



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Διπλωματική εργασία

Τυποποίηση του Industry 4.0

Συγγραφέας

Σπανού Γεωργία

ΑΜ: 71447104

Επιβλέπων: Τσελές Δημήτριος

Συνεπιβλέπουσα: Συμεωνάκη Ελένη

Αθήνα, Ιούλιος 2022



UNIVERSITY OF WEST ATTICA

SCHOOL OF ENGINEERING

DEPARTMENT OF INDUSTRIAL DESIGN AND PRODUCTION ENGINEERING

Diploma Thesis

INDUSTRY 4.0 STANDARDIZATION

Student name and surname:

Spanou Georgia

Registration Number: 71447104

Supervisor: Tseles Dimitrios

Co-Supervisor: Symeonaki Eleni

Athens, July 2022



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Τυποποίηση του Industry 4.0

Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής συμπεριλαμβανομένου και του Εισηγητή

Η πτυχιακή/διπλωματική εργασία εξετάστηκε επιτυχώς από την κάτωθι Εξεταστική Επιτροπή:

A/a	ΟΝΟΜΑ ΕΠΩΝΥΜΟ	ΒΑΘΜΙΑΔΑ/ΙΔΙΟΤΗΤΑ	ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ
1	Τσελές Δημήτριος	Καθηγητής	
2	Συμεωνάκη Ελένη	ΕΔΙΠ Α	
3	Παπουτσιδάκης Μιχαήλ	Καθηγητής	

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη Σπανού Γεωργία του Δημητρίου, με αριθμό μητρώου 71447104 φοιτήτρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του Τμήματος Μηχανικών Βιομηχανικής Σχεδίασης και Παραγωγής, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Η Δηλούσα



13/07/2022

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αρχικά, θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς ευχαριστίες μου στη συνεπιβλέπουσα κα. Συμεωνάκη Ελένη για τη συνεχή υποστήριξη της διπλωματικής μου διατριβής και για την υπομονή καθώς και για τα κίνητρα που μου έδωσε. Με τις διαρκείς συζητήσεις, η κ. Συμεωνάκη με βοήθησε να καταλάβω ποια βήματα έπρεπε να ακολουθήσω για να ολοκληρώσω με επιτυχία τη διατριβή μου. Τα διορατικά σχόλια και οι δύσκολες ερωτήσεις της κα. Συμεωνάκη με ώθησαν να διευρύνω την έρευνά μου από διάφορες οπτικές γωνίες.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	7
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ 4^Η ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗ	10
1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΤΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΕΩΝ	10
1.2 ΤΙ ΕΙΝΑΙ Η 4^Η ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗ	11
1.3 Ο ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ 4^{ΗΣ} ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗΣ	12
1.4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ 4^{ΗΣ} ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗΣ	13
1.5 ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΤΗΣ 4^{ΗΣ} ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗΣ	20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΤΗΣ 4^{ΗΣ} ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗΣ	23
2.1 ΔΙΕΘΝΕΙΣ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΣΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΗΣ 4^{ΗΣ} ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗΣ	23
2.2 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΑΝΑΖΩΟΓΟΝΗΣΗΣ	25
2.3 ΠΛΑΙΣΙΟ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑΣ ΣΤΗ ΤΕΤΑΡΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗ	32
2.4 ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑΣ	37
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο ΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΤΕΤΑΡΤΗΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗΣ ...	50
3.1 ΕΕΥΠΝΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΤΥΠΟΠΟΙΗΣΕΙΣ	53
3.2 ΕΕΥΠΝΕΣ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	57
3.3 ΜΟΝΤΕΛΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ ΕΕΥΠΝΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	73
3.4 ΠΛΑΙΣΙΟ ΠΡΟΤΥΠΩΝ ΕΕΥΠΝΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	79
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ ΤΕΤΑΡΤΗΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗΣ	82
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	84

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία θα παρουσιαστεί αρχικά μια συνοπτική αναδρομή μέσα από τη σύντομη επισκόπηση των προηγούμενων βιομηχανικών επαναστάσεων καθώς και των αλλαγών, οι οποίες επέφεραν στην τεχνολογία, στην οικονομία και στην κοινωνία. Ακολούθως, περιγράφονται τα βασικά χαρακτηριστικά της 4^{ης} Βιομηχανικής Επανάστασης καθώς και οι κύριες προσεγγίσεις της, όπως αυτές διαμορφώνονται στην Ευρώπη, στις Ηνωμένες Πολιτείες, αλλά και στην Κίνα, ενώ επιπρόσθετα καταγράφονται οι αναγκαίες προϋποθέσεις για την ψηφιακή μετάβαση καθώς και οι προκλήσεις που τη συνοδεύουν. Στη συνέχεια προκειμένου να γίνει αντιληπτή η σημασία της τυποποίησης, θα εξεταστεί η ανάπτυξη των τεχνολογιών με επίκεντρο την έξυπνη βιομηχανία ενώ παράλληλα θα γίνει καταγραφή και συγκριτική αξιολόγηση των κύριων αρχιτεκτονικών, των μοντέλων αναφοράς και των προτύπων που αναπτύσσονται. Τέλος, θα γίνει προσπάθεια να παρουσιαστεί το πλαίσιο ενός μοντέλου αναφοράς για την ανάπτυξη και εφαρμογή προτύπων με στόχευση την έξυπνη βιομηχανία σύμφωνα με τις κατευθυντήριες γραμμές των στρατηγικών για την 4^η Βιομηχανική Επανάσταση.

ABSTRACT

This thesis will first present a brief overview of the previous industrial revolutions and the changes they brought about in technology, economy and society. Subsequently, the main characteristics of the 4th Industrial Revolution as well as its main approaches, as they are shaped in Europe, the United States, and China, will be described, while additionally the necessary conditions for the digital transition as well as the challenges that accompany it will be listed. Then, in order to understand the importance of standardisation, the development of technologies focusing on smart industry will be examined, while the main architectures, reference models and standards being developed will be documented and benchmarked. Finally, an attempt will be made to present the framework of a reference model for the development and implementation of standards targeting smart industry in line with the guidelines of the strategies for the 4th Industrial Revolution.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Με την έλευση της 4^{ης} Βιομηχανικής Επανάστασης, οι τεχνολογίες και τα πρότυπα της παραγωγικής λειτουργίας μετασχηματίζονται με έντονο ρυθμό. Προκειμένου να ενισχυθεί η εθνική ανταγωνιστικότητα μέσω της υλοποίησης του ψηφιακού και κατ' επέκταση του οικονομικού μετασχηματισμού, οι κυβερνήσεις των ισχυρότερων χωρών αναπτύσσουν στρατηγικές με κοινό βασικό γνώμονα την Έξυπνη Βιομηχανία (Smart Industry). Ειδικότερα, η κυβέρνηση των Η.Π.Α. εισήγαγε την Επανεκβιομηχάνιση και το Βιομηχανικό Διαδίκτυο (Re-Industrialization and Industrial Internet), η κινεζική κυβέρνηση παρουσίασε την εθνική στρατηγική "Made in China 2025" ενώ η γερμανική κυβέρνηση το στρατηγικό πλαίσιο "Industrie 4.0". Η αναγκαία μετάβαση των βιομηχανικών παραγωγικών συστημάτων στον ψηφιακό μετασχηματισμό, μέσω της ενσωμάτωσης των πολλαπλών καινοτόμων τεχνολογιών που αναπτύσσονται κατά την 4^η Βιομηχανική Επανάσταση (Εικ.1), απαιτεί μια συστηματική λύση τυποποίησης. Λαμβάνοντας υπόψη αυτή την αναγκαιότητα για τυποποίηση τόσο οι εθνικοί όσο και οι διεθνείς οργανισμοί ανάπτυξης προτύπων (ISO, IEC, ITU, IEEE, κ.α.) αναπτύσσουν πρωτόκολλα αρχιτεκτονικών, μοντέλων αναφοράς και προτύπων που θα επιτρέψουν την εφαρμογή των τεχνολογιών της 4^{ης} Βιομηχανικής Επανάστασης σε ευρεία κλίμακα παγκοσμίως.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ 4^η ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗ

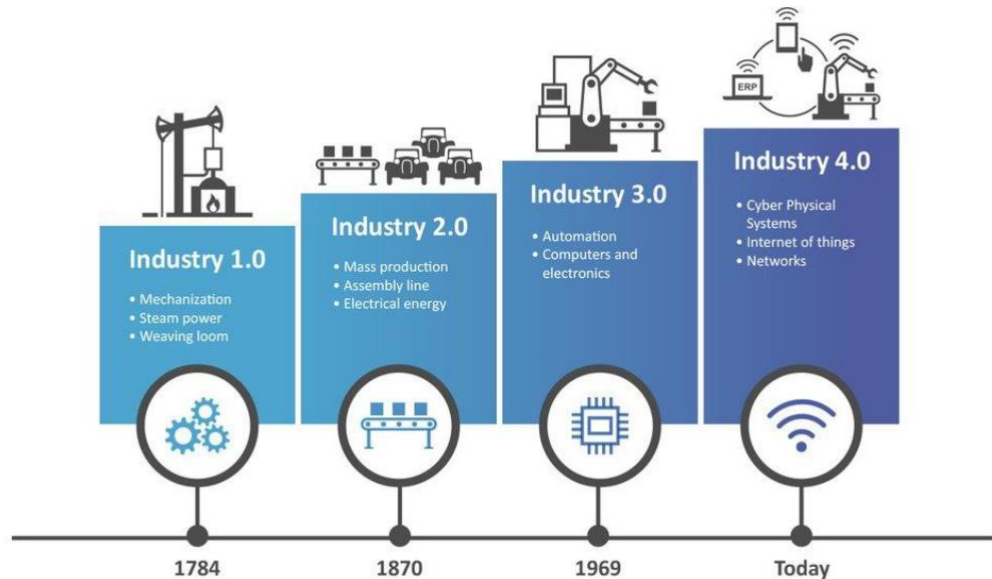
1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΤΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΕΩΝ

Η 1^η Βιομηχανική Επανάσταση δημιουργήθηκε στην Αγγλία στα τέλη του 18^{ου} αιώνα, το 1784, με την χρήση του ατμού ως πηγή ενέργειας. Ύστερα, εξαπλώθηκε στην υπόλοιπη Ευρώπη και την Αμερική. Μέχρι τότε όλα τα προϊόντα μαζικής παραγωγής κατασκευάζονταν χειρωνακτικά. Οι ατμομηχανές στην βιομηχανική παραγωγή εφαρμόστηκαν σε εργοστάσια κλωστοϋφαντουργίας. Ο πρώτος αυτόματος αργαλειός χρησιμοποιήθηκε στα κλωστοϋφαντουργικά εργοστάσια της Αγγλίας. Η ενέργεια του ατμού εξαπλώθηκε τόσο στις θαλάσσιες μεταφορές όσο και στις χερσαίες μεταφορές. Με την 1^η Βιομηχανική επανάσταση, ο πλούτος του δυτικού κόσμου αυξήθηκε, τερματίστηκε η κυριαρχία της γεωργίας και προκάλεσε σημαντικές κοινωνικές αλλαγές. Ως αποτέλεσμα αυτού, η Δύση αστικοποιήθηκε, καθώς το εργασιακό περιβάλλον άλλαξε δραστικά. Η 1^η Βιομηχανική Επανάσταση αποσκοπεί στην πιο μεγάλη αύξηση της οικονομικής παραγωγής από την Νεολιθική Εποχή και την γεωργική καλλιέργεια.

Η 2^η Βιομηχανική Επανάσταση ξεκίνησε από την Γερμανία και την Αμερική τα τέλη του 19^{ου} αιώνα, το 1870. Η εφεύρεση του ηλεκτρικού ρεύματος, αρχίζει να εξαπλώνεται σε πολλές λειτουργίες, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται οι πρώτοι ηλεκτροκινητήρες, ηλεκτρογεννήτριες, ο τηλεγράφος, το τηλέφωνο και οι ηλεκτρικοί λαμπτήρες. Ταυτόχρονα, ανακαλύπτεται το πετρέλαιο, και εμφανίζονται οι πρώτες μηχανές εσωτερικής καύσης. Ο συνδυασμός αυτών των εφαρμογών με τον ηλεκτρισμό ωθούν σε μεγάλο βαθμό την βιομηχανική παραγωγή. Το 1903, δημιουργείται η πρώτη κινητή γραμμή συναρμολόγησης μαζικής παραγωγής από τον Αμερικανό βιομήχανο Henry Ford.

Στα τέλη του 20^{ου} αιώνα, ξεκίνησε η 3^η Βιομηχανική επανάσταση, το 1969, από την Αμερική και την Ιαπωνία, αλλάζοντας οριστικά τις διαδικασίες της βιομηχανικής παραγωγής, ακόμη και την καθημερινότητα του κόσμου. Περιγράφεται ως η πρώτη «ψηφιακή επανάσταση». Η εφεύρεση και η χρήση τρανζίστορ, λαμπτήρων και μικροσίπ έχουν δημιουργήσει ατελείωτες επιλογές στις ηλεκτρονικές εφαρμογές. Η ηλεκτρονική εποχή που απαρτίζεται από την πληροφορική, τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές, τα ηλεκτρονικά κυκλώματα, μηχανές CNC (Computer Numerical Control), το λογισμικό CAD / CAM, ξεκινά να ψηφιοποιείται. Με αποτέλεσμα, να επιταχύνεται περαιτέρω η αυτοματοποίηση της μαζικής παραγωγής. Επιπλέον, με το διαδίκτυο άνοιξαν νέοι δρόμοι για τις εταιρίες ώστε να βελτιώσουν τις επιχειρηματικές και διοικητικές διαδικασίες.

Ακολουθούμενη της μηχανοποίησης, της ηλεκτροδότησης και του αυτοματισμού η 4^η βιομηχανική επανάσταση εισέρχεται στον κόσμο της παραγωγής. Καθώς η κλασική διαδικασία παραγωγής δικτυώνεται όλο και περισσότερο μέσω του Διαδικτύου, ο φυσικός κόσμος συγχωνεύεται με το «κυβερνο-φυσικό σύστημα». Το αποτέλεσμα που θα επιφέρει θα αλλάξει ριζικά την τεχνολογική ανάπτυξη σίγουρα και την καθημερινή εργασία.



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

Από την άποψη των χρονολογιών και των καινοτομιών, η διάρκεια κάθε επόμενης βιομηχανικής επανάστασης μειώνεται και κάθε καινοτομία που εισάγεται αυξάνεται. Η 4^η Βιομηχανική επανάσταση θα αναλυθεί εκτενώς στις επόμενες υποενότητες.

1.2 ΤΙ ΕΙΝΑΙ Η 4^Η ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗ

Η 4^η βιομηχανική επανάσταση επινοήθηκε στην Γερμανία το 2011 από πρωτοβουλία της ομοσπονδιακής κυβέρνησης με την χρήση πανεπιστημίων και ιδιωτικών εταιριών. Ήταν ένα στρατηγικό πρόγραμμα για την ανάπτυξη προηγμένης παραγωγής συστημάτων με στόχο την αύξηση της παραγωγικότητας και της αποδοτικότητας της εθνικής βιομηχανίας. Η έννοια αυτή αντιπροσωπεύει ένα νέο βιομηχανικό στάδιο της παραγωγής συστημάτων με την ενσωμάτωση ενός συνόλου αναδυόμενων και συγκλινουσών τεχνολογιών που προσθέτουν αξία σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής του προϊόντος.

Το «Industrie 4.0» νοείται ως ένα νέο βιομηχανικό στάδιο στο οποίο υπάρχει ολοκλήρωση μεταξύ των λειτουργικών συστημάτων παραγωγής και των τεχνολογιών πληροφορικής

και επικοινωνιών (ΤΠΕ) -ιδίως του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) - σχηματίζοντας τα λεγόμενα κυβερνοφυσικά συστήματα (Cyber Physical Systems- CPS). Αυτό το νέο βιομηχανικό στάδιο επηρεάζει τους κανόνες ανταγωνισμού, τη δομή της βιομηχανίας και τις απαιτήσεις των πελατών. Αλλάζει τους κανόνες ανταγωνισμού, επειδή τα επιχειρηματικά μοντέλα των εταιρειών αναδιαμορφώνονται από την υιοθέτηση εννοιών του IoT και την ψηφιοποίηση των εργοστασίων. Από την άποψη της αγοράς, οι ψηφιακές τεχνολογίες επιτρέπουν στις εταιρείες να προσφέρουν νέες ψηφιακές λύσεις για τους πελάτες, όπως διαδικτυακές υπηρεσίες ενσωματωμένες σε προϊόντα. Από επιχειρησιακή άποψη, οι ψηφιακές τεχνολογίες, όπως οι CPS, προτείνονται για τη μείωση των χρόνων εγκατάστασης, του κόστους εργασίας και των υλικών, καθώς και μείωση στους χρόνους επεξεργασίας, με αποτέλεσμα την υψηλότερη παραγωγικότητα των διαδικασιών παραγωγής. (1)

Πολλές χώρες δημιούργησαν τοπικά προγράμματα για να ενισχύσουν την ανάπτυξη και υιοθέτηση τεχνολογιών Industry 4.0. Στη Γερμανία – όπου γεννήθηκε αυτή η ιδέα – αυτό το πρόγραμμα ονομάστηκε «High-Tech Strategy 2020», στις Ηνωμένες Πολιτείες καθιερώθηκε το «Advanced Manufacturing Partnership», στην Κίνα το «Made in China 2025» και στη Γαλλία το «La Nouvelle France Industrielle». Στη Βραζιλία, το πρόγραμμα που ονομάζεται «Towards Industry 4.0» (Rumo à Indústria 4.0) δημιουργήθηκε από τον Οργανισμό Βιομηχανικής Ανάπτυξης της Βραζιλίας (ABDI – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial) μαζί με τα Υπουργεία Βιομηχανίας, Εξωτερικού, Εμπορίου και Υπηρεσιών (MDIC – Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços). Όλα αυτά τα προγράμματα, τόσο στις ανεπτυγμένες όσο και στις αναδυόμενες χώρες στοχεύουν να διαδώσουν τις έννοιες και τις τεχνολογίες της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης σε τοπικές επιχειρήσεις.

1.3 Ο ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ 4^{ΗΣ} ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗΣ

Ο όρος «Industrie 4.0» είναι συνώνυμο της παραγωγής του αύριο, που χαρακτηρίζεται από την ψηφιοποίηση των εργασιακών διαδικασιών, την αύξηση των εσωτερικών και εξωτερικών επικοινωνιών και την αρθρωτή οργάνωση των ευφυών μηχανών, προϊόντων και εξοπλισμού. Η εφαρμογή του «Industrie 4.0» βασίζεται στη δυνατότητα μόνιμης πρόσβασης σε όλες τις απαραίτητες πληροφορίες. Αυτό απαιτεί τη δικτύωση όσο το δυνατόν περισσότερων επιχειρηματικών διαδικασιών. Η ανάπτυξη δυναμικών δικτύων που ενσωματώνονται μεταξύ ατόμων, συστημάτων και αντικειμένων επιτρέπει τη βελτιστοποίηση δραστηριοτήτων προστιθέμενης αξίας με βάση διάφορα κριτήρια. Ο κύριος λόγος για τον οποίο η τεχνολογία «Industrie 4.0» χρησιμοποιείται σε εταιρείες, είναι οι τεράστιες δυνατότητές της να αυξάνει την παραγωγικότητα, να παρακολουθεί και να ελέγχει καλύτερα την παραγωγή και, συνεπώς, να βελτιώνει την ποιότητα των προϊόντων και της διαδικασίας. Ταυτόχρονα, η συνεχής ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ ανθρώπου-μηχανής-προϊόντων συμβάλλει στη μείωση του χρόνου ανάπτυξης προϊόντων και στην αύξηση της ευελιξίας των επιχειρήσεων. (Για μία ολοκληρωμένη κατανόηση του όρου της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης, απαιτείται διεξοδική μελέτη της αλυσίδας αξίας που εμπεριέχει προμηθευτές, πελάτες, τα μέσα, τις πρώτες ύλες, στάδια κατασκευής, τελική αλυσίδα εφοδιασμού, τα εμπλεκόμενα μέρη προκειμένου να επιτευχθεί ο απώτερος σκοπός

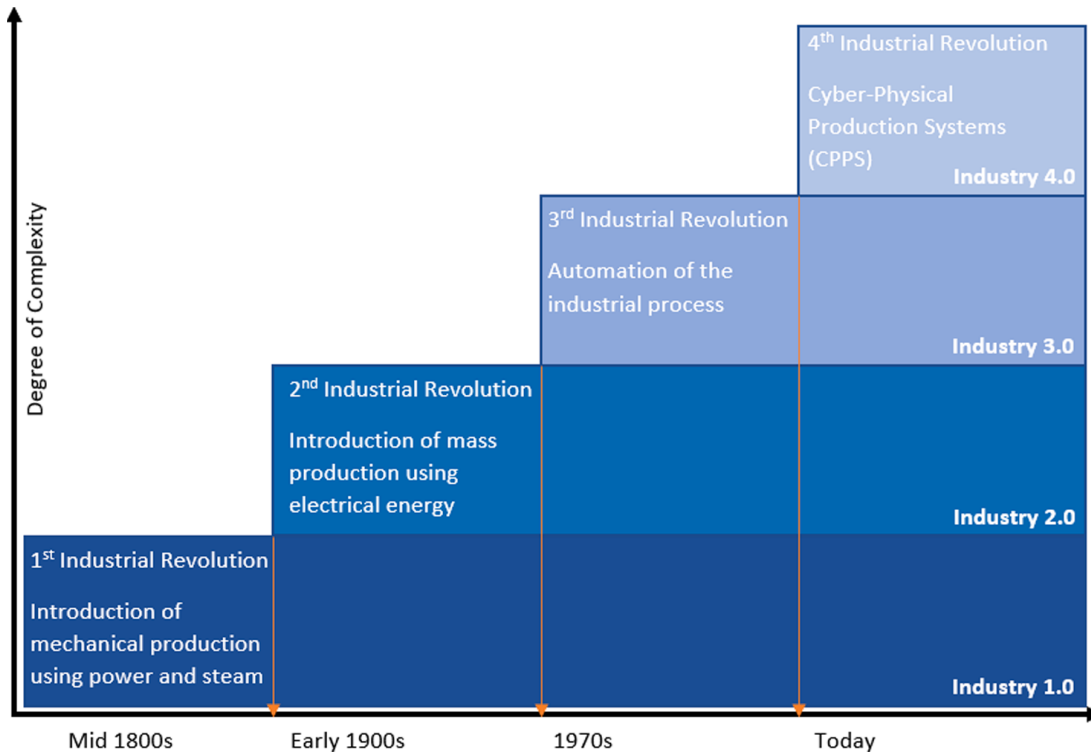
που ενδιαφέρει τον κάθε τελικό πελάτη, είτε αυτό ονομάζεται βιομηχανία είτε καταναλωτής. (2)

1.4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ 4^{ΗΣ} ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗΣ

Η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση, αναφέρεται κυρίως στην ιδέα των εργοστασίων στα οποία οι μηχανές ενισχύονται με έξυπνα και αυτόνομα συστήματα που ενισχύονται από το Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT), τους 3D εκτυπωτές, την τεχνητή νοημοσύνη (AI), τη μηχανική μάθηση, τα μεγάλα δεδομένα (Big Data), επαυξημένη πραγματικότητα, κ.λπ. (3) Έτσι, η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση αντιπροσωπεύει την επαναστατική εποχή των υπολογιστών, των μηχανών και της ανθρώπινης διασύνδεσης και αλληλεπίδρασης για υψηλότερη κατασκευαστική αποτελεσματικότητα, μεγαλύτερη κλίμακα παραγωγής, βιώσιμα περιβαλλοντικά αποτελέσματα και βελτιωμένη ποιότητα ζωής. Αυτό όμως που αποκαλύπτει τις πραγματικές δυνατότητες της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης είναι η καθιερωμένη σύνδεση και επικοινωνία μεταξύ υπολογιστών και μηχανών που επιτρέπουν τη λήψη αποφάσεων χωρίς καμία ανθρώπινη παρέμβαση (4). Ως εκ τούτου, το δίκτυο που σχηματίζεται από αυτές τις διασυνδεδεμένες μηχανές και ο παραγόμενος μεγάλος όγκος δεδομένων σηματοδοτεί την πραγματική αξία της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης (5). Το κύριο κριτήριο που προσδιορίζει την τέταρτη βιομηχανική επανάσταση είναι η ικανότητα αυτοματοποίησης των διαδικασιών λήψης αποφάσεων και επίλυσης προβλημάτων.

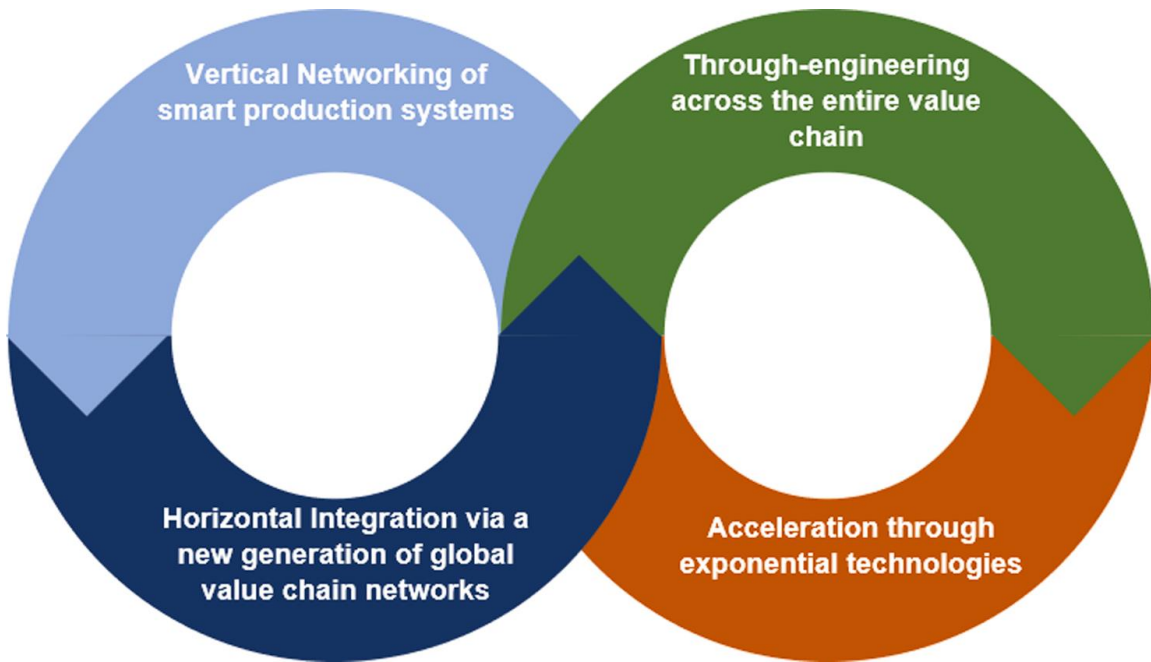
Επιτρέπει τόσο τη λειτουργία όσο και τη διαχείριση των επιδόσεων των περιουσιακών στοιχείων σε πραγματικό χρόνο (6), ενώ εμπλέκει εξίσου όλους τους ενδιαφερόμενους φορείς μέσω κάθετης και οριζόντιας ολοκλήρωσης. Η κάθετη ολοκλήρωση ανταποκρίνεται γρήγορα στις απροσδόκητες αλλαγές παραγγελιών που προκύπτουν από διακυμάνσεις της ζήτησης, βλάβες του εξοπλισμού ή έλλειψη αποθεμάτων. Βασίζεται σε ένα δίκτυο διασύνδεσης των ψηφιακών και φυσικών διαδικασιών σε όλα τα διάφορα τμήματα ή τμήματα της βιομηχανίας. Συγκριτικά, η οριζόντια ολοκλήρωση επιτυγχάνεται με τη δικτύωση των διαφόρων διαδικασιών, οντοτήτων και υπηρεσιών που αποτελούν την παγκόσμια αλυσίδα αξίας οποιουδήποτε προϊόντος (7). Η καταγραφή, η διαθεσιμότητα και η αξιολόγηση σε πραγματικό χρόνο των δεδομένων που παράγονται από τις διάφορες φυσικές και μηχανολογικές διεργασίες όπως ο εισερχόμενος εφοδιασμός και η αποθήκευση, η έρευνα και ανάπτυξη, η παραγωγή, το μάρκετινγκ και οι πωλήσεις έως τις μεταγενέστερες υπηρεσίες, επιτρέπουν τη διαφανή ροή πληροφοριών σε ολόκληρη την αλυσίδα αξίας. Επιτρέπει μια ταχύτερη ανταπόκριση στις διακυμάνσεις της αγοράς και στις αποτυχίες της παραγωγής. Αυτό το νέο παράδειγμα μετασχηματίζει τα δεδομένα που παράγονται από το δίκτυο των διασυνδεδεμένων μηχανών και υπολογιστών σε πολύτιμα περιουσιακά στοιχεία για όλες τις υποκείμενες βιομηχανίες της τέταρτης επανάστασης. Συμβάλλει στη βελτίωση της αποδοτικότητας της παραγωγής σε πολλαπλά επίπεδα. Επιτυγχάνει ορατότητα, διαφάνεια και ιχνηλασιμότητα μεταξύ όλων των εμπλεκόμενων μερών της αλυσίδας αξίας, συμπεριλαμβανομένων των πρώτων υλών, του προμηθευτή, την εταιρεία εφοδιαστικής, τις εγκαταστάσεις παραγωγής και αποθήκευσης, τον λιανοπωλητή, τον τελικό πελάτη ή οποιονδήποτε άλλο ενδιαφερόμενο ή ενδιάμεσο φορέα που μπορεί να εμπλέκεται στη διαδικασία.

Μέχρι το τέλος του 18ου αιώνα, ο βιομηχανικός τομέας, κυρίως η χημική βιομηχανία και οι διαδικασίες παραγωγής σιδήρου στη Βρετανία, γνώρισαν τη μετάβαση από τη χειροκίνητη παραγωγή σε μηχανοποιημένες τεχνικές με κινητήρια δύναμη τον ατμό και τη δύναμη του νερού (8). Αυτή η μετάβαση θα προσδιοριστεί στη συνέχεια ως η πρώτη βιομηχανική επανάσταση. Η εξέλιξη αυτή διήρκεσε μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του 1800. Μετά την οικονομική ύφεση από τα τέλη της δεκαετίας του 1830 έως τις αρχές της δεκαετίας του 1840 (John Joseph Wallis), η υιοθέτηση της αρχικής καινοτομιών που οδήγησαν στην πρώτη βιομηχανική επανάσταση δεν ήταν πλέον αρκετά ισχυρή για να οδηγήσει σε υψηλούς ρυθμούς ανάπτυξης. Έτσι, ήρθε η ώρα για μια νέα επανάσταση. Πρωτοποριακές τεχνικές, όπως οι νέες διαδικασίες παραγωγής χάλυβα και τα καινοτόμα συστήματα διαχείρισης της παραγωγής, όπως η μαζική παραγωγή και οι γραμμές συναρμολόγησης, παράλληλα με την ανάπτυξη των ηλεκτρικών δικτύων και της αυξημένης χρήσης ατμοκίνητων μηχανών, σηματοδότησαν τη δεύτερη βιομηχανική επανάσταση (9). Στο δεύτερο μισό του 20ού αιώνα, μια νέα βιομηχανική επανάσταση εμφανίστηκε και έφερε την άνοδο ορισμένων νέων τεχνολογιών, όπως η ηλεκτρονική, οι τηλεπικοινωνίες και οι υπολογιστές. Αυτή η τεχνολογική πρόοδος άνοιξε τις πόρτες για δύο σημαντικές εφευρέσεις: Προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές (PLC) και ρομπότ. Αυτές οι εφευρέσεις συνέβαλαν στην εμφάνιση μιας εποχής υψηλού επιπέδου αυτοματοποίησης των βιομηχανικών διαδικασιών, γνωστή και ως τρίτη βιομηχανική εποχή επανάσταση. Σήμερα, ο κόσμος βρίσκεται εν μέσω ενός σημαντικού βιομηχανικού μετασχηματισμού που καθοδηγείται από το Web 3.0 και έναν μαζικό ψηφιακό μετασχηματισμό που θολώνει το φυσικό και το ψηφιακό χάσμα στον κυβερνοχώρο (10). Η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση αναφέρεται στην ενσωμάτωση των Κυβερνο-φυσικών Συστημάτων Παραγωγής (CPPS) που σκοπεύουν να διαμορφώσουν καλύτερα και αποδοτικότερα, να διαχειριστούν ολόκληρη τη διαδικασία της αλυσίδας αξίας οποιασδήποτε μεταποιητικής βιομηχανίας.



ΕΙΚΟΝΑ 2: Οι βιομηχανικές επαναστάσεις στο πέρασμα του χρόνου. ΠΗΓΗ: *A review of Industry 4.0 characteristics and challenges, with potential improvements using blockchain technology.*

Η κύρια εξέλιξη από την παραδοσιακή μεταποίηση προς τη τέταρτη βιομηχανική επανάσταση, συνοψίζεται σε τέσσερα κύρια χαρακτηριστικά: (i) κάθετη δικτύωση έξυπνων συστημάτων παραγωγής, (ii) οριζόντια ολοκλήρωση μέσω μιας νέας γενιάς παγκόσμιων δικτύων αλυσίδας αξίας, (iii) μηχανική καθ' όλη τη διάρκεια ζωής σε ολόκληρη την αλυσίδα αξίας και (iv) τον αντίκτυπο της εκθετικής τεχνολογιών (5).

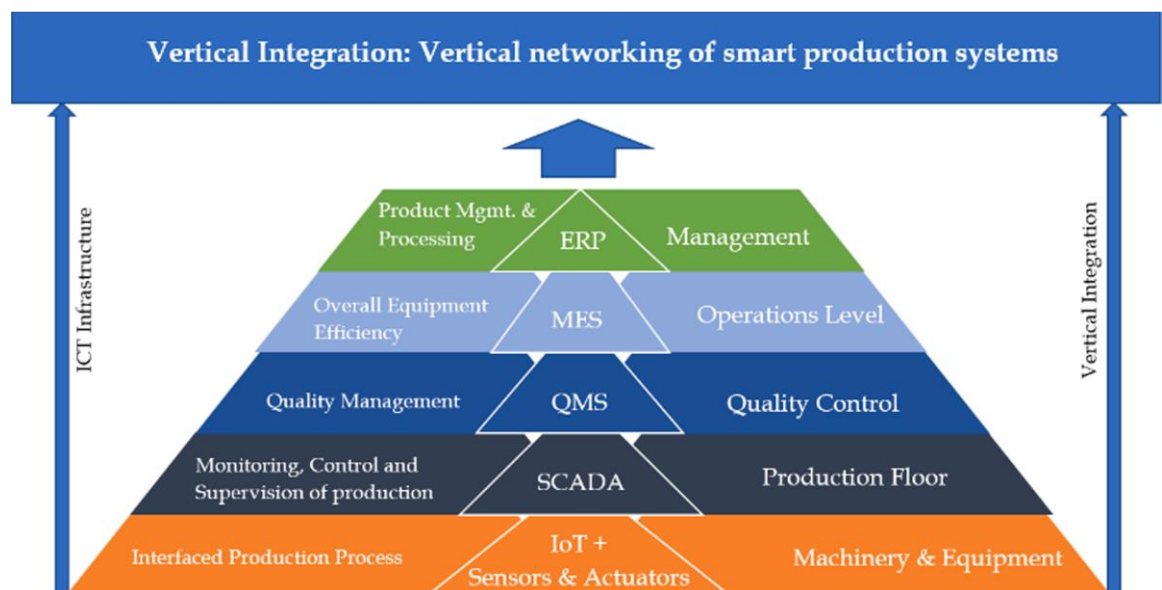


ΕΙΚΟΝΑ 3: Τα τέσσερα χαρακτηριστικά της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης. ΠΗΓΗ: *A review of Industry 4.0 characteristics and challenges, with potential improvements using blockchain technology.*

i. Κάθετη δικτύωση

Το πρώτο κύριο χαρακτηριστικό της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης είναι η κάθετη δικτύωση των έξυπνων συστημάτων παραγωγής. Η κάθετη ολοκλήρωση στη τέταρτη βιομηχανική επανάσταση δημιουργεί μία σύνδεση μεταξύ των διαφόρων επιπέδων της βιομηχανίας από το επίπεδο παραγωγής μέχρι την παρακολούθηση, τον έλεγχο και την εποπτεία της παραγωγής, το τμήμα έρευνας και ανάπτυξης (E&A), τη διαχείριση ποιότητας, τις λειτουργίες, τη διαχείριση προϊόντων και τη μεταποίηση. Αυτή η διασύνδεση μεταξύ όλων των επιπέδων της επιχείρησης επιτρέπει μια την ομαλή και διαφανή κυκλοφορία των δεδομένων που επιτρέπει τη στρατηγική και στρατηγικές και τακτικές αποφάσεις με βάση τα δεδομένα. Ως εκ τούτου, ο κύριος στόχος πίσω από κάθετη δικτύωση είναι η χρήση των συστημάτων παραγωγής κυβερνο-φυσικής (CPPS) για να μπορέσουν οι βιομηχανίες να ανταποκριθούν γρήγορα σε απροσδόκητες αλλαγές παραγγελιών που προκύπτουν από διακυμάνσεις της ζήτησης, βλάβες του εξοπλισμού ή έλλειψη αποθεμάτων (11). Η κάθετη δικτύωση αυξάνει την ικανότητα της επιχείρησης να προσαρμόζεται επαρκώς στις αλλαγές των απαιτήσεων της αγοράς και να ανταποκρίνεται σε νέες ευκαιρίες. Επιπλέον, στο πλαίσιο της κάθετης δικτύωσης των έξυπνων συστημάτων παραγωγής, τα έξυπνα εργοστάσια διαχειρίζονται την παραγωγή τους με τρόπο εξειδικευμένο και εξατομικευμένο για κάθε πελάτη (12). Καθώς και παρέχουν μια αυτόνομη ρύθμιση για τη διαχείριση της παραγωγής, τα CPPS παρέχουν ένα εργαλείο για τη διαχείριση της συντήρησης (13), μετατοπίζοντας τον τρόπο λειτουργίας από έναν αντιδραστικό ή ακόμη και προγνωστικό σε έναν κανονιστικό τρόπο λειτουργίας. Τα δεδομένα πρόβλεψης χρησιμεύουν όχι μόνο για την παρακολούθηση της φθοράς των υλικών και την

πρόβλεψη τυχόν βλαβών, αλλά και για να έκδοση συστάσεων για τη βελτιστοποίηση της λειτουργίας οποιουδήποτε περιουσιακού στοιχείου, ακόμη και να μεγιστοποιήσουν το επιχειρηματικό δυναμικό του. Επιπλέον, βοηθούν στη σύνδεση των πόρων με τα προϊόντα και τα να εντοπίζει υλικά και εξαρτήματα ανά πάσα στιγμή (14). Ομοίως, η επεξεργασία δεδομένων, ανωμαλιών και σφαλμάτων από τα διάφορα στάδια επεξεργασίας των γραμμής παραγωγής καταγράφονται και καταχωρίζονται αυτόματα, με αποτέλεσμα να επιτρέποντας την ταχεία ανταπόκριση σε τροποποιήσεις παραγγελιών, διακυμάνσεις στην ποιότητα ή ακόμη και βλάβες των μηχανημάτων (15). Ως αποτέλεσμα, τα απόβλητα μειώνονται και βελτιστοποιείται η αποδοτικότητα των πόρων, ιδίως η χρήση υλικών, η κατανάλωση ενέργειας και οι ανθρωπίνι πόροι. Ωστόσο, αυτή η ακραία προσαρμογή της παραγωγικής διαδικασίας σε επίτευξη μιας πλήρους κάθετης ολοκλήρωσης δεν είναι εφικτή χωρίς μια εκτεταμένη ενσωμάτωση των συστημάτων δεδομένων και των τεχνολογιών έξυπνων αισθητήρων για την για τη διαχείριση των διαδικασιών παρακολούθησης και αυτοματοποίησης.

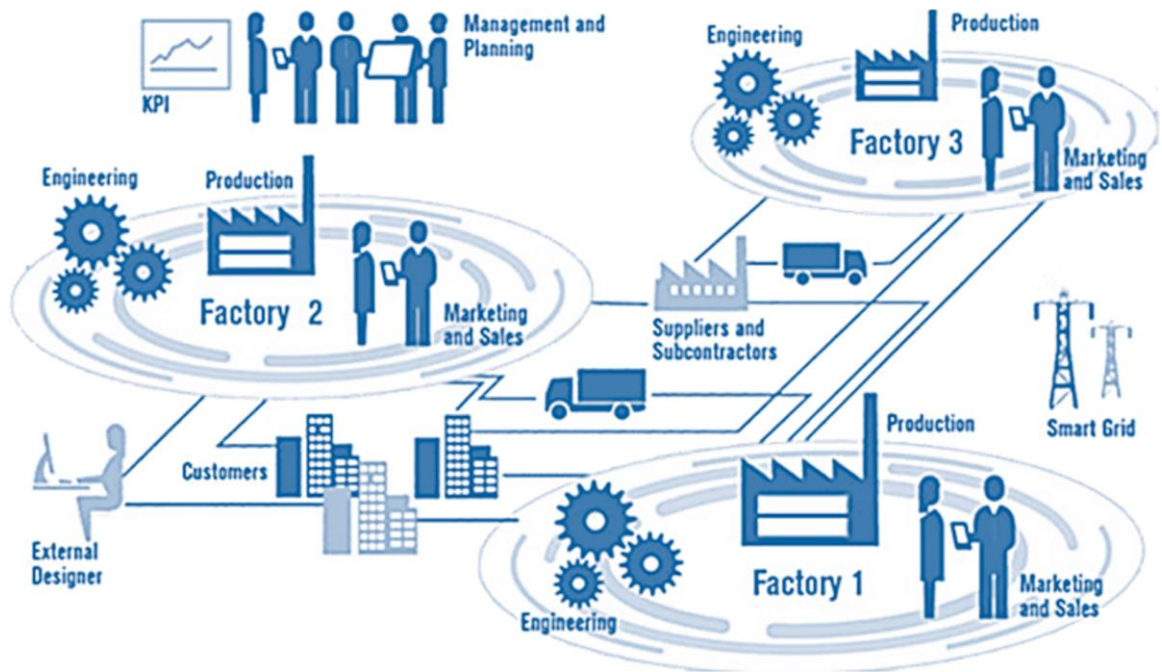


ΕΙΚΟΝΑ 4: Κάθετη ολοκλήρωση στην 4^η βιομηχανική επανάσταση. ΠΗΓΗ: *A review of Industry 4.0 characteristics and challenges, with potential improvements using blockchain technology.*

ii. Οριζόντια ολοκλήρωση

Η οριζόντια ολοκλήρωση στο πλαίσιο της τέταρτης Βιομηχανικής επανάστασης είναι το δίκτυο των διαφόρων διαδικασιών, οντοτήτων και υπηρεσιών που αποτελούν την παγκόσμια αλυσίδα αξίας οποιουδήποτε προϊόντος. Σε επίπεδο παραγωγής, αυτό μπορεί να ερμηνευθεί ως πλήρης ενοποίηση όλων των εμπλεκόμενων διαδικασιών παραγωγής. Αντίθετα, η κάθετη ολοκλήρωση αναφέρεται σε ένα υψηλό επίπεδο συντονισμού μεταξύ της παραγωγής και των ανώτερων επιπέδων διαχείρισης, όπως ο έλεγχος της παραγωγής, η διαχείριση της ποιότητας και η διαχείριση του προϊόντος. Η οριζόντια ολοκλήρωση σε μια επιχείρηση της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης λαμβάνει χώρα σε διάφορα

επίπεδα: στον όροφο παραγωγής, σε πολλαπλές εγκαταστάσεις παραγωγής και σε ολόκληρη την αλυσίδα αξίας. Κάθε συνδεδεμένη μηχανή ή μονάδα παραγωγής μετατρέπεται σε κόμβο με σαφώς καθορισμένες ιδιότητες εντός του δικτύου παραγωγής. Αυτοί οι κόμβοι επικοινωνούν συνεχώς την κατάστασή τους για να ανταποκρίνονται αυτόνομα στις δυναμικές απαιτήσεις της παραγωγής με οικονομικά αποδοτικό τρόπο και να μειώνουν τον χρόνο διακοπής λειτουργίας του συστήματος μέσω της προληπτικής συντήρησης. Εάν μια επιχείρηση διαθέτει αρκετές εγκαταστάσεις παραγωγής, η οριζόντια ολοκλήρωση επιτρέπει την κοινή χρήση των επιπέδων αποθεμάτων και των απροσδόκητων καθυστερήσεων και ενδεχομένως την ανακατανομή της εργασίας μεταξύ των ιδιόκτητων εγκαταστάσεων, ώστε να ανταποκρίνεται γρήγορα στις διακυμάνσεις της ζήτησης της αγοράς ή να αυξάνει την αποδοτικότητα και την ταχύτητα της παραγωγικής διαδικασίας (βλ. Εικόνα 5). Ωστόσο, η πιο κρίσιμη και παγκόσμια οριζόντια ολοκλήρωση παραμένει η ολοκλήρωση σε ολόκληρη την αλυσίδα αξίας. Η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση προσφέρει μια ιδιαίτερα αυτοματοποιημένη και διαφανή συνεργασία σε ολόκληρη την αλυσίδα αξίας, χρησιμοποιώντας CPPS, από την εισερχόμενη συναρμολόγηση, τη συσκευασία, την αποθήκευση, την παραγωγή, τον ποιοτικό έλεγχο, το μάρκετινγκ και τις πωλήσεις, έως την εξερχόμενη διανομή, τα logistics και τις υπηρεσίες λιανικής πώλησης. Η οριζόντια ολοκλήρωση σε όλες αυτές τις δραστηριότητες δημιουργεί μια διαφανή αλυσίδα αξίας που ενημερώνεται σε πραγματικό χρόνο. Ως εκ τούτου, αυτό το χαρακτηριστικό παρέχει υψηλό επίπεδο ευελιξίας για την ταχύτερη ανταπόκριση στις μεταβαλλόμενες απαιτήσεις της αγοράς, στις ελλείψεις και στα προβλήματα, διευκολύνει τη βελτιστοποίηση της παραγωγικής διαδικασίας, αυξάνει την αποδοτικότητά της και μειώνει τα παραγόμενα απόβλητα (16). Επιπλέον, το γεγονός ότι το ιστορικό οποιουδήποτε εξαρτήματος ή προϊόντος καταγράφεται και είναι προσβάσιμο ανά πάσα στιγμή εξασφαλίζει συνεχή ιχνηλασιμότητα, γνωστή και ως "μνήμη προϊόντος".



EIKONA 5: Οριζόντια ολοκλήρωση στην τέταρτη βιομηχανική επανάσταση. ΠΗΓΗ: *A review of Industry 4.0 characteristics and challenges, with potential improvements using blockchain technology.*

iii. Εξολοκλήρου μηχανική προσέγγιση στην αλυσίδα αξίας

Το τρίτο κύριο χαρακτηριστικό της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης είναι η υιοθέτηση μιας προσέγγισης της μηχανικής σε όλη την αλυσίδα αξίας οποιουδήποτε προϊόντος και η κάλυψη ολόκληρου του κύκλου ζωής του. Η δια βίου μηχανική βασίζεται στην έννοια της επέκτασης του κατασκευαστικού σχεδιασμού πέρα από τη διαδικασία παραγωγής, ώστε να καλύπτει όλες τις πτυχές της αλυσίδας αξίας από την κούνια μέχρι τον τάφο, λαμβάνοντας υπόψη ολόκληρο τον κύκλο ζωής ενός προϊόντος ως μέρος της διαδικασίας παραγωγής του. Ως εκ τούτου, η προσέγγιση αυτή δημιουργεί μια συνεργασία μεταξύ της διαδικασίας παραγωγής οποιουδήποτε προϊόντος και των ποικίλων διαδικασιών και υπηρεσιών που περιλαμβάνονται στην αλυσίδα αξίας του, όπως η προμήθεια πρώτων υλών, η παράδοση του προϊόντος, οι υπηρεσίες λιανικής πώλησης κ.λπ. Το κύριο χαρακτηριστικό που επιτρέπει η υιοθέτηση της προσέγγισης της μηχανικής μέσω του κύκλου ζωής είναι η διαθεσιμότητα των δεδομένων που συλλέγονται καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής ενός προϊόντος, από τη μοντελοποίηση έως την κατασκευή πρωτοτύπων και την παραγωγή. Τα δεδομένα αυτά δημιουργούν αποδοτικότερους και πιο ευέλικτους κύκλους παραγωγής, αναπτύσσουν ολοκληρωμένα συστήματα παράδοσης και μεγιστοποιούν τη διαθεσιμότητα και την αξία των προϊόντων.

iv. Επιτάχυνση μέσω εκθετικών τεχνολογιών

Σε διάφορους τομείς και ως αποτέλεσμα των στρατηγικών ψηφιακού μετασχηματισμού που εφαρμόζονται, η αυξημένη υιοθέτηση εκθετικών τεχνολογιών, όπως η τεχνητή νοημοσύνη (AI), η μηχανική μάθηση, η τρισδιάστατη εκτύπωση, το blockchain, το Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT) κ.λπ. διαταράσσει τις συμβατικές προσεγγίσεις διαχείρισης των επιχειρήσεων και δημιουργεί όχι μόνο νέα επιχειρηματικά μοντέλα αλλά και νέες πηγές εσόδων. Η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση τροφοδοτείται, με μη γραμμικό ρυθμό, από αυτές τις εκθετικά αναπτυσσόμενες ανατρεπτικές τεχνολογίες που εγκαθιστούν γρήγορες αλλαγές στις βιομηχανικές διαδικασίες. Έτσι αυξάνουν την αυτονομία και επιταχύνουν την εξατομίκευση και την ευελιξία, επιτρέποντας εξατομικευμένες λύσεις, ενώ παράλληλα συμβάλλουν στη μείωση της σπατάλης και επιτρέπουν ακόμη, πρόσθετη εξοικονόμηση κόστους. Ο ρυθμός των αλλαγών στη τέταρτη βιομηχανική επανάσταση δεν είναι πλέον απλώς σταδιακός, αλλά σημαντικά ταχύτερος, μη γραμμικός και πιο ανατρεπτικός από ποτέ. Η ενσωμάτωση ορισμένων, αν όχι των περισσότερων, εκθετικών τεχνολογιών είναι απαραίτητη για να ξεπεραστούν οι δυσκολίες και τα εμπόδια της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης και να περάσει αυτός ο μετασχηματισμός στο επόμενο επίπεδο.

1.5 ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΤΗΣ 4^{ΗΣ} ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗΣ

Η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση μπορεί να χαρακτηριστεί από τη σύγκλιση της πληροφορικής, της δικτύωσης και της ενσωμάτωσης των κυβερνο-φυσικών διαδικασιών. Ωστόσο, οι προκλήσεις, τα εμπόδια και οι περιορισμοί που αντιμετωπίζει η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση δεν περιορίζονται μόνο στην εφαρμογή των νέων τεχνολογιών, αλλά επίσης καλύπτουν τις οικονομικές και κοινωνικές πτυχές και τα αποτελέσματα αυτής της αλλαγής.

A. Τεχνικές προκλήσεις

Η βιομηχανία 4.0 χρησιμοποιεί νέες τεχνολογίες, όπως το Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT) για τη βελτίωση των λειτουργιών και της διαχείρισης των βιομηχανικών μονάδων (17). Ωστόσο, η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση δεν έρχεται χωρίς προκλήσεις και περιορισμούς λόγω των πολύπλοκων τεχνολογιών που τις συνοδεύουν. Ο ψηφιακός μετασχηματισμός του βιομηχανικού τομέα επιβάλλει νέους περιορισμούς στις εταιρείες, οι οποίες πρέπει να αντιμετωπίσουν νέες απαιτήσεις όπως η υποβολή εκθέσεων, η διαφάνεια και η ασφάλεια των δεδομένων. Σε γενικές γραμμές, η αυξημένη εφαρμογή νέων τεχνολογιών στον πυρήνα της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης και η ευρεία εξάρτηση από το Διαδίκτυο έχει ανοίξει την πόρτα σε νέα λειτουργικά ζητήματα και ζωτικές ανησυχίες για τη τέταρτη βιομηχανική επανάσταση. Για παράδειγμα, λόγω της αυξημένης εξάρτησης από το Διαδίκτυο ως υποδομή, η ασφάλεια

των δεδομένων έχει καταστεί σημαντική ανησυχία για τα νέα εργοστάσια (18). Ομοίως, η συλλογή διαχείρισης, ανάλυσης και αποθήκευσης μεγάλων δεδομένων αποτελεί επίσης μία σημαντική πρόκληση (19). Τα μεγάλα δεδομένα της βιομηχανίας 4.0 προέρχονται από διαδικασίες όπως ο σχεδιασμός, η λειτουργία και ο έλεγχος προϊόντων ή εξοπλισμού συστημάτων, την επεξεργασία και τον ποιοτικό έλεγχο των προϊόντων, τα αρχεία των χειροκίνητων εργασιών που εκτελούνται από το προσωπικό, τα συστήματα παραγωγής, τη διαχείριση και τα λειτουργικά κόστη, δεδομένα παρακολούθησης συστημάτων, logistics και πληροφορίες πελατών (20). Επιπλέον, τα μεγάλα βιομηχανικά δεδομένα έχουν χαρακτηριστικά "5V" (21). Δηλαδή, όγκο, ταχύτητα, ποικιλία, ειλικρίνεια και αξία, τα οποία προκαλούν την αξιοποίηση των παραδοσιακών τεχνικών επεξεργασίας σήματος για την ανάλυση μεγάλων βιομηχανικών δεδομένων. Έτσι, τα δίκτυα, οι υποδομές, συστήματα επεξεργασίας δεδομένων, συσκευές αποθήκευσης δεδομένων και πλατφόρμες ανάλυσης δεδομένων πρέπει να αντέξουν αυτή τη χιονοστιβάδα δεδομένων και να εξασφαλίσουν την κατάλληλη μετάδοση, αποθήκευση και προστασία όλων των δεδομένων IoT. Με άλλα λόγια, τα δίκτυα πρέπει να προσαρμοστούν στον κόσμο του IoT και των μεγάλων δεδομένων. Μαζί με τις απαιτήσεις για αυξημένη χωρητικότητα εντός των δικτύων, υπάρχει επίσης μια νέα υποδομή Τεχνολογίας Πληροφοριών και Επικοινωνιών (ΤΠΕ) παράδειγμα λόγω του ψηφιακού μετασχηματισμού. Η ενσωμάτωση νέων τεχνολογιών όπως το IoT ωθεί την υπολογιστική ισχύ και τη συνδεσιμότητα πιο κοντά στις ίδιες τις συσκευές, πιο κοντά στην άκρη του δικτύου, μετατοπίζοντας το συμβατικό μοντέλο ΤΠΕ σε μια πιο κατακεμημένη αρχιτεκτονική.

Όπως κάθε άλλη εφαρμογή στον κόσμο του κυβερνοχώρου, τα δεδομένα του IoT αντιπροσωπεύουν μια σημαντική ανησυχία για την ασφάλεια. Η ασφάλεια των δεδομένων είναι ένας μεγάλος εφιάλτης για όλους ρυθμιστές της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης. Η ενσωμάτωση λύσεων IoT θέτει ασυνήθιστα ζητήματα προστασίας της ιδιωτικής ζωής, πολλά από τα οποία υπερβαίνουν τα τρέχοντα ζητήματα προστασίας της ιδιωτικής ζωής των δεδομένων (22) και μπορεί να επεκταθούν σε ζητήματα βιομηχανικής κατασκοπείας. Από την άλλη πλευρά, η ακρίβεια της τεχνητής νοημοσύνης και των αλγορίθμων μηχανικής μάθησης σχετίζεται άμεσα με τον όγκο των δεδομένων που χρησιμοποιούνται για την εκπαίδευσή τους (23). Κατά συνέπεια, η κοινή χρήση δεδομένων μεταξύ διαφορετικών εφαρμογών είναι θεμελιώδης για τη βελτίωση της ακρίβειας των εν λόγω αλγορίθμων. Έτσι, μια ισορροπημένη συνύπαρξη της διαφάνειας και της ιδιωτικής ζωής είναι ένας κρίσιμος μοχλός για την ανάπτυξη και μεγέθυνση της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης. Κάθε φορά που μια νέα τεχνολογία ενσωματώνεται σε ένα επιχειρηματικό μοντέλο, δημιουργείται η ανησυχία για τα προσόντα των εργαζομένων. Ο βιομηχανικός ψηφιακός μετασχηματισμός επιβάλλει νέες ικανότητες των εργαζομένων στις διάφορες δραστηριότητες, υπηρεσίες της αλυσίδας αξίας, από τις προμήθειες, έως την παραγωγή, τη διανομή και το λιανικό εμπόριο. Μέσω διαδικασιών και υπηρεσιών που δημιουργείται ένα νέο μοντέλο βασισμένο στα δεδομένα αναμφίβολα θα είναι απαιτητικό, στις περισσότερες περιπτώσεις θα χρειάζονται δεξιότητες και προσόντα των εργαζομένων τα οποία θα είναι μη διαθέσιμα. Επιπλέον, νέες δεξιότητες, όπως η ανάπτυξη λογισμικού και οι ανάλυση δεδομένων θα χρειαστούν σίγουρα στα μελλοντικά βιομηχανικά περιβάλλοντα.

B. Οικονομικές προκλήσεις

Δύο από τις σημαντικότερες και κρίσιμότερες οικονομικές προκλήσεις που αντιμετωπίζει η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση στην υιοθέτηση των τεχνικών, είναι τα αβέβαια οικονομικά κέρδη και οι συνακόλουθες απαγορευτικά υψηλές επενδύσεις. Η αυξανόμενη ψηφιοποίηση των παραγωγικών διαδικασιών παρέχει αρκετά οικονομικά οφέλη, συμπεριλαμβανομένης της σημαντικής μείωσης του κόστους των ανθρώπινων πόρων, των αποθεμάτων διαχείρισης και των λειτουργιών. Ωστόσο, το ύψος των οικονομικών πόρων που απαιτείται για τη μετάβαση προς την τέταρτη βιομηχανική επανάσταση, μπορεί να παρεμποδίσει την όλη διαδικασία και να εγείρει ανησυχίες σχετικά με την κερδοφορία και τις επενδύσεις απόδοσης. Επιπλέον, η περιορισμένη πρόσβαση σε χρηματοδοτικούς πόρους είναι επίσης εμπόδιο.

C. Ρυθμιστικές και κοινωνικές προκλήσεις

Η εμφάνιση νέων τεχνολογιών μπορεί να προκαλέσει, σε διάφορες περιπτώσεις, γενικές πολιτικές ανησυχίες. Η ικανότητα των κυβερνήσεων να αναπτύσσουν και να εφαρμόσουν κατάλληλες ρυθμίσεις και πολιτικές είναι ένα κρίσιμο κλειδί για την επιτυχής προσαρμογή των νέων τεχνολογιών (24). Σε απάντηση στις αναδυόμενες τεχνολογίες η διατάραξη των υφιστάμενων συμβατικών επιχειρηματικών μοντέλων, οι κυβερνήσεις πρέπει να δράσουν γρήγορα για να δημιουργήσουν, να τροποποιήσουν και να επιβάλουν πολιτικές, κανονισμούς, κώδικες, πρότυπα και ακόμη προγράμματα πιστοποίησης. Επιπλέον, πρέπει να δημιουργήσουν ένα νομικό πλαίσιο που να προστατεύει τους ανθρώπους, να διασφαλίζει τον θεμιτό ανταγωνισμό και να δημιουργεί ένα γόνιμο περιβάλλον για την καινοτομία και την επιχειρηματικότητα. Μια σημαντική ανησυχία που πρέπει να στοχεύουν οι κανονισμοί είναι η ασαφής νομική κατάσταση όσον αφορά τη χρήση εξωτερικών δεδομένων. Επιπλέον, ανησυχίες όπως τα δεδομένα των παροχών, των κατασκευαστών και άλλων ενδιαφερομένων μερών και η εμπιστευτικότητα είναι βασικά θέματα που πρέπει επίσης να εξεταστούν. Καθώς τα μεγάλα δεδομένα συνεχίζουν να μετασχηματίζουν τους κλάδους, οι οργανισμοί σε όλες τις βιομηχανίες αναγνωρίζουν την αξία τους και επιδιώκουν να αξιοποιήσουν τις δυνατότητές τους. Όμως, τα προβλήματα απορρήτου που σχετίζονται με τα μεγάλα δεδομένα αυξάνονται και οι ισχύοντες νόμοι δεν είναι σταθερά σχεδιασμένοι για να αντιμετωπίσουν τον εκθετικό χαρακτήρα αυτών των μεταβάσεων. Επιπλέον, η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση προκαλεί σημαντικά κοινωνικά ζητήματα που θα μπορούσαν να κλιμακωθούν, καθιστώντας την πολιτική παρέμβαση ζωτικής σημασίας για εγγυηθεί ότι αυτός ο τεχνολογικός μετασχηματισμός θα ωφελήσει την κοινωνία και ότι οι προκαλούμενες ζημίες θα είναι περιορισμένες και ελεγχόμενες. Η εκθετική αύξηση της αυτοματοποίησης στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις μπορεί να οδηγήσει στην απώλεια εκατομμυρίων θέσεων εργασίας. Παρ' όλα αυτά, οι εργαζόμενοι επηρεάζονται διαφορετικά από αυτή τη μετάβαση, ανάλογα με τα προσόντα τους, καθήκοντα και τις θέσεις τους. Οι θέσεις εργασίας που σχετίζονται με τη διαχείριση δεδομένων διεργασιών, τις χειροκίνητες εργασίες και τη συσκευασία, την αποθήκευση και τη μεταφορά προϊόντων, κινδυνεύουν ιδιαίτερα από τη διαδικασία αυτοματοποίησης. Από

την άλλη πλευρά, οι επικοινωνιακές και διανοητικές θέσεις εργασίας που απαιτούν ένα ορισμένο επίπεδο υψηλής εκπαίδευσης είναι λιγότερο εκτεθειμένες στον κίνδυνο της αυτοματοποίησης. Τέτοιες εργασίες δεν μπορούν να μειωθούν εύκολα σε κώδικες και αλγόριθμους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΤΗΣ 4^{ΗΣ} ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗΣ

2.1 ΔΙΕΘΝΕΙΣ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΣΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΗΣ 4^{ΗΣ} ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗΣ

Η 4^η βιομηχανική επανάσταση περιλαμβάνει μια ποικιλία τεχνολογιών που επιτρέπει στην αλυσίδα αξίας να μειώσει χρόνους παραγωγής και να βελτιώσει την ποιότητα των προϊόντων και την οργανωτική απόδοση (25). Αυτό το σύνολο των συντελεστών απόδοσης είναι άυλοι πόροι που μπορούν να θεωρηθούν βασικές ικανότητες μιας αλυσίδας εφοδιασμού ώστε να προσφέρουν στρατηγικό πλεονέκτημα. Με την πάροδο του χρόνου, οι επιχειρήσεις ακολουθούν στρατηγικές για να αξιοποιήσουν τις ευκαιρίες που παρέχει το περιβάλλον της αγοράς, εντός των περιορισμών που προκύπτουν από τη συσσωρευμένη βάση των περιουσιακών τους στοιχείων, οργανωτική δομή, ιδιοκτησία και άλλους παράγοντες που αφορούν την επιχείρηση (26), (27). Οι μάνατζερ κάνουν στρατηγικές επιλογές, αλλά οι επιλογές τους μπορεί να περιορίζονται από το καθιερωμένο πλαίσιο των διαθέσιμων πόρων. Σύμφωνα με τον de Sousa κ.ά. (28) υποστηρίζεται ότι η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση και οι σχετικές τεχνολογίες έχουν την δυνατότητα να προσφέρουν βιώσιμες ανταγωνιστικές πρακτικές παραγωγής. Η ικανότητα συνδυασμού πόρων που βασίζονται στην τεχνολογία, παρέχει στις επιχειρήσεις ανταγωνιστικό πλεονέκτημα που είναι πολύτιμο και δύσκολο να μιμηθούν. Ο Grant (29) υποστήριξε ότι οι πιο σημαντικοί πόροι και ικανότητες της επιχείρησης, είναι εκείνες που είναι ανθεκτικές, δύσκολα εντοπίσιμες και κατανοητές, ατελώς μεταβιβάσιμες, δεν αναπαράγονται εύκολα, και των οποίων οι επιχειρήσεις κατέχουν σαφή ιδιοκτησία και έλεγχο. Ως εκ τούτου, το βιώσιμο ανταγωνιστικό πλεονέκτημα για μια επιχειρηματική μονάδα προκύπτει από την οικοδόμηση βασικών ικανοτήτων ή δεξιοτήτων. Ο Skinner (30) θεωρείται ο πρώτος που όρισε στρατηγική παραγωγής και όρισε τους στόχους παραγωγής του κόστους, της ποιότητας, της παράδοσης και της ευελιξία και τις μεταξύ τους αντισταθμίσεις. Οι αποφάσεις αντιστάθμισης απαιτούνται σε μια σειρά από βασικών τομέων προκειμένου να υποστηριχθούν οι στόχοι της παραγωγής. Υπάρχουν πέντε τομείς αποφάσεων: σχεδιασμός και έλεγχος της παραγωγής, εργασία και προσωπικό, σχεδιασμός του προϊόντος. Μηχανική και οργάνωση και διοίκηση. Μια στρατηγική παραγωγής ορίζεται από μια μοτίβο αποφάσεων, τόσο διαρθρωτικών όσο και υποδομών, οι οποίες καθορίζουν την ικανότητα μιας συστήματος παραγωγής και καθορίζουν τον τρόπο με τον οποίο θα λειτουργήσει για να ανταποκριθεί σε ένα σύνολο κατασκευαστικών στόχων που συνάδουν με τους γενικούς

επιχειρησιακούς στόχους. Η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση περιλαμβάνει έξυπνα κατασκευαστικά συστήματα τα οποία είναι ιδιαίτερα ευέλικτα και ανταποκρίνονται στις αλλαγές (31). Τα συστήματα αυτά, ενισχύοντας την ευελιξία, επιτρέπουν τις γρήγορες και οικονομικά αποδοτικές ανταποκρίσεις στις μεταβαλλόμενες απαιτήσεις των πελατών και της παραγωγής και οδηγούν σε βελτιωμένες αποδόσεις (32). Οι επιδόσεις των προμηθευτών της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στην αποδοτικότητα της παραγωγής, η οποία καθορίζεται από το κόστος, την ποιότητα, την παράδοση και την ευελιξία. Καθένα από αυτά καθοριστικοί παράγοντες εξετάζονται με περισσότερες λεπτομέρειες.

Η έννοια INDUSTRIE 4.0 προέκυψε στο Βιομηχανικό Συνέδριο του Ανόβερου το 2011, με σκοπό να ανεβάσει το επίπεδο της γερμανικής κατασκευαστικής μέσω της εφαρμογής νέων τεχνολογιών όπως το Διαδίκτυο των πραγμάτων. Το 2013, ο οργανισμός βιομηχανικής ανάπτυξης των Ηνωμένων Εθνών (United Nations Industrial Development Organization UNIDO) και το Ινστιτούτο Κατασκευαστικής Έρευνας (Manufacturing Research Institute) του Πανεπιστημίου του Κέιμπριτζ εξέθεσαν την έκθεση «Αναδυόμενες τάσεις στις παγκόσμιες μεταποιητικές βιομηχανίες», η οποία επεσήμανε ότι το μέλλον της παγκόσμιας μεταποίησης θα αντιμετωπίσει τεράστιες προκλήσεις. Από την προοπτική της δομής του πληθυσμού, λόγω του παρατεταμένου προσδόκιμου ζωής του πληθυσμού, της μείωσης της γονιμότητας και της συνεπαγόμενης γήρανσης της κοινωνίας, οι αλλαγές στην αναλογία του εργατικού δυναμικού θα επηρεάσει την ανταγωνιστικότητα των εθνικών βιομηχανοποιήσεων. Ως εκ τούτου, πολλές χώρες έχουν προτείνει αντίστοιχα σχέδια αναζωογόνησης της βιομηχανίας. Ακολουθώντας τη Γερμανία με το INDUSTRIE 4.0, άλλες χώρες έχουν προτείνει παρόμοιες πολιτικές, όπως η Advanced Manufacturing Partnership (AMP) από τις ΗΠΑ, Industrial 4.1J από την Ιαπωνία, Strategy for Innovation in Manufacturing Industry 3.0 από τη Δημοκρατία της Κορέας, Made in China 2025 από την Κίνα, και Productivity 4.0 από την Ταϊβάν. Οι χώρες αυτές πρότειναν η καθεμία αντίστοιχες πολιτικές, αλλά οι λεπτομέρειες της πολιτικής και οι βιομηχανικοί τομείς διαφέρουν από χώρα σε χώρα. Με σκοπό όσα ειπώθηκαν θα συγκριθούν και θα αναλυθούν οι στρατηγικές: Made in China 2025, INDUSTRIE 4.0 και Advanced Manufacturing Partnership.

Σύμφωνα με το άρθρο του Boston Consulting Group, οι τρεις κορυφαίοι παγκόσμιοι εξαγωγείς μεταποιητικών προϊόντων είναι η Κίνα, η Γερμανία και οι ΗΠΑ. Η Κίνα κατέχει την πρώτη θέση, αλλά ο μισθός της και το ενεργειακό κόστος αυξάνονται σημαντικά. Η Γερμανία, αν και δεύτερη, έχει πολύ υψηλότερο κόστος κατασκευής από τις άλλες χώρες. Οι ΗΠΑ έχουν το πλεονέκτημα του χαμηλότερου ενεργειακού κόστους, της παραγωγικότητας, με μόνο μια μικρή αύξηση στις αμοιβές εργασίας, οπότε το συνολικό κόστος μεταποίησης κόστους σε σύγκριση με την Κίνα είναι σχεδόν το ίδιο. Η άνοδος των Big Data, του Διαδικτύου των Πραγμάτων και της βιομηχανίας Cloud Computing στην επιστήμη και την τεχνολογία οδηγούν σε ευκαιρίες για παγκόσμια βιομηχανική στρατηγική αναδιάρθρωση και την ανάπτυξη της οικονομίας της γνώσης. Αυτό καθιστά τις καινοτομίες στην εξυπηρέτηση, την ευφυΐα και τη συγκέντρωση της πλατφόρμας της βιομηχανοποίησης μια

παγκόσμια τάση. Για την επίτευξη και την εξερεύνηση των ευκαιριών και των προκλήσεων της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης, οι επιχειρήσεις πρέπει να έχουν νέες στρατηγικές και μεθόδους διαχείρισης από την άποψη της κυβερνητικής πολιτικής, των μοντέλων καινοτομίας και της στρατηγικής αναδιάρθρωσης της αλυσίδας αξίας, καθώς και πρωτοποριακή οργανωτική δομή. (32)

2.2 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΑΝΑΖΩΟΓΟΝΗΣΗΣ

Η καινοτομία αποτελεί κρίσιμη κινητήρια δύναμη για την ανάπτυξη της εθνικής επιστήμης και τεχνολογίας, αλλά οι κίνδυνοι είναι εξαιρετικά υψηλοί. Στο παγκόσμιο ανταγωνιστικό περιβάλλον, τα ποσοστά απόδοσης των επενδύσεων στην καινοτομία είναι εξαιρετικά αβέβαια, ιδίως για της μεγάλης κλίμακας συστήματα ολοκλήρωσης ή πολύπλοκα προϊόντα υψηλής τεχνολογίας. Ως εκ τούτου, ο ρόλος των κυβερνήσεων καθίσταται κρίσιμος, όχι μόνο για την προσφορά τεχνολογίας και περιφερειακών, αλλά και για τη διευκόλυνση των απαραίτητων θεσμών και υποδομών για να καταστεί δυνατή η ανάπτυξη της ζήτησης και της περιβαλλοντικής πλευράς της τεχνολογικής οικονομίας. Οι εμπειρίες των προηγμένων χωρών δείχνουν ότι οι πιο ευνοϊκές συνθήκες για την καινοτομία και την αναζωογόνηση της βιομηχανίας είναι μια ανοικτή δημοκρατική κοινωνία, τα ανεπτυγμένα εθνικά συστήματα καινοτομίας (συμπεριλαμβανομένης της εκπαίδευσης, της κεφαλαιαγοράς, του μηχανισμού διάχυσης της τεχνολογίας, ελεύθερη ανταγωνιστική αγορά, μεταφορικά και επικοινωνιακά συστήματα), και οι κατάλληλες ρυθμίσεις των δημόσιων υπηρεσιών από την κυβέρνηση. Ο σκοπός της κυβερνητικής παρέμβασης είναι να ενεργήσει στην προώθηση της διάδοσης της επιστημονικής και τεχνολογικής γνώσης, να διατηρήσει την εύρυθμη λειτουργία της οικονομίας της αγοράς και να διασφαλίσει ότι οι δραστηριότητες έρευνας και καινοτομίας δεν έρχονται σε σύγκρουση με τις το δημόσιο συμφέρον (όσον αφορά την προστασία του περιβάλλοντος και δημόσια ασφάλεια, κ.λπ.) Οι κυβερνήσεις μπορούν επίσης να υιοθετήσουν καινοτόμες πολιτικές για την ενθάρρυνση της συνεργασίας, των ανταλλαγών και της περιφερειακής οικονομικής ολοκλήρωσης μέσω μηχανισμών συνεργατικού ανταγωνισμού και διατάγματα ή να δημιουργήσουν κανονισμούς και θεσμούς σύμφωνα με τη συνολική οικονομική πολιτική, την εμπορική πολιτική, την πολιτική βιομηχανικής ανάπτυξης, την εκπαίδευση πολιτική, την πολιτική εργασίας και την πολιτική βιομηχανικής καινοτομίας για να διασφαλιστεί δίκαιο ανταγωνισμό μεταξύ των επιχειρήσεων. Οι κυβερνήσεις ενσωματώνουν τους εθνικούς επιστημονικούς και τεχνολογικούς πόρους μέσω εργαλείων πολιτικής, και ενισχύουν την έρευνα και την καινοτομία δραστηριοτήτων μέσω της ανάπτυξης της βιομηχανίας. Δεν είναι μόνο η ανάπτυξη και η εφαρμογή της πολιτικής επιστήμης και τεχνολογίας επηρεάζει τη συνολική επιστημονική και τεχνολογική ανάπτυξη μιας χώρας και το βιομηχανικό περιβάλλον, επιταχύνει επίσης τη διαμόρφωση της εθνικής βιομηχανικής ανταγωνιστικότητας. Οι στόχοι του σχεδιασμού της επιστήμης και τεχνολογικής πολιτικής είναι η ενίσχυση της εθνικής συστήματα καινοτομίας για τη διευκόλυνση του ρυθμού διάχυσης της γνώσης και ολοκλήρωσης, η σύνδεση των τεχνικών αναγκών των παραδοσιακών βιομηχανιών, να ενισχύσουν τις επιστημονικές και τεχνολογικές τους ικανότητες και να βοηθήσουν στην βιομηχανικό μετασχηματισμό. Μέσω της εφαρμογής

της επιστήμης και τεχνολογικής πολιτικής ή βιομηχανικής τεχνολογικής πολιτικής, καθώς και της παροχής των απαραίτητων πόρων για τη βιομηχανία, η βιομηχανική ανάπτυξη προωθείται και γίνεται κινητήρια δύναμη για την κοινωνική πρόοδο. Οι πόροι αυτοί περιλαμβάνουν, αφενός, τον προγραμματισμό μηχανισμών της αγοράς για την προώθηση της βιομηχανικής καινοτομίας και, αφετέρου, τη διαχείριση των δραστηριοτήτων του βιομηχανικού ανταγωνισμού στον κλάδο της συμβουλευτικής. Αν και οι κυβερνητικοί οργανισμοί διαδραματίζουν κεντρικό ρόλο στη συμβουλευτική ανάπτυξη της βιομηχανίας, η ζήτηση για πόρους και πολιτικές ποικίλλει ανάλογα με τους στόχους του ανταγωνισμού και τις συνθήκες των βιομηχανιών. Ως εκ τούτου, ο τρόπος με τον οποίο η κυβέρνηση μπορεί να βοηθήσει τη βιομηχανία να αναπτύξει την τεχνολογία που θα βοηθήσει στην ολοκλήρωση ενός παγκόσμιου λειτουργικού συστήματος, την κατασκευή μιας επαγγελματικής πλατφόρμας γνώσεων και να συνδέσει τη διεπαφή της βιομηχανίας, της επιχείρησης και του εθνικού συστήματος καινοτομίας για την επίτευξη του στόχου της βιομηχανικής τεχνολογίας αναβαθμίσεων, όλα εξαρτώνται από το εθνικό σύστημα καινοτομίας και τον σχεδιασμό του βιομηχανικού χαρτοφυλακίου. Από τη πλευρά της βιομηχανικής ανάπτυξης και αναζωογόνησης, η πολιτική είναι ένα συγκεκριμένο μέσο για την κυβέρνηση να παρεμβαίνει στην ανάπτυξη της επιστήμης και της τεχνολογίας. Όσον αφορά τις επενδύσεις σε πόρους, την έρευνα και την ανάπτυξη, και των κανόνων της αγοράς, οι κυβερνητικές πολιτικές θα έχουν αντίκτυπο στις επιχειρήσεις και τη βιομηχανία. Η βιβλιογραφία σχετικά με τη βιομηχανική αναζωογόνηση μέσω της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης κυρίως εστιάζει στην ανάπτυξη της βιομηχανικής τεχνολογίας, στα επιχειρηματικά μοντέλα, στην ανάλυση της αγοράς και ανάλυση περιπτώσεων. Οι Lee, Bagheri και Kao (33) σημειώνουν ότι οι πρόσφατες εξελίξεις στη μεταποιητική βιομηχανία έχουν ανοίξει το δρόμο για την ανάπτυξη των κυβερνο-φυσικών συστημάτων (CPS), στο πλαίσιο τα οποία παρακολουθούνται στενά οι πληροφορίες από όλες τις σχετικές προοπτικές και συγχρονίζονται μεταξύ του φυσικού εργοστασίου και του υπολογιστικού χώρου στον κυβερνοχώρο. Ο Lin (34) αναφέρει ότι οι στρατηγικές-στόχοι ποικίλλουν λόγω των διαφορών στην κατασκευαστική βάση κάθε χώρας.

Σε αυτό το στάδιο, είναι σαφές ότι η κατεύθυνση της συνεργασίας είναι η βελτιστοποίηση της αποτελεσματικότητας του υφιστάμενου εξοπλισμού αυτοματισμού μέσω διαφόρων πιλοτικών έργων, για την προώθηση της ευφυούς ψηφιοποίησης των εργοστασίων και η ενίσχυση της διαδικασίας μετάδοσης δεδομένων τόσο στα άνω τμήματα όσο και στα κάτω τμήματα των αλυσίδων εφοδιασμού. Η αναζωογόνηση της μεταποίησης έχει γίνει μία σημαντική εθνική πολιτική σε όλες τις χώρες. Οι ΗΠΑ ανακοίνωσαν την έναρξη της AMP, ένα εθνικό σχέδιο προηγμένης μεταποιητικής πολιτικής για την προώθηση των μεταποιητικών ροών στις ΗΠΑ προκειμένου να δημιουργηθούν εγχώριες θέσεις εργασίας και να αναδομηθεί η ανταγωνιστικότητα της μεταποίησης. Το Ηνωμένο Βασίλειο προωθεί στρατηγικές μεταποίησης υψηλής αξίας από το 2012, υποστηρίζοντας ότι η μεταποίηση υψηλής αξίας είναι η κορυφαία τεχνολογία που χρησιμοποιείται στη δημιουργία προϊόντων, στις διαδικασίες κατασκευής και στις κοινωνικές υπηρεσίες. Το 2013, η Γερμανία προώθησε την INDUSTRIE 4.0, ελπίζοντας να αναπτύξει μια νέα γενιά ολοκληρωμένων συστημάτων εικονικής πραγματικότητας ενσωματωμένης της

τεχνολογίας βιομηχανικής κατασκευής και να διατηρήσει τα πλεονεκτήματα της Γερμανίας στον παγκόσμιο τομέα της παραγωγής.

Το ίδιο έτος ξεκίνησε ένα σχέδιο αναζωογόνησης της βιομηχανίας, ελπίζοντας να κάνει την Ιαπωνία το καταλληλότερο περιβάλλον για τις επιχειρήσεις να παρέχουν υπηρεσιακές δραστηριότητες. Μέσω της προώθησης των επενδύσεων σε εξοπλισμό, έρευνες και ανάπτυξη, αυτό αποσκοπεί στην αναβίωση της Ιαπωνικής κατασκευαστικής βιομηχανίας. Τον Ιούνιο του 2014, η Νότια Κορέα πρότεινε το Manufacturing Innovation Movement (IIM) 3.0 strategy για να εμπνεύσει τον μετασχηματισμό και την ανάπτυξη της μεταποίησης της Νότιας Κορέας. Τον Οκτώβριο του 2014, οι ΗΠΑ εγκαινίασαν το AMP2.0, αναμένοντας να συνεχίσουν την προώθηση της καινοτομίας, την κατάρτιση του προσωπικού και τη διαμόρφωση του βιομηχανικού περιβάλλοντος. Τον Μάιο του 2015, το Κρατικό Συμβούλιο της Κίνας ανακοίνωσε το πρόγραμμα Made in China 2025, το οποίο επικεντρώνεται σε εννέα βασικά καθήκοντα και δέκα βασικές εφαρμογές, επενδύσεις στην τεχνολογική έρευνα και ανάπτυξη και τη βιομηχανική ανάπτυξη, με προσδοκίες να μετασχηματισμό από το σημερινό καθεστώς της χώρας παραγωγής σε μεταποιητική δύναμη μέχρι το 2025.

Με την πρόοδο της επιστήμης και της τεχνολογίας και του Διαδικτύου, του cloud computing και άλλων αναδυόμενων βιομηχανιών, η μεταποιητική νοημοσύνη είναι ένα σημαντικό αντίμετρο για την αντιμετώπιση του αυξανόμενου κόστους εργασίας και των μεταβαλλόμενων καταναλωτικών συνηθειών. Αν και ακόμα σε πρώιμο στάδιο, η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση θα αλλάξει το τρέχον επιχειρηματικό μοντέλο της μεταποίησης και θα οδηγήσει στην ανάπτυξη των σχετικών αναδυόμενων βιομηχανιών. Είναι πολύ δύσκολο να υπάρξει ένας συνεπής και σαφής ορισμός της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης λόγω της διακύμανσης μεταξύ χωρών και βιομηχανιών. Ωστόσο, σε γενικές γραμμές, η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση είναι ένα σύστημα συστημάτων (SoS) το οποίο καλύπτει έναν αριθμό διαδραστικών υποσυστημάτων- είναι η διαδραστική λειτουργία, εκ των οποίων αποτελεί ένα ολόκληρο γιγαντιαίο σύστημα. Η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση δεν είναι μια μεμονωμένη βιομηχανική μονάδα, αλλά η δομή της βιομηχανικής αλυσίδας. Διαφορετική από την παραδοσιακή βιομηχανική αλυσίδα, η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση είναι το οικοσύστημα μετά την ολοκλήρωση και τη συγχώνευση της βιομηχανίας. Ένα έξυπνο εργοστάσιο που συμμορφώνεται με τη 4^η βιομηχανική επανάσταση είναι γνωστό ως factory 4.0. Στις σημερινές παγκόσμιες επιχειρήσεις, το πρωταρχικό καθήκον είναι η αποτελεσματική ανταπόκριση στη ζήτηση της αγοράς με ταχεία και ευέλικτη παραγωγή και να δημιουργούν αξία για τα αγαθά και τις υπηρεσίες. Οι παγκόσμιες επιχειρήσεις επίσης έρχονται αντιμέτωπες με τα δύσκολα προβλήματα που βιώνει ο πληθυσμός των αναπτυσσόμενων χωρών, όπως η γήρανση του πληθυσμού, το εργατικό δυναμικό έχει μειωθεί, το λειτουργικό κόστος έχει αυξηθεί, ο κύκλος ζωής των προϊόντων ή των υπηρεσιών έχει συντομευθεί και η ζήτηση στην αγορά αλλάζει γρήγορα. Αντιμέτωπες με αυτά τα προβλήματα, οι μεγάλες χώρες του κόσμου ελπίζουν σε μια ομαλή μετάβαση των σχετικών βιομηχανιών, έτσι ώστε η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση αποτελεί νέα σκέψη σχετικά με τη διακυβέρνηση και τη στρατηγική διάταξη της βιομηχανικής αναβάθμισης. Τα τελευταία χρόνια, η εργασία INDUSTRIE 4.0 που αποτελείται από τον Siegfried Dais της Robert Roberts GmbH και τους Kagermann της Ακαδημίας Επιστημών Leopoldina, συμβούλευσε τη Γερμανική

Ομοσπονδιακή Κυβέρνηση σχετικά με την εφαρμογή της INDUSTRIE 4.0, η οποία διαμορφώθηκε υπό την επιρροή της γερμανικής ακαδημαϊκής κοινότητας και της βιομηχανίας. Με βάση τη μεταποιητική βιομηχανία της Γερμανίας, η εισαγωγή του Διαδικτύου των πραγμάτων και της προσανατολισμένης, στις υπηρεσίες, σκέψης στη μεταποιητική βιομηχανία, και η δημιουργία CPS που σχετίζονται με πόρους, τις πληροφορίες, τα αγαθά και τους ανθρώπους, πυροδότησε την τέταρτη βιομηχανική επανάσταση. (35)

Η ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΑΝΑΖΩΟΓΩΝΙΣΗΣ ΤΩΝ ΗΠΑ

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας του Παγκόσμιου Οικονομικού Φόρουμ «Future of Manufacturing: Ευκαιρία για την προώθηση της οικονομικής ανάπτυξης» (36) τον Απρίλιο του 2012, το χαμηλό εργατικό κόστος στη μεταποίηση δεν είναι πλέον τόσο σημαντικό όσο παλαιότερα και η παγκόσμια μεταποιητική βιομηχανία αντιμετωπίζει μια κρίσιμη στιγμή στη μετάβαση της προσφοράς αλυσίδας. Από την επιτυχία της μεταρρύθμισης και του ανοίγματος της δεκαετίας του '90, η Κίνα έχει γίνει η μεγαλύτερη μεταποιητική βάση και παραγωγός στον κόσμο. Οι αμερικανικές μεταποιητικές βιομηχανίες άρχισαν να συρρέουν στην Κίνα, η οποία οδήγησε σε αύξηση του ποσοστού ανεργίας στις ΗΠΑ, σταδιακή διεύρυνση του εμπορικού ελλείμματος, απώλεια της βάσης για συνεχή καινοτομία, υπερβολική εξάρτηση σε υπερθαλάσσια OEM και άλλα ζητήματα, τα οποία προκάλεσαν ένα κύμα επαναβιομηχάνισης και ένα κύμα επιστροφής της μεταποίησης. Ο πρώην Αμερικάνος Πρόεδρος Ομπάμα ανέλαβε καθήκοντα, όχι μόνο προχωρώντας στην αναζωογόνηση της αμερικανικής μεταποιητικής βιομηχανίας, αλλά και την περαιτέρω εδραίωση της ηγετικής θέσης της προηγμένης μεταποιητικής τεχνολογίας των ΗΠΑ. Ως εκ τούτου, η κυβέρνηση των ΗΠΑ ακολουθεί επί του παρόντος μια επιθετική πολιτική για τη στήριξη της νέας αναπτυξιακής πορείας της μεταποίησης και τη διασφάλιση της καινοτομίας και εφεύρεσης στις ΗΠΑ, προωθώντας το "made in the USA", παρέχοντας έτσι υψηλή ποιότητα και θέσεις εργασίας μεγάλων αμοιβών για το εργατικό δυναμικό των ΗΠΑ. Τον Ιούνιο του 2011, το Προεδρικό Συμβούλιο των συμβούλων για την Επιστήμη και την Τεχνολογία (PCAST) παρουσίασε την έκθεση "Ensuring American Leadership in Advanced Manufacturing". Στη συνέχεια, ο πρόεδρος Ομπάμα δρομολόγησε το πρόγραμμα AMP, δημιουργώντας ένα ειδική AMP Steering Επιτροπή στο πλαίσιο του PCAST. Η αποστολή του AMP είναι να απευθύνει έκκληση για μια εταιρική σχέση μεταξύ της κυβέρνησης, της βιομηχανίας και της ακαδημαϊκής κοινότητας για αναγνωρίσουν τις πιο πειστικές προκλήσεις και μετασημασιωτικές ευκαιρίες για τη βελτίωση των τεχνολογιών, των διαδικασιών και των προϊόντων σε πολλαπλές μεταποιητικές βιομηχανίες. Η διευθύνουσα επιτροπή AMP 2012 ομαδοποίησε τις 16 συστάσεις της σε τρεις κατηγορίες : (Α) Ενεργοποίηση της καινοτομίας, (Β) Διασφάλιση της διοχέτευσης ταλέντων και (Γ) Βελτίωση της επιχειρηματικής κλίμακας. Το σχέδιο του Προέδρου περιελάμβανε νομοθετικές προτάσεις και εκτελεστικές δράσεις που εφαρμόζονται ήδη και στις τρεις αυτές κατηγορίες, όπως φαίνεται στον πίνακα 1.

Πίνακας 1: Σχέδιο του Προέδρου των ΗΠΑ για την αναζωογόνηση της αμερικανικής μεταποίησης

A. Ενεργοποίηση της καινοτομίας	<ul style="list-style-type: none">• Πρόταση για ένα εθνικό δίκτυο Ινστιτούτων Καινοτομίας της αμερικανικής μεταποίησης και έναρξη λειτουργίας ενός πιλοτικού ινστιτούτου• Αύξηση των επενδύσεων στην προηγμένη μεταποιητική E&A
B. Διασφάλιση της διοχέτευσης ταλέντων	<ul style="list-style-type: none">• Δημιουργία ενός ταμείου ύψους 8 δισεκατομμυρίων δολαρίων για το "Community College to Career Fund" (Ταμείο "Community College to Career")• Έναρξη μιας ειδικής ομάδας για τη στρατιωτική πιστοποίηση και αδειοδότηση για τη σύνδεση των βετεράνων μας με θέσεις εργασίας υψηλής ειδίκευσης στην προηγμένη μεταποίηση
Γ. Βελτίωση επιχειρηματικής Κλίμακας	<p>Μεταρρύθμιση του φορολογικού κώδικα για την ενθάρρυνση των επενδύσεων στην εγχώρια μεταποίηση</p> <p>Πρωώθηση της ασφαλούς, υπεύθυνης ανάπτυξης των πόρων φυσικού αερίου μας</p> <p>Εξισορρόπηση των όρων ανταγωνισμού για τους εργαζόμενους και τις επιχειρήσεις των ΗΠΑ</p>

Η ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΑΝΑΖΩΟΓΩΝΙΣΗΣ ΤΗΣ ΓΕΡΜΑΝΙΑΣ

Η ανάπτυξη μιας νέας γενιάς πληροφοριών και επικοινωνίας γέννησε το κινητό Διαδίκτυο, τα big data, το cloud computing, τους βιομηχανικούς προγραμματιζόμενους ελεγκτές και τις καινοτόμες εφαρμογές, και προώθησε βαθιές αλλαγές στην παραγωγή και το μοντέλο ανάπτυξης της μεταποίησης. Αν και η Γερμανία διαθέτει μηχανήματα και εξοπλισμό παγκόσμιας κλάσης και εξοπλισμό βιομηχανικής κατασκευής, και ιδίως είναι ηγέτης στον τομέα των ενσωματωμένων συστημάτων και της μηχανικής αυτοματισμού, η γερμανική βιομηχανία αντιμετωπίζει ορισμένες προφανείς προκλήσεις. Οι Müller, Buliga και Voigt (37) αναλύουν τον τρόπο με τον οποίο η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση προκαλεί αλλαγές στις επιχειρήσεις των μεταποιητικών MME (μικρές και μεσαίου μεγέθους επιχειρήσεις) και την υψηλή σημασία των MME, καθώς οι MME διαδραματίζουν ουσιαστικό ρόλο στη βιομηχανική δημιουργία βιομηχανικής αξίας για τη Γερμανία. Επιπλέον, ο παγκόσμιος ανταγωνισμός στον τομέα των μηχανημάτων και του εξοπλισμού γίνεται όλο και πιο έντονος, όχι μόνο οι ΗΠΑ αναζωογονούν ενεργά τον μεταποιητικό βιομηχανικό τομέα, οι Ασιατικοί κατασκευαστές μηχανημάτων και εξοπλισμού επίσης καλύπτουν τη διαφορά, απειλώντας τη θέση των Γερμανών κατασκευαστών. Από την άλλη πλευρά, το

λογισμικό και η τεχνολογία του Διαδικτύου είναι η σχετική αδυναμία της γερμανικής βιομηχανίας. Προκειμένου να διατηρηθεί η πρωτοπορία μεταξύ των παγκόσμιων προμηθευτών κατασκευής εξοπλισμού, να αποκτήσει πλεονεκτήματα στον τομέα των ενσωματωμένων συστημάτων και να αντιμετωπίσει τις προκλήσεις της επόμενης γενιάς της τεχνολογικής επανάστασης, η Γερμανία προώθησε την δική της στρατηγική INDUSTRIE 4.0. Αναλύει πώς η NDUSTRIE 4.0 ενεργοποιεί τις MME, καθώς γίνονται και αλλαγές στα επιχειρηματικά μοντέλα της μεταποίησης. Οι Kiel et al. (38) δείχνουν ότι, προκειμένου να πληρούν τις προϋποθέσεις για τη δημιουργία βιώσιμης βιομηχανικής αξίας, το βιομηχανικό διαδίκτυο των πραγμάτων (IIoT) απαιτεί μια επέκταση της καθιερωμένης τριπλής κατώτατης γραμμής (Triple Bottom Line - TBL) με τρεις διαστάσεις, δηλαδή, την τεχνική ολοκλήρωση, τα δεδομένα και τις πληροφορίες και το δημόσιο πλαίσιο. Επιπλέον, τα βασικά ευρήματά τους σύμφωνα με την έννοια της TBL για τη βιώσιμη δημιουργίας αξίας, ταξινομεί την IIoT που σχετίζεται με την οικονομική, οικολογικές και κοινωνικές επιπτώσεις. Με πρωτοβουλία της Γερμανικής Ακαδημίας Μηχανικών, της Fraunhofer Association, τη Siemens και άλλες ακαδημαϊκές και βιομηχανικές κοινότητες, η Ομοσπονδιακή Υπουργείο Παιδείας και Έρευνας και το Ομοσπονδιακό Υπουργείο Οικονομίας και Τεχνολογίας συμπεριέλαβαν το INDUSTRIE 4.0 ως ένα από τα 10 μελλοντικά έργα του προγράμματος "Εκπαίδευση και έρευνα 2020". Τα μελλοντικά έργα αποτελούν το επίκεντρο της έρευνας και της καινοτομίας πολιτικής και συγκεκριμένοι στόχοι θα επιδιωχθούν κατά τη διάρκεια μιας περιόδου 10-15 ετών. Το έργο INDUSTRIE 4.0 έχει διατεθεί χρηματοδότηση έως 200 εκατ. ευρώ στο πρόγραμμα High-Tech Strategy 2020 Action Plan, στο πλαίσιο του οποίου 10 έργα έχουν προσδιοριστεί.

Τα μέτρα για την αντιμετώπιση των μελλοντικών στόχων έχουν συντονιστεί μεταξύ των ενδιαφερόμενων γερμανικών ομοσπονδιακών υπουργείων και υπηρεσιών. Ενδιαφερόμενα μέρη από τις έρευνες και τις βιομηχανίες συμμετείχαν στο σχεδιασμό και στη σχεδίαση των έργων και των ειδικών μέτρων. Η εντατική συνεργασία και διαβούλευση με τα ενδιαφερόμενα μέρη αποτελεί επίσης κρίσιμο παράγοντα για την επιτυχία της στρατηγικής υψηλής τεχνολογίας. Στη συνέχεια, η γερμανική μηχανολογική Engineering Industry Association (VDMA, Verband Deutscher Maschinen-und Anlagenbau) δημιούργησε την πλατφόρμα INDUSTRIE 4.0. HTRIE, ένα από τα μεγαλύτερα τεχνικοεπιστημονικά σωματεία της Ευρώπης και δημοσίευσε ηλεκτρονικά τον πρώτο γερμανικό τυποποιημένο χάρτη πορείας του INDUSTRIE 4.0. Σύμφωνα με την τελική έκθεση της ομάδας του INDUSTRIE 4.0, το 2013, για την υλοποίηση της στρατηγικής πρωτοβουλίας INDUSTRIE 4.0 για τη διασφάλιση του μέλλοντος της γερμανικής μεταποιητικής βιομηχανίας, η γερμανική στρατηγική INDUSTRIE 4.0 μπορεί να συνοψίζεται ως εξής: 1) για τη δημιουργία ενός δικτύου, 2) με δύο μεγάλα θέματα, 3) για την επίτευξη τριών ενοποιήσεων και 4) 8 βασικούς τομείς των δραστηριοτήτων ανάπτυξης. Το αρχιτεκτονικό μοντέλο αναφοράς INDUSTRIE 4.0, το οποίο συντομογραφείται RAMI 4.0, αποτελείται από ένα τρισδιάστατο σύστημα συντεταγμένων που περιγράφει όλες τις κρίσιμες πτυχές της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης. Με τον τρόπο αυτό, οι πολύπλοκες αλληλεπιδράσεις μπορούν να αναλυθούν σε μικρότερες και απλούστερες ομάδες. Το γερμανικό υπουργείο Οικονομικών και το Τμήμα Έρευνας ηγούνται του κυβερνητικού τομέα της RAMI 4.0, εστιάζοντας στην ανάπτυξη προτύπων της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης. Αρχικά,

τον Νοέμβριο του 2015, η Γερμανία κυκλοφόρησε τη δεύτερη έκδοση του προτύπου RAMI 4.0, το οποίο όχι μόνο έγινε ένα γερμανικό Ινστιτούτο για το πρότυπο τυποποίησης, αλλά και αναφέρθηκε στη Διεθνή Ηλεκτροτεχνική Επιτροπή, προωθώντας ενεργά την καθιέρωση των προτύπων ψηφιακών προϊόντων και τονίζοντας τη σημασία της εκτέλεσης. Και κατ' επέκταση, ένας γερμανικός οδικός χάρτης τυποποίησης INDUSTRIE 4.0 έκδοση 2 αναπτύχθηκε και, ταυτόχρονα, κυκλοφόρησε χάρτης επίδειξης υλοποίησης INDUSTRIE 4.0, ο οποίος κατέγραψε συνολικά 202 επιδείξεις έργων έχοντας προσανατολισμό από το INDUSTRIE 4.0.

Η ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΑΝΑΖΩΟΓΩΝΙΣΗΣ ΤΗΣ ΚΙΝΑΣ

Από τα τέλη του 20ού αιώνα, η μεταποιητική βιομηχανία της Κίνας συνέχισε να αναπτύσσεται με ταχείς ρυθμούς, ένα πλήρες φάσμα ανεξάρτητων βιομηχανικών συστημάτων έχει δημιουργηθεί, σχηματίζοντας μια ισχυρή ώθηση για τη διαδικασία εκβιομηχάνισης και εκσυγχρονισμού. Ωστόσο, σε σύγκριση με τα επίπεδα της προηγμένης μεταποιητικής βιομηχανίας του κόσμου, η μεταποιητική βιομηχανία της Κίνας είναι μεγάλη αλλά δεν είναι ακόμη ισχυρή, με σημαντικά κενά στην ικανότητα καινοτομίας, στους πόρους αποδοτικής χρήσης, τη βιομηχανική δομή και το επίπεδο, την ποιότητα και την αποτελεσματικότητα των πληροφοριών. Τα καθήκοντα του μετασχηματισμού της παραγωγής και αναβάθμισης, και της διασυνοριακής ανάπτυξης είναι επείγοντα και επίπονα. Επί του παρόντος, σε μια ιστορική τομή της βιομηχανικής αλλαγής στο νέο γύρο της τεχνολογικής επανάστασης, η Κίνα επιταχύνει τον μετασχηματισμό της οικονομικής ανάπτυξης, αναδιαμορφώνει το μοτίβο του καταμερισμού της εργασίας για μία διεθνοποιημένη βιομηχανία. Η Κίνα άδραξε αυτή την ιστορική ευκαιρία και καθόρισε τέσσερις συνολικές στρατηγικές απαιτήσεις: την εφαρμογή της κατασκευαστικής στρατηγικής, την ενίσχυση του συνολικού σχεδιασμού, την προώθηση ανάπτυξης, και κάνοντας αγώνα μέσα από προσπάθειες τριών δεκαετιών, έτσι ώστε, μέχρι το 2045, η Κίνα θα έχει εξελιχθεί σε μια ηγετική μεταποιητική δύναμη στην παγκόσμια βιομηχανία.

Στις 8 Μαΐου 2015, το Κρατικό Συμβούλιο της Κίνας παρουσίασε το πρώτο 10ετή εθνικό σχέδιο για τον μετασχηματισμό της μεταποίησης, με τίτλο Made in China 2025, ως την έναρξη μιας σειράς φάσεων που έχουν σχεδιαστεί για να μετατραπεί η Κίνα σε κορυφαία μεταποιητική δύναμη στον κόσμο έως 2045. Η ανάπτυξη της Κίνας εξαρτάται από την πλήρη εφαρμογή της ολοκλήρωσης των βιομηχανικών διαδικασιών και συστημάτων, καθώς και μιας ισχυρής πολυεπίπεδης δομής ανάπτυξης ταλέντων. Τα μέτρα που λαμβάνονται, θα διευκολύνουν τον μετασχηματισμό της Κίνας από ένα μεταποιητικό γίγαντα με έμφαση στην ποσότητα, σε έναν γίγαντα με ποιοτικό πλεονέκτημα. Το Made in China 2025 θα προσπαθήσει μέσω μιας στρατηγικής τριών βημάτων να επιτευχθεί ο στόχος της μεταποιητικής δύναμης. Το πρώτο βήμα είναι να μετατοπιστεί η Κίνα από μια μεγάλη μεταποιητική χώρα σε μια ισχυρή χώρα μέχρι το 2025. Μέχρι το 2020, η βασική υλοποίηση της εκβιομηχάνισης θα πρέπει να εδραιώσει περαιτέρω τη θέση της

μεταποιητικής της δύναμης, και μια ουσιαστική αύξηση του επιπέδου των μεταποιητικών πληροφοριών τεχνολογίας θα πρέπει να παρατηρηθεί. Η κατάκτηση ορισμένων τομέων κλειδιά της βασικής τεχνολογίας θα ενισχύσει περαιτέρω το ανταγωνιστικό πλεονέκτημα σε διάφορους τομείς και η ποιότητα των προϊόντων θα βελτιωθεί σημαντικά. Θα υπάρξει επίσης σημαντική πρόοδος στην ψηφιοποίηση της μεταποιητικής βιομηχανίας, καθιστώντας την πιο δικτυωμένη και ευφυή. Οι βασικές βιομηχανίες θα αυξήσουν τη μοναδιαία βιομηχανική τους αξία και θα μειώσουν σημαντικά την κατανάλωση ενέργειας, την κατανάλωση υλικών και τις εκπομπές ρύπων. Μέχρι το 2025, η συνολική ποιότητα του μεταποιητικού τομέα θα πρέπει να αυξηθεί σημαντικά, η καινοτομία να ενισχυθεί, η παραγωγικότητα της εργασίας στο σύνολό της να βελτιωθεί σημαντικά, και η ενσωμάτωση της εκβιομηχάνισης και της πληροφόρησης θα φθάσει σε ένα νέο επίπεδο. Η μονάδα βιομηχανικής αξίας των βασικών βιομηχανιών και η κατανάλωση ενέργειας, η κατανάλωση υλικών και οι εκπομπές ρύπων θα φθάσουν σε επίπεδα προηγμένων οικονομιών σε όλο τον κόσμο. Ο σχηματισμός μιας σειράς ισχυρών διεθνώς ανταγωνιστικών πολυεθνικών εταιρειών και βιομηχανικών συμπλεγμάτων θα βελτιώσει σημαντικά τη θέση της Κίνας στην παγκόσμια βιομηχανική διαίρεση και στην αλυσίδα αξίας. Το δεύτερο βήμα είναι η Κίνα να είναι σε θέση να ανταγωνιστεί τις ανεπτυγμένες μεταποιητικές δυνάμεις έως το 2035. Η ικανότητα καινοτομίας θα αυξηθεί σημαντικά, θα γίνουν ανακαλύψεις σε βασικούς τομείς της ανάπτυξης, η συνολική ανταγωνιστικότητα θα βελτιωθεί αισθητά και η βιομηχανία θα επιτελέσει μια παγκόσμια καινοτομία. Το τρίτο βήμα είναι ο μετασχηματισμός της Κίνας σε κορυφαία μεταποιητική δύναμη έως το έτος 2045. Οι κύριοι τομείς της μεταποιητικής βιομηχανίας θα έχουν καινοτόμο ηγεσία και προφανή ανταγωνιστικά πλεονεκτήματα, έχοντας οικοδομήσει το κορυφαίο παγκοσμίως τεχνολογικό σύστημα και βιομηχανικό σύστημα. Υπάρχουν δέκα βασικοί τομείς της νέας αναδυόμενης τεχνολογίας στον μετασχηματισμό της China 2025.

2.3 ΠΛΑΙΣΙΟ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑΣ ΣΤΗ ΤΕΤΑΡΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗ

Η επιστήμη και η τεχνολογία δίνουν έμφαση στη χρήση της καινοτομίας για την ενεργοποίηση εφαρμογών σε τεχνικό επίπεδο. Οι πολιτικές σε επιστημονικό και τεχνολογικό επίπεδο αναφέρονται σε αυτές τις εφαρμογές, που σχετίζονται με τη τεχνολογία, τις πολιτικές που περιεγράφηκαν στην προηγούμενη ενότητα για τις ΗΠΑ, τη Γερμανία και την Κίνα. Σύμφωνα με τους, Rothwell και Zegveld (39), οι οποίοι υποστήριξαν ότι οι παραδοσιακές πολιτικές επιστήμης και τεχνολογίας θα πρέπει να περιλαμβάνουν συστήματα ευρεσιτεχνιών, την τεχνική και επαγγελματική εκπαίδευση και την προώθηση της βασικής επιστημονικής έρευνας και της εφαρμοσμένης έρευνας στην επιστήμη και την τεχνολογία. Η βιομηχανική πολιτική αναφέρεται στην πολιτική για μια συγκεκριμένη βιομηχανία- έχει επίσης θεωρηθεί ότι αναφέρεται στο σχετικό εθνικό συνολικό μέτρο της γενικής διαμόρφωσης της οικονομικής δραστηριότητας. Συνδυάζοντας την επιστημονική και τεχνολογική πολιτική με την βιομηχανική πολιτική, η ροή της επιστήμης και της τεχνολογίας προς τις βιομηχανικές δραστηριότητες χωρίζεται σε έξι στάδια: βασική

επιστημονική έρευνα, εφαρμοσμένη επιστημονική έρευνα, ανάπτυξη εφαρμοσμένης τεχνολογίας, τεχνολογία πρακτικής εφαρμογής, εμπορευματοποίηση της τεχνολογίας και δραστηριότητες της αγοράς. Οι μελετητές επισημαίνουν επίσης ότι η πολιτική επιστήμης και τεχνολογίας μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως κινητήρια δύναμη για την ενίσχυση της καινοτομίας και της ανάπτυξης μιας χώρας, και μέσω του διαρθρωτικού μηχανισμού και της υποστήριξης συστήματος, να συνεχίσει να υποστηρίζει τις δραστηριότητες καινοτομίας. Η έρευνα για την πολιτική καινοτομία μπορεί να χωριστεί σε δύο κατηγορίες: μόνο για μία χώρα, για την ανάπτυξη μελέτης καινοτόμου πολιτικής, και η άλλη που επικεντρώνεται στη σύγκριση των εισροών και των εκροών των διακρατικών πόρων της πολιτικής καινοτομίας. Επίσης, υπάρχουν σημαντικές διαφορές στους τύπους των πολιτικών καινοτομίας στις διάφορες χώρες. Σύμφωνα με τον Dodgson (40), υποστηρίζεται ότι η πολιτική καινοτομίας πρέπει σταδιακά να ληφθεί σοβαρά υπόψη από την προοπτική του εθνικού συστήματος καινοτομίας, αν και η έρευνα δείχνει ότι οι εθνικές διαφορές θα επηρεάσουν πρότυπα καινοτομίας. Ωστόσο, η σημασία της εφαρμογής συνεκτικής πολιτικής είναι αδιαμφισβήτητη. Ως εκ τούτου, με βάση τις εξωτερικές επιδράσεις, τις κλίμακες οικονομίας, τον δυναμικό ανταγωνισμό, τη νηπιακή προστασία βιομηχανίας και άλλους λόγους, η κυβέρνηση θα πρέπει να διαμορφώσει πολιτικές που σχετίζονται με τη βιομηχανία για να βοηθήσει την ομαλή ανάπτυξή της. Οι Rothwell και Zegveld (39) υποστηρίζουν συλλογικά ότι τόσο η επιστημονική και τεχνολογική πολιτική όσο και η βιομηχανική πολιτική είναι πολιτικές καινοτομίες, που η κυβέρνηση θα πρέπει να ενισχύσει την ευημερία του λαού, όχι μόνο να εστιάζει στην εφεύρεση αλλά και να διευκολύνει την εμπορευματοποίηση των εφαρμογών, που είναι ο ορισμός της καινοτομίας. Η καινοτομία δεν είναι μόνο η ανάπτυξη νέων μεθόδων ή τεχνολογιών, το πιο σημαντικό είναι η εμπορευματοποίηση της τεχνολογίας. Μεταξύ των κυβερνητικών πολιτικών, η πολιτική επιστήμης και τεχνολογίας είναι να βοηθήσει τις επιχειρήσεις που ασχολούνται με δραστηριότητες εφεύρεσης, και η βιομηχανική πολιτική είναι να βοηθήσει τις επιχειρήσεις να εμπορευματοποιήσουν τις εφαρμογές και να αντιμετωπίσει τους κινδύνους και τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν κατά τη διαδικασία αυτή. Όσον αφορά την έννοια της πολιτικής καινοτομίας, σύμφωνα με τις βιομηχανικές πολιτικές και τις εμπειρίες των προηγμένων χωρών, όπως οι ΗΠΑ, η Ιαπωνία, η Γερμανία και η Γαλλία, οι αρχές πολιτικής της κυβέρνησης για τις βιομηχανικές δραστηριότητες, από το *laisser-faire* έως τον ενεργό παρεμβατισμό, μπορούν να χωριστούν σε τρεις βασικές έννοιες: ευνοϊκοί υποστηρικτές του περιβάλλοντος, προωθητές της καινοτομίας και ρυθμιστές της δομής. Στο παρελθόν, αναπτύχθηκαν περισσότερες πολιτικές επιστήμης και τεχνολογίας από την πλευρά της προσφοράς. Τα πλαίσια πολιτικής που εξετάστηκαν στις μελέτες των Rothwell και Zegveld (41) (39) ταξινομήσαν τις πολιτικές σχετικά με το ρόλο των επιστημονικών και τεχνολογικών δραστηριοτήτων και χωρίστηκαν σε 12 εργαλεία πολιτικής, όπως φαίνεται στον πίνακα 2, ο οποίος περιέχει περισσότερες εκτιμήσεις για την πλευρά της ζήτησης και την περιβαλλοντική πλευρά. Για την προώθηση της βιομηχανίας, τα εργαλεία πολιτικής που υιοθετήθηκαν από την κυβέρνηση μπορεί να περιλαμβάνουν την περιβαλλοντική πλευρά, την πλευρά της προσφοράς και την πλευρά της ζήτησης, για την ολοκληρωμένη προσαρμογή του οικονομικού, πολιτικού και ρυθμιστικού περιβάλλοντος ή να επιλέξουν να αλλάξουν το διεθνές εμπορικό περιβάλλον. Τα 12 εργαλεία συνοψίζονται συνεπώς σε τρεις κατηγορίες πολιτικής καινοτομίας, συμπεριλαμβανομένης της πλευράς της προσφοράς (δημόσιες επιχειρήσεις, επιστημονική και τεχνική ανάπτυξη, εκπαίδευση και πληροφόρηση), η πλευρά της ζήτησης (προμήθειες, δημόσιες υπηρεσίες, εμπόριο και

υπερπόντιοι πράκτορες), και τα εργαλεία πολιτικής από την πλευρά του περιβάλλοντος (πολιτική, νομικές και κανονιστικές ρυθμίσεις, φορολογία, και χρηματοοικονομικά). Η πολιτική από την πλευρά της προσφοράς, αναφέρεται σε μια σειρά κυβερνητικών πολιτικών για τα θέματα της καινοτομίας και των ανθρώπινων πόρων, κεφαλαίου, της τεχνολογίας, της γνώσης, της πληροφόρησης και άλλων παραγόντων, μαζί με τη χρήση διαφόρων τύπων εργαλείων πολιτικής, άμεση προσφορά καινοτομίας, την καθοδήγηση και τη βελτίωση της προσφοράς καινοτόμων στοιχείων, για την προώθηση της καινοτομίας. Η περιβαλλοντική πολιτική αναφέρεται σε μια σειρά κυβερνητικών πολιτικών που καλύπτουν την ανάπτυξη καινοτόμων στρατηγικών και του σχεδιασμού, την τόνωση των καινοτόμων σχεδιασμού κανονισμών, οι οποίες επηρεάζουν τις δραστηριότητες επιστημονικής και τεχνολογικής καινοτομίας μέσω πρωτότυπων περιβαλλοντικών παραγόντων. Η πολιτική από την πλευρά της ζήτησης, αναφέρεται σε μια σειρά από κυβερνητικές πολιτικές για τη μείωση της αβεβαιότητας στην αγορά και να καθοδηγήσει την κατεύθυνση της καινοτομίας, μέσω σχεδιασμού πολιτικής για την τόνωση των καινοτομιών στην επιστήμη και την τεχνολογία. Σε μια άλλη μελέτη, οι Rothwell και Zegveld (41), επεσήμαναν ότι η διαμόρφωση της πολιτικής είναι κυρίως ένας συνδυασμός εργαλείων πολιτικής. Τα εργαλεία πολιτικής, όπως φαίνονται στον Πίνακα 2, διακρίνονται σε οικονομική υποστήριξη, ανθρώπινη υποστήριξη και τεχνική υποστήριξη σύμφωνα με τις λειτουργικές τους ιδιότητες, και παίζουν το ρόλο της παροχής πόρων καινοτομίας στη διαδικασία της τεχνολογικής καινοτομίας και της παραγωγικής διαδικασίας. Για παράδειγμα, οι συμβάσεις τεχνικής έρευνας της κυβέρνησης και οι πολιτικές για τις δημόσιες συμβάσεις, επηρεάζουν την επιχειρηματική καινοτομία, και το μάρκετινγκ είναι ένα εργαλείο πολιτικής για τη δημιουργία ζήτησης στην αγορά. Επιπλέον, η ανάπτυξη της επιστήμης και των τεχνολογικών υποδομών, καθώς και διάφορα μέτρα παροχής κινήτρων, διατάγματα και κανόνες, μπορούν να ενθαρρύνουν την ακαδημαϊκή και την επιχειρηματική κοινότητα να διεξάγουν έρευνα και ανάπτυξη, εισαγωγή τεχνολογίας και άλλες δραστηριότητες. Πρόκειται για καινοτόμα περιβαλλοντικά εργαλεία πολιτικής. Το πλαίσιο αυτό έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως στην πολιτική ανάλυση πολιτικής. Οι οικονομολόγοι επισημαίνουν ότι η επιτυχής καινοτομία είναι ένας καλός συνδυασμός τόσο της προσφοράς τεχνολογίας όσο και της ζήτησης της αγοράς. Όσον αφορά την επιστημονική και τεχνολογική έρευνα και ανάπτυξη, από την πλευρά της προσφοράς, η διαδικασία ανάπτυξης νέων προϊόντων εξαρτάται από τους ακόλουθους τρεις παράγοντες στον κατάλληλο βαθμό επένδυσης: επιστημονική και τεχνολογική γνώση και ανθρώπινοι πόροι, την αναγκαία διαχείριση των καινοτόμων πληροφοριών της αγοράς τεχνικών για να εξασφαλιστεί η επιτυχής ανάπτυξη, η παραγωγή και μάρκετινγκ, και τρίτον, οι οικονομικοί πόροι. Το Σχήμα 2 δείχνει πώς οι κυβερνητικές πολιτικές επηρεάζουν την καινοτομία της βιομηχανίας. Από την άποψη της πλευράς της προσφοράς, η ίδια η κυβέρνηση μπορεί να καλύψει τις ανάγκες των καινοτομίας νέων προϊόντων συμμετέχοντας άμεσα στην επιστημονική και τεχνολογική διαδικασία, βελτιώνοντας τα τρία παραπάνω στοιχεία ή προσαρμόζοντας έμμεσα τις οικονομικές, πολιτικές και ρυθμιστικές περιβάλλον. Από την πλευρά της ζήτησης, η κυβέρνηση μπορεί επίσης να επηρεάσει τη διαδικασία καινοτομίας μέσω της ζήτησης πλευράς πολιτικής. Η κυβέρνηση μπορεί να βελτιώσει τη ζήτηση συνθήκες μεταβάλλοντας άμεσα ή έμμεσα την εγχώρια αγορά, ή επιλέγοντας να αλλάξει το διεθνές εμπορικό περιβάλλον, όπως μέσω δασμών, εμπορικών συμφωνιών ή της καθιέρωσης εθνικών εμπορευμάτων στο εξωτερικό, κ.λπ.

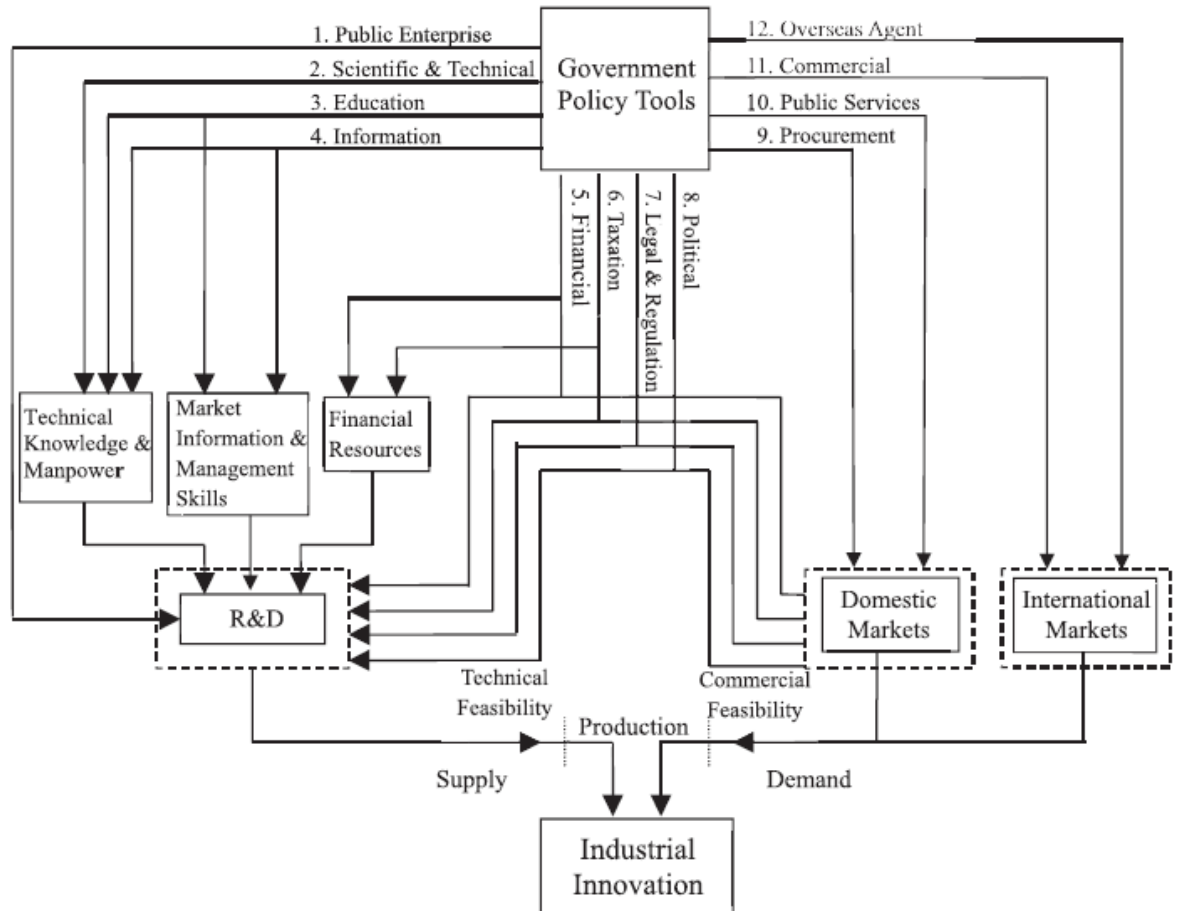
ΠΙΝΑΚΑΣ 2: ΚΥΒΕΡΝΗΤΙΚΑ ΜΕΣΑ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ ΓΙΑ ΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ

	ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ	ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ
	1. Δημόσια επιχείρηση	Καινοτομία από κρατικές επιχειρήσεις και ιδρύματα, με έμφαση στην ανάπτυξη νέων βιομηχανιών, πρωτοπορία στη χρήση νέων τεχνολογίας, κοινές εξελίξεις με ιδιωτικές επιχειρήσεις.
	2. Επιστημονική και τεχνική ανάπτυξη	Δέσμευση στην επιστημονική και τεχνική έρευνα, υποστήριξη ερευνητικών ινστιτούτων- ανάπτυξη κοινωνίας μάθησης, επαγγελματική οργανισμών- προσφορά ερευνητικών επιχορηγήσεων για τη στήριξη της βιομηχανικής καινοτομίας
	3. Εκπαίδευση	Κυβερνητική στήριξη της εκπαίδευσης και της κατάρτισης σε όλα τα επίπεδα, συμπεριλαμβανομένης της γενικής εκπαίδευσης, της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης σε πανεπιστήμια και μεταπτυχιακό επίπεδο, επαγγελματική εκπαίδευση, προγράμματα μαθητείας και συνεχή εκπαίδευση
ΠΛΕΥΡΑ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ	4. Υπηρεσία πληροφόρησης	Κυβερνητική υποστήριξη στην ανάπτυξη δικτύων πληροφόρησης επιχειρηματικής πληροφόρησης για ιδιωτικές επιχειρήσεις, επιχειρηματικά κέντρα, βιβλιοθηκών, συμβουλευτικών και γνωμοδοτικών υπηρεσιών, βάσεων δεδομένων cloud και υπηρεσιών διασύνδεσης
	5. Χρηματοοικονομικά	Κυβερνητική στήριξη και επιδότηση της βιομηχανικής καινοτομίας για συγκεκριμένα έργα, κοινές χρηματοοικονομικές επενδύσεις, παροχή δανείων για εξοπλισμό, οργάνωση χρηματοδότησης από τρίτους, εγγυήσεις δανείων και βοήθεια IPO, και εξαγωγικές πιστώσεις
	6. Φορολογία	Φορολογική απαλλαγή και μειώσεις για βιομηχανική καινοτομία για συγκεκριμένα έργα, πιστώσεις φόρου E&A, απαλλαγή από τον φόρο υπεραξίας, προσωπικές φορολογικές ελαφρύνσεις
	7. Νομική ρύθμιση	Διπλώματα ευρεσιτεχνίας και διαχείριση της πνευματικής ιδιοκτησίας, κανονιστικές ατζέντες για τον έλεγχο του περιβάλλοντος και της υγείας, διαπίστευση και διαχείριση της πιστοποίησης, αντιμονοπωλιακές ρυθμίσεις και εποπτεία της κοινωνικής δικαιοσύνης, αναθέσεις και τιμές, και ανάπτυξη πρωτοκόλλου πρότυπα
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙ ΚΗ ΠΛΕΥΡΑ	8. Πολιτική	Στρατηγικός σχεδιασμός εθνικών προγραμμάτων καινοτομίας, πολιτικών περιφερειακής ανάπτυξης, βραβείων και τιμών για την καινοτομία, υποστήριξη των συγχωνεύσεων και εξαγορών, καθώς και δεξαμενές σκέψης και δημόσιες συμβουλές για την αξιοποίηση της πολιτικής, το πολιτικό και νομικό σύστημα για επενδύσεις

9. Προμήθειες	Αγορές και συμβάσεις κεντρικής ή τοπικής κυβέρνησης, συμβάσεις E&A και συναλλαγές τεχνολογίας μέσω της κυβέρνησης προμηθειών
10. Δημόσιες υπηρεσίες	Υποδομές και θεσμικές εξελίξεις για την ανάπτυξη επιστημονικών πάρκων, τη διευκόλυνση των συναλλαγών στην αγορά, τις τράπεζες υπηρεσιών, συντήρηση και διαχείριση της ποικιλομορφίας και των εφαρμογών καινοτομίας, παροχή ασφάλισης και υπηρεσιών υγείας, μεταφορές και τηλεπικοινωνίες, κοινωνικός μετασχηματισμός
11. Εμπορικός τομέας	Εμπορικές συμφωνίες, δασμοί, νομισματικές ρυθμίσεις, εμπορευματοποίηση, εκβιομηχάνιση της καινοτομίας
12. Υπερπόντιος αντιπρόσωπος	Υπερπόντια αντιπροσώπευση για το διεθνές εμπόριο και τις διεθνείς συναλλαγές, ανάπτυξη επίσημων οργανισμών για την υποστήριξη διεθνοποίησης της καινοτομίας

ΠΗΓΗ: Rothwell and Zegveld

Ο πίνακας 2 χρησιμοποιεί τα παραδείγματα κατευθυντήριων γραμμών, δηλαδή τα πραγματικά μέτρα πολιτικής στο πλαίσιο των τριών κατηγοριών για να καθορίσει πώς κάθε εργαλείο πολιτικής θα πρέπει να ταιριάζει με την πολιτική καινοτομίας. Όπως φαίνεται στον πίνακα 2, οι πολιτικές καινοτομίας επηρεάζουν την πλευρά της προσφοράς, την περιβαλλοντική πλευρά και τη πλευρά ζήτησης. Η συγκεκριμένη μελέτη παρουσιάζει έναν περιορισμό, με την παραδοχή ότι όλα τα εργαλεία πολιτικής είναι δεδομένου του ίδιου βάρους κατά την αντιστοίχιση των πολιτικών καινοτομίας, ακόμη και αν είναι απίθανο να έχουν τον ίδιο αντίκτυπο στη βιομηχανική ανάπτυξη. Η υπόθεση αυτή βασίζεται κυρίως σε δύο εκτιμήσεις: Πρώτον, δεν υπάρχει προηγούμενο για ποσοτική έρευνα σχετικά με τις διακρατική και διαπεριφερειακή πολιτική για τη τέταρτη βιομηχανική επανάσταση. Δεύτερον, καθώς οι εθνικές συνθήκες των διαφόρων χωρών ή «περιφερειών», περιορισμοί των πόρων, των πολιτικών δομών και άλλων στοιχείων διαφέρουν, η βαρύτητα κάθε εργαλείου πολιτικής θα είναι διαφορετική. Με βάση αυτό, είναι ασφαλές και σκόπιμο να δοθεί σε κάθε πολιτική η ίδια βαρύτητα. Η παρούσα μελέτη χρησιμοποιεί μια μέθοδο ποιοτικής ανάλυσης πρώτα σε ένα θεωρητικό μοντέλο ερευνητικών μεθόδων, για να προκαλέσει τα αποτελέσματα άλλων θεωριών και να καθορίσει αρχικά τη συνολική αρχιτεκτονική του προτύπου. Στη συνέχεια, η ποιοτική ανάλυση χρησιμοποιείται για να εξηγήσει την έννοια του θεωρητικού μοντέλου της παρούσας μελέτης, και κάνει χρήση των ερευνητικών αποτελέσματα της έρευνας για τη διεξαγωγή εμπειρικής ανάλυσης.



ΣΧΗΜΑ 2 ΠΗΓΗ: Rothwell and Zegveld

2.4 ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑΣ

Η πολιτική ταξινόμησης των Rothwell και Zegveld (39) χρησιμοποιείται για να αναλύσει τη πολιτική της αναζωογόνησης της βιομηχανίας μέσω της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης μεταξύ της Κίνας, της Γερμανίας και των ΗΠΑ, όπως φαίνεται στον πίνακα 2, ο οποίος βασίζεται στις πολιτικές που εφαρμόζονται σε αυτές τις τρεις χώρες. Η πολιτική επιλέγεται από τα κείμενα: Made in China 2025, INDUSTRIE 4.0 και του προγράμματος Advanced Manufacturing Partner. Αυτές οι πολιτικές εκδίδονται από τις ανώτατες διοικητικές υπηρεσίες σε αυτά τα έθνη και δεσμεύονται να προωθήσουν τον μετασχηματισμό και την αναβάθμιση της μεταποίησης. Επιπλέον, υπάρχουν πολλές ομοιότητες στην ανάπτυξη των βασικών βιομηχανιών τους- έτσι, η διακρατική ανάλυση μπορεί να είναι καλύτερη. Κατά τον διαχωρισμό των εργαλείων πολιτικής, κάθε εργαλείο πολιτικής έχει την ίδια βαρύτητα.

ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ ΣΤΙΣ ΗΠΑ

Η πολιτική ταξινόμηση του Advanced Manufacturing Partner προγράμματος δείχνει ότι η κυβέρνηση των ΗΠΑ έχει εφαρμόσει συνολικά 105 εργαλεία πολιτικής καινοτομίας. Η προκαταρκτική ταξινόμηση αποτελεσμάτων παρουσιάζονται στον πίνακα 3.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3: ΠΟΛΙΤΙΚΕΣ ΕΤΑΙΡΩΝ ΠΡΟΗΓΜΕΝΗΣ ΜΕΤΑΠΟΙΗΣΗΣ ΣΤΙΣ ΗΠΑ (ADVANCED MANUFACTURING PARTNER)

	ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ	ΠΟΛΙΤΙΚΗ	Q'ty	%
	1. Δημόσια επιχείρηση		0	0
	2. Επιστημονική και τεχνική ανάπτυξη	Προηγμένα υλικά (1)	1	1%
	3. Εκπαίδευση	Μεταβαλλόμενο εργατικό δυναμικό στη βιομηχανία (3), Καλύτερη κατάρτιση για τους σημερινούς εργαζόμενους στην προηγμένη μεταποίηση (1)- Εκπαίδευση και κατάρτιση για τους αυριανούς εργαζόμενους (5), Εκπαίδευση της επόμενης γενιάς (5)	14	14%
ΠΛΕΥΡΑ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ	4. Υπηρεσία πληροφόρησης	Τεχνολογικές πλατφόρμες προϊόντων (1), Προηγμένες κατασκευαστικές διαδικασίες (1)- Δεδομένα και σχεδιασμός, Υποδομή (1)- Διατομεακές επενδύσεις οργανισμών (1)	4	4%
	5. Χρηματοοικονομικά	Συν-επενδύσεις ιδιωτικού και δημόσιου τομέα (1), Πρώιμες δημόσιες συμβάσεις (1), Προηγμένη μεταποίηση για την εθνική ασφάλεια (1)	3	3%
	6. Φορολογία	Φορολογική πίστωση R&E (1)	1	1%
	7. Νομική ρύθμιση	Συντονισμός των ομοσπονδιακών επενδύσεων (5), Αύξηση των εθνικών επενδύσεων στην E&A προηγμένης μεταποίησης (2)	7	7%
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ	8. Πολιτική	Αρχές και στόχοι της εθνικής στρατηγικής (4), Επιτάχυνση των επενδύσεων από μικρές και μεσαίες επιχειρήσεις (4)- Ενίσχυση του εργατικού δυναμικού δεξιοτήτων του εργατικού δυναμικού (5), Δημιουργία εταιρικών σχέσεων (3), Συντονισμός των ομοσπονδιακών επενδύσεων (7),	26	25%

ΠΛΕΥΡΑ

Αύξηση των εθνικών επενδύσεων στην E&A για την προηγμένη μεταποίηση(3)

ΠΛΕΥΡΑ
ΖΗΤΗΣΗΣ

9. Προμήθειες	Έγκαιρη Προμήθεια (1)	1	1%
10. Δημόσιες υπηρεσίες	Επιτάχυνση των επενδύσεων από μικρές και μεσαίες επιχειρήσεις (4)- Ενίσχυση του εργατικού δυναμικού, Δεξιότητες του εργατικού δυναμικού (14), Δημιουργία εταιρικών σχέσεων (6)- Συντονισμός ομοσπονδιακών επενδύσεων (11) Αύξηση των εθνικών επενδύσεων στην E&A προηγμένης μεταποίησης (8)	43	41%
11. Εμπορικός τομέας	Προηγμένα υλικά (1)- Τεχνολογικές πλατφόρμες παραγωγής (1), Υποδομές δεδομένων και σχεδιασμού (1), Προηγμένες διαδικασίες παραγωγής (1), Υποδομές δεδομένων και σχεδιασμού (1)	4	3%
12. Υπερπόντιος αντιπρόσωπος		0	0%

ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑΣ ΣΤΗ ΓΕΡΜΑΝΙΑ

Η ταξινόμηση της πολιτικής στην παρούσα μελέτη της INDUSTRIE 4.0 απεικονίζει ότι η γερμανική κυβέρνηση έχει εφαρμόσει συνολικά 91 εργαλεία πολιτικής καινοτομίας. Τα προκαταρκτικά αποτελέσματα της ταξινόμησης παρουσιάζονται στον πίνακα 4.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4: ΠΟΛΙΤΙΚΕΣ ΤΟΥ INDUSTRIE 4.0 ΤΗΣ ΓΕΡΜΑΝΙΑΣ

ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ

ΠΟΛΙΤΙΚΗ

Q'ty

%

ΠΛΕΥΡΑ
ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ

1. Δημόσια επιχείρηση		0	0
2. Επιστημονική και τεχνική ανάπτυξη	Ηγετική θέση στην αγορά της κατασκευής μηχανημάτων και εγκαταστάσεων (1), Μια παγκοσμίως σημαντική ομάδα ικανοτήτων ΤΠ (1), Κορυφαίος καινοτόμος στον τομέα των ενσωματωμένων συστημάτων και της μηχανικής αυτοματισμού (1), Εξαιρετική έρευνα και εκπαιδευτικές εγκαταστάσεις (1), Οριζόντια ολοκλήρωση μέσω δικτύων αξίας (1), Ψηφιακή ολοκλήρωση της μηχανικής από άκρο σε άκρο σε ολόκληρη την αλυσίδα αξίας (1)- Κάθετη ολοκλήρωση και δικτυωμένα συστήματα παραγωγής (1), Πώς φαίνεται το μέλλον στο πλαίσιο της INDUSTRIE 4.0 (5)- Καινοτόμα CPS με βάση υπηρεσίες και δυνατότητα λειτουργίας σε πραγματικό χρόνο (6)- Τεχνολογία CPS (1)	19	21%
3. Εκπαίδευση	Υψηλά καταρτισμένο και με υψηλά κίνητρα εργατικό δυναμικό(1), Εξαιρετικές εγκαταστάσεις έρευνας και κατάρτισης (1), Οργάνωση και σχεδιασμός της εργασίας στην ψηφιακή βιομηχανική εποχή (1)- Κατάρτιση και συνεχή επαγγελματική ανάπτυξη για τη INDUSTRIE 4.0 (1)	4	4%
4. Υπηρεσία πληροφόρησης		0	0
5. Χρηματοοικονομικά	Αποδοτικότητα πόρων (1)	1	1%
6. Φορολογία		0	0
7. Νομική ρύθμιση	Τυποποίηση και ανοικτά πρότυπα για μια αρχιτεκτονική αναφορά (4), Διαχείριση πολύπλοκων συστημάτων (1), Ασφάλεια και προστασία ως κρίσιμοι παράγοντες για την επιτυχία της ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ 4.0 (2), Ρυθμιστικό πλαίσιο (4).	11	12%
8. Πολιτική	Ηγετική θέση στην αγορά της κατασκευής μηχανημάτων και εγκαταστάσεων (1)- Μια παγκοσμίως σημαντική μονάδα πληροφορικών ικανοτήτων (1)- κορυφαίος καινοτόμος στον τομέα των ενσωματωμένων συστημάτων και της μηχανικής αυτοματισμού (1), Ένα εργατικό δυναμικό υψηλής εξειδίκευσης και υψηλής κινητοποίησης (1), Εξαιρετικές εγκαταστάσεις έρευνας και κατάρτισης (1), Οριζόντια ολοκλήρωση μέσω δικτύων αξίας (1)- ψηφιακή ολοκλήρωση της μηχανικής από άκρη σε άκρη σε ολόκληρη την αλυσίδα αξίας (1), Κάθετη ολοκλήρωση και δικτυωμένα συστήματα παραγωγής (1), μελλοντική εμφάνιση στο πλαίσιο της INDUSTRIE 4.0 (5), κορυφαία	19	21%

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟ-
ΝΤΙΚΗ

ΠΛΕΥΡΑ

στρατηγική για τους προμηθευτές (3), κορυφαία στρατηγική για την αγορά (1), νέες κοινωνικές υποδομές στην τεχνολογία CPS (1), νέες κοινωνικές υποδομές στον εργασιακό χώρο (1)

ΠΛΕΥΡΑ
ΖΗΤΗΣΗΣ

9. Προμήθειες	Στρατηγική ηγετικού προμηθευτή (3), Στρατηγική ηγετικής αγοράς (1)	4	4%
10. Δημόσιες υπηρεσίες	Εγγύτητα και σε ορισμένες περιπτώσεις στενή συνεργασία μεταξύ προμηθευτών και χρηστών (1). καινοτομία στα ενσωματωμένα συστήματα και τη μηχανική αυτοματισμού (1)- Εξαιρετική έρευνα και κατάρτιση εγκαταστάσεων (1)- οριζόντια ολοκλήρωση μέσω δικτύων αξίας (1)- ψηφιακή ολοκλήρωση από άκρη σε άκρη των μηχανικής σε ολόκληρη την αλυσίδα αξίας (1)- Κάθετη ολοκλήρωση και δικτυωμένη κατασκευή (1), Νέο επίπεδο κοινωνικοτεχνικής αλληλεπίδρασης (1), Νέες επιχειρηματικές ευκαιρίες και μοντέλα (1), Νέες πλατφόρμες CPS που βασίζονται σε υπηρεσίες, σε πραγματικό χρόνο (6)- μελλοντική εμφάνιση στο πλαίσιο της INDUSTRIE 4.0 (5), Τεχνολογία CPS (1)- Εξασφάλιση ομαλής μετάβασης των επιχειρήσεων στη INDUSTRIE 4.0 (5), Παροχή ολοκληρωμένης ευρυζωνικής υποδομής για τη βιομηχανία (1)	26	29%
11. Εμπορικός τομέας	Νέες πλατφόρμες CPS που βασίζονται σε υπηρεσίες, σε πραγματικό χρόνο (6), Τεχνολογία CPS (1)	7	8%
12. Υπερπόντιος αντιπρόσωπος		0	0

ΠΗΓΗ: Οργανωμένη από αυτή την έρευνα

ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑΣ ΣΤΗΝ ΚΙΝΑ

Η ταξινόμηση της πολιτικής Made in China 2025 δείχνει ότι η κινεζική κυβέρνηση έχει εφαρμόσει συνολικά 105 εργαλεία πολιτικής για την καινοτομία. Τα προκαταρκτικά αποτελέσματα της ταξινόμησης παρουσιάζονται στον πίνακα 5.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5: ΠΟΛΙΤΙΚΕΣ ΤΟΥ MADE IN CHINA 2025 ΤΗΣ ΚΙΝΑΣ

	ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ	ΠΟΛΙΤΙΚΗ	Q'ty	%
ΠΛΕΥΡΑ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ	1. Δημόσια επιχείρηση		0	0
	2. Επιστημονική και τεχνική ανάπτυξη	Βελτίωση της εθνικής ικανότητας καινοτομίας στη βιομηχανία (1), Ενίσχυση της ικανότητας της βιομηχανικής βάσης (1)	2	2%
	3. Εκπαίδευση		6	5%
	4. Υπηρεσία πληροφόρησης	Βελτίωση του πολυεπίπεδου συστήματος κατάρτισης του προσωπικού (6) Βελτίωση του συστήματος κατάρτισης του προσωπικού σε πολλαπλά επίπεδα (1)	1	1%
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΠΛΕΥΡΑ	5. Χρηματοοικονομικά	Βελτίωση των πολιτικών οικονομικής στήριξης (1)	1	0
	6. Φορολογία	Αύξηση της στήριξης των δημοσιονομικών και φορολογικών πολιτικών (1)	1	0
	7. Νομική ρύθμιση	Ρυθμιστική Βελτίωση της εθνικής ικανότητας καινοτομίας στη μεταποίηση (2), Ενίσχυση της οικοδόμησης ποιοτικού σήματος (4), Περαιτέρω προώθηση της αναδιάρθρωσης του μεταποιητικού τομέα (1), Εμβάθυνση της μεταρρύθμισης των θεσμικών μηχανισμών (2), Δημιουργία δίκαιου ανταγωνιστικού περιβάλλοντος αγοράς (8), Βελτίωση του πολυεπίπεδου συστήματος κατάρτισης (1), Περαιτέρω επέκταση του ανοίγματος της μεταποίησης (2)	2 0	19%

ΠΛΕΥΡΑ
ΖΗΤΗΣΗΣ

8. Πολιτική	Βελτίωση της εθνικής ικανότητας καινοτομίας στη μεταποίηση (1), Προώθηση του βάθους ολοκλήρωσης της πληροφορικής και της εκβιομηχάνισης (4)- Ενίσχυση της ικανότητας της βιομηχανικής βάσης (2), Ενίσχυση της οικοδόμησης ποιοτικού σήματος (2), Πλήρης εφαρμογή της πράσινης μεταποίησης (1), Σθεναρή προώθηση πρωτοποριακών εξελίξεων σε βασικούς τομείς (10), Περαιτέρω προώθηση της αναδιάρθρωσης του μεταποιητικού τομέα (3), Ενεργός ανάπτυξη της μεταποίησης με προσανατολισμό στις υπηρεσίες και των υπηρεσιών παραγωγού (1), Βελτίωση του επιπέδου της ανάπτυξης της μεταποίησης (3), Εμβάθυνση της μεταρρύθμισης των θεσμικών μηχανισμών (4), Βελτίωση των πολιτικών χρηματοδοτικής στήριξης (6), Αύξηση της στήριξης των δημοσιονομικών και φορολογικών πολιτικών (4), Βελτίωση του πολυεπίπεδου συστήματος κατάρτισης του προσωπικού (1), Περαιτέρω επέκταση του ανοίγματος της μεταποίησης (1)- Βελτίωση της οργάνωσης και μηχανισμού υλοποίησης (10)	53	50%
9. Προμήθειες	Βελτίωση των πολιτικών οικονομικής στήριξης (1)	1	1%
10. Δημόσιες υπηρεσίες	Βελτίωση της εθνικής ικανότητας καινοτομίας στη μεταποίηση (1), Προώθηση του βάθους ολοκλήρωσης της πληροφορικής και της εκβιομηχάνισης (1), Ενεργή ανάπτυξη της μεταποίησης με προσανατολισμό στις υπηρεσίες και των υπηρεσιών παραγωγού (2)- Εμβάθυνση της μεταρρύθμισης της θεσμικών μηχανισμών (2), Βελτίωση των πολιτικών χρηματοδοτικής στήριξης (3), Αύξηση της στήριξης των δημοσιονομικών και φορολογικών πολιτικών (2), Βελτίωση του πολυεπίπεδου συστήματος κατάρτισης προσωπικού (1), Βελτίωση της πολιτικής για τις μικρές και μεσαίες πολύ μικρές επιχειρήσεις (2), Περαιτέρω επέκταση του ανοίγματος της μεταποίησης (1)	16	15%
11. Εμπορικός τομέας	Βελτίωση της εθνικής ικανότητας καινοτομίας στη μεταποίηση (1), Ενίσχυση της οικοδόμησης ποιοτικού σήματος (1)	2	2%
12. Υπερπόντιος αντιπρόσωπος	Περαιτέρω επέκταση του ανοίγματος της μεταποίησης (2)	2	2%

ΠΗΓΗ: Οργανωμένη από αυτή την έρευνα

ΔΙΑΣΥΝΟΡΙΑΚΗ ΣΥΚΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Στην παρούσα μελέτη, παρουσιάζουμε τρεις συγκριτικές αναλύσεις εντός ΗΠΑ, τη Γερμανία και την Κίνα, όπως φαίνεται στους πίνακες 3ε5, αντίστοιχα. Το πρώτο διακρατική ανάλυση αφορά τη σύγκριση των πολιτικών καινοτομίας (πίνακας 6), η οποία συγκρίνει την έμφαση στην πτυχή της πολιτικής καινοτομίας μεταξύ των ΗΠΑ, της Γερμανίας και της Κίνας, και παραθέτει όλες τις πολιτικές με τα αντίστοιχα ποσοστά τους. Σε αυτή τη διακρατική σύγκριση, όλα τα εργαλεία πολιτικής έχουν την ίδια βαρύτητα, αν και πιθανώς δεν έχουν όλα τον ίδιο αντίκτυπο στην καινοτομία Industry 4.0 ανάπτυξη πολιτικής στις ΗΠΑ, τη Γερμανία και την Κίνα. Αυτό υπόθεση χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη αυτής της διακρατικής ανάλυσης πολιτικής και θα πρέπει να θεωρηθεί ως ερευνητικός περιορισμός, όπως σημειώνεται ανωτέρω. Η δεύτερη ανάλυση συγκρίνει κυρίως τα βάρη των επιμέρους πολιτικών καινοτομίας (πίνακας 7).

ΠΙΝΑΚΑΣ 6: ΔΙΑΚΡΑΤΙΚΗ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΗΠΑ, ΤΗΣ ΓΕΡΜΑΝΙΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΚΙΝΑΣ

	ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ	ΗΠΑ		ΓΕΡΜΑΝΙΑ		ΚΙΝΑ	
		Q'ty	%	Q'ty	%	Q'ty	%
ΠΛΕΥΡΑ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ	1. Δημόσια επιχείρηση	0	0%	0	0%	0	0%
	2. Επιστημονική και τεχνική ανάπτυξη	1	1%	19	21%	2	2%
	3. Εκπαίδευση	14	14%	4	4%	6	6%
	4. Υπηρεσία πληροφόρησης	4	4%	0	0%	1	1%
ΥΠΟΣΥΝΟΛΟ	19	19%	23	25%	9	9%	

	5. Χρηματοοικονομικά	3	3%	1		1	1%
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΠΛΕΥΡΑ	6. Φορολογία	1	1%	1%		1	1%
	7. Νομική ρύθμιση	7	14%	0		20	19%
	8. Πολιτική	26	25%	11	12%	53	50%
				19	21%		
ΥΠΟΣΥΝΟΛΟ		37	36%			75	71%
				31	34%		
ΠΛΕΥΡΑ ΖΗΤΗΣΗΣ	9. Προμήθειες	1	1%	4		1	1%
	10. Δημόσιες υπηρεσίες	43	41%	4%		16	15%
	11. Εμπορικός τομέας	4	3%	26	29%	2	2%
	12. Υπερπόντιος αντιπρόσωπος			7	8%	2	2%
		0	0%	0	0%		
ΥΠΟΣΥΝΟΛΟ		48	45%			21	20%
				37	41%		
ΣΥΝΟΛΟ		104		91		105	
		100%		100%		100%	

ΠΗΓΗ: Οργανωμένη από αυτή την έρευνα

ΠΙΝΑΚΑΣ 7: ΤΟ ΠΟΣΟΣΤΟ ΚΑΘΕ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑΣ ΣΥΓΚΡΙΝΕΤΑΙ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΗΠΑ, ΤΗΣ ΓΕΡΜΑΝΙΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΚΙΝΑΣ

Η ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΗΣ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΕΡΓΑΛΕΙΩΝ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ

ΗΠΑ	ΓΕΡΜΑΝΙΑ	ΚΙΝΑ
ΤΑΞΗ	ΤΑΞΗ	ΤΑΞΗ

Δημόσια επιχείρηση	1	41%	1	29%	1	50%
Επιστημονική και τεχνική ανάπτυξη	2	25%	2	21%	2	19%
Εκπαίδευση	3	14%	2	21%	3	15%
Υπηρεσία πληροφόρησης	4	7%	4	12%	4	6%
Χρηματοοικονομικά	5	4%	5	8%	5	2%
Φορολογία	6	3%	6	4%	5	2%
Νομική ρύθμιση	7	3%	6	4%	5	2%
Πολιτική	8	1%	8	1%	8	1%
Προμήθειες	8	1%	9	0	8	1%
Δημόσιες υπηρεσίες	8	1%	9	0	8	1%
Εμπορικός τομέας	11	0	9	0	8	1%
Υπερπόντιος αντιπρόσωπος	11	0	9	0	12	0

ΠΗΓΗ: Οργανωμένη από αυτή την έρευνα

Στον πίνακα 6, τα αποτελέσματα της διακρατικής σύγκρισης των πολιτικών καινοτομίας δείχνουν ότι τα εργαλεία πολιτικής των ΗΠΑ περιλαμβάνουν περισσότερη πολιτική από την πλευρά της ζήτησης (45%) παρά από την περιβαλλοντική (36%), οι οποίες επισκιάζουν την πολιτική προσφοράς (19%). Τα καινοτόμα εργαλεία πολιτικής INDUSTRIE 4.0 της Γερμανίας, η πλευρά της ζήτησης πολιτική (41%) αντιπροσωπεύει περισσότερο από την πολιτική της περιβαλλοντικής πλευράς (34%), και οι δύο υπερβαίνουν την πολιτική από την πλευρά της προσφοράς (25%). Και τα καινοτόμα εργαλεία πολιτικής στο Made in China 2025 επικεντρώνονται κυρίως στην περιβαλλοντική πολιτική (71%) πολύ περισσότερο από την πολιτική της ζήτησης (20%) ή της προσφοράς πλευράς (9%). Επιπλέον, στον πίνακα 7, το ποσοστό της καινοτομίας πολιτικής δείχνει ότι οι σημαντικότερες πολιτικές στις ΗΠΑ επικεντρώνονται σε δημόσιες υπηρεσίες, πολιτικές και εκπαιδευτικές πτυχές. Οι δημόσιες υπηρεσίες (41%) λαμβάνουν μεγαλύτερη προσοχή από τις πολιτικές (25%), οι οποίες αντιπροσωπεύουν σχεδόν διπλάσιο αριθμό από τις πολιτικές εκπαίδευσης (14%). Εν τω μεταξύ, η αναλογία κατανομής των πολιτικών INDUSTRIE 4.0 για Γερμανία, φαίνεται ότι οι σημαντικότερες πολιτικές επικεντρώνονται στις δημόσιες υπηρεσίες, την επιστημονική και τεχνική ανάπτυξη, τις πολιτικές και νομικές ρυθμίσεις πτυχές. Υπάρχουν περισσότερες πολιτικές για τις δημόσιες υπηρεσίες (29%) από την επιστημονική και τεχνική ανάπτυξη (21%) και τις πολιτικές (21%), οι οποίες αντιπροσωπεύουν περισσότερες από τις πολιτικές νομικών ρυθμίσεων (12%). Και η αναλογία κατανομής του

Made in China 2025 πολιτικών δείχνει ότι οι σημαντικότερες πολιτικές επικεντρώνονται στις πολιτικές, νομικές και ρυθμιστικές και δημόσιες υπηρεσίες. Η πολιτική (50%) υπερβαίνει την πολιτική νομικών ρυθμίσεων και ρυθμιστικές πολιτικές (19%), καθώς και την πολιτική δημόσιων υπηρεσιών (15%). Οι παρόντες πίνακες ταξινόμησαν τις πολιτικές της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης χρησιμοποιώντας 12 εργαλεία πολιτικής με βάση τις πολιτικές που εφαρμόζονται στην Κίνα, τη Γερμανία και την ΗΠΑ, καθώς και ολοκληρωμένη θεωρητική ανάλυση και εμπειρική ανάλυση παρουσιάζονται στα αποτελέσματα. Η συγκεκριμένη μελέτη συνέλεξε τα εργαλεία πολιτικής της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης από την Κίνα, τη Γερμανία και τις ΗΠΑ και διεξήγαγε μια διακρατική ανάλυση που δείχνει ότι η κατανομή στα 12 εργαλεία πολιτικής δεν είναι ακριβώς η ίδια. Αναφέρεται ότι η ψηφιοποίηση της βιομηχανίας παρέχει ένα παράθυρο ευκαιρίας για την οικολογική διάσταση της αειφορίας. Ωστόσο, αυτός ο μετασχηματισμός της βιομηχανικής αναζωογόνησης δεν θα επηρεάσει μόνο την οικολογική διάσταση της αποδοτικότητας των πόρων και των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, αλλά και πιθανόν να συνοδεύεται από κοινωνικούς μετασχηματισμούς. Όπως συζητήθηκε, η αναλογία των τριών κορυφαίων εργαλείων είναι η πλευρά της ζήτησης-δημόσιες υπηρεσίες, η περιβαλλοντική πλευρά-πολιτική, και η πλευρά της προσφοράς - εκπαίδευση στις ΗΠΑ. Ενώ στη Γερμανία, η αναλογία των τριών κορυφαίων είναι η πλευρά της ζήτησης-δημόσιες υπηρεσίες, η πλευρά της προσφοράς - επιστημονική και τεχνική ανάπτυξη και η περιβαλλοντική πλευρά-πολιτική. Και στην Κίνα, η πρώτη τριάδα αναλογίας είναι η περιβαλλοντική πλευρά-πολιτική και νομική ρύθμιση, και η πλευρά της ζήτησης-δημόσιες υπηρεσίες. Το αποτέλεσμα αυτό υποδηλώνει ότι η πολιτική του πολιτικού τομέα της περιβαλλοντικής πλευράς είναι τα βασικά εργαλεία πολιτικής που εμφανίζονται στην πρώτη τριάδα για τη βιομηχανική αναζωογόνηση μέσω της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης σε όλες τις τρεις χώρες. Τα αποτελέσματα καταδεικνύουν επίσης ότι η πολιτική από την πλευρά της ζήτησης των δημόσιων υπηρεσιών και η πολιτική της περιβαλλοντικής πλευράς του πολιτικού τομέα ευθύνονται για περισσότερα πάνω από το 50% της συνολικής αναλογίας των εργαλείων πολιτικής για την ανάπτυξη της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης για τις ΗΠΑ (65%), τη Γερμανία (50%) και την Κίνα (65%). Αναφερόμενοι στον ορισμό που πρότειναν οι Rothwell και Zegveld και την αιτιώδη διαδικασία των εργαλείων πολιτικής που παρουσιάζεται στο Σχήμα 2. Αυτά τα εργαλεία της δημόσιας υπηρεσίας και των πολιτικών μπορούν να ενισχύσουν τις εγχώριες αγορές και στη συνέχεια τις δραστηριότητες E&A στον τομέα κατά την ανάπτυξη της βιομηχανικής καινοτομίας. Στις ΗΠΑ, το εργαλείο πολιτικής από την πλευρά της προσφοράς- της εκπαίδευσης κατέχει την τρίτη θέση στην αναλογία κατανομής των προηγμένων Manufacturing Partner program, και μπορεί να συναχθεί το συμπέρασμα ότι τα εργαλεία της εκπαίδευσης θα ενισχύσουν όχι μόνο τις τεχνικές γνώσεις και το ανθρώπινο δυναμικό, αλλά και τις πληροφορίες της αγοράς και τις διοικητικές δεξιότητες στον τομέα, βελτιώνοντας έτσι τις δραστηριότητες E&A κατά την ανάπτυξη της βιομηχανικής καινοτομίας. Η Κίνα χρησιμοποιεί υψηλή αναλογία πολιτικής και νομικής ρύθμισης, των εργαλείων πολιτικής για την ανάπτυξη της τέταρτης βιομηχανικής ανάπτυξης στο Made in China 2025, και αυτό μπορεί να διαπιστωθεί ότι τα εργαλεία αυτά θα ενισχύσουν τόσο τις εγχώριες αγορές όσο και τις δραστηριότητες E&A στον τομέα κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης της βιομηχανικής καινοτομίας. Ακόμη, υπάρχουν αναλύσεις για τα δεδομένα από την Παγκόσμια Τράπεζα και την Εθνική Στατιστική Υπηρεσία της Κίνας, και διαπιστώνεται μια ανοδική πορεία της Κίνας στην ανάπτυξη των μεταποιητικών

δυνατοτήτων, της έρευνας και της ανάπτυξης και των επενδύσεων σε ανθρώπινο κεφάλαιο. Ωστόσο, η υλοποίηση ενός φιλόδοξου στρατηγικού σχεδίου όπως το Made in China 2025 συνοδεύεται από προκλήσεις. Στη Γερμανία, η πλευρά της προσφοράς εργαλείο πολιτικής της επιστημονικής και τεχνικής ανάπτυξης κατατάσσεται στη δεύτερη θέση στην αναλογία κατανομής της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης, και δείχνει ότι τα εργαλεία της επιστημονικής και τεχνικής ανάπτυξης θα ενισχύσουν την τεχνική γνώσεων και το ανθρώπινο δυναμικό στον τομέα, βελτιώνοντας έτσι την E&A δραστηριότητες κατά την ανάπτυξη της βιομηχανικής καινοτομίας.

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΗΝ ΠΡΑΞΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ

Στην πράξη, η μελέτη αυτή επιλύει το πρόβλημα του σχεδιασμού μίας πολιτικής καινοτομίας για την ανάπτυξη της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης. Αυτή η διακρατική μελέτη προσφέρει χρήσιμες κατευθυντήριες γραμμές για τον σχεδιασμό χαρτοφυλακίων πολιτικής σε αναπτυσσόμενες και αναπτυγμένες χώρες. Για τις αναπτυσσόμενες οικονομίες, είναι κρίσιμο να αναπτυχθεί πολιτική που να προσανατολίζει την κατεύθυνση της αναζωογόνησης της ανάπτυξης της βιομηχανίας με τη χρήση πολιτικής από την πλευρά της ζήτησης, επειδή οι ιδιωτικές επιχειρήσεις δεν διαθέτουν την προηγμένη τεχνολογία υποστήριξης για τη δημιουργία καινοτόμων συστημάτων μεταποίησης που απαιτούνται για την τέταρτη βιομηχανική επανάσταση. Αντίθετα, η πολιτική από την πλευρά του περιβάλλοντος μπορεί να δώσει μεγάλη έμφαση στις ανεπτυγμένες οικονομίες όπου η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση θα πρέπει να είναι καλά εδραιωμένη και η κυβέρνηση πρέπει να καθοδηγήσει την ανάπτυξη της βασικής τεχνολογίας και του ανθρώπινου δυναμικού κατάρτισης. Αυτό το αποτέλεσμα προσφέρει εφαρμογές στην πράξη για τη τέταρτη βιομηχανική επανάσταση σε διαφορετικά εθνικά πλαίσια για την αναζωογόνηση της ανάπτυξης της βιομηχανίας. Αξίζει να σημειωθεί ότι σε επιλεγμένες περιπτώσεις, η ΗΠΑ, η Γερμανία και η Κίνα, είναι μεγάλες χώρες με άφθονους πόρους και πολύ μεγάλη μεταποιητική ζήτηση στο πλαίσιο της εγχώριας αγοράς. Αυτά τα διακρατικά ευρήματα θα έχουν περιορισμένη εφαρμογή σε μικρές χώρες ή νέες βιομηχανικές οικονομίες με εξαγωγικό προσανατολισμό. Η μέθοδος ανάλυσης περιεχομένου που υιοθετήθηκε στην παρούσα μελέτη είναι η ποιοτική μέθοδος για τη διοικητική έρευνα που χρησιμοποιείται συχνότερα για να αποκτηθεί μια εις βάθος εικόνα των πολιτικών βιομηχανικής αναζωογόνησης μέσω της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης. Τέτοια σύνολα δεδομένων δεν είναι στατιστικά αντιπροσωπευτικά αλλά παρέχουν μια πλούσια κατανόηση των τύπων της πολιτικής βιομηχανικής αναζωογόνησης που χρησιμοποιούνται κυρίως για την ανάπτυξη της βιομηχανικής αναζωογόνησης. Ωστόσο, η παρούσα μελέτη αντιμετωπίζει αρκετούς περιορισμούς. Πρώτον, υπάρχουν πολλά εργαλεία πολιτικής σε αυτές τις κορυφαίες χώρες, αλλά δεν έχουν όλα αναλυθεί επαρκώς. Η κύρια αδυναμία αυτής της μελέτης είναι η απουσία ακριβών δεικτών και ποσοτικών δεδομένων σχετικά με το μέγεθος των επιπτώσεων που προκαλούνται από την εφαρμογή των πολιτικών βιομηχανικής αναζωογόνησης της καινοτομίας στην τέταρτη βιομηχανική επανάσταση. Επιπλέον, σε όλα τα εργαλεία πολιτικής δίνεται η ίδια βαρύτητα στην παρούσα διακρατική ανάλυση, παρόλο που είναι πιθανό ότι δεν έχουν όλα το ίδιο αντίκτυπο στην ανάπτυξη της βιομηχανικής αναζωογόνησης μεταξύ ΗΠΑ, της Γερμανίας και της Κίνας. Αυτός είναι επίσης ένας ερευνητικός περιορισμός επειδή η ανάπτυξη της

βιομηχανικής αναζωογόνησης μέσω της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης σε κάθε χώρα είναι ανεπαρκής για την κατανόηση της επίδρασης της πολιτικής τεχνολογικής οικοδόμησης σε αυτό το στάδιο. Το ζήτημα αυτό συνιστάται για μελλοντική διακρατική μελέτη μετά τη στάθμιση των επιπτώσεων κάθε εργαλείου πολιτικής μπορεί να αποσαφηνιστεί σε σχέση με την ανάπτυξη της βιομηχανικής αναζωογόνησης.

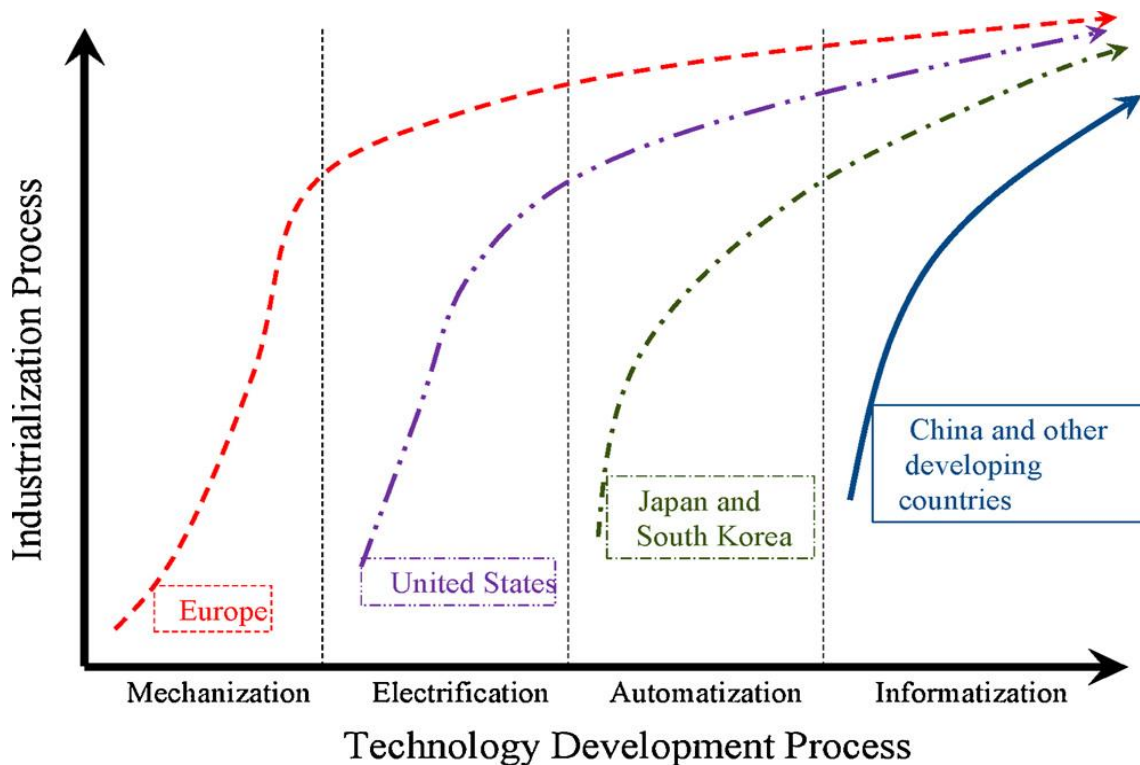
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Εν κατακλείδι αποκαλύπτεται ότι οι εθνικές προτιμήσεις για την πολιτική καινοτομίας διαφέρουν με τρόπους που συνδέονται με την κατάσταση της μεταποιητικής βιομηχανίας στις εν λόγω οικονομίες των ΗΠΑ, της Γερμανίας και της Κίνας. Τα αποτελέσματα υποδηλώνουν ότι ο προσανατολισμός της πολιτικής των ΗΠΑ τείνει να ευνοεί την πολιτική από την πλευρά της ζήτησης, τις δημόσιες υπηρεσίες, τις πολιτικές και πολιτικές εκπαίδευσης, ενώ οι προτιμήσεις πολιτικής στη Γερμανία τείνουν να ευνοούν την πολιτική από την πλευρά της ζήτησης, τις δημόσιες υπηρεσίες, την επιστημονική και τεχνική ανάπτυξη και τις πολιτικές, ενώ για την Κίνα, είναι η πολιτική από την πλευρά του περιβάλλοντος, η πολιτική, η νομική ρύθμιση και οι πολιτικές για τις δημόσιες υπηρεσίες. Με βάση αυτό το εύρημα, οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής στην τέταρτη βιομηχανική επανάσταση μπορούν να ενισχύσουν την εφαρμογή, τα αποτελέσματα και την ποιότητα των πρωτοβουλιών τους. Ο σχεδιασμός με βάση την πολιτική καινοτομίας της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης, θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη τη διαχρονική δυναμική αυτών των πολιτικών και να προσπαθήσει να μετριάσει τα μειονεκτήματα σε κάθε στάδιο. Με την ενσωμάτωση αυτής της προοπτικής στην αναζωογόνηση του σχεδιασμού της πολιτικής της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης, τόσο οι αναγκαίοι πόροι όσο και τα πιθανά αποτελέσματα μπορούν να βελτιστοποιηθούν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο ΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΤΕΤΑΡΤΗΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗΣ

Σύμφωνα με το προηγούμενο κεφάλαιο, θα αναλυθεί η τυποποίηση της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης. Με την ανάπτυξη της τεχνολογίας των πληροφοριών και των επικοινωνιών (ΤΠΕ), της βιομηχανικής τεχνολογίας και της τεχνολογίας διαχείρισης, το πρότυπο της βιομηχανοποίησης και η τεχνολογία βελτιώνονται γρήγορα.

Δύο ιστορικές διαδικασίες, η πληροφόρηση και η εκβιομηχάνιση, προωθούνται αμοιβαία. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 1, λόγω των διαφορετικών επιπέδων κατήχησης, των ποικίλων χωρών, αντιμετωπίζουν διαφορετικές προκλήσεις της πληροφόρησης. Με βάση τα τεχνικά πλεονεκτήματα, οι ανεπτυγμένες χώρες προσπαθούν να διατηρήσουν ή να συνεχίσουν τη μεταποιητική τους ανταγωνιστικότητα. Δεδομένου ότι οι νέες βιομηχανικές χώρες και η διαδικασία εκβιομηχάνισης των αναπτυσσόμενων χωρών συνοδεύονται με τη διαδικασία της πληροφόρησης, δεν είναι ούτε εφικτό ούτε απαραίτητο για τις χώρες αυτές να ακολουθήσουν την παραδοσιακό μοτίβο ανάπτυξης (δηλαδή να υλοποιήσουν πρώτα την εκβιομηχάνιση και μετά την πληροφόρηση). Οι νέες εκβιομηχανισμένες χώρες και οι αναπτυσσόμενες χώρες ελπίζουν να επωφεληθούν από την τεράστια ιστορική ευκαιρία που φέρνει η ραγδαία ανάπτυξη των ΤΠΕ. Στο πλαίσιο της πληροφόρησης και της εκβιομηχάνισης, ορισμένες ανεπτυγμένες και αναπτυσσόμενες χώρες ανακοίνωσαν τις εθνικές τους βιομηχανικές στρατηγικές για να υποστηρίξουν τον οικονομικό τους μετασχηματισμό και την εθνική ανταγωνιστικότητα.



ΣΧΗΜΑ 1: Διαδικασία εκβιομηχάνισης με διαδικασίες τεχνολογικής ανάπτυξης. ΠΗΓΗ: Smart Manufacturing Standardization: Reference Model and Standards Framework

- Οι Ηνωμένες Πολιτείες δημοσίευσαν «Ένα πλαίσιο για την αναζωογόνηση της αμερικανικής μεταποίησης» τον Δεκέμβριο του 2009 και το National Network for Manufacturing Innovation: τον Ιανουάριο του 2013. Επαναβιομηχανοποίηση, τρίτη βιομηχανική επανάσταση, βιομηχανικό διαδίκτυο, η έξυπνη μεταποίηση αποτελούν βασικές έννοιες της εθνικής μεταποιητικής στρατηγικών των Ηνωμένων Πολιτειών.
- Η Γερμανία δημοσίευσε «Την Σύσταση για την εφαρμογή της στρατηγικής πρωτοβουλίας INDUSTRIE 4.0» τον Απρίλιο του 2013. Τώρα, η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση είναι ένα επίκαιρο θέμα που συζητείται και ερευνάται από τις κυβερνήσεις και τις βιομηχανικές επιχειρήσεις σε όλο τον κόσμο, στο πλαίσιο του οποίου το Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT), τα κυβερνοφυσικά συστήματα (CPS) και η έξυπνη βιομηχανική παραγωγή είναι οι βασικές έννοιες.
- Η κινεζική κυβέρνηση ανακοίνωσε το «Special Action Plan for Deep Integration of Informatization and Industrialization» (2013-2018) τον Αύγουστο του 2013 και το Made in China 2025 τον Μάιο του 2015. Στα στρατηγικά σχέδια της Κίνας τοποθετούνται η ολοκλήρωση της πληροφόρησης και της εκβιομηχάνισης, η έξυπνη κατασκευή και το βιομηχανικό διαδίκτυο.
- Η Ιαπωνία ανακοίνωσε την αλυσίδα βιομηχανικής αξίας τον Ιούνιο του 2015. Ένας νέος οργανισμός, η Πρωτοβουλία Βιομηχανικής Αλυσίδας Αξίας (IVI), έχει συσταθεί.

- Το κυβερνητικό γραφείο για την επιστήμη και το υπουργείο για τις επιχειρήσεις Καινοτομίας και Δεξιοτήτων του Ηνωμένου Βασιλείου χρηματοδότησαν το έργο Foresight και δημοσίευσε τις σειριακές εκθέσεις The Future of Manufacturing τον Οκτώβριο του 2013. Το έργο Foresight ανέπτυξε μια μακροπρόθεσμη εικόνα για το Ηνωμένο Βασίλειο τομέα της μεταποίησης μεταξύ του 2013 και του 2050.

Οι προαναφερθείσες στρατηγικές περιλαμβάνουν διαφορετικούς όρους: Industry 4.0, έξυπνη κατασκευή, βιομηχανικό Διαδίκτυο, ευφυής κατασκευή, και ούτω καθεξής. Με βάση συγκριτικές μελέτες (42), όλοι αυτοί οι όροι μοιράζονται την ίδια χροιά και μπορούν να καταλήξουν σε ένα βασικό θέμα: Έξυπνη κατασκευή. Η κατασκευή είναι η διαδικασία πολλαπλών φάσεων για τη δημιουργία ενός προϊόντος από πρώτες ύλες. Η έξυπνη μεταποίηση αποσκοπεί στην αξιοποίηση των πλεονεκτημάτων των προηγμένων τεχνολογιών πληροφοριών και κατασκευής για να καταστεί δυνατή η ευελιξία στις φυσικές διαδικασίες για την αντιμετώπιση μιας δυναμικής και παγκόσμιας αγοράς. Επειδή η έξυπνη κατασκευή έχει φυσικά χαρακτηριστικά πληροφοριών τεχνολογίας, της κατασκευαστικής (βιομηχανικής) τεχνολογίας και της ολοκλήρωσής τους, μπορεί να θεωρηθεί ως ένα από τα μονοπάτια εφαρμογής της πληροφόρησης και της εκβιομηχάνισης (43). Αντιμέτωπη με την τρέχουσα περίπλοκη διεθνή και εγχώρια οικονομική κατάσταση και τις τάσεις, η πληροφόρηση και η εκβιομηχάνιση, με την έξυπνη μεταποίηση αποτελεί ένα κρίσιμο παράγοντα που σχετίζεται με την επιβίωση και τη μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα της μεταποίησης επιχειρήσεων. Προκειμένου να υποστηριχθεί η μεταποιητική βιομηχανία μετασχηματισμού και ενημέρωσης, η τυποποίηση είναι το σημαντικό μέρος των στρατηγικών έξυπνης παραγωγής σε όλο τον κόσμο. Τα πρότυπα είναι τα δομικά στοιχεία που παρέχουν επαναλαμβανόμενες διαδικασίες και τη σύνθεση διαφορετικών τεχνολογικών λύσεων για την επίτευξη ενός ισχυρού τελικού αποτελέσματος. Με τα πρότυπα, οι ιδιοκτήτες επιχειρήσεων μπορούν να υιοθετήσουν ευκολότερα τεχνολογίες και καινοτομίες. Επίσης, τα πρότυπα αυξάνουν τις καινοτομίες και μπορούν να τις προστατεύσουν, παρέχοντας ένα βιώσιμο περιβάλλον για την έξυπνη κατασκευή, πιο συγκεκριμένα σημαίνει ότι, τα πρότυπα καθιστούν τους στόχους μέσω της βελτίωσης της αξιοπιστίας του συστήματος, τη συνάφεια της αγοράς και την ασφάλεια της επένδυσης. Χωρίς την υποστήριξη των προτύπων, η διαδικασία εφαρμογής έξυπνης κατασκευής θα είναι δύσκολη. Μπορεί επίσης να είναι δαπανηρή και να προκαλέσει συντριπτική σπατάλη ανθρώπινου δυναμικού και υλικών πόρων λόγω της επανάληψης των ερευνών. Τα πρότυπα επιτρέπουν στους ανθρώπους να εργάζονται με βάση τις προηγούμενες εργασίες που έχουν διεξαχθεί από ειδικούς. Έτσι, χωρίς πρότυπα, οι νεοεισερχόμενοι σε έναν συγκεκριμένο κλάδο μπορεί να έχουν τεράστια δυσκολία στην εκτέλεση της εργασίας τους. Ειδικά, κατά τη διαδικασία της πληροφόρησης, τα πρότυπα είναι το στοιχείο της αποτελεσματικότητας για την ανταλλαγή πληροφοριών, την ανταλλαγή και την ολοκλήρωση. Σύμφωνα με τους ερευνητές Kim, Lee και Kwak, διεξήγαν μια έρευνα των τυποποιήσεων και των διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας M2M (machine- to- machine) κάνοντας χρήση του Διαδικτύου των Αντικειμένων (IoT) και κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι οι τυποποιήσεις χρησιμεύουν ως κινητήριος μοχλός της τεχνολογικής σύγκλισης.

Διαπιστώνεται επίσης ότι οι σχετικές τεχνολογικές ή οι αρχιτεκτονικές συστημάτων οδηγούν στην ανάπτυξη των τυποποιήσεων, τα οποία χρησιμεύουν ως κρίσιμος παράγοντας στη διαδικασία της δημιουργίας μιας νέας διαδρομής για τις επιχειρήσεις που ακολουθούν.

Προκειμένου να γίνει αντιληπτή η σημασία της τυποποίησης, η εργασία αρχικά εξετάζει την ανάπτυξη των τεχνολογιών και της έξυπνης βιομηχανικής παραγωγής, και στη συνέχεια συγκρίνει τις κύριες αρχιτεκτονικές έξυπνης κατασκευής. Το μοντέλο αναφοράς για την ανάπτυξη προτύπων έξυπνης βιομηχανικής παραγωγής και εφαρμογής αναπτύσσεται αργότερα. Τέλος, ένα πλαίσιο προτύπων προτείνεται (44).

3.1 ΕΞΥΠΝΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΤΥΠΟΠΟΙΗΣΕΙΣ

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων 40 ετών, οι τεχνολογίες πληροφορικής και επικοινωνιών (ΤΠΕ) αναπτύσσονται πολύ γρήγορα και ενσωματώνονται με τις κατασκευαστικές δραστηριότητες σε μεγάλο βαθμό. Υπάρχουν διάφορες διαστάσεις για να κατανοηθεί η βελτίωση της τεχνολογίας της μεταποίησης, καθώς και των τεχνολογιών πληροφορικής και επικοινωνιών (ΤΠΕ).

1. Το υπολογιστικό κέντρο μεταφέρεται από τον προσανατολισμό στη μηχανή, στην εφαρμογή και στη συνέχεια σε υπολογιστές προσανατολισμένους στην επιχείρηση.
2. Το πεδίο ενσωμάτωσης επεκτείνεται από τη χρήση μεμονωμένου υπολογιστή σε ένα τμήμα εφαρμογής και ενοποιείται με το τοπικό δίκτυο (LAN), στην εταιρική εφαρμογή και ενσωματώνεται με το WAN, σε ενδοεπιχειρησιακή εφαρμογή και ενοποιείται στο Διαδίκτυο, και στη συνέχεια, σε συνεργασία στο εταιρικό δίκτυο και στην ολοκλήρωση του δικτύου εφοδιαστικής αλυσίδας.
3. Η επιχειρησιακή υποδομή αλλάζει από mainframe, σε client / server (C/S), σε πρόγραμμα browser / server (B/S), σε SOA (service-oriented architecture) και στη συνέχεια στο cloud computing (45).
4. Η ικανότητα του επιχειρησιακού πληροφοριακού συστήματος, η οποία εξελίσσεται από σύστημα αυτοματισμού γραφείου (OA), σε σύστημα διαχείρισης πληροφοριών (MIS), στον προγραμματισμό απαιτήσεων υλικών (MRP), στην παραγωγή προγραμματισμού πόρων (MRPII), στον προγραμματισμό επιχειρησιακών πόρων (ERP), και στη συνέχεια στη συνεργασία παραγωγής/επιχειρήσεων και διαχείριση της αλυσίδας εφοδιασμού, αυξάνεται (46).
5. Τα εργαλεία σχεδιασμού με τη βοήθεια υπολογιστών έχουν αναδειχθεί σε CAD (computer aided design), CAE (computer aided engineering), CAM (computer aided manufacturing), CAPP (computer aided progress), PDM (διαχείριση δεδομένων προϊόντος), PLM (διαχείριση κύκλου ζωής του προϊόντος), προσομοίωση συνεργασίας, εικονική πραγματικότητα (VR) και ούτω καθεξής (47) (48) (49).

6. Αρχιτεκτονική προσανατολισμένη στις υπηρεσίες (SOA), cloud computing, ασύρματο δίκτυο αισθητήρων και έξυπνη τεχνολογία, κινητό δίκτυο, IoT, Semantic Web, Big Data, τεχνολογία τρισδιάστατης εκτύπωσης (3D), κυβερνοφυσικά συστήματα (CPS), τεχνητή νοημοσύνη και ούτω καθεξής, αυτές οι νέες αναδυόμενες τεχνολογίες ενσωματώνονται όλο και περισσότερο στην κατασκευή βαθύτερα και ταχύτερα (50) (51) (52).
7. Τα πρότυπα κατασκευής μετασχηματίζονται από τη βιοτεχνική κατασκευή, τη μαζική παραγωγή, ολοκληρωμένη παραγωγή με υπολογιστή (CIM), λιτή παραγωγή, ευέλικτη κατασκευή, κατασκευή νέας γενιάς (NGM), σε έξυπνη κατασκευή, τη τέταρτη βιομηχανική επανάσταση και τη βιομηχανικό Διαδίκτυο. Συμπεριλαμβανομένης της διαχείρισης ολικής ποιότητας (TQM), την αναδιοργάνωση επιχειρηματικών διαδικασιών (BPR), οι τεχνολογίες διαχείρισης αναπτύσσονται επίσης με ταχείς ρυθμούς (53) (54) (55) (56).
8. Η βιομηχανική/κατασκευαστική τεχνολογία αναπτύσσεται επίσης γρήγορα. Με νέο εξοπλισμό, νέα υλικά, νέες διαδικασίες παραγωγής και νέα ενεργειακή τεχνολογία υπάρχουν πολλές ανακαλύψεις. Για παράδειγμα, η τεχνική της τρισδιάστατης εκτύπωσης (πρόσθετη κατασκευή) είναι μια νέα κατασκευαστική μέθοδος, η οποία αποτελεί τη σύγκλιση της νέας τεχνολογίας εξοπλισμού, τεχνολογίας υλικών και των τεχνολογιών πληροφοριακής επικοινωνίας.

Η έξυπνη βιομηχανική παραγωγή συγκλίνει την τεχνολογία της πληροφορικής, τη βιομηχανική/ κατασκευαστική τεχνολογία, την τεχνολογία διαχείρισης και την ανθρώπινη οργάνωση, για να προωθήσει μια ταχεία επανάσταση στην ανάπτυξη και την εφαρμογή της κατασκευαστικής νοημοσύνης. Θα αλλάξει ριζικά τα χαρακτηριστικά της βιομηχανικής παραγωγής.

- Θα αλλάξει τις μεθόδους εφεύρεσης, κατασκευής, αποστολής και πώλησης των προϊόντων.
- Θα βελτιώσει την ασφάλεια των εργαζομένων και θα προστατεύσει το περιβάλλον.
- Θα διατηρήσει ανταγωνιστικούς τους κατασκευαστές στην παγκόσμια αγορά.

Η έξυπνη βιομηχανική παραγωγή βρίσκεται στη συμβολή της εκβιομηχάνισης και της πληροφόρησης. Παράλληλα ενσωματώνει την ολοκλήρωση της επανάστασης της τεχνολογίας των πληροφοριών, την επανάσταση της βιομηχανικής (κατασκευαστικής) τεχνολογίας και την διαχείριση τεχνολογικής επανάστασης. Η έξυπνη βιομηχανική παραγωγή θα λάβει νέες δυνατότητες και βασικές ικανότητες στις μεταποιητικές επιχειρήσεις και τις χώρες τους. Ως εκ τούτου, η έξυπνη βιομηχανική παραγωγή χρειάζεται συστηματικές λύσεις και μεθοδολογίες, καθώς και την τυποποίησή της.

Προκειμένου να τυποποιηθούν διάφορες πτυχές των τεχνολογιών πληροφορικής και επικοινωνιών (ΤΠΕ), η βιομηχανική τεχνολογία και την ενσωμάτωσή τους, οι οργανισμοί ανάπτυξης προτύπων (SDOs) αναπτύσσουν σύνολα τυποποιήσεων (57). Αυτοί οι οργανισμοί SDO περιλαμβάνουν:

- Τα συστήματα ενοποίησης και αυτοματισμού ISO/TC184. Το ISO/TC184 αναπτύσσει πρότυπα στον τομέα των συστημάτων αυτοματισμού και της ολοκλήρωσής τους για το σχεδιασμό, την προμήθεια, την κατασκευή, την παραγωγή και την παράδοση, την υποστήριξη, τη συντήρηση και τη διάθεση προϊόντων και των σχετικών υπηρεσιών τους. Στους τομείς τυποποίησής της περιλαμβάνονται τα συστήματα πληροφοριών, τα συστήματα αυτοματισμού και ελέγχου και οι τεχνολογίες ολοκλήρωσης. Το SC1 της είναι ο έλεγχος φυσικών συσκευών, το SC4 είναι τα βιομηχανικά δεδομένα, το SC5 είναι η διαλειτουργικότητα, η ολοκλήρωση και οι αρχιτεκτονικές για επιχειρησιακά συστήματα και εφαρμογές αυτοματισμού.
- Μέτρηση, έλεγχος και αυτοματισμός IEC/TC65 βιομηχανικών διεργασιών. Το IEC/TC65 αναπτύσσει διεθνή πρότυπα για συστήματα και στοιχεία που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση και τον έλεγχο βιομηχανικών διεργασιών που αφορούν συνεχείς και τμηματικές διεργασίες. Το WG10 είναι η ασφάλεια του για τη μέτρηση και τον έλεγχο βιομηχανικών διεργασιών - ασφάλεια δικτύων και συστημάτων. Το WG16 είναι το ψηφιακό εργοστάσιο. Το WG19 είναι η διαχείριση του κύκλου ζωής για συστήματα και προϊόντα που χρησιμοποιούνται στη μέτρηση, τον έλεγχο και τον αυτοματισμό βιομηχανικών διεργασιών. Το AHG3 είναι το πλαίσιο έξυπνης κατασκευής και η αρχιτεκτονική συστημάτων. Το JWG21 είναι το μοντέλο αναφοράς έξυπνης βιομηχανικής παραγωγής που συνδέεται με το ISO/TC184.
- Τεχνολογία πληροφοριών ISO/IEC/JTC1. Το ISO/IEC JTC1 αναπτύσσει διεθνή τυποποίηση στον τομέα της τεχνολογίας των πληροφοριών, ο οποίος περιλαμβάνει τις προδιαγραφές, το σχεδιασμό και την ανάπτυξη συστημάτων και εργαλείων που αφορούν τη δημιουργία, την αναπαράσταση, την επεξεργασία, την ασφάλεια, τη μεταφορά, την ανταλλαγή, την παρουσίαση, τη διαχείριση, την οργάνωση, την αποθήκευση και την ανάκτηση πληροφοριών. Το JTC1 είναι το περιβάλλον ανάπτυξης προτύπων, όπου οι ειδικοί συναντώνται για να αναπτύξουν παγκόσμια πρότυπα τεχνολογιών πληροφορικής και επικοινωνιών (ΤΠΕ) για επιχειρηματικές και καταναλωτικές εφαρμογές. Η WG7 είναι τα δίκτυα αισθητήρων, η WG9 είναι τα Big Data, η WG10 είναι το Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT), η SC25 είναι η διασύνδεση εξοπλισμού πληροφορικής, η SC27 είναι οι τεχνικές ασφάλειας Τεχνολογιών Πληροφορικής (ΤΠ), η SC31 είναι οι τεχνικές αυτόματης αναγνