοράς και παράδοσης. Στο κοινωνικό μέτωπο, βρίσκεται σε εξέλιξη μια αλλαγή παραδείγματος στον τρόπο με τον οποίο εργαζόμαστε και επικοινωνούμε, καθώς και στον τρόπο έκφρασης, ενημέρωσης και ψυχαγωγίας. Ομοίως, οι κυβερνήσεις και οι θεσμοί αναδιαμορφώνονται, όπως και τα συστήματα εκπαίδευσης, υγειονομικής περίθαλψης και μεταφορών, μεταξύ πολλών άλλων. Οι νέοι τρόποι χρήσης της τεχνολογίας για την αλλαγή συμπεριφοράς και τα συστήματα παραγωγής και κατανάλωσης μας προσφέρουν επίσης τη δυνατότητα υποστήριξης της αναγέννησης και διατήρησης του φυσικού περιβάλλοντος, αντί να δημιουργούν κρυφά κόστη με τη μορφή εξωτερικών παραγόντων (Schwab, 2016).

Οι αλλαγές είναι ιστορικές ως προς το μέγεθος, την ταχύτητα και το εύρος τους. Ορισμένοι ακαδημαϊκοί και επαγγελματίες θεωρούν τις εξελίξεις ως απλώς μέρος της τρίτης βιομηχανικής επανάστασης. Τρεις λόγοι, ωστόσο, υποστηρίζουν την πεποίθησή ότι μια τέταρτη και ξεχωριστή επανάσταση βρίσκεται σε εξέλιξη:

- Ταχύτητα: Σε αντίθεση με τις προηγούμενες βιομηχανικές επαναστάσεις, αυτή εξελίσσεται με εκθετικό και όχι γραμμικό ρυθμό. Αυτό είναι το αποτέλεσμα του πολύπλευρου, βαθιά διασυνδεδεμένου κόσμου στον οποίο ζούμε και του γεγονότος ότι η νέα τεχνολογία γεννά νεότερη και ολοένα πιο ικανή τεχνολογία.
- Εύρος και βάθος: Βασίζεται στην ψηφιακή επανάσταση και συνδυάζει πολλαπλές τεχνολογίες που οδηγούν σε άνευ προηγουμένου αλλαγές παραδειγμάτων στην οικονομία, τις επιχειρήσεις, την κοινωνία και μεμονωμένα. Δεν αλλάζει μόνο το «τι» και το «πώς» να κάνουμε τα πράγματα αλλά και το «ποιοι» είμαστε.
- Επιπτώσεις συστημάτων: Περιλαμβάνει τον μετασχηματισμό ολόκληρων συστημάτων, μεταξύ (και εντός) χωρών, εταιρειών, βιομηχανιών και της κοινωνίας στο σύνολό της.

1.4 Η μελέτη

Όσον αναφορά τη συγκεκριμένη εργασία, πρόκειται σε μεγάλο βαθμό για μια επεξηγηματική έρευνα και η εστίαση θα γίνει στη πιο κρίσιμη διάσταση του θέματος. Δηλαδή, μια τεχνική επεξήγηση για τον ερχομό της τέταρτη βιομηχανικής επανάστασης μέσω του φαινομένου των μακροχρόνιων οικονομικών κύκλων των 56 ετών.

Αναλυτικότερα, ο κύριος στόχος της μελέτης αφορά την περιγραφή του φαινομένου των μακροχρόνιων οικονομικών κύκλων μέσα από το πρίσμα των τεχνολογιών γενικής χρήσης, καθώς η μελέτη επιχειρεί να πλαισιώσει τον επόμενο μακροχρόνιο οικονομικό κύκλο.

Η ανωτέρω οικονομική θεωρία έχει αναπτυχθεί μέσω της ιστορικής απαρίθμησης και την εφαρμογή του μοντέλου πρόβλεψης με σιγμοειδής καμπύλες για την ανάπτυξη και εξέλιξη των συγκεκριμένων τεχνολογιών. Όπου επιβεβαιώνεται από εμπειρικές μετρήσεις.

Ωστόσο, καθώς όσο οι ποιοτικές τόσο και οι ποσοτικές προσεγγίσεις έχουν τα πλεονεκτήματα και τις αδυναμίες τους, «κανένα από τα δύο δεν είναι ιδιαίτερα ανώτερο από το άλλο» (Ackroyd, 1992). Η μέτρηση και η ανάλυση των μεταβλητών για τις οποίες λαμβάνονται πληροφορίες σε μια ερευνητική μελέτη εξαρτώνται από το σκοπό της μελέτης (Kumar, 2011). Βασιζόμενος στο φιλοσοφικό μου προσανατολισμός όπου πηγάζει από τον ακαδημαϊκό κλάδο της μηχανικής, κρίθηκε σκόπιμο για λόγους εγκυρότητας ότι χρειάζεται να συνδυαστούν αυτές οι συγκεκριμένες προσεγγίσεις.

Συγκεκριμένα αναπτύχθηκε και μια ποσοτική μελέτη βασισμένη στις αρχές αυτής της θεωρίας. Με αυτό ως πρόσχημα κατασκεύασα ένα μοντέλο πρόβλεψης με σιγμοειδής καμπύλη βασισμένη σε μετρήσεις της παγκόσμιας κατανάλωσης καυσίμων για την βαθύτερη ανάλυση και κατανόηση του συγκεκριμένου φαινομένου, όπως βασίστηκαν παρόμοιες μελέτες για την ανάπτυξη αυτής της θεωρίας.

Με σκοπό, την πρόβλεψη των περιόδων ανάπτυξης και ύφεσης που θα επέλθουν κατά την μετάβαση από τον τρίτο μακροχρόνιο οικονομικό κύκλο στο τέταρτο.

Κεφάλαιο 2

«Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας»

2.1 Διαδοχικά Στάδια Ανάπτυξης

Το μοντέλο της αλληλεπίδρασης Στασιμότητας και Καινοτομίας (Gerhard Mensch, 1980), με τη βοήθεια του οποίου θα γίνει ανάλυση της πραγματικής οικονομικής μακροπρόθεσμης εξελικτικής αλλαγής στη βιομηχανική δομή των αναπτυγμένων χωρών. Χωρίς να εμφανιστεί το λάθος της μονοαιτιότητας. Προτείνει ότι οι περισσότερες από τις τάσεις και συγκεκριμένα οι αλλαγές στην τάση της οικονομίας, που έχουν παρατηρηθεί κατά τη διάρκεια και μετά τη Βιομηχανική Επανάσταση, μπορούν να ανιχνευθούν σε αλλαγές στον ρυθμό και την κατεύθυνση της τεχνολογικής καινοτομίας. (Gerhard Mensch, 1980)

Υπό την παραδοχή ότι η διάχυση των καινοτομιών σε πολλούς κλάδους είναι αλληλένδετη με την πορεία της οικονομίας, μπορούμε να εικάσουμε ότι θα πρέπει να υπάρξει μια φάση στη βιομηχανική ανάπτυξη στην οποία πολλοί τομείς της οικονομίας υποφέρουν ταυτόχρονα από στασιμότητα. Η οποία φάση είναι το αποτέλεσμα της μείωσης στις οριακές αποδόσεις των επιχειρήσεων καθώς φθίνει η χρησιμότητα εκείνων των καινοτομιών που συνδέονται με εκείνη την ομάδα αγαθών και υπηρεσιών που κάποτε επέφερε την περίοδο ανάπτυξης.

Αυτή η φάση στη βιομηχανική εξέλιξη, η οποία συχνά επιχειρείται να εξηγηθεί μερικώς από τις θεωρίες της υπερπαραγωγής, της υποεπένδυσης, της υποκατανάλωσης, της υπερσυγκέντρωσης και της υποαπασχόλησης, ονομάζεται «Αδιέξοδο στην Τεχνολογία» (G. Dosi, 1982). Ξεκινά όταν πολλές επιχειρηματικές γραμμές που βασίζονται σε ώριμες τεχνολογίες μένουν στάσιμες, το κεφάλαιο αποσύρεται από αυτές, αλλά δεν μπορεί (προσωρινά) να βρει κερδοφόρες ευκαιρίες επανεπένδυσης σε νέους τύπους τεχνολογίας, και ενώ ο πληθωρισμός παραμένει στάσιμος αυτό δείχνει δομική ετοιμότητα για ριζικές καινοτομίες (Modis, Technological Forecasting & Social Change, 2002). Τελικά, η αυξανόμενη ανάγκη για καινοτομία παράγει μια σειρά από βασικές καινοτομίες, και αυτό υπογραμμίζει την ανάκαμψη και βάζει τέλος στην αδιέξοδη κατάσταση.

Έτσι, υπάρχει ένα πραγματικό-οικονομικό, κυκλικό φαινόμενο πίσω από τις τάσεις στην παραγωγή και την οικονομία μιας ανεπτυγμένης χώρας (Cesare Marchetti, 1986). Υπάρχει ένα μοτίβο στη δομική αλλαγή που χαρακτηρίζει τη διαδικασία της δημιουργικής καταστροφής.

Με αυτή την αίσθηση προφάνειας, μεγάλο μέρος αυτού του μοτίβου δομικής αλλαγής είναι το επακόλουθο όταν υπάρχει συσώρευση βασικών καινοτομιών (Modis, Technological Forecasting & Social Change, 2002). Έτσι για παράδειγμα, η στασιμότητα στη δεκαετία του 1920 οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στην (προσωρινή) ωρίμανση των βασικών καινοτομιών που τέθηκαν σχεδόν ταυτόχρονα σε εφαρμογή τη δεκαετία γύρω στο 1886 και ο τροχός γύρισε με την εμφάνιση ενός άλλου συμπλέγματος βασικών καινοτομιών όπου διογκώθηκε από ολοκαίνουργιες τεχνολογίες, κάνοντας την εμφάνιση τους γύρω στο 1935, μαζικά στη σκηνή όπως:

- Μέσα μεταφοράς (ελικόπτερα, 1936, πύραυλοι, 1935, κινητήρες jet 1941)
- Μέσα επικοινωνίας (τηλεόραση 1936, μαγνητική ταινία 1937).
- Υλικά (πλεξιγκλάς, 1935, νάιλον, 1938, τιτάνιο, 1937)

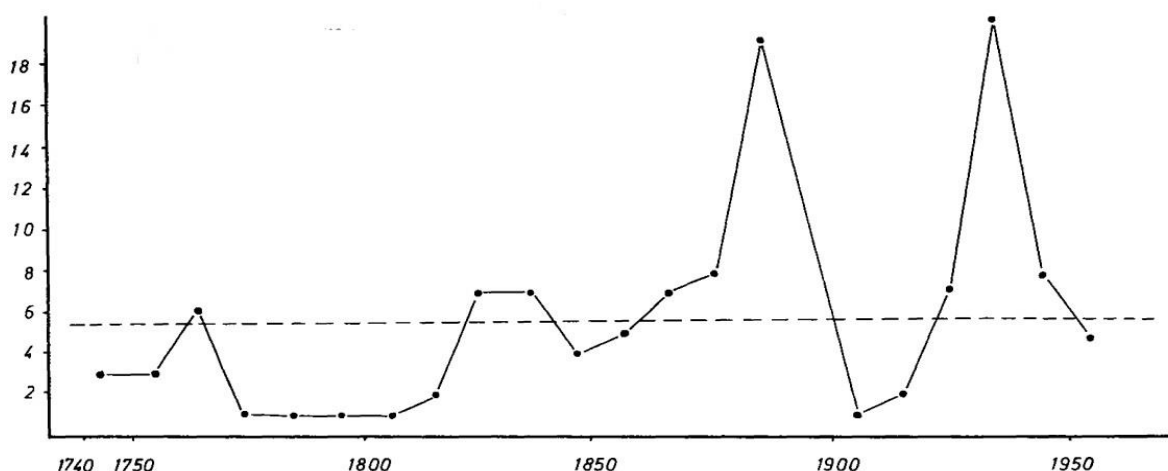
2.2 Οι Μακροχρόνιοι Οικονομικοί Κύκλοι

Από την εποχή της πρώτης Βιομηχανικής Επανάστασης, υπήρχαν ενδείξεις για την ύπαρξη μακρών κυμάτων στην οικονομική δραστηριότητα. Οι πρώτες αναφορές για τους συγκεκριμένους κύκλους έγιναν από τον οικονομολόγο Γουίλιαμ Σ. Τζέβονς στις διαλέξεις που παρέδιδε στο πανεπιστήμιο του Λονδίνου το 1884. Το μεγάλο ερώτημα αυτής της ανακάλυψης είναι εάν αυτές οι μεταβολές είναι τυχαίες ή απορρέει από τον τρόπο που οικονομική ανάπτυξη συνδέεται στις καπιταλιστικές οικονομίες. Διάφοροι οικονομικοί επιστήμονες καταγράφοντας πληθώρα δεδομένων προσπάθησαν να εξηγήσουν αυτό το φαινόμενο. Μεταξύ αυτών ξεχώρισε ο Ρώσος οικονομολόγος Νικολάι Κοντράτιεφ (Modis, Technological Forecasting & Social Change, 2002).

Ο συγκεκριμένος οικονομολόγος βασιζόμενος σε οικονομικούς δείκτες κατέληξε στο συμπέρασμα της ύπαρξης οικονομικού κύκλου με περίοδο περίπου πενήντα ετών. Η εργασία του αμφισβητήθηκε ως προς της ύπαρξη των οικονομικών κύκλων, κυρίως διότι η ο Κοντράτιεφ βασίστηκε σε ασαφή και ανακριβή στοιχεία όπως είναι οι νομισματικοί και οι οικονομικοί δείκτες. (Kondratieff, 1984)

Μεταγενέστερα, ο οικονομολόγος Γκέρχαρντ Μενς δημοσιεύει το βιβλίο του Αδιέξοδο στην τεχνολογία: Οι καινοτομίες ξεπερνούν την ύφεση (Gerhard Mensch, 1980). Στο όποιο, είχε ταξινομήσει τις καινοτομίες των τελευταίων 200 ετών που πραγματοποιήθηκαν στην δύση, τις οποίες καινοτομίες τις ορίζει ως σημείο εκκίνησης μιας νέα βιομηχανίας. Δηλαδή, η εφεύρεση της φωτογραφικής μηχανής που γέννησε μια καινούργια βιομηχανία και αγορά εμπίπτει στα πλαίσια αυτών των ειδικών καινοτομιών που κατέγραψε ο Γκέρχαρντ Μενς, όχι όμως οι μετέπειτα βελτιώσεις και καινοτομίες της πρώτης εφεύρεσης.

Ο Μενς ταξινομώντας αυτές τις καινοτομίες κατέληξε στον παρακάτω γράφημα:



Γράφημα 1

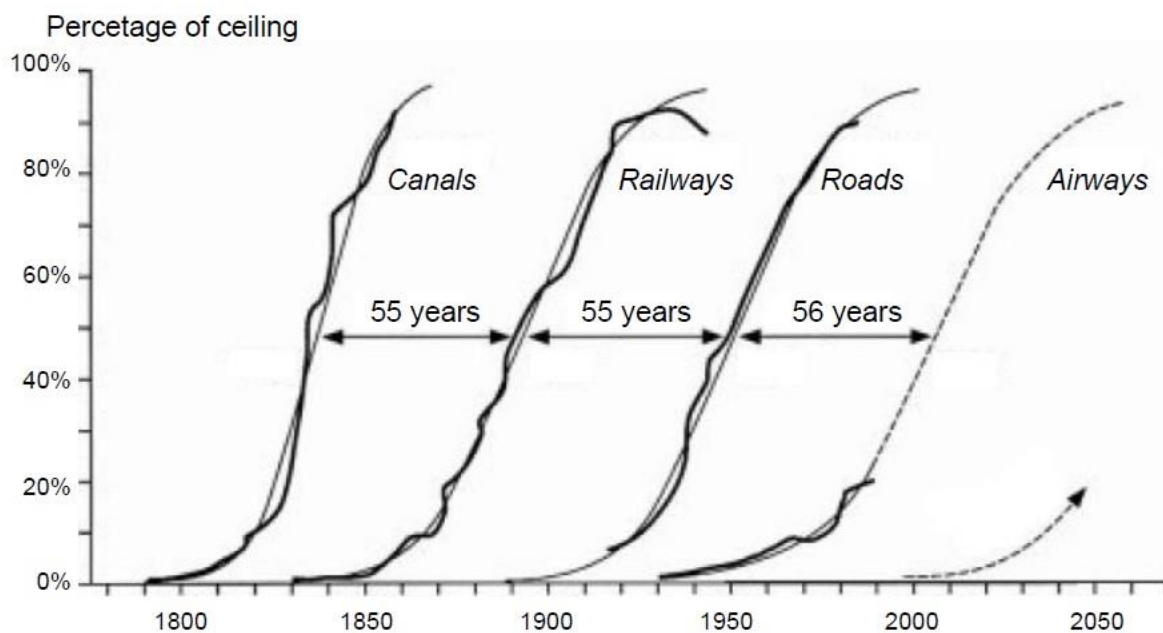
*Γράφημα 1: Τα σημεία των δεδομένων παριστάνουν τον αριθμό των βασικών καινοτομιών ανά δεκαετία.
Πηγή: (Gerhard Mensch, 1980)*

Είναι ξεκάθαρο από το Γράφημα 1 πως ο ρυθμός εμφανίσεων των εφευρέσεων εκτελεί μια παλινδρομική κίνηση με ακμές και κοίλες που υποδηλώνουν την περιόδους ανάπτυξης και ύφεσης στην οικονομία. Οι τέσσερις κορυφές απέχουν μεταξύ τους σχεδόν κανονικά διαστήματα ίσα με 56 έτη.

Παρόλο που στον ορισμό της «καινοτομίας» του Μενς υπάρχει ένας βαθμός αυθαιρεσίας. Το αντίστοιχο πρότυπο εμφανίζεται συστηματικά και σε διάφορες άλλες προσπάθειες που έχουν γίνει για ανάλογη ταξινόμηση. Η σημαντικότερη εκ των οποίων ήταν η προσέγγιση του Cesare Marchetti στο έργο του «Ο παλμός διαρκείας 50 ετών στις ανθρώπινες σχέσεις» (Cesare Marchetti, 1986) που δημοσίευσε στο περιοδικό FUTURES.

Η μέθοδος του ήταν να εκφράσει ποσοτικές μετρήσεις φυσικών παραμέτρων όπως, η κατανάλωση ενέργειας, το ποσοστό εισροής των μηχανικών κινητήρων στα μέσα μεταφοράς και άλλες παρόμοιες αγνοώντας άλλους χρηματοοικονομικούς δείκτες. Παράλληλα, αξιοποιώντας τις εξισώσεις των Fisher & Pry από την εργασία τους “A Simple Substitution Model of Technological Change” (J. C. FISHER & R. H. PRY, 1971), τις εφάρμοσε στις μετρήσεις του καταλήγοντας έτσι να εκφράσει τους γνωστούς ως τότε «κύκλους του Kondratieff» με έναν, που κάποιος θα έλεγε, επαναστατικό τρόπο. Τα γραφήματα 2, 3 & 4 αποτελούν κομμάτι της μελέτης τους και παρατίθενται για την βαθύτερη κατανόηση του φαινομένου

Για παράδειγμα στο Γράφημα 2 , είναι ξεκάθαρο πως το μεσοδιάστημα ανάπτυξης των υποδομών στις ΗΠΑ απέχει 55 έτη μεταξύ των διάφορων μέσων μεταφοράς.

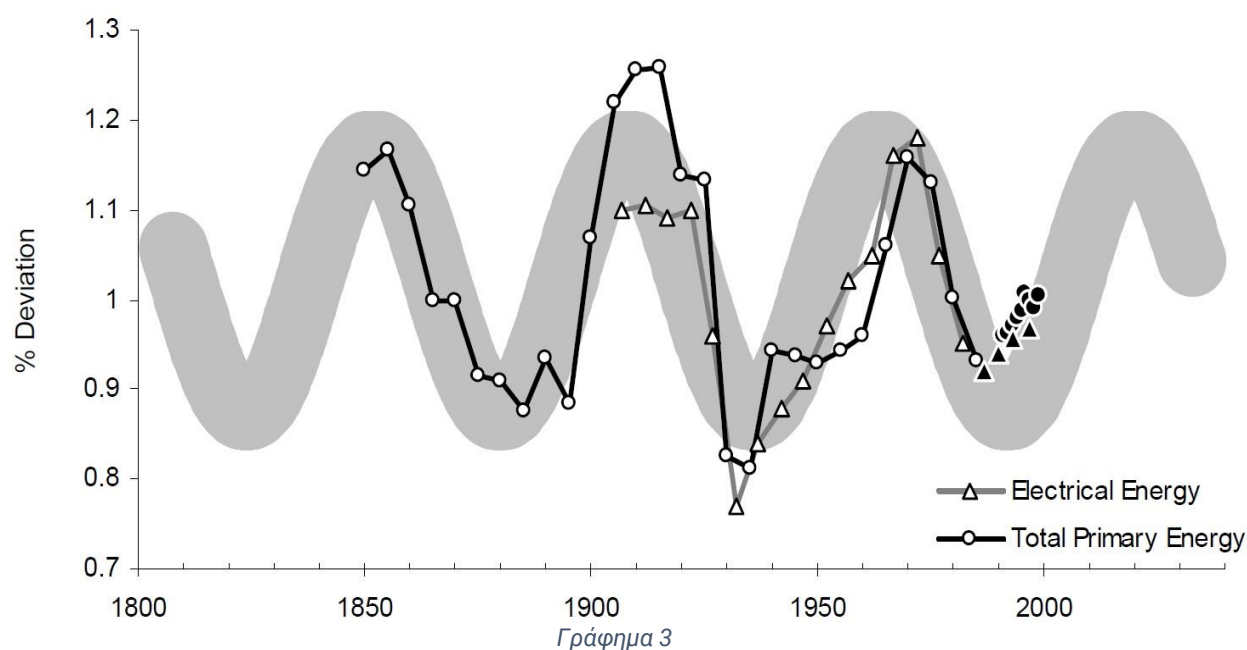


Γράφημα 2

Γράφημα 2: Υποδομή μεταφορών των ΗΠΑ. Η αύξηση του μήκους κάθε υποδομής εκφράζεται ως ποσοστό του τελικού ανώτατου ορίου της. Τα απόλυτα επίπεδα αυτών μετριοούνται σε μίλια και είναι διαφορετικά μεταξύ τους.

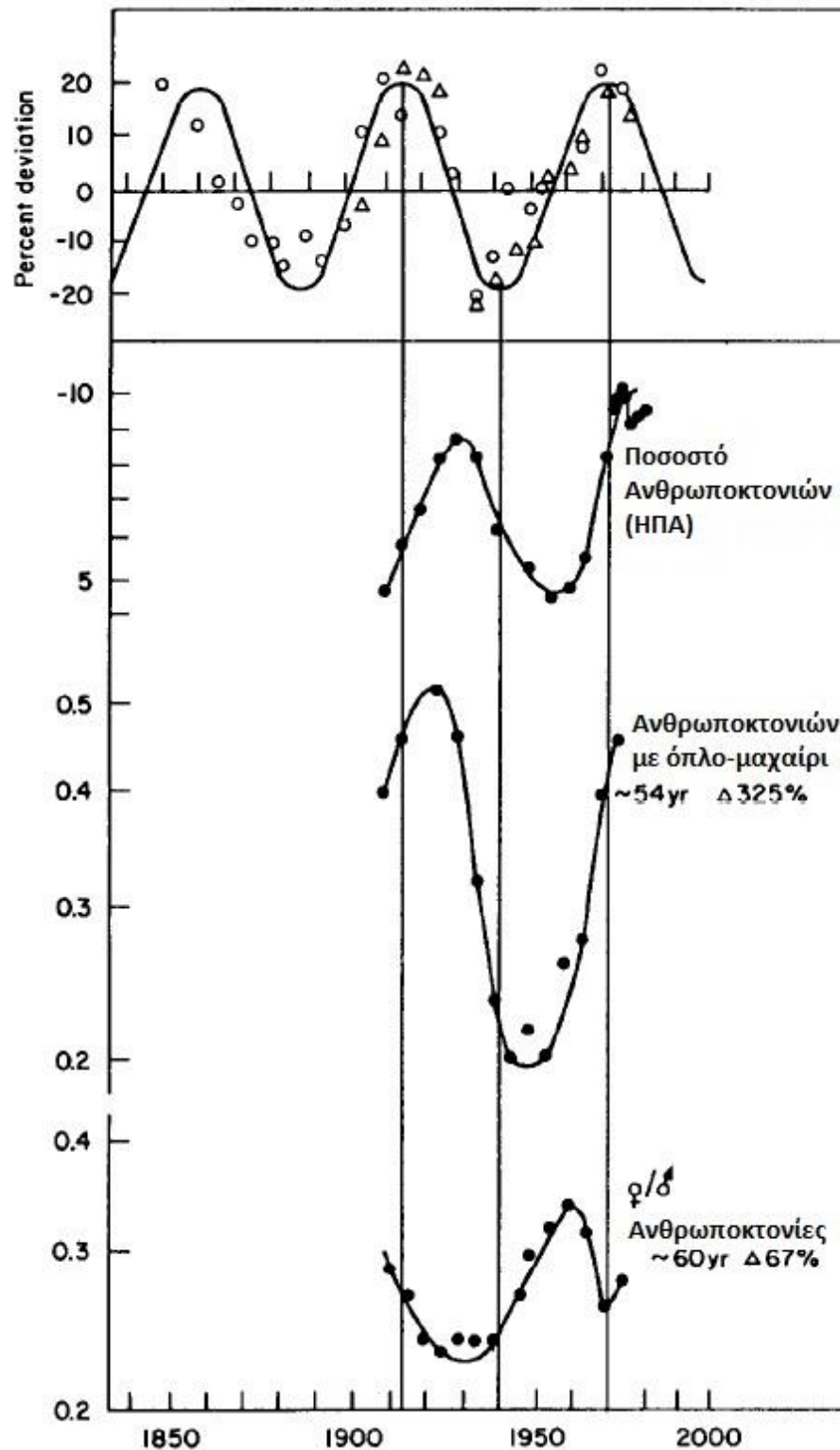
Πηγή: (Modis, Predictions 10 Years Later, 2002)

Ενώ στο γράφημα 3, παρατηρείται πάλι το ίδιο εύρος ετών του συγκεκριμένου φαινομένου συναντάται μεταξύ των ακμών της γραμμής ποσοστιαίας απόκλισης



Γράφημα 3: Τα δεδομένα δείχνουν την ποσοστιαία απόκλιση της κατανάλωσης ενέργειας στις Ηνωμένες Πολιτείες από την προσαρμοσμένη καμπύλη της φυσιολογικής ανάπτυξης. Το σκιασμένο μέρος είναι μια ζώνη εύρους 8% γύρω από μία κανονική περιοδική μεταβολή με περίοδο 56 ετών.

Τέλος στο γράφημα 4, παρατηρείται η βαθιά σύνδεση των οικονομικών κύκλων με την κοινωνία. Θέτοντας την μελέτη τους κρίσιμη και σε άλλους επιστημονικούς κλάδους.



Γράφημα 4

Ο λόγος για την επιλογή των ανθρωποκτονιών είναι επειδή τα στατιστικά τους είναι αξιόπιστα και ομοιογενή. Ο ανώτερος δείκτης ενέργειας χρησιμεύει απλώς ως ρολόι για να τοποθετήσει τα γεγονότα έναντι της γενικής κοινωνικής δραστηριότητας. Τα ποσοστά ανθρωποκτονιών εκφράζονται σε όρους ανά 100.000 του πληθυσμού και εμφανίζονται ιδιαίτερα υψηλά για τις ΗΠΑ. Για αναφορά, τα ατυχήματα θνησιμότητας από αυτοκίνητα κυμαίνονται στο 25. Η αναλογία μεταξύ του μέγιστου και του ελάχιστου ποσοστού είναι περίπου ένας παράγοντας που ισούται με δύο. Επίσης, ο τύπος του όπλου που χρησιμοποιείται φαίνεται να είναι συντονισμένος, με τους ανθρώπους να τείνουν να πυροβολούν κατά τη διάρκεια μιας έκρηξης και να μαχαιρώνουν κατά τη διάρκεια της ύφεσης. Η αναλογία του συντελεστή ισούται με 3. Τέλος, η αναλογία θυμάτων γυναικών προς άνδρες φαίνεται επίσης να είναι κυκλική.

2.3 Χρονολόγηση των Μακροχρόνιων Οικονομικών Κύκλων

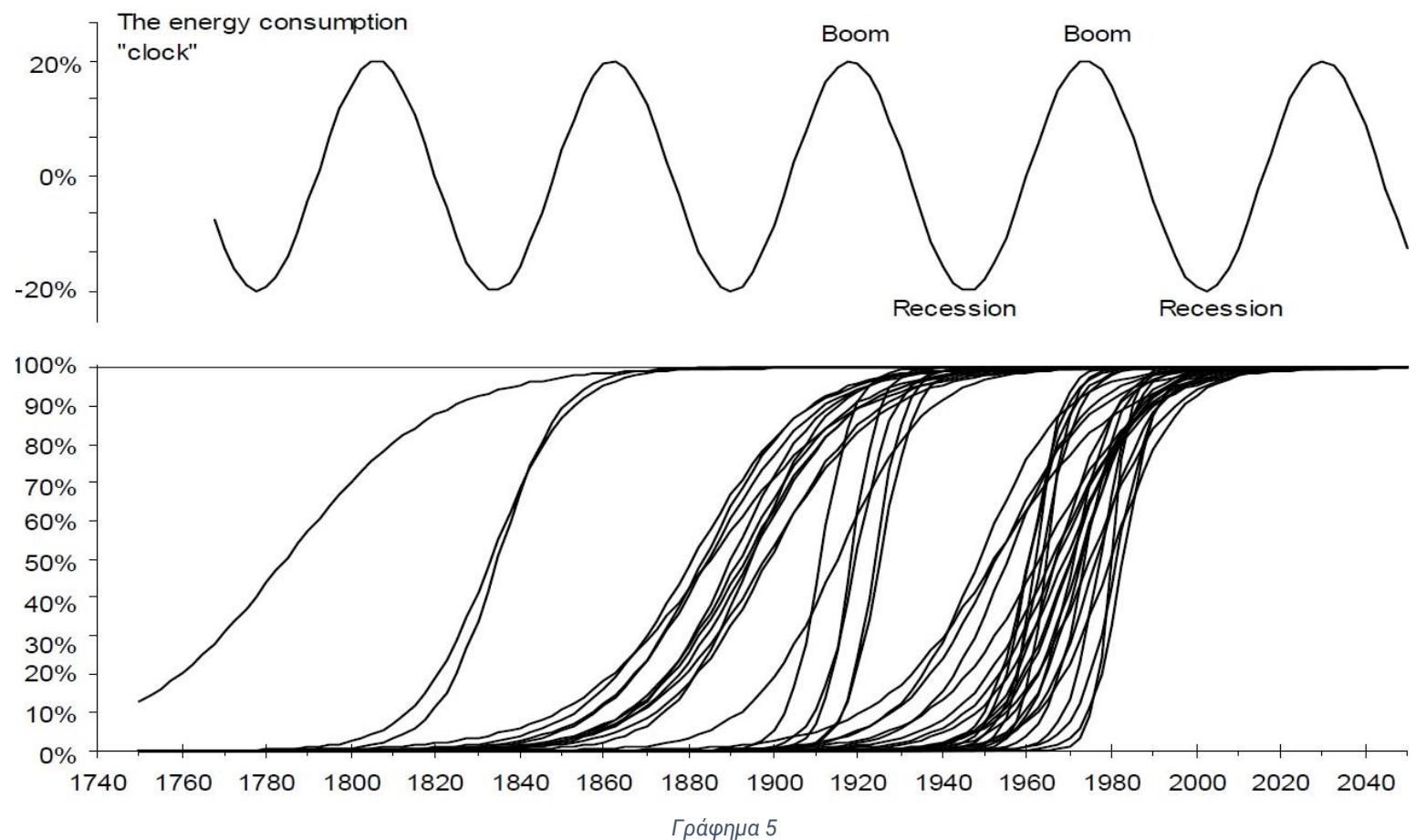
Υπάρχει ένα μεγάλο εύρος προσεγγίσεων ως προς την χρονολόγηση των μακροχρόνιων οικονομικών κύκλων διότι πολυάριθμοι οικονομολόγοι ερευνητές έχουν προσπαθήσει να ερμηνεύσουν αυτό το φαινόμενο. Ωστόσο, υπάρχει μια ομοφωνία ως προς το εύρος της διάρκειας τους, περίπου 50 με 60 έτη. Παρόλα αυτά για την συγκομιδή εύλογων συμπερασμάτων στα πλαίσια της συγκεκριμένης ανάλυσης επιβάλλεται μια στένωση αυτών των ορίων.

Από όλες τις μελέτες, διατριβές και αναλύσεις που υπάρχουν στην παγκόσμια βιβλιογραφία, η χρονολόγηση των Μακροχρόνιων Οικονομικών Κύκλων θα επέλθει από το έργο του Θεόδωρου Μόδη (Modis, Predictions 10 Years Later, 2002). Σε μεταγενέστερο χρόνο βασίστηκε στην υπάρχουσα εργασία του Καίσαρ Μαρκέττι και με τις δικές του προσθήκες ενίσχυσε περαιτέρω την θεωρία των μακροχρόνιων οικονομικών κύκλων των 56 ετών.

Συγκεκριμένα, η ομάδα IIASA όπου είχαν συνεργαστεί ο Καίσαρ Μαρκέττι, Νέμποϊσα Νακιτσένοβιτς και ο Άρνουλφ Γκρούμπλερ, είχαν προσεγγίσει τις διαδικασίες ανάπτυξης με λογιστικές συναρτήσεις για παραπάνω από μια δεκαετία. Μελέτησαν περιπτώσεις που καλύπτουν τους τελευταίους τρεις αιώνες που αφορούν κυρίως την κατασκευή υποδομών συγκοινωνιακών μέσων και την αντικατάσταση και διάδοση των τεχνολογιών (Grubler, 1990). Το έργο του Θεόδωρου Μόδη συγκεντρωνόταν στην δημιουργία ενός διαγράμματος στο οποίο γίνεται μια συσσωρευτική παρουσίαση όλων αυτών των καμπύλων.

Οι δικές του παρεμβάσεις ήταν ο μετασχηματισμός των καμπυλών σε σιγμοειδής καμπύλες καθώς και η προσθήκη μερικών ακόμη που είχε κατασκευάσει ο ίδιος σχετικά με την καινοτομία υπολογιστών, τα εγκαίνια υπόγειων σιδηροδρόμων και αεροπορικών γραμμών.

Παρατίθεται το γράφημα του:



Γράφημα 5

Γράφημα 5: Στην κορυφή βλέπουμε ξανά τον εξιδανικευμένο κύκλο κατανάλωσης ενέργειας όπως στο Γράφημα 3. Στο κάτω μέρος βλέπουμε τις σιγμοειδείς καμπύλες που περιγράφουν την τεχνολογική ανάπτυξη και τις διαδικασίες υποκατάστασης όλες κανονικοποιημένες ώστε να φτάσουν στο 100% όταν ολοκληρωθούν. Το ανοδικό τμήμα των περισσότερων καμπυλών συμπίπτει με την ανοδική πορεία του κύκλου που δείχνει ανάπτυξη και ευημερία, ενώ ο «συντονισμένος» κορεσμός συμπίπτει με την οικονομική ύφεση.
Πηγή: (Modis, Predictions 10 Years Later, 2002)

Οι καμπύλες συγκεντρώθηκαν σε συστάδες και συγχωνεύτηκαν καθώς πλησίαζαν το ανώτατο όριο κορεσμού. Οι τρεις καμπύλες στα αριστερά αντιπροσωπεύουν την κατασκευή καναλιών στα τέλη του δέκατου όγδοου και στις αρχές του δέκατου ένατου αιώνα. Η επόμενη ομάδα αποτελείται κυρίως από την εξάπλωση των ατμόπλοιων και των σιδηροδρομικών δικτύων, με τα αυτοκίνητα να αντικαθιστούν γρήγορα τα άλογα στα δεξιά τους. Η οδοποιία και η αντικατάσταση ατμομηχανών φαίνεται να αναπτύσσονται αργά στο σύμπλεγμα του εικοστού αιώνα στην άκρα δεξιά, ακολουθούμενες από πληθυσμούς αυτοκινήτων, οι οποίοι αυξάνονται πιο γρήγορα. Μεταξύ των πιο πρόσφατων καμπυλών είναι μερικές που περιγράφουν την καινοτομία της βιομηχανίας υπολογιστών. Η ομαδοποίηση των καμπυλών υποδηλώνει τρία κύματα βιομηχανικής ανάπτυξης. Όταν οι καμπύλες συγχωνεύονται, υποδηλώνει εμπόδιο στην οικονομική ανάπτυξη.

Στη συνέχεια, σύγκρινε αυτές τις καμπύλες φυσικής ανάπτυξης με τον κύκλο κατανάλωσης ενέργειας (Γράφημα 3), ο οποίος συμπίπτει με τον οικονομικό κύκλο

των 56 ετών. Παρατηρείτε μια αξιοσημείωτη συσχέτιση μεταξύ του χρόνου που αυτές οι καμπύλες ανάπτυξης πλησιάζουν το ανώτατο όριο ταυτόχρονα με τις κοιλάδες του Γραφήματος 3. Με την πρώτη έγκυρη ακμή να καταγράφετε το 1912, και τον πυθμένα της το 1940. Την δεύτερη ακμή το 1968 και ο αντίστοιχος πυθμένας να χρονολογείται το 1968. Τέλος η Τρίτη κορυφή προβλέπεται για το 2024 και τον πυθμένα της το 2052. Γίνεται έτσι προφανές ότι η άνθηση ή η ευημερία, που συμβαίνει κατά τη διάρκεια της αιχμής του κύκλου, συμπίπτει με την τεχνολογική ανάπτυξη ενώ η ύφεση συμπίπτει με τον κορεσμό αυτών των τεχνολογιών. Οι βιομηχανίες που χτίζονται γύρω από αυτές τις τεχνολογίες ακολουθούν τις ίδιες καμπύλες και επίσης φτάνουν το σημείο κορεσμού ταυτόχρονα.

2.4 Τεχνολογικοί Μετασχηματισμοί

Θεωρώντας ως δεδομένο την ύπαρξη των μακροχρόνιων οικονομικών κύκλων. Γίνεται άμεσα ξεκάθαρο από τα ιστορικά δεδομένα ότι κοντά από το 1760 και έπειτα υπήρξαν αρκετές εκτεταμένες περίοδοι ραγδαίας οικονομικής ανάπτυξης, ακολουθούμενες αντίστοιχα από περιόδους ύφεσης. Παρατηρείται πως αυτό το φαινόμενο εμφανίζει κατά προσέγγιση μια περιοδικότητα, αν και διαφέρει από χώρα σε χώρα. Δεδομένο των παραπάνω είναι εύκολο να εντοπιστούν πέντε σημαντικοί τεχνολογικοί μετασχηματισμοί. Ο πρώτος μετασχηματισμός που ξεκίνησε κοντά στο 1770-1800 ήταν η μετατόπιση από το κάρβουνο στο άνθρακα τροφοδοτώντας τις πρώτες ατμομηχανές, κατασκευάζοντας τα πρώτα κανάλια ενισχύοντας τις εσωτερικές μεταφορές και μηχανοποιώντας την βιομηχανία του βαμβακιού. Ο δεύτερος μετασχηματισμός περίπου το 1830-1850 εφάρμοσε την ατμοηλεκτρική ενέργεια στη βιομηχανία της κλωστοϋφαντουργίας και στις μεταφορές τον σιδηρόδρομο και το ατμόπλοιο. Ο τρίτος μετασχηματισμός (1860-1900) ήταν περίπλοκος. Επικεντρώθηκε στην παραγωγή χάλυβα και τη μηχανοποίηση του κατασκευαστικού κλάδου, στην φωταγώγηση των πόλεων, τα τηλέφωνα, τον ηλεκτρισμό και τη μηχανή εσωτερικής καύσης. Όπου παράγωγα αυτής της βιομηχανικής ανάπτυξης οδήγησαν στον τέταρτο τεχνολογικό μετασχηματισμό (1930-1950) με την εμφάνιση των συνθετικών υλικών και των ηλεκτρικών συσκευών. Έπειτα ο πέμπτος τεχνολογικός μετασχηματισμός, που ξεκίνησε περίπου το 1980, επικεντρώνεται στη σύνδεση των υπολογιστών με τις τηλεπικοινωνίες. (ROBERT U. AYRES, 1990)

2.4.1 Πρώτο Κύμα Βιομηχανικής Ανάπτυξης

Ο πρώτος μετασχηματισμός με συνοδεύτηκε από μια μετατόπιση από την εξάρτηση για την παραγωγή ενέργειας από το κάρβουνο και την υδροηλεκτρική ενέργεια στη αξιοποίηση του άνθρακα. Αυτό απαιτούσε ένα τεράστιο άλμα στην ικανότητα μεταφοράς εμπορευμάτων, η οποία αρχικά αντιμετωπίστηκε με την κατασκευή καναλιών για τη σύνδεση των μεγάλων ποταμών στα έθνη που βίωναν τα πρώτα στάδια της βιομηχανικής επανάστασης. Η ολοκλήρωση των βασικών συνδέσεων του συστήματος των καναλιών περίπου το 1790 σε χώρες όπως Μεγάλη Βρετανία και Αμερική συνέπεσε με την οικονομική «απογείωση» και τα κανάλια (κυρίως για τη μεταφορά άνθρακα) ήταν εξαιρετικά κερδοφόρα για τον επόμενο μισό αιώνα (ROBERT U. AYRES, 1990). Σταδιακά η εξάπλωση της ατμομηχανής που

τροφοδοτούταν από τον άνθρακα για την παραγωγή περιστροφικής κίνησης χρησιμοποιήθηκε για ποικίλους και διάφορους σκοπούς σε διάφορες τοποθεσίες. Πρώτα, οι σταθεροί κινητήρες συμπλήρωσαν (και τελικά αντικατέστησαν) την ισχύ του νερού για την παροχή ενέργειας στα μηχανήματα των εργοστασιακών. Έπειτα, κινητές μηχανές αντικατέστησαν τα άλογα και τον άνεμο. Ταυτόχρονα οι τιμές στα προϊόντα που προέρχονταν από το βαμβάκι παρέα με την τιμή του νέου τότε σφυρήλατου σιδήρου, μειώθηκαν σε σημαντικά επίπεδα και έγιναν ευρύτερα διαθέσιμα. Επιφέροντας τον ενεργειακό μετασχηματισμό και την οικονομική άνθηση των οικονομιών των τότε ανεπτυγμένων χωρών. (Modis, Predictions 10 Years Later, 2002)

2.3.2 Δεύτερο Κύμα Βιομηχανικής Ανάπτυξης

Η ευρεία εφαρμογή της ατμομηχανής στην παραγωγή και στη διάχυση των μεταφορών ήταν το κλειδί για τον δεύτερο τεχνολογικό μετασχηματισμό. Οι σιδηρόδρομοι, έσπασαν το μονοπώλιο στις μεταφορές των καναλιών για μεταφορές βαρέων εμπορευμάτων. Η πτώση της κερδοφορίας των καναλιών οδήγησε σε μεγάλες απώλειες στις τιμές των μετοχών των καναλιών, ενώ η δεύτερη και πιο μαζική έκρηξη κατασκευής σιδηροδρόμων στα μέσα της δεκαετίας, συνέβαλε αναμφίβολα στην οικονομική ανάκαμψη που ακολούθησε. Η κατασκευή σιδηροδρόμων, έδωσε το έναυσμα για την επέκταση της παραγωγής σιδήρου. Η υιοθέτηση μιας πιο αποτελεσματικής τεχνολογίας για την τήξη του σιδήρου και η αναζήτηση καλύτερων τρόπων παραγωγής χάλυβα κορυφώθηκε με νέες ανακαλύψεις στη δεκαετία του 1850. Επίσης, προκάλεσε τη δημιουργία ενός τηλεγραφικού δικτύου καθώς η διαθεσιμότητα μιας αποτελεσματικής υποδομής μεταφορών μαζί με μια εξελισσόμενη τεχνολογία λιθάνθρακα, οδήγησαν στην καινοτομία του φωτισμού που εκπέμπεται από τις λάμπες αερίου. (ROBERT U. AYRES, 1990)

2.3.3 Τρίτο Κύμα Βιομηχανικής Ανάπτυξης

Ο τρίτος τεχνολογικός μετασχηματισμός θα μπορούσε να αποτελεί και την δεύτερη βιομηχανική επανάσταση. Επικεντρώνεται γύρω από την αντικατάσταση του σιδήρου από χάλυβα, τις απαρχές των βιομηχανιών πετρελαίου και ηλεκτρικής ενέργειας και την ανάπτυξη της μηχανής εσωτερικής καύσης. Καθώς η ισχύς ατμού και το σφυρήλατο σίδηρο συνδυάστηκαν για να διευκολύνουν το σιδηρόδρομο, ο χάλυβας, η βενζίνη και ο κινητήρας εσωτερικής καύσης επέφεραν το αυτοκίνητο. Νέοι συνδυασμοί και παρακλάδια από αυτές τις βασικές αλλαγές είχαν ως αποτέλεσμα τη δημιουργία μιας σειράς άλλων νέων βιομηχανιών.

Ένα από αυτά τα παρακλάδια της βιομηχανίας λιθάνθρακα ήταν οι με βάση την λιθανθρακόπισσα που άρχισαν να αντικαθιστούν τις φυτικές βαφές για τα υφάσματα. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου η χημική βιομηχανία επεκτάθηκε γρήγορα, καθώς η αυξανόμενη χρήση κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων προκάλεσε αυξανόμενη ζήτηση και χρήση αυτών των βαφών. Η ανάπτυξη της αγοράς λαδιού για λαμπτήρες δημιούργησε απαιτήσεις διύλισης για βασικά χημικά, πάνω από όλα, επέτρεψαν μια τεράστια αύξηση της παραγωγικότητας στις βιομηχανίες. Ακριβώς όπως ο άνθρακας, ο σίδηρος, η κλωστοϋφαντουργία και οι σιδηρόδρομοι πρωτοστάτησαν, έτσι και η άνοδος των βιομηχανιών χάλυβα,

πετρελαίου, αυτοκινήτων και ηλεκτρικής ενέργειας ώθησε μια ασύγκριτη επέκταση από το 1895 έως το 1930 και ξανά, από το 1950 έως στο 1970.

2.3.4 Τέταρτο Κύμα Βιομηχανικής Ανάπτυξης

Η περίοδος με τη μεγαλύτερη ευημερία σημειώθηκε μετά από μια αρχική περίοδο μεγάλων επενδύσεων στην ανάπτυξη τεχνολογίας και τη δημιουργία υποδομών. Η κατασκευή του σιδηροδρομικού συστήματος των ΗΠΑ είχε κορυφωθεί το 1920 (Modis, Predictions 10 Years Later, 2002). Το σύστημα εξόρυξης και διανομής άνθρακα και η διανομή αερίου (με βάση τον άνθρακα) είχαν τεθεί σε εφαρμογή μέχρι το 1920 και η κατανάλωση άνθρακα ήταν σταθερή ή μειωνόταν. Στην πραγματικότητα, το 1910 ήταν η χρονιά αιχμής για τον φωτισμό με αέριο. Όλες οι πόλεις και οι κωμοπόλεις διέθεταν επίσης συστήματα παραγωγής και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας και τηλεφωνικά κέντρα, και πολλά συστήματα ήταν ήδη διασυνδεδεμένα μέχρι το 1920. (ROBERT U. AYRES, 1990)

Ο τελευταίος μισός αιώνας παρουσιάζει σημαντικές αποκλίσεις από το προηγούμενο πρότυπο από πολλές απόψεις. Η μεγάλη Ύφεση όπου την ακολούθησε ο Δεύτερος Παγκόσμιος Πόλεμος, οδήγησαν σε σημαντική συσσώρευση αποταμιεύσεων και περιορισμένη ζήτηση, η οποία ώθησε μια ανανεωμένη μεταπολεμική περίοδο επέκτασης. Τροφοδοτήθηκε από τη ζήτηση των καταναλωτών και ηγήθηκε, σε μεγάλο βαθμό, από την ίδια ομάδα βιομηχανιών όπως πριν χάλυβας, αυτοκίνητα, πετρελαιοπαραγωγοί και ηλεκτρισμός. Η επιβράδυνση της αύξησης της ζήτησης για χάλυβα αντισταθμίστηκε κατά προσέγγιση από την αυξανόμενη ζήτηση για αλουμίνιο και πλαστικά, αλλά η κυρίαρχη διαδικασία, από οικονομική άποψη, ήταν η περαιτέρω διάδοση τεχνολογιών που είχαν ήδη καθιερωθεί κατά τον προηγούμενο μετασχηματισμό. Σίγουρα, η βιομηχανία της ηλεκτροπαραγωγής επεκτάθηκε για να εμπεριέχει τις ηλεκτρικές συσκευές και τις «λευκές συσκευές». Παρουσιάστηκαν πολλά νέα πλαστικά και φάρμακα. Όμως, παρά την αυξανόμενη σημασία ορισμένων περιφερειακών τεχνολογιών, όπως οι αεροπορικές μεταφορές, τα ηλεκτρονικά είδη ευρείας κατανάλωσης, οι υπολογιστές και τα φαρμακευτικά προϊόντα, ως σύνολο δεν ήταν αρκετά σημαντικές για να αναλάβουν το ρόλο της «ατμομηχανής» για ολόκληρη την παγκόσμια οικονομία. Η επιβράδυνση της οικονομίας κατά το 1970 θα μπορούσε να είναι μια περίπτωση ταυτόχρονης ωρίμανσης μιας πληθώρας βιομηχανιών, κυρίως της αυτοκινητοβιομηχανίας και των παράγωγών της. (ROBERT U. AYRES, 1990)

2.3.4 Πέμπτο Κύμα Βιομηχανικής Ανάπτυξης

Η δεκαετία του 1970 ήταν η αρχή ενός ακόμη τεχνολογικού μετασχηματισμού, η οποία οδηγούσε σε μια μεταβιομηχανική κοινωνία που πλέον θεωρείται ως η Τρίτη Βιομηχανική Επανάσταση (McNeil, 1990). Στην οποία οι υπηρεσίες πληροφόρησης και τηλεπικοινωνιών ήταν οι νέες βασικοί πυλώνες για την παραγωγή πλούτου και της ανάπτυξης της οικονομίας. Οι τεράστιες επενδύσεις που έγιναν στην ανάπτυξη των υπολογιστών τις προηγούμενες δεκαετίες, είχαν αρχίσει να αποδίδουν από την άποψη ενός νέου άλματος στην παραγωγικότητα του κεφαλαίου. (Mohajan, 2021)

Η συγκεκριμένη δεκαετία χαρακτηρίζεται από μια δραματική επιβράδυνση της ανάπτυξης της αυτοκινητοβιομηχανίας των ΗΠΑ και της βιομηχανίας ηλεκτρικής ενέργειας, μείωση της εγχώριας παραγωγής πετρελαίου και της παραγωγής χάλυβα. Ενώ η ανάπτυξη δεν έχει αναγκαστικά σταματήσει σε παγκόσμια βάση, δεν υπάρχει αμφιβολία ότι η κατανάλωση ορισμένων κατηγοριών προϊόντων με υψηλές απαιτήσεις σε υλικά και ενέργεια είχαν φτάσει σε σημείο κορεσμού, όχι μόνο στις Ηνωμένες Πολιτείες, αλλά και στην Ευρώπη.

Οι κορυφαίοι βιομηχανικοί κλάδοι των προηγούμενων δεκαετιών μετατράπηκαν σε κλάδους που υστερούν. Είναι πλέον ευρέως αναγνωρισμένο, και με ακρίβεια, ότι η βιομηχανία της «υψηλής τεχνολογίας» ήταν ο κορυφαίος τομέας της δεκαετίας του 1980. Μέσα στην παρούσα δεκαετία, ή στις αρχές της επόμενης, οι τομείς των υπολογιστών και των τηλεπικοινωνιών ξεπέρασαν την αυτοκινητοβιομηχανία και αναδείχθηκαν ως οι νέοι «κινητήρες» της παγκόσμιας οικονομίας. Ήδη, οι υπολογιστές και ο εξοπλισμός αυτοματισμού έχουν γίνει η κυρίαρχη μορφή κεφαλαιουχικού εξοπλισμού και η ανάπτυξη και η συντήρηση λογισμικού είναι σημαντικές πηγές απασχόλησης. (ROBERT U. AYRES, 1990)

Η παλιά προσέγγιση της παραγωγής σε μεγάλες κλίμακες, με τη μέγιστη τυποποίηση του προϊόντος και την εξειδίκευση της διαδικασίας, φαίνεται να είναι παρωχημένη. Το πρόβλημα που τελικά αποκαλύφθηκε ξεκάθαρα στις βιομηχανίες «μαζικής παραγωγής» είναι ότι η ακραία εξειδίκευση της παραγωγής αυξάνει το κόστος της μετατροπής του προϊόντος και επομένως επιβραδύνει την καινοτομία. Η διέξοδος από αυτό το δίλημμα, όπως φαίνεται τώρα, είναι να γίνει πολύ μεγαλύτερη χρήση του προγραμματιζόμενου ευέλικτου αυτοματισμού που είναι υπολογιστές και ρομποτική. (Kindleberger, 1996)

Η σύνδεση δημόσιων δικτύων προσωπικών υπολογιστών μέσω τηλεφωνικών γραμμών οπτικών ινών ή και καλωδιακών συνδέσεων αποδείχθηκε εφικτή τόσο από τεχνολογική όσο και από οικονομική άποψη. Συνεπώς, ήταν, αναπόφευκτος αυτό ο τεχνολογικός μετασχηματισμός. Καθώς δίκτυα αυτού του είδους αρχίσαν να εμφανίζονται μια ποικιλία νέων τύπων υπηρεσιών πληροφόρησης και ψυχαγωγίας ήταν γρήγορα διαθέσιμα και αυτά ήταν τα πιο ορατά σημάδια της άφιξης της «εποχής της πληροφορίας» που αναμενόταν τόσο καιρό. (Mohajan, 2021)

2.5 Τεχνολογίες Γενικής Χρήσης

Οι τεχνολογίες γενικής χρήσης (GPT) είναι τεχνολογίες που μπορούν να επηρεάσουν μια ολόκληρη οικονομία (Rosenberg, Nathan, 1927). Οι τεχνολογίες γενικής χρήσης έχουν τη δυνατότητα να αλλάξουν δραστικά τις κοινωνίες μέσω των επιπτώσεών τους σε προϋπάρχουσες οικονομικές και κοινωνικές δομές. Τα αρχετυπικά παραδείγματα των τεχνολογιών γενικής χρήσης είναι η ατμομηχανή, η ηλεκτρική ενέργεια και η τεχνολογία πληροφοριών.

Στην επιστήμη των οικονομικών, θεωρείται ότι η αρχική υιοθέτηση μιας νέας τεχνολογίας γενικής χρήσης σε μια οικονομία μπορεί, πριν βελτιωθεί η συνολική παραγωγικότητα, να περάσει μέσα από μια περίοδο ύφεσης (Liao, Hailin; Wang, Bin;

Li, Baibing; Weyman-Jones, Tom, 2016) επειδή απαιτείται χρόνος για την ανάπτυξη νέων υποδομών, εκπαίδευσης του προσωπικού και την βαθμιαία έκλειψη των παλαιών τεχνολογιών και δεξιοτήτων. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε μια αρνητική καμπή της παραγωγικότητας καθώς δημιουργούνται και στη συνέχεια συγκομίζονται μη μετρημένα άυλα περιουσιακά στοιχεία. (Erik Brynjolfsson, Daniel Rock, Chad Syverson, , 2021)

Οι οικονομολόγοι Richard Lipsey και Kenneth Carlaw (Lipsey, Richard, Kenneth I. Carlaw, Clifford T. Bekhar, 2005) προτείνουν ότι έχουν υπάρξει μόνο 24 τεχνολογίες γενικής χρήσης στην ανθρώπινη ιστορία. Ορίζουν τον μετασχηματισμό από μια τεχνολογία γενικής χρήσης σύμφωνα με τα τέσσερα κριτήρια που αναφέρονται παρακάτω:

- Είναι μια ενιαία, αναγνωρίσιμη γενική τεχνολογία
- Έχει αρχικά πολλά περιθώρια βελτίωσης, αλλά χρησιμοποιείται ευρέως σε ολόκληρη την οικονομία
- Ποικιλία χρήσεων
- Δημιουργεί πολλές δευτερογενείς επιπτώσεις

Σύμφωνα πάλι με το βιβλίο τους, μια τεχνολογία γενικής χρήσης μπορεί να είναι μια διαδικασία ένα προϊόν ή και ακόμα ένα σύστημα οργάνωσης.

2.6 Οι τεχνολογικοί περιορισμοί της Τέταρτης

Βιομηχανικής Επανάστασης

Δεν υπάρχει ακόμη συναίνεση ως προς το αν παρατηρούμε την έναρξη μιας Τέταρτης Βιομηχανικής Επανάστασης και εάν αυτό συμπίπτει με το παράδειγμα Industry 4.0. Industry 4.0 είναι ο ορισμός του «εργοστάσιο του μέλλοντος», που διαμορφώνεται από παρεμβάσεις πολιτικής που έχουν προωθήσει την υιοθέτηση έξυπνων τεχνολογιών παραγωγής στην Ευρώπη και προκύπτουν από τη σύγκλιση ενός νέου κύματος επιχειρησιακών τεχνολογιών με τεχνολογίες πληροφορικής που βασίζονται στο διαδίκτυο (Kagermann, 2013). Αυτό μπορεί να είναι ένα θεμελιώδες στοιχείο μιας Τέταρτης Βιομηχανικής Επανάστασης, αλλά δεν συμπίπτει με αυτήν λόγω της σχετικά περιορισμένης κλίμακας και του πεδίου εφαρμογής της.

Μια παρόμοια διαφορά υπάρχει, όπως επισημαίνει ο (PTeece D., 2018) μεταξύ των εννοιών της τεχνολογίας γενικής χρήσης έναντι της τεχνολογιών ενεργοποίησης. Οι τεχνολογίες «ενεργοποίησης» της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης δεν έχουν καθοριστεί επαρκώς στην ακαδημαϊκή βιβλιογραφία, επειδή έχει αναδυθεί στον τομέα της πολιτικής για να χαρακτηρίσει ομάδες τεχνολογιών που μπορούν να συμβάλουν στην καινοτομία και την αύξηση της παραγωγικότητας σε πολλούς

τομείς της οικονομίας (Commission of the European Communities, 2009), και επομένως προσδιορίζονται κυρίως ως στόχοι βιομηχανικής πολιτικής (European Commission, 2017). Οι τεχνολογίες ορίζονται ως «ενεργοποιητικές» όταν έχουν υψηλές δυνατότητες μετασχηματισμού για το παραγωγικό σύστημα στο οποίο αναπτύσσονται σε ποικίλες χρήσεις (PTeece D., 2018).

Ένα σύμπλεγμα διαφορετικών τεχνολογιών που συγκεντρώνονται από τους τεχνολογικούς ηγέτες, βασικούς χρήστες τους και διαμορφωτές κυβερνητικής πολιτικής συνθέτουν την Τέταρτη Βιομηχανική Επανάσταση. Είναι ξεκάθαρα μια σύνθετη αρχιτεκτονική που χαρακτηρίζεται από παλιές τεχνολογίες σε συνδυασμό με νέες, όλες διασυνδεδεμένες με το διαδίκτυο (Schwab, 2016).

Στα πλαίσια αυτής της εργασίας έχοντας λάβει υπόψη αυτούς τους περιορισμούς οι τεχνολογίες που κρίθηκαν ως η αιχμή του δόρατος του επόμενου μακροχρόνιου οικονομικού κύκλου είναι οι εξής:

- Τεχνητή Νοημοσύνη
- Προσθετική Κατασκευή
- Νέα υλικά
- Βιοτεχνολογία

Επειδή, οι συγκεκριμένες τεχνολογίες ενεργοποίησης ενδεχομένως και να προκαλέσουν ασύλληπτη αλλαγή με την πάροδο του χρόνου και να θεωρηθούν ως τεχνολογίες γενικής χρήσης. Αυτό ίσως και να συμβεί, αλλά αναμφισβήτητα δεν υπάρχουν απτά παραδείγματα μέχρι στιγμής (Arianna Martinelli, Andrea Mina and Massimo Moggi, 2021).

Επιπρόσθετα οι συγκεκριμένες τεχνολογίες βρίσκονται ακόμα σε ερευνητικό στάδιο με ελάχιστες εμπορικές εφαρμογές και κατά συνέπεια να μην μπορούμε να εφαρμόσουμε το μοντέλο ανταγωνιστικής υποκατάστασης την συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Πιο απλά δεν έχουν κατακτήσει επαρκές μερίδιο στην αγορά ώστε να μπορούν να κατασκευαστεί κάποια σιγμοειδής καμπύλη και να ακολουθήσουμε την μέθοδο του Θεόδωρου Μόδη.

Κεφάλαιο 3

«Μοντέλο Λογιστικής Ανάπτυξης- Loglet»

Στόχος του συγκεκριμένου κεφαλαίου είναι η αποτύπωση και η ανάλυση των μαθηματικών πράξεων της ανάλυσης 'Loglet'. Η ανάλυση αναφέρεται στην αποδιοργάνωση της ανάπτυξης και της διάχυσης σε λογιστικά μοντέλα σιγμοειδούς καμπύλης, ανάλογη με την ανάλυση κυμάτων. Ο όρος 'Loglet' προέρχεται από την σύνθεση των όρων λογιστική "logistic" και κυματική "wavelet". Η ανάλυση 'Loglet' περιλαμβάνει δύο μοντέλα: το πρώτο είναι το λογιστικό μοντέλο συνιστωσών, στο οποίο τα αυτόνομα συστήματα παρουσιάζουν λογιστική ανάπτυξη. Το δεύτερο είναι το μοντέλο λογιστικής ανταγωνιστικής υποκατάστασης, με την χρήση του οποίου γίνονται μελέτες των επιπτώσεων του ανταγωνισμού σε μια αγορά πάνω σε αυτό ο Καίσαρ Μαρκέττι ανέπτυξε την μελέτη του για την μελέτη του μακροχρόνιων οικονομικών κύκλων.

Στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας, η ανάλυση αφορά το πρώτο μοντέλο λόγω τεχνικών περιορισμών. Ειδικότερα, αυτή την στιγμή οι τεχνολογίες που θα φέρουν την τέταρτη βιομηχανική επανάσταση ακόμη βρίσκονται σε εμβρυικό στάδιο δηλαδή πέρα από τα διπλώματα ευρεσιτεχνίας δεν υπάρχουν άλλου είδους μετρήσεις που ενάγονται στα τεχνικά πλαίσια για την δεύτερη μέθοδο ανάλυσης. Αυτό συνεπάγεται πως θα αξιοποιηθεί το πρώτο μοντέλο για την απόδειξη του τέταρτου μακροχρόνιου οικονομικού κύκλου.

3.1 Εισαγωγή

Σε όλους είναι οικεία η ιδέα της ανάπτυξης μέχρι ένα όριο, για παράδειγμα, τον πληθυσμό των ανθρώπων που αρρωσταίνουν σε μια επιδημία. Στην πραγματικότητα, μελετητές έχουν καταγράψει χιλιάδες παραδείγματα τέτοιας ανάπτυξης σιγμοειδούς καμπύλης σε περιβάλλοντα τόσο διαφορετικά, όπως πληθυσμοί ζώων, υποδομές ενέργειας και μεταφορών, εκμάθηση γλώσσας και τεχνολογικές επιδόσεις (Modis, Predictions 10 Years Later, 2002). Συχνά η ποσότητα (πληθυσμός ενός είδους, ύψος φυτού, ισχύς κινητήρα) αυξάνεται εκθετικά στην αρχή. Ωστόσο, τα φυσικά συστήματα δεν μπορούν να διατηρήσουν την εκθετική ανάπτυξη απεριόριστα. Αντίθετα, μηχανισμοί αρνητικής ανάδρασης ή σήματα από το περιβάλλον επιβραδύνουν την ανάπτυξη, αναπαράγοντας μια σιγμοειδή καμπύλη. Έτσι, για μια μεμονωμένη διαδικασία ανάπτυξης, μια ενιαία σιγμοειδή καμπύλη είναι συχνά ένα χρήσιμο μοντέλο.

Ωστόσο, πολλά συστήματα παρουσιάζουν πολύπλοκη ανάπτυξη, με πολλαπλές διεργασίες που λαμβάνουν διαδοχικά ή ταυτόχρονα στάδια ανάπτυξης. Οι άνθρωποι δημιουργούν τεχνολογίες, μερικές από τις οποίες επιλέγονται και διαχέονται στην κοινωνία. Η συγκέντρωση όλων αυτών των κυμάτων δημιουργεί μεγάλο μέρος της φαινομενικής πολυπλοκότητας που παρατηρούμε. Σε αυτή την περίπτωση, το

πρόβλημα της πολυπλοκότητας της αποκωδικοποίησης είναι ουσιαστικά ένα πρόβλημα αποσυνέλιξης. Για αυτό το λόγο, προτείνετε η ανάλυσης 'Loglet' για την μοντελοποίηση, την αποσύνθεση και την πρόβλεψη περίπλοκων διαδικασιών ανάπτυξης.

Δύο κύριοι στόχοι της ανάλυσης 'Loglet' είναι να επεξεργαστεί υπάρχοντα σύνολα δεδομένων ανάπτυξης χρονοσειρών προκειμένου να αποσυντεθεί η διαδικασία ανάπτυξης σε υποδιεργασίες και να διαλευκανθούν πληροφορίες σχετικά με τη φέρουσα ικανότητα και άλλες πτυχές, να αναλύσει μεμονωμένες υποδιεργασίες για τον προσδιορισμό της συμπεριφοράς του συστήματος μακροεντολών ή να τις συμπεριλάβει. Στο επίκεντρο της ανάλυσης 'Loglet' βρίσκεται το λογιστικό μοντέλο ανάπτυξης τριών παραμέτρων σιγμοειδούς καμπύλης. Η λογιστική συνάρτηση είναι ελκυστική για τη μοντελοποίηση της ανάπτυξης σιγμοειδούς καμπύλης επειδή είναι ένα απλό μοντέλο όπου οι τρεις παράμετροι έχουν σαφείς, φυσικές ερμηνείες.

3.2 Μοντέλο Λογιστικής Ανάπτυξης Σιγμοειδούς Καμπύλης

3.2.1 Απλό μοντέλο Ανάπτυξης

Η εκθετική ανάπτυξη των πολλαπλασιαζόμενων οργανισμών αντιπροσωπεύεται από ένα απλό και ευρέως χρησιμοποιούμενο μοντέλο που αυξάνεται χωρίς όριο. Στη μαθηματική ορολογία, ο ρυθμός αύξησης ενός πληθυσμού είναι ανάλογος του μεγέθους του:

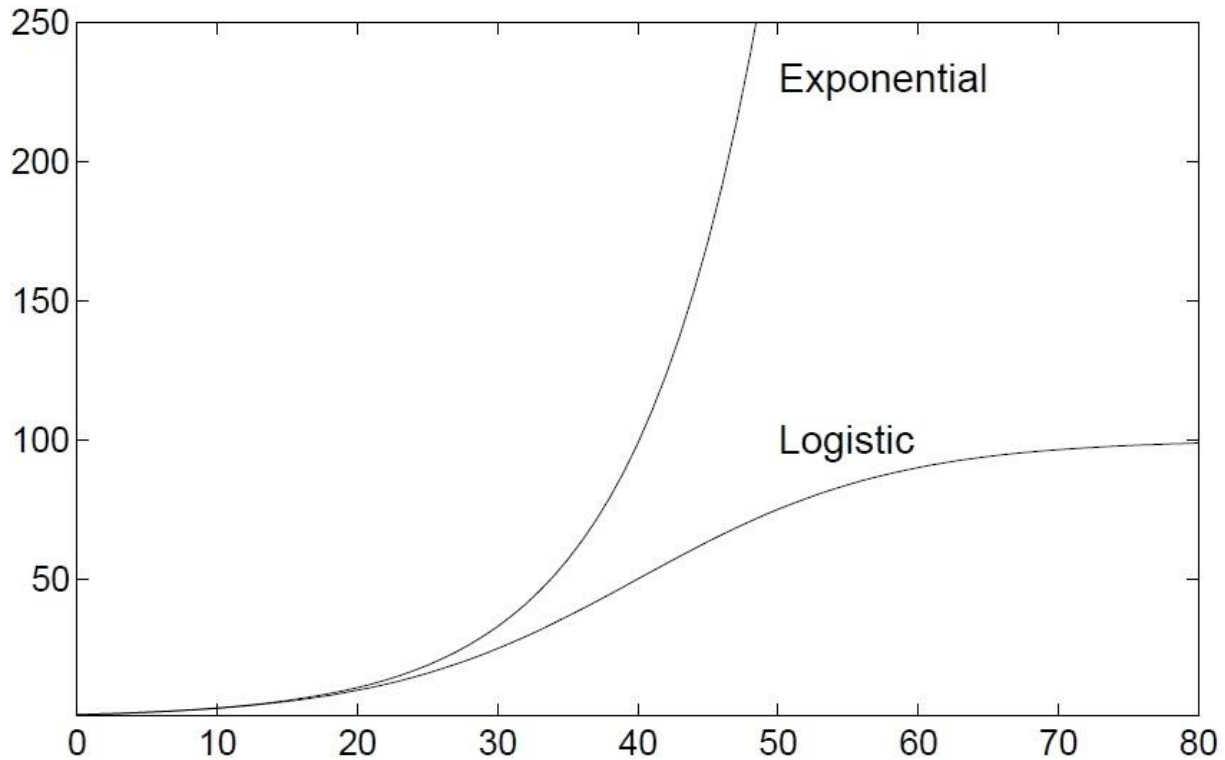
$$P(t) = \beta e^{at} \quad (1)$$

Ωστόσο, ελάχιστα συστήματα στον φυσικό κόσμο είναι απεριόριστα και διατηρούν εκθετική ανάπτυξη. Συνεπώς η εξίσωση εκθετικής ανάπτυξης πρέπει να τροποποιηθεί με ένα όριο ή μια φέρουσα ικανότητα που της δίνει το πιο ρεαλιστικό σιγμοειδές σχήμα. Η πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη τροποποίηση του μοντέλου εκθετικής ανάπτυξης είναι η λογιστική. Εισήχθη από τον Verhulst το 1838 αλλά διαδόθηκε στη μαθηματική βιολογία από τον Lotka τη δεκαετία του 1920 (Wangersky, P. J., 1978).

Η λογιστική συνάρτηση χαρακτηρίζεται όπως και η εκθετική από τον πληθυσμό $P(t)$ και τον ρυθμό ανάπτυξης, έστω a αλλά προσθέτει έναν όρο όπου μειώνει τον ρυθμό αύξησης ενός πληθυσμού καθώς πλησιάζει το όριο του k :

$$\frac{dP(t)}{dt} = aP(t) \left(1 - \frac{P(t)}{k} \right) \quad (2)$$

Παρατηρήστε πως ο μηχανισμός αρνητικής ανάδρασης $\left(1 - \frac{P(t)}{k}\right)$ πλησιάζει το 1 όσο $P(t) \ll k$, και αντίστροφα πλησιάζει το 0 όταν $P(t) \rightarrow k$. Έτσι ο ρυθμός ανάπτυξης ξεκινάει με εκθετικά και έπειτα μειώνεται στο μηδέν καθώς ο πληθυσμός πλησιάζει το όριο k , αναπαράγοντας έτσι την σιγμοειδής καμπύλη.



Γράφημα 6

Γράφημα 6: Σύγκριση εκθετικής και λογιστικής ανάπτυξης.

Είναι δυνατή η επίλυση της λογιστικής διαφορικής εξίσωσης (2) σε μια αναλυτική (αλγεβρική) λύση:

$$P(t) = \frac{\kappa}{1 + \exp(-a(t - \beta))} \quad (3)$$

Η τελευταία εξίσωση παράγει και την γνωστή σιγμοειδής καμπύλη. Παρατηρήστε πως οι τρεις μεταβλητές α, β και κ πρέπει να οριστούν πλήρως.

Η μεταβλητή του ρυθμού ανάπτυξης α προσδιορίζει το πλάτος ή πιο απλά το πόσο 'απότομη' θα είναι η σιγμοειδής καμπύλη. Συνήθως βοηθάει να ορίζουμε αυτή την μεταβλητή με το εύρος του χρόνου που χρειάζεται η τροχιά της ανάπτυξης να φτάσει από το 10% μέχρι το 90% του ορίου κ , το οποίο αποκαλείτε η χαρακτηριστική διάρκεια ή Δt . Μέσω απλών αλγεβρικών λύσεων η χαρακτηριστική διάρκεια Δt σχετίζεται με τον όρο α με αυτό τον τύπο $\Delta t = \frac{\ln(81)}{\alpha}$. Η παράμετρος β ορίζει την στιγμή όπου η σιγμοειδής καμπύλη φτάνει το μεσαίο σημείο ή $\frac{1}{2}\kappa$ της αναπτυξιακής τροχιάς και συχνά ορίζεται ως t_m .

Οι τρεις παράμετροι κ , Δt και t_m ορίζουν την παραμετροποίηση του λογιστικού μοντέλου:

$$N(t) = \frac{\kappa}{1 + \exp\left[-\frac{\ln(81)}{\Delta t}(t - t_m)\right]} \quad (4)$$

Το απλό λογιστικό μοντέλο είναι εν μέρει είναι χρήσιμο επειδή οι παράμετροι που λαμβάνονται με την προσαρμογή του μοντέλου στα δεδομένα μπορούν εύκολα να συγκριθούν σε πολλά διαφορετικά συστήματα. Αυτές οι παράμετροι βοηθούν επίσης στη διαμόρφωση πολύπλοκων μοντέλων, για τα οποία παρέχουν ένα πλαίσιο αναφοράς και εικασίες πρώτης τάξης για τις πιθανές χρονικές κλίμακες και τα μεγέθη των συνιστωσών των μεταβλητών.

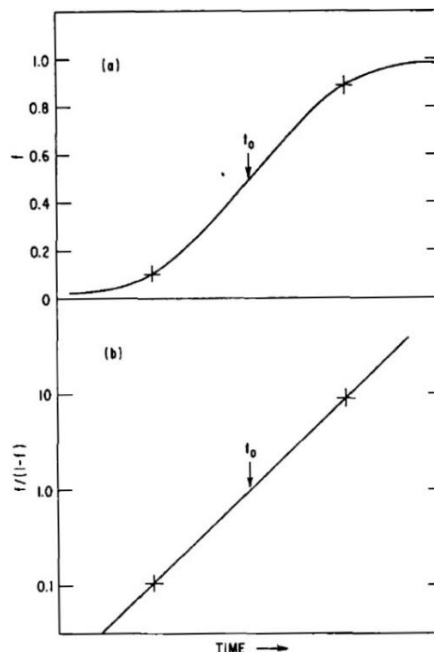
Η αλλαγή των μεταβλητών που κανονικοποιεί μια λογιστική καμπύλη την καθιστά ευθεία γραμμή σε ημι-λογαριθμική κλίμακα. Αυτή η εξίσωση είναι γνωστή ως ο μετασχηματισμός Fisher-Pry (J. C. FISHER & R. H. PRY, 1971).

$$FP(t) = \frac{F(t)}{1 - F(t)}, \quad \text{όπου } F(t) = \frac{N(t)}{\kappa} \quad (5)$$

Να σημειωθεί ότι:

$$\ln(FP(t)) = \frac{\ln(81)}{\Delta t}(t - t_m) \quad (6)$$

Εάν η συνάρτηση $FP(t)$ αποτυπωθεί σε ημι-λογαριθμική κλίμακα, το λογιστικό μοντέλο σιγμοειδής καμπύλης αποδίδεται ως γραμμική συνάρτηση.



Γράφημα 7

Γράφημα 7: Γενική μορφή της συνάρτησης μοντέλου υποκατάστασης.
Πηγή: (J. C. FISHER & R. H. PRY, 1971)

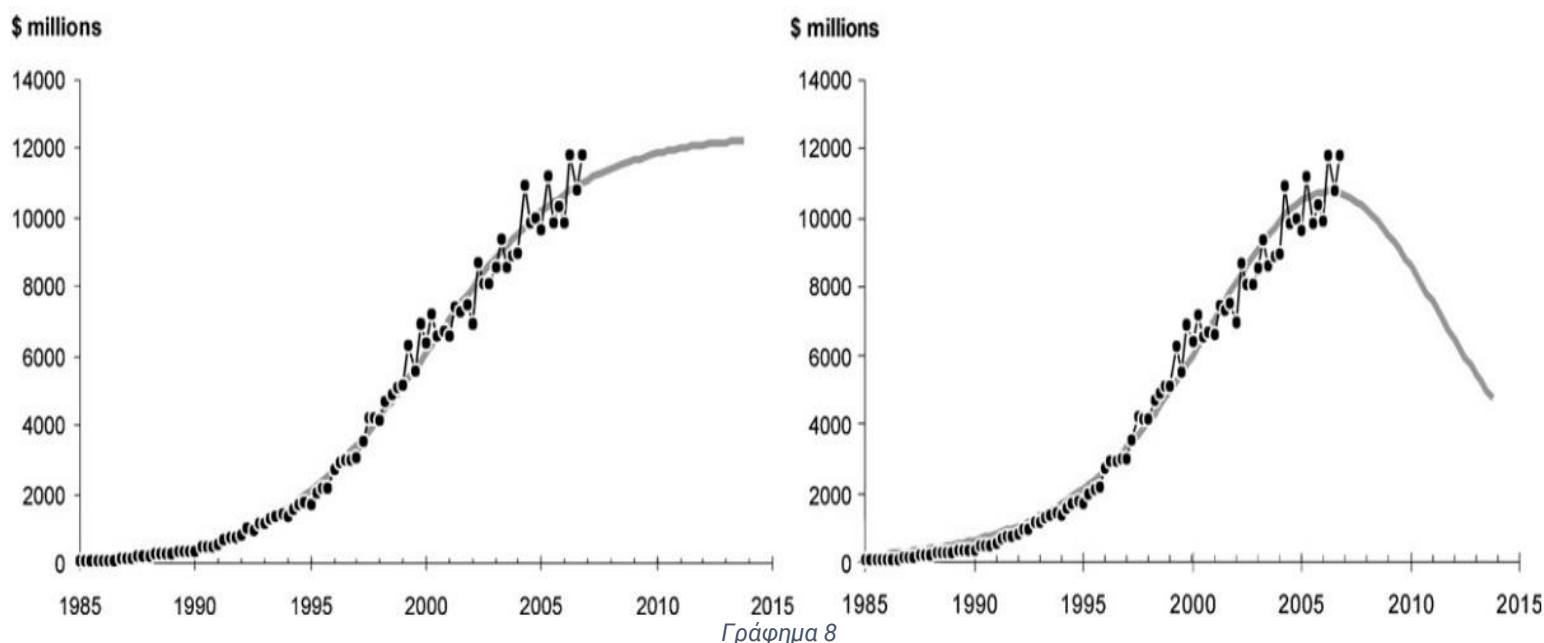
3.2.2 Σιγμοειδής Καμπύλες: Πλεονεκτήματα και Αδυναμίες

Η λογιστική ανάπτυξη είναι η φυσική ανάπτυξη στον ανταγωνισμό. Τα απαραίτητα συστατικά για τη φυσική ανάπτυξη είναι η ικανότητα ενός «είδους» να αυξάνεται και ένας χώρος οριοθετημένος ώστε να μην είναι εφικτή η επάπειρον διόγκωση του (Modis, The end of the internet rush, 2005). Επομένως, εκτός από ένα είδος ικανό να πολλαπλασιαστεί, θα πρέπει να υπάρχει και ανταγωνισμός για περιορισμένους πόρους. Εναλλακτικά, ένα εκ των υστέρων επιχείρημα για τη χρήση μιας σιγμοειδής καμπύλης μπορεί να γίνει εάν έχει επιτευχθεί καλή προσαρμογή σε αυτήν. Εάν τα δεδομένα ταιριάζουν καλά σε ένα μεγάλο τμήμα μιας καμπύλης, τότε μπορεί κανείς να υποστηρίξει την λογιστική ανάπτυξη μόνο και μόνο όπως αναφέρει ο ίδιος:

«Αν περπατάει σαν πάπια και ακούγεται σαν πάπια, πρέπει να είναι πάπια»

Ένα συχνό σημείο παρεξήγησης και σύγχυσης είναι εάν μια σιγμοειδής καμπύλη θα πρέπει να προσαρμοστεί στα αρχικά δεδομένα ή στον αθροιστικό αριθμό. Ωστόσο, δεν υπάρχει καθολική απάντηση. Κατά την πρόβλεψη των πωλήσεων ενός νέου προϊόντος είναι μάλλον προφανές ότι κάποια δεδομένα πρέπει να ταιριάζουν με τις αθροιστικές πωλήσεις επειδή η θέση της αγοράς του προϊόντος αναμένεται να φτάσει στην πληρότητα. Ταυτόχρονα είναι επίσης προφανές ότι οι προβλέψεις που αφορούν την εξέλιξη του διαδικτύου για παράδειγμα, δεν ταιριάζουν με τον αθροιστικό αριθμό.

Η καλύτερη τεχνική για την προσαρμογή των δεδομένων μιας σιγμοειδούς καμπύλης περιλαμβάνει την ελαχιστοποίηση μιας αυστηρά ορισμένης συνάρτησης χ^2 (συνάρτηση Chi-square).



Γράφημα 8: Διορθωμένα προς τον πληθωρισμό τριμηνιαία έσοδα της Microsoft έχουν προσαρμοστεί από σιγμοειδής καμπύλες. Στα αριστερά παρατηρούνται τα ακατέργαστα δεδομένα των εσόδων. Στα δεξιά βλέπουμε τον κύκλο ζωής της σιγμοειδούς καμπύλης προσαρμοσμένη στα συσσωρευτικά έσοδα.
Πηγή: (Modis, FROM MY PERSPECTIVE: Strengths and weaknesses of S-curves, 2007)

Αυτή η διαδικασία επιτρέπει την εκτίμηση των επιπέδων εμπιστοσύνης. Δυστυχώς, η κατασκευή μιας τέτοιας συνάρτησης απαιτεί γνώση της πλήρους και σωστής αβεβαιότητας για κάθε σημείο δεδομένων.

Οι προβλέψεις των σιγμοειδών καμπύλων που ακολουθούνται από σωστές εκτιμήσεις σφαλμάτων δεν είναι ούτε μαγικές ούτε μάταιες. Αποτελούν μια δήλωση για το πώς εξελίσσεται ένας φυσικός νόμος. Μπορούν όμως να χρησιμοποιηθούν ποιοτικά για την απόκτηση νέων πληροφοριών και διαισθητικής αντίληψης (Modis, FROM MY PERSPECTIVE: Strengths and weaknesses of S-curves, 2007).

Οι σιγμοειδής καμπύλες εισέρχονται ως διακριτές μονάδες που δεν δύναται να αναμειχθούν ομοιογενώς αλλά χρησιμοποιούνται αυτούσιες σε πολλά περίπλοκα φυσικά μοτίβα. Μια μεγάλη σιγμοειδής καμπύλη μπορεί να αποσυντεθεί σε έναν άθροισμα από μικρότερες. Κάποιος μπορεί επίσης να βρει χάος καθιστώντας την λογιστική εξίσωση μεμονωμένη. Δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι οι σιγμοειδής καμπύλες βρίσκονται στο επίκεντρο των εξισώσεων του Volterra–Lotka, οι οποίες περιγράφουν τις σχέσεις θηρευτή-θηράματος και άλλες μορφές ανταγωνισμού (J. C. FISHER & R. H. PRY, 1971).

Γενικότερα, η λογιστική εξίσωση, σε μια μεμονωμένη μορφή, με ξεκάθαρους όρους ώστε να ληφθούν υπόψη όλες οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ανταγωνιζόμενων ειδών/προϊόντων/διαδικασιών, θα έδινε μια πλήρη εικόνα, στο πως εξελίσσεται η συγκεκριμένη διαδικασία.

3.2.3 Μοντέλο δι' λογιστικών Συναρτήσεων (Bi-logistic Model)

Πολλές διαδικασίες ανάπτυξης και διάχυσης αποτελούνται από διάφορες υποδιεργασίες. Τα κύματα παλινδρόμησης συχνά επικαλύπτονται χρονικά. Ανάλογα με τη σειρά και το μέγεθος της επικάλυψης, η σιγμοειδής καμπύλη έχει και διαφορετική απεικόνιση.

Η τυπική μορφή 3 παραμέτρων παλινδρόμησης περιγράφει μια περίοδο ανάπτυξης καθώς το σύστημα προχωρά από ταχεία εκθετική ανάπτυξη σε αργή ανάπτυξη καθώς προσεγγίζεται η φέρουσα ικανότητα κορεσμού. Πολλαπλοί περίοδοι ανάπτυξης χαρακτηρίζουν πολλά συστήματα. Στην περίπτωση ενός συστήματος με δύο καλά καθορισμένους σειριακούς παλμούς λογιστικής ανάπτυξης, είναι δυνατό να χωριστεί το σύνολο δεδομένων χρονοσειράς στα δύο και να μοντελοποιηθεί κάθε σύνολο με μια ξεχωριστή λογιστική συνάρτηση 3 παραμέτρων. Αυτή η μέθοδος είναι περιορισμένη επειδή συχνά δεν είναι σαφές πού ακριβώς να χωριστεί το σύνολο δεδομένων. Οι περιπτώσεις εμφανίζονται σπάνιες όπου μια διαδικασία τελειώνει εντελώς πριν ξεκινήσει η δεύτερη. Προκύπτουν προβλήματα

κατά την εκχώρηση τιμών από την περίοδο κορεσμού στην πρώτη ή στην δεύτερη περίοδο (Meyer, 1994).

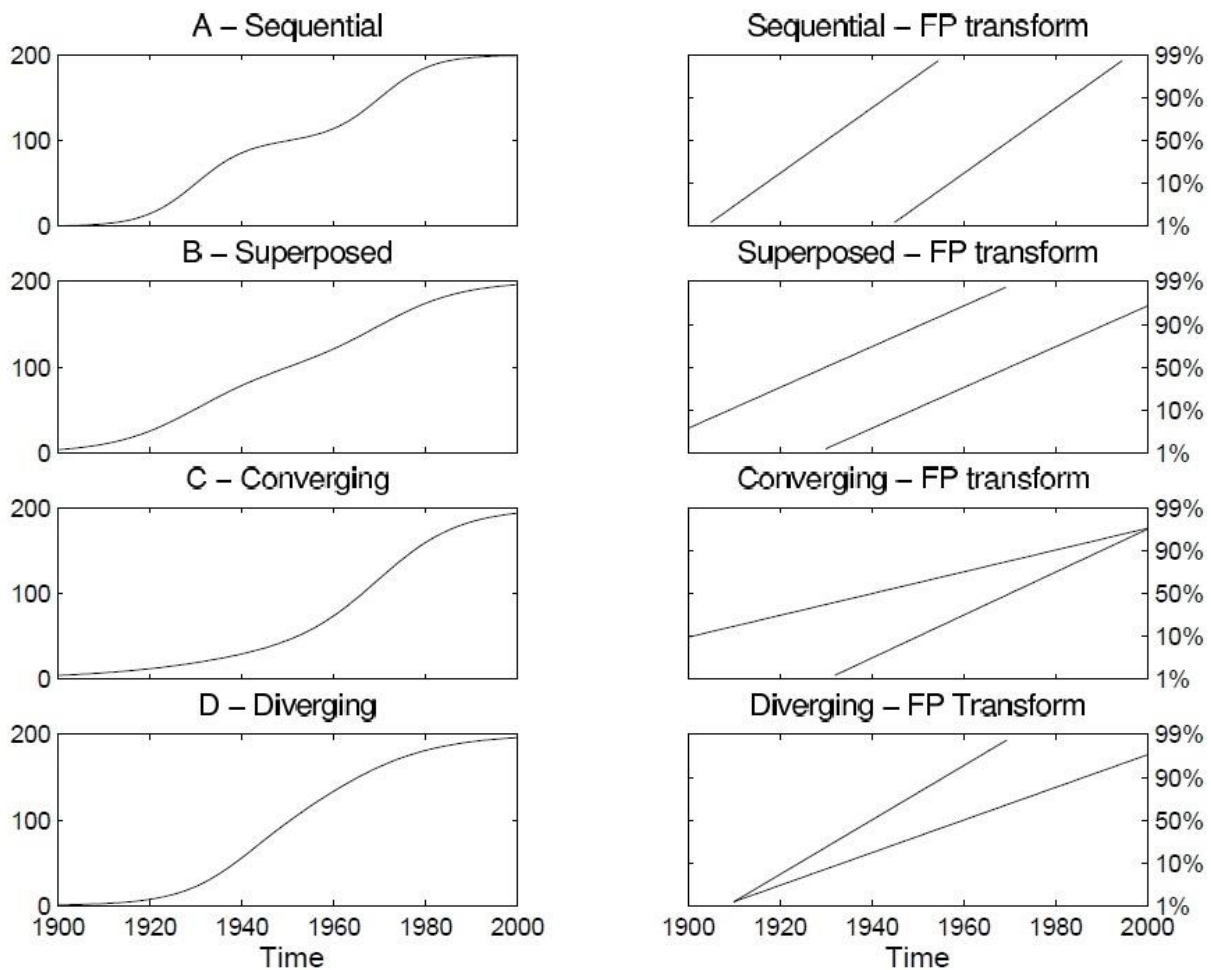
Μια ανώτερη εναλλακτική είναι η ανάλυση συστημάτων που παρουσιάζουν τα μοντέλα λογιστικής ανάπτυξης σιγμοειδούς καμπύλης χρησιμοποιώντας τα δεδομένα χρονοσειράς για την εκτίμηση των παραμέτρων ενός μοντέλου που αποτελείται από το άθροισμα δύο στοιχείων λογιστικής ανάπτυξης τριών παραμέτρων.

Το μοντέλο είναι :

$$N(t) = N_1(t) + N_2(t)$$

$$N(t) = \frac{k_1}{1 + \exp\left(\left(\frac{\ln(81)}{\Delta t_1}\right) * (t - t_{m1})\right)} + \frac{k_2}{1 + \exp\left(\left(\frac{\ln(81)}{\Delta t_2}\right) * (t - t_{m2})\right)} \quad (7)$$

Το συγκεκριμένο μοντέλο μας επιτρέπει να εξετάσουμε τη συμπεριφορά του σε πολλαπλά επίπεδα ή να αποσυνθέσουμε το μοντέλο και να εξετάσουμε τη συμπεριφορά των διακριτών συστατικών του. Συγκεκριμένα, έχουμε την δυνατότητα να σχεδιάσουμε το άθροισμα των συναρτήσεων $N_1(t)$ και $N_2(t)$ και σε περεταίρω ανάλυση μπορούμε να «κανονικοποιήσουμε» τις ανόμοιες σιγμοειδής καμπύλες και να τις συγκρίνουμε μεταξύ τους εφαρμόζοντας τους μετασχηματισμούς Fisher-Pry.



Γράφημα 9

Γράφημα 9: Ταξινόμηση δι' λογιστικών διεργασιών που αυξάνονται με την πάροδο του χρόνου σε ένα πλασματικό όριο 200 μονάδων. Οι αποσυνθέσεις Fisher-Pry εμφανίζονται στη δεξιά στήλη.
Πηγή: (PERRIN S. MEYER, JASON W. YUNG and JESSE H. AUSUBEL, 1999)

Στο πλαίσιο A είναι ένα παράδειγμα μιας «διαδοχικής» bi-logistic συνάρτησης. Ο δεύτερος παλμός δεν αρχίζει να μεγαλώνει έως ότου ο πρώτος παλμός φτάσει σχεδόν το επίπεδο κορεσμού του πρώτου. Αυτό το bi-logistic σχήματος χαρακτηρίζει ένα σύστημα που κάνει παύση μεταξύ των φάσεων ανάπτυξης.

Στο πλαίσιο B είναι ένα παράδειγμα μιας «υπέρθεσης» bi-logistic συνάρτησης, όπου ο δεύτερος παλμός αρχίζει να αυξάνεται όταν ο πρώτος παλμός έχει φτάσει περίπου το 50% του κορεσμού. Αυτό το βιολογικό μοντέλο ανάπτυξης χαρακτηρίζει συστήματα που περιέχουν δύο διαδικασίες παρόμοιας φύσης που αναπτύσσονται ταυτόχρονα εκτός από μια μετατόπιση στα μέσα των καμπυλών.

Στο πλαίσιο C δείχνει μια «συγκλίνουσα» bi-logistic συνάρτηση, όπου το πρώτο κύμα ενώνεται με ένα δεύτερο ταχύτερο, πιο απότομο κύμα. Οι δύο παλμοί κορυφώνονται περίπου την ίδια στιγμή. Συχνά ένας αργοπορημένος υιοθέτης μιας τεχνολογίας, έχοντας μάθει από τις εμπειρίες ενός πρώιμους υιοθέτη, θα προχωρήσει γρηγορότερα.

Το πλαίσιο D δείχνει μια «αποκλίνουσα» bi-logistic συνάρτηση, όπου δύο διαδικασίες λογιστικής ανάπτυξης ξεκινούν ταυτόχρονα αλλά αναπτύσσονται με διαφορετικούς ρυθμούς και φέρουσες ικανότητες που έχουν καθοριστεί από την αρχή.

Τα διάφορα γραφήματα δείχνουν τα πλεονεκτήματα της ανάλυσης 'Loglet'. Ενώ η καμπύλη A φαίνεται λογιστική, στη καμπύλη B δεν αποτυπώνεται σχεδόν καθόλου η σιγμοειδής συνάρτηση. Οι καμπύλες C και D διαγράφουν σιγμοειδής καμπύλες, αλλά είναι ασύμμετρες, επομένως δεν φαίνεται να είναι λογιστικές. Ωστόσο, και οι τέσσερις καμπύλες αποτελούνται από λογιστικές συναρτήσεις (PERRIN S. MEYER, JASON W. YUNG and JESSE H. AUSUBEL, 1999).

3.2.4 Γενικευμένη μορφή μοντέλου δι' λογιστικών συναρτήσεων

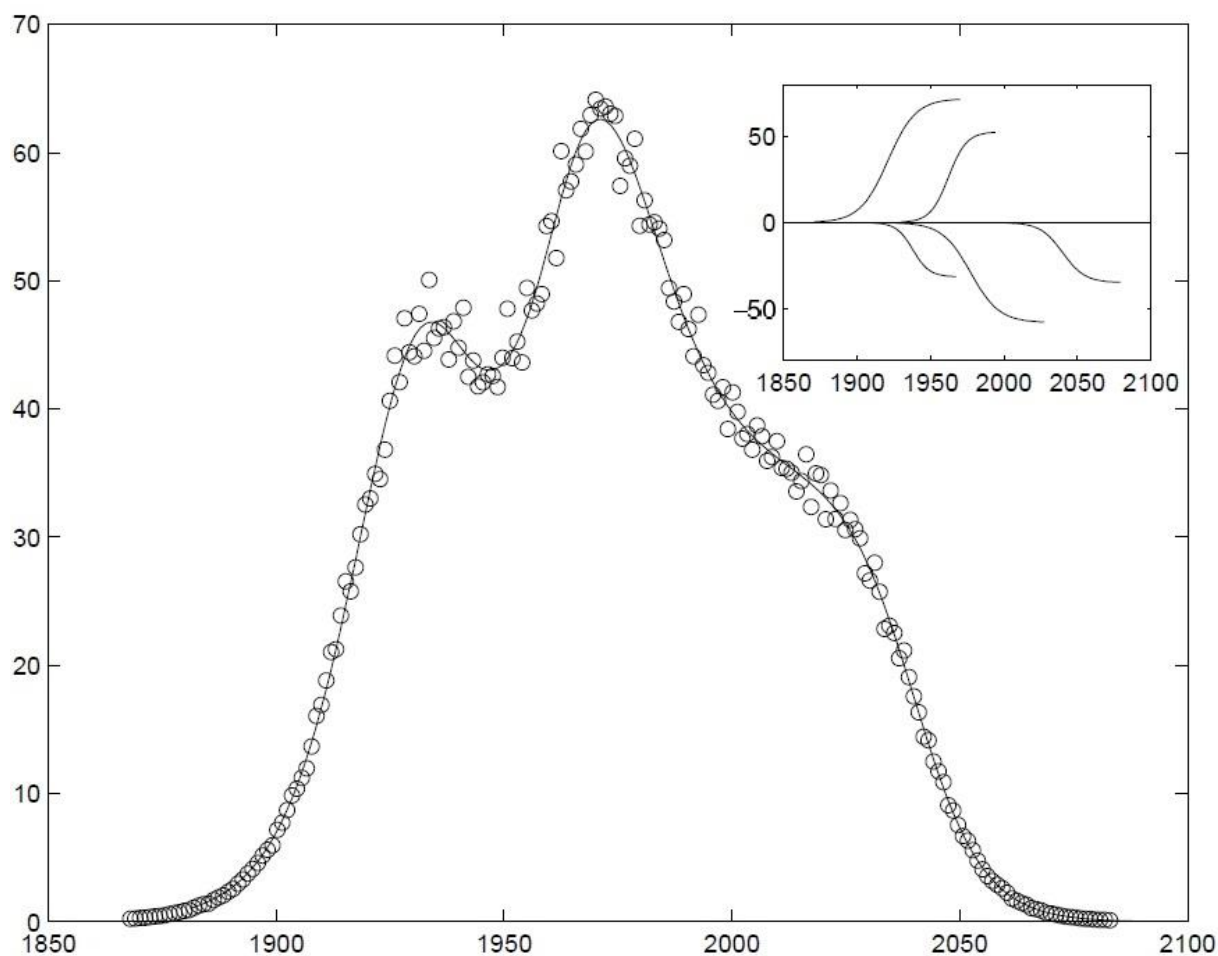
Η γενικευμένη μορφή του μοντέλου bi-logistic είναι το μοντέλο multi-logistic, όπου η ανάπτυξη της συνάρτησης αποτελείται από ένα άθροισμα λογιστικών συναρτήσεων:

$$N(t) = \sum_{i=1}^n N_i(t) \quad (8)$$

Όπου:

$$N_i(t) = \sum_{i=1}^n \frac{\kappa_i}{1 + \exp \left[-\frac{\ln(81)}{\Delta t_i} (t - t_{mi}) \right]}$$

Το Γράφημα 8 παρουσιάζει μια ανάλυση Loglet ενός υποθετικού συνόλου δεδομένων με το άθροισμα πέντε λογιστικών συναρτήσεων (που φαίνεται στο πλαίσιο στην επάνω δεξιά γωνία). Και εδώ, η φαινομενικά πολύπλοκη συμπεριφορά μειώνεται στο άθροισμα των λογιστικών κυμάτων. Σημειώστε ότι οι διεργασίες ανάπτυξης περιλαμβάνουν επίσης διεργασίες παρακμής στο μοντέλο μας, αυτό συμβαίνει όταν $\Delta t < 0$.



Γράφημα 10

Γράφημα 10: Μια ανάλυση Loglet ενός συνόλου δεδομένων που αποτελείται από 6 λογιστικές συναρτήσεις
 Πηγή: (PERRIN S. MEYER, JASON W. YUNG and JESSE H. AUSUBEL, 1999).

Η επιλογή μιας μεθόδου για την εκτίμηση των παραμέτρων εξαρτάται από την υποτιθέμενη κατανομή των σφαλμάτων μέτρησης στα δεδομένα. Μια τυπική διαδικασία είναι να υποθέσουμε ότι τα σφάλματα μέτρησης κατανέμονται ανεξάρτητα και κανονικά με σταθερή τυπική απόκλιση.

3.2.5 Μαθηματική ανάλυση 'Loglet'

Επειδή η σειριακή ανάπτυξη είτε των οργανισμών είτε ή η αποδόμησης κάποιας άλλης μεταβλητής, όπως ο αριθμός των αυτοκινήτων ή το μήκος των καναλιών, είναι το σύνηθες θέμα της ανάλυσης Loglet, η διανυσματική αντιπροσώπευση είναι βολική για να αναπαραστήσει τις τιμές των δεδομένων, των παραμέτρων και το μοντέλο μοντέλου Loglet.

Αρχικοποίηση

Έστω, ο δυσδιάστατος χώρος στον οποίο το σετ δεδομένων D υπάρχει. Εάν υπάρχουν m σημεία, τότε ορίζουμε το σετ D ως:

$$D = \{(t_1, d_1), \dots, (t_i, d_i), \dots, (t_m, d_m)\}$$

Οπού t_i συνήθως αντιπροσωπεύει τον χρόνο και η τιμή d_i αντιπροσωπεύει την μεταβαλλόμενη μεταβλητή ποσότητας (π.χ.: πληθυσμός χώρας).

Ας υποθέσουμε ότι θέλουμε να δημιουργήσουμε μια λογιστική καμπύλη n στοιχείων. Τότε θα χρειαστούμε 3 παραμέτρους, που αντιπροσωπεύονται ως πίνακα P διαστάσεων $n \times 3$:

$$P = \begin{bmatrix} \Delta t_1 & \kappa_1 & t_{m1} \\ \dots & \dots & \dots \\ \Delta t_n & \kappa_n & t_{mn} \end{bmatrix}$$

Με αυτό τον τρόπο η εξίσωση (8) μπορεί να εκφραστεί με αυτό τον τρόπο:

$$N(t, P) = \sum_{i=1}^n \frac{P_{i2}}{1 + \exp \left[-\frac{\ln(81)}{P_{i1}} (t - P_{i3}) \right]}$$

Αποδόμηση

Τώρα εξετάζεται το σύνολο των n λογιστικών στοιχείων $C = \{c_1, \dots, c_n\}$, όπου:

$$c_i = N_i(x_i, P_i)$$

Με x_i αποτελεί ένα αυθαίρετο υποσύνολο του χρόνου t και συνήθως ορίζεται ως ο χρόνος όπου η μεταβλητή c_i αυξάνεται από το 10% μέχρι το 90% του επιπέδου κορεσμού $(t_{mi} - \Delta t_i, t_{mi} + \Delta t_i)$. Η αποδόμηση των λογιστικών εξισώσεων από το την συνάρτηση c_i αποδίδει το κριτήριο της αποδόμησης του ζητούμενου μοντέλου της ανάπτυξης του αρχικού πληθυσμού D σε υποσύνολα D_j τέτοια ώστε $(1 \leq j \leq n)$ και αντιστοιχούν στον αριθμό των λογιστικών εξισώσεων. Ένα υποσύνολο D_j εμπεριέχει σημεία (t_i, d_i) όταν $t_{mi} - \Delta t_i < t_i < t_{mi} + \Delta t_i$, δηλαδή:

$$D_j = \{(t_i, d_i^* | t_i \in x_i)\}$$

Όπου d_i^* είναι η προσαρμοσμένη συνάρτηση της d_i και εφαρμόζεται αφαιρώντας από την δεύτερη τα στοιχεία των λογιστικών εξισώσεων με εξαίρεση την λογιστική εξίσωση που αντιστοιχεί στο συγκεκριμένο σετ δεδομένων, υπολογίζοντας έτσι την (κατά προσέγγιση) συμβολή των στοιχείων c_i στα δεδομένα, πιο απλά:

$$d_i^* = d_i - \sum_{j \neq i} \frac{P_{j2}}{1 + \exp \left[-\frac{\ln(81)}{P_{j1}} (t - P_{j3}) \right]}, \quad t \in x_i$$

Υπολογισμός Σφάλματος - Υπολείμματα

Τα υπολείμματα είναι το σφάλμα ή η διαφορά μεταξύ του μοντέλου και των παρατηρούμενων δεδομένων. Το διάνυσμα με τα υπολείμματα καθορίζεται από την συγκεκριμένη εξίσωση:

$$r_i = d_i - N(t, P) \quad (9)$$

Έχουμε επίσης την δυνατότητα να υπολογίσουμε τα υπολείμματα ως ποσοστό σφάλματος:

$$r_i = \frac{d_i - N(t, P)}{N(t, P)} \times 100$$

Είναι κρίσιμο να εξεταστούν τα υπολείμματα μετά από μια εφαρμογή 'Loglet'. Όταν μια προσαρμογή είναι καλή, τα υπολείμματα κατανέμονται ανομοιόμορφα γύρω από τον άξονα μηδέν, δηλαδή, φαίνεται να είναι τυχαία σε μέγεθος και πρόσημο. Μια ουσιαστική ή συστηματική απόκλιση από τον μηδενικό άξονα υποδηλώνει ότι κάποιο φαινόμενο δεν μοντελοποιείται ή δεν διαμορφώνεται σωστά. Η εφαρμογή της μεθόδου 'Loglet' σε ένα σύνολο δεδομένων και στη συνέχεια εξέταση των υπολειμμάτων είναι ένας καλός τρόπος για να εξεταστεί η ακρίβεια του μοντέλου, εκτός εάν τα σφάλματα στα δεδομένα και που εμφανίζονται στα υπόλοιπα είναι γνωστά ότι προέρχονται από άλλες πηγές (π.χ. μια οικονομική ύφεση ή κάποιος πόλεμος).

Κεφάλαιο 4

«Πρόβλεψη του Τέταρτου Μακροχρόνιου Οικονομικού Κύκλου»

4.1 Περιγραφή μεθόδου

Η βάση της απόδειξης αποτελεί την αξιοποίηση των δεδομένων της πρωτογενούς κατανάλωσης ενέργειας, όπως έκανε, ο Καίσαρ Μαρκέττι και την αξιοποίηση της μεθόδου 'Loglet'.

Σε πρώτο στάδιο, από τα υπάρχον δεδομένα θα κάνουμε μια πρόβλεψη αξιοποιώντας την τάση αύξησης της κατανάλωσης ενέργειας. Η συγκεκριμένη πρόβλεψη θα γίνει για την εύρεση της τιμής του σημείου κορεσμού για τον τέταρτο μακροχρόνιο οικονομικό κύκλο.

Έπειτα θα κατασκευαστεί μια γενικευμένη συνάρτηση λογιστικής ανάπτυξης όπως στην εξίσωση (8) όπου θα αποτελείται από το άθροισμα τεσσάρων λογιστικών εξισώσεων τριών παραμέτρων. Η κάθε λογιστική εξίσωση θα εκφράζει και τον αντίστοιχο μακροχρόνιο οικονομικό κύκλο.

Το μοντέλο 'Loglet' είναι μη-γραμμικό και καθώς δεν υπάρχουν άμεσες μέθοδοι για τον υπολογισμό των παραμέτρων για μη-γραμμικά μοντέλα θα χρησιμοποιήσουμε την μέθοδο του ελαχίστου τετραγώνου για την εκτίμηση τους. Μόνο την παράμετρο που αφορά το σημείο κορεσμού της κάθε συνάρτησης, δηλαδή την P_{i2} , την εισάγουμε εμείς από τον πίνακα δεδομένων. Έπειτα, συνεχίζοντας στην διαδικασία της αποσύνθεσης της συνάρτησης, θα κάνουμε τον έλεγχο της εγκυρότητας των αποτελεσμάτων, συγκεκριμένα για τους 3 πρώτους οικονομικούς κύκλους.

Τέλος, εφαρμόζοντας τους μετασχηματισμούς Fisher & Pry στις τέσσερις διαφορετικές λογιστικές εξισώσεις θα κατασκευάσουμε και το αντίστοιχο γράφημα. Στόχος για την απόδειξη του επόμενου μακροχρόνιου οικονομικού κύκλου, το γράφημα με τους μετασχηματισμούς να είναι όμοιο με το δεύτερο γράφημα όπως στο πλαίσιο Α του γραφήματος 9 στο προηγούμενο κεφάλαιο.

Με αυτό τον τρόπο θα γνωρίζουμε πως οι λογιστικές συναρτήσεις ακολουθούν μια διαδοχική αλληλουχία με την κάθε μια να αρχίζει να αυξάνεται έως ότου ο παλμός της προηγούμενης φτάσει το σημείο κορεσμού. Έτσι θα επιβεβαιώνεται και η θεωρία των μακροχρόνιων οικονομικών κύκλων και κατά συνέπεια ο τέταρτος μακροχρόνιος οικονομικός κύκλος θα εμπίπτει σε αυτά τα πλαίσια, καθώς οι τιμές του θα καθορίζονται από το ταίριασμα των επιβεβαιωμένων κύκλων στα δεδομένα. Στη συνέχεια θα μπορούμε να αξιοποιήσουμε τις παραμέτρους που υπολογίστηκαν για την εξαγωγή εύλογων υποθέσεων όσον αφορά την Τέταρτη Βιομηχανική Επανάσταση.

Ωστόσο να σημειωθεί, πως μέχρι στιγμής η απόδειξη των μακροχρόνιων οικονομικών κύκλων έχει βασιστεί από την μοντελοποίηση παρατηρήσεων. Αυτό άμεσα γεννά ένα κενό τεχνικής φύσεως στην εγκυρότητα της μεθόδου που ακολουθείται. Ο στόχος είναι η απόδειξη του επόμενου κύκλου χωρίς να έχει κορυφωθεί αυτός που διανύουμε και ταυτόχρονα ενώ ταυτόχρονα δεν έχει εντοπιστεί κάποια όμοια προσπάθεια στους σχετικούς ακαδημαϊκούς κύκλους.

4.2 Δεδομένα

Πληθώρα δεδομένων από διάφορες στατιστικές εταιρείες και οργανισμούς υπάρχουν διαθέσιμα στο διαδίκτυο. Για την εγκυρότητα της πρόβλεψης καθώς και για την εξυπηρέτηση των απαιτήσεων της εργασίας επιλέχθηκαν τα δεδομένα που σύλλεξε ο Paolo Malanima. Ένας οικονομικός ιστορικός ερευνητής όπου επιτέλεσε ένα έργο 25 ετών συλλέγοντας δεδομένα κατανάλωσης ενέργειας 72 χωρών, για το χρονολογικό εύρος των ετών 1820-2020. (Malanima, 2020).

Η καταγραφή των δεδομένων του γίνεται σε εκατομμύρια τόνους ισοδύναμου πετρελαίου. Είναι μονάδα ενέργειας και ένα «Τ.Ι.Π.» ισοδυναμεί με την ενέργεια που εκλύεται από την καύση ενός τόνου αργού πετρελαίου που είναι σχεδόν ισοδύναμος με 42 Gigajoules συνεπώς ένας Mtoe ισούται με 41.868 Petajoules.

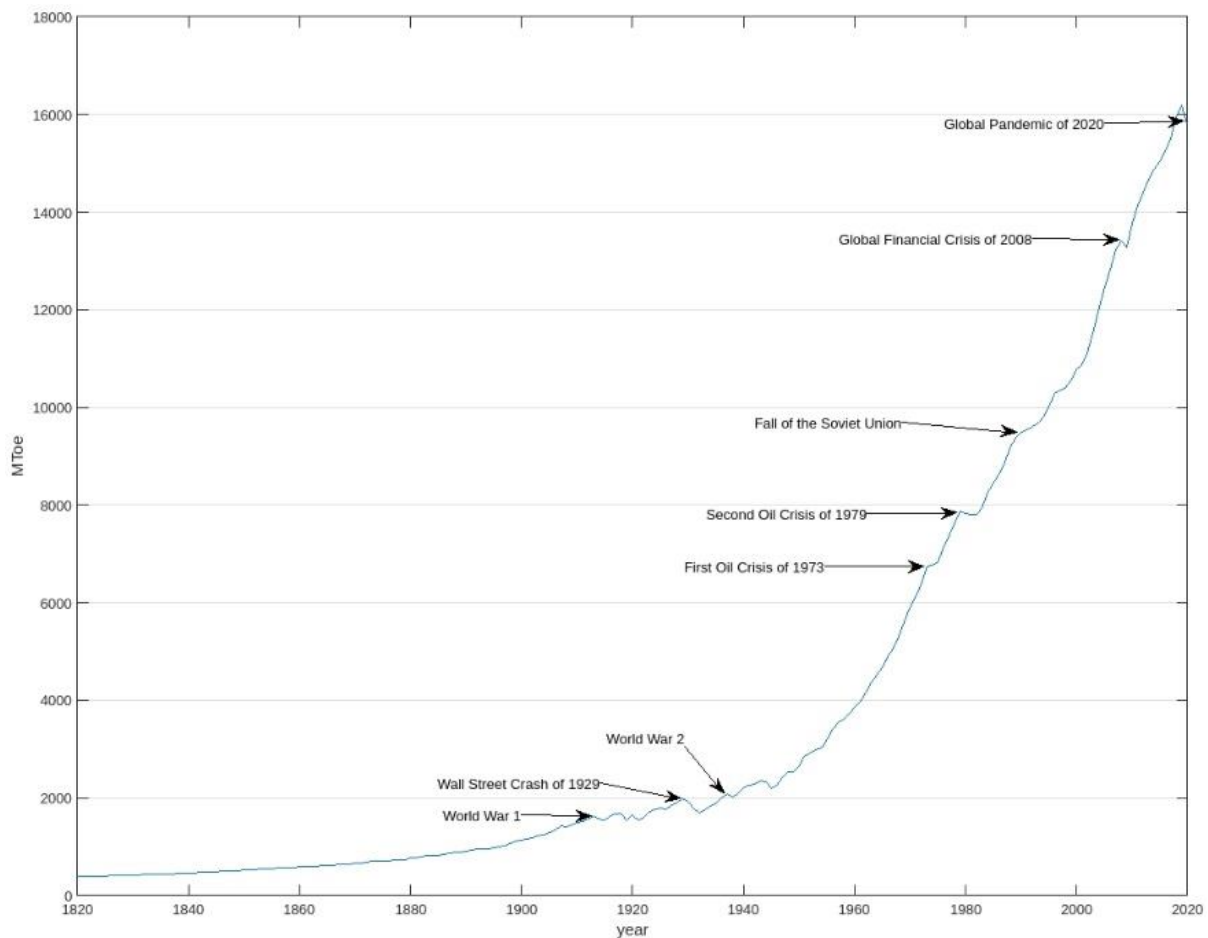
Οι βάσεις δεδομένων ενεργειακής κατανάλωσης ασχολούνται πάντα με πρωτογενείς πηγές ενέργειας, δηλαδή εισροές ενέργειας που έχουν μετατραπεί μόνο επιφανειακά από την ανθρώπινη εργασία ή δεν έχουν μετατραπεί καθόλου, πριν εισέλθουν στην παραγωγική ή οικιακή εκμετάλλευση. Αντίθετα, δευτερεύοντες πηγές ενέργειας είναι εκείνοι που έχουν μεταμορφωθεί σε μεγάλο βαθμό από τη φυσική τους μορφή. Ο όρος πρωτογενής ενέργεια χρησιμοποιείται για να προσδιορίσει μια πηγή ενέργειας που εξάγεται από ένα απόθεμα φυσικών πόρων ή συλλαμβάνεται από μια ροή πόρων και που δεν έχει υποστεί καμία μετατροπή (Bhattacharyya, S. C., 2011).

Για αυτό τον λόγο ο διαχωρισμός των μετρήσεων του ανάγεται σε 9 διαφορετικούς τομείς:

- Τροφή για ανθρώπους
- Καύσιμα ξύλα
- Τροφή για ζώα
- Άνθρακα
- Πετρέλαιο
- Φυσικό αέριο

- Ηλεκτρισμός (από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και υδροηλεκτρισμό)
- Πυρηνική ενέργεια
- Βιοκαύσιμα

Το ζητούμενο είναι η συνολική κατανάλωση ενέργειας. Προσθέτοντας τις μετρήσεις από τις 9 διαφορετικές πηγές ανά έτος, προκύπτει και το βασικό σετ δεδομένων που απαιτείται για την αυτή την μελέτη.



Γράφημα 11

Γράφημα 11: Η γραμμή δείχνει την συνολική κατανάλωση από πρωτογενείς πηγές ενέργειας ανά έτος. Προστέθηκαν και ετικέτες όπου υποδεικνύουν τις διακυμάνσεις λόγω ιστορικών γεγονότων.

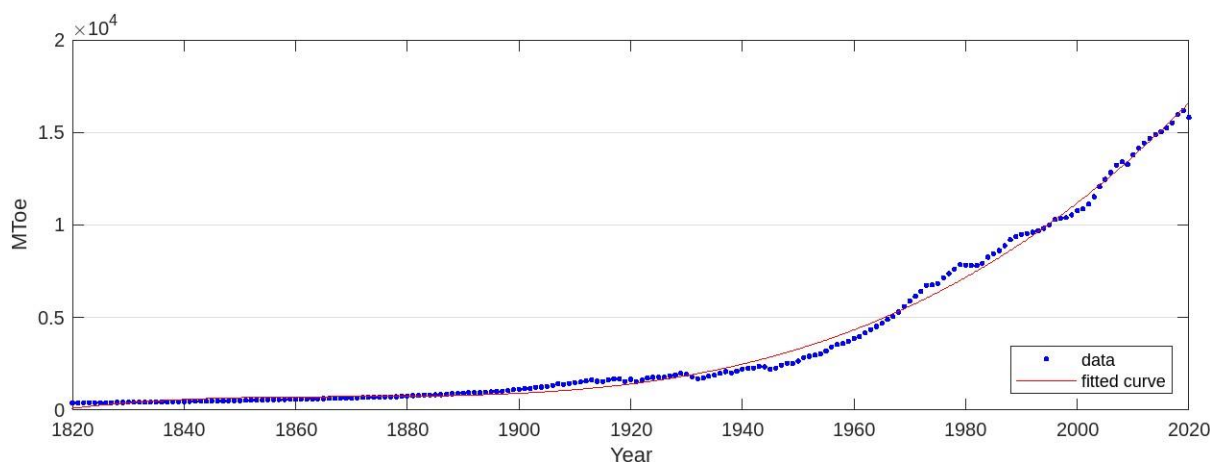
4.3 Εφαρμογή μεθοδολογίας γενικευμένου μοντέλου δι' λογιστικών συναρτήσεων

Γραμμή Τάσης

Αρχικά, κατασκευάζετε η γραμμή τάσης των δεδομένων. Ο λόγος που είναι απαραίτητη είναι διότι, μπορούμε να εξάγουμε μέσω αυτής τα επίπεδο κορεσμού για τον κάθε κύκλο.

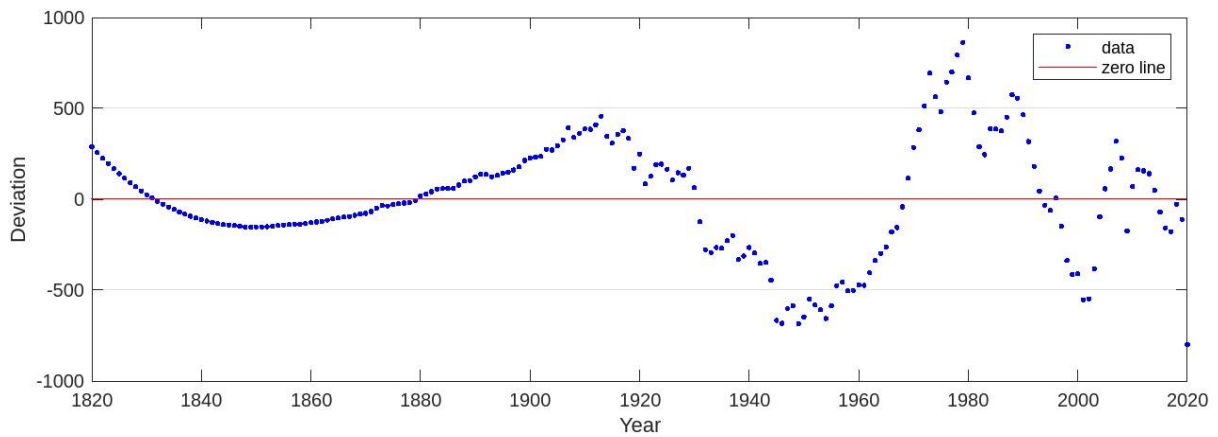
Με την χρήση του λογισμικού 'MATLAB', κατασκευάστηκε κατάλληλος κώδικας για τη δημιουργία μιας πολυωνμικής καμπύλης 4^{ου} βαθμού όπου εμφάνιζε τον υψηλότερο δείκτη ταιριάσματος, $R = 0.996$, στο αρχικό σετ δεδομένων.

$$P(x) = -15,61x^4 + 883.7x^3 + 2393x^2 + 2188x + 1415, \text{ με δείκτη } std = 58,17$$



Γράφημα 12

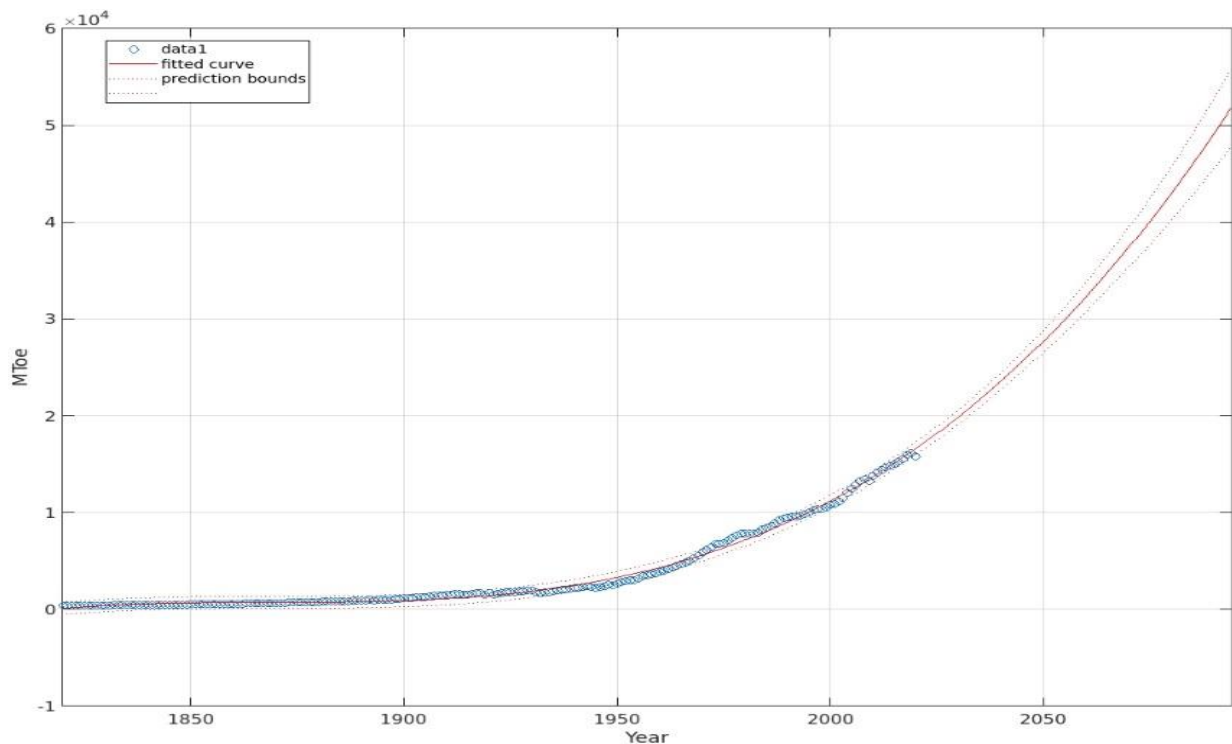
Όπως παρατηρείτε στο Γράφημα 12, υπάρχουν περίοδοι όπου τα σημεία συνολικής κατανάλωσης πρωτογενείς ενέργειας βρίσκονται πάνω από την γραμμή τάσης και αντίστροφα. Αυτές οι περίοδοι αντιστοιχούν στις περιόδους ανάπτυξης και ύφεσης αντίστοιχες με εκείνες της θεωρίας των μακροχρόνιων οικονομικών κύκλων. Στο Γράφημα 13 γίνεται καλύτερα αντιληπτή η αντιστοιχία της θεωρίας με την σχέση της γραμμής τάσης με της ευθείας που διαγράφεται από τα σημεία του αρχικού σετ δεδομένων.



Γράφημα 13

Τα σημεία κορεσμού δεν αντιστοιχούν στα έτη όπου χρονολογείται η ακμή του κάθε κύκλου (βλ. Κεφάλαιο 2.3) αλλά λίγα χρόνια αργότερα καθώς η κατανάλωση ενέργειας περνάει μια περίοδο οριακής ανάπτυξη μετά την κάθε ακμή. Πιο πρακτικά, το σημείο που μας δείχνει το επίπεδο κορεσμού του κάθε κύκλου είναι η χρονολογία που τέμνονται μεταξύ τους, η γραμμή τάσης με την ευθεία γραμμή που διέρχεται από τα δεδομένα, σηματοδοτώντας την εναλλαγή από περίοδο ανάπτυξης σε περίοδο ύφεσης.

Τα δύο σημεία τομής είναι το $k_1 = (1927, 1714.1)$ & $k_2 = (1982, 7516.5)$, να σημειωθεί πως και τα 2 σημεία απέχουν περίπου 14 χρόνια από την ακμή του κάθε κύκλου. Για την εύρεση των τιμών κορεσμού για τους υπολειπόμενους 2 κύκλους προεκτείνουμε την γραμμή τάσης μέχρι το έτος 2096.



Γράφημα 14

Για την επιλογή του επίπεδου κορεσμού του τρίτου κύκλου επιλέχθηκε η τιμή της πολυωνυμικής συνάρτησης για το έτος 2038 ίση με 22816 *mtoe*. Αυτή η ημερομηνία ορίστηκε διότι η εναλλαγή από τον δεύτερο στον τρίτο οικονομικό κύκλο ήταν το 1982, συνεπώς η ολοκλήρωση του αναμένεται να λάβει χώρα ύστερα από 56 έτη, δηλαδή το 2038. Ωστόσο, η επέλαση του του κορονοϊού επιτάχυνε τον ψηφιακό μετασχηματισμός αρά αναμένονται οι αντίστοιχες τεχνολογίες να φτάσουν συντομότερα στο σημείο κορεσμού. Ιδανικά μια μικρότερη τιμή να βελτιστοποιεί το ταίριασμα του μοντέλου όμως είναι αδύνατο για την ώρα να λάβουμε υπόψη ιστορικές παραμέτρους για τουλάχιστον δύο αιώνες.

Ενώ για τον ζητούμενο μακροχρόνιο οικονομικό κύκλο επιλέχθηκε πως το σημείο κορεσμού του θα αντιστοιχί με την τιμή 51780 *mtoe* του έτους 2094 ακολουθώντας την ίδια λογική όπως και για τον τρίτο κύκλο.

Άρα συνολικά έχουμε: $k_i = [1892 \quad 7938.5 \quad 22816 \quad 51780]'$

Συνάρτηση 'Loglet'

Το αρχικό σετ δεδομένων με όνομα D , βάση του οποίου θα γίνει το ταίριασμα με την μέθοδο 'Loglet', αφορά 165 σημεία και ορίζεται ως:

$$D = \{(t_1, d_1), \dots, (t_i, d_i), \dots, (t_{165}, d_{165})\}$$

Οπού t_i αντιπροσωπεύει τον χρόνο ανά έτος από το 1856 μέχρι το 2020 και η τιμή d_i αντιπροσωπεύει την μεταβαλλόμενη ποσότητα της κατανάλωσης ενέργειας. Οι πρώτες 25 μετρήσεις του Paolo Malanima δεν θα αξιοποιηθούν διότι γνωρίζουμε πως η πρώτη κοιλάδα στην ιστορία των μακροχρόνιων οικονομικών κύκλων εμφανίζεται το 1884. Αυτό σαν γεγονός μας απαγορεύει να τρέξουμε πολύ πίσω στην ιστορία και επιλέχθηκε η ημερομηνία 1856 ως η αρχή του σετ διότι συμπίπτει με την εισαγωγή του πετρελαίου στις πρωτογενείς πηγές κατανάλωσης ενέργειας.

Θα χρειαστούμε 3 παραμέτρους, που αντιπροσωπεύονται ως πίνακα P διαστάσεων 4×3 :

$$P = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & P_{13} \\ P_{21} & P_{22} & P_{23} \\ P_{31} & P_{32} & P_{33} \\ P_{41} & P_{42} & P_{43} \end{bmatrix}$$

Όστε να κάνουμε μια αρχική εκτίμηση του γενικευμένου μοντέλου:

$$N(t, P) = \sum_{i=1}^4 \frac{P_{i2}}{1 + \exp \left[-\frac{\ln(81)}{P_{i1}} (t - P_{i3}) \right]}$$

Οι παράμετροι της πρώτης και της τρίτης στήλης του πίνακα P θα υπολογιστούν με την μέθοδο ελάχιστου τετραγώνου. Όσον αφορά τις παραμέτρους της

δεύτερης στήλης, οι τιμές τους ισούνται με k_i μείον τις τιμές του επιπέδου κορεσμού των προηγούμενων λογιστικών εξισώσεων, διότι οι λογιστικές συναρτήσεις αθροίζονται μεταξύ τους.

Οι παράμετροι της δεύτερης στήλης υπολογίζονται από την παρακάτω εξίσωση:

$$P_{i2} = k_i - \sum_{j < i} P_{j2} \Rightarrow P_{i2} = [1892 \quad 6271.7 \quad 12280.5 \quad 31561]'$$

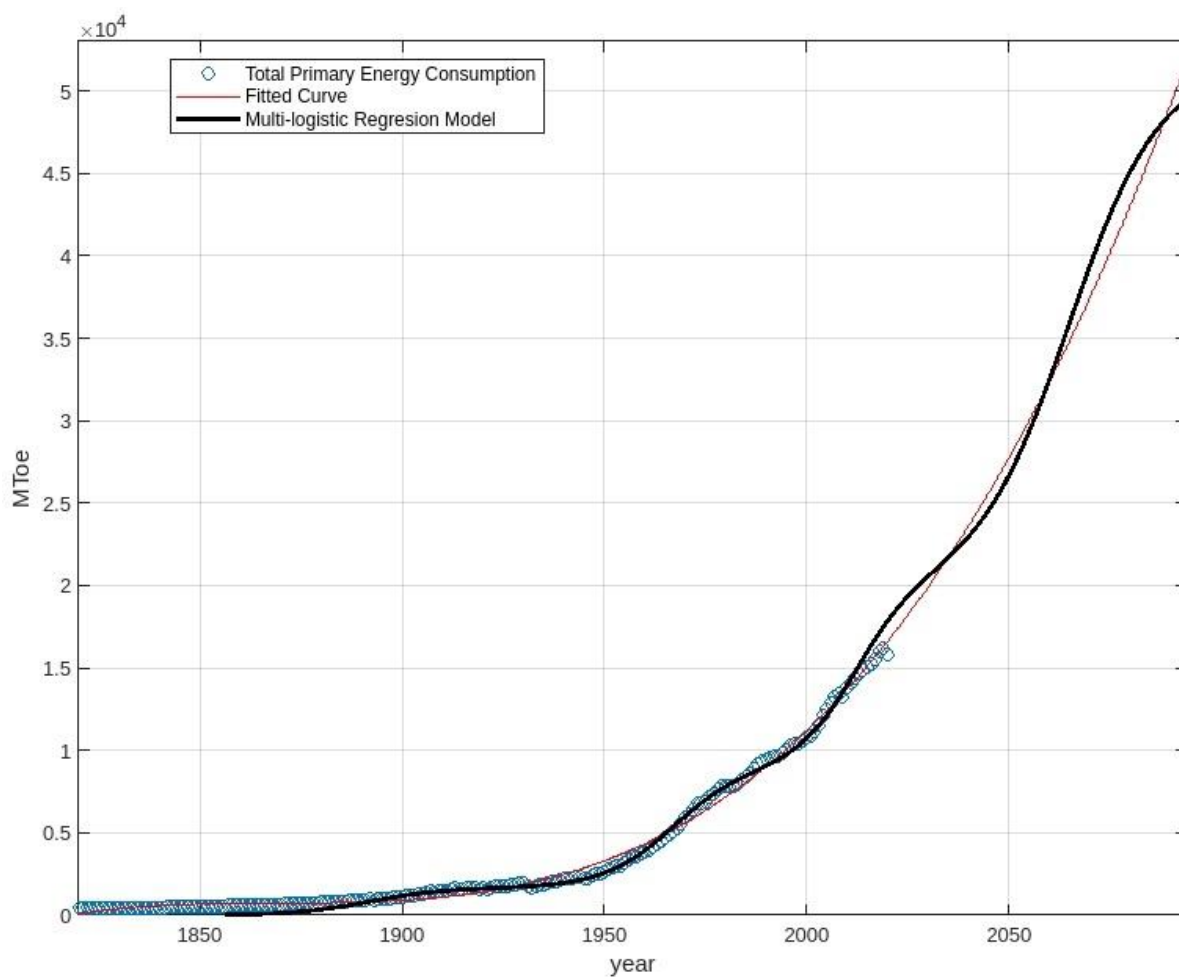
Οι υπόλοιπες άγνωστοι παράμετροι αρχικοποιούνται με τις τυχαίες τιμές για να εφαρμοστεί η μέθοδος ελαχίστων τετραγώνων. Η τυπική μέθοδος για την εκτίμηση των παραμέτρων του μοντέλου είναι η εφαρμογή του αθροίσματος των τετραγώνων των υπολειμμάτων με σκοπό να ελαχιστοποιείται. Στόχος είναι για διάφορες τιμές των παραμέτρων του πίνακα P το άθροισμα των τετράγωνων τις διαφοράς των αρχικών μετρήσεων με τις τιμές του γενικευμένου μοντέλου να ελαχιστοποιείται:

$$\min: x^2 = \sum r_i^2, \quad i \in [1, 165]$$

Για το χρονικό διάστημα από το 2021 μέχρι το 2094 όπου δεν υπάρχουν δεδομένα για τον υπολογισμό σφάλματος θα αξιοποιηθούν οι τιμές της πολυωνιμικής εξίσωσης. Προφανώς θα αυξήσει σημαντικά την παράμετρο x , ωστόσο θα μειώσει την απόκλιση τις σιγμοειδής καμπύλης του τέταρτου κύκλου από την πολυωνιμική εξίσωση.

Με την εντολή solver στο excel υπολογιστήκαν οι παράμετροι και παρατίθεται η γραφική απεικόνιση της τελικής συνάρτησης όπως φαίνεται στο Γράφημα 15

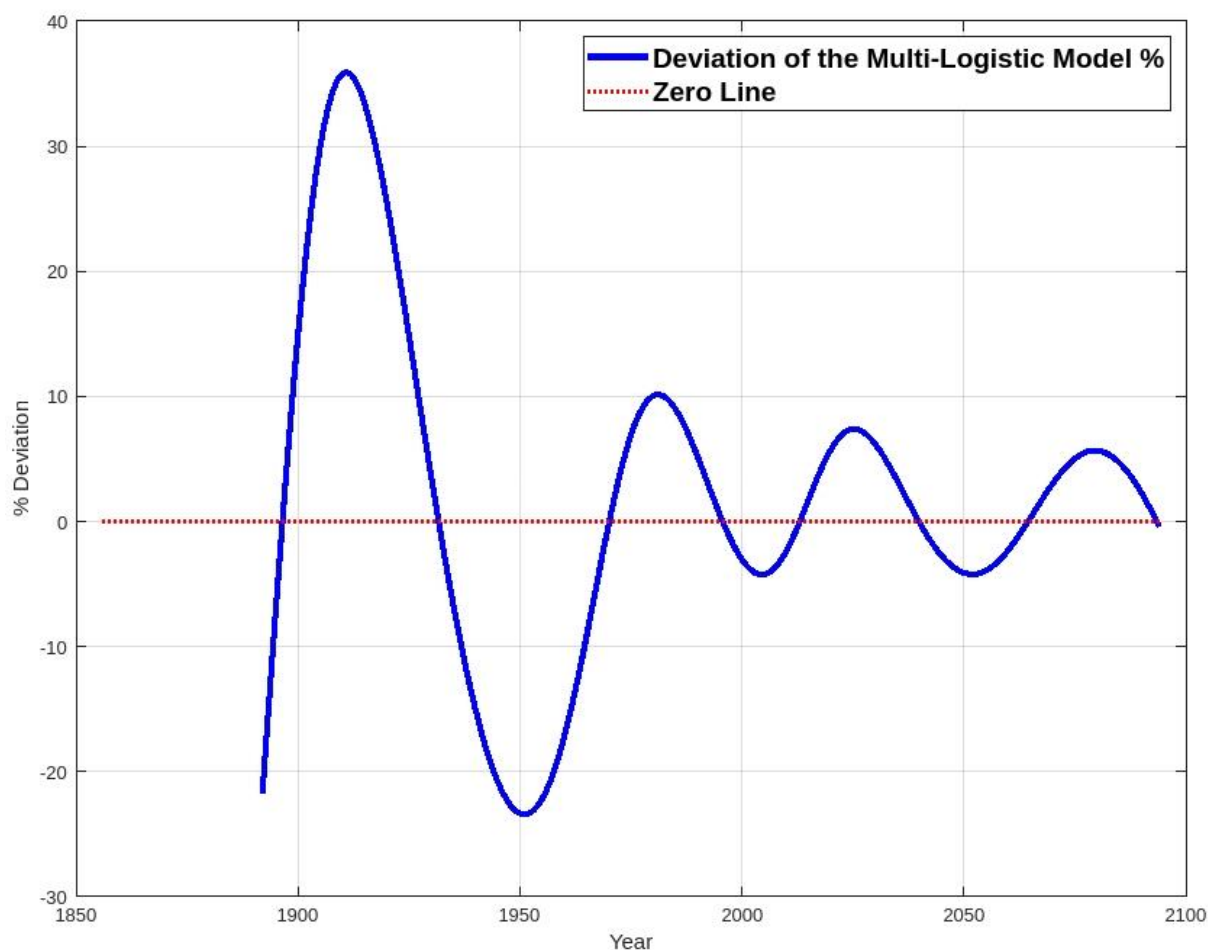
$$P = \begin{bmatrix} 40 & 1892 & 1892 \\ 38 & 6217,7 & 1967 \\ 31 & 12280 & 2012 \\ 50 & 31561 & 2065 \end{bmatrix}$$



Γράφημα 15

Γράφημα 15: Η μαύρη γραμμή απεικονίζει την γενικευμένη μορφή (Loglet) εξισώσεων προσαρτημένη στα αρχικά δεδομένα που αποτελείται από τέσσερις λογιστικές συναρτήσεις. Η κόκκινη γραμμή είναι η γραμμή τάσης όπως και στο Γράφημα 14 και με τους γαλάζιους κύκλους απεικονίζονται τα δεδομένα συνολικής κατανάλωσης πρωτογενείς ενέργειας..

Εκ πρώτης όψεως, το ταίριασμα του μοντέλου με τα στοιχεία των δεδομένων είναι αρκετά ικανοποιητικό. Οι αποκλίσεις εντοπίζονται στο επόμενο, Γράφημα 16, συγκεκριμένα όσον αφορά τον 2^ο μακροχρόνιο κύκλο, έχει μετατοπιστεί περίπου 8 έτη αργότερα, η ύφεση και η ακμή του συναντώνται το 1948 και 1986 αντίστοιχα. Μπορούμε να υποθέσουμε αυτό το φαινόμενο εμφανίζεται λόγω της μεγαλύτερης ακρίβειας των ιστορικών δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν σε σχέση με αυτά που χρησιμοποίησε ο Καίσαρ Μαρκέτι.



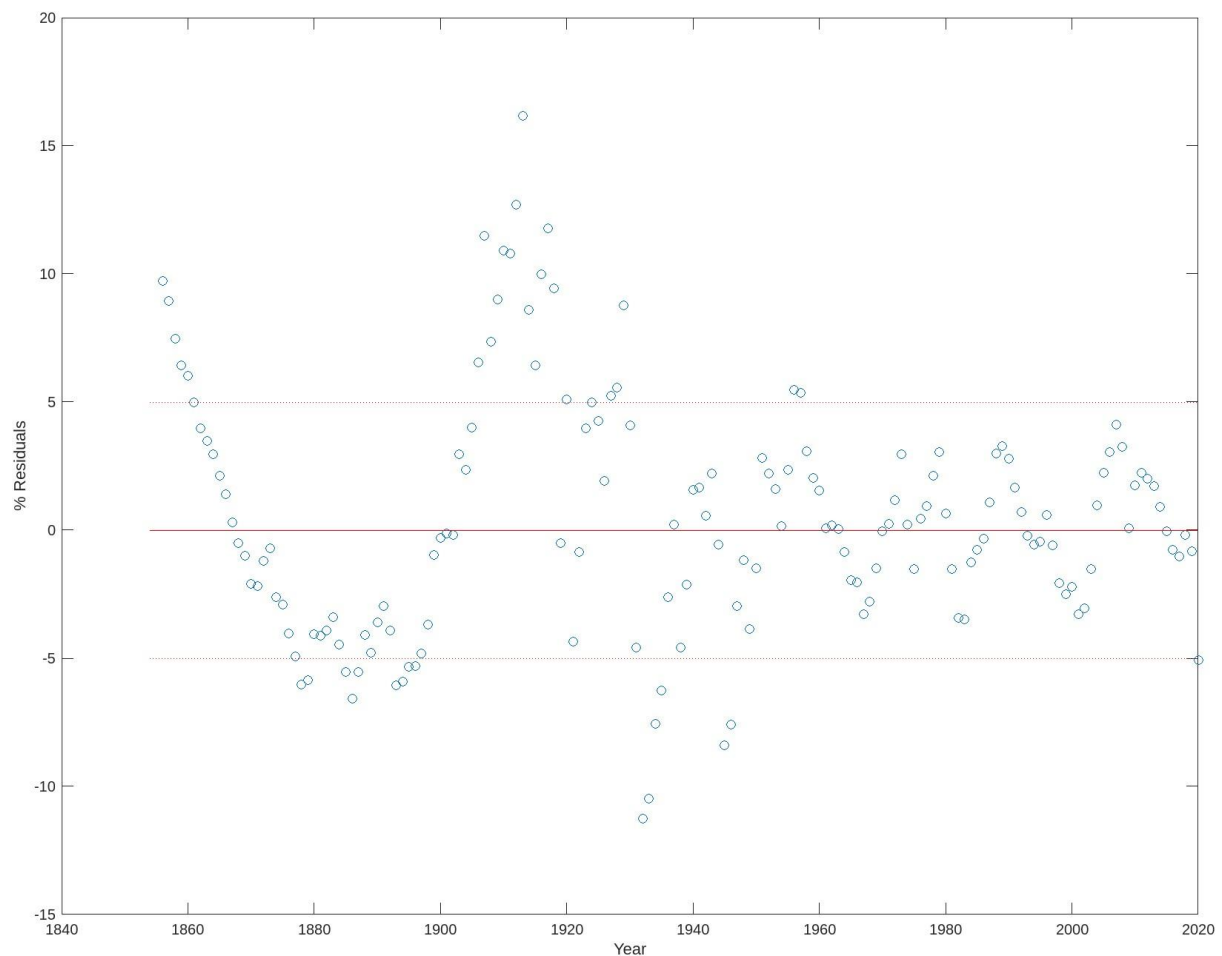
Γράφημα 16

Γράφημα 16: Η μπλε καμπύλη δείχνει την ποσοστιαία απόκλιση της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας από την προσαρμοσμένη πολυωνική καμπύλη των αρχικών δεδομένων. Το εντυπωσιακό γεγονός που φανερώνει το παραπάνω γράφημα είναι ότι παρόλο που οι αποστάσεις των ακμών διαφέρουν ο μέσος όρος τους ισούται με 56 έτη. Δηλαδή, η δεύτερη με την τρίτη θετική ακμή του γραφήματος έχουν απόσταση ίση με 44 έτη, ενώ η πρώτη με την δεύτερη θετική ακμή απέχουν 69 έτη, παρόλα αυτά ο μέσος όρος των αποστάσεων των κορυφών των διάφορων κοίλων ισούται με 56 έτη.

Υπολογισμός Σφάλματος

Τα υπολείμματα είναι το σφάλμα ή η διαφορά μεταξύ του μοντέλου και των καταγεγραμμένων δεδομένων. Το διάνυσμα με τα υπολείμματα θα καθοριστεί από την συγκεκριμένη εξίσωση:

$$r_i = \frac{d_i - N(t, P)}{N(t, P)} \times 100$$



Γράφημα 17

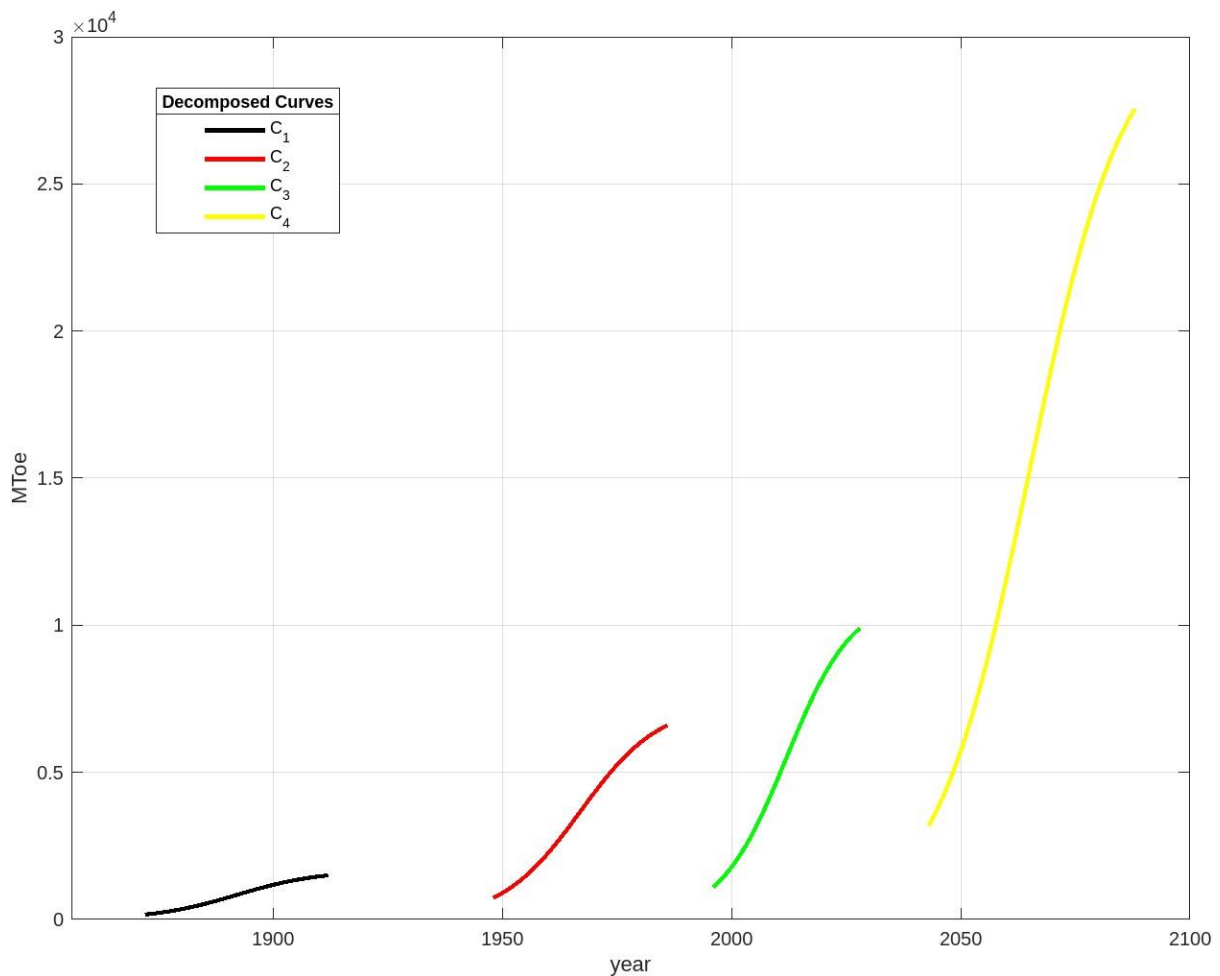
Οι περισσότερες μετρήσεις έχουν απόκλιση της τάξης του 5%. Αρκετά ακριβής αφού το αρχικό δείγμα επηρεάζεται από ποικίλα ιστορικά γεγονότα. Τα υπολείμματα κατανέμονται ανομοιόμορφα γύρω από τον άξονα μηδέν, δηλαδή, φαίνεται να είναι τυχαία σε μέγεθος και πρόσημο κατά μεγάλο ποσοστό.

Αποδόμηση

Τώρα εξετάζεται το σύνολο των 4 λογιστικών συναρτήσεων $C_i = \{c_1, c_2, c_3, c_4\}$, όπου:

$$C_i = N_i(x_i, P_i)$$

Με x_i αποτελεί ένα αυθαίρετο υποσύνολο του χρόνου t και ορίζεται ως ο χρόνος όπου η μεταβλητή c_i αυξάνεται από το 10% μέχρι το 90% του αντίστοιχου επιπέδου κορεσμού.



Γράφημα 18

Γράφημα 18: Μια σημαντική παρατήρηση είναι το πόσο διαφορετικός είναι ο ρυθμός ανάπτυξης της κάθε σιγμοειδής καμπύλης, καθώς όλο και περισσότερα κράτη εκ βιομηχανοποιούνται.

Από την αποδόμηση του μοντέλου προκύπτουν οι σιγμοειδής καμπύλες του Γραφήματος 17 με:

$$x_1 = [1872 \ 1912]$$

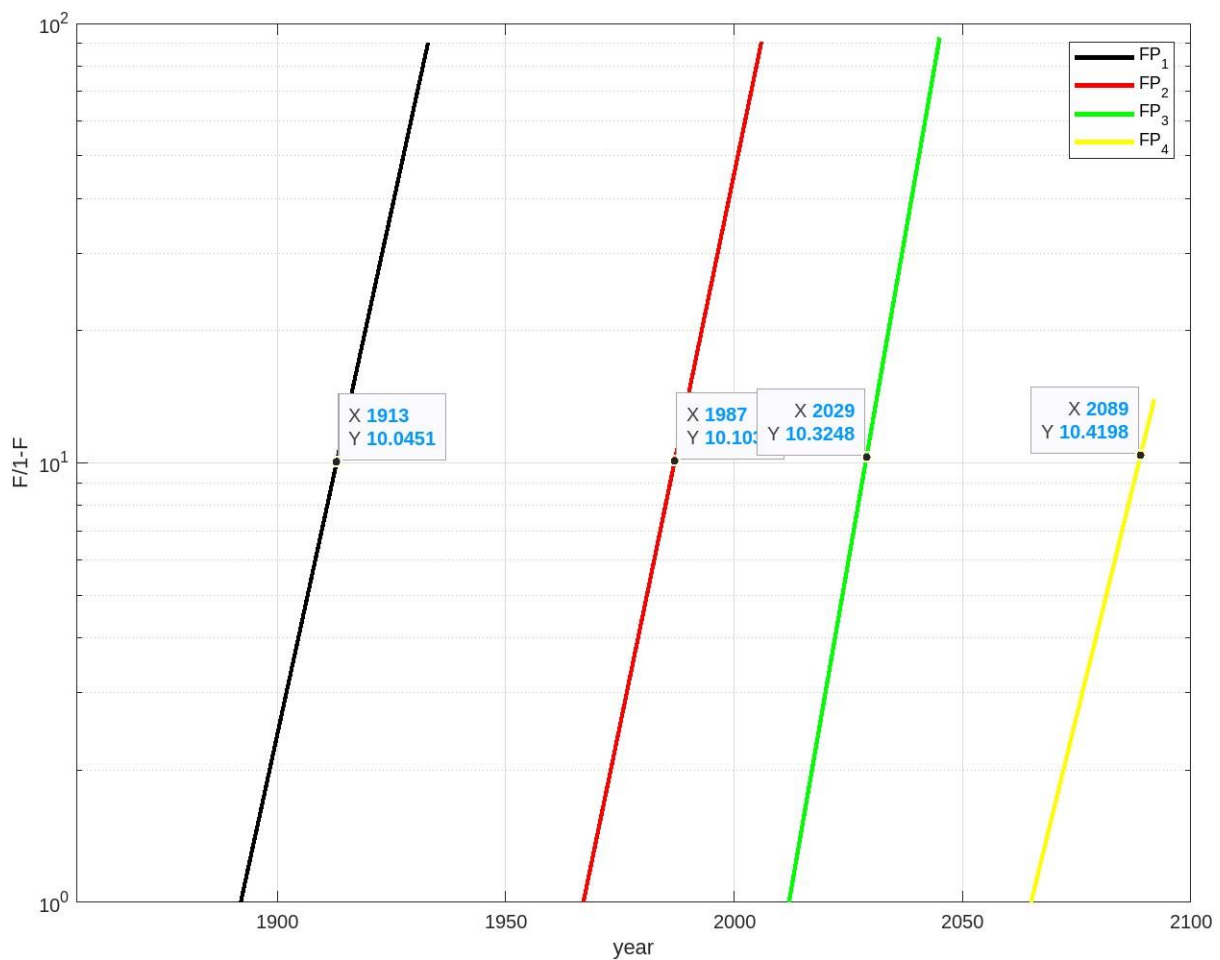
$$x_2 = [1948 \ 1986]$$

$$x_3 = [1996 \ 2028]$$

$$x_4 = [2043 \ 2088]$$

Οι αρχικές ημερομηνίες υποδεικνύουν την εμπορική αφετηρία των τεχνολογιών που γενούν τον κάθε μακροχρόνιο κύκλο. Ενώ το άνω όριο του κάθε χρονικού υποσυνόλου δείχνει την χρονική περίοδο που οι αντίστοιχες τεχνολογίες φτάνουν στο επίπεδο κορεσμού σε παγκόσμια κλίμακα. Δηλαδή, την δεδομένη χρονική στιγμή (2023) σε παγκόσμια κλίμακα ο ψηφιακός μετασχηματισμός δεν έχει φτάσει το επίπεδο κορεσμού του και αναμένεται να συμβεί στην δεκαετία του 2030.

Εν συνεχεία, εφαρμόζονται οι μετασχηματισμοί Fisher & Pry για την κάθε καμπύλη.



Γράφημα 19

Καταλήγουμε στο παραπάνω γράφημα που αποδεικνύει την αρχική θεωρία. Συγκεκριμένα, βλέπουμε τέσσερις παράλληλες γραμμές που η κάθε μια αντιστοιχεί σε έναν μακροχρόνιο οικονομικό. Η απόδειξη της αρχικής θεωρίας προκύπτει από το γεγονός ότι οι συγκεκριμένες γραμμές είναι παράλληλες. Το γεγονός αυτό επαληθεύει την αλληλουχία των είδη επιβεβαιωμένων μακροχρόνιων οικονομικών κύκλων και κατ' επέκταση του επόμενου μιας και ακολουθεί το μοτίβο των προηγούμενων. Η μέση χρονική απόσταση του μεσοδιαστήματος τους ισούται με περίπου 58 έτη, μια απόκλιση 2 ετών που προκύπτει από τον συνδυασμό των μετρήσεων των δεδομένων που εμπεριέχουν και μετρήσεις από ιστορικά γεγονότα καθώς και την αβεβαιότητα όσον αφορά τις προβλεπόμενες τιμές του τέταρτου μακροχρόνιου οικονομικού κύκλου.

4.4 Συμπεράσματα

Την προκειμένη στιγμή η συζήτηση περί τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης απόκτα μέρα με την μέρα αυξανόμενες διαστάσεις. Ωστόσο, από την συγκεκριμένη ανάλυση συμπεραίνουμε πως ακόμη η αρχή της απέχει τουλάχιστον δύο δεκαετίες.

Εξάγεται ως συμπέρασμα πως η παγκόσμια κοινότητα βρίσκεται στο στάδιο της ανάπτυξης και της εξέλιξης των συγκεκριμένων τεχνολογιών μέχρις ότου να διεισδύσουν ουσιαστικά στην παγκόσμια οικονομία. Όπως, η ατμομηχανή, το αυτοκίνητο, ο υπολογιστής διένυσαν ένα εύλογο χρονικό διάστημα μέχρι να αναπτυχθούν οι κατάλληλες υποδομές και τεχνογνωσία για την αξιοποίηση τους σε μαζική κλίμακα, το ίδιο συμβαίνει και τώρα με την τεχνητή νοημοσύνη, την προσθετική εκτύπωση και άλλες όμοιες τεχνολογικές εφευρέσεις.

Το πιο βέβαιο συμπέρασμα είναι ότι οι επόμενες δύο δεκαετίες θα αποτελέσουν μια χρονική περίοδο με αρκετές κρίσης. Αυτή η διαδικασία εκλύεται από τον κορεσμό της οικονομίας και κατά συνέπεια το κεφάλαιο αποτραβιέται από μη-αποδοτικές επενδύσεις και αναζητάει νέους τομείς της οικονομίας. Μέχρις ότου αναπτυχθούν οι κατάλληλες υποδομές ώστε οι επενδύσεις να επανέλθουν σε βιώσιμα επίπεδα κοινωνικές κρίσεις θα ξεσπάσουν από τους χαμηλούς ρυθμούς ανάπτυξης.

5.1 Εισαγωγή

Είναι ύψιστης σημασίας πρώτα από όλα να κατανοηθεί πλήρως τι ορίζουν οι οικονομολόγοι ως Βιομηχανική Επανάσταση.

Μερικοί οικονομολόγοι προσεγγίζουν τον ορισμό της Βιομηχανικής Επανάστασης υποστηρίζοντας ότι υπήρξε μια βιομηχανική επανάσταση και πως τα πάντα στην σύγχρονη οικονομία είναι μια συνέχεια τεχνολογικών ανακαλύψεων που έκαναν την παραγωγή αποτελεσματικότερη. Με τον παραπάνω ορισμό συμφωνούν και οι Ιστορικοί. Δίνοντας τον τίτλο «Βιομηχανική Επανάσταση» για να περιγράψουν σε την περίοδο μεταξύ της μέσης του 18^{ου} αιώνα με τα τέλη του 19^{ου} αιώνα στην Ευρώπη (Deane, 1979).

Ωστόσο υπάρχει ένας πιο ευέλικτος ορισμός ο οποίος οριοθετεί την Βιομηχανική Επανάσταση περισσότερο ως μια διαδικασία παρά ως ιστορικό γεγονός. Αυτός ο ορισμός ταξινομεί την Βιομηχανική Επανάσταση ως «Μια συστηματική αλλαγή στην τεχνολογία που αλλάζει και βελτιώνει τον τρόπο λειτουργίας των επιχειρήσεων, καθώς δημιουργεί νέες επιχειρήσεις σε όλους τους κλάδους της οικονομίας» (Beker, C., & Lipsey, R. G., 2002). Ιδιαίτερα καθοριστικό σημείο για τον ορισμό μιας Βιομηχανικής Επανάστασης είναι το δεύτερο μέρος του συγκεκριμένου ορισμού. Συγκεκριμένα αυτό το κομμάτι είναι και ο διαφοροποιητικός παράγοντας μεταξύ μιας Βιομηχανικής επανάστασης με μιας εξαιρετικά καινοτόμου τεχνολογίας.

Σε έναν εξωτερικό παρατηρητή οι καινοτομίες που επέφεραν μακροχρόνιους οικονομικούς κύκλους μοιάζουν σαν μια φυσική εξέλιξη της κοινωνίας. Ωστόσο, η πραγματικότητα δεν συμπίπτει με αυτή την φυσική εξέλιξη. Διότι, συγκεκριμένες τεχνολογικές εφευρέσεις είχαν την δυνατότητα να μετασχηματίσουν τον τρόπο λειτουργίας ολόκληρων βιομηχανιών και τις οικονομίες ανά τον κόσμο (Landes, 2003)

Ουσιαστικά οι διαφορές μεταξύ των πρωταγωνιστών στη συζήτηση είναι διαφορές έμφασης και όχι ουσίας. Κανένας δεν θα αρνηθεί ότι η περίοδος που ξεκίνησε γύρω στα μέσα του δέκατου όγδοου αιώνα ήταν μια περίοδος κατά την οποία σημειώθηκαν σημαντικές και εκτεταμένες αλλαγές στον χαρακτηριστικό ρυθμό της οικονομικής ζωής στη Βρετανία και κατ' επέκτασης στην Ευρώπη και ότι αυτές αποτελούσαν έναν μετασχηματισμό που ήταν, κατά μια έννοια, το πρωτότυπο της μετάβασης από τις προβιομηχανικές στις βιομηχανικές μορφές οικονομικής οργάνωσης.

Εκείνοι που επιλέγουν να τονίσουν την υποβόσκουσα συνέχεια της ιστορίας θα αναζητήσουν τις απαρχές της διαδικασίας εκβιομηχάνισης πίσω στους προηγούμενους αιώνες. Όσοι προτιμούν να επικεντρωθούν στις σημαντικές ασυνέχειες της ιστορίας, θα τονίσουν τον επαναστατικό χαρακτήρα των αλλαγών που συντελούνται σε σχετικά σύντομες χρονικές περιόδους και θα αναζητήσουν τα κρίσιμα ορόσημα και τις μη αναστρέψιμες ανατροπές.

Πρόκειται για διαφορές στις μεθόδους ιστορικής ανάλυσης και ερμηνείας παρά για διαφωνίες σχετικά με το τι πραγματικά συνέβη στην ιστορία. Για να κατανοήσει κανείς τη διαδικασία της οικονομικής αλλαγής πρέπει να λάβει υπόψη και τις δύο προσεγγίσεις και να αναγνωρίσει τις σημαντικές ασυνέχειες στον «αδιάλειπτο ιστό» της ιστορίας.

Κάθε καινοτομία είχε ένα ξεχωριστό αντίκτυπο το οποίο είναι αρκετά απτό να εντοπιστεί. Όμως οι συνέπειες της διογκωμένης παραγωγής και τεχνολογικής εξέλιξης επέφεραν έναν πρωτοφανή μετασχηματισμό της οικονομίας. Όπου η ταυτόχρονη και μαζική αύξηση της παραγωγικότητας σε συγκεκριμένους τομείς και βιομηχανίες κατάφεραν να επιφέρουν επαναστάσεις. Επαναστάσεις όπου επαναπροσδιόρισε τη λειτουργία των κρατών, της κοινωνίας, της οικογένειας και των ατόμων. Δημιουργώντας νέες συνθήκες διαβιώσεις, νέα επαγγέλματα και γνώση εξελίσσοντας την ίδια εμπειρία της ανθρώπινης ζωής.

Συνοψίζοντας, στόχος του συγκεκριμένου κεφάλαιου είναι να αναφερθούν οι τεχνολογίες γενικής χρήσης όπου είχαν καθοριστικό ρόλο για τον ερχομό της κάθε μιας βιομηχανικής επανάστασης ξεχωριστά.

5.2 Το σημείο εκκίνησης

Είναι πλέον σχεδόν ένα αξίωμα της θεωρίας της οικονομικής ανάπτυξης ότι ο δρόμος προς την ευημερία βρίσκεται μέσω μιας βιομηχανικής επανάστασης. Μια συνεχής –κάποιοι θα έλεγαν «αυτοσυντηρούμενη»– διαδικασία οικονομικής ανάπτυξης, σύμφωνα με την οποία κάθε γενιά μπορεί να περιμένει με σιγουριά ότι θα απολαύσει υψηλότερα επίπεδα παραγωγής και κατανάλωσης από τους προκατόχους της, είναι εφικτή μόνο σε εκείνα τα έθνη που βιομηχανοποιούνται. Η εντυπωσιακή διαφορά μεταξύ του βιοτικού επιπέδου των κατοίκων των λεγόμενων ανεπτυγμένων κρατών με εκείνων που επικρατούν στα σημερινά υποανάπτυκτα κράτη οφείλεται ουσιαστικά στο γεγονός ότι οι πρώτες έχουν βιομηχανοποιηθεί και οι τελευταίες όχι. Αυτό δεν σημαίνει ότι υπάρχει κάποια συγκεκριμένη διαδικασία ή γεγονός με το όνομα «βιομηχανική επανάσταση» που παίρνει την ίδια μορφή σε όλες τις χώρες στις οποίες εμφανίζεται. Υπονοεί όμως ότι υπάρχουν ορισμένες αναγνωρίσιμες αλλαγές στις μεθόδους και τα χαρακτηριστικά της οικονομικής οργάνωσης, που συνολικά, συνιστούν μια εξέλιξη

του είδους που περιγράφεται ως βιομηχανική επανάσταση (Nief, 1950). Αυτές περιλαμβάνουν τις ακόλουθες σχετικές αλλαγές:

1. Ευρεία και συστηματική εφαρμογή της σύγχρονης επιστήμης και της εμπειρικής γνώσης στη διαδικασία παραγωγής για την αγορά.
2. Εξειδίκευση της οικονομικής δραστηριότητας που στοχεύει στην παραγωγή για εθνικές και διεθνείς αγορές και όχι για οικογενειακή ή τοπική χρήση.
3. Μετακίνηση πληθυσμού από αγροτικές σε αστικές κοινότητες.
4. Διεύρυνση και αποπροσωποποίηση της τυπικής μονάδας παραγωγής, ώστε να βασίζεται λιγότερο στην οικογένεια ή τη φυλή και περισσότερο στην εταιρική ή δημόσια επιχείρηση.
5. Μετακίνηση εργατικού δυναμικού από δραστηριότητες που σχετίζονται με την παραγωγή πρωτογενών προϊόντων στην παραγωγή βιομηχανικών αγαθών και υπηρεσιών.
6. Εντατική και εκτεταμένη χρήση κεφαλαιουχικών πόρων ως υποκατάστατο και συμπλήρωμα της ανθρώπινης προσπάθειας.
7. Εμφάνιση νέων κοινωνικών και επαγγελματικών τάξεων που καθορίζονται από την ιδιοκτησία ή τη σχέση με τα μέσα παραγωγής εκτός της γης, συγκεκριμένα με το κεφάλαιο.

Αυτές οι αλληλένδετες αλλαγές, εάν αναπτυχθούν μαζί και σε επαρκή βαθμό, συνιστούν μια βιομηχανική επανάσταση.

Η πρώτη βιομηχανική επανάσταση συνέβη στη Μεγάλη Βρετανία και έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον διότι συνέβη αυθόρμητα, χωρίς την κρατική βοήθεια που ήταν χαρακτηριστική των περισσότερων διαδοχικών βιομηχανικών επαναστάσεων. Το πότε ακριβώς έγινε είναι θέμα αντιπαράθεσης. Ο πρώτος οικονομικός ιστορικός που συζήτησε τη βρετανική εμπειρία της εκβιομηχάνισης με όρους αυτής της έννοιας μιας συγκεκριμένης επανάστασης ήταν ο Arnold Toynbee (Hartwell, 1965), ο οποίος παρέδωσε μια σειρά διαλέξεων για το θέμα στο Πανεπιστήμιο της Οξφόρδης το έτος 1880. Ορίζει ως τη χρονία εκκίνησης της Βιομηχανικής Επανάστασης το 1760.

5.3 Η Πρώτη Βιομηχανική Επανάσταση

5.3.1 Περίληψη

Η Πρώτη Βιομηχανική Επανάσταση είναι μια σημαντική ιστορική διαδικασία σε τοπικό, περιφερειακό, εθνικό, ηπειρωτικό και παγκόσμιο επίπεδο. Λόγω της Πρώτης Βιομηχανικής Επανάστασης σημειώθηκε κοινωνική, πολιτιστική, πολιτική και γεωπολιτική πρόοδος, η οποία οδήγησε τον μετασχηματισμό από αγροτικές

οικονομίες σε βιομηχανικές οικονομίες, στα κράτη της Ευρώπης και τη Βόρεια Αμερική.

Η Αγγλία είναι η πρώτη χώρα όπου ξεκίνησαν οι βιομηχανικές παραγωγές. Στα τέλη του 18ου και στις αρχές του 19ου αιώνα (1760–1840) υπήρξαν τεράστιες κοινωνικοοικονομικές αλλαγές στην Αγγλία. Η πρώτη Βιομηχανική Επανάσταση ήταν μια παγκόσμια επιτυχία, μεγαλύτερη από την επανάσταση της Αναγέννησης, ή τη Γαλλική Επανάσταση (Deane, 1979).

Οι εφευρέτες, οι ειδικευμένοι τεχνίτες, οι κεφαλαιούχοι, οι έμποροι και οι ιδιοκτήτες των νέων μύλων και ορυχείων είχαν σχηματίσει τη Πρώτη Βιομηχανική Επανάσταση. Οι επενδύσεις στην τοπική βελτίωση δρόμων, γεφυρών, καναλιών, λιμενικών έργων και αργότερα σιδηροδρόμων είχαν αναπτύξει την οικονομία και κατά συνέπεια την ποιότητα ζωής στην Αγγλία.

Η Νευτώνεια επιστήμη ήταν απαραίτητη για τη Βιομηχανική Επανάσταση και αυτή η επιστήμη διείσδυσε μόνο στη βρετανική κοινωνία. Αυτή η επιστήμη έλειπε στις ΗΠΑ και σε άλλα μέρη του κόσμου ώστε να επιτευχθεί εκεί. Επίσης, η Βρετανία είχε ισχυρή ασφάλεια ακίνητης και οικονομικής ιδιοκτησίας και καλύτερη προστασία της πνευματικής ιδιοκτησίας.

Κατά τη διάρκεια του 18^{ου} αιώνα η Αγγλία διέθετε εκτεταμένους φυσικούς πόρους, όπως νερό και άνθρακα για την καύση των νέων μηχανών, σιδηρομεταλλεύματα για την κατασκευή μηχανών, εργαλείων και κτιρίων, ποτάμια για εσωτερική μεταφορά και εξελιγμένα λιμάνια. Η Αγγλία ήταν μια πολιτικά σταθερή κοινωνία και ήταν η κορυφαία αποικιακή δύναμη του κόσμου. Οι αποικίες χρησίμευσαν ως πηγή για πρώτες ύλες, καθώς και ως αγορά για βιομηχανικά προϊόντα. Οι επιχειρηματίες επένδυσαν ένα μεγάλο ποσό για νέες εφευρέσεις στον τομέα της μεταποίησης. Ταυτόχρονα, η Αγγλία είχε πολύ ανεπτυγμένο τραπεζικό σύστημα για να επενδύσει στη βιομηχανία. Οι άνθρωποι ενθαρρύνθηκαν από τη διαθεσιμότητα τραπεζικών δανείων να επενδύσουν σε νέα μηχανήματα και να επεκτείνουν τις δραστηριότητές τους (Hartwell, 1965).

5.3.2 Η γέννηση της Πρώτης Βιομηχανικής Επανάστασης

Η διαδικασία τεχνολογικής προόδου των διάφορων κλάδων σε συνδυασμό με την ευνοϊκή θέση της Βρετανίας ως η ισχυρότερη δύναμη του δέκατου όγδοου αιώνα οδήγησαν στην Πρώτη Βιομηχανική Επανάσταση του κόσμου.

Είναι εύκολο να θεωρήσουμε την πρώτη βιομηχανική επανάσταση ως αποτελούμενη όχι από μία αλλά από ένα συνονθύλευμα επαναστάσεων στο παραδοσιακό σύστημα οικονομικής δραστηριότητας, καθεμία από τις οποίες πηγάζει εν μέρει από ένα ανεξάρτητο σύνολο αιτιών και καθεμία αλληλοεπιδρά με τις υπόλοιπες για να παράγει συσσωρευτικά αποτελέσματα.

Οι τέσσερις βασικοί πυλώνες, η δημογραφική επανάσταση, η αγροτική επανάσταση, η εμπορική επανάσταση καθώς και η επανάσταση στις μεταφορές βοήθησαν στην επιτάχυνση και τη σωστή ρύθμιση της πρώτης βιομηχανικής επανάστασης.

Αποτελούν αναπόσπαστο μέρος της, ήταν οι πιο σημαντικές προϋποθέσεις για την επιτυχή εκβιομηχάνιση και τη διαρκή οικονομική ανάπτυξη που την συνοδεύει. Καθώς ακολούθησαν εφεύρεση της ατμομηχανής και η εκβιομηχάνιση της βιομηχανίας βαμβακιού (Hartwell, 1965) .

5.3.4 Οι τεχνολογίες γενικής χρήσης

4.3.4.1 Ατμομηχανή - Προϊόν

Υπήρχαν μια σειρά από απαραίτητες προϋποθέσεις για την εφεύρεση και εξέλιξη της ατμομηχανής. Ζωτικής σημασίας ήταν η ανάγκη για την άντληση του νερού από τα ορυχεία και οι μετέπειτα η εφαρμογή της σε άλλους βιομηχανικούς κλάδους. Οι λόγοι που οδήγησαν στην εφεύρεση της οφείλονταν στην επιστημονική πρόοδο που βίωσε η Ευρώπη το 16^ο και 17^ο αιώνα σχετικά με τη τις φυσικές λειτουργίες της ατμοσφαιρικής πίεσης, της μεθόδου δημιουργίας κενού και των ιδιοτήτων των αερίων.

Είναι γνωστό από της περιγραφές του Έρωνα της Αλεξάνδρειας πως η ανθρώπινη επαφή με τη δύναμη του ατμού υπήρχε από την αρχαιότητα. Περιέγραψε διάφορες μηχανές που χρησιμοποιούν ατμό για σκοπούς όπως το άνοιγμα των θυρών των ναών ή ως για αναπαραγωγή ήχων. Ανέφερε ακόμη και κινητήρες που χρησιμοποιήθηκαν για να εντυπωσιάσουν του ανθρώπους εκείνης της εποχής παρά για πρακτικούς σκοπούς.

Ο πρώτος που κατασκεύασε μια λειτουργική ατμομηχανή ήταν ο Thomas Savery, στην Βρετανία και την καταχώρησε με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας ως «μηχανή άντλησης νερού με τη δύναμη της φωτιάς». Ο κινητήρας του Savery λειτούργησε με ατμό με την καύση άνθρακα και έθετε σε κίνηση μια αντλία ικανή για συνεχή λειτουργία, αλλά με το ατυχές ελάττωμα να είναι ακατάλληλη για την άντληση νερού στα περισσότερα ορυχεία, καθώς μπορούσε να αντλήσει νερό μόνο σε ύψος είκοσι μέτρων. Επιπλέον, το μηχάνημα δεν είχε βαλβίδα ασφαλείας και είχε την τάση να εκρήγνυται κατά καιρούς λόγω της πίεσης του ατμού στο λέβητα. Ωστόσο, η ατμομηχανή του Savery ήταν η πρώτη ατμομηχανή που είχε εμπορική αξία και οι μετέπειτα βελτιώσεις της κατάφεραν να την καθιερώσουν στην πλειοψηφία των ανθρακωρυχείων της Αγγλίας.

Το επόμενο σημαντικό βήμα στην εξέλιξη της ατμομηχανής προήλθε από τον επιστήμονα James Watt. Ο Watt σε συνεργασία με των Boulton το 1773, συμπεριλάβαν στον κινητήρα που κατασκεύασαν τον συμπυκνωτή αυξάνοντας ραγδαία την ισχύ και μειώνοντας την κατανάλωση στο ένα τέταρτο. Ωστόσο, ο κινητήρας του Watt επέφερε επανάσταση στο κόσμο της παραγωγής όταν οι μετέπειτα αλλαγές στις μηχανικές του ιδιότητες του επέτρεπαν την παραγωγή περιστροφικής κίνησης. Η περιστροφική κίνηση επέτρεπε την εφαρμογή του ατμοκινητήρα σε όλες της βιομηχανίες της εποχής. Ο πρώτος ατμοκινητήρας με

περιστροφική κίνηση κατασκευάστηκε το 1783 και μέχρι το 1787 ο σχεδιασμός τυποποιήθηκε. Αυτό συνέβαλε στην εκθετική αύξηση των εφαρμογών της ατμομηχανής.

Η στροφή από τα πρωτογενή προϊόντα στα μεταποιημένα αγαθά και από τα προϊόντα της παλιάς εγχώριας βιομηχανίας στα προϊόντα της νέας καπιταλιστικής εργοστασιακής βιομηχανίας προκλήθηκε από την ανακάλυψη και εξέλιξη της ατμομηχανής. Από μόνη της αυτή η εφεύρεση δημιούργησε την πρώιμη σύγχρονη βιομηχανική εποχή παγκοσμίως, η οποία επέφερε επαναστάσεις στα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα, τα ορυχεία, τους ατμοκίνητους σιδηροδρόμους, τα ατμοκίνητα θαλάσσια πλοία, την παραγωγή χάλυβα και άλλους τομείς οικονομικών δραστηριοτήτων.

5.3.4.2 Εργοστάσιο – Σύστημα Οργάνωσης

Το εργοστασιακό είναι μια μέθοδος κατασκευής με χρήση μηχανημάτων και αξιοποιώντας την μέθοδο καταμερισμού εργασίας (Smith, 1776). Λόγω του υψηλού κεφαλαιουχικού κόστους των μηχανημάτων και των εγκαταστάσεων, τα εργοστάσια ανήκουν συνήθως σε ιδιωτική ιδιοκτησία πλούσιων ατόμων ή εταιρειών που απασχολούσαν το εργατικό δυναμικό. Η χρήση μηχανημάτων με τον καταμερισμό της εργασίας μείωσε το απαιτούμενο επίπεδο δεξιοτήτων των εργαζομένων και επίσης αύξησε την παραγωγή ανά εργαζόμενο.

Το συγκεκριμένο σύστημα οργάνωσης της παραγωγής υιοθετήθηκε για πρώτη φορά στη Βρετανία στα τέλη του δέκατου όγδοου αιώνα και αργότερα εξαπλώθηκε σε όλο τον κόσμο. Αντικατέστησε το φεουδαρχικό σύστημα παραγωγής πλούτου. Το κύριο χαρακτηριστικό του εργοστασιακού συστήματος είναι η χρήση μηχανημάτων, που τροφοδοτούνταν αρχικά με νερό ή ατμό και αργότερα με ηλεκτρισμό. Άλλα χαρακτηριστικά του συστήματος προέρχονται κυρίως από τη χρήση μηχανημάτων ή οικονομιών κλίμακας, τη συγκέντρωση των εργοστασίων και την τυποποίηση των εναλλάξιμων εξαρτημάτων.

Το εργατικό δυναμικό γενικά δεν κατέχει μερίδιο στην επιχείρηση. Οι καπιταλιστές ιδιοκτήτες παρέχουν όλα τα μηχανήματα, τα κτίρια, τη διαχείριση και τη διοίκηση, ύλες και είναι υπεύθυνοι για την πώληση όλης της παραγωγής, καθώς και για τυχόν απώλειες που προκύπτουν.

Πριν από το εργοστάσιο, ορισμένοι τεχνίτες είχαν πολλά προϊόντα, όπως παπούτσια και όπλα που κατασκεύαζαν κατά παραγγελία. Αντίθετα, οι περισσότεροι εργάτες ήταν είτε χαμηλής ειδίκευσης που φρόντιζαν ή χειρίζονταν μηχανήματα, είτε ανειδίκευτοι εργάτες που μετακινούσαν υλικά και προϊόντα καθώς υπήρχαν και λίγοι ειδικευμένοι μηχανικοί.

Τα αντικείμενα κατασκευάστηκαν με τυπικές προδιαγραφές, όπως σόλες, τακούνια και ούτως κάθε εξής για τα παπούτσια και άλλα προϊόντα κατασκευασμένα σε

ομοιόμορφα μεγέθη (Thomson, 1989). Η ομοιομορφία οφειλόταν κυρίως στην ακρίβεια που ήταν δυνατή από τα μηχανήματα, αλλά και η ποιότητα εποπτευόταν από τη διοίκηση. Η ποιότητα πολλών εργασιών, όπως το ράφιμο, ήταν ανώτερη από της μηχανές. Με αποτέλεσμα τα εργοστάσια να μπορούν να παράγουν και να διανέμουν αγαθά σε σταθερές ποσότητες.

5.3.4.3 Σιδηροδρομικές μεταφορές – Προϊόν

Η ανάπτυξη του σιδηροδρόμου στο Ηνωμένο Βασίλειο ήταν μια από τις σημαντικότερες εφευρέσεις για τον ερχομό της πρώτης βιομηχανικής επανάστασης.

Οι πρώτες ράγες κάνουν την εμφάνιση προς τα τέλη του μεσαίωνα ήταν κατασκευασμένες από ξύλο και λειτουργούσαν με ανθρώπινη ή ζωική δύναμη, μέσω ενός τροχού. Η επανάσταση των εμπορικών μεταφορών επέλθει την ανάπτυξη της ατμομηχανής.

Αξιοποιώντας την λειτουργία των ατμομηχανών, θα μπορούσε κανείς να κατασκευάσει ένα νέο σύστημα μεταφοράς. Τα σιδηροδρομικά οχήματα γνωστά σε όλους και ως τρένα ήταν βασικό συστατικό της Βιομηχανικής Επανάστασης.

Με την ανάπτυξη του σιδηροδρομικού δικτύου και την χρήση των τρένων μειώθηκε το κόστος μεταφοράς εμπορευμάτων και σταμάτησαν να χάνονται αγαθά, σε σύγκριση με τις υδάτινες μεταφορές, οι οποίες αντιμετώπιζαν περιστασιακές βυθίσεις πλοίων. Η αλλαγή από τα κανάλια σε σιδηροδρόμους επέτρεψε τις «εθνικές αγορές» στις οποίες οι τιμές διέφεραν πολύ λίγο από πόλη σε πόλη. Επιπλέον η εξάπλωση του σιδηροδρομικού δικτύου και η χρήση σιδηροδρομικών δρομολογίων, οδήγησε στην τυποποίηση της ώρας στη Βρετανία με βάση την ώρα Γκρίνουιτς.

Η πρώτη ατμομηχανή σιδηροδρομικής λειτουργίας κατασκευάστηκε στο Ηνωμένο Βασίλειο το 1804 από τον Richard Trevithick. Στις 21 Φεβρουαρίου 1804, το πρώτο ατμοκίνητο σιδηροδρομικό ταξίδι στον κόσμο πραγματοποίησε για πρώτη φορά μια ατμομηχανή που έδωσε κίνηση στους τροχούς ενός τρένου για την μεταφορά μεταλλευμάτων σε ένα σιδηρουργείο στη Νότια Ουαλία.

Χρειάστηκαν αρκετά χρόνια για το πρώτο εμπορικά επιτυχημένο σιδηροδρομικό όχημα να αναπτυχθεί. Αυτό ήταν το τρένο του Matthew Murray που κατασκευάστηκε για την εταιρεία «Middleton Railway» το 1812. Η δικύλινδρη ατμομηχανή του ήταν αρκετά ελαφριά ώστε να μην σπάσει της ράγες όπου πατώσουν οι τροχοί του και έλυσε το πρόβλημα της πρόσφυσης με έναν οδοντωτό τροχό χρησιμοποιώντας ένα σύστημα γραναζιών στο πλάι σε μια από τις 2 ράγες. Ύστερα, ο σιδηρόδρομος απέκτησε πολλές χρήσεις από υπόγειες συγκοινωνίες, μέχρι και στα ορυχεία για την μεταφορά πρώτων υλών (Ellis, 1969).

Η επίδραση που είχε στον σύγχρονο κόσμο ήταν ανεκτίμητη καθώς επέτρεψε χαμηλού κόστους εμπορικές και επιβατικές μεταφορές. Εκμηδένισε τις αποστάσεις επιτρέποντας την εξάπλωση των πόλεων καθώς και την άνθηση της εγχώριων αγορών. Εκμεταλλεύτηκε από όλους τους βιομηχανικούς κλάδους και επέτρεψε την επέκταση των γραμμών παραγωγής των εργοστασίων αφήνοντας έτσι ένα μοναδικό στίγμα στην ανθρώπινη ιστορία από όλες τις σκοπιές.

5.3.4.4 Ατμόπλοια – Προϊόν

Το πρώτο ατμόπλοιο κατοχυρώθηκε με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας από τον John Allen το 1729 (Allen, 1730). Το 1736, ο Jonathan Hulls έλαβε δίπλωμα ευρεσιτεχνίας στην Αγγλία για ένα ατμόπλοιο με κινητήρα Newcomen, αλλά ήταν η βελτίωση στις ατμομηχανές από τον James Watt που έκανε την ιδέα εφικτή.

Αρκετές δεκαετίες έπειτα και έπειτα από πολλές προσπάθειες δημιουργίας ατμόπλοιων, το 1801 ο Symington κατοχύρωσε με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας μια ατμομηχανή απευθείας συνδεδεμένη με μια μανιβέλα. Εφαρμόζοντας αυτή την καινοτομία στο ατμόπλοιο που κατασκεύασε προσπάθησε να κάνει μια φιλόδοξη δοκιμή. Στο τεστ το ατμόπλοιο ρυμούλκησης δύο μαούνες 70 τόνων για 30 χιλιόμετρα κατά μήκος ενός καναλιού όπου χρειάστηκε περίπου εννέα ώρες. Ήταν το πρώτο πρακτικό ατμόπλοιο, όπου απέδειξε την πρακτικότητα της ατμοδυναμικής ισχύος για τα πλοία, και ήταν το πρώτο που ακολουθήθηκε από συνεχή ανάπτυξη ατμόπλοιων (Clark B. , 2010).

Το πρώτο θαλάσσιο ατμόπλοιο είχε το όνομα "Experiment" και κατασκευάστηκε από τον Richard Wright, κατορθώνοντας το υπερατλαντικό ταξίδι από το Λιντς της Αγγλίας φτάνοντας στο Γιάρμουθ της Αμερικής στις 19 Ιουλίου 1813.

Ωστόσο, τα ατμόπλοια απαιτούσαν τη μεταφορά καυσίμων εις βάρος του ωφέλιμου φορτίου. Για το λόγο αυτό για κάποιο χρονικό διάστημα τα ιστιοφόρα παρέμειναν οικονομικά βιώσιμα για μεγάλα ταξίδια. Ωστόσο, καθώς βελτιωνόταν η τεχνολογία της ατμομηχανής, θα μπορούσε να παραχθεί περισσότερη ισχύς από την ίδια ποσότητα καυσίμου και θα μπορούσαν να διανύουν μεγαλύτερες αποστάσεις. Ένα ατμόπλοιο που κατασκευάστηκε το 1855 απαιτούσε περίπου το 40% του διαθέσιμου χώρου φορτίου του για να αποθηκεύσει αρκετό άνθρακα για να διασχίσει τον Ατλαντικό, αλλά μέχρι τη δεκαετία του 1860, οι υπερατλαντικές υπηρεσίες ατμόπλοιων έγιναν οικονομικά αποδοτικές και τα ατμόπλοια άρχισαν να κυριαρχούν σε αυτές τις διαδρομές. Μέχρι τη δεκαετία του 1870, ιδιαίτερα σε συνδυασμό με το άνοιγμα της διώρυγας του Σουέζ το 1869, η Νότια Ασία έγινε οικονομικά προσιτή για ατμόπλοια από την Ευρώπη.

Τη δεκαετία του 1890, η τεχνολογία των ατμόπλοιων βελτιώθηκε τόσο που τα ατμόπλοια έγιναν οικονομικά βιώσιμα ακόμη και σε ταξίδια μεγάλων αποστάσεων, όπως η σύνδεση της Μεγάλης Βρετανίας με τις ασιατικές αποικίες της στον

Ειρηνικό, όπως η Σιγκαπούρη και το Χονγκ Κονγκ με αποτέλεσμα την πτώση των ιστιοφόρων πλοίων.

5.4 Η Δεύτερη Βιομηχανική Επανάσταση

5.4.1 Περιγραφή

Η δεύτερη Βιομηχανική Επανάσταση συνήθως χρονολογείται μεταξύ 1870 και 1914, αν και ορισμένα από τα χαρακτηριστικά γεγονότα της μπορούν να χρονολογηθούν στη δεκαετία του 1850. Είναι, ωστόσο, ξεκάθαρο ότι ο γρήγορος ρυθμός των εφευρέσεων επιβραδύνθηκε μετά το 1825 και άρχισε να αυξάνεται ξανά κατά τα τέλη του 19^{ου} αιώνα (Mokyr, 1998). Ωστόσο, οι μεγάλες πρωτοποριακές εφευρέσεις στην ενέργεια, τα υλικά, τις χημικές ουσίες και την ιατρική που περιγράφονται παρακάτω ήταν κρίσιμες όχι επειδή οι ίδιες είχαν αναγκαστικά τεράστιο αντίκτυπο στην παραγωγή, αλλά επειδή αύξησαν την αποτελεσματικότητα της έρευνας και της ανάπτυξης.

Από αυτή την άποψη, οι εφευρέσεις μετά το 1870 ήταν διαφορετικές από αυτές που προηγήθηκαν. Η περίοδος 1859-1873 έχει χαρακτηριστεί ως μια από τις πιο πυκνές σε καινοτομίες περιόδους της ανθρώπινης ιστορίας. Ακόμη και πριν από το 1870, ορισμένες ιδιότητες της φυσικής ήταν επαρκώς κατανοητές ώστε να παρέχουν κάποια καθοδήγηση ως προς το πώς να εξελιχθεί τεχνολογία πιο αποτελεσματικά (Joel Mokyr, Robert H. Strotz, 1990). Ως αποτέλεσμα, η δεύτερη Βιομηχανική Επανάσταση επέκτεινε τις μάλλον περιορισμένες και τοπικές επιτυχίες της πρώτης σε ένα πολύ ευρύτερο φάσμα δραστηριοτήτων και προϊόντων. Το βιοτικό επίπεδο και η αγοραστική δύναμη αυξήθηκαν ραγδαία, καθώς οι νέες τεχνολογίες έφτασαν όσο ποτέ άλλοτε στην καθημερινότητα της μεσαίας και εργατικής τάξης.

5.4.2 Οι τεχνολογίες γενικής χρήσης

5.4.2.1 Κινητήρας Εσωτερικής Καύσης - Προϊόν

Μηχανή εσωτερικής καύσης ονομάζεται η κινητήρια θερμική μηχανή στην οποία η καύση του καυσίμου γίνεται στο εσωτερικό σώμα της ίδιας της μηχανής, εξ ου και η ονομασία της, σε αντίθεση με την ατμομηχανή, όπου η καύση γίνεται εκτός.

Η απαρίθμηση των διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας για τον κινητήρα εσωτερικής καύσης ξεκινάει από το 1791 και φτάνει μέχρι και το 1939, με την ενδιάμεση περίοδο να εκδίδεται ένας αμέτρητος όγκος από πατέντες που αφορούν την συγκεκριμένη τεχνολογία (McNeil, 1990). Όμως, η πρώτη εμπορικά επιτυχημένη μηχανή εσωτερικής καύσης δημιουργήθηκε από τον Étienne Lenoir γύρω στο 1860 και η πρώτη σύγχρονη μηχανή εσωτερικής καύσης, γνωστή ως κινητήρας Otto, δημιουργήθηκε το 1876.

Ο όρος κινητήρας εσωτερικής καύσης αναφέρεται συνήθως σε έναν κινητήρα στον οποίο η καύση είναι διακοπτόμενη, όπως οι πιο γνωστοί δίχρονοι και τετράχρονοι κινητήρες, μαζί με παραλλαγές, όπως ο εξάχρονος κινητήρας εμβόλων και ο περιστροφικός κινητήρας Wankel. Μια δεύτερη κατηγορία κινητήρων εσωτερικής καύσης χρησιμοποιούν συνεχή καύση: αεριοστροβίλοι, κινητήρες αεριοθουμένων και οι περισσότεροι πυραυλοκινητήρες, καθένας από τους οποίους είναι κινητήρες εσωτερικής καύσης και βασίζονται στις ίδιες αρχές της θερμοδυναμικής.

Μέχρι αρχή του 20^{ου} αιώνα οι κινητήρες εσωτερικής καύσης είχαν γίνει αναπόσπαστο κομμάτι της δυτικής ζωής. Βιομηχανικά εργοστάσια σε όλη την Ευρώπη και την Αμερική τις χρησιμοποιούσαν εκτενώς και άνοιξε η πύλη για τη μεγάλη κλίμακα παραγωγή αυτοκινήτων της δεκαετίας του 1900.

Στον τομέα των μεταφορών, ο κινητήρας εσωτερικής καύσης και οι παραλλαγές του (κυρίως ο κινητήρας ντίζελ) έχουν προσαρμοστεί για χρήση σε ταξίδια από θάλασσα, ξηρά και αέρα. Στη θάλασσα, ένας μεγάλος αριθμός πλοίων με κινητήρες ντίζελ, επιταχύνοντας τη μετακίνηση ανθρώπων και εμπορευμάτων μεταξύ οποιωνδήποτε σημείων που συνδέονται με νερό. Αυτό συνέβαλε στο να κάνει το εμπόριο πιο γρήγορο και λιγότερο δαπανηρό. Ο συνδυασμός της θαλάσσιας μεταφοράς με πιο αποτελεσματική χερσαία μεταφορά εμπορευμάτων καθιστά αυτά τα πλεονεκτήματα ακόμη πιο σημαντικά. Με τη σειρά του, η ενίσχυση του εμπορίου τείνει να οδηγήσει σε μεγαλύτερη ευημερία και υψηλότερο βιοτικό επίπεδο στην κοινωνία, καθώς και τη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας.

Τα αεροπλάνα οφείλουν επίσης την ύπαρξή τους στην ανάπτυξη του βενζινοκινητήρα. Πολλοί εφευρέτες είχαν επιχειρήσει πτήσεις με κινητήρα στα τέλη του δέκατου ένατου αιώνα, αλλά μόνο όταν ήταν διαθέσιμοι βενζινοκινητήρες χαμηλού βάρους και υψηλής απόδοσης, δημιουργήθηκε ο τομέας της αεροπορίας. Στην πραγματικότητα, οι βενζινοκινητήρες κυριάρχησαν στην αεροπορία για το πρώτο μισό του εικοστού αιώνα και ακόμη και σήμερα παίζουν σημαντικό ρόλο στην ιδιωτική, εμπορική και στρατιωτική αεροπορία.

Πρέπει επίσης να ληφθεί υπόψη ο αντίκτυπος στη γεωργία και την παραγωγή τροφίμων. Τα τρακτέρ και ο άλλος σύγχρονος γεωργικός εξοπλισμός, που συνήθως λειτουργούν με κινητήρες ντίζελ ή βενζίνης, διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην αφθονία τροφίμων στον ανεπτυγμένο κόσμο και σε μέρη του αναπτυσσόμενου κόσμου. Η χρήση τρακτέρ για την άροση, τη φύτευση και τη συγκομιδή καθώς και για την έλξη βαρέων φορτίων συνέβαλε στην αύξηση της έκτασης που μπορεί να εργαστεί ένας αγρότης, καθώς και στην αύξηση της απόδοσης ανά εκτάριο. Αυτή η διπλή αύξηση της αποτελεσματικότητας των μεμονωμένων αγροτών έχει ως αποτέλεσμα περισσότερα τρόφιμα σε χαμηλότερες τιμές. Στον ανεπτυγμένο κόσμο αυτό σημαίνει όχι μόνο περισσότερα και φθηνότερα τρόφιμα διαθέσιμα για τους πολίτες του, αλλά περισσότερα τρόφιμα διαθέσιμα για εξαγωγή παγκόσμιος.

Οι κινητήρες ντίζελ είναι ισχυροί, απαιτούν λιγότερη συντήρηση και χρησιμοποιούν λιγότερο υψηλής ποιότητας καύσιμο από τους βενζινοκινητήρες. Αυτοί οι παράγοντες τα καθιστούν λιγότερο ακριβά και έχουν γίνει η μηχανή επιλογής για σιδηροδρομικά ταξίδια, μεγάλα σκάφη και μικρά πλοία και φορτηγά. Οι κινητήρες ντίζελ χρησιμοποιούνται επίσης ευρέως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, ειδικά ως εφεδρικά τροφοδοτικά έκτακτης ανάγκης για εγκαταστάσεις όπως νοσοκομεία και πυρηνικοί σταθμοί.

5.4.2.2 Ηλεκτρισμός - Προϊόν

Τα ηλεκτρικά φαινόμενα έχουν μελετηθεί από την αρχαιότητα, αν και η πρόοδος στη θεωρητική κατανόηση παρέμεινε αργή μέχρι τον δέκατο έβδομο και δέκατο όγδοο αιώνα. Η θεωρία του ηλεκτρομαγνητισμού αναπτύχθηκε τον 19ο αιώνα και μέχρι το τέλος αυτού του αιώνα ο ηλεκτρισμός χρησιμοποιήθηκε στις βιομηχανίες και στα σπίτια όλου του κόσμου. Η ταχεία επέκταση της ηλεκτρικής τεχνολογίας αυτή τη στιγμή μεταμόρφωσε τη βιομηχανία και την κοινωνία, αποτελώντας κινητήρια δύναμη για τη Δεύτερη Βιομηχανική Επανάσταση. Η εξαιρετική ευελιξία του ηλεκτρισμού σημαίνει ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ένα σχεδόν απεριόριστο σύνολο εφαρμογών που περιλαμβάνουν μεταφορά, θέρμανση, φωτισμό, επικοινωνίες και υπολογισμούς. Η ηλεκτρική ενέργεια είναι πλέον η ραχοκοκαλιά της σύγχρονης βιομηχανικής κοινωνίας (Jones, 1992).

Ο ηλεκτρισμός αποτελεί ακόμη έναν πολύ σημαντικό παράγοντα στην κοινωνία μας και ακόμη απορρέουν πατέντες από τις ιδιότητες του. Όμως στα πλαίσια αυτού το κεφαλαίου η συμβολή της ηλεκτρικής ενέργειας στην δεύτερη βιομηχανική επανάσταση περιστρέφεται κυρίως από τρεις διαφορετικούς άξονες ανάπτυξης της τότε κοινωνίας. Την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, την ηλεκτροδότηση των εργοστασίων και τον τηλεγράφο.

Η πρώτη αποτελεσματική εφαρμογή του ηλεκτρισμού δεν ήταν στη μετάδοση ισχύος, αλλά στην επικοινωνία με την ανακάλυψη του ηλεκτρικού τηλέγραφου. Η συσκευή με πέντε βελόνες των Cooke and Wheatstone ήταν σε εμπορική χρήση το 1838. Το πρώτο επιτυχημένο υπερατλαντικό καλώδιο τοποθετήθηκε το 1866. Το 1868 υπήρχαν ήδη 80.000 μίλια τηλεγραφικού καλωδίου στο Ηνωμένο Βασίλειο και περισσότερα από 5.600.000 μηνύματα, εκ των οποίων τα 800.000 ήταν στο εξωτερικό. 20 λέξεις μπορούσαν να μεταδοθούν για ένα σελίνι το 1870, και έτσι ήταν ένα αρκετά ακριβό μέσο επικοινωνίας. Αλλά η μετάδοση μηνυμάτων σε δευτερόλεπτα αντί να βασίζεται στην ταχύτητα ενός σκάφους ή ενός αλόγου, ήταν διαστημική πρόοδος.

Ταυτόχρονα, στο πρώτο μισό του 19ου αιώνα έγινε η ανακάλυψη των αρχών του ηλεκτροκινητήρα, που επρόκειτο να μεταμορφώσει τις βιομηχανίες και την οικονομία. Ο Michael Faraday έδειξε την ηλεκτρομαγνητική περιστροφή στις 3 Σεπτεμβρίου το 1821 με πιο απλά λόγια περιέγραψε την ανακάλυψη του

ηλεκτροκινητήρα και λίγο αργότερα ανακάλυψε τη γεννήτρια και τις θεμελιώδεις αρχές του σημερινού μας συστήματος παραγωγής και παροχής ηλεκτρικής ενέργειας.

Ο χρόνος μεταξύ της εφεύρεσης και της καινοτομίας ήταν σημαντικός. Διάφορα τεχνικά προβλήματα παρεμπόδισαν τον ανταγωνισμό με την ατμομηχανή η οποία, μέχρι το 1910, ήταν ακόμα καλά εδραιωμένη στα εργοστάσια. Το 1921 περίπου τα μισά βρετανικά εργοστάσια χρησιμοποιούσαν ηλεκτρική ενέργεια. Τα οφέλη του ηλεκτρικού δικτύου βελτίωσαν αυτό το ποσοστό στο 84% μέχρι το 1936. Οι μεμονωμένοι ηλεκτρικοί κινητήρες για κάθε μηχανή ήταν πιο ευέλικτοι, ασφαλείς και εξοικονομούσαν ενέργεια. Επέτρεψαν τη δημιουργία γραμμών παραγωγής για αυτοκίνητα και αεροσκάφη. Η ηλεκτρική ενέργεια επέτρεψε στη βιομηχανία να απομακρυνθεί από τα κοιτάσματα άνθρακα και να αξιοποιήσει νέες πηγές εργασίας (Jones, 1992).

5.4.2.3 Σύστημα Μαζικής Παραγωγής – Σύστημα Οργάνωσης

Από καθαρά οικονομική άποψη, θα μπορούσε να υποστηριχθεί ότι η πιο σημαντική εφεύρεση δεν ήταν οι νέοι κινητήρες ή ακόμα και η ηλεκτρική ενέργεια, καθώς, οι περισσότερες από τις εφευρέσεις ήταν χρήσιμες αν και λιγότερο αποδοτικές και μερικές φορές με υψηλότερο κόστος όταν έκαναν την εμφάνισή τους (Hounshell, 1984). Υπάρχει, ωστόσο, μια καινοτομία, με υπέρμετρο κοινωνικό αντίκτυπο στην ζωή της χαμηλής και μεσαίας τάξης, το λεγόμενο Σύστημα Μαζικής Παραγωγής. Αυτή η μέθοδος μηχανοποιημένης μαζικής παραγωγής συναρμολογούσε σύνθετα προϊόντα από μεμονωμένα εξαρτήματα μαζικής παραγωγής. Ήταν η εφαρμογή υψηλής ποιότητας, εξειδικευμένων εργαλειομηχανών σε μια σειρά εργασιών, με υψηλότερες ταχύτητες λειτουργίας και διαδοχικές επαναλαμβανόμενες κινήσεις.

Τα εναλλάξιμα εξαρτήματα ήταν ένας εξαιρετικά ανώτερος τρόπος παραγωγής αγαθών και υπηρεσιών, που διευκολύνθηκε από το έργο των κατασκευαστών υψηλής ποιότητας εργαλειομηχανών και φθηνού χάλυβα. Για να είναι πραγματικά εναλλάξιμα, τα εξαρτήματα έπρεπε να είναι πανομοιότυπα, απαιτώντας υψηλά επίπεδα ακρίβειας και ποιοτικού ελέγχου στην κατασκευή τους. Γίνεται πλέον αντιληπτό ότι η πλήρης εναλλαξιμότητα ήταν πιο δύσκολο να επιτευχθεί. Η χρήση εναλλάξιμων εξαρτημάτων αυξήθηκε αργά μετά το 1850 και με αρκετά διστακτικό τρόπο. Ωστόσο, η τεχνολογία εναλλάξιμων εξαρτημάτων αποδείχθηκε ανώτερη και αντικατέστησε τον έμπειρο τεχνίτη που εργαζόταν με σμίλη και λίμα.

Υψηλής σημασίας ήταν η ανάπτυξη της παραγωγής συνεχούς ροής, στην οποία οι εργάτες παρέμεναν ακίνητοι ενώ τα εξαρτήματα μεταφέρονταν σε αυτούς. Με αυτόν τον τρόπο, ο εργοδότης μπορούσε να ελέγξει την ταχύτητα με την οποία εκτελούνταν οι εργασίες και να ελαχιστοποιήσει το χρόνο που σπαταλούν οι εργαζόμενοι μεταξύ των εργασιών. Το τελευταίο τρίτο του δέκατου ένατου αιώνα υιοθετήθηκαν διαδικασίες συνεχούς ροής σε μεγάλη κλίμακα. Το εργοστάσιο

συναρμολόγησης αυτοκινήτων του Henry Ford συνδύασε την ιδέα των εναλλάξιμων εξαρτημάτων με αυτή των διαδικασιών συνεχούς ροής και του επέτρεψε να παράγει μαζικά ένα σύνθετο προϊόν και ωστόσο να διατηρεί την τιμή του αρκετά χαμηλή ώστε να μπορεί να πωληθεί ως λαϊκό όχημα. Όπως επισημαίνει ο η μεγάλη επιτυχία του Ford είχε τις ρίζες του στο γεγονός ότι, έφτασε στο τέλος μιας μακροχρόνιας ανάπτυξης διαδικασιών.

5.4.2.4 Αυτοκίνητο – Προϊόν

Το αυτοκίνητο έφερε επανάσταση στις μεταφορές καθιστώντας τις ταχύτερες, φθηνότερες και πιο βολικές. Έδωσε τη δυνατότητα στους ανθρώπους να ταξιδεύουν μεγαλύτερες αποστάσεις σε μικρότερο χρονικό διάστημα, γεγονός που διευκόλυνε την ανάπτυξη των πόλεων και των προαστίων (Stein, 1967).

Η αυτοκινητοβιομηχανία δημιούργησε νέες θέσεις εργασίας και μεταμόρφωσε τις διαδικασίες παραγωγής. Η μαζική παραγωγή αυτοκινήτων χρησιμοποιώντας τεχνικές γραμμής συναρμολόγησης που πρωτοστάτησε ο Henry Ford βοήθησε στη μείωση του κόστους και στην αύξηση της απόδοσης (Backer, 2010). Η κατασκευή δρόμων, αυτοκινητοδρόμων και γεφυρών για την υποστήριξη των ταξιδιών με αυτοκίνητο δημιούργησε νέες ευκαιρίες για το εμπόριο και τα ταξίδια. Η ανάπτυξη πρατηρίων καυσίμων, συνεργείων επισκευής και άλλων υπηρεσιών συνέβαλε επίσης στην ανάπτυξη των τοπικών οικονομιών.

Το αυτοκίνητο είχε σημαντικό αντίκτυπο στην κοινωνική κινητικότητα, επιτρέποντας στους ανθρώπους να ταξιδεύουν πιο εύκολα και σε μεγαλύτερες αποστάσεις. Βοήθησε επίσης να δημιουργηθεί μια κουλτούρα κινητικότητας και ανεξαρτησίας, καθώς οι άνθρωποι μπορούσαν να ταξιδεύουν πιο εύκολα στην εργασία, τις δραστηριότητες αναψυχής και τις κοινωνικές εκδηλώσεις.

5.5 Η Τρίτη Βιομηχανική Επανάσταση

5.5.1 Περιγραφή

Η αρχή της Τρίτης Βιομηχανικής Επανάστασης γνωστή και ως η ψηφιακή επανάσταση κυμαίνεται στην δεκαετία του 1970 που θεωρείται ως η μετάβαση από τη μηχανική και αναλογική ηλεκτρονική τεχνολογία στα ψηφιακά ηλεκτρονικά συστήματα. Όπως οι προηγούμενες της έτσι και αυτή ήρθε με νέα μέσα μεταφοράς, νέους τρόπους επικοινωνίας και καινούργιες μορφές παραγωγής ενέργειας (Mohajan, 2021). Το κύριο χαρακτηριστικό της ήταν η άφιξη των υπολογιστών καθώς και την ανάπτυξη της πληροφορικής.

Η τρίτη βιομηχανική επανάσταση επηρέασε την κοινωνία καθοριστικά. Ο μετασχηματισμός της προήλθε από την αυτοματοποίηση πολλών συστημάτων για την επεξεργασία, αποθήκευση και μεταφορά πληροφοριών μέσω του διαδικτύου.

Ήταν η είσοδος της κοινωνίας στην πληροφόρηση και στην επικοινωνία, όπου οι πληροφορίες απέκτησαν έναν ρόλο πρώτης ύλης και ίσως πιο σημαντικό από τα ορυκτά καύσιμα. Ο συνδυασμός των μικροεπεξεργαστών, ηλεκτρονικών συστημάτων και των διάφορων δικτύων υπολογιστών μεταξύ τους και μέσω των δορυφορικών τηλεπικοινωνιών επέφερε έναν πολυδιάστατο μετασχηματισμό σε όλους τους οικονομικούς και κοινωνικούς τομείς της ζωής των ανθρώπων (Unesco, Francis & Taylor).

Η οργάνωση των επιχειρήσεων μετασχηματίστηκε εντελώς θέτοντας ως προτεραιότητα τα πληροφοριακά συστήματα που λειτουργούσαν αυτόματα (Mohajan, 2021). Καθώς επίσης μικρά και ευέλικτα εργαστήρια παραγωγής αγαθών μπορούσαν πλέον να γίνουν ανταγωνιστικά. Αντίθετα, επιχειρήσεις κολοσσοί κατάφεραν να επεκταθούν και να μετατραπούν σε πολυεθνικές εταιρείες καθώς η ανάπτυξη του λογισμικού τους επέτρεψαν να την αρμονική επέκταση των λειτουργιών τους ανά των κόσμο.

5.5.2 Τεχνολογίες Γενικής Χρήσης

5.5.2.1 Ψηφιακοί Υπολογιστές

Το βασικό γεγονός στη σύγχρονη ιστορία των τεχνολογιών πληροφορικής και επικοινωνίας ήταν φυσικά η ανάπτυξη του μικροεπεξεργαστή, που αναπτύχθηκε από την Intel το 1971.

Η ικανότητα επεξεργασίας πληροφοριών ενός ψηφιακού υπολογιστή περιοριζόταν σε ένα μόνο τσιπ και μπορούσε να παραχθεί μαζικά με χαμηλό κόστος. Αυτή ήταν η αποφασιστική εξέλιξη που θα επέτρεπε την έκρηξη της αριθμητικής χωρητικότητας και την ευρύτερη διάδοση των υπολογιστών και της μικροηλεκτρονικής (Langlois, 2002). Η διάδοση της τεχνολογίας που βασίζεται σε μικροεπεξεργαστές έδωσε τη δυνατότητα σε νέες γενιές μηχανημάτων και οργάνων για έλεγχο και μέτρηση με πολύ βελτιωμένη απόδοση. Στον πυρήνα της ευρύτερης εφαρμογής των μικροεπεξεργαστών στον αυτοματισμό εργοστασίων βρίσκονται τα συστήματα ελέγχου και ο εξοπλισμός υπολογιστών.

Ο αντίκτυπος των ψηφιακών υπολογιστών κατά την τρίτη βιομηχανική επανάσταση ήταν τεράστιος. Παρατίθενται μερικοί από τους βασικούς τρόπους με τους οποίους μεταμόρφωσαν την κοινωνία:

- Αυτοματοποίηση: Οι ψηφιακοί υπολογιστές κατέστησαν δυνατή την αυτοματοποίηση πολλών εργασιών που προηγουμένως εκτελούνταν από ανθρώπους. Αυτό οδήγησε σε αυξημένη αποδοτικότητα και παραγωγικότητα σε βιομηχανίες όπως η μεταποίηση, οι μεταφορές και η εφοδιαστική αλυσίδα (Unesco, Francis & Taylor).

- **Επικοινωνία:** Οι ψηφιακοί υπολογιστές διευκόλυναν την επικοινωνία με ανθρώπους σε όλο τον κόσμο, μέσω τεχνολογιών όπως το email, η ανταλλαγή άμεσων μηνυμάτων και η τηλεδιάσκεψη. Αυτό βοήθησε στη διευκόλυνση του παγκόσμιου εμπορίου και της συνεργασίας.
- **Επεξεργασία δεδομένων:** Οι ψηφιακοί υπολογιστές κατέστησαν δυνατή την επεξεργασία και την ανάλυση μεγάλων ποσοτήτων δεδομένων γρήγορα και με ακρίβεια. Αυτό οδήγησε σε σημαντικές προόδους σε τομείς όπως τα οικονομικά, η υγειονομική περίθαλψη και η επιστημονική έρευνα (Jones, 1992).
- **Ψυχαγωγία:** Οι ψηφιακοί υπολογιστές επέτρεψαν τη δημιουργία και την κατανάλωση νέων μορφών ψυχαγωγίας, όπως βιντεοπαιχνίδια και ψηφιακή μουσική μεταμορφώνοντας τη βιομηχανία της ψυχαγωγίας και να δημιουργηθούν νέες ευκαιρίες για καλλιτέχνες και επιχειρηματίες (Schwab, 2016).
- **Προσωπικοί υπολογιστές:** Έδωσαν τη δυνατότητα στα άτομα να έχουν πρόσβαση σε ισχυρά υπολογιστικά εργαλεία στο σπίτι και στην εργασία. Αύξησε την παραγωγικότητα και την δημιουργικότητα, καθώς οδήγησε τον κόσμο σε νέες ευκαιρίες για επιχειρηματικότητα και καινοτομία (Jones, 1992).

Συνολικά, ο αντίκτυπος των ψηφιακών υπολογιστών κατά τη διάρκεια της τρίτης βιομηχανικής επανάστασης ήταν βαθύς και συνεχίζει να διαμορφώνει τον κόσμο στον οποίο ζούμε σήμερα.

5.5.2.2 Διαδίκτυο - Προϊόν

Το Διαδίκτυο έχει φέρει επανάσταση στον τρόπο με τον οποίο οι άνθρωποι έχουν πρόσβαση και μοιράζονται πληροφορίες. Κατέστησε δυνατή την άμεση σύνδεση με ανθρώπους από όλο τον κόσμο και επέτρεψε τη δημιουργία διαδικτυακών κοινοτήτων και κοινωνικών δικτύων. Το Διαδίκτυο έδωσε επίσης τη δυνατότητα στις επιχειρήσεις να επικοινωνούν πιο εύκολα με τους πελάτες τους και στους ανθρώπους να έχουν πρόσβαση σε αγαθά και υπηρεσίες από οπουδήποτε στον κόσμο (Unesco, Francis & Taylor).

Η άνοδος του διαδικτύου οδήγησε στη δημιουργία μιας παγκόσμιας αγοράς, όπου οι επιχειρήσεις μπορούν να πωλούν τα προϊόντα και τις υπηρεσίες τους σε πελάτες σε όλο τον κόσμο. Διευκολύνοντας τις μικρές επιχειρήσεις να ανταγωνίζονται τις μεγαλύτερες και έχει επιτρέψει στους καταναλωτές να ψωνίζουν για αγαθά και υπηρεσίες από την άνεση του σπιτιού τους (Rifkin, 2011).

Το διαδίκτυο έχει επίσης ενεργοποιήσει την αυτοματοποίηση πολλών εργασιών που προηγουμένως γίνονταν χειροκίνητα. Για παράδειγμα, οι ηλεκτρονικές αγορές

κατέστησαν δυνατή την αυτοματοποίηση της παραγγελίας και της παράδοσης αγαθών, καθώς και την αυτοματοποίηση των οικονομικών συναλλαγών.

Επίσης έδωσε την δυνατότητα στους ανθρώπους να εργάζονται εξ αποστάσεως, από οπουδήποτε στον κόσμο. Άνθισε έτσι της οικονομίας όπου οι άνθρωποι μπορούν να εργαστούν ως ελεύθεροι επαγγελματίες, και έδωσε τη δυνατότητα στις επιχειρήσεις να προσλάβουν τα καλύτερα talenta από όλο τον κόσμο (Jones, 1992).

Μέσω του διαδικτύου η ταχεία καινοτομία και η ανάπτυξη νέων τεχνολογιών ήταν πλέον εφικτή. Οδηγώντας με γρήγορους ρυθμούς στη δημιουργία νέων βιομηχανιών και νέων τρόπων δράσης, όπως τα μέσα κοινωνικής δικτύωσης και τη διαδικτυακή εκπαίδευση (Schwab, 2016).

5.5.2.3 Αεροπλάνο - Προϊόν

Ο καταλυτικός ρόλος του αεροπλάνου στην παγκοσμιοποίηση είναι αδιαμφισβήτητος. Άνθρωποι και αγαθά να μετακινούνται πιο γρήγορα και αποτελεσματικά σε μεγάλες αποστάσεις, γεγονός που οδήγησε στην ανάπτυξη του διεθνούς εμπορίου και στην ανάπτυξη παγκόσμιων αλυσίδων εφοδιασμού (Aerospace Industries Association., 2016).

Επίσης το αεροπλάνο έχει φέρει επανάσταση στα ταξίδια, επιτρέποντας στους ανθρώπους να φτάνουν σε μακρινούς προορισμούς μέσα σε λίγες ώρες. Οι άνθρωποι διεξάγουν διασυνοριακές συναλλαγές, επισκέπτονται την οικογένεια και τους φίλους ανά τον κόσμο (J. Diamond, 2019).

Το αεροπλάνο έχει επίσης μεταμορφώσει τη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας. Πλέον οι εταιρείες μεταφέρουν αγαθά γρήγορα και αποτελεσματικά, παραδίδοντας τα άμεσα, αναπτύσσοντας έτσι «λιτές διαδικασίες παραγωγής». Ακόμη συνέβαλε στην ανάπτυξη της αεροδιαστημικής βιομηχανίας (Brynjolfsson, E., & McAfee, A., 2014). Ο κλάδος περιλαμβάνει κατασκευαστές, αεροπορικές εταιρείες και άλλες επιχειρήσεις που ασχολούνται με το σχεδιασμό, την παραγωγή και τη συντήρηση αεροσκαφών.

Το αεροπλάνο ωθήσει την καινοτομία στην επιστήμη των υλικών, της μηχανικής και της αεροηλεκτρονικής. Η ανάπτυξη νέων υλικών βρήκε έφορο έδαφος σε τομείς όπως η εξερεύνηση του διαστήματος και τα μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα (drones) (Lindsey, 2016).

5.5.2.4 Λιτή Παραγωγή - Σύστημα οργάνωσης

Η λιτή διαδικασία παραγωγής (lean production στην αγγλική ορολογία) έχει κρίσιμο ρόλο στην αυτοματοποίηση της παραγωγής. Η λιτή παραγωγή σχετίζεται ιδιαίτερα με το λειτουργικό μοντέλο που εφαρμόστηκε στη μεταπολεμική δεκαετία του 1950

και του 1960 από την ιαπωνική αυτοκινητοβιομηχανία «Toyota» που ονομάζεται «The Toyota Way» (Liker, 2004). Με τον εξορθολογισμό των διαδικασιών παραγωγής και τη μείωση των απορριμμάτων, η λιτή παραγωγή έδωσε τη δυνατότητα στις εταιρείες να υιοθετήσουν τεχνολογίες αυτοματισμού, όπως ρομπότ και αλγόριθμους μηχανικής μάθησης, που έχουν αυξήσει την παραγωγικότητα και την αποδοτικότητα τους.

Η συγκεκριμένη διαδικασία έχει επίσης μεταμορφώσει τη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας. Με την ελαχιστοποίηση των απορριμμάτων και τη βελτιστοποίηση των διαδικασιών παραγωγής, η λιτή παραγωγή έδωσε τη δυνατότητα στις εταιρείες να αναπτύξουν πιο ανταποκρινόμενες και ευέλικτες αλυσίδες εφοδιασμού που μπορούν να προσαρμοστούν γρήγορα στις μεταβαλλόμενες συνθήκες της αγοράς και στις απαιτήσεις των πελατών (Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D., 1990).

Επιπλέον, η λιτή παραγωγική ως διαδικασία είχε επίσης θετικό αντίκτυπο στην περιβαλλοντική βιωσιμότητα. Με τη μείωση των απορριμμάτων και τη βελτιστοποίηση των διαδικασιών παραγωγής, η λιτή κατασκευή βοήθησε τις εταιρείες να ελαχιστοποιήσουν το περιβαλλοντικό τους αποτύπωμα, το οποίο γίνεται όλο και πιο σημαντικό καθώς οι ανησυχίες για την κλιματική αλλαγή και τη βιωσιμότητα έχουν αυξηθεί (Hall R. W., 2011).

Τέλος, επηρέασε επίσης τη διαχείριση ανθρώπινου δυναμικού αλλάζοντας τον τρόπο που οι εταιρείες σκέφτονται για τους υπαλλήλους τους. Δίνει μεγάλη έμφαση στην εκπαίδευση και ανάπτυξη των εργαζομένων, καθώς και στη δημιουργία μιας κουλτούρας συνεχούς βελτίωσης, η οποία βοήθησε τις εταιρείες να προσελκύσουν και να διατηρήσουν ταλαντούχους εργαζομένους σε μια ολοένα και πιο ανταγωνιστική αγορά εργασίας (Tidd, J., & Bessant, J, (2013).

Κεφάλαιο 6

Μια ματιά στις τεχνολογίες της Τέταρτης Βιομηχανικής Επανάστασης

6.1 Εισαγωγή

Η Τέταρτη Βιομηχανική Επανάσταση χαρακτηρίζεται από τη σύγκλιση διαφόρων τεχνολογιών που αλλάζουν θεμελιωδώς τον τρόπο που ζούμε και εργαζόμαστε (Arianna Martinelli, Andrea Mina and Massimo Moggi, 2021). Στο επίκεντρο αυτού του μετασχηματισμού βρίσκονται ένα σύνολο τεχνολογιών που αλλάζουν τον τρόπο που σχεδιάζουμε, παράγουμε και διανέμουμε αγαθά και υπηρεσίες. Αυτές οι τεχνολογίες περιλαμβάνουν την τεχνητή νοημοσύνη (AI), την προσθετική κατασκευή (3D printing), τα νέα υλικά ή βιοτεχνολογία.

- Η τεχνητή νοημοσύνη δίνει τη δυνατότητα στις μηχανές να μαθαίνουν από την εμπειρία και να εκτελούν εργασίες που προηγουμένως ήταν εφικτό μόνο για τους ανθρώπους.
- Η προσθετική κατασκευή γνωστή και ως τρισδιάστατη εκτύπωση, επιτρέπει την παραγωγή πολύπλοκων και προσαρμοσμένων εξαρτημάτων κατά παραγγελία, μειώνοντας παράλληλα τα απόβλητα και το κόστος.
- Τα νέα υλικά, όπως το γραφένιο και οι νανοσωλήνες άνθρακα, παρέχουν ανώτερη αντοχή, ανθεκτικότητα και ευελιξία και ανοίγουν νέες δυνατότητες για σχεδιασμό προϊόντων και καινοτομία.
- Η βιοτεχνολογία φέρνει επανάσταση στον τρόπο που παράγουμε και καταναλώνουμε τρόφιμα, φάρμακα και άλλα προϊόντα και έχει τη δυνατότητα να μεταμορφώσει ολόκληρες βιομηχανίες.

Το συνονθύλευμα των παραπάνω τεχνολογιών δημιουργούν ένα νέο πρότυπο παραγωγής και κατανάλωσης, όπου τα προϊόντα είναι εξατομικευμένα, κατ' απαίτηση και βιώσιμα. Ωστόσο, θέτουν επίσης σημαντικές προκλήσεις, συμπεριλαμβανομένων ηθικών ανησυχιών σχετικά με την τεχνητή νοημοσύνη, ζητήματα πνευματικής ιδιοκτησίας και κανονισμών σχετικά με την προσθετική κατασκευή καθώς και κινδύνους ασφάλειας αλλά και περιβαλλοντικά ζητήματα που σχετίζονται με τα νέα υλικά και τη βιοτεχνολογία (Brynjolfsson, E., & McAfee, A., 2014).

Σε αυτό το κεφάλαιο, θα διερευνήσουμε κάθε μια με περισσότερες λεπτομέρειες, επισημαίνοντας τις δυνατότητες και τις προκλήσεις τους και εξετάζοντας τον αντίκτυπό τους στο βιομηχανικό τοπίο. Θα εξετάσουμε επίσης πώς

ενσωματώνονται σε νέα επιχειρηματικά μοντέλα και τι μπορεί να επιφυλάσσει το μέλλον καθώς συνεχίζουμε να διευρύνουμε τα όρια της τεχνολογικής καινοτομίας.

6.2 Τεχνητή Νοημοσύνη - AI

Η τεχνητή νοημοσύνη (AI) είναι ένας κλάδος της επιστήμης των υπολογιστών που εστιάζει στη δημιουργία εργαλείων και άλλων εφαρμογών που μπορούν να εκτελέσουν εργασίες που απαιτούν συνήθως ανθρώπινη νοημοσύνη, όπως η κατανόηση της φυσικής γλώσσας, η αναγνώριση εικόνων, η λήψη αποφάσεων και βασίζεται στην εκπαίδευση από μεγάλους όγκους δεδομένων (Nilsson, 2010). Τα συστήματα AI μπορούν να ταξινομηθούν σε διάφορους τύπους, όπως:

- Συστήματα που βασίζονται σε κανόνες: Αυτά τα συστήματα λειτουργούν με βάση ένα σύνολο προκαθορισμένων κανόνων και λογικής. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επίλυση προβλημάτων που έχουν ένα σαφές σύνολο κανόνων, όπως το σκάκι ή άλλα επιτραπέζια παιχνίδια.
- Εξειδίκευση: Αυτά τα προγράμματα έχουν σχεδιαστεί για να μιμούνται τις ικανότητες λήψης αποφάσεων ενός ανθρώπινου εμπειρογνώμονα σε έναν συγκεκριμένο τομέα, όπως η ιατρική ή τα οικονομικά.
- Νευρωνικά δίκτυα: Είναι μια μέθοδος που λειτουργεί σύμφωνα με τη δομή του ανθρώπινου εγκεφάλου και εφαρμόζονται σε εργασίες όπως η αναγνώριση εικόνας και ομιλίας.
- Μηχανική μάθηση: Είναι ένα υποσύνολο της τεχνητής νοημοσύνης που περιλαμβάνει τη διδασκαλία των μηχανών να μαθαίνουν και να βελτιώνονται μόνες τους μέσω της διαδικασίας «δοκιμής και λάθους». Χρησιμοποιείται σε εύρος εφαρμογών, από την πρόβλεψη της συμπεριφοράς των καταναλωτών έως τη βελτιστοποίηση των βιομηχανικών διαδικασιών.
- Επεξεργασία φυσικής γλώσσας: Αυτή η τεχνολογία επιτρέπει στους υπολογιστές να κατανοούν, να ερμηνεύουν και να αναπαράγουν την ανθρώπινη γλώσσα με κοινά παραδείγματα όπως τα Chat GPT και οι ψηφιακοί βοηθοί όπως η Siri της Apple.
- Ρομποτική: Η Ρομποτική συνδυάζει την τεχνητή νοημοσύνη με φυσικά συστήματα για να δημιουργήσει μηχανές που μπορούν να εκτελούν εργασίες στον φυσικό κόσμο, όπως η κατασκευή, οι μεταφορές και η υγειονομική περίθαλψη.

Η τεχνολογία της τεχνητής νοημοσύνης έχει προχωρήσει σημαντικά τα τελευταία χρόνια, χάρη στη διαθεσιμότητα μεγάλων ποσοτήτων δεδομένων, ισχυρών

υπολογιστικών πόρων και ανακαλύψεων σε αλγόριθμους. Μία από τις πιο σημαντικές προόδους ήταν η ανάπτυξη της βαθιάς μάθησης, η οποία περιλαμβάνει τη χρήση νευρωνικών δικτύων με πολλά επίπεδα για την εξαγωγή χαρακτηριστικών υψηλού επιπέδου από πολύπλοκα σύνολα δεδομένων (World Economic Forum, 2020). Μέσα από την συγκεκριμένη διαδικασία αναδευθήκαν καινοτομίες στην αναγνώριση εικόνας και ομιλίας, στην επεξεργασία φυσικής γλώσσας και σε άλλους τομείς.

6.2.1 Οι δυνατότητες της τεχνολογίας AI: Εξέλιξη & Ευκαιρίες

Η τεχνητή νοημοσύνη έχει τη δυνατότητα να βελτιώσει τη λήψη αποφάσεων σε διάφορους τομείς, αναλύοντας μεγάλες ποσότητες δεδομένων, εντοπίζοντας πρότυπα και τάσεις και παρέχοντας πληροφορίες και συστάσεις. Για παράδειγμα, η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να βοηθήσει τα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα να λαμβάνουν επενδυτικές αποφάσεις, τους γιατρούς να διαγνώσουν ασθένειες και τους έμπορους λιανικής να προβλέπουν τη ζήτηση για προϊόντα (McKinsey Global Institute, 2018).

Η τεχνολογία AI μπορεί να αυτοματοποιήσει εργασίες και διαδικασίες, μειώνοντας την ανάγκη για ανθρώπινη παρέμβαση και αυξάνοντας την αποτελεσματικότητα. Βελτιώνοντας κατά συνέπεια την οικονομία σε εξοικονόμηση σε κόστη, βελτιωμένη παραγωγικότητα και ταχύτερους χρόνους διεκπεραίωσης. Η αυτοματοποίηση επαναλαμβανόμενων εργασιών στην κατασκευή, στις διαδικασίες εξυπηρέτησης πελατών και στη βελτιστοποίηση της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι πλέον εφικτή από τέτοιους είδους έξυπνα συστήματα.

Ακόμη, ήδη βιώνουμε στα μέσα κοινωνικής δικτύωσης διαφημίσεις και υλικό βασισμένο την εξατομίκευση προϊόντων και υπηρεσιών με βάση τις προτιμήσεις, τις συμπεριφορές και τις προηγούμενες αλληλεπιδράσεις μας. Η κλιμάκωση αυτών των πρακτικών στην παραγωγή εξατομικευμένων προϊόντων μπορεί να οδηγήσει σε βελτιωμένη ικανοποίηση και αφοσίωση των πελατών (World Economic Forum, 2020).

Καινούργια επιχειρηματικά μοντέλα με νέες ροές εσόδων έρχονται στο προσκήνιο της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης αξιοποιώντας την τεχνολογία AI. Για παράδειγμα, οι εταιρείες μπορούν να προσφέρουν υπηρεσίες και λύσεις με τεχνητή νοημοσύνη σε άλλες επιχειρήσεις, όπως προγνωστική συντήρηση για βιομηχανικό εξοπλισμό ή εξατομικευμένες εκστρατείες μάρκετινγκ για εμπορείς λιανικής. Επιπλέον, η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να επιτρέψει νέες μορφές δημιουργίας αξίας, όπως τη δημιουργία εικονικών βοηθών και chat bots για την εξυπηρέτηση των πελατών (Nilsson, 2010).

Ακόμα, ήδη αναπτύσσονται εφαρμογές τεχνητής νοημοσύνης για την βελτίωση της ασφάλειας σε διάφορους τομείς, όπως οι μεταφορές, ασφάλεια για τον κυβερνοχώρο και την βελτίωση της δημόσιας ασφάλειας. Η τεχνητή νοημοσύνη φέρει την ικανότητα να βοηθήσει στον εντοπισμό και την πρόληψη επιθέσεων στον κυβερνοχώρο, στην παρακολούθηση των μοτίβων κυκλοφορίας για τη μείωση των ατυχημάτων και στην ανάλυση δεδομένων εγκλήματος για τον εντοπισμό μοτίβων.

Τέλος, ίσως και η σημαντικότερη συνεισφορά της τεχνητής νοημοσύνης στην ανθρωπότητα να είναι η επιτάχυνση της επιστημονικής έρευνας και ανακάλυψης με την ανάλυση μεγάλων όγκων δεδομένων. Η ανάλυση γενετικών δεδομένων για την ανάπτυξη νέων θεραπειών για ασθένειες, τον εντοπισμό νέων υλικών και η ανάλυση κλιματικών δεδομένων για την καλύτερη κατανόηση της κλιματικής αλλαγής θα προέλθει από καινοτομίες σε αυτόν τον τομέα.

6.2.2 Μετασχηματίζοντας Βιομηχανίες και Κοινωνίες

Η τεχνητή νοημοσύνη (AI) έχει γίνει μια από τις πιο μεταμορφωτικές τεχνολογίες του 21ου αιώνα (Schwab, 2016). Έχει τη δυνατότητα να αλλάξει τον τρόπο που ζούμε και εργαζόμαστε και να στέκεται αντάξια σε μερικές από τις πιο πιεστικές παγκόσμιες προκλήσεις που αντιμετωπίζουμε σήμερα. Ωστόσο, ο αντίκτυπός της στις βιομηχανίες και τις κοινωνίες δεν θα έρθει χωρίς και αρνητικές συνέπειες. Εξακολουθούν να υπάρχουν πολλά ερωτήματα σχετικά με το πώς μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε αυτήν την τεχνολογία ηθικά και υπεύθυνα.

Η τεχνητή νοημοσύνη μεταμορφώνει ήδη πολλούς κλάδους, από την υγειονομική περίθαλψη και το χρηματιστήριο έως τις μεταφορές και την παραγωγή.

Σε πρόσφατη μελέτη της Accenture

6.2.3 Οι προκλήσεις: Ηθικές, τεχνικές και κοινωνικές επιπτώσεις

Ηθικές

Αν και αυτή η πρόοδος είναι συναρπαστική, θέτει επίσης σημαντικές προκλήσεις, ιδίως όσον αφορά τις ηθικές, τεχνικές και κοινωνικές επιπτώσεις.

Μία από τις σημαντικές προκλήσεις που αντιμετωπίζει η τεχνολογία AI είναι οι ηθικές επιπτώσεις. Η ανάπτυξη της τεχνολογίας έχει οδηγήσει σε ανησυχίες σχετικά με το απόρρητο, τη λογοδοσία και τη διαφάνεια των αποφάσεων και των πληροφοριών που αναπαράγει. Οι αλγόριθμοι τεχνητής νοημοσύνης βασίζονται σε μεγάλα σύνολα δεδομένων που μπορεί να περιέχουν ευαίσθητες πληροφορίες, όπως προσωπικά δεδομένα υγείας ή οικονομικά στοιχεία, στα οποία υπάρχει κίνδυνος για κατάχρηση εάν δεν ληφθούν κατάλληλα μέτρα για την προσεκτική εκμετάλλευσή τους.

Επιπλέον μια κύρια ηθική πρόκληση για παράδειγμα είναι ο εντοπισμός για το ποιος είναι υπεύθυνος για τις ενέργειες των συστημάτων AI; Σε ορισμένες περιπτώσεις, αυτά τα συστήματα λαμβάνουν αποφάσεις που έχουν σοβαρές συνέπειες, όπως στα αυτόνομα οχήματα που μπορεί να είναι υπαίτια σε κάποιο ατύχημα. Ποιος πρέπει να λογοδοτήσει όταν προκύπτουν τέτοιες καταστάσεις; (Arjun Nagendran, Yanan Sui,)

Επίσης η χρήση της τεχνητής νοημοσύνης σε ορισμένες εφαρμογές εγείρει άλλου τύπου ηθικά ερωτήματα. Για παράδειγμα, η τεχνολογία αναγνώρισης προσώπου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παρακολούθηση ατόμων, οδηγώντας σε ανησυχίες σχετικά με το απόρρητο και την πιθανή κακόβουλη χρήση αυτών των συστημάτων.

Τεχνικές

Εάν και η εφεύρεση της τεχνητής νοημοσύνης χρονολογείται στην δεκαετία του 1950 ακόμα βρίσκεται στα αρχικά της στάδια και υπάρχουν αρκετές τεχνικές προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπιστούν. Μία από τις πιο σημαντικές προκλήσεις είναι η έλλειψη διαφάνειας στους αλγόριθμους AI. Καθώς τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης γίνονται πιο περίπλοκα, δηλαδή γίνεται όλο και πιο δύσκολο να κατανοήσουμε πώς φτάνουν στις αποφάσεις τους.

Μια άλλη τεχνική πρόκληση είναι η ανάγκη για μεγάλες ποσότητες δεδομένων για την εκπαίδευση των συστημάτων. Σε ορισμένες περιπτώσεις, η απόκτηση τέτοιων δεδομένων είναι δύσκολη ή αδύνατη. Επιπλέον, η ποιότητα των δεδομένων μπορεί να επηρεάσει την ακρίβεια του συστήματος, καθιστώντας δύσκολη τη διασφάλιση της αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων.

Τέλος, τα συστήματα AI μπορεί να είναι ευάλωτα σε επιθέσεις από κακόβουλα συστήματα ή ιούς. Αυτή η ευπάθεια μπορεί να οδηγήσει σε σοβαρές συνέπειες, από οικονομικές απάτες μέχρι και χειραγώγηση κάποιες προεκλογικής καμπάνιας. (World Economic Forum, 2020).

Κοινωνικές Προκλήσεις

Η τεχνολογία έχει τη δυνατότητα να μεταμορφώσει την κοινωνία με πολλούς τρόπους, αλλά θέτει επίσης αρκετές κοινωνικές προκλήσεις. Μία από τις σημαντικότερες προκλήσεις είναι ο αντίκτυπος στην απασχόληση. Τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης αντικαθιστούν ολοένα και περισσότερο τους ανθρώπινους εργαζομένους σε πολλούς βιομηχανικούς κλάδους, οδηγώντας σε ανησυχίες σχετικά με την απώλεια θέσεων εργασίας και την εισοδηματική ανισότητα. (Schwab, 2016)

Μια άλλη κοινωνική πρόκληση είναι η δυνατότητα της τεχνολογίας AI να ενισχύσει τις υπάρχουσες προκαταλήψεις και διακρίσεις. Δεν πρέπει να αγνοείται η

διαδικασία με την οποία η τεχνητή νοημοσύνη βασίζεται. Η βαθιά ανάλυση δεδομένων αποτελεί τον πυρήνα της τεχνητής νοημοσύνης, όμως αυτά τα δεδομένα προέρχονται από την ίδια την κοινωνία με τις παθογένειες της εποχής της. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τεχνολογίες τεχνητής νοημοσύνης να ακολουθούν κατάλοιπα όπως κοινωνικό ή φυλετικό ρατσισμό και αλλού τέτοιου είδους προκαταλήψεις με αμέτρητα παραδείγματα άδικων αποτελεσμάτων (Nilsson, 2010).

Τέλος, η χρήση της τεχνητής νοημοσύνης σε ορισμένες εφαρμογές, όπως η επιτήρηση ή οι στρατιωτικές επιχειρήσεις, εγείρει ανησυχίες σχετικά με τον αντίκτυπο στις πολιτικές ελευθερίες και τα ανθρώπινα δικαιώματα. (World Economic Forum, 2020)

Συμπερασματικά, η τεχνολογία τεχνητής νοημοσύνης εγείρει προβληματισμούς σχετικά με τον αντίκτυπο της. Έχει τη δυνατότητα να μεταμορφώσει τις βιομηχανίες και τις κοινωνίες με πολλούς θετικούς τρόπους, από την αυξημένη αποτελεσματικότητα και την παραγωγικότητα έως την καλύτερη υγειονομική περίθαλψη και τις μεταφορές. Ωστόσο, παρουσιάζει επίσης μια σειρά από προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπιστούν, όπως η μετατόπιση εργασίας, η μεροληψία, η προστασία της ιδιωτικής ζωής και πολλούς ηθικούς παράγοντες. Η αντιμετώπιση των ηθικών, τεχνικών και κοινωνικών επιπτώσεων της τεχνολογίας AI θα απαιτήσει συντονισμένη προσπάθεια από τις κυβερνήσεις, τους ηγέτες του κλάδου και άλλους ενδιαφερόμενους φορείς ώστε να διασφαλιστεί ορθή ηθική και υπεύθυνη αξιοποίηση της. Θα είναι σημαντικό για τις επιχειρήσεις, τις κυβερνήσεις και την κοινωνία των πολιτών να συνεργαστούν για την ανάπτυξη πλαισίων και προτύπων για την ορθή ανάπτυξη συστημάτων AI (World Economic Forum, 2020).

6.2.4 Το παράδειγμα του ChatGPT

«Το ChatGPT είναι ένα μαγικό εργαλείο στα χέρια της ανθρωπότητας, ίσως η μεγαλύτερη εφεύρεση που έκανε ποτέ ο άνθρωπος, που θα αλλάξει τα πάντα σχετικά με τον τρόπο που κάνουμε οτιδήποτε στη ζωή μας και στον κόσμο των επιχειρήσεων»

Αναφέρει, ο κ. Ατσαλάκης στην ομιλία του κατά την βράβευση από την Energizing Greece.

Η εταιρεία OpenAI τον Δεκέμβριο του 2022 δημοσίευσε στο διαδίκτυο την τελευταία της εφαρμογή με όνομα ChatGPT. Η ταχύτητα υιοθέτησης της ήταν θεαματική. Η συγκεκριμένη εφαρμογή ξεπέρασε το ορόσημο μέγεθος του ενός εκατομμυρίου χρηστών σε μόλις 5 ημέρες από την δημοσίευσή της. Για παράδειγμα, η πλατφόρμα «Facebook» που πλέον αριθμοί πάνω από 2 δισεκατομμύρια χρήστες, το ορόσημο του ενός εκατομμυρίου χρηστών το ξεπέρασε 10 μήνες από το λανσάρισμα του.

Το ChatGPT ανήκει σε μια εξιδεικευμένη κατηγορία της τεχνητής νοημοσύνης που αποκαλείτε σε άμεση μετάφραση ως μοντέλο «μεγάλων γλωσσών», (Large language model). Χρησιμοποιεί μια μέθοδο μηχανικής μάθησης αξιοποιώντας έναν όγκο δεδομένων, όπως βιβλία, δημοσιεύσεις, περιοδικά, ακόμη και δημοσιεύσεις στα μέσα κοινωνικής δικτύωσής και έπειτα αναπαράγει κείμενα όμοια με αυτά των ανθρώπων.

Ο χρήστης κατά συνέπεια έχει την δυνατότητα να συνομιλεί με την συγκεκριμένη εφαρμογή. Δηλαδή, για την άντληση των πληροφοριών δεν χρειάζεται να ανακατευθύνεται σε διάφορες πηγές, όπως συμβαίνει με την ιστοσελίδα της google ή και πιο συντηρητικά σε μια βιβλιοθήκη. Άλλα πλέον μπορεί να επικοινωνήσει με το ChatGPT όπως θα έκανε με έναν εμπειρογνώμονα σε οποιανδήποτε τομέα.

Οι γνώσεις του ChatGPT αγγίζουν ασύλληπτα ύψη και βάθη. Γράφει κώδικα σε διάφορες γλώσσες προγραμματισμού, κάνει περιγραφές κειμένων, λύνει με ευκολία εργασίες σε μαθητές και φοιτητές, βοηθάει δημοσιογράφους για τη δημιουργία του επόμενου άρθρου τους. Ένα, αξιοσημείωτο παράδειγμα ήταν όταν ένας κάτοικος της Αμερικής το χρησιμοποίησε ως πείραμα για να κερδίσει χρήματα με αρχικό κεφάλαιο 100\$, αποτέλεσμα, ύστερα από τέσσερις μέρες είχε αυξηθεί το κεφάλαιο του κατά 20\$ ακολουθώντας πιστά τις οδηγίες του ChatGPT.

Πέρα από την χρησιμότητα του, υποβόσκουν σοβαρά προβλήματα. Η ίδια η εταιρεία που κατασκεύασε την εφαρμογή, έχει παραδεχτεί πως μπορεί να αναπαράγει επιβλαβείς, ανακριβείς και μεροληπτικές απαντήσεις. Το αμέσως επόμενο ζήτημα αφορά, τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για να εκπαιδευτεί, δεν είναι γνωστό εάν αυτό το υλικό/δεδομένα προστατεύονταν από πνευματικά δικαιώματα. Επιπλέον, ήδη απειλεί θέσεις εργασίας όπως οικονομικούς αναλυτές, δικηγόρους και εκπαιδευτές και είναι μερικά ακόμη από τα προβλήματα που συσσωρεύονται.

Τέλος, παρόλο που η εταιρεία OpenAI έχει δηλώσει πως η ασφάλεια αποτελεί ύψιστη προτεραιότητα, υπάρχουν πολλά που δεν γνωρίζουμε για το πώς λειτουργεί το μοντέλο τους. Καταλήγουμε έτσι να εμπιστευόμαστε τυφλά ότι η OpenAI θα αναπτύξει και θα χρησιμοποιήσει το ChatGPT με υπευθυνότητα. Αξίζει να θυμόμαστε ότι η OpenAI είναι μια ιδιωτική εταιρεία που θα συνεχίσει να εξελίσσει το ChatGPT σύμφωνα με τους δικούς της στόχους και ηθικά πρότυπα.

6.3 Προσθετική κατασκευή

Η προσθετική κατασκευή, γνωστή και ως τρισδιάστατη εκτύπωση, είναι μια διαδικασία δημιουργίας τρισδιάστατων αντικειμένων από ψηφιακά μοντέλα. Περιλαμβάνει την κατασκευή ενός φυσικού αντικειμένου προσθέτοντας στρώματα πάνω σε υφιστάμενο στρώμα, κατάλληλου υλικού μέχρι να ολοκληρωθεί το τελικό

προϊόν. Αυτή η τεχνολογία έχει φέρει επανάσταση στον τρόπο που οι βιομηχανίες δημιουργούν και κατασκευάζουμε προϊόντα.

Υπάρχουν διαφορετικοί τύποι διεργασιών, συμπεριλαμβανομένων των μοντέλων εναπόθεσης συντηγμένων υλικών, στερεολιθογραφίας, επιλεκτική συσσώματωσης με λέιζερ και πολλών άλλων. Κάθε διαδικασία έχει τα δικά της πλεονεκτήματα και περιορισμούς και η επιλογή της σωστής διαδικασίας εξαρτάται από το υλικό, την πολυπλοκότητα και το μέγεθος του αντικειμένου που εκτυπώνεται. Η προσθετική κατασκευή μπορεί να χρησιμοποιήσει μια ποικιλία υλικών, όπως πλαστικά, μέταλλα, κεραμικά, ακόμη και τρόφιμα. Διαφορετικά υλικά έχουν διαφορετικές ιδιότητες, όπως αντοχή, ευκαμψία και ανθεκτικότητα, που μπορούν να επηρεάσουν την ποιότητα και τη λειτουργία του τελικού προϊόντος. (Gibson, I., Rosen, D. W., & Stucker, B., 2014)

Ενώ είναι πολλά τα οφέλη της προσθετικής κατασκευής, αντιμετωπίζει επίσης προκλήσεις όπως περιορισμένες επιλογές υλικών και την ανάγκη για προηγμένο λογισμικό και υλικά. Ωστόσο, το μέλλον της είναι πολλά υποσχόμενο, καθώς οι ερευνητές συνεχίζουν να εξερευνούν νέα υλικά και διαδικασίες και να βελτιώνουν την υπάρχουσα τεχνολογία. (Ebert, J., Stoll, J., & Briceno, S. , 2019)

6.3.1 Η επανάσταση που φέρει: Οι προκλήσεις και οι ευκαιρίες

Μία από τις κύριες προκλήσεις της τρισδιάστατης εκτύπωσης είναι η ανάγκη για πιο προηγμένο λογισμικό και υλικά για τη βελτίωση της ταχύτητας και της ποιότητας της διαδικασίας. Η τρέχουσα ταχύτητα είναι συχνά χαμηλή σε σύγκριση με τις παραδοσιακές μεθόδους, καθιστώντας την βιώσιμη σε εξειδικευμένες περιπτώσεις για την παραγωγή μεγάλης κλίμακας προϊόντων. Επιπλέον, η ποιότητα των τυπωμένων εξαρτημάτων μπορεί να είναι μεταβλητή, γεγονός που να δυσκολεύει την επίτευξη σταθερών αποτελεσμάτων. Αυτό καθιστά σημαντική την επένδυση στην έρευνα και ανάπτυξη για τη βελτίωση της ταχύτητας και της ποιότητας της διαδικασίας. (Gao, W., Zhang, Y., Ramanujan, D., 2015)

Μια άλλη πρόκληση είναι το κόστος εξοπλισμού και των υλικών. Η τεχνολογία παραγωγής προσθέτων είναι μια κοστοβόρος διαδικασία, ιδιαίτερα για νέες και μικρές επιχειρήσεις. Επιπλέον, τα απαιτούμενα υλικά έχουν εξειδικευμένες ιδιότητες ανεβάζοντας το συνολικό κόστος, γεγονός που μπορεί να δυσκολέψει ορισμένες επιχειρήσεις να υιοθετήσουν αυτή την προσθετική κατασκευή στην διαδικασία παραγωγής τους. Είναι σημαντικό να ερευνηθούν λύσεις για τα συγκεκριμένα προβλήματα της τεχνολογίας ώστε να γίνει ευκολότερη και κατ' επέκταση άμεση η υιοθέτηση της. (Gao, W., Zhang, Y., Ramanujan, D., 2015)

Ακόμα υπάρχει έντονη ζήτηση για ειδικευμένο προσωπικό. Η τεχνολογία απαιτεί υψηλό επίπεδο τεχνικής εξειδίκευσης, ιδιαίτερα όταν πρόκειται για το σχεδιασμό

και την προετοιμασία μοντέλων για εκτύπωση. (Gao, W., Zhang, Y., Ramanujan, D., 2015)

Παρά αυτές τις προκλήσεις, υπάρχουν επίσης πολλές ευκαιρίες που σχετίζονται με την τρισδιάστατη εκτύπωση. Ένας από τους κύριους τρόπους με τους οποίους η προσθετική κατασκευή φέρνει την επανάσταση είναι η παροχή μεγαλύτερης ελευθερίας σχεδιασμού. Με τις παραδοσιακές μεθόδους, ορισμένα χαρακτηριστικά ή σχήματα μπορεί να ήταν δύσκολο ή και αδύνατο να αναπαραχθούν. Αντίθετα, με την τρισδιάστατη εκτύπωση, οι σχεδιαστές έχουν περισσότερη δημιουργική ελευθερία να παράγουν περίπλοκες γεωμετρίες και δομές που προηγουμένως ήταν αδύνατες. Αυτό ανοίγει νέες δυνατότητες για καινοτομία και την διαφοροποίηση των προϊόντων με εξελιγμένες ιδιότητες. (Brynjolfsson, E., & McAfee, A. , 2014)

Η προσθετική κατασκευή αλλάζει επίσης τον τρόπο παραγωγής των προϊόντων. Επιτρέπει πιο αποδοτική και οικονομική και περιβαλλοντικά βιώσιμη παραγωγή, ιδιαίτερα για μικρής κλίμακας ή προσαρμοσμένες σειρές παραγωγής. Έχει την δυνατότητα να μειώσει το χρόνο και το κόστος της δημιουργίας πρωτοτύπων, καθώς και να επιτρέψει την κατ' απαίτηση κατασκευή ανταλλακτικών. Οδηγώντας σε πιο αποτελεσματικές αλυσίδες εφοδιασμού με μειωμένο κόστος αποθεματοποίησης, στην οικονομία υλικών και πόρων ενέργειας. (Ebert, J., Stoll, J., & Briceno, S. , 2019)

Ένας ακόμη βασικό στοιχείο της είναι η δυνατότητα μείωσης των αποβλήτων και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Οι παραδοσιακές μέθοδοι παραγωγής και κατασκευής προϊόντων συχνά οδηγούν σε υπερβολικά απόβλητα υλικών, τα οποία δεν είναι μόνο ακριβά αλλά και επιβλαβή για το περιβάλλον. Με την τρισδιάστατη εκτύπωση, η διαδικασία είναι γίνεται άμεσα περιβαλλοντικά βιώσιμη, καθώς προσθέτει υλικό μόνο όπου χρειάζεται, οδηγώντας σε λιγότερα απόβλητα και χαμηλότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις. (Hall R. W., 2011)

Συνοψίζοντάς, η τεχνολογία τρισδιάστατης εκτύπωσης έρχεται να αναταράξει ριζικά ποικίλους βιομηχανικούς κλάδους, αλλά υπάρχουν και προκλήσεις που πρέπει να ξεπεραστούν. Με την επένδυση στην έρευνα και την ανάπτυξη, την εξεύρεση τρόπων για να γίνει η τεχνολογία πιο προσιτή και η ανάπτυξη ενός ειδικευμένου εργατικού δυναμικού, είναι δυνατό να αξιοποιηθούν πλήρως οι δυνατότητες αυτής της τεχνολογίας. Με την ικανότητά της να επιτρέπει μεγαλύτερη ελευθερία σχεδιασμού, πιο αποτελεσματική παραγωγή και μια πιο βιώσιμη διαδικασία παραγωγής, η τρισδιάστατη εκτύπωση έχει τη δυνατότητα να μεταμορφώσει με μη αναστρέψιμο τρόπο τον μέλλον της ανθρωπότητας.

6.4 Βιοτεχνολογία

Η βιοτεχνολογία έχει αναδειχθεί ως κρίσιμος τομέας στην τέταρτη βιομηχανική επανάσταση. Η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση χαρακτηρίζεται από τη σύγκλιση ψηφιακών, φυσικών και βιολογικών τεχνολογιών και η βιοτεχνολογία διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο στη βιολογική πτυχή αυτής της σύγκλισης. Η βιοτεχνολογία περιλαμβάνει τη χειραγώγηση των ζωντανών οργανισμών και των συστατικών τους για την παραγωγή χρήσιμων προϊόντων και υπηρεσιών. Σε αυτό το κεφάλαιο, θα αναφέρουμε τις εφαρμογές της βιοτεχνολογίας και τις πιθανές επιπτώσεις αυτών των εφαρμογών στην κοινωνία.

Οι καινοτομίες στη βιολογική σφαίρα –και ειδικότερα στη γενετική– δεν είναι τίποτα λιγότερο από συγκλονιστικές. Τα τελευταία χρόνια, έχει επιτευχθεί σημαντική πρόοδος στη μείωση του κόστους και στην αύξηση της ευκολίας της παραγωγής μιας γενετικής αλληλουχίας και πρόσφατα, στην ενεργοποίηση ή την επεξεργασία γονιδίων. Χρειάστηκαν περισσότερα από 10 χρόνια, με κόστος 2,7 δισεκατομμυρίων δολαρίων, για να ολοκληρωθεί την αποδόμησης το έργο του ανθρώπινου γονιδιώματος. Σήμερα, η αλληλουχία ενός γονιδιώματος μπορεί να αναλυθεί σε λίγες ώρες σε τιμή λίγο πιο χαμηλά από χίλια δολάρια. (Schwab, 2016)

Η συνθετική βιολογία είναι το επόμενο βήμα. Θα μας δώσει τη δυνατότητα να προσαρμόσουμε τους οργανισμούς γράφοντας DNA. Παραμερίζοντας τα βαθιά ηθικά ζητήματα που εγείρονται, αυτές οι εξελίξεις δεν θα έχουν μόνο βαθύ και άμεσο αντίκτυπο στην ιατρική αλλά και στη γεωργία και την παραγωγή βιοκαυσίμων.

Πολλές από τις δύσκολες προκλήσεις για την υγεία μας, από τις καρδιακές παθήσεις έως τον καρκίνο, έχουν μια γενετική συνιστώσα. Εξαιτίας αυτού, η ικανότητα προσδιορισμού της ατομικής μας γενετικής σύνθεσης με αποτελεσματικό και οικονομικά αποδοτικό τρόπο (μέσω μηχανών προσδιορισμού αλληλουχίας που χρησιμοποιούνται σε συνηθισμένα διαγνωστικά κέντρα) θα φέρει επανάσταση στην εξατομικευμένη και αποτελεσματική υγειονομική περίθαλψη. Στο μέλλον οι γιατροί θα ενημερώνονται από τη γενετική σύνθεση ενός όγκου και θα μπορούν να λαμβάνουν αποφάσεις σχετικά με τη θεραπεία του καρκίνου ενός ασθενούς. (Lee, H., & Kim, Y. J., 2019)

Ενώ η κατανόησή μας για τους δεσμούς μεταξύ γενετικών δεικτών και ασθένειας είναι ακόμη ελλιπείς, η αύξηση του όγκου δεδομένων θα καταστήσει δυνατή την ιατρική ακρίβεια, επιτρέποντας την ανάπτυξη εξαιρετικά στοχευμένων θεραπειών για τη βελτίωση των αποτελεσμάτων της θεραπείας. Ήδη, ο υπερυπολογιστής με το όνομα Watson της IBM μπορεί να βοηθήσει προτείνοντας, μέσα σε λίγα λεπτά, εξατομικευμένες θεραπείες για καρκινοπαθείς, συγκρίνοντας το ιστορικό ασθενειών και θεραπειών, ακτινογραφιών και γενετικών δεδομένων. Ενώ

ταυτόχρονα έχει στην βάση δεδομένων του σχεδόν όλη την γνώση της σύγχρονης ιατρικής. (Kumar, P., & Sood, S. K., 2020)

Η ικανότητα επεξεργασίας του γενετικού κώδικα των οργανισμών μπορεί να εφαρμοστεί σε πρακτικά οποιονδήποτε τύπο κυττάρου, κατ' επέκταση επιτρέπει τη δημιουργία γενετικά τροποποιημένων φυτών ή ζώων, συμπεριλαμβανομένων και των ανθρώπων. Αυτό διαφέρει από τη γενετική μηχανική που εφαρμόστηκε στη δεκαετία του 1980 διότι είναι πολύ πιο ακριβής, αποτελεσματική και ευκολότερη στη χρήση από προηγούμενες μεθόδους. Στην πραγματικότητα, η επιστήμη προχωρά τόσο γρήγορα που οι περιορισμοί είναι πλέον λιγότερο τεχνικοί από ό,τι είναι νομικοί και ηθικοί. Ο κατάλογος των πιθανών εφαρμογών είναι ουσιαστικά ατελείωτος—από την ικανότητα τροποποίησης των ζώων ώστε να μπορούν να εκτρέφονται με μια δίαιτα που είναι πιο οικονομική ή πιο κατάλληλη για τις τοπικές συνθήκες, έως τη δημιουργία καλλιεργειών τροφίμων που είναι ικανές να αντέχουν σε ακραίες θερμοκρασίες. Καθώς προχωρά η έρευνα στη γενετική μηχανική, οι περιορισμοί της αποτελεσματικής παράδοσης και της εξειδίκευσης θα ξεπεραστούν, αφήνοντάς μας με ένα άμεσο και πιο απαιτητικό ερώτημα, ιδιαίτερα από μια ηθική άποψη. (Rehman, F. U., Wajid, A., Sharif, M., & Raza, M. A., 2019)

6.4.1 Η Γονιδιωματική Επανάσταση

Κατ' αρχήν, τόσο τα φυτά όσο και τα ζώα θα μπορούσαν ενδεχομένως να κατασκευαστούν για την παραγωγή φαρμακευτικών προϊόντων και άλλων μορφών θεραπείας. Η μέρα που οι αγελάδες θα κατασκευάζονται για να παράγουν γάλα με ένα στοιχείο πήξης του αίματος, το οποίο λείπει από τους αιμορροφιλικούς, δεν είναι μακριά. Οι ερευνητές έχουν ήδη αρχίσει να σχεδιάζουν τα γονιδιώματα των χοίρων με στόχο την ανάπτυξη οργάνων κατάλληλων για ανθρώπινη μεταμόσχευση, η οποία δεν μπορούσε να πραγματοποιηθεί μέχρι τώρα. (Schwab, 2016)

Σύμφωνα με το σημείο που αναφέρθηκε προηγουμένως σχετικά με το πώς οι διαφορετικές τεχνολογίες συγχωνεύονται και εμπλουτίζονται μεταξύ τους, η τρισδιάστατη κατασκευή θα συνδυαστεί με την επεξεργασία γονιδίων για την παραγωγή ζωντανών ιστών με σκοπό την επισκευή και την αναγέννηση ιστών. Μια διαδικασία που ονομάζεται «βιοεκτύπωση», στρώματα κυττάρων τυπώνονται και χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία οργάνων. Ήδη αυτή η τεχνολογία βρίσκεται σε πειραματικό στάδιο έχοντας παράγει δείγματα οστών, δέρματος, καρδιάς και αγγειακού ιστού. (Lee, H., & Kim, Y. J., 2019)

Ο βιολογικός τομέας εμφανίζει τις μεγαλύτερες προκλήσεις για την ανάπτυξη τόσο των κοινωνικών κανόνων όσο και κατάλληλων εργαλείων ρύθμισης. Βρισκόμαστε αντιμέτωποι με νέα ερωτήματα σχετικά με το τι σημαίνει να είσαι άνθρωπος, ποια δεδομένα και πληροφορίες για το σώμα και την υγεία μας μπορούν ή πρέπει να κοινοποιηθούν σε άλλους και ποια δικαιώματα και υποχρεώσεις έχουμε όταν

πρόκειται να αλλάξουμε τον ίδιο τον γενετικό κώδικα των μελλοντικών γενεών. (Rifkin, 2011)

6.4.2 Εξισορρόπηση προόδου και ηθικής

Ο γρήγορος ρυθμός της τεχνολογικής ανάπτυξης στη βιοτεχνολογία έχει εγείρει σημαντικές ηθικές ανησυχίες. Πλέον είναι πολύ πιο εύκολο να χειριστεί κανείς με ακρίβεια το ανθρώπινο γονιδίωμα μέσα σε βιώσιμα έμβρυα. Αυτό σημαίνει, ότι είναι πιθανό να δούμε νεογέννητα μωρά που έχουν σχεδιαστεί ώστε να έχουν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά ή που είναι ανθεκτικά σε συγκεκριμένες ασθένειες.

Η ανθρωπότητα δεν είναι ακόμη έτοιμη να αντιμετωπίσει την πραγματικότητα και τις συνέπειες των σύγχρονων γενετικών τεχνολογιών, παρόλο που αυτές πλησιάζουν με ταχύ ρυθμό. Για αυτό οι θεσμοί οφείλουν άμεσα να ασχοληθούν με τις κοινωνικές, ιατρικές, ηθικές και ψυχολογικές προκλήσεις και πρέπει να επιλυθούν ή τουλάχιστον να αντιμετωπιστούν κατάλληλα. (Schwab, 2016)

Επιπλέον, η βιοτεχνολογία συχνά περιλαμβάνει τη χρήση ζώων για έρευνα, δοκιμές και παραγωγή φαρμακευτικών προϊόντων. Οι ηθικές ανησυχίες από την άποψη αυτή σχετίζονται με την καλή διαβίωση των ζώων και κατά πόσον η χρήση τους είναι δικαιολογημένη για τα οφέλη για τον άνθρωπο. (Rehman, F. U., Wajid, A., Sharif, M., & Raza, M. A., 2019)

Η καινοτομία στη βιοτεχνολογία είχε ως αποτέλεσμα την κατοχύρωση διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας για γονίδια, μικροοργανισμούς και άλλα βιολογικά υλικά. Τα ηθικά ερωτήματα γύρω από αυτό είναι εάν είναι ηθικά σωστό να κατοχυρώνονται με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας ζωντανοί οργανισμοί και εάν πρέπει να χορηγούνται διπλώματα ευρεσιτεχνίας για μορφές ζωής που εμφανίζονται στον φυσικό κόσμο. (Schwab, 2016)

Η πρόσβαση σε όλες αυτές τις καινοτομίες που προέρχονται από αυτό το κλάδο είναι γνωστό πως έχουν υψηλό κόστος και υπάρχουν ανησυχίες ότι τα νέα προϊόντα και οι υπηρεσίες να μην είναι διαθέσιμα σε όλη την κοινωνία, ιδιαίτερα στις αναπτυσσόμενες χώρες, όπου υπάρχει σημαντική ανάγκη για τέτοιους είδους καινοτόμες λύσεις υγειονομικής περίθαλψης. (Schwab, 2016)

Επιπλέον, η βιοτεχνολογία είχε ως αποτέλεσμα τη συλλογή και αποθήκευση τεράστιων ποσοτήτων προσωπικών και γενετικών δεδομένων. Τα ηθικά ερωτήματα γύρω από αυτό είναι πώς χρησιμοποιούνται αυτά τα δεδομένα, ποιος τα κατέχει και πώς προστατεύονται. (Lee, H., & Kim, Y. J., 2019)

Τέλος είναι αρκετά ανησυχητικό το γεγονός πως μπορούν να προέλθουν από αυτό τον τομέα αρνητικές συνέπειες στο περιβάλλον. Για παράδειγμα, γενετικά τροποποιημένοι οργανισμοί μπορούν να εξαπλωθούν στο περιβάλλον, οδηγώντας σε μετατόπιση φυσικών ειδών. (Kumar, P., & Sood, S. K., 2020)

Συνοψίζοντας, ενώ η βιοτεχνολογία έχει τη δυνατότητα να προσφέρει σημαντικά οφέλη στην ανθρωπότητα, ο γρήγορος ρυθμός της τεχνολογικής προόδου έχει εγείρει ηθικούς προβληματισμούς. Για να διασφαλιστεί ότι τα οφέλη της βιοτεχνολογίας εξισορροπούνται με τις ηθικές επιπτώσεις της, είναι απαραίτητο να υπάρχουν διαφανή και περιεκτικά ηθικά πλαίσια που να περιλαμβάνουν τη συμμετοχή όλων των φορέων. Αυτά τα πλαίσια θα πρέπει να διασφαλίζουν ότι η ανάπτυξη και η εφαρμογή της βιοτεχνολογίας καθοδηγείται από ηθικές αρχές που προστατεύουν την ανθρώπινη αξιοπρέπεια, την καλή μεταχείριση των ζώων και την περιβαλλοντική βιωσιμότητα.

6.5 Νέα υλικά

Η Τέταρτη Βιομηχανική Επανάσταση χαρακτηρίζεται από την ενσωμάτωση προηγμένων τεχνολογιών σε κάθε πτυχή της ζωής μας, από τα έξυπνα σπίτια μέχρι τα αυτόνομα οχήματα και από τα έξυπνα εργοστάσια μέχρι την εξατομικευμένη ιατρική. Ως αποτέλεσμα, τα νέα υλικά διαδραματίζουν έναν από τους πιο κρίσιμους ρόλους για την άνοδο της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης, καθώς προσφέρουν βελτιωμένη απόδοση, ανθεκτικότητα και λειτουργικότητα. Σε αυτό το κεφάλαιο, θα εξερευνήσουμε μερικά από τα νέα υλικά που οδηγούν την καινοτομία.

Γραφένιο

Το γραφένιο είναι ένα δισδιάστατο υλικό που αποτελείται από ένα μόνο στρώμα ατόμων άνθρακα διατεταγμένα σε ένα εξαγωνικό πλέγμα. Είναι απίστευτα ισχυρό, ελαφρύ και αγωγίμο, καθιστώντας το ιδανικό για πληθώρα εφαρμογών. Το γραφένιο έχει τη δυνατότητα να φέρει επανάσταση σε πολλές βιομηχανίες, από τα ηλεκτρονικά μέχρι την αποθήκευση ενέργειας και την ιατρική. Για παράδειγμα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή ευέλικτων οθονών και αισθητήρων, μπαταριών υψηλής απόδοσης, ακόμη και τεχνητών μυών. (Zoltan, 2019)

Νανοκυτταρίνη

Η νανοκυτταρίνη είναι ένα υλικό κατασκευασμένο από φυτικές ίνες κυτταρίνης που έχουν διασπαστεί σε μικροσκοπικά σωματίδια με νανοδιαστάσεις. Είναι ισχυρό, ελαφρύ και βιοδιασπώμενο, καθιστώντας το μια βιώσιμη εναλλακτική λύση στα πλαστικά και άλλα συνθετικά υλικά. Η νανοκυτταρίνη μπορεί να βρεί εμπορική χρήση, από υλικά συσκευασίας μέχρι και βιοϊατρικές συσκευές. (Zoltan, 2019)

Μεταλλικοί-οργανικοί σκελετοί (MOFs)

Τα MOF είναι μια κατηγορία υλικών που αποτελούνται από μεταλλικά ιόντα ή συστάδες που συνδέονται μεταξύ τους με οργανικά μόρια. Είναι πορώδη, πράγμα που σημαίνει ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αποθήκευση και τον

διαχωρισμό αερίων και άλλων μορίων. Η ανάπτυξη και η εξέλιξη των συγκεκριμένων υλικών αποσκοπεί στην χρήση τους ως καταλύτης, στην αποθήκευση αερίων αλλά ακόμη στην φαρμακευτική αγωγή. (Zoltan, 2019)

Υλικά τρισδιάστατης εκτύπωσης

Η τρισδιάστατη εκτύπωση έχει φέρει επανάσταση στην κατασκευή, επιτρέποντας την παραγωγή πολύπλοκων, προσαρμοσμένων εξαρτημάτων και προϊόντων. Ως αποτέλεσμα, υπάρχει μια αυξανόμενη ζήτηση για νέα υλικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην τρισδιάστατη εκτύπωση. Αυτά τα υλικά περιλαμβάνουν μέταλλα, κεραμικά και πολυμερή και προσφέρουν μια σειρά από ιδιότητες όπως υψηλή αντοχή, αντοχή στη θερμότητα και βιοσυμβατότητα. (Zoltan, 2019)

Έξυπνα υλικά

Τα έξυπνα υλικά είναι τα υλικά που μπορούν να αλλάξουν τις ιδιότητές τους ως απόκριση σε εξωτερικά ερεθίσματα, όπως η θερμοκρασία, το φως ή τα μαγνητικά πεδία. Προσφέρουν μια σειρά πιθανών εφαρμογών, από αυτοθεραπευόμενα υλικά έως δομές που αλλάζουν σχήμα και έξυπνα υφάσματα. Τα έξυπνα υλικά περιλαμβάνουν κράματα μνήμης σχήματος, ηλεκτροενεργά πολυμερή και υλικά αυτο-θεραπείας. (Zoltan, 2019)

Κβαντικά υλικά

Τα κβαντικά υλικά ίσως και τα πιο εξεζητημένο υλικό στην λίστα είναι αυτά παρουσιάζουν κβαντομηχανικές ιδιότητες, όπως υπεραγωγιμότητα ή μαγνητισμό. Προσφέρουν τη δυνατότητα για την ανάπτυξη των κβαντικών υπολογιστών και τεχνολογίες κβαντικής επικοινωνίας. Παραδείγματα κβαντικών υλικών περιλαμβάνουν υπεραγωγούς υψηλής θερμοκρασίας και τοπολογικούς μονωτές. (Zoltan, 2019)

Συνοψίζοντας, τα νέα υλικά διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στην προώθηση της καινοτομίας στην Τέταρτη Βιομηχανική Επανάσταση. Από το γραφένιο έως τα κβαντικά υλικά, προσφέρουν βελτιωμένη απόδοση, ανθεκτικότητα και λειτουργικότητα που είναι ζωτικής σημασίας για την ικανοποίηση των υψηλών απαιτήσεων ενός ταχέως μεταβαλλόμενου κόσμου. Καθώς η έρευνα στην επιστήμη των υλικών συνεχίζει να προοδεύει, με σιγουριά αναμένουμε να δούμε νέα υλικά αναδύονται, να παράγονται σε μαζικές ποσότητες ή και ακόμη περισσότερα πρωτοποριακά υλικά που θα διαμορφώσουν το μέλλον της τεχνολογίας και της βιομηχανίας.

“Intentionally Left blank”

Κεφάλαιο 7

«Η Τέταρτη Βιομηχανική Επανάσταση»

7.1 Περίληψη

Η Τέταρτη Βιομηχανική Επανάσταση θα έχει εξίσου σημαντικό αντίκτυπο στον εικοστό πρώτο αιώνα, όπως είχε η πρώτη βιομηχανική επανάσταση τον δέκατο όγδοο και δέκατο ένατο αιώνα. Όπως και στις προηγούμενες βιομηχανικές επαναστάσεις, θα αλλάξει ριζικά κάθε πτυχή του τρόπου με τον οποίο εργαζόμαστε και ζούμε. Η συμβατική οργάνωση της κοινωνίας που χαρακτήρισε μεγάλο μέρος της οικονομικής, κοινωνικής και πολιτικής ζωής των βιομηχανικών επαναστάσεων που βασίζονται στα ορυκτά καύσιμα δίνει τη θέση της νέους τρόπους οργάνωσης καθώς και σε τεχνολογίες που βοηθάνε τον άνθρωπο με επαναστατικούς και πρωτοποριακούς τρόπους. Βρισκόμαστε στη μέση μιας βαθιάς αλλαγής στον τρόπο με τον οποίο δομείται η παγκόσμια κοινωνία, με νέες εφευρέσεις και καινοτομίες που αναμένονται ακόμη να κατακτήσουν κάποιο μερίδιο στις σύγχρονες αγορές και να αντικαταστήσουν τους προκάτοχούς τους.

Όλες οι νέες εξελίξεις και τεχνολογίες έχουν ένα βασικό κοινό χαρακτηριστικό. Αξιοποιούν τη διάχυτη δύναμη της ψηφιοποίησης και της τεχνολογίας των πληροφοριών. Η αλληλουχία γονιδίων, για παράδειγμα, δεν θα μπορούσε να συμβεί χωρίς πρόοδο στην υπολογιστική ισχύ και στην ανάλυση δεδομένων. Ομοίως, τα προηγμένα ρομπότ δεν θα υπήρχαν χωρίς την τεχνητή νοημοσύνη.

Οι μεγάλες τάσεις και το ευρύ τοπίο των τεχνολογικών παραγόντων της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης, χωρίζεται σε μία λίστα τριών ομάδων: φυσικές, ψηφιακές και βιολογικές. Και οι τρεις είναι βαθιά αλληλένδετες και οι διάφορες τεχνολογίες επωφελούνται η μία από την άλλη με βάση τις ανακαλύψεις και την πρόοδο που κάνει η καθεμία.

Η κλίμακα και το εύρος της εξελισσόμενης τεχνολογικής επανάστασης θα οδηγήσει σε οικονομικές, κοινωνικές και πολιτιστικές αλλαγές τόσο φαινομενικών διαστάσεων που είναι σχεδόν αδύνατο να οραματιστούμε. Ωστόσο, μπορεί να υπάρξει μια ανάλυση για τις πιθανές επιπτώσεις της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης στην οικονομία, τις επιχειρήσεις, τις κυβερνήσεις την κοινωνία και τα άτομα.

Σε όλους αυτούς τους τομείς, μια από τις μεγαλύτερες επιπτώσεις πιθανότατα θα προκύψει από την ενδυνάμωση των σχέσεων τους. Δηλαδή, πως σχετίζονται οι κυβερνήσεις με τους πολίτες τους πώς σχετίζονται οι επιχειρήσεις με τους υπαλλήλους, τους μετόχους και τους πελάτες τους· ή πώς σχετίζονται οι υπερδυνάμεις με μικρότερες χώρες. Η διαταραχή που θα έχει η τέταρτη

βιομηχανική επανάσταση στα υπάρχοντα πολιτικά, οικονομικά και κοινωνικά μοντέλα θα απαιτήσει επομένως από τους εξουσιοδοτημένους φορείς να αναγνωρίσουν ότι αποτελούν μέρος ενός κατανεμημένου συστήματος εξουσίας που απαιτεί περισσότερες συνεργατικές μορφές αλληλεπίδρασης για την εύρυθμη λειτουργία του πλανήτη.

7.2 Επιπτώσεις

7.2.1 Οικονομία

Η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση θα έχει μνημειώδη αντίκτυπο στην παγκόσμια οικονομία, τόσο μεγάλη και πολύπλευρη που καθιστά δύσκολο να διαχωριστεί ένα συγκεκριμένο αποτέλεσμα από το επόμενο. Πράγματι, όλες οι μεγάλες μακρομεταβλητές που μπορεί κανείς να σκεφτεί—ΑΕΠ, επενδύσεις, κατανάλωση, απασχόληση, εμπόριο, πληθωρισμός και ούτω καθεξής—θα επηρεαστούν.

Πρώτον, η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση προσφέρει την ευκαιρία να ενσωματωθούν οι ανεκπλήρωτες ανάγκες δύο δισεκατομμυρίων ανθρώπων στην παγκόσμια οικονομία, οδηγώντας πρόσθετες απαιτήσεις για υπάρχοντα προϊόντα και υπηρεσίες, ενδυναμώνοντας και συνδέοντας άτομα και κοινότητες σε όλο τον κόσμο.

Δεύτερον, η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση θα αυξήσει σημαντικά την ικανότητά μας να αντιμετωπίσουμε αρνητικές εξωτερικές επιδράσεις και στη διαδικασία, ενδεχόμενος να υπάρξει οικονομική ανάπτυξη. Ως παράδειγμα οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, μια σημαντική αρνητική εξωτερική επίδραση, όπου μέχρι πρόσφατα, οι πράσινες επενδύσεις ήταν ελκυστικές μόνο όταν επιδοτούνταν σε μεγάλο βαθμό από τις κυβερνήσεις, ωστόσο αυτό πλέον έχει αρχίσει να αλλάζει. Οι ραγδαίες τεχνολογικές εξελίξεις στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, στις αποδόσεις των καυσίμων και την αποθήκευση της ενέργειας όχι μόνο καθιστούν τις επενδύσεις σε αυτούς τους τομείς όλο και πιο κερδοφόρες, ενισχύοντας την ανάπτυξη του ΑΕΠ, αλλά συμβάλλουν επίσης στον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής, μιας από τις μεγαλύτερες παγκόσμιες προκλήσεις της εποχής μας.

Τρίτον, οι επιχειρήσεις, οι κυβερνήσεις και οι πολιτικοί ηγέτες της κοινωνίας, αγωνίζονται να μεταμορφώσουν τους οργανισμούς τους ώστε να αξιοποιήσουν πλήρως την αποτελεσματικότητα που προσφέρουν οι ψηφιακές δυνατότητες. Βρισκόμαστε ακόμη στην αρχή της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης και θα απαιτηθούν εντελώς νέες οικονομικές και οργανωτικές δομές για να εκμεταλλευτεί η πλήρη αξία της.

Παρά το θετικό αντίκτυπο της τεχνολογίας στην οικονομική ανάπτυξη, είναι σημαντικό να επισημανθούν και πιθανόν οι αρνητικές της συνέπειες, τουλάχιστον

βραχυπρόθεσμα, στην αγορά εργασίας. Οι φόβοι ενός τεχνολογικού μετασχηματισμού στις θέσεις εργασίας δεν είναι ένα σύγχρονο γεγονός. Η ανθρωπότητα έχει έρθει ξανά αντιμέτωπη με παρόμοια προβλήματα. Από την πρώτη κι όλες βιομηχανική επανάσταση είχαν υπάρξει εξεγέρσεις και καταστροφές σε εργαλεία και μηχανήματα που αντικαταστούν το ανθρώπινο δυναμικό.

Τα τελευταία χρόνια, η συζήτηση περί αυτού του θέματος αναζωπυρώθηκε από στοιχεία ότι οι υπολογιστές αντικαθιστούν μια σειρά από θέσεις εργασίας, κυρίως λογιστές, ταμίες και τηλεφωνητές. Διότι πολλές διαφορετικές κατηγορίες εργασίας, ιδιαίτερα εκείνες που περιλαμβάνουν μηχανικά επαναλαμβανόμενη χειρωνακτική εργασία, έχουν ήδη αυτοματοποιηθεί. Ακολουθώντας πολλά ακόμη επαγγέλματα, καθώς η υπολογιστική ισχύς συνεχίζει να αυξάνεται εκθετικά. Συντομότερα από ό,τι αναμένουν οι περισσότεροι, η εργασία τόσο διαφορετικών επαγγελμάτων μπορεί να είναι εν μέρει ή πλήρως αυτοματοποιημένη. Επαγγέλματα όπως οι δικηγόροι, οι οικονομικοί αναλυτές, οι γιατροί, οι δημοσιογράφοι, οι λογιστές, οι ασφαλιστές ή οι βιβλιοθηκονόμοι.

Για να κατανοήσουμε αυτό το γεγονός, πρέπει να κατανοήσουμε τα αποτελέσματα που ασκεί η τεχνολογία στην απασχόληση. Πρώτον, υπάρχει μια καταστροφική επίδραση καθώς η διαταραχή και η αυτοματοποίηση που τροφοδοτείται από την τεχνολογία υποκαθιστούν το κεφάλαιο για την εργασία, αναγκάζοντας τους εργαζόμενους να μείνουν άνεργοι ή να ανακαταναείμουν τις δεξιότητές τους αλλού. Δεύτερον, αυτό το φαινόμενο καταστροφής συνοδεύεται από ένα φαινόμενο κεφαλαιοποίησης κατά το οποίο η ζήτηση για νέα αγαθά και υπηρεσίες αυξάνεται και οδηγεί στη δημιουργία νέων επαγγελμάτων, επιχειρήσεων, ακόμη και βιομηχανιών.

Ο συνδυασμός διαρθρωτικών παραγόντων και συστημικών παραγόντων θα αναγκάσει την εμφάνιση ενός νέου οικονομικού μοντέλου. Η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση έχει τη δυνατότητα τόσο να αυξήσει την οικονομική ανάπτυξη όσο και να μετριάσει ορισμένες από τις μεγάλες παγκόσμιες προκλήσεις που αντιμετωπίζουμε συλλογικά. Χρειάζεται, ωστόσο, να αναγνωρίσουμε και να διαχειριστούμε τις αρνητικές επιπτώσεις που μπορεί να έχει, ιδίως όσον αφορά την απασχόληση και τις αγορές εργασίας.

7.2.2 Επιχειρήσεις

Πέρα από τις αλλαγές στα πρότυπα ανάπτυξης, τις αγορές εργασίας και το μέλλον της εργασίας που φυσικά θα επηρεάσουν όλους τους οργανισμούς, υπάρχουν στοιχεία ότι οι τεχνολογίες που στηρίζουν την τέταρτη βιομηχανική επανάσταση έχουν σημαντικό αντίκτυπο στον τρόπο καθοδήγησης, οργάνωσης των πόρων των επιχειρήσεων. Ένα ιδιαίτερο σύμπτωμα αυτού του φαινομένου είναι η ιστορική μείωση της μέσης διάρκειας ζωής μιας εταιρείας. Ένα άλλο είναι η αλλαγή του

χρόνου που χρειάζεται οι σύγχρονες επιχειρήσεις να κυριαρχήσουν στις αγορές και να επιτύχουν σημαντικά ορόσημα εσόδων. Το «Facebook» χρειάστηκε έξι χρόνια για να φτάσει τα έσοδα του 1 δισεκατομμυρίου δολαρίων ετησίως και η «Google» μόλις πέντε χρόνια. Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι οι αναδυόμενες τεχνολογίες, που σχεδόν πάντα τροφοδοτούνται και ενεργοποιούνται από ψηφιακές δυνατότητες, αυξάνουν την ταχύτητα και την κλίμακα των αλλαγών για τις επιχειρήσεις.

Από την πλευρά της προσφοράς, πολλές βιομηχανίες βλέπουν την εισαγωγή νέων τεχνολογιών που δημιουργούν εντελώς νέους τρόπους εξυπηρέτησης των υφιστάμενων αναγκών και διαταράσσουν σημαντικά τις υπάρχουσες μεθόδους. Τα παραδείγματα είναι πολλά. Οι νέες τεχνολογίες αποθήκευσης ενέργειας θα επιταχύνουν τη στροφή προς πιο αποκεντρωμένες πηγές. Η ευρεία υιοθέτηση της τρισδιάστατης εκτύπωσης θα καταστήσει την κατανεμημένη κατασκευή και τη συντήρηση ανταλλακτικών ευκολότερη και φθηνότερη. Η αξιοποίηση πληροφοριών με τεχνητή νοημοσύνη σε πραγματικό χρόνο θα παρέχουν μοναδικές υπηρεσίες για τους πελάτες και την απόδοση των περιουσιακών στοιχείων που θα ενισχύσουν άλλες τεχνολογικές τάσεις.

Η διαταραχή προέρχεται επίσης από ευέλικτους, καινοτόμους ανταγωνιστές, οι οποίοι, με την πρόσβαση σε παγκόσμιες ψηφιακές πλατφόρμες για έρευνα, ανάπτυξη, μάρκετινγκ, πωλήσεις και διανομή, μπορούν να ξεπεράσουν τους καθιερωμένους κατεστημένους φορείς πιο γρήγορα από ποτέ βελτιώνοντας την ποιότητα, την ταχύτητα ή την τιμή στα προϊόντα - υπηρεσίες τους. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο πολλές επιχειρήσεις θεωρούν τη μεγαλύτερη απειλή τους ανταγωνιστές που δεν θεωρούνται ακόμη αντάξιοι τους. Θα ήταν λάθος, ωστόσο, να πιστεύουμε ότι η διαταραχή του ανταγωνισμού θα επέλθει μόνο μέσω των νέων επιχειρήσεων. Η ψηφιοποίηση επιτρέπει επίσης στους μεγάλους κατεστημένους φορείς να υπερβούν τα όρια της βιομηχανίας τους αξιοποιώντας τη βάση πελατών, τις υποδομές ή την τεχνολογική ισχύ τους. Η διάχυση νέων βιομηχανικών κλάδων όπως η υγειονομική περίθαλψη και η αυτοκινητοβιομηχανία σε εταιρείες που η βάση τους ήταν οι τηλεπικοινωνίες αποτελούν παραδείγματα.

Οι μεγάλες αλλαγές στην πλευρά της ζήτησης διαταράσσουν επίσης τις επιχειρήσεις. Η αυξανόμενη διαφάνεια, η δέσμευση των καταναλωτών και τα νέα πρότυπα συμπεριφοράς των καταναλωτών αναγκάζουν τις εταιρείες να προσαρμόσουν τον τρόπο που σχεδιάζουν, εμπορεύονται και παρέχουν προϊόντα και υπηρεσίες.

Αυτό αναγκάζει όλες τις εταιρείες να επανεξετάσουν τον τρόπο που δραστηριοποιούνται. Για ορισμένες εταιρείες, η σύλληψη νέων ορίων αξίας μπορεί να συνίσταται στην ανάπτυξη νέων επιχειρήσεων σε παρακείμενους τομείς, ενώ για άλλες, αφορά τον εντοπισμό μεταβαλλόμενων πόρων αξίας σε υπάρχοντες τομείς.

Επιπλέον, οι νέες τεχνολογίες μεταμορφώνουν τον τρόπο με τον οποίο οι οργανισμοί αντιλαμβάνονται και διαχειρίζονται τα περιουσιακά τους στοιχεία, καθώς τα προϊόντα και οι υπηρεσίες βελτιώνονται με ψηφιακές δυνατότητες που αυξάνουν την αξία τους. Η ανάλυση που παρέχεται από αισθητήρες που τοποθετούνται σε περιουσιακά στοιχεία επιτρέπει τη συνεχή παρακολούθηση και την προληπτική συντήρησή τους και με αυτόν τον τρόπο, μεγιστοποιεί τη χρήση τους. Δεν πρόκειται πλέον για την εύρεση συγκεκριμένων σφαλμάτων, αλλά για τη χρήση σημείων αναφοράς απόδοσης που μπορούν να τονίσουν όταν ένα κομμάτι του εξοπλισμού κινείται έξω από το κανονικό περιθώριο της λειτουργίας του. Στα αεροσκάφη, για παράδειγμα, τα κέντρα ελέγχου αεροπορικών εταιρειών γνωρίζουν πριν το κάνουν οι πιλότοι εάν ένας κινητήρας παρουσιάζει σφάλμα σε ένα συγκεκριμένο αεροπλάνο. Επομένως, έχουν την δυνατότητα να καθοδηγήσουν τον πιλότο για το τι πρέπει να κάνει και να κινητοποιήσουν το πλήρωμα συντήρησης εκ των προτέρων στον προορισμό της πτήσης. Όλες αυτές οι διαφορετικές επιπτώσεις απαιτούν από τις εταιρείες να επανεξετάσουν τα μοντέλα λειτουργίας τους.

Αντίστοιχα, ο στρατηγικός σχεδιασμός αμφισβητείται από την ανάγκη οι εταιρείες να λειτουργούν ταχύτερα και με μεγαλύτερη ευελιξία. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, ένα σημαντικό μοντέλο λειτουργίας που είναι πλέον εφικτό είναι οι ψηφιακές πλατφόρμες. Ενώ η τρίτη βιομηχανική επανάσταση είδε την εμφάνιση αμιγώς ψηφιακών πλατφόρμων, χαρακτηριστικό γνώρισμα της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης είναι η εμφάνιση παγκόσμιων πλατφορμών στενά συνδεδεμένων με τον φυσικό κόσμο.

Οι στρατηγικές αξιοποίησης της ψηφιακής πλατφόρμας, σε συνδυασμό με την ανάγκη να είναι ο πελάτης στο επίκεντρο και τα προϊόντα να βελτιώνονται βάση δεδομένων, μετατοπίζουν πολλούς κλάδους από την πώληση προϊόντων στην παροχή υπηρεσιών. Ένας αυξανόμενος αριθμός καταναλωτών δεν αγοράζει πλέον και δεν κατέχει φυσικά αντικείμενα, αλλά πληρώνει για την παράδοση της υποκείμενης υπηρεσίας στην οποία έχουν πρόσβαση μέσω μιας ψηφιακής πλατφόρμας. Είναι δυνατό, για παράδειγμα, να αποκτήσετε ψηφιακή πρόσβαση σε δισεκατομμύρια βιβλία μέσω του Amazon Kindle Store, να παίξετε σχεδόν οποιοδήποτε τραγούδι στον κόσμο μέσω του Spotify ή να εγγραφείτε σε μια επιχείρηση κοινής χρήσης αυτοκινήτου που παρέχει υπηρεσίες κινητικότητας χωρίς να χρειάζεται να έχετε το όχημα. Αυτή η αλλαγή είναι ισχυρή και επιτρέπει πιο διαφανή, βιώσιμα μοντέλα ανταλλαγής αξίας στην οικονομία. Ταυτόχρονα δημιουργεί προκλήσεις στον τρόπο με τον οποίο ορίζουμε την ιδιοκτησία, πώς αλληλοεπιδρούμε με το απεριόριστο περιεχόμενο και πώς αλληλοεπιδρούμε με τις ολοένα και πιο ισχυρές πλατφόρμες που παρέχουν αυτές τις υπηρεσίες σε μεγάλη κλίμακα.

7.2.3 Κυβερνήσεις

Οι κυβερνήσεις είναι μεταξύ εκείνων που επηρεάζονται περισσότερο από αυτή την ολοένα πιο παροδική φύση της εξουσίας τους. Όπως το θέτει ο Moisés Naím,

«Στον 21ο αιώνα, η εξουσία αποκτάται πιο εύκολα, αξιοποιείται δυσκολότερα και εύκολα χάνεται».

Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι η διακυβέρνηση είναι πιο σκληρή σήμερα από ό,τι στο παρελθόν. Με λίγες εξαιρέσεις, οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής δυσκολεύονται περισσότερο να πραγματοποιήσουν αλλαγές. Περιορίζονται από αντίπαλα διεθνικά, επαρχιακά, τοπικά και ακόμη ατομικά κέντρα εξουσίας. Οι «μικρές» δυνάμεις είναι πλέον ικανές να περιορίσουν τις μεγάλες δυνάμεις.

Η ψηφιακή εποχή υπονόμωσε πολλά από τα εμπόδια που χρησιμοποιούνταν για την προστασία της δημόσιας εξουσίας, καθιστώντας τις κυβερνήσεις πολύ λιγότερο ικανές ή αποτελεσματικές καθώς οι πολίτες ενημερώνονταν καλύτερα και γίνονται όλο και πιο απαιτητικοί στις προσδοκίες τους. Το έπος του WikiLeaks – στο οποίο μια μικροσκοπική μη κρατική οντότητα αντιμετώπισε ένα κράτος μαμούθ – απεικονίζει την ασυμμετρία του νέου παραδείγματος εξουσίας και τη διάβρωση της εμπιστοσύνης που συχνά τη συνοδεύει.

Θα χρειαζόταν ένα βιβλίο αφιερωμένο μόνο στο θέμα για να εξερευνηθούν όλες οι επιπτώσεις της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης στις κυβερνήσεις. Η τεχνολογία βελτιώνει την ισχύ των πολιτών ολοένα και περισσότερο, παρέχοντας έναν νέο τρόπο να εκφράσουν τις απόψεις τους, να συντονίσουν τις προσπάθειές τους και να παρακάμψουν τον κρατικό έλεγχο. Ενώ υπάρχει και το αντίθετο σενάριο εξίσου, με τις νέες τεχνολογίες επιτήρησης να δημιουργούν παντοδύναμες δημόσιες αρχές.

Οι παράλληλες δομές θα είναι σε θέση να μεταδίδουν ιδεολογίες, να στρατολογούν οπαδούς και να συντονίζουν ενέργειες εναντίον επίσημων κυβερνητικών συστημάτων. Οι κυβερνήσεις, στην τρέχουσα μορφή τους, θα αναγκαστούν να αλλάξουν καθώς ο κεντρικός τους ρόλος στην άσκηση πολιτικής μειώνεται ολοένα και περισσότερο λόγω των αυξανόμενων επιπέδων ανταγωνισμού και της ανακατανομής και αποκέντρωσης της εξουσίας που καθιστούν εφικτό νέες τεχνολογίες. Όλο και περισσότερο, οι κυβερνήσεις θα θεωρούνται ως κέντρα δημόσιας υπηρεσίας που αξιολογούνται ως προς τις ικανότητές τους να παρέχουν τις διευρυμένες υπηρεσίες με τον πιο αποτελεσματικό και εξατομικευμένο τρόπο.

Είναι η ικανότητα προσαρμογής των κυβερνήσεων που θα καθορίσει την επιβίωσή τους. Αν αγκαλιάσουν έναν κόσμο με εκθετικά ανατρεπτικές αλλαγές και αν υποβάλουν τις δομές τους στα επίπεδα διαφάνειας και αποτελεσματικότητας που μπορούν να τους βοηθήσουν να διατηρήσουν το ανταγωνιστικό τους πλεονέκτημα,

θα αντέξουν. Με αυτόν τον τρόπο, ωστόσο, θα μετατραπούν πλήρως σε πολύ πιο αδύνατα και πιο αποδοτικά στοιχεία ισχύος, όλα μέσα σε ένα περιβάλλον νέων και ανταγωνιστικών δομών.

Συνοψίζοντας, σε έναν κόσμο όπου οι βασικές δημόσιες λειτουργίες, η κοινωνική επικοινωνία και οι προσωπικές πληροφορίες μεταναστεύουν σε ψηφιακές πλατφόρμες, οι κυβερνήσεις –σε συνεργασία με τις επιχειρήσεις και την κοινωνία– πρέπει να δημιουργήσουν τους κανόνες, τους ελέγχους και τις ισορροπίες για τη διατήρηση της δικαιοσύνης, της ανταγωνιστικότητας, της αμεροληψίας, της πνευματικής ιδιοκτησίας, ασφάλεια και αξιοπιστία.

7.2.4 Κοινωνία

Η επιστημονική πρόοδος, η εμπορευματοποίηση και η διάχυση της καινοτομίας είναι κοινωνικές διαδικασίες που εκτυλίσσονται καθώς οι άνθρωποι αναπτύσσονται και ανταλλάσσουν ιδέες, αξίες, ενδιαφέροντα και κοινωνικούς κανόνες σε ποικίλα πλαίσια. Αυτό καθιστά δύσκολο να διακρίνει κανείς τον πλήρη κοινωνικό αντίκτυπο των νέων τεχνολογικών συστημάτων. Υπάρχουν πολλά αλληλένδετα στοιχεία που αποτελούν τις κοινωνίες μας και πολλές καινοτομίες που κατά κάποιο τρόπο παράγονται από κοινού από αυτές.

Η μεγάλη πρόκληση για τις περισσότερες κοινωνίες θα είναι πώς να απορροφήσουν και να προσαρμοστούν στο μέλλον ενώ θα εξακολουθήσουν να αγκαλιάζουν τις θετικές πτυχές των παραδοσιακών συστημάτων αξιών μας. Από μια κοινωνική σκοπιά, ένα από τα μεγαλύτερα αποτελέσματα της ψηφιοποίησης είναι η εμφάνιση της εγώ-κεντρικής κοινωνίας - μια διαδικασία εξατομίκευσης και εμφάνισης νέων μορφών της αίσθησης του «ανήκειν» και κοινότητας. Σε αντίθεση με το παρελθόν, η έννοια του «ανήκειν» σε μια κοινότητα σήμερα ορίζεται περισσότερο από προσωπικά έργα και ατομικές αξίες και ενδιαφέροντα παρά από την τοποθεσία, την εργασία και την οικογένεια.

Η πρόσβαση σε ηλεκτρονικά ψηφιακά μέσα δημιουργεί σημαντικά οφέλη για πολλούς. Πέρα από τον ρόλο τους στην παροχή πληροφοριών, παρέχει επίσης ευκαιρίες στα άτομα να έχουν φωνή και να συμμετέχουν στην πολιτική συζήτηση και λήψη αποφάσεων. Ωστόσο, η δημοκρατική ισχύς των ψηφιακών μέσων σημαίνει ότι μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί από μη κρατικούς παράγοντες, ιδιαίτερα από κοινότητες με επιβλαβείς προθέσεις ώστε να διαδώσουν προπαγάνδα και να κινητοποιήσουν οπαδούς υπέρ εξτρεμιστικών ιδεών.

Όπως συμβαίνει σχεδόν με όλες τις επιπτώσεις που εξετάζονται, είναι σαφές ότι υπάρχουν μεγάλες ευκαιρίες, ενώ ταυτόχρονα εγκυμονεί σημαντικούς κινδύνους ο τεχνολογικός μετασχηματισμός της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης. Ένα από τα βασικά ζητήματα που αντιμετωπίζει ο κόσμος αυτή την περίοδο είναι πώς να

συλλέξει περισσότερα και ποιοτικά δεδομένα τόσο για τα οφέλη όσο και για τις προκλήσεις για τη συνοχή των κοινοτήτων.

7.2.5 Τον Άνθρωπο

Η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση δεν αλλάζει μόνο αυτό που κάνουμε αλλά και αυτό που είμαστε. Ο αντίκτυπος που θα έχει σε εμάς ως άτομα είναι πολλαπλός, επηρεάζοντας την ταυτότητά μας και τις πολλές συναφείς πτυχές μας - την αίσθηση της ιδιωτικής μας ζωής, τις έννοιες της ιδιοκτησίας, τα καταναλωτικά μας πρότυπα, τον χρόνο που αφιερώνουμε στην εργασία και τον ελεύθερο χρόνο, πώς αναπτύσσουμε τη σταδιοδρομία μας και καλλιεργούμε τις δεξιότητές μας. Θα επηρεάσει τον τρόπο με τον οποίο συναντάμε ανθρώπους και αναπτύσσουμε σχέσεις, τις ιεραρχίες από τις οποίες βασιζόμαστε, την υγεία μας και ίσως νωρίτερα από όσο νομίζουμε, θα μπορούσε να οδηγήσει στην ενίσχυση της ανθρώπινης υπόστασης που μας κάνουν να αμφισβητούμε την ίδια τη φύση της ανθρώπινης ύπαρξης. Τέτοιες αλλαγές προκαλούν ενθουσιασμό και φόβο καθώς κινούμαστε με εξαιρετικά γρήγορους ρυθμούς.

Μέχρι τώρα, η τεχνολογία μας επέτρεπε πρωτίστως να κάνουμε πράγματα με ευκολότερους, ταχύτερους και πιο αποτελεσματικούς τρόπους. Μας έδωσε επίσης ευκαιρίες για προσωπική ανάπτυξη. Αλλά προκύπτει ότι υπάρχουν πολλά περισσότερα που προσφέρονται και διακυβεύονται από όσα θεωρούνταν μέχρι στιγμής δεδομένα. Για όλους τους λόγους που αναφέρθηκαν ήδη, βρισκόμαστε στο κατώφλι μιας ριζικής συστημικής αλλαγής που απαιτεί από τα ανθρώπινα όντα να προσαρμόζονται συνεχώς. Ως αποτέλεσμα, μπορεί να γίνουμε μάρτυρες ενός αυξανόμενου βαθμού πόλωσης στον κόσμο, που χαρακτηρίζεται από εκείνους που ασπάζονται την αλλαγή έναντι αυτών που αντιστέκονται σε αυτήν.

Αυτό δημιουργεί μια πρωτοφανή ανισότητα που θα διαχωρίσει εκείνους που προσαρμόζονται από εκείνους που αντιστέκονται. Στην μια πλευρά θα υπάρχουν αυτοί που μπορεί ακόμη και να επωφεληθούν από κάποια μορφή ριζικής ανθρώπινης βελτίωσης που δημιουργείται από ορισμένα τμήματα της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης όπως η γενετική μηχανική. Αυτή η κατάσταση ελλοχεύει την δημιουργία ταξικών συγκρούσεων. Η πιθανή διαίρεση και οι εντάσεις που ενδέχεται να προκληθούν θα επιδεινωθούν από ένα χάσμα γενεών που θα έχει ως σημείο αφετηρίας εκείνους που γνώρισαν και μεγάλωσαν μόνο σε έναν ψηφιακό κόσμο έναντι εκείνων που δεν γνώρισαν και που πρέπει να προσαρμοστούν.

Δημιουργώντας επίσης πολλά ηθικά ζητήματα. Καθώς οι γνώσεις και οι ανακαλύψεις σε αυτούς τους τομείς προχωρούν, ένας εκτεταμένος διάλογος πρέπει να συνοδοιπορεί συνεχώς περί κρίσιμων ηθικών και δεοντολογικών ζητημάτων. Ως άνθρωποι και ως κοινωνικά ζώα, θα πρέπει ατομικά και συλλογικά να αντιληφθούμε και να καταλήξουμε στο πώς ανταποκρινόμαστε σε όλα τα

ζητήματα που θα προκύψουν μέσα στο ερχομό της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης.

8.1 Συμπεράσματα

Η ανθρωπότητα βρίσκεται σε μια συγκλονιστική καμπή στην παγκόσμια ιστορία. Η κοινωνία και ο άνθρωπος αναμένεται να βιώσουν ασύλληπτες αλλαγές στο πέρασμα του 21^ο αιώνα.

Μερικοί οικονομολόγοι θεωρούν πως η μετάβαση της Τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης θα έχει ανάλογες επιπτώσεις όπως και η πρώτη. Η όποια έβαλε ένα τέλος στην παραγωγή έργου αξιοποιώντας αποκλειστικά την μυϊκή δύναμη των ανθρώπων και των ζώων και έφερε την εποχή της μηχανής. Θεωρούν πως και η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση θα δώσει τέλος στην εποχή της πληροφορίας και θα γεννήσει την εποχή της γνώσης μέσω της ψηφιοποιήσεως.

Όσο δέος προκαλούν σε μερικούς αυτές οι συνταρακτικές ανατροπές με τόση αισιόδοξα κοιτάζουν άλλοι το μέλλον. Οι προκλήσεις είναι πολλές και απαιτούν πολύπλευρη αντιμετώπιση. Η ανθρωπότητα όμως δεν έχει υπάρξει ποτέ πιο προετοιμασμένη για μια «επανάσταση» τέτοιας κλίμακας. Οι συζητήσεις και οι μελέτες που αφορούν τον ερχομό προσεγγίζουν το αντικείμενο πολύπλευρα και πολυδιάστατα. Υπάρχει μια αδιάλειπτη παγκόσμια προσπάθεια που επικεντρώνεται στην μείωση των αρνητικών επιπτώσεων, όχι μόνο στο άτομο αλλά στην κοινωνία και το περιβάλλον. Με τα παραπάνω ως δεδομένα, μπορούμε να κοιτάμε το μέλλον θετικά, όχι όμως να κρατάμε μια αθώα στάση απέναντι του.

Όσον αφορά το κομμάτι της μελέτης, κανείς δεν γνωρίζει τι εγγυώμενη το μέλλον. Πατώντας στην γνώση του παρελθόντος, αξιοποιώντας υπάρχουσες θεωρίες και μαθηματικά μοντέλα μόνο εικασίες είναι εφικτό να προκύψουν από την συγκεκριμένη μελέτη καθώς μόνο χρόνος έχει την δυνατότητα να τις επαληθεύσει ή να τις ανατρέψει και να τις απορρίψει.

Από το μοντέλο που κατασκευάστηκε, συμπεραίνουμε πως οι δεκαετίες του 2030 και 2040 θα είναι μια περίοδος ύφεσης για την ανθρωπότητα. Μια περίοδος ύφεσης που θα αναπτύσσονται οι κατάλληλες υποδομές και αναδιαμόρφωσης της κοινωνίας. Ύστερα, προς τα τέλη της δεκαετίας του 2040, οι νέες τεχνολογίες θα έχουν αναπτυχθεί κατάλληλα ώστε η ανθρωπότητα να έχει την δυνατότητα να τις αξιοποιήσει αποτελεσματικά και να περάσει σε μια περίοδο ανάπτυξης. Επιπλέον, προς τα τέλη του 4^{ου} μακροχρόνιου οικονομικού κύκλου θα αρχίσουν να αναπτύσσονται νέες τεχνολογίες συνεχίζοντας τον παγκόσμιο παλμό διάρκειας 56 έτη.

Οι συγκεκριμένες πληροφορίες, αξιοποιούνται ως ένας ακόμη οiwνός του μέλλοντος και χωρίς να έχουν κάποια αξιοκρατική υπόσταση. Η ίδια η θεωρεία που βασίστηκε η διατριβή αφορά εμπειρικές οικονομικές μελέτες, διχάζοντας την αντίστοιχη επιστημονική κοινότητα ως προς τον τρόπο προσέγγισής του θέματος.

8.2 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Οι μακροχρόνιοι οικονομικοί κύκλοι των 56 ετών και η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση αποτελεί ένα σύνθετο αντικείμενο μελέτης και αρκετά σημαντικό που χρήζει περαιτέρω έρευνα. Ταυτόχρονα, ποικίλοι ερευνητικοί τομείς θα μπορούσαν να μελετήσουν το συγκεκριμένο ζήτημα καθώς και παρακλάδια του καταλήγοντας σε ακόμη βαθύτερα πορίσματα και ανακαλύψεις .

Πολύ μελετητές έχουν επιχείρηση να εξετάσουν το ιστορικό πλαίσιο των συνθηκών που οδήγησαν στην εμφάνιση μεγάλων οικονομικών κυμάτων. Όμως υπάρχει ακόμη ένας διχασμός όσον αφορά την μέθοδο και τα κριτήρια μελέτης. Συνεπώς, μια μελέτη των προηγούμενων κυμάτων και των επιπτώσεών τους σε διάφορες περιοχές και βιομηχανίες ανά τον πλανήτη, θα ήταν πολύτιμη.

Η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση χαρακτηρίζεται από ραγδαίες τεχνολογικές αλλαγές και καινοτομίες. Η μελέτη και ο διαχωρισμός των τεχνολογιών «ενεργοποίησης» από τις τεχνολογίες γενικής χρήσης της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης, καθίσταται άμεση. Γνωρίζοντας, όσο το δυνατόν νωρίτερα, τις τεχνολογίες που οδηγούν αυτήν την επανάσταση, εξυπηρετεί στην καλύτερη διάγνωση, κατανόηση και διαχείριση των πιθανών επιπτώσεων αυτών των εξελίξεων. Ωστόσο, οι επιπτώσεις είναι πιθανό να είναι διαφορετικά αισθητές ανα περιοχή. Η έρευνα σχετικά με τις επιπτώσεις σε διαφορετικές περιοχές, όπως στη Βόρεια Αμερική, την Ευρώπη και την Ασία, θα μπορούσε να δώσει μια εικόνα για το πώς η επανάσταση είναι πιθανό να διαμορφώσει την παγκόσμια οικονομία.

Ολοκληρώνοντας, είναι επίσης σημαντικό πολιτικοί επιστήμονες να εξετάσουν το συγκεκριμένο φαινόμενο, καθώς από τις αλλαγές που θα βιώσει η κοινωνία θα είναι αναγκαίο να υπάρξουν και αλλαγές στην πολιτική για την αντιμετώπιση των πιθανών αρνητικών επιπτώσεων στους εργαζόμενους, τις βιομηχανίες και τις οικονομίες. Η έρευνα σχετικά με τις συγκεκριμένες πολιτικές επιπτώσεις αυτής της επανάστασης, όπως προγράμματα επανεκπαίδευσης, επενδύσεις σε υποδομές και φορολογικές πολιτικές, θα μπορούσε να δώσει μια εικόνα για το πώς οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής μπορούν να προετοιμαστούν και να ανταποκριθούν στις προκλήσεις που θέτει αυτή η επανάσταση.

Βιβλιογραφία

- Rosenberg, Nathan. (1927). *Inside the black box : technology and economics*. New York.
- Ackroyd, S. &. (1992). *Data Collection in Context*. New York, Longman.
- Aerospace Industries Association. (2016). *The Aerospace Industry: Its Impact on the U.S. Economy*.
- Alfred Kleinknecht. (1990). Are there Schumpeterian waves of innovations? *Cambridge Journal of Economics*, 81-92.
- Allen, J. (1730). *A brief Narrative of several new Inventions and Experiments*; London.
- Arianna Martinelli, Andrea Mina and Massimo Moggi. (2021). The enabling technologies of industry 4.0: examining the seeds of the fourth industrial revolution. *Industrial and Corporate Change*, 2021, Vol. 30, No. 1, 161–188.
- Arjun Nagendran, Yanan Sui,. (χ.χ.). Autonomous driving: a review of the literature and future directions. *ransportation Research Part C: Emerging Technologies*, 2018.
- Ausubel, J., Marchetti, C., & Meyer, P. (1998). Toward green mobility: The evolution of transport. *European Review, Forthcoming* 6(2), 137-156.
- Backer, P. R. (2010). *Industrialization of American Society*.
- Banks, R. B. (1994). *Growth and Diffusion Phenomena: Mathematical Frameworks and Applications*. Berlin: Springer-Verlag.
- Beker, C., & Lipsey, R. G. (2002). *Science, Institutions, and the Industrial Revolution*. Department of Economics, Simon Fraser University.
- Bhargava, S.C. (1995). A generalized form of the fisher-pry model of technological substitution. *Technological Forecasting and Social Change*, Volume 49, Issue 1, 27-33.
- Bhattacharyya, S. C. (2011). Introduction to Energy Economics. *Energy Economics: Concepts, Issues, Markets and Governance*, 1-5.
- Bresnahan, T. F. and M. Trajtenberg. (1995). General purpose technologies 'Engines of growth'? *Journal of Econometrics*, 83-108.
- Brynjolfsson, E., & McAfee, A. . (2014). *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*. WW Norton & Company. WW Norton & Company.

- Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2014). *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*. W. W. Norton & Company.
- Cesare Marchetti. (1986). Fifty-year pulsation in human affairs: Analysis of some physical indicators. 376-388.
- Cesare Marchetti and Nebojsa Nakicenovic. (1979). The dynamics of energy systems and the logistic substitution model. *IIASA Research Report*.
- Clark, B. (2007). *Steamboat Evolution*.
- Clark, B. (2010). *Symington and the Steamboat*.
- Commission of the European Communities. (2009). *Preparing for Our Future: Developing a Common Strategy for Key Enabling Technologies in the EU*.
- Deane, P. (1979). *THE FIRST INDUSTRIAL REVOLUTION*. CAMBRIDGE: THE PRESS SYNDICATE OF THE UNIVERSITY OF CAMBRIDGE.
- Dmitry Kucharavy *, R. D. (2008). Logistic substitution model and technological forecasting. *TRIZ Future Conference 2008*, (σσ. 402–416). Strasbourg.
- Ebert, J., Stoll, J., & Briceno, S. . (2019). Additive manufacturing and the circular economy. *Journal of Industrial Ecology*, 23(3), 653-666.
- Ellis, H. (1969). *The Pictorial Encyclopedia of Railways*.
- Erik Brynjolfsson, Daniel Rock, Chad Syverson, . (2021). The Productivity J-Curve: How Intangibles Complement General Purpose Technologies. *American Economic Journal: Macroeconomics*. 13, 333–372.
- European Commission. (2017). Leadership in Enabling and Industrial Technologies. *Horizon 2020 Work Program 2018-2020 Part 5*.
- G. Dosi. (1982). Technological paradigms and technological trajectories: a suggested interpretation of the determinants and directions. *Research Policy*, 147-162.
- Gao, W., Zhang, Y., Ramanujan, D. (2015). The status, challenges, and future of additive manufacturing in engineering. *Computer-Aided Design*, 69, , 65-89.
- Gerhard Mensch, R. S. (1980). *Stalemate in Technology, 1925-1935: The Interplay of Stagnation and Innovation*. Stuttgart.
- Gibson, I., Rosen, D. W., & Stucker, B. (2014). *Additive manufacturing technologies: 3D printing, rapid prototyping, and direct digital manufacturing*. Springer.
- Grubler, A. (1990). *The Rise and Fall of Infrastructures: Dynamics of Evolution and Technological Change in Transport*.

- Hall R. W. (2011). *Zero Waste: Simplified*. Lean Enterprise Institute.
- Hartwell, R. M. (1965). The Causes of the Industrial Revolution: An Essay in Methodology. *The Economic History Review, New Series, Vol. 18, No. 1, Essays in Economic History*, 164-182.
- Hounshell, D. (1984). *From the American System to Mass Production, 1800-1932: The Development of Manufacturing Technology in the United States*. Johns Hopkins University Press.
- J. C. FISHER & R. H. PRY. (1971). A Simple Substitution Model of Technological Change. *TECHNOLOGICAL FORECASTING AND SOCIAL CHANGE*, 75-88.
- J. Diamond. (2019). *The Airplane: How the Revolution in Aerospace Changed the World*. The Atlantic.
- J. J. VAN DUIJN*. (1977). THE LONG WAVE IN ECONOMIC LIFE. *DE ECONOMIST* 125, 544-576.
- Joel Mokyr, Robert H. Strotz. (1990). *The Lever of Riches* .
- Jones, D. (1992). *Electrical engineering: the backbone of society*.
- K. V Wong, .. &. (2012). *A review of additive manufacturing. International scholarly research notices*.
- Kagermann, H. W. (2013). *Securing the Future of German Manufacturing Industry: Recommendations for Implementing the Strategic Initiative INDUSTRIE 4.0*. acatech.
- Kindleberger, C. P. (1996). *World Economic Perspectives: 1500 to 1990*. Oxford : Oxford University Press.
- Kondratieff, N. (1984). *The Long Wave Cycle, Translated by Guy Daniels*. New York.
- Kumar, P., & Sood, S. K. (2020). Biotechnology and the Fourth Industrial Revolution: Harnessing the Power of Microbes for Sustainable Development. *Biotechnology for Sustainable Agriculture* , 3-18.
- Kumar, R. (2011). *Research Methodology*.
- Landes, D. S. (2003). *The Unbound Prometheus: Technological Change and Industrial Development in Western Europe from 1750 to the Present*. Cambridge University Press.
- Langlois, R. N. (2002). Computers and semiconductors. *Technological innovation and economic performance*, 265–284.

- Lee, H., & Kim, Y. J. (2019). Technological Trends in Biotechnology for the Fourth Industrial Revolution. *Biotechnology and Bioprocess Engineering*, 24(5), 689-701.
- Liao, Hailin; Wang, Bin; Li, Baibing; Weyman-Jones, Tom. (2016). "ICT as a general-purpose technology: The productivity of ICT in the United States revisited. *Information Economics and Policy*. 36:, 10-25.
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. McGraw-Hill Education.
- Lindsey, G. (2016). *Aerospace and Defense Industry to Embrace Digital Disruption*. Forbes.
- Lipsey, Richard, Kenneth I. Carlaw, Clifford T. Bekhar. (2005). *Economic Transformations: General Purpose Technologies and Long-Term Economic Growth*. Oxford University Press.
- Malanima, P. (2020). World Energy Consumption A Database 1820-2018 (2020 revision).
- Marchetti, C. (267-282). Society as a learning system. *Technological Forecasting and Social Change*, 18, 1980.
- McKinsey Global Institute. (2018). *Artificial intelligence: The next digital frontier?*
- McNeil, I. (1990). *An Encyclopaedia of the history of technology*. London.
- Meyer, P. S. (1994). Bi-logistic growth. *Technological Forecasting and Social Change*, 47, 89-102.
- Modis, T. (2002). *Predictions 10 Years Later*. Lugano, Switzerland: GROWTH DYNAMICS.
- Modis, T. (2002). Technological Forecasting & Social Change. *Forecasting the growth of complexity and change*, σσ. 377-404.
- Modis, T. (2005). The end of the internet rush. *Technological Forecasting & Social Change* 72, 938–943.
- Modis, T. (2007). FROM MY PERSPECTIVE: Strengths and weaknesses of S-curves. *Technological Forecasting & Social Change*, 74, 866-872.
- Mohajan, H. K. (2021). Third Industrial Revolution Brings Global Development. *Social Sciences and Humanities Vol. 7, No. 4,, 239-251* .
- Mokyr, J. (1998). *The Second Industrial Revolution, 1870-1914*.

- Moler, C. (1996). *Matlab 4.0 Reference Guide*. Ανάκτηση από The Mathworks Inc.: <https://www.mathworks.com>
- Nief, J. U. (1950). *War and Human Progress*. Londo.
- Nilsson, N. J. (2010). *THE QUEST FOR ARTIFICIAL INTELLIGENCE A HISTORY OF IDEAS AND ACHIEVEMENTS*. Cambridge University Press.
- PERRIN S. MEYER, JASON W. YUNG and JESSE H. AUSUBEL. (1999). A Primer on Logistic Growth and Substitution: The Mathematics of the Loglet Lab Software. *Technological Forecasting and Social Change* 61(3, 247–271.
- PTeece D. (2018). Profiting from innovation in the digital economy: enabling technologies, standards, and licensing models in the wireless world. *Research Policy*, 47(8), 1367–138.
- Rehman, F. U., Wajid, A., Sharif, M., & Raza, M. A. (2019). The Fourth Industrial Revolution and Biotechnology: Challenges and Opportunities. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 7-173.
- Rifkin, J. (2011). *The Third Industrial Revolution: How Lateral Power Is Transforming Energy, the Economy, and the World*. Macmillan.
- ROBERT U. AYRES. (1990). Technological Transformations and Long Waves. Part I. *TECHNOLOGICAL FORECASTING AND SOCIAL CHANGE*, 1-37.
- ROBERT U. AYRES. (1990). Technological Transformations and Long Waves. Part II. *TECHNOLOGICAL FORECASTING AND SOCIAL CHANGE*, 111-137.
- Rosenberg, N. (1982). *Inside the Black Box: Technology and Economics*. Cambridge University.
- Schwab, K. (2016). *The fourth industrial revolution / Klaus Schwab*. Geneva: World Economic Forum.
- Setright, L. J. (2004). *Drive On!: A Social History of the Motor Car*.
- Smith, A. (1776). *The Wealth of Nations*. W. Strahan and T. Cadell, London.
- Solomos, S. (1990). *PHASES OF ECONOMIC GROWTH, 1850-1973, Kondratieff waves and Kuznets swings*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Stein, R. (1967). *The Automobile Book*.
- Sterman, J. D. (1985). *THE ECONOMIC LONG WAVE: THEORY AND EVIDENCE*. MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY.

- Thomson, R. (1989). *The path to mechanized shoe production in the United States*. Chapel Hill: University of North Carolina Press.
- Tidd, J., & Bessant, J. ((2013). *Managing Innovation: Integrating Technological, Market and Organizational Change*. John Wiley & Sons.
- Unesco, Francis& Taylor. (χ.χ.). The third industrial revolution. *Impact of science on society* No . 146, 107-193.
- Wangersky, P. J. (1978). Lotka-Volterra Population Models. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 9, 189–218.
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production*. Free Press.
- World Economic Forum. (2020). *Artificial Intelligence and the Future of Work*.
- Zoltan, K. (2019). *The Relationship between Materials Science and the Fourth Industrial Revolution*.