



Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας
π. Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών και Βιομηχανικού Σχεδιασμού
Εισ. Κατ.: Βιομηχανικού Σχεδιασμού Τ.Ε.

Πτυχιακή Εργασία με τίτλο:

**“ΣΧΕΣΕΙΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ
ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΣΤΙΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΙΣ”**

Της: **ΚΑΦΑΛΗ ΒΑΣΙΛΙΚΗ**

Επιβλέπων Καθηγητής: *Δινοπούλου Βάγια*

Κοζάνη 2021

Περιεχόμενα

Περιεχόμενα.....	1
Περίληψη	2
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	3
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ.....	5
1.1 Η 1 ^η Βιομηχανική Επανάσταση	6
1.2 Η 2 ^η Βιομηχανική Επανάσταση	9
1.3 Η 3 ^η Βιομηχανική Επανάσταση	11
1.4 Η 4 ^η Βιομηχανική Επανάσταση	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΣΤΗΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ	16
2.1 Συστήματα παραγωγής.....	17
2.2 Συστήματα Παραγωγής νέας γενιάς.....	18
2.3. Πλήρης αυτοματοποίηση συστημάτων παραγωγής.....	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ – ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ.....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΑΥΤΟΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	31
4.1 Θετικές επιπτώσεις.....	31
4.2 Αρνητικές επιπτώσεις.....	33
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΥΤΟΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΤΗΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ..	37
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ	42
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	45
Βιβλιογραφία	47
Ξενόγλωσση	47
Ελληνική	50
Διαδικτυακή	50

Περίληψη

Η τεχνολογική και επιστημονική πρόοδος έφερε ραγδαίες αλλαγές στον τρόπο παραγωγής προϊόντων και τα ανθρώπινα χέρια αντικαταστάθηκαν από μηχανές με μεγάλη απόδοση και ταχύτητα στην παραγωγή. Έτσι από την αρχή της βιομηχανικής επανάστασης έως και σήμερα που οι τεχνολογίες της πληροφορικής έχουν σημαντική ανάπτυξη και ευρεία εφαρμογή, υπάρχει έντονη ανησυχία αν οι μηχανές θα πάρουν τη θέση του ανθρώπου και ποιες θα είναι οι συνέπειες της εξέλιξης των παραγωγικών συστημάτων. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η κοινωνική και οικονομική μελέτη της σχέσης και των αλληλεπιδράσεων του ανθρώπου με τα μέσα παραγωγής από την έναρξη της βιομηχανίας και την εξέλιξη της μέχρι σήμερα. Επίσης γίνεται διερεύνηση των συστημάτων παραγωγής που εντάχθηκαν στη βιομηχανία, το ρόλο του ανθρώπου στην αυτοματοποιημένη παραγωγή και τις επιπτώσεις στην κοινωνία και την οικονομία, ώστε να κατανοηθεί το πλαίσιο της σχέσης ανθρώπου-μηχανής και να εντοπιστούν τα θετικά και αρνητικά σημεία της βιομηχανικής εξέλιξης.

Λέξεις κλειδιά: *Συστήματα παραγωγής, Βιομηχανική επανάσταση, Αλληλεπίδραση ανθρώπου-μηχανής, Ανθρώπινο δυναμικό, Αυτοματοποίηση, Βιομηχανία 4.0, Industry 4.0.*

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η βιομηχανία σήμερα αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της οικονομίας σε όλο τον κόσμο. Η παραγωγή των προϊόντων στηρίζεται στα βιομηχανικά και τεχνολογικά μέσα, τα μηχανήματα και τους αυτοματισμούς. Η τεχνολογική εξέλιξη έφερε νέα συστήματα που αύξησαν το ρυθμό παραγωγής ενώ παράλληλα μείωσαν την ανάγκη για σωματική εργασία και κατ' επέκταση για εργατικό δυναμικό. Παράλληλα ο πληθυσμός αυξάνεται αυξάνοντας κατ' επέκταση και τη ζήτηση αγαθών ενώ διαρκώς γεννιούνται νέες ανάγκες και δημιουργούνται νέες αγορές. Προέκυψε η αναγκαιότητα για εξειδικευμένους εργαζόμενους στα νέα συστήματα παραγωγής, στην εποπτεία και συντήρηση τους, στο σχεδιασμό και την κατασκευή των συστημάτων αλλά και στην έρευνα για νέα συστήματα περισσότερων δυνατοτήτων ή μικρότερου κατασκευαστικού και λειτουργικού κόστους [1].

Η τρέχουσα περίοδος αναφέρεται συχνά και ως «4η βιομηχανική επανάσταση» καθώς πλέον αναπτύσσονται νέα συστήματα που βασίζονται στις σύγχρονες τεχνολογίες της πληροφορικής και της τεχνητής νοημοσύνης. Αυτό αφενός οδηγεί στην αύξηση των επενδύσεων στην τεχνητή νοημοσύνη και τη δημιουργία νέων ερευνητικών αντικειμένων, προγραμμάτων σπουδών και επαγγελματικών ειδικοτήτων και αφετέρου προκαλεί ανησυχία για την απώλεια θέσεων εργασίας στα παραδοσιακά επαγγέλματα και τα επαγγέλματα που δεν είχαν κάποια ειδίκευση όπως αυτά των απλών εργατών. Έχει δηλαδή θετικό αντίκτυπο για κάποιους τομείς και αρνητικό για κάποιους άλλους, και με αυτό τον τρόπο προκύπτουν προβληματισμοί όσον αφορά το ποιος και πόσο θα επηρεαστεί. Έτσι δημιουργείται μια σύγκρουση μεταξύ του ανθρώπου και της «μηχανής» με οικονομικές και κοινωνικές προεκτάσεις, μεγαλύτερων διαστάσεων από τις αντίστοιχες των προηγούμενων τριών βιομηχανικών επαναστάσεων [2].

Στην παρούσα εργασία μελετώνται οι σχέσεις μεταξύ ανθρώπου και συστημάτων παραγωγής στη βιομηχανία. Πιο αναλυτικά, το πρώτο κεφάλαιο περιλαμβάνει μια ιστορική αναδρομή στην εξέλιξη των παραγωγικών μονάδων και της βιομηχανίας και στις κοινωνικοπολιτικές και οικονομικές επιδράσεις της βιομηχανικής επανάστασης. Στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύονται τα συστήματα παραγωγής στη βιομηχανία και οι αλλαγές σε αυτά με την πάροδο του χρόνου. Το κεφάλαιο 3 αναφέρεται στην αλληλεπίδραση του ανθρώπου με τα συστήματα

παραγωγής ενώ το κεφάλαιο 4 περιλαμβάνει τα θετικά και τα αρνητικά της αυτοματοποίησης της παραγωγής. Στο πέμπτο αναλύεται η επιρροή της τεχνολογίας στην οικονομία και στο έκτο η δυνατότητα πλήρους αυτοματοποίησης των συστημάτων παραγωγής χωρίς την παρουσία ανθρώπινου δυναμικού. Τέλος, το κεφάλαιο 7 αναφέρεται σε μελέτες και έρευνες για την μελλοντική εξέλιξη των παραγωγικών συστημάτων, τις πιθανές επιδράσεις και το ρόλο του ανθρώπινου παράγοντα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ

Οι πρώτες παραγωγικές μονάδες έκαναν την εμφάνιση τους στα προϊστορικά χρόνια και συγκεκριμένα κατά τη λίθινη εποχή όταν ο άνθρωπος άρχισε να ανακαλύπτει τρόπους για να καλλιεργήσει τη γη. Έτσι χτίστηκαν και αναπτύχθηκαν οι πρώτες κοινότητες που ασχολήθηκαν με τη γεωργία και στη συνέχεια με την κτηνοτροφία με σημαντικό στοιχείο την εφεύρεση του αρότρου. Τα αγροκτήματα ήταν η πρώτη παραγωγική μονάδα και η παραγωγή στηρίζονταν κυρίως στη σωματική εργασία. Αργότερα με την ανακάλυψη κι άλλων εργαλείων εμφανίστηκαν οι πρώτες οικοτεχνίες και οι μικρές βιοτεχνίες οι οποίες μεταποιούσαν προϊόντα αγροκτηνοτροφικής παραγωγής ή φυσικά προϊόντα και μέταλλα. Η παραγωγή υφασμάτων και ενδυμάτων, κεραμικών ή μεταλλικών σκευών, όπλων, κλπ. γινόταν τότε με τη βοήθεια πολλών εργαλείων που όμως απαιτούσε και συνδυασμό χειρωνακτικής εργασίας [3].

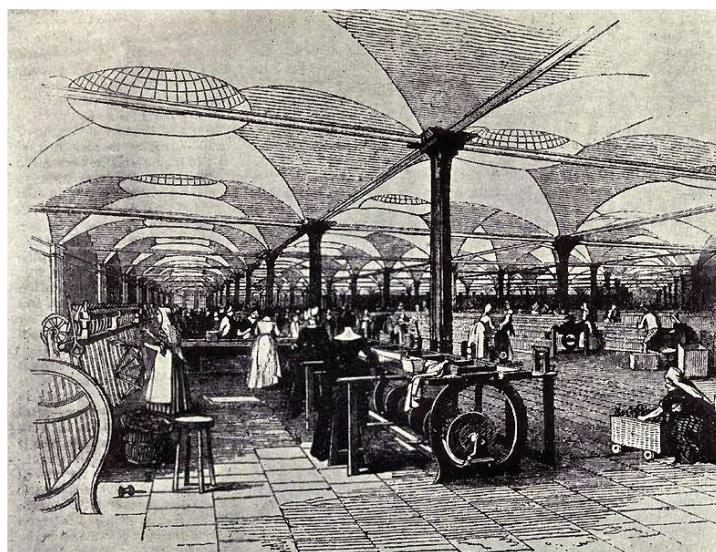
Κατά το 10^ο μ.Χ. αιώνα αρχίζει η ταχεία ανάπτυξη των πόλεων και η εμφάνιση της αστικής τάξης. Το διάστημα μέχρι το 17^ο αιώνα διαδέχονταν περίοδοι ανάπτυξης και φάσεις ύφεσης ενώ υπήρξαν πολλές αλλαγές στα κοινωνικά συστήματα, σημαντικές επαναστάσεις, με χαρακτηριστικό παράδειγμα τη Γαλλική Επανάσταση, εξερεύνηση νέων ηπείρων και αποίκηση τους καθώς και νέα πολιτικά και οικονομικά πλαίσια. Μετά το 1500 μ.Χ. η επιστήμη άρχισε να παρουσιάζει πρόοδο, το ίδιο συνέβη με τις τέχνες και τα γράμματα, ήταν η χαρακτηριστική περίοδος του Διαφωτισμού στην Ευρώπη. Με την ταχεία αύξηση του πληθυσμού από τις αρχές του 17^{ου} αιώνα αυξήθηκε και η ζήτηση για τροφή. Παράλληλα από το 16^ο αιώνα είχε αρχίσει να αλλάζει το καθεστώς γαιοκτησίας με την καλλιεργήσιμη γη να συγκεντρώνεται στους μεγάλους γαιοκτήμονες. Σταδιακά άρχισαν να εφαρμόζονται νέες μέθοδοι καλλιέργειας και η γεωργία να συμμετέχει σε μεγάλο βαθμό στην οικονομία. Η περίοδος αυτή χαρακτηρίζεται ως Αγροτική επανάσταση. Η παραγωγή όμως ήταν άμεσα εξαρτημένη από τη ζήτηση με αποτέλεσμα οι έμποροι των προϊόντων να επιβάλλουν τους όρους, κάτι που έπαψε να ισχύει όταν άνοιξε η βιομηχανία [1].

Ο κόσμος πλέον άλλαζε ριζικά και περνούσε σε μια νέα εποχή επιστημονικής και τεχνολογικής προόδου, ορθολογισμού και κατάλυσης της πνευματικής τυρρανίδας του Μεσαίωνα. Σε αυτή την αλλαγή πρωτοστάτησε η Ευρώπη με

σημαντικότερο παράδειγμα τη Μεγάλη Βρετανία. Η βιομηχανική επανάσταση χωρίζεται σε τέσσερις διακριτές φάσεις ή στάδια, που αναφέρονται και ως τέσσερις διαφορετικές βιομηχανικές επαναστάσεις και παρουσιάζονται λεπτομερώς παρακάτω.

1.1 Η 1^η Βιομηχανική Επανάσταση

Για πολλούς αιώνες η παραγωγή βασιζόταν στα απλά εργαλεία όμως το 1698 η ανακάλυψη της ατμομηχανής από τον Τόμας Σείβερι και η βελτίωση της από τον Νιούκομεν και τον Βαττ τα επόμενα χρόνια άλλαξε για πάντα τις διαδικασίες παραγωγής. Το ίδιο διάστημα με την αύξηση του πληθυσμού και την αρχή της αστικοποίησης η ζήτηση για αγαθά ήταν μεγάλη και δεν μπορούσε να καλυφθεί από τις μικρές βιοτεχνίες. Οι παραγωγικές μονάδες πλέον μετέβησαν στο μηχανοποιημένο τρόπο εργασίας από το χειρωνακτικό. Αυτό ήταν και το ξεκίνημα της βιομηχανίας [1].



Εικόνα 1. Εργοστάσιο επεξεργασίας λιναριού στο Λιντς της Μ. Βρετανίας. Απεικόνιση της εποχής.

Πηγή: Wikipedia

Η 1^η βιομηχανική επανάσταση βασίστηκε στην ατμομηχανή. Τα παραδοσιακά μέσα παραγωγής αντικαταστάθηκαν από μηχανές που χρησιμοποιούσαν την ενέργεια του ατμού για να παράγουν μεγαλύτερες ποσότητες προϊόντων σε συντομότερο χρόνο σε σχέση με τους μέχρι τότε τρόπους. Οι πρώτες βιομηχανικές εφαρμογές της ατμομηχανής ήταν στα εργοστάσια κλωστοϋφαντουργίας (εικόνα 1).

Η εφεύρεση της ατμομηχανής αξιοποιήθηκε και στον τομέα των μεταφορών με εφαρμογή τόσο στις θαλάσσιες μεταφορές όσο και στις χερσαίες. Τα ατμόπλοια και ο σιδηρόδρομος εκτός από τη μεταφορά ανθρώπων είχαν καθοριστική συμβολή στην ανάπτυξη της βιομηχανίας καθώς η μεταφορά πρώτων υλών, εμπορευμάτων και προσωπικού ήταν πλέον ταχύτερη και οι ποσότητες προϊόντων που μπορούσαν να μεταφερθούν μεγαλύτερες. Οι μηχανές ατμού αντικατέστησαν τη χειρωνακτική εργασία, η κλωστοϋφαντουργία σημείωσε μεγάλη ανάπτυξη και τα εργοστάσια χυτοσιδήρου έδωσαν την πρώτη ύλη για μεγάλες κατασκευές όπως γέφυρες [3].

Το πρώτο εργοστασιακό συγκρότημα κατασκευάστηκε στο Lancashire της Αγγλίας για την επεξεργασία βάμβακος. Η βαμβακουργία ήταν αρκετά κερδοφόρα βιομηχανία, στηριζόταν στις εισαγωγές βάμβακος το οποίο επεξεργαζόταν και το επέστρεφε στην αγορά ως ύφασμα έτοιμο για χρήση. Η Μεγάλη Βρετανία εκείνη την περίοδο είχε τα χαρακτηριστικά που ήταν απαραίτητα για την ανάπτυξη της βιομηχανίας, δηλαδή φτηνή ενέργεια από τον άνθρακα και ακριβή εργασία για τα δεδομένα της εποχής, που σύμφωνα με τον Robert Allen έκαναν τη βιομηχανία κερδοφόρα [3]. Οι υψηλοί μισθοί επέτρεπαν στους εργαζόμενους να έχουν ένα επίπεδο διαβίωσης που κατά τον Μαρξ, ήταν πολύ υψηλότερο από αυτό που απλά διασφάλιζε την αναπαραγωγή τους όπως συνέβαινε στις υπόλοιπες ευρωπαϊκές χώρες [8]. Ο άνθρακας στη Βρετανία ήταν μια άφθονη και παράλληλα φτηνή πηγή ενέργειας. Έτσι ξεκίνησε και η εμφάνιση των πρώτων βιομηχανικών πόλεων, όπως το Μάντσεστερ, οι οποίες συγκέντρωναν μεγάλο αριθμό εργοστασίων, κυρίως κλωστοϋφαντουργίας, και πλήθος εργατών. Το φαινόμενο της αστυφιλίας ευθύνεται για τον υπερπληθυσμό κάποιων πόλεων όπως το Λονδίνο που στις αρχές του 19^{ου} αιώνα συγκέντρωνε περισσότερους από 2 εκατομμύρια κατοίκους. Μετά την αυθόρμητη βιομηχανική έκρηξη στην Αγγλία ακολούθησαν και οι υπόλοιπες ευρωπαϊκές χώρες και σταδιακά η βιομηχανία επεκτάθηκε σε παγκόσμια κλίμακα αλλά με τρόπο οργανωμένο και με τη στήριξη του κράτους. Μαζί με τη βαμβακουργία έκαναν την εμφάνιση τους και οι εφαρμογές των ανακαλύψεων στην επιστήμη της χημείας με την αξιοποίηση της στην παραγωγή συνθετικών βαφών, εκρηκτικών και λιπασμάτων [1,2,37].

Η 1^η βιομηχανική επανάσταση όμως αν και αποτελεί σημείο σταθμό της ιστορίας του ανθρώπου είχε σοβαρές κοινωνικές προεκτάσεις. Αρχικά η συγκέντρωση μεγάλου πληθυσμού στις πόλεις δημιούργησε πολλά προβλήματα στις

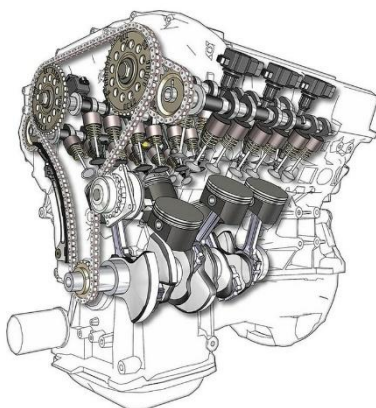
συνθήκες διαβίωσης και το περιβάλλον. Η ήδη ανύπαρκτη υγιεινή και η επιβάρυνση των πόλεων με σκουπίδια, περιττώματα, λύματα εργοστασίων στο νερό και καυσαέρια στην ατμόσφαιρα έγινε αιτία για έξαρση επιδημιών, βακτηριακές και παρασιτικές μολύνσεις, αναπνευστικά προβλήματα και έντονη δυσωδία στα αστικά κέντρα. Για την εξόρυξη του άνθρακα οι εργάτες δούλευαν σε άσχημες συνθήκες με αποτέλεσμα να αποκτούν σοβαρά προβλήματα υγείας ή να πεθαίνουν νέοι. Το ίδιο συνέβη και στα εργοστάσια. Πολύωρη εργασία και συχνά εργατικά ατυχήματα [24,37].

Η παιδική εργασία στα εργοστάσια αποτελούσε κανόνα, καθώς ο μισθός των παιδιών ήταν πολύ χαμηλότερος από των ενηλίκων και μπορούσαν να τα κρατούν υπό έλεγχο πιο εύκολα, ενώ υπήρχε μεγάλη διαθεσιμότητα για παιδιά-εργάτες στα ορφανοτροφεία. Η γυναικεία εργασία δεν περιοριζόταν μόνο στην κλωστοϋφαντουργία αλλά και στα ανθρακωρυχεία και τη βαριά βιομηχανία. Παράλληλα εμφανίστηκε το κίνημα των Λουδιτών, οι οποίοι αντιδρούσαν στα εργοστάσια και τη μηχανοποίηση της παραγωγής καθώς θεωρούσαν ότι ήταν η αιτία που μεγάλο μέρος εργατών έμειναν άνεργοι, και συχνά πραγματοποιούσαν ενέργειες με σκοπό την καταστροφή των μηχανών. Η πραγματική αιτία όμως των δυσμενών συνθηκών εργασίας, της εκμετάλλευσης, και της ανεργίας δεν ήταν οι μηχανές αλλά η επικράτηση της οικονομικής κερδοφορίας έναντι της ανθρώπινης ζωής [14].

Μέσα σε όλα αυτά εμφανίστηκαν νέες κοινωνικές τάξεις. Οι εργάτες και οι εργάτριες αποτελούσαν την εργατική τάξη που δούλευαν στα εργοστάσια και στα ορυχεία. Μετά το 1800 άρχισε να εμφανίζεται και ο συνδικαλισμός που στόχευε σε καλύτερες συνθήκες εργασίας. Η αστική τάξη περιλάμβανε τους μεγαλοαστούς, δηλαδή τους εύπορους βιομηχάνους, τραπεζίτες, εμπόρους και επιχειρηματίες που είχαν τον έλεγχο του κεφαλαίου και των συστημάτων παραγωγής και αποτελούσαν την ισχυρή τάξη της εποχής, τους μεσοαστούς που ήταν οι βιοτέχνες και οι ελεύθεροι επαγγελματίες και τους ιδιωτικούς και δημόσιους υπαλλήλους που αναφέρονται και ως μικροαστοί. Η λήξη της πρώτης βιομηχανικής επανάστασης συμπίπτει με την εμφάνιση της κομμουνιστικής θεωρίας των Μαρξ και Ένγκελς το 1948 [14,38].

1.2 Η 2^η Βιομηχανική Επανάσταση

Η 2^η φάση της βιομηχανικής επανάστασης ξεκινά με την ανακάλυψη του ηλεκτρισμού και του πετρελαίου το 19^ο αιώνα. Σημαντικές εφευρέσεις όπως η ηλεκτρογεννήτρια, ο ηλεκτρικός λαμπτήρας, οι μηχανές εσωτερικής καύσης (εικόνα 2), ο τηλέγραφος και το τηλέφωνο ώθησαν σε οικονομική και βιομηχανική ανάπτυξη.



Εικόνα 2. Μηχανή εσωτερικής καύσης.
Πηγή: Wikipedia

Το ηλεκτρικό ρεύμα άρχισε να χρησιμοποιείται ευρέως ενώ οι μηχανές εσωτερικής καύσης προσφέροντας μεγαλύτερη απόδοση από τις ατμομηχανές πήραν τη θέση τους. Το πετρέλαιο και τα παράγωγα του τροφοδοτούσαν τις νέες μηχανές και νέοι επαγγελματικοί κλάδοι εμφανίστηκαν. Με την αξιοποίηση των επιστημονικών και τεχνολογικών επιτευγμάτων κατασκευάστηκαν μεγαλύτερα και πιο ασφαλή πλοία, η επικοινωνία σε μεγάλες αποστάσεις έγινε εφικτή και η βιομηχανία δημιουργούσε ανάγκες [2,36,40].

Εμφανίστηκε η βαριά βιομηχανία κατασκευής οχημάτων και μέσω των μεταφορών, στρατιωτικού υλικού και ηλεκτρολογικού εξοπλισμού και η βιομηχανία του πλαστικού, ενώ άρχισαν να εξελίσσονται οι ηλεκτροκινητήρες και να χρησιμοποιούνται σε πολλές μονάδες παραγωγής. Το κόστος παραγωγής μειώθηκε αρκετά ενώ ταυτόχρονα αυξήθηκε η παραγωγικότητα. Αυτό για τις βιομηχανίες μεταφραζόταν σε οικονομικό κέρδος. Το μεγαλύτερο ίσως επίτευγμα εκείνης της περιόδου είναι η γραμμή παραγωγής ή φορτισμός. Πρόκειται για ένα οργανωμένο βιομηχανικό σύστημα κατά το οποίο τα υλικά με τη βοήθεια μια ταινίας μεταφοράς περνούν από διάφορα στάδια έως ότου το προϊόν πάρει την τελική του μορφή. Η

λειτουργία της ταινίας μεταφοράς βασίζεται σε αυτοματισμούς και η πρώτη εφαρμογή αυτού του μοντέλου πραγματοποιήθηκε το 1903 στην αυτοκινητοβιομηχανία Ford [1,15,37].

Η άνοδος της βιομηχανίας έφερε στην ανθρωπότητα νέες ανέσεις, ευκολίες και αξιοποίηση των προϊόντων σε όλους τους τομείς. Από τις αρχές του 20^{ου} αιώνα κάλυπτε ανάγκες των πολιτών για μετακίνηση, επικοινωνία, οικιακό εξοπλισμό, φωτισμό, ένδυση, διατροφή. Παράλληλα ενισχύθηκαν και άλλοι κλάδοι της οικονομία όπως η γεωργία με τη χρησιμοποίηση των λιπασμάτων και των αγροτικών μηχανημάτων και την εύκολη μεταφορά και επεξεργασία των αγροτικών προϊόντων, οι μεταφορές, η ναυσιπλοΐα, το εμπόριο, οι τέχνες. Καλύφθηκαν στρατιωτικές ανάγκες και ανάγκες δόμησης. Επίσης σημαντικό ρόλο έπαιξε στην εξέλιξη της εκπαίδευσης αφού ιδρύθηκαν πολλές τεχνικές ή πανεπιστημιακές σχολές που αφορούσαν τη βιομηχανία ή τα επί μέρους συστήματα παραγωγής. Στα θετικά είναι και η μείωση των ασθενειών που οφείλονταν στην σωματική εργασία και τη χρήση άνθρακα ενώ με τη χρήση των βιομηχανικών προϊόντων σε όλους σχεδόν τους τομείς αλλά και στα νοικοκυριά αυξήθηκε ο ελεύθερος χρόνος που μπορούσε να αξιοποιηθεί για προσωπική ανάπτυξη και κοινωνικές και οικογενειακές σχέσεις. Η εποχή αυτή αναφέρεται ιστορικά και ως *belle epoch* [37].

Την ίδια περίοδο συμβαίνουν σημαντικοί κοινωνικοοικονομικοί μετασχηματισμοί με την εμφάνιση του καπιταλισμού και τη συγκέντρωση του κεφαλαίου σε λίγους. Ο πλούτος των μεγαλοαστών προερχόταν από τη εκμετάλλευση και την επιβολή των ισχυρών στην κοινωνία. Οι εργάτες αναγκάζονταν να δουλεύουν σκληρά ωράρια και συνθήκες που ευνοούσαν τα εργατικά ατυχήματα και τις επαγγελματικές ασθένειες. Αυτό προκάλεσε το αίσθημα της αδικίας στο λαό και την εργατική τάξη. Παράλληλα, επειδή τα νέα συστήματα παραγωγής απαιτούσαν λιγότερο προσωπικό σημαντικός αριθμός εργατών έχασαν τη δουλειά τους με αποτέλεσμα αύξηση της ανεργίας και της φτώχειας [1, 14, 37].

Το εργατικό κίνημα άρχισε να ισχυροποιείται και οι διαμαρτυρίες και οι απεργίες ήταν συχνές σε Ευρώπη και Αμερική. Οι εργάτες οργάνωσαν συνδικάτα και προχωρούσαν σε απεργίες διεκδικώντας καλύτερες συνθήκες στην εργασία και τη διαβίωση τους. Από τα πιο σημαντικά κινήματα ήταν αυτό για την καθιέρωση του οχταώρου που κορυφώθηκε με τη μεγάλη απεργία την 1^η Μαΐου του 1883 στο

Σικάγο, το μεγαλύτερο βιομηχανικό κέντρο των ΗΠΑ, ως συνέχεια των επιτυχημένων κινητοποιήσεων του Καναδά το 1878. Η διαμαρτυρία ξεκίνησε ως ειρηνική διαδήλωση εργατών και γυναικόπαιδων και συνοδευόταν από ομιλίες συνδικαλιστών, στη συνέχεια όμως προκλήθηκαν διαμάχες μεταξύ διαδηλωτών και αστυνομικών με αποτέλεσμα αρκετούς νεκρούς και πλήθος τραυματιών, ενώ η δίκη των συλληφθέντων είχε παγκόσμια προβολή. Η απεργία αυτή έμεινε στην ιστορία ως «εργατική Πρωτομαγιά» και εορτάζεται κάθε χρόνο από τα εργατικά σωματεία σε όλο τον κόσμο.

Εκτός από το εργατικό κίνημα ιδρύθηκαν και πολιτικά κινήματα των εργατών με χαρακτηριστικό την πρώτη Διεθνή Ένωση Εργατών στο Λονδίνο το 1864 που μετά τη διάλυση της ακολούθησε η δεύτερη Διεθνής αποτελούμενη από σοσιαλιστικά πολιτικά κόμματα. Άλλο ένα σημαντικό κίνημα της εποχής ήταν αυτό της νομικής και πολιτικής χειραφέτησης των γυναικών που ξεκίνησε από τις εργάτριες των εργοστασίων. Με τη δράση των κινήματων κατοχυρώθηκαν εργασιακά, πολιτικά και κοινωνικά δικαιώματα για τον εργαζόμενο, τις γυναίκες και τα παιδιά [14,15].

1.3 Η 3^η Βιομηχανική Επανάσταση

Από τη δεκαετία του 1930 περίπου άρχισε να κάνει την εμφάνιση της η επιστήμη της πληροφορικής. Μια σειρά εφευρέσεων όπως η λυχνία κενού, το τρανζίστορ, οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές, ο προγραμματισμός και οι τηλεπικοινωνίες θα σημάνουν την αρχή της τρίτης φάσης της βιομηχανικής επανάστασης ή αλλιώς την ψηφιακή επανάσταση ή εποχή της πληροφορίας. Σαν αρχή της συχνά ορίζεται το έτος 1969, όταν μια πρώιμη μορφή διαδικτύου, το APRANET, δημιουργήθηκε με σκοπό τη μεταφορά αρχείων και το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο, γενικά όμως δεν υπάρχει κάποια επίσημη ημερομηνία.

Η ανάπτυξη των ψηφιακών μέσων έφερε σημαντικές αλλαγές σε όλους τους τομείς της δραστηριότητας με τη βιομηχανία και τις επιχειρήσεις να εφαρμόζουν τα ηλεκτρονικά συστήματα για τον έλεγχο της παραγωγής και του προσωπικού, τους αυτοματισμούς, τη σχεδίαση προϊόντων, τη διοίκηση, το εμπόριο. Δημιουργήθηκαν νέα επαγγέλματα, νέες θέσεις εργασίας και προγράμματα σπουδών για να καλυφθεί η ζήτηση που ακόμα και σήμερα παραμένει υψηλή. Από το 1989 υπάρχει το διαδίκτυο

με τη μορφή του παγκόσμιου ιστού και πλέον έχει αναπτυχθεί σε ένα μέσο ταχεία ανταλλαγής πληροφοριών. Οι τηλεπικοινωνίες, επίγειες και δορυφορικές παρουσιάζουν ταχεία εξέλιξη διευκολύνοντας τη ροή μεγάλου όγκου πληροφοριών σε ελάχιστο χρόνο προς κάθε σημείο του πλανήτη.

Στον τομέα της βιομηχανίας αξιοποιήθηκαν τα ηλεκτρονικά κυκλώματα, οι μικροεπεξεργαστές και μικροελεγκτές, τα τρανζίστορ και τα μικροτσιπ. Πολλές διαδικασίες στις γραμμές παραγωγής έχουν πλήρως αυτοματοποιηθεί, χρησιμοποιούνται ρομποτικές μηχανές για την κατασκευή προϊόντων. Η βιομηχανία πλέον σε όλες σχεδόν τις μορφές της αξιοποιεί τις ηλεκτρονικές εφαρμογές και τα λογισμικά για το σχεδιασμό, την παραγωγή και τη διάθεση των προϊόντων, τη διαχείριση εργασιών και προσωπικού, τις οικονομικές συναλλαγές και την επικοινωνία και χρησιμοποιεί τις ψηφιακές υπηρεσίες που παρέχονται από τη νέα επιχειρηματικότητα όπως για παράδειγμα την ηλεκτρονική διαφήμιση.

Το διάστημα αυτό εκτός από την ανάπτυξη της πληροφορικής έκαναν την εμφάνιση τους και νέες τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας, αξιοποίησης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας καθώς και τεχνολογίες διαχείρισης αποβλήτων και απορρύπανσης. Από το 1970 περίπου άρχισαν να προβάλλονται οι συνέπειες της εκβιομηχανοποίησης στο περιβάλλον και το κλίμα, όπως η αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη, η τρύπα του όζοντος και η ρύπανση της ατμόσφαιρας και των υδάτων. Αυτό σε συνδυασμό με την αύξηση του πληθυσμού της γης που είχε σαν αποτέλεσμα την αυξημένη ζήτηση αγαθών και υπηρεσιών, οδήγούσε τους επιστήμονες σε δυσμενείς προβλέψεις για το περιβαλλοντικό ζήτημα. Έτσι προέκυψε η ανάγκη για την προστασία του περιβάλλοντος και την απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα. Η βιομηχανία αναγκάστηκε να χρησιμοποιήσει μεθόδους για έλεγχο της ρύπανσης ενώ σε άλλες περιπτώσεις συνδυάστηκε η χρήση πράσινων πηγών ενέργειας για τη λειτουργία μονάδων των εργοστασίων.

Παράλληλα έκανε την εμφάνιση της η βιομηχανία ηλεκτρονικών προϊόντων με μεγάλη απήχηση και συνεχή εξέλιξη αφού από τα πρώτα χρόνια του 21^{ου} αιώνα οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές, τα κινητά τηλέφωνα και το διαδίκτυο χρησιμοποιούνται ευρέως για προσωπική και επαγγελματική χρήση. Οι οικιακές συσκευές, τα αυτοκίνητα και οι επαγγελματικές μηχανές περιλαμβάνουν πλακέτες με ηλεκτρονικά στοιχεία ελέγχου. Έτσι δημιουργήθηκε ένας νέος βιομηχανικός τομέας που συμβάλει

σε μεγάλο βαθμό στην οικονομία, ενώ παράλληλα αυξήθηκε ραγδαία η παροχή υπηρεσιών που βασίζεται στην πληροφορική. Επίσης η βαριά βιομηχανία ανέλαβε την ανάπτυξη και κατασκευή των μέσων μετατροπής ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και των ηλεκτροκίνητων οχημάτων με αποτέλεσμα τη θετική επίδραση στη οικονομία. Εδώ δηλαδή φαίνεται ξεκάθαρα μια αλληλεξάρτηση της παραγωγής και των βιομηχανικών αναγκών.

Η ψηφιακή εποχή, όπως έγινε και με τις δυο προηγούμενες φάσεις της βιομηχανικής επανάστασης, είχε επιπτώσεις στα κοινωνικά και πολιτικά συστήματα και προκάλεσε ανησυχία για την αντικατάσταση του ανθρώπου αυτή τη φορά, όχι από τη μηχανή, αλλά από τον υπολογιστή και τα ρομπότ. Η σημαντικότερη αλλαγή που προέκυψε ήταν η αποβιομηχανοποίηση του δυτικού κόσμου και η συγκέντρωση μεγάλου μέρους των μονάδων παραγωγής στις χώρες της Νοτιοανατολικής Ασίας. Οι δυτικές κοινωνίες επένδυσαν περισσότερο στα ψηφιακές υπηρεσίες μετατοπίζοντας τα βιομηχανικά κέντρα. Εκτός αυτού οι εργατικές νομοθεσίες στις χώρες της Δύσης είναι αυστηρές όσον αφορά τα δικαιώματα των εργαζομένων και την ασφάλεια αυτών, το ίδιο και η νομοθεσία για το περιβάλλον, με αποτέλεσμα συχνά να θεωρείται ασύμφορη η διατήρηση βιομηχανίας.

Αντίθετα στις χώρες της Ασίας δεν υπάρχουν αυστηρά πλαίσια, ενώ παράλληλα το συνάλλαγμα έχει μεγαλύτερη αξία. Αλλά και στις βιομηχανίες που διατηρήθηκαν η μείωση του εργατικού προσωπικού ήταν μεγάλη καθώς χρησιμοποιούνται περισσότεροι αυτοματισμοί και ρομποτικά στοιχεία κατά τις διαδικασίες παραγωγής. Αυτό οδήγησε σε απώλεια εκατομμυρίων θέσεων εργασίας και πρώην εργαζόμενους που δεν μπορούν λόγω ηλικίας και έλλειψης εξειδίκευσης να απορροφηθούν σε άλλους τομείς. Όμως εκτός από την ανεργία η ψηφιακή επανάσταση δημιούργησε νέες ειδικότητες, θέσεις εργασίας, επαγγελματικούς προσανατολισμούς και αύξηση της εκπαίδευσης/επιμόρφωσης των υποψήφιων εργαζομένων στις νέες τεχνολογίες.

Το πραγματικό πρόβλημα στην ουσία είναι η έλλειψη σωστού επαγγελματικού προσανατολισμού, προσαρμογής και ευελιξίας στην εργασία, αφού παρά την αυτοματοποίηση των μέσων παραγωγής σήμερα είναι απαραίτητος ένας πολύ μεγάλος αριθμός εργαζομένων για την ψηφιακή διαχείριση, έλεγχο, επισκευή,

προγραμματισμό αλλά και τις εκτός βιομηχανικής μονάδας εργασίες που αφορούν τη σχεδίαση, τη διάθεση και την προώθηση των παραγόμενων προϊόντων.

Η παράλληλη ανάπτυξη της διαστημικής έρευνας και της βιοτεχνολογίας εκτός από σημαντικές επιστημονικές ανακαλύψεις προκάλεσε αρνητισμό και φόβους για την αξιοποίηση των νέων αυτών πεδίων ενάντια στον άνθρωπο, ενώ η παρακολούθηση των εργαζομένων με κάμερες και άλλα μέσα θεωρήθηκε ως παραβίαση των προσωπικών δεδομένων [43].

1.4 Η 4^η Βιομηχανική Επανάσταση

Η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση ή Industry 4.0, δόθηκε ως ονομασία στην τρέχουσα τάση που επικρατεί με την αυτοματοποίηση και την ανταλλαγή δεδομένων στις τεχνολογίες παραγωγής. Περιλαμβάνει κατά βάση τα κυβερνο-φυσικά συστήματα, το Διαδίκτυο των πραγμάτων, το cloud computing και την γνωστική υπολογιστική



Εικόνα 3. Σχηματική παράσταση των τεχνολογιών που συνθέτουν το Industry 4.0.

Πηγή: <https://alhijrahnews.com/>

Δεν είναι ξεκάθαρα τα όρια ανάμεσα στην ψηφιακή επανάσταση και την τέταρτη βιομηχανική επανάσταση (εναλλακτικά Βιομηχανία 4.0 ή Industry 4.0). Προτείνεται ως έναρξη το τέλος της πρώτης δεκαετίας του 21^{ου} αιώνα με τη διάδοση του διαδικτύου, την έξαρση της ανάπτυξη νέων τεχνολογιών και επιστημονικών επιτευγμάτων. Τον όρο Industry 4.0 θέσπισε η γερμανική κυβέρνηση το 2009 με την υποστήριξη παραγωγικών και επιστημονικών φορέων και περιλαμβάνει τη στρατηγική που θα αξιοποιούσε στις σύγχρονες μηχανολογικές και ψηφιακές τεχνολογίες για να επιτύχει την πλήρη αυτοματοποίηση της παραγωγής στη βιομηχανία με απώτερο στόχο την επιστροφή της βιομηχανικής παραγωγής στην Ευρώπη [43].

Η τεχνολογία πλέον δεν είναι μόνο μια αλλά ένας μεγάλος αριθμός τεχνολογιών αιχμής που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και προέρχονται από την έρευνα συνεργαζόμενων επιστημονικών πεδίων. Σκοπός είναι ο ψηφιακός μετασχηματισμός της βιομηχανίας και το μελλοντικό Έξυπνο Εργοστάσιο (ή Smart Factory) που θα έχει πλήρως αυτοματοποιημένες διαδικασίες παραγωγής καθώς και η επέκταση του έξυπνου μοντέλου διαχείρισης στην καθημερινή ζωή.

Οι κυριότερες τεχνολογίες που περιλαμβάνονται στο νέο αυτό μοντέλο βιομηχανικής διαχείρισης είναι οι παρακάτω (παρουσιάζονται αναλυτικά στο επόμενο κεφάλαιο):

- Internet of Things ή IoT (Διαδίκτυο των Πραγμάτων)
- Cloud Computing (Υπολογιστικό Νέφος)
- Augmented Reality ή AR (Επαυξημένη/Ενισχυμένη πραγματικότητα)
- Big Data (Μεγάλα Δεδομένα)
- Additive Manufacturing (Προσθετική Κατασκευή ή 3D Printing)
- Autonomous Robots (Αυτόνομα ρομπότ)
- Systems Integration (Ενσωμάτωση συστημάτων)
- Simulation (Προσομοίωση)
- Cyber Security (Ασφάλεια Κυβερνοχώρου)
- κβαντική επεξεργασία
- τεχνητή νοημοσύνη ή AI
- νανοτεχνολογία
- βιοτεχνολογία
- μη επανδρωμένα οχήματα
- 5G/5^{ης} γενιάς τηλεπικοινωνιακά δίκτυα
- Blockchain

Εφαρμόζοντας τις παραπάνω τεχνολογίες στην παραγωγή αναμένεται να προκληθούν αλλαγές στην ανθρώπινη δραστηριότητα τόσο στον τομέα της εργασίας όσο και στους υπόλοιπους τομείς όπως την οικιακή διαχείριση, την εκπαίδευση, την ιατρική, την ψυχαγωγία, τις διοικητικές υπηρεσίες. Η οικονομία θα επηρεαστεί καθώς θα μετατοπιστεί στις σύγχρονες τεχνολογίες και στην αγορά εργασίας επίσης ενδέχεται να σημειωθούν ριζικές αλλαγές. Τα σενάρια είναι πολλά για τη μελλοντική εξέλιξη του Industry 4.0 και οι κοινωνικοί προβληματισμοί είναι αναμενόμενοι καθώς

υπάρχουν κίνδυνοι που σχετίζονται με το πλαίσιο εφαρμογής. Όπως έγινε στις προηγούμενες φάσεις υπάρχουν έντονες ανησυχίες που σχετίζονται κυρίως με την εύρεση εργασίας και την επαγγελματική αποκατάσταση των μη ειδικευμένων εργαζομένων, τους σκοπούς που θα χρησιμοποιηθεί η τεχνολογία και τις κοινωνικές προεκτάσεις που θα έχει η νέα ψηφιακή εποχή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΣΤΗΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ

2.1 Συστήματα παραγωγής

Ως σύστημα παραγωγής ορίζεται η διαδικασία κατά την οποία οι εισροές, δηλαδή οι συντελεστές της παραγωγής, μετατρέπονται σε εκροές δηλαδή προϊόντα ή υπηρεσίες. Περιλαμβάνονται όλες οι μέθοδοι και τα εργαλεία που αυτές περιέχουν και επιδρούν στην διαδικασία παραγωγής και τη βελτιώνουν ώστε να υπάρχει μεγαλύτερη, ταχύτερη και περισσότερο ευέλικτη παραγωγή προϊόντων. Όλα τα συστήματα παραγωγής, σε γενικό επίπεδο ανάλυσης, είναι «διαδικασίες μετασχηματισμού» δηλαδή διαδικασίες που μετατρέπουν τους πόρους σε χρήσιμα αγαθά και υπηρεσίες. Η διαδικασία μετασχηματισμού χρησιμοποιεί συνήθως κοινούς πόρους όπως εργασία, κεφάλαιο (για μηχανήματα και εξοπλισμό, υλικά, κ.λπ.) και χώρο (γη, κτίρια, κ.λπ.) για να πραγματοποιήσει μια αλλαγή [43]. Οι οικονομολόγοι αποκαλούν αυτούς τους πόρους «παραγωγικούς συντελεστές» και συνήθως τους αναφέρουν ως εργασία, κεφάλαιο και γη.

Όταν θεωρηθεί ως διαδικασία, ένα σύστημα παραγωγής μπορεί περαιτέρω να χαρακτηριστεί από ροές (κανάλια κίνησης) κατά τη διαδικασία, και περιλαμβάνονται σε αυτή τόσο η φυσική ροή των υλικών, η εργασία στα ενδιάμεσα στάδια της κατασκευής όσο και τα τελικά προϊόντα. Επίσης για τα σύγχρονα συστήματα παραγωγής η ροή των πληροφοριών και η αναπόφευκτη γραφειοκρατία που φέρουν εντάσσονται επίσης στη φυσική ροή. Οι φυσικές ροές υπόκεινται στους περιορισμούς της ικανότητας του συστήματος παραγωγής, γεγονός που περιορίζει επίσης την ικανότητα του συστήματος να ανταποκρίνεται στις προσδοκίες παραγωγής. Ομοίως, η χωρητικότητα του καναλιού διαχείρισης πληροφοριών του συστήματος παραγωγής μπορεί επίσης να είναι ένα σημαντικό μέτρο της παραγωγής ενός συστήματος. Η διαχείριση των ροών πληροφοριών ή ο σχεδιασμός και ο έλεγχος του συστήματος για την επίτευξη αποδεκτών αποτελεσμάτων, είναι ένα σημαντικό καθήκον του διευθυντή παραγωγής [1].

2.2 Συστήματα Παραγωγής νέας γενιάς

Η νέα αυτή επανάσταση ξεκίνησε με την έλευση του 21^{ου} αιώνα και τυπικά ως έτος έναρξης θεωρείται το 2009. Πλέον τα ψηφιακά συστήματα έχουν κατακλύσει την παραγωγή και συνεχώς αυξάνονται οι ανάγκες για νέες λύσεις. Τα τελευταία χρόνια αναπτύχθηκε να πλήθος τεχνολογιών που εξελίσσεται ραγδαία και καθημερινά κερδίζει έδαφος στην αγορά και την παραγωγή [26]. Τα κυριότερα χαρακτηριστικά του νέου παραγωγικού συστήματος είναι τα παρακάτω:

- Κάθετη παραγωγή με τη χρήση ολοκληρωμένων «έξυπνων» συστημάτων
- Οριζόντια ολοκλήρωση αλυσίδων αξιών
- Πλήρης διαφάνεια στην αλυσίδα αξίας.
- Ταχύτερη παραγωγή

Μέσα από την ανάδειξη των ανωτέρω χαρακτηριστικών προέκυψαν ορισμένα εργαλεία τα οποία βελτιώνουν τα νέα συστήματα παραγωγής. Ουσιαστικά τα παραπάνω χαρακτηριστικά αποτέλεσαν κεντρικούς στόχους για την ανάπτυξη νέων μεθόδων λειτουργίας των συστημάτων παραγωγής. Στη συνέχεια παρουσιάζονται ορισμένες από τις νέες μεθόδους αξιοποίησης των πληροφοριών για τη σύγχρονη λειτουργία των συστημάτων παραγωγής.

Big Data (Μεγάλα Δεδομένα)

Όπως φαίνεται από τον ίδιο τον όρο, πρόκειται για δεδομένα μεγάλης κλίμακας τα οποία παράγονται από εκατομμύρια ηλεκτρονικές συσκευές και ανθρώπους που αλληλεπιδρούν με αυτές. Οι πηγές τους είναι συνήθως τα μέσα κοινωνικής δικτύωσης, η ηλεκτρονική αλληλογραφία, οι εφαρμογές των κινητών τηλεφώνων και τάμπλετ, οι διαδικτυακές συναλλαγές και γενικά οποιαδήποτε συσκευή βρίσκεται συνδεδεμένη στο διαδίκτυο. Τα δεδομένα αυτά συλλέγονται, αποθηκεύονται, εξορύσσονται με κατάλληλα λογισμικά και αναλύονται ως προς τα χαρακτηριστικά τους. Έτσι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ποικίλους σκοπούς όπως μάρκετινγκ προϊόντων, στοχευμένη διαφήμιση, προώθηση ιδεολογιών και πολιτικών, ανάπτυξη νέων προϊόντων με βάση τις ανάγκες που εντοπίζονται, πρόβλεψη αγοράς, ανάλυση τάσεων κοινής γνώμης και λήψη σημαντικών αποφάσεων [26, 33].

Ο όγκος των δεδομένων συνεχώς αυξάνεται και μαζί αναπτύσσονται νέα εργαλεία για τη διαχείριση τους όπως για παράδειγμα οι NoSQL βάσεις δεδομένων και λογισμικά που βασίζονται στην τεχνητή νοημοσύνη για την ανάλυση τους. Πρόκειται για έναν από τους σημαντικότερους τομείς της σύγχρονης τεχνολογίας που βρίσκει εφαρμογή στις επιχειρήσεις και τα μονάδες παραγωγής καθώς επιτρέπει τη λήψη αποφάσεων σε σύντομο χρόνο και τη βελτίωση των παραγωγικών λειτουργιών ενώ παράλληλα προσφέρει νέες δυνατότητες στην προώθηση των προϊόντων. Έτσι η επιχείρηση εξοικονομεί χρόνο και πόρους που μπορεί να διαθέσει σε άλλες διαδικασίες [24].

Internet of Things ή IoT (Διαδίκτυο των Πραγμάτων)

Πρόκειται για συσκευές που ενσωματώνουν μικρούς υπολογιστές και αισθητήρες οι οποίες συνδέονται στο διαδίκτυο και μεταδίδουν πληροφορίες προς τον χρήστη. Επίσης έχουν τη δυνατότητα να λαμβάνουν εντολές αλλά και να αλληλεπιδρούν και να επικοινωνούν με άλλες αντίστοιχες συσκευές. Ο χρήστης μπορεί να έχει τον έλεγχο μέσα από τον υπολογιστή του ή κάποια έξυπνη κινητή συσκευή. Η τεχνολογία αυτή βρίσκει εφαρμογή τόσο σε οικιακούς χρήστες όσο και στη βιομηχανία και την παραγωγή αγαθών καθώς και στην παροχή υπηρεσιών [7,26].

Cloud Computing (Υπολογιστικό Νέφος)

Το cloud computing είναι ένας νέος τρόπος διατήρησης δεδομένων σε χώρους αποθήκευσης μακριά από τη συσκευή χρήσης. Τα δεδομένα αποθηκεύονται σε απομακρυσμένους servers και οι χρήστες έχουν πρόσβαση σε αυτά μέσω διαδικτύου. Είναι συμφέρουσα επιλογή για επιχειρήσεις και ιδιώτες που δε διαθέτουν επάρκεια χώρου αποθήκευσης για τα δεδομένα τους και διαθέτουν τα πλεονεκτήματα της ευελιξίας, της αποδοτικότητας και του στρατηγικού πλεονεκτήματος [26].

Augmented Reality ή AR (Επαυξημένη/Ενισχυμένη πραγματικότητα)

Πρόκειται για μια τεχνολογία, εξέλιξη της εικονικής πραγματικότητας, η οποία χρησιμοποιείται για να δώσει ψηφιακή διάσταση σε φυσικά αντικείμενα. Προβάλλει τη φυσική εικόνα ενισχυμένη με επιπλέον πληροφορίες και χρήσιμα δεδομένα. Στον τομέα της παραγωγής μπορεί να έχει εφαρμογή στη ρεαλιστική απεικόνιση των τελικών προϊόντων, στη δυνατότητα των αγοραστών να τα συνδέουν με το χώρο τους, στην αρχιτεκτονική και τον κατασκευαστικό σχεδιασμό. Περιέχουν

εικόνες, ήχους και βίντεο που προβάλλονται σε μια οθόνη ή ειδικά γυαλιά και στο πρόγραμμα λειτουργίας τους περιέχεται η λειτουργία αναγνώρισης των αντικειμένων ώστε να παρεμβάλλονται οι απαραίτητες κάθε φορά πληροφορίες [26, 42].

Autonomous Robots (Αυτόνομα ρομπότ)

Τα αυτόματα ρομπότ είναι σύγχρονες πολύπλοκες μηχανές που χρησιμοποιούν προηγμένους αλγόριθμους οι οποίοι βασίζονται στην τεχνητή νοημοσύνη και μπορούν να μιμούνται τις ανθρώπινες κινήσεις και να εκπαιδεύονται στη λήψη αποφάσεων. Έτσι τα αυτόματα ρομπότ μπορούν να χρησιμοποιούνται αντικαθιστώντας τον ανθρώπινο παράγοντα σε πάρα πολλές περιπτώσεις. Πιο συγκεκριμένα στην παραγωγή προϊόντων, τόσο στη βιομηχανία όσο και στις πρώτες ύλες, ένα αυτόνομο ρομποτικό σύστημα παρέχει ακρίβεια, ταχύτητα, μεγάλο όγκο παραγωγής, μικρότερο κόστος λειτουργίας και συντήρησης. Τα αυτόνομα ρομπότ εκτελούν αξιόπιστα τις διαδικασίες, μαθαίνουν αξιοποιώντας τα δεδομένα της εμπειρίας τους, αυτοσυντηρούνται και εξελίσσονται συνεχώς. Σε μικρές γραμμές παραγωγής μπορούν να εκτελούν όλες τις απαραίτητες λειτουργίες πλήρως αυτόματα χωρίς να είναι απαραίτητη η συμμετοχή του ανθρώπου στη διαδικασία [26, 27].

Cyber Security (Ασφάλεια Κυβερνοχώρου)

Η κυβερνοασφάλεια ή αλλιώς ηλεκτρονική ασφάλεια πληροφοριών είναι το σύνολο των τεχνικών και πρακτικών που έχουν σκοπό την ασφαλή προάσπιση των δεδομένων, των δικτύων και των συστημάτων από κακόβουλες επιθέσεις που μπορεί να έχουν στόχο την υποκλοπή δεδομένων ή την πρόκληση βλάβης. Οι ιοί, τα worms και τα trojan είναι μερικοί από τους πιο συνηθισμένους τρόπους κακόβουλων επιθέσεων. Σήμερα η κυβερνοασφάλεια αναπτύσσεται ταχύτατα ώστε να προστατευθούν οι πληροφορίες που μεταδίδονται μέσω των δικτύων και τα συστήματα παραγωγής από εξωτερικές απειλές που μπορεί να έχουν καταστροφικές συνέπειες [27,33].

Simulation (Προσομοίωση)

Η προσομοίωση είναι ένας τρόπος ελέγχου μια διαδικασίας ή μιας λειτουργίας όπως αυτή θα συνέβαινε σε πραγματικές συνθήκες μέσω λογισμικών. Χρησιμοποιείται σε πολλούς τομείς, από προγράμματα και λογισμικά μέχρι μέσα παραγωγής, μηχανήματα, οχήματα, εργαλεία, ιατρικές εφαρμογές, για τη μελέτη

φαρμάκων, ιών, οργανισμών, κλπ. Έτσι προβλέπεται η συμπεριφορά σε κάθε διαδικασία, μπορούν να προβλεφθούν λάθη και να γίνουν διορθώσεις εγκαίρως, να προσομοιωθούν καταστάσεις που είναι σπάνιο να συμβούν στην πραγματικότητα [44].

Τεχνητή νοημοσύνη ή AI

Ίσως από τις σημαντικότερες τεχνολογίες που προέκυψαν, η τεχνητή νοημοσύνη και η μηχανική μάθηση αναπτύσσονται ραγδαία και δίνουν λύσεις σε ποικίλα προβλήματα υποστηρίζοντας τα συστήματα λήψης αποφάσεων, τα μέσα παραγωγής και κυρίως τη διαχείριση μεγάλων δεδομένων. Οι αλγόριθμοι είναι πολύπλοκοι και επιτρέπουν στη «μηχανή» να μαθαίνει, να εξελίσσεται και να αναγνωρίζει πρότυπα. Τα αυτόνομα οχήματα και τα μη επανδρωμένα οχήματα, καθώς και άλλα συστήματα αυτοματισμών και αισθητήρων με τη χρήση της AI μπορούν να αυτό-βελτιώνονται, να αυτό-διορθώνονται και να αυτό-επισκευάζονται και να λαμβάνουν τις κατάλληλες αποφάσεις αναλύοντας τεράστιους όγκους δεδομένων και αναγνωρίζοντας ακόμα και μικρές λεπτομέρειες [26,27].

Μη επανδρωμένα οχήματα

Οχήματα και drones χωρίς οδηγούς για τη μεταφορά αντικειμένων και ανθρώπων, εμπορευμάτων, επικίνδυνων υλικών ή για εποπτεία χώρων και διαδικασιών. Τα μη επανδρωμένα οχήματα θα προσφέρουν επιπλέον δυνατότητες και μείωση κόστους μεταφορών, καθώς και μείωση ατυχημάτων που οφείλονται σε ανθρώπινα λάθη. Θα μπορούν να ελέγχονται από χειριστή ή να είναι εντελώς αυτόνομα [44].

5G/5^{ης} γενιάς τηλεπικοινωνιακά δίκτυα

Τα δίκτυα 5^{ης} γενιάς προσφέρουν ακόμα μεγαλύτερες ταχύτητες στη μετάδοση δεδομένων και είναι ιδιαίτερα χρήσιμα όταν τα δεδομένα είναι μεγάλου όγκου. Αν και ακόμα δεν καλύπτουν μεγάλες περιοχές αναμένεται να αντικαταστήσουν στην επόμενη δεκαετία τα παλαιότερα δίκτυα τηλεπικοινωνιών [44].

Blockchain

Ως Blockchain ορίζεται μια αλυσίδα μπλοκ ή κοινοποιήσεων και πρόκειται για έναν τρόπο να μεταφερθούν πληροφορίες με αυτοματοποιημένο τρόπο και με

ταχύτητα. Η τεχνολογία αυτή βασίζεται σε υψηλού επιπέδου κρυπτογράφηση σε αποκεντρωμένο σύστημα, που κάνει αδύνατη την ορατότητα και την αλλοίωση του περιεχομένου από κάποιον τρίτο. Στην παραγωγή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μετάδοση πληροφοριών μεταξύ επιχείρησης και απομακρυσμένων συστημάτων παραγωγής κυρίως σε συνδυασμό με την τεχνολογία IoT [33,26].

Νανοτεχνολογία

Η νανοτεχνολογία δεν ανήκει άμεσα στις τεχνολογίες της πληροφορικής αλλά αποτελεί τη βάση για την ανάπτυξη μικρορομποτικών συστημάτων, αισθητήρων και πλήθους άλλων προϊόντων που αξιοποιούνται από τη βιομηχανία είτε άμεσα στα συστήματα παραγωγής είτε ως παραγόμενα προϊόντα ή μέρη αυτών. Η νανοτεχνολογία έχει οδηγήσει στην κατασκευή τσιπ στις μικρότερες δυνατές διαστάσεις καθώς και μικροσκοπικών αισθητήρων και κεραιών. Έτσι μειώνεται ο όγκος των εργαλείων που τα χρησιμοποιούν ώστε να μπορούν να ενσωματώνονται κι άλλες τεχνολογίες στο σύστημα. Επίσης το μικρό τους μέγεθος επιτρέπει τη χρήση του σε σημεία με δύσκολη φυσική πρόσβαση, πχ ένας αισθητήρας τοποθετημένος μέσα στο σώμα ενός ασθενή ή σε ένα φυτό, με αποτέλεσμα να μπορούν να συλλέγουν και να μεταδίδουν πληροφορίες που ήταν δύσκολο να ληφθούν με άλλο τρόπο ιδίως αν το αντικείμενο ενδιαφέροντος βρίσκεται σε μακρινή απόσταση [44].

Βιοτεχνολογία

Η βιοτεχνολογία είναι ένας κλάδος της βιολογίας που τα τελευταία χρόνια σημειώνει εξαιρετική πρόοδο. Όπως και η νανοτεχνολογία δεν ανήκει στον τομέα της πληροφορικής σχετίζεται όμως άμεσα με αυτόν. Αρχικά η ανάπτυξη της οφείλεται στην ταχεία εξέλιξη των υπολογιστών και των συστημάτων συλλογής και ανάλυσης δεδομένων και προσομοιώσεων. Η βιοτεχνολογία εκτός από ιατρικές εφαρμογές βρίσκει εφαρμογή στην παραγωγή προϊόντων καθώς συμβάλλει στη βελτίωση παραγωγικών φυτών και ζώων, τον έλεγχο των σταδίων παραγωγής και της υγείας τους καθώς και στο σχεδιασμό νέων ποικιλιών καλλιεργήσιμων φυτών, την παραγωγή τροφίμων στο εργαστήριο. Επίσης, σε συνδυασμό με την επιστήμη των δεδομένων, τα αυτόνομα ρομπότ, το διαδίκτυο των πραγμάτων και τα δίκτυα αισθητήρων, επιτρέπει την άμεση παρακολούθηση και την απομακρυσμένη παρέμβαση σε καλλιέργειες και μονάδες εκτροφής [26].

Πράσινη ενέργεια

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) σε συνδυασμό με τις προαναφερθείσες τεχνολογίες μπορούν να έχουν τη μέγιστη δυνατή απόδοση και να υπάρχει έλεγχος της καταναλισκόμενης ενέργειας και της ενέργειας που αποθηκεύεται ώστε να μπορεί να είναι εκμεταλλεύσιμη σε μεγαλύτερο ποσοστό. Οι ΑΠΕ συμβάλουν στην καταπολέμηση της ενεργειακής φτώχειας, στη μείωση της ρύπανσης από τα ορυκτά καύσιμα με συνέπεια την προστασία του περιβάλλοντος, είναι δωρεάν και πάντα διαθέσιμες στη φύση ώστε να μην υπάρχει πρόβλημα αποθεμάτων όπως συμβαίνει με το πετρέλαιο. Επίσης οι μονάδες παραγωγής μπορούν να είναι αντίστοιχες με τις ανάγκες κάθε περιοχής ή επιχείρησης. Ήδη αρκετές μονάδες παραγωγής στηρίζουν τις ενεργειακές τους ανάγκες αποκλειστικά σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Η πράσινη ενέργεια βρίσκει μεγάλη εφαρμογή και στον τομέα των μεταφορών με τα ηλεκτρικά οχήματα να αυξάνονται διαρκώς όπως και η χρήση ενέργειας από φιλικές προς το περιβάλλον πηγές για τη τροφοδοσία τους [26,44].

Άλλες τεχνολογίες που συμβάλουν στην 4^η βιομηχανική επανάσταση είναι οι εξής: Κβαντική επεξεργασία, Systems Integration (Ενσωμάτωση συστημάτων), Additive Manufacturing (Προσθετική Κατασκευή ή 3D Printing), CIM (Computer Integrated Manufacturing) – FMS (Flexible Manufacturing Systems-Ευέλικτα Συστήματα Παραγωγής), CAD (Computer Assisted Design) – CAM (Computer Aided Manufacturing).

2.3. Πλήρης αυτοματοποίηση συστημάτων παραγωγής

Η πλήρης αυτοματοποίηση ακόμα φαίνεται σαν ένα μακρινό σενάριο. Όμως η τεχνολογία προσανατολίζεται προς αυτό το σκοπό. Θεωρητικά με κατάλληλα λογισμικά θα μπορούσαν τα συστήματα να εκτελούν τις απαραίτητες εργασίες χωρίς να απαιτείται ο έλεγχος από τον άνθρωπο. Όμως στην πράξη η εφαρμογή της πλήρους αυτοματοποίησης στην παραγωγή θα ήταν δύσκολη καθώς θα υπήρχαν αρκετά εμπόδια που δεν μπορούν να ξεπεραστούν με τη χρήση προγραμμάτων και ευφυών συστημάτων [26].

Αρχικά όσο «εκπαιδευμένο» κι αν είναι ένα σύστημα τεχνητής νοημοσύνης στη λήψη σημαντικών αποφάσεων ο ανθρώπινος παράγοντας δεν μπορεί να

αντικατασταθεί. Ο άνθρωπος δε λειτουργεί μόνο με την ψυχρή λογική ανάλυση των καταστάσεων αλλά λαμβάνει υπόψη κι άλλους παράγοντες όταν πρέπει να λάβει σοβαρές αποφάσεις. Τα συναισθήματα και η ψυχοσύνθεση εμπλέκονται στις νοητικές διεργασίες και αποτελούν παράγοντα που δε μπορεί να θεωρηθεί αμελητέας σημαντικότητας [26].

Ένα απλό παράδειγμα, η ανάλυση ζήτησης ενός προϊόντος με δεδομένα που έχουν συλλεχθεί από μέσα κοινωνικής δικτύωσης (ΜΚΔ). Ο αλγόριθμος εντοπίζει αυξημένες αναφορές στο προϊόν από τους χρήστες των ΜΚΔ και εξάγει ως συμπέρασμα την ανάγκη αύξησης της παραγωγής ή της δημιουργίας αντίστοιχου προϊόντος εάν πρόκειται για ανταγωνιστική εταιρία. Όμως οι χρήστες μπορεί μεν να αναφέρουν το προϊόν αλλά αν δε δηλώνουν ξεκάθαρα τη θετική ή αρνητική άποψη τους γι' αυτό το σύστημα μπορεί να παρουσιάσει εσφαλμένα αποτελέσματα που θα ζημιώσουν την επιχείρηση. Ο λόγος είναι διότι δεν μπορεί να αναγνωρίσει με σιγουριά τα συναισθήματα των χρηστών απέναντι στο προϊόν. Σε άλλη περίπτωση ενώ το προϊόν μπορεί να έχει εκατομμύρια ευχαριστημένους καταναλωτές να μην αποτυπώνεται κάπου η διάθεση τους γι' αυτό καθώς θεωρούν ότι δε χρειάζεται να το αναφέρουν. Έτσι χωρίς την ύπαρξη της ανθρώπινης οπτικής το σύστημα δεν μπορεί να απαντήσει με σιγουριά για την πρόθεση των καταναλωτών να αγοράσουν το προϊόν με αποτέλεσμα η εταιρία να προβεί σε αλλαγές ή να σταματήσει την παραγωγή. Από το παραπάνω παράδειγμα προκύπτει πως μια λάθος απόφαση ενός συστήματος μπορεί να είναι επιζήμια για μια εταιρία. Για την εξάλειψη αυτού του κινδύνου είναι απαραίτητος ο έλεγχος των αποφάσεων του συστήματος από τον άνθρωπο.

Ένα ακόμα ζήτημα που αφορά τη διαδικασία παραγωγής είναι τα πιθανά προβλήματα που θα προκύψουν κατά την εκτέλεση κάθε λειτουργίας. Όσο προσεκτικά σχεδιασμένο κι αν είναι ένα σύστημα πάντα υπάρχει η πιθανότητα τεχνικής βλάβης ή σφαλμάτων κατά την εκτέλεση του λογισμικού που μπορεί να αχρηστεύσουν ολόκληρες παρτίδες προϊόντων ή και μηχανήματα παραγωγής. Και σε αυτή την περίπτωση χρειάζεται να υπάρχει έλεγχος από εξειδικευμένο προσωπικό ώστε να εντοπίζεται εγκαίρως κάθε δυσλειτουργία και να διορθώνεται ή να διακόπτεται η παραγωγική διαδικασία για να προληφθεί μεγαλύτερη ζημιά. Τα συστήματα παραγωγής δεν μπορούν να υπάρξουν εντελώς αυτόνομα από τον άνθρωπο. Η παρακολούθηση των συστημάτων από εργαζόμενους μπορεί να έχει

οφέλη καθώς παρέχεται ανατροφοδότηση στους σχεδιαστές και τους διαχειριστές των συστημάτων αυτών ώστε να καθορίζονται τα σημεία που χρήζουν βελτίωση [26].

Η αυτόνομη παραγωγική μονάδα γενικά δεν μπορεί να είναι εξίσου αποτελεσματική με μια ολοκληρωμένη μονάδα παραγωγής που περιλαμβάνει αυτοματοποιημένα συστήματα και ανθρώπινο δυναμικό. Είναι δηλαδή απαραίτητη η εποπτεία και η διαχείριση από εξειδικευμένους εργαζόμενους που μπορούν να μελετούν τις ανάγκες που προκύπτουν, να επιβλέπουν τη διαδικασία παραγωγής ώστε να επέμβουν αν χρειάζεται καθώς και να διορθώνουν τις πιθανές αστοχίες [10, 30].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ – ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ

Όλα τα συστήματα παραγωγής, παλαιά και νέα, αλληλεπιδρούν με τον άνθρωπο και είναι απαραίτητη η συμβολή του κατά την παραγωγική διαδικασία. Η κατασκευή και ο σχεδιασμός τους γίνονται από ανθρώπους, το ίδιο και ο προγραμματισμός των λειτουργιών τους. Πιο συγκεκριμένα κάθε σύστημα περιλαμβάνει το περιβάλλον και τα στοιχεία μέσα από τα οποία υπάρχει η αλληλεπίδραση. Αυτά μπορεί να είναι το πρόγραμμα ελέγχου, το χειριστήριο, οι οθόνες, οι συσκευές εισόδου εντολών όπως πληκτρολόγια ή μικρόφωνα [44].

Στις πρώτες μηχανές η επαφή με τη μηχανή περιοριζόταν στο χειρισμό της. Τα περισσότερα μηχανικά συστήματα ήταν χειροκίνητα και για να ξεκινήσει, να διακοπεί ή να αλλάξει η λειτουργία τους απαιτούσαν παρέμβαση από το χρήστη μέσω ειδικών μοχλών και αργότερα με τη χρήση διακοπών που αντιστοιχούσαν σε κάθε λειτουργία. Στην ψηφιακή εποχή η χειροκίνητη λειτουργία άλλαξε και οι εντολές στο σύστημα δίνονται από κάποιον υπολογιστή που τρέχει ένα λογισμικό έως ότου ολοκληρωθεί ο κύκλος εργασίας. Η λειτουργία ξεκινά είτε με την παρέμβαση του ανθρώπου επιλέγοντας την έναρξη του προγράμματος είτε αυτόματα όταν εισέλθει ρεύμα στη μηχανή. Τα συστήματα μπορούν να τερματίσουν τη λειτουργία τους ακόμα κι αν δεν ολοκληρωθεί η εργασία κατόπιν παρέμβασης του ανθρώπου μέσα από τον υπολογιστή που χειρίζεται τη συσκευή και μπορεί να είναι ενσωματωμένος σε αυτή ή σε κάποιο κεντρικό σημείο της εγκατάστασης. Τα πιο σύγχρονα συστήματα διαθέτουν και αισθητήρες μέσω των οποίων μπορούν να ελέγχουν τη λειτουργία των μηχανών και να τη διακόπτουν σε περίπτωση εμφάνισης σφάλματος [35].

Στη νέα εποχή της τεχνολογίας ο άνθρωπος πλέον δεν εργάζεται πάνω στο σύστημα αλλά απομακρυσμένα από αυτό. Ο ηλεκτρονικός υπολογιστής και το διαδίκτυο επιτρέπουν το χειρισμό και την παρακολούθηση λειτουργίας των μηχανημάτων τα οποία συνεχώς στέλνουν πίσω δεδομένα που συλλέγονται κατά τη λειτουργία. Επίσης κάποια συστήματα δεν ελέγχονται απευθείας από τον άνθρωπο αλλά από λογισμικά που περιλαμβάνουν όλες τις απαραίτητες πληροφορίες. Ο άνθρωπος επικοινωνεί με το λογισμικό μέσα από το περιβάλλον ελέγχου του. Η παρέμβαση συνήθως περιλαμβάνει αλλαγές στις εντολές μέσα από την σύνταξη του κώδικα και τον έλεγχο του προγράμματος. Ένας υπολογιστής μπορεί ταυτόχρονα να

τρέχει τη λειτουργία πολλών συστημάτων. Τα αυτόνομα ρομποτικά συστήματα έχουν δικό τους λογισμικό και με το χρήστη επικοινωνούν αφού συνδεθούν σε υπολογιστή με τις κατάλληλες διεπαφές. Ο προγραμματιστής ελέγχει και διορθώνει τον κώδικα αν χρειάζεται [23, 35,42].

Όλες οι παραπάνω σημαντικές διαφοροποιήσεις στον τρόπο αλληλεπίδρασης του ανθρώπου με τα συστήματα έχουν φέρει σημαντικές αλλαγές στην ίδια την εργασία και τη ζωή των ανθρώπων. Υπάρχουν στο πλαίσιο αυτό, μελέτες που έχουν εξετάσει την επίδραση διάφορων παραγόντων που σχετίζονται με το προφίλ των εργαζομένων στον τρόπο που αλληλεπιδρούν με τα συστήματα παραγωγής. Για παράδειγμα, οι Katirae et al. (2021) εξέτασαν τις επιπτώσεις των διαφορών που υπάρχουν μεταξύ εργατικού δυναμικού στα συστήματα παραγωγής. Οι διαφορές αυτές εξετάστηκαν σε χαρακτηριστικά όπως οι δεξιότητες, η ηλικία, το φύλο και τα ανθρωπομετρικά μέτρα που έχουν αντίκτυπο στην απόδοση των συστημάτων παραγωγής [19].

Εξετάστηκαν από τους Katirae et al. (2020) με τη μέθοδο της βιβλιογραφικής ανασκόπησης, άλλες μελέτες (N=100) που αφορούσαν στα παραπάνω χαρακτηριστικά και στο κατά πόσο ενσωματώνονται στη βελτιστοποίηση του συστήματος παραγωγής και στις προσεγγίσεις χειρισμού των συστημάτων. Διαπίστωσαν μέσα από τη μέθοδο της ανασκόπησης, ότι η πλειοψηφία των μελετών επικεντρώθηκαν στις διαφορές των εργαζομένων ως προς τις δεξιότητες ενώ λίγες μελέτες εξέτασαν άλλους μεμονωμένους ανθρώπινους παράγοντες. Έτσι κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι οι δεξιότητες είναι ο πιο σημαντικός και διευρυμένος παράγοντας στον τομέα της παραγωγής και ιδιαιτέρως στα συστήματα συναρμολόγησης. Επίσης η ηλικία και η ανθρωπομετρία καθώς επίσης και το φύλο, είναι στοιχεία που δεν λαμβάνονται υπόψιν ως μεμονωμένοι παράγοντες στα μοντέλα που εξετάστηκαν [19].

Ωστόσο επισημαίνουν ότι ο ανθρωπολογικός παράγοντας, που περιλαμβάνει διαφορετικούς πολιτιστικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες που είναι καθοριστικοί, μπορούν επίσης να επηρεάσουν τις ικανότητες και τις επιδόσεις των εργαζομένων και να διαφέρουν σημαντικά από χώρα σε χώρα, όπως για παράδειγμα συμβαίνει στους ασιατικούς πληθυσμούς. Τέλος με βάση το δείγμα μελετών που εξέτασαν, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι οι περισσότερες μελέτες εξέτασαν την

αλληλεπίδραση του ανθρώπου με τα συστήματα μόνο ως προς έναν ή δυο παράγοντες, γεγονός που καταδεικνύει ότι υπάρχει σημαντικό περιθώριο για έρευνα [19].

Από τα παραπάνω καθίσταται σαφές ότι η αλληλεπίδραση των εργαζομένων με τα συστήματα αποτελεί ένα πολυσύνθετο φαινόμενο, το οποίο μπορεί να επηρεαστεί από πληθώρα παραγόντων. Ωστόσο υπάρχουν μελέτες που έχουν επικεντρωθεί στις διαφορές των εργαζομένων όσον αφορά την ηλικία και την ανθρωπομετρία αλλά διαπιστώνουν ότι αυτά τα δυο χαρακτηριστικά δεν μοντελοποιούνται όσο οι δεξιότητες, αν και, αν ληφθούν υπόψη οι διαφορές των εργαζομένων σε ένα μοντέλο μπορούν να βοηθήσουν τους διαχειριστές αποφάσεων να αναθέσουν τους καταλληλότερους εργαζόμενους στον κατάλληλο σταθμό εργασίας και να βελτιώσουν την παραγωγικότητά τους [3,34].

Επομένως, οι περισσότερες από τις μελέτες που βρέθηκαν επί του θέματος δεν θεωρούσαν την ηλικία των εργαζομένων ως πρόκληση και έδωσαν μεγαλύτερη έμφαση στην ανάλυση των δεξιοτήτων και της κόπωσης των εργαζομένων. Είναι γεγονός λοιπόν πως τα περισσότερα σημαντικά χαρακτηριστικά που μπορούν να καθορίσουν την αλληλεπίδραση των εργαζομένων με τα συστήματα παραγωγής εξετάζονται από την υπάρχουσα βιβλιογραφία ενώ παράλληλα αναδύονται νέες σημαντικές συνιστώσες. Για παράδειγμα, στην πολύ πρόσφατη βιβλιογραφική ανασκόπηση που πραγματοποιήθηκε, η έρευνα των Calzavara et al. (2020) κατέδειξε ξεκάθαρα ότι όταν ο παράγοντας της γήρανσης έχει γίνει σημαντικός, τόσο στο επίπεδο των ικανοτήτων των εργαζομένων (γνωστική και σωματική) όσο και το επίπεδο της εμπειρίας των εργαζομένων. Δηλαδή η γήρανση φαίνεται να επηρεάζει τόσο τις ικανότητες όσο και τις εμπειρίες των εργαζομένων[6].

Γενικά, η αλληλεπίδραση των ανθρώπων με τα συστήματα αποτελεί ένα σημαντικό ζήτημα προς εξέταση και διερεύνηση σε διαρκές επίπεδο. Κι αυτό διότι όσο εξελίσσεται η αυτοματοποίηση και οι δυνατότητες των συστημάτων, τόσο θα πρέπει να αναγνωρίζονται οι παράγοντες εκείνοι που σχετίζονται με τον άνθρωπο και μπορούν να οδηγήσουν σε περαιτέρω βελτίωση της παραγωγικότητας. Επίσης θα πρέπει η μελέτη της ανωτέρω αλληλεπίδρασης να διενεργείται και στη βάση της διατήρησης της ασφάλειας που είναι πολύ σημαντικό σκέλος στον εργασιακό χώρο. Κι αυτό διότι ο τρόπος που αλληλοεπιδρά το άτομο με ένα σύστημα μπορεί να

καθορίζει τον τρόπο χειρισμού του, να επιδράσει στην ασφάλεια αλλά και στο βαθμό της επαναλαμβανόμενης εργασίας που συντελείται. Ως εκ τούτου τα δυο αυτά σκέλη είναι σημαντικά για να βελτιώνεται η παραγωγικότητα των εργαζομένων αλλά και η ασφάλεια στο χώρο εργασίας.

Μια ακόμα σημαντική διάσταση στη συζήτηση της αλληλεπίδρασης συστημάτων και ανθρώπινου δυναμικού, είναι το πως οι επιχειρήσεις ενσωματώνουν, αντιλαμβάνονται και τελικά εφαρμόζουν τις απαιτούμενες πρακτικές για την καλύτερη δυνατή αλληλεπίδραση των δυο μερών. Συγκεκριμένα, οι σύγχρονες επιχειρήσεις προκειμένου να γίνουν ανταγωνιστικές στο πλαίσιο του Industry 4.0 και να διασφαλίσουν τη συνέχεια των δραστηριοτήτων τους μακροπρόθεσμα, θα πρέπει να καινοτομούν όσον αφορά τα προϊόντα, τις διαδικασίες και τα συστήματα διαχείρισης [13,32]. Αυτές οι ενέργειες απαιτούν την υιοθέτηση έξυπνων τεχνολογιών και συστημάτων που θα επιτρέψουν σε μεγάλο βαθμό την ευελιξία των δραστηριοτήτων που πραγματοποιούνται από τις εταιρείες, καθώς και καλύτερη κατανόηση των απαιτήσεων της αγοράς [16]. Σύμφωνα με τις προβλέψεις των Dombrowski et al. (2018), η υιοθέτηση των εννοιών Industry 4.0 μπορούν να αυξήσουν την παραγωγικότητα των οργανισμών έως και 30%. Ωστόσο, μερικές φορές, θα είναι απαραίτητο για τις εταιρείες να επανεξετάσουν τα επιχειρηματικά τους μοντέλα [11].

Εκτός από φυσικές και λειτουργικές αλλαγές, οι εταιρείες θα πρέπει επίσης να αναπτύξουν και να εκπαιδεύσουν τους υπαλλήλους τους και, υπό αυτή την έννοια, οι μελέτες που σχετίζονται με τη διαχείριση ανθρώπινου δυναμικού (HRM) στο πλαίσιο του Industry 4.0 κερδίζουν την προσοχή [28,29]. Πράγματι, οι Raut et al. (2021) αναφέρουν ότι οι τεχνολογίες Industry 4.0 μπορούν να παρέχουν υποστήριξη στη διαχείριση ανθρώπινου δυναμικού [25]. Για τους Vrchota et al. (2019), η υιοθέτηση των εννοιών Industry 4.0 θα επηρεάσει σημαντικά τις πτυχές που σχετίζονται με τη διαχείριση ανθρώπινου δυναμικού, καθώς πολλές θέσεις εργασίας θα εξαφανιστούν και θα απαιτηθούν νέες δεξιότητες από τους επαγγελματίες για να εργαστούν σε εταιρείες [31]. Πράγματι, οι αναλυτές ανθρώπινου δυναμικού πρέπει επίσης να αναπτύξουν δεξιότητες προς την πραγματικότητα του Industry 4.0, όπως τεχνικές γνώσεις, ανάλυση δεδομένων και ευχέρεια, γνώσεις σχετικά με τις επιχειρήσεις και τις ικανότητες επικοινωνίας. Σε αυτό το πλαίσιο, ο Strohmeier (2020) πραγματοποίησε μια ενδιαφέρουσα μελέτη για να καθορίσει ποια είναι η διαχείριση

των ψηφιακών ανθρώπινων πόρων, δείχνοντας το δυναμικό χαρακτήρα της και τον ρόλο της στην ιστορική εξέλιξη του ανθρώπινου δυναμικού [28].

Σημαντικές αλλαγές παρατηρούνται όσον αφορά την απασχόληση, το προφίλ των εργαζομένων, τις δεξιότητες, τα προσόντα και τη δομή της μάθησης [5,21]. Για τους Kazancoglu και Ozkan-Ozen (2018), το έργο δεν θα επικεντρώνεται πλέον στην εκτέλεση συγκεκριμένων εργασιών αλλά στη διεπιστημονική συνεργασία, τις ρυθμιζόμενες δραστηριότητες και την επίλυση προβλημάτων. Επομένως, αυτό το νέο πλαίσιο απαιτεί εργαζόμενους με δεξιότητες στην επίλυση σύνθετων και αφηρημένων προβλημάτων, χρησιμοποιώντας λογική, με ικανότητες αυτοοργάνωσης [20].

Ως εκ τούτου οι εταιρείες θα πρέπει να αναπτύξουν νέους τρόπους για να προσελκύσουν και να διαχειριστούν ταλέντα. Ως εκ τούτου, η στρατηγική διαχείριση ανθρώπινου δυναμικού (SHRM) είναι απαραίτητη. Έτσι αναδεικνύεται ο θεμελιώδης ρόλος της στρατηγικής διαχείρισης ανθρώπινου δυναμικού στην αναζήτηση καλών επιδόσεων και επιτυχίας των εταιρειών. Για τους Hecklau et al. (2016), στο πλαίσιο του Industry 4.0, η διαχείριση ανθρώπινου δυναμικού πρέπει πρώτα να εκτελέσει μια λεπτομερή χαρτογράφηση των ικανοτήτων που είναι απαραίτητες για διαφορετικές αναδυόμενες θέσεις εργασίας και στη συνέχεια να συζητήσει τρόπους για τον εντοπισμό και την ανάπτυξη αυτών των δεξιοτήτων [13].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΑΥΤΟΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Με την αυτοματοποίηση της παραγωγής αλλάζουν εντελώς πολλά πράγματα τόσο στις διαδικασίες παραγωγής και τη σχέση ανθρώπου – συστημάτων παραγωγής αλλά όσο και στη οικονομία, τις επιχειρήσεις, την αγορά εργασίας και τη διάρθρωση των κοινωνιών. Οι μεταβολές που ήδη έχουν αρχίσει να συμβαίνουν καθώς περνάμε στην εποχή της αυτοματοποίησης σε κάποιες περιπτώσεις είναι θετικές ενώ σε άλλες αρνητικές [3].

4.1 Θετικές επιπτώσεις

Ο βασικός σκοπός της αυτοματοποίησης είναι η αύξηση της παραγωγής και, κατ' επέκταση, του κέρδους των επιχειρήσεων. Στην παρούσα φάση εξελίσσεται η τεχνολογία και εμφανίζονται συνεχώς νέα συστήματα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από μεγάλες ή και μικρές επιχειρήσεις για την παραγωγή και την διαχείριση των λειτουργιών τους. Επενδύονται τεράστια κεφάλαια στην έρευνα και την ανάπτυξη καινοτόμων μέσων παραγωγής και λογισμικών τα οποία θα μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τις μονάδες παραγωγής και τη βιομηχανία. Ο μεγάλος ανταγωνισμός μεταξύ των επιχειρήσεων αποτελεί κίνητρο για τέτοιου είδους επενδύσεις καθώς οι παραδοσιακές μέθοδοι παραγωγής δε μπορούν να ανταγωνιστούν σε κόστος και χρόνο τις πιο νέες. Έτσι οι επιχειρήσεις που επιμένουν σε αυτές σταδιακά βγαίνουν εκτός αγοράς. Οι θετικές επιδράσεις της αυτοματοποίησης παρουσιάζονται παρακάτω [13, 18, 26]

Μείωση χρόνου παραγωγής

Τα σύγχρονα αυτοματοποιημένα συστήματα λειτουργούν με ειδικά λογισμικά που ελέγχουν πλήρως τις λειτουργίες που εκτελούνται σε κάθε στάδιο. Με τη χρήση τεχνολογιών όπως ρομποτική, τεχνητή νοημοσύνη και μηχανική μάθηση, Big Data, Διαδίκτυο των πραγμάτων, κλπ., μπορούν να σχεδιαστούν συστήματα που να εκτελούν αυτόματα όλες τις λειτουργίες της γραμμής παραγωγής από την είσοδο των πρώτων υλών έως την έξοδο του τελικού προϊόντος. Έτσι ο χρόνος που χρειάζεται για την ολοκλήρωση της διαδικασίας παραγωγής μειώνεται αρκετά με αποτέλεσμα να παράγονται περισσότερα προϊόντα σε λιγότερο χρόνο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να

μειώνονται και οι απαραίτητες ώρες λειτουργίας της μονάδας, κάτι που αυτόματα οδηγεί και σε μείωση των λειτουργικών εξόδων της [13].

Μείωση κόστους παραγωγής

Η χρήση αυτοματοποιημένων συστημάτων έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση των εξόδων μιας επιχείρησης. Αρχικά μειώνεται το κόστος απασχόλησης υπαλλήλων καθώς ο αριθμός εργαζομένων που απαιτείται είναι αρκετά μικρότερος αφού πολλές εργασίες εκτελούνται από ρομποτικά συστήματα, τα οποία επίσης σταδιακά λειτουργούν με έτοιμα προγράμματα και δεν απαιτούν χειριστή. Επίσης μειώνονται σημαντικά τα λειτουργικά έξοδα καθώς όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω μειώνεται ο χρόνος λειτουργίας της μονάδας παραγωγής. Εφόσον η παραγωγή συνδυαστεί με μονάδα παραγωγής ενέργειας η επιχείρηση ωφελείται από τα έξοδα κατανάλωσης ενέργειας. Έτσι η επιχείρηση εξοικονομεί χρήματα τα οποία μπορεί να διαθέσει για επενδύσεις και πρόσληψη ειδικευμένου προσωπικού [3,26].

Προστασία του περιβάλλοντος

Οι σύγχρονες τεχνολογίες προσφέρουν τη δυνατότητα εξοικονόμησης ενέργειας, παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ή από την εκμετάλλευση αποβλήτων, ακρίβεια στη χρήση υλικών ώστε να μειώνονται σημαντικά τα απόβλητα της επιχείρησης, συστήματα βιολογικού καθαρισμού και αντιρρύπανσης. Με τη χρήση των τεχνολογιών αυτών τα απόβλητα που καταλήγουν στο περιβάλλον μειώνονται σημαντικά με αποτέλεσμα να προκαλείται όσο είναι δυνατόν λιγότερη ρύπανση. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό σήμερα καθώς η περιβαλλοντική κρίση αποτελεί ένα από τα σοβαρότερα προβλήματα της ανθρωπότητας. Πιο συγκεκριμένα η κλιματική αλλαγή που σε μεγάλο βαθμό οφείλεται στην ανθρώπινη δραστηριότητα απειλεί μεγάλες εκτάσεις γης με ερημοποίηση ενώ προβλέπεται να έχει σοβαρές επιπτώσεις στον άνθρωπο και τους υπόλοιπους οργανισμούς αλλά και στην οικονομία, την παραγωγή τροφίμων τη μετακίνηση πληθυσμών και τη ζήτηση αγαθών. Επίσης η ρύπανση με τοξικές ουσίες οδηγεί σε υπερτροφισμό και τοξικές παλίρροιες, καταστροφή οικοσυστημάτων και διαταραχή της βιοποικιλότητας. Είναι, λοιπόν, επιτακτική ανάγκη να βρεθούν λύσεις για την προστασία του περιβάλλοντος και η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση προσφέρει αυτές τις λύσεις [26].

Λιγότερη καταπόνηση προσωπικού και μείωση εργατικών ατυχημάτων

Ένα σημαντικό πλεονέκτημα των αυτοματοποιημένων συστημάτων είναι η μικρότερες ανάγκες για χειρωνακτική εργασία από τους εργαζόμενους. Με την αυτοματοποιημένη παραγωγή πάρα πολλές εργασίες εκτελούνται από αυτόματα ρομποτικά συστήματα με αποτέλεσμα να μην χρειάζεται οι υπάλληλοι να σηκώνουν βάρος, να έρχονται σε επαφή με τοξικά υλικά ή να κάνουν επικίνδυνες εργασίες. Έτσι μειώνεται η σωματική καταπόνηση και η έκθεση σε ουσίες που μακροπρόθεσμα προκαλούν βλάβες στον ανθρώπινο οργανισμό και χρόνια ή σοβαρά νοσήματα. Επίσης μειώνεται οι πιθανότητες να συμβεί εργατικό ατύχημα που μπορεί να έχει ως συνέπεια την απώλεια της ζωής ή την πρόκληση μόνιμης αναπηρίας στον εργαζόμενο [26].

Οικονομική ανάπτυξη

Οι τεχνολογικές εξελίξεις αναμένεται να φέρουν ανάπτυξη της οικονομίας ιδίως στις προηγμένες τεχνολογικά χώρες. Το ΑΕΠ παγκοσμίως υπολογίζεται να αυξηθεί κατά 14% έως το 2030 από την τεχνητή νοημοσύνη και τα νέα προϊόντα και υπηρεσίες που θα αναπτυχθούν. Ο πλούτος που θα προκύψει θα μπορούσε να αποτελέσει επένδυση για την ευημερία της ανθρωπότητας και την προστασία του περιβάλλοντος. Η αγορά εργασίας θα προσανατολιστεί στο τεχνολογικά εξειδικευμένο προσωπικό. Ήδη η ζήτηση εξειδικευμένων προγραμματιστών, αναλυτών μεγάλων δεδομένων και σχεδιαστών ρομποτικών συστημάτων ή δικτύων IoT αυξάνεται και δεν μπορεί να καλυφθεί από την υπάρχουσα προσφορά. Έτσι η εκπαίδευση του εργατικού δυναμικού είναι απαραίτητη για την κάλυψη των αναγκών [18].

4.2 Αρνητικές επιπτώσεις

Η χρήση των αυτοματοποιημένων συστημάτων έχει ήδη αρχίσει να προκαλεί προβληματισμούς στις κοινωνίες για τον τρόπο εφαρμογής τους και τις επιπτώσεις που έχουν στους εργαζόμενους. Πιο συγκεκριμένα η ανησυχία αφορά τη μείωση προσωπικού στις επιχειρήσεις και την αντικατάστασή τους από τα νέα συστήματα. Ήδη όπως αναφέρθηκε και στο πρώτο κεφάλαιο σε κάθε προηγούμενη βιομηχανική επανάσταση υπήρχαν αντιδράσεις καθώς οι εργαζόμενοι φοβόντουσαν ότι θα μείνουν εκτός αγοράς εργασίας. Όπως όμως συνέβη και στο παρελθόν, ο κόσμος

προσαρμόστηκε στα νέα δεδομένα, επαγγέλματα χάθηκαν αλλά δημιουργήθηκαν πολλά νέα ή εμφανίστηκαν νέες ειδικότητες [26, 41].

Η συνεχής εκπαίδευση των εργαζομένων και η κατάρτιση τους στους τομείς της τεχνολογίας μπορεί να δώσει λύση στο πρόβλημα αυτό. Οι άνθρωποι νεαρής ηλικίας προσαρμόζονται πιο εύκολα στην κάθε αλλαγή και μπορούν να συμμετέχουν σε εκπαιδευτικά προγράμματα δια βίου μάθησης, κάτι που δε συμβαίνει με άτομα μεγαλύτερης ηλικίας που έχουν συνηθίσει σε σταθερότητα στο περιβάλλον εργασίας ή άτομα που δεν έχουν ολοκληρώσει τις βασικές βαθμίδες εκπαίδευσης ή δεν έχουν εξοικείωση με τα εργαλεία τεχνολογίας. Η μετάβαση πρέπει να είναι σταδιακή ώστε να συμπεριλάβει και αυτές τις κατηγορίες ανθρώπων [44].

Ωστόσο, παρά τα κοινωνικά οφέλη που μπορεί να προκύψουν από την επανεκπαίδευση των εκτοπισμένων εργαζομένων για άλλες θέσεις εργασίας, σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις ο εργαζόμενος του οποίου η εργασία έχει αναληφθεί από ένα μηχανήμα υφίσταται μια περίοδο συναισθηματικού στρες. Εκτός από τη μετατόπιση από την εργασία, ο εργαζόμενος μπορεί να μετατοπιστεί γεωγραφικά. Για να βρει άλλη δουλειά, ένα άτομο μπορεί να χρειαστεί να μετακομίσει, κάτι που αποτελεί άλλη πηγή άγχους [39]. Γενικά, μακροπρόθεσμα ο αυτοματισμός μπορεί να έχει θετική επίδραση στους εργαζόμενους, αλλά οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής πρέπει να έχουν υπόψη τις βραχυπρόθεσμες συνέπειες [44].

Μια ακόμα αβεβαιότητα είναι πως η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση θα οδηγήσει σε μεγαλύτερο χάσμα μεταξύ πλούσιων και φτωχών, ενίσχυση του καπιταλισμού, αύξηση της φτώχειας, συγκέντρωση του πλούτου σε λίγους και αποκλεισμό των χαμηλών κοινωνικών στρωμάτων από την παιδεία, την υγεία και άλλες παροχές. Επίσης στα αρνητικά συγκαταλέγεται η ανησυχία για τη χρήση της τεχνολογίας από κυβερνήσεις για την παρακολούθηση και καταγραφή πολλών δεδομένων των πολιτών και τον απόλυτο έλεγχο της ζωής τους. Η καταγραφή δεδομένων μέσω των έξυπνων συσκευών ήδη πραγματοποιείται ενώ κατά καιρούς έχουν διαρρεύσει δεδομένα χρηστών μέσω κοινωνικής δικτύωσης [19, 42].

Άλλα μειονεκτήματα του αυτοματοποιημένου εξοπλισμού περιλαμβάνουν τις υψηλές κεφαλαιουχικές δαπάνες που απαιτούνται για την επένδυση στον αυτοματισμό (ένα αυτοματοποιημένο σύστημα μπορεί να κοστίσει πολλά χρήματα για το σχεδιασμό, την κατασκευή και την εγκατάσταση), ένα υψηλότερο επίπεδο

κόστους συντήρησης που απαιτείται από ένα χειροκίνητο μηχάνημα και ένα γενικά χαμηλότερο βαθμό ευελιξίας όσον αφορά τα πιθανά προϊόντα σε σύγκριση με ένα χειροκίνητο σύστημα (ακόμη και ο ευέλικτος αυτοματισμός είναι λιγότερο ευέλικτος από τους ανθρώπους).

Επίσης, υπάρχουν πιθανοί κίνδυνοι η τεχνολογία αυτοματισμού να υποτάξει τελικά και όχι να εξυπηρετήσει την ανθρωπότητα. Οι κίνδυνοι περιλαμβάνουν την πιθανότητα οι εργαζόμενοι να γίνουν σκλάβοι των αυτοματοποιημένων μηχανών, η ιδιωτικότητα των ανθρώπων να παραβιαστεί από τεράστια δίκτυα δεδομένων υπολογιστών και η κοινωνία να εξαρτηθεί από την αυτοματοποίηση για την οικονομική του ευημερία [44].

Τέλος το κυβερνοέγκλημα ή διαδικτυακό έγκλημα αξιοποιεί τις σύγχρονες τεχνολογίες με αποτέλεσμα πολλές παράνομες δραστηριότητες να έχουν μεταφερθεί στο διαδίκτυο και σε πολλές περιπτώσεις στο dark web (σκοτεινός ιστός), το μέρος δηλαδή του διαδικτύου που δεν μπορεί η δραστηριότητα να ανιχνευθεί εύκολα. Ακόμα όμως και στους χώρους που είναι προσβάσιμοι απ' όλους, το ηλεκτρονικό ψάρεμα και η εξαπάτηση πολιτών με σκοπό οικονομικά ή άλλα οφέλη σημειώνουν αύξηση με τους χρήστες να ανησυχούν για την προστασία τους. Θύματα εξαπάτησης ή υποκλοπής προσωπικών δεδομένων πέφτουν κυρίως χρήστες του διαδικτύου που δεν έχουν αρκετές γνώσεις ή εμπειρία στη διαχείριση ηλεκτρονικών λογαριασμών και συναλλαγών. Το κυβερνοέγκλημα μπορεί να αντιμετωπιστεί με σωστή εκπαίδευση των πολιτών στις σύγχρονες τεχνολογίες και τους τρόπους προστασίας του από κακόβουλες ενέργειες καθώς και την ανάπτυξη εργαλείων κυβερνοασφάλειας [41].

Πέρα από αυτούς τους κινδύνους, η τεχνολογία αυτοματισμού, αν χρησιμοποιηθεί με σύνεση και αποτελεσματικότητα, μπορεί να δώσει σημαντικές ευκαιρίες για το μέλλον. Υπάρχει λοιπόν μια ευκαιρία απαλλαγής των ανθρώπων από επαναλαμβανόμενες, επικίνδυνες και δυσάρεστες εργασίες σε όλες τις μορφές. Και υπάρχει μια ευκαιρία για μελλοντικές τεχνολογίες αυτοματισμού που παρέχουν ένα αναπτυσσόμενο κοινωνικό και οικονομικό περιβάλλον στο οποίο οι άνθρωποι θα μπορούν να απολαμβάνουν υψηλότερο βιοτικό επίπεδο και καλύτερο τρόπο ζωής.

Οι παραπάνω προβληματισμοί θα μπορούσαν να αντιμετωπιστούν με λεπτομερή σχεδιασμό της μετάβασης, με πρόβλεψη για τις νέες ανάγκες της αγοράς εργασίας, στοχευμένη εκπαίδευση και κατάρτιση του παραγωγικού μέρους του

πληθυσμού, επενδύσεις στην εκπαίδευση, νομοθεσία που να προστατεύει τα δικαιώματα των πολιτών και διασφάλιση της κάλυψης των βασικών αναγκών κάθε πολίτη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΥΤΟΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΤΗΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ

Η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση φέρνει νέες προοπτικές στην ανθρωπότητα και αλλάζει την οικονομία, το χρηματοπιστωτικό σύστημα και την αγορά εργασίας. Αρχικά μπορεί να βελτιωθεί η ποιότητα ζωής των ανθρώπων παγκοσμίως και να αυξηθούν τα εισοδήματά τους. Αυτό με κάθε επιφύλαξη καθώς βασική προϋπόθεση για να ισχύει είναι να μπει στο επίκεντρο ο άνθρωπος. Το παγκόσμιο ΑΕΠ αναμένεται να αυξηθεί λόγω των τεχνολογιών που θα αυξήσουν την παραγωγικότητα καθώς και τα καινοτόμα προϊόντα και υπηρεσίες που εμφανίζονται συνεχώς. Πολλοί οικονομικοί αναλυτές επισημαίνουν συνεχώς την προσοχή που πρέπει να δοθεί στο σχεδιασμό της νέας βιομηχανικής ανάπτυξης και των επιπτώσεων της σε πολλούς τομείς ώστε το κέρδος να είναι υπέρ της ανθρωπότητας και το εγχείρημα να μην καταρρεύσει [18,26].

Ένας τομέας της οικονομίας που παρουσιάζει μεγάλες αλλαγές τα τελευταία χρόνια είναι ο χρηματοπιστωτικός. Τα παραδοσιακά τραπεζικά ιδρύματα σταδιακά αλλάζουν το ρόλο τους ενώ πλήθος συναλλαγών πλέον γίνεται ηλεκτρονικά χωρίς να χρειάζεται η διαμεσολάβηση του καταστήματος. Δημιουργούνται νέες υπηρεσίες και προϊόντα ενώ άλλες χρηματοπιστωτικές εταιρίες που κινούνται αποκλειστικά μέσω διαδικτύου αρχίζουν και αναπτύσσουν το πελατολόγιό τους. Οι εταιρίες αυτές παρέχουν ασφάλεια συναλλαγών και ανωνυμία στους πελάτες τους [13, 26]. Παράλληλα η επίδραση των αλλαγών αυτών στην οικονομία είναι σημαντική. Μειώνονται τα κόστη συναλλαγών, ο χρόνος διενέργειας μιας συναλλαγής ενώ παρακολουθούνται από τα φορολογικά συστήματα οι συναλλαγές των πολιτών γεγονός που μειώνει τα επίπεδα φοροδιαφυγής. Όλα τα παραπάνω επιδρούν σημαντικά στους εργαζομένους δεδομένου ότι αλλάζει σημαντικά το περιεχόμενο της εργασίας τους και βελτιώνονται σε μεγάλο βαθμό τις συνθήκες εργασίας.

Οι επιπτώσεις της αυτοματοποίησης γενικά, εμφανίζονται εδώ και καιρό σε εξέλιξη σε συζητήσεις μεταξύ οικονομολόγων. Μάλιστα, ο Hicks (1932) ανέπτυξε την ιδέα της επαγόμενης καινοτομίας και υποστήριξε ότι οι υψηλότεροι μισθοί, απειλούν το ποσοστό κέρδους, ωθούν τις επιχειρήσεις να εξοικονομήσουν χρήματα στο εργασιακό κόστος, επειδή αυτός ο συντελεστής παραγωγής ήταν ως τότε ο ακριβότερος. Συνεπώς, η αυτοματοποίηση της οικονομίας δεν είναι απλώς το

αποτέλεσμα της αυξημένης υπολογιστικής ισχύος αλλά εξαρτάται από τις αλλαγές στο σχετικό κόστος εργασίας και κεφαλαίου [49]. Ωστόσο τα ανωτέρω επιχειρήματα είναι πολύπλοκα και δε μπορούν να δώσουν μια σαφή απάντηση σχετικά με τη μακροπρόθεσμη επίδραση της τεχνολογικής προόδου στην απασχόληση. Το πιο ασφαλές συμπέρασμα είναι ότι ο αντίκτυπος θα εξαρτηθεί από την ισορροπία μεταξύ της καινοτομίας προϊόντων και διαδικασιών και από παράγοντες όπως η κατάσταση της ζήτησης, ο βαθμός ανταγωνισμού στην αγορά και η ισορροπία δυνάμεων μεταξύ κεφαλαίου και εργασίας [44]. Αυτοί είναι όλοι οι σημαντικοί τομείς στους οποίους μπορούν να παρέμβουν οι κυβερνήσεις. Ακόμα κι αν ο αυτοματισμός είναι παραδοσιακά επωφελής μακροπρόθεσμα, οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής δεν θα πρέπει να αγνοούν τις διαταρακτικές βραχυπρόθεσμες επιπτώσεις του.

Η επίδραση της αυτοματοποίησης στην οικονομία γενικά εξετάζεται με αφετηρία την αύξηση ή τη μείωση των θέσεων εργασίας. Αρχικά, το γεγονός ότι μια επιχείρηση αυτοματοποιεί έναν ιμάντα μεταφοράς, ένα ταμείο σούπερ μάρκετ ή ένα σύστημα παράδοσης, στη συνέχεια διατηρεί το ένα δέκατο του εργατικού δυναμικού ως επόπτες και απολύει τους υπόλοιπους είναι δεδομένο. Αλλά τι συμβαίνει μετά από αυτό είναι πολύ λιγότερο προφανές. Το τυπικό οικονομικό επιχείρημα είναι ότι οι εργαζόμενοι που επηρεάζονται από την αυτοματοποίηση θα χάσουν αρχικά τη δουλειά τους, αλλά ο πληθυσμός στο σύνολό του θα αποζημιωθεί στη συνέχεια. Για παράδειγμα, ο νομπελίστας οικονομολόγος Christopher Pissarides και ο Jacques Bughin από το McKinsey Global Institute υποστηρίζουν ότι η υψηλότερη παραγωγικότητα που προκύπτει από την αυτοματοποίηση «συνεπάγεται ταχύτερη οικονομική ανάπτυξη, περισσότερες καταναλωτικές δαπάνες, αυξημένη ζήτηση εργασίας και συνεπώς μεγαλύτερη δημιουργία θέσεων εργασίας» [29]. Σαφώς τα παραπάνω επιδρούν σημαντικά στο περιεχόμενο της εργασίας, δεδομένου ότι αυξάνονται και μειώνονται οι θέσεις εργασίας.

Υπάρχουν άλλωστε επιχειρήματα από το παρελθόν που μπορούν να επιβεβαιώσουν την παραπάνω θέση, δηλαδή ότι η αυτοματοποίηση μπορεί να οδηγήσει ακόμα και σε αναπάντεχη αύξηση της εργασίας. Όταν τα ATM εισήχθησαν στις τράπεζες τη δεκαετία του 1980, οι άνθρωποι πίστευαν ότι τα ταμεία των τραπεζών θα σταματούσαν γρήγορα να υπάρχουν. Με την πάροδο του χρόνου, κάθε υποκατάστημα της τράπεζας κατέληξε να απασχολεί λιγότερους πωλητές. Ωστόσο, τα ATM κατέστησαν φθηνότερη τη λειτουργία τραπεζικών καταστημάτων, οπότε

άνοιξαν περισσότερα υποκαταστήματα τραπεζών και τελικά υπήρξαν περισσότερες δουλειές για το ταμείο της τράπεζας. Συνεπώς καθίσταται αντιληπτό ότι οι εργαζόμενοι δεν επηρεάστηκαν μακροχρόνια από την αλλαγή αυτή αλλά αναδιαμορφώθηκαν οι εργασιακές θέσεις. Ωστόσο η διαρκής εξέλιξη της τεχνολογίας, όπως ήδη ειπώθηκε, συχνά οδηγεί σε κατάργηση θέσεων εργασίας που βραχυχρόνια οι επιπτώσεις στην ανεργία είναι σοβαρές, αλλά μακροχρόνια φαίνεται να δημιουργούνται νέες θέσεις εργασίας.

Ένα ακόμα παράδειγμα αυτοματοποίησης που οδηγεί σε απροσδόκητη αύξηση της εργασίας είναι η εφεύρεση λογισμικού υπολογιστικών φύλλων. Το 1985 υπήρχαν δύο εκατομμύρια λογιστές στις Ηνωμένες Πολιτείες. Σήμερα υπάρχουν περίπου ένα εκατομμύριο. Μεταξύ αυτών των δύο ημερομηνιών, το λογισμικό υπολογιστικών φύλλων έφερε επανάσταση στην καθημερινή εργασία ενός λογιστή. Ωστόσο, ενώ ο αριθμός των λογιστών μειώθηκε στο μισό, ο αριθμός των λογιστών και των ελεγκτών διπλασιάστηκε (περίπου 1,8 εκατομμύρια θέσεις εργασίας) και ο αριθμός των οικονομικών αναλυτών εξεργάγη (περίπου 2,1 εκατομμύρια θέσεις εργασίας). Από τα εκατομμύρια των ανθρώπων που σταμάτησαν να εργάζονται ως λογιστές, πολλοί απαλλάχθηκαν από τα πιο βαρετά καθήκοντα στη δουλειά τους και μπόρεσαν να προχωρήσουν σε πιο ενδιαφέρουσα, παραγωγική δουλειά παρά να απορριφθούν [29]. Κι από το παράδειγμα αυτό είναι αντιληπτό ότι οι θέσεις εργασίας δεν επηρεάζονται μακροχρόνια από τις μεταβολές της αυτοματοποίησης.

Συνολικά υπάρχουν πολυάριθμες μελέτες που εξετάζουν με βάση πραγματικά, ποσοτικά δεδομένα την επίδραση της τεχνολογίας στην οικονομία και την απασχόληση. Η McKinsey & Company σε μελέτη που διενέργησε διαπίστωσε ότι 6 από τις 10 θέσεις εργασίας, έχουν αυτοματοποιηθεί σε ποσοστό 30%. Σχετικά με την επίδραση της υιοθέτησης της αυτοματοποίησης ως το 2030, αναμένεται ότι θα έχουν επηρεαστεί περίπου 800 εκατομμύρια εργαζόμενοι κυρίως σε επίπεδο γεωγραφικής επανατοποθέτησης. Επίσης αναμένεται να επηρεαστούν 375 εκατομμύρια εργαζόμενοι από τη σκοπιά του περιεχομένου της απασχόλησης [47], δηλαδή να αλλάξει το αντικείμενο της εργασίας τους.

Υπάρχουν επίσης μελέτες που έχουν εξετάσει την επίδραση της αυτοματοποίησης στην οικονομία, μέσα από την εκτίμηση των πιθανών απωλειών θέσεων εργασίας. Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Εμπορίου, σε πρόσφατη έρευνα που

διενέργησε σχετικά με το ρόλο του αυτοματισμού στην ανάπτυξη της παραγωγικότητας, διαπιστώνοντας ότι η αυτοματοποίηση έχει οδηγήσει σε αύξηση της παραγωγικότητας αλλά τα αποτελέσματα ποικίλλουν ανάλογα με τη βιομηχανία και με την πάροδο του χρόνου. Μεταξύ όλων των βιομηχανιών, η αύξηση του 1% στην συχνότητα χρήσης αυτοματοποιημένων συστημάτων συσχετίστηκε με την αύξηση της παραγωγικότητας κατά 0,8 %. Τα μεγαλύτερα κέρδη παραγωγικότητας σημειώθηκαν σε βιομηχανίες όπου οι εταιρείες βρίσκονταν στα πρώτα στάδια υιοθέτησης αυτοματοποιημένων συστημάτων. Συγκεκριμένα, οι βιομηχανίες αυτές σημείωσαν αύξηση της παραγωγικότητας κατά 5,1 % με αύξηση της συχνότητας χρήσης αυτοματοποιημένων συστημάτων κατά 1%. Με την πάροδο του χρόνου, υπήρχαν ακόμη κέρδη στην παραγωγικότητα που προέκυψαν από τη χρήση αυτοματοποιημένων συστημάτων, αν και ήταν μικρότερα από την αρχική αύξηση [47].

Η επίδραση της αυτοματοποίησης στην οικονομία, εξετάζεται κι από τη σκοπιά των ανισοτήτων εισοδήματος. Συγκεκριμένα, ενώ η ανισότητα εισοδήματος έχει αυξηθεί σημαντικά, η ανισότητα πλούτου έχει αυξηθεί ακόμη περισσότερο από το 1980 [20]. Εάν ένα προϊόν ή μια υπηρεσία γίνει φθηνότερη με αυτοματοποίηση, τα οικονομικά οφέλη μπορούν να πάνε στους καταναλωτές (χαμηλότερες τιμές) στους εργαζόμενους (υψηλότεροι μισθοί) ή στους ιδιοκτήτες της επιχείρησης (υψηλότερα περιθώρια κέρδους). Όπως όμως συμβαίνει και με τα προηγούμενα παραδείγματα περί εργασίας, είναι αδύνατο να προβλεφθεί εκ των προτέρων μια τέτοια εξέλιξη. Ωστόσο, η ανισότητα στον πλούτο αυξάνεται και ο αυτοματισμός μπορεί να συμβάλει σημαντικά σε αυτό. Κι ένας τρόπος είναι μέσω της εμβάθυνσης του αυτοματισμού, όπου μια ήδη αυτοματοποιημένη εργασία γίνεται ακόμη πιο παραγωγική. Ο αυτοματισμός μπορεί επίσης να εκτοπίσει περισσότερο την εργασία παρά να αυξήσει την παραγωγικότητα, γεγονός που θα απομακρύνει τα οικονομικά οφέλη από τους εργαζόμενους με την πάροδο του χρόνου.

Μια ακόμα σημαντική διάσταση στην επίδραση του αυτοματισμού στην οικονομία, είναι αυτή του ελεύθερου εμπορίου που μπορεί να επιδράσει στην εργασία. Υπάρχει ένα εύλογο επιχειρήμα ότι το εμπόριο είχε πολύ μεγαλύτερο αντίκτυπο στην απασχόληση τα τελευταία 20 χρόνια. Ο λόγος για αυτό είναι ότι το εμπόριο με την Κίνα είχε μεγάλη επίδραση στην αμερικανική βιομηχανική απασχόληση αλλά και την ευρωπαϊκή, πολύ περισσότερο από την αυτοματοποίηση.

Τόσο το εμπόριο όσο και η αυτοματοποίηση είναι θεμελιώδεις κινητήριες δυνάμεις της σύγχρονης οικονομικής ανάπτυξης. Και τα δύο δημιουργούν περισσότερο πλούτο, αλλά και αλλάζουν την κατανομή του εισοδήματος στην κοινωνία, γεγονός που συχνά αυξάνει την ανισότητα. Ακόμα και τα πιο απλά μοντέλα συναλλαγών προβλέπουν ότι η ανισότητα αυξάνεται - το εμπόριο δημιουργεί νικητές και ηττημένους, αλλά οι νικητές κερδίζουν πάντα περισσότερα από ό, τι χάνουν οι ηττημένοι [48].

Επιπλέον, μια καινοτομία που φέρει σημαντικές οικονομικές αλλαγές στην οικονομία είναι η ανάπτυξη των ψηφιακών νομισμάτων ή αλλιώς κρυπτονομισμάτων. Με ναυαρχίδα το Bitcoin τα κρυπτονομίσματα -που βασίζονται στην τεχνολογία του Blockchain, αποκτούν μερίδιο στην αγορά του χρήματος ενώ το διάστημα από το φθινόπωρο του 2020 έως την άνοιξη του 2021, πιθανόν λόγω των περιορισμών για την πανδημία του κορωνοϊού, τόσο το Bitcoin όσο και άλλα κρυπτονομίσματα σημείωσαν ραγδαία άνοδο. Το ψηφιακό χρήμα και τα κρυπτονομίσματα αντικαθιστούν σταδιακά το φυσικό χρήμα. Πλέον για πολλές συναλλαγές οι πολίτες υποχρεούνται να χρησιμοποιούν μόνο ηλεκτρονικούς τρόπους πληρωμής. Τα ψηφιακά πορτοφόλια είναι διαθέσιμα στους χρήστες με μόνη προϋπόθεση την κατοχή έξυπνου κινητού τηλεφώνου (smartphone) [42].

Ο τρόπος εργασίας σταδιακά αλλάζει και μαζί αλλάζουν και τα επαγγέλματα. Εάν η μετάβαση δε γίνει ελεγχόμενα τότε οι φόβοι για αύξηση της ανεργίας και της φτώχειας θα επαληθευτούν. Αντίθετα με ολοκληρωμένο σχεδιασμό οι εργαζόμενοι μπορούν να μεταβούν σε νέα επαγγέλματα χωρίς να κινδυνεύουν να μείνουν εκτός εργασίας και κοινωνικής δραστηριότητας. Επειδή ενδεχομένως να αυξηθεί το προσδόκιμο ζωής, καθώς οι νέες τεχνολογίες βοηθούν και τις επιστήμες υγείας να αναπτυχθούν περισσότερο σημειώνοντας καθημερινά πρόοδο στην αντιμετώπιση ασθενειών, θα υπάρξουν και μεταβολές στα προγράμματα συνταξιοδότησης και στις ασφαλιστικές εισφορές των πολιτών [35].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

Τα αυτοματοποιημένα συστήματα παραγωγής αναμένεται να ενταχθούν στην παραγωγή τα επόμενα χρόνια σε ακόμα μεγαλύτερο βαθμό δεδομένου ότι η τεχνολογία εξελίσσεται διαρκώς. Οι σύγχρονες επιχειρήσεις καλούνται να αντιμετωπίσουν τις διαρκείς προκλήσεις που δημιουργούνται από τις τεχνολογικές εξελίξεις αλλά και από τη σχέση που δημιουργείται μεταξύ ανθρώπινου δυναμικού και συστημάτων. Από την παρούσα μελέτη προέκυψε το βασικό συμπέρασμα, ότι η επίδραση της αυτοματοποίησης στη διαχείριση του ανθρώπινου δυναμικού είναι σημαντική μιας και αναδιαμορφώνονται οι απαιτήσεις των επιχειρήσεων αλλά και η ίδια η φύση της εργασίας. Είναι βέβαιο πως κάθε σύγχρονη οικονομική μονάδα, προκειμένου να μπορέσει να διατηρήσει τη βιωσιμότητά της θα πρέπει να ενσωματώνει στις λειτουργίες της την τεχνολογική πρόοδο ούτως ώστε να μειώνει το σχετικό κόστος, να βελτιώνει την αποδοτικότητά της και να διατηρούνται παράλληλα οι θέσεις εργασίας.

Ένα ακόμα στοιχείο που θα πρέπει να επισημανθεί είναι ότι η έλευση της οικονομικής κρίσης οφείλεται μεταξύ άλλων και στην απώλεια της βιομηχανικής παραγωγής από αυτά λόγω των επενδύσεων σε χώρες όπου το εργοδοτικό κόστος είναι πολύ χαμηλό. Ήδη η Γερμανία σε συνεργασία με τις εγχώριες εταιρίες ετοιμάζει επαναφορά των μονάδων παραγωγής εντός της χώρας με σκοπό να εκμεταλλευτεί πλήρως τις δυνατότητες που δίνουν τα νέα συστήματα για αυτοματοποίηση της παραγωγής και κατά συνέπεια την απασχόληση μικρότερου αριθμού εργαζομένων, κάτι που θα είναι ιδιαίτερα ωφέλιμο για τις επιχειρήσεις. Συνεπώς η τεχνολογία μπορεί να σταθεί αρωγός στην ενίσχυση της παραγωγικής ικανότητας των επιχειρήσεων στην Ευρώπη ούτως ώστε να υπάρχει υγιείς ανταγωνισμός με τις χώρες της Ασίας και της Αμερικής.

Ο φόβος όμως που επικρατεί για την αύξηση της ανεργίας και της φτώχειας καθώς και την απώλεια θέσεων εργασίας μη ειδικευμένων εργαζόμενων μπορεί να λειτουργήσει αρνητικά. Όμως ακόμα κι αν αυτό συμβεί ο βασικός κανόνας της αγοράς είναι η ζήτηση και η προσφορά, έτσι αν το αγοραστικό κοινό μειωθεί τότε και οι εταιρίες παραγωγής δε θα μπορούν να διαθέσουν τα προϊόντα τους. Καθώς λοιπόν αυτό είναι γνωστό η πλήρης αυτοματοποίηση χωρίς εργαζόμενους θα ήταν ασύμφορη γενικά για την οικονομία, οπότε το σενάριο αυτό δεν μπορεί να σταθεί. Όμως η

αγορά εργασίας θα έχει σίγουρα μεγάλες ανακαταξεί. Ήδη η ζήτηση στους τομείς αιχμής της τεχνολογίας είναι μεγαλύτερη από την υπάρχουσα προσφορά και για τα επόμενα χρόνια αναμένεται να αυξηθεί περισσότερο. Έτσι θα προκύψουν νέα επαγγέλματα και θα χαθούν πολλά άλλα, όπως έγινε και κατά τη διάρκεια των προηγούμενων αλλαγών από την πρώτη βιομηχανική επανάσταση και μετά.

Εκτός αυτών η εκπαίδευση στις νέες τεχνολογίες είναι προσβάσιμη σε όλους κι ως εκ τούτου, πολλές θέσεις εργασίας μέσα από την κατάλληλη εκπαίδευση μπορούν να προσαρμοστούν στις νέες ανάγκες. Ακόμα και άνθρωποι που έχουν ολοκληρώσει τη βασική δευτεροβάθμια εκπαίδευση, χωρίς πανεπιστημιακές σπουδές, μπορούν να αποκτήσουν τεχνολογικές δεξιότητες όπου κι αν βρίσκονται με μικρό ή καθόλου κόστος ώστε να μην μείνουν εκτός της αγοράς εργασίας. Πολλά μεγάλα πανεπιστήμια διαθέτουν δωρεάν μαθήματα σε δεκάδες τομείς, μεταξύ αυτών και της πληροφορικής και της τεχνολογίας, ενώ πλατφόρμες τηλεεκπαίδευσης διαθέτουν με πολύ χαμηλό κόστος αντίστοιχα μαθήματα. Η μετάδοση της γνώσης διευρύνεται και μέσω των κοινωνικών δικτύων όπου οποιοσδήποτε μπορεί να βρει μαθήματα στα αγγλικά αλλά και σε πολλές άλλες γλώσσες.

Η αυξημένη ζήτηση και η μη αναγκαιότητα ύπαρξης τίτλου σπουδών για πολλά από τα νέα επαγγέλματα της τεχνολογίας δίνουν τη δυνατότητα σε όλους να αποκτήσουν γνώσεις τις οποίες θα μπορούν να αξιοποιήσουν επαγγελματικά για να μην μείνουν εκτός αγοράς εργασίας. Επίσης οι ίδιοι οι επαγγελματίες όπως αγρότες, κτηνοτρόφοι, βιοτέχνες κλπ. μπορούν να βελτιώσουν τις δεξιότητες τους προσθέτοντας γνώσεις νέων τεχνολογιών που θα τους επιτρέψουν να αυξήσουν την παραγωγή τους και να μειώσουν το κόστος παραγωγής. Η ανοιχτή γνώση είναι αυτή τη στιγμή ένα πολύ σημαντικό στοιχείο απέναντι στον κίνδυνο της ανεργίας που αντιμετωπίζουν πολλές επαγγελματικές ομάδες. Οπότε η ανεργία θα μπορεί να επηρεάσει μόνο ένα μικρό μέρος του εργατικού δυναμικού που δεν έχει εξ αρχής τη δυνατότητα να αλλάξει επαγγελματικό προσανατολισμό λόγω ηλικίας, απουσίας βασικής εκπαίδευσης ή ικανότητας ανάπτυξης νέων δεξιοτήτων. Για τα άτομα αυτά τα κράτη και οι κοινωνίες πρέπει να φροντίζουν ώστε να έχουν τη δυνατότητα να εργαστούν σε παραδοσιακά επαγγέλματα, τα οποία θα παραμείνουν ενεργά.

Τέλος ο προβληματισμός για τη δημιουργία των πρώτων ρομποτικών συστημάτων και την επικράτηση των ρομπότ έναντι του ανθρώπου, αποτελεί μια

σημαντική διάσταση του υπό συζήτηση θέματος. Η επιστημονική φαντασία μεγαλοποίησε την ανησυχία αυτή και η σημερινή πρόοδος της τεχνολογίας την επανέφερε στο προσκήνιο. Δεδομένου όμως ότι τα ρομποτικά συστήματα σχεδιάζονται και αναπτύσσονται από τον άνθρωπο και η ανάπτυξη της τεχνητής νοημοσύνης δεν έχει φτάσει ακόμα σε τέτοιο στάδιο, σε μεγάλο βαθμό μειώνει τη σχετική ανησυχία. Φυσικά πάντα υπάρχει η περίπτωση εμφάνισης δυσλειτουργιών είτε λόγω λαθών στον προγραμματισμό είτε λόγω κακόβουλων ενεργειών, γι' αυτό το λόγο η συμβολή της κυβερνοασφάλειας και η ύπαρξη δικλίδων ασφαλείας είναι πολύ σημαντική.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η αυτοματοποίηση και η ενσωμάτωσή της στις σύγχρονες επιχειρήσεις σε μεγάλο βαθμό επιταχύνθηκε με την έλευση της πανδημίας της COVID-19 που λειτούργησε ως «ψηφιακός επιταχυντής» για τα κράτη και τις επιχειρήσεις. Συγκεκριμένα, με την έλευση της πανδημίας δημιουργήθηκε η ανάγκη τήρησης φυσικών αποστάσεων για την αποφυγή της εξάπλωσης του ιού γεγονός που ανέδειξε την τεχνολογία, ως το σημαντικότερο εργαλείο για τη συνέχιση των ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Ένα μεγάλο ποσοστό των επιχειρήσεων, προκειμένου να συνεχίσει να λειτουργεί με ασφάλεια προχώρησε στο καθεστώς της τηλεργασίας γεγονός που έλυσε σημαντικά προβλήματα. Βέβαια, η αυτοματοποίηση στο πρίσμα της πανδημίας επέδρασε θετικά στο οικονομικό κλίμα δεδομένου ότι πολλές εργασίες, μπορούσαν να συνεχίσουν να συντελούνται χωρίς τη φυσική παρουσία ανθρώπων. Οπότε αποτελεί η ευρύτερη αυτή κοινωνική συνθήκη, ένα σημαντικό βήμα προς την επιπρόσθετη εισχώρηση της αυτοματοποίησης.

Ένα αρκετά αντιπροσωπευτικό παράδειγμα αποτελεί το Ελληνικό Δημόσιο, που με την έλευση της πανδημίας αυτοματοποίησε και ψηφιοποίησε πολλές διαδικασίες που άλλοτε απαιτούσαν τη φυσική παρουσία δημόσιων υπαλλήλων και πολιτών. Συγκεκριμένα, μέσα από την αυτοματοποίηση πληθώρας διαδικασιών μειώθηκε ο χρόνος αναμονής των πολιτών, μειώθηκαν οι επαναλαμβανόμενες εργασίες των δημόσιων υπαλλήλων και βελτιώθηκε η ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών. Βέβαια, τα αποτελέσματα σχετικά με την απασχόληση των δημόσιων υπαλλήλων δεν έχουν διαφανεί ακόμα αλλά ο γενικότερος αντίκτυπος στην κοινωνία, μπορεί να θεωρηθεί μέχρι τώρα θετικός.

Οι σύγχρονες τεχνολογίες αποτελούν το μέσο για την ευημερία της ανθρωπότητας, τη μείωση των επαγγελματικών κινδύνων, της σωματικής καταπόνησης και των εργατικών ατυχημάτων. Με σωστό πολιτικό και βιομηχανικό σχεδιασμό η ανάπτυξη τους μπορεί να έχει σημαντικά οφέλη όπως τη μείωση της φτώχειας και της παιδικής θνησιμότητας, τη βελτίωση του βιοτικού επιπέδου, την ανάπτυξη νέων προϊόντων, την πρόσβαση σε υγεία, παιδεία και εργασία ανθρώπων που είτε ζουν σε απομακρυσμένες περιοχές είτε λόγω αναπηριών ή άλλων προβλημάτων δεν μπορούν να έχουν πρόσβαση με τους συνήθεις τρόπους. Επίσης

μπορεί να προσφέρει οικονομική σταθερότητα και κοινωνική ισορροπία. Τα πάντα φυσικά εξαρτώνται από τους τρόπους εφαρμογής και τους τρόπους που οι κυβερνήσεις θα χειριστούν το ζήτημα αυτό. Για παράδειγμα υπάρχουν προτάσεις όπως της φορολόγησης και της επιβολής εισφορών στα ρομπότ ώστε τα κράτη να συνεχίζουν να έχουν έσοδα για να εφαρμόζουν κοινωνική πολιτική και να καλύπτουν τις λειτουργικές ανάγκες τους ως αντιστάθμιση των εσόδων που θα είχαν από τις εργοδοτικές εισφορές από τις θέσεις εργασίας που θα αντικαταστήσουν τα ρομποτικά συστήματα. Έτσι κυρίαρχο ρόλο θα παίξουν η διαχείριση από τις πολιτικές ηγεσίες και τις μεγάλες επιχειρήσεις.

Συμπερασματικά, η τεχνολογική εξέλιξη και η χρήση της από την παραγωγή έχει πολλά πλεονεκτήματα για τον άνθρωπο, το περιβάλλον και την οικονομία. Ενέχει όμως και κάποιους κινδύνους με σημαντικότερο την πιθανότητα αύξησης της φτώχειας και της ανεργίας. Όμως εφόσον ο σχεδιασμός και η υλοποίηση της εφαρμογής των νέων συστημάτων στην παραγωγή πραγματοποιηθεί λαμβάνοντας υπόψη τις αβεβαιότητες αυτές και ο άνθρωπος αποκτήσει κίνητρο να εξελίξει τις γνώσεις και τις δεξιότητες του, τότε οι κίνδυνοι μπορούν να μειωθούν και η ανθρωπότητα να οδηγηθεί στην ευημερία.

Βιβλιογραφία

Ξενόγλωσση

1. Aldcroft D. and Ville S. (1994) *Η Ευρωπαϊκή Οικονομία 1750-1914*, Αθήνα: Αλεξάνδρεια.
2. Allen, R. (2009) *The British Industrial Revolution in Global Perspective* (New Approaches to Economic and Social History). Cambridge: Cambridge University Press.
3. Asensio-Cuesta, S., Diego-Mas, J.A., Canós-Darós, L. and Andrés-Romano, C. (2012) *A Genetic Algorithm for the Design of Job Rotation Schedules Considering Ergonomic and Competence Criteria*. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. Vol. 60, No. 9–12.
4. Broy, M., Kargermann, H. and Achatz, R. (2010). *Agenda cyberphysical systems: outlines of a new research domain*. Berlin: Acatech.
5. Caparrós Ruiz, A. (2020), “ICTs usage and skills matching at work: some evidence from Spain”, *International Journal of Manpower*, Vol. 42 No. 6, pp. 1064-1083
6. Calzavara, M., A. Persona, F. Sgarbossa, and V. Visentin. 2019. *A Model for Rest Allowance Estimation to Improve Tasks Assignment to Operators*, *International Journal of Production Research*, Vol. 57, No. 3.
7. Coetzee, K. and Eksteen, J. (2011). The Internet of Things -promise for the future? An introduction. *IST-Africa Conference*.
8. Coetze, K., Olivrin, G. and Cheein, F.A. (2012). Inclusion through the Internet of Things. *Assistive Technologies*, 31 (1).
9. Gilchrist, A. (2016), *Industry 4.0 the Industrial Internet of Things*, 1st ed., Apress, Bangken.
10. Deligiannis, V., S. Manesis and J. Lygeros, (2008). *Global Automata: a new formal method for modeling industrial systems*, *International Journal of Industrial and Systems Engineering*, Vol. 3, No. 4, p.p. 383-406
11. Dombrowski, U., Wullbrandt, J. and Krenkel, P. (2018), *Industrie 4.0 in production ramp-up management*, *Procedia Manufacturing*, Elsevier B.V., Vol. 17, pp. 1015-1022.

12. Enad Al-Qaralleh, R. and Atan, T. (2021), *Impact of knowledge-based HRM, business analytics and agility on innovative performance: linear and FsQCA findings from the hotel industry*, Kybernetes, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print.
13. Hecklau, F., Galeitzke, M., Flachs, S. and Kohl, H. (2016), “Holistic approach for human resource management in Industry 4.0”, *Procedia CIRP*, The Author(s), Vol. 54, pp. 1-6.
14. Hobsbawm, E. (1990). *Η εποχή των επαναστάσεων, 1789-1848*. Αθήνα: MIET.
15. Hobsbawm E. (1994). *Η εποχή του κεφαλαίου, 1848-1875*, Αθήνα, Εκδόσεις MIET.
16. Issa, A., Hatiboglu, B., Bildstein, A. and Bauernhansl, T. (2018), *Industrie 4.0 roadmap: framework for digital transformation based on the concepts of capability maturity and alignment*, *Procedia CIRP*, Elsevier B.V., Vol. 72, pp. 973-978.
17. International Trade Administration (2020). *Robots and the Economy: The Role of Automation in Productivity Growth*.
18. Kagermann, H., Helbig, J., (2013). *Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0*, Munich: German National Academy of Science and Engineering.
19. Katirae, N., Calzavara, M., Finco, S., Battini, D. and Battaia, O. (2021) *Consideration of workers' differences in production systems modelling and design: State of the art and directions for future research*, *International Journal of Production Research*, Vol.59, No. 11.
20. Kazancoglu, Y. and Ozkan-Ozen, Y.D. (2018), “Analyzing Workforce 4.0 in the fourth industrial revolution and proposing a road map from operations management perspective with fuzzy DEMATEL”, *Journal of Enterprise Information Management*, Vol. 31 No. 6, pp. 891-907.
21. Liboni, L.B., Cezarino, L.O., Jabbour, C.J.C., Oliveira, B.G. and Stefanelli, N.O. (2019), “Smart industry and the pathways to HRM 4.0: implications for SCM”, *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol. 24 No. 1, pp. 124-146.

22. McCartney, S., Murphy, C. and McCarthy, J. (2021), “21st century HR: a competency model for the emerging role of HR analysts”, *Personnel Review*, Vol. 50 No. 6, pp. 1495-1513
23. Murphy, R., Woods, B.B., Asimov, B. (2009) *The Three Laws of Responsible Robotics*, *IEEE Intelligent Systems*, Vol. 24, No. 4.
24. North, D. (2000). *Δομή και μεταβολές στην οικονομική ιστορία*. Αθήνα: Κριτική.
25. Raut, R., Narwane, V., Kumar Mangla, S., Yadav, V.S., Narkhede, B.E. and Luthra, S. (2021), *Unlocking causal relations of barriers to big data analytics in manufacturing firms*, *Industrial Management and Data Systems*, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print.
26. Rojko, A. (2017) *Industry 4.0 concept: Background and overview*. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, Vol. 11, No. 5, pp. 77–90, 2017.
27. Schwab, K. (2016) *The Fourth Industrial Revolution*. Davos: World Economic Forum.
28. Strohmeier, S. (2020), “Digital human resource management: a conceptual clarification”, *German Journal of Human Resource Management: Zeitschrift Für Personalforschung*, Vol. 34 No. 3, pp. 345-365.
29. Skidelsky, R. (2019). *What effect does automation have on the economy?* Davos: World Economic Forum.
30. Thramboulidis, K. (2016) *A Framework for the Implementation of Industrial Automation Systems Based on PLCs*, *WSEAS Transactions on Systems and Control*, Vol. 11, pp. 288-303.
31. Vrchota, J., Maříková, M., Řehoř, P., Rolínek, L. and Toušek, R. (2019), “Human resources readiness for Industry 4.0”, *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, Vol. 6 No. 1, p. 3.
32. Weking, J., Stöcker, M., Kowalkiewicz, M., Böhm, M. and Krcmar, H. (2020), *Leveraging industry 4.0 – a business model pattern framework*, *International Journal of Production Economics*, Vol. 225, September.
33. Witkowski K. (2017) *Internet of Things, Big Data, Industry 4.0–Innovative Solutions in Logistics and Supply Chains Management*. In K. Halicka, L. Nazarko (Eds). *Procedia Engineering. 7th International Conference on*

Engineering, Project, and Production Management, November 03-07, pp. 763–769.

34. Zhang, W., Gen, M. (2011). *An Efficient Multiobjective Genetic Algorithm for Mixed-Model Assembly Line Balancing Problem Considering Demand Ratio-based Cycle Time*, *Journal of Intelligent Manufacturing*. Vol. 22, No. 3.

Ελληνική

35. Αδαμίδης, Ε. (2015) *Σχεδιασμός και Διοίκηση Βιομηχανικών Μονάδων*, ΣΕΑΒ, Αποθετήριο Κάλλιπος.
36. Γαγανάκης Κ., (1999) *Κοινωνική και Οικονομική Ιστορία της Ευρώπης*, Πάτρα: ΕΑΠ.
37. Δρίτσα, Μ.. (2008). *Θέματα οικονομικής και κοινωνικής ιστορίας της Ευρώπης*, Πάτρα: ΕΑΠ.
38. Μαρξ, Κ. και Ένγκελς, Φ. (1848). *Μανιφέστο του Κομμουνιστικού Κόμματος*, *Εκλεκτά έργα, Γνώσεις*.
39. Μαυρουδέας, Σ. (2019). 4^η βιομηχανική επανάσταση. Μύθος ή Πραγματικότητα; Επιστημονική ημερίδα: «Η οικονομία στον ορίζοντα της 4ης βιομηχανικής επανάστασης» Θεσσαλονίκη, Φεβρουάριος 15.
40. Ξηροτήρης, Ι. Ν. (1966). *Η Βιομηχανική Επανάσταση. Σειρά ομιλιών εις πόλεις της Βορείου Ελλάδος*. Θεσσαλονίκη: Ανώτατη Σχολή Βιομηχανικών Σπουδών Θεσσαλονίκης.
41. Συμβούλιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης, Διαμόρφωση του ψηφιακού μέλλοντος της Ευρώπης -Συμπεράσματα του Συμβουλίου, Βρυξέλλες, 2020
42. Χασάπης, Γ. (2015). *Μηχανική Λογισμικού Συστημάτων Βιομηχανικού Ελέγχου*. Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών.

Διαδικτυακή

43. <http://www.p-consulting.gr/industry-4-0/> (προσβάσιμο στις 22 Μαρτίου 2021)
<http://www.p-consulting.gr/industry-4-0/> (προσβάσιμο στις 22 Μαρτίου).
44. <https://www.britannica.com/technology/automation>. Accessed 29 September 2021.
<https://www.weforum.org/agenda/2019/09/the-economic-consequences-of-automation>. Accessed 29 September 2021.

45. <https://www.mckinsey.com/featured-insights/future-of-work/ai-automation-and-the-future-of-work-ten-things-to-solve-for>. Accessed 29 September 2021.
46. <https://www.singlelunch.com/2019/10/21/the-economic-effects-of-automation-arent-what-you-think-they-are/>. Accessed 29 September 2021.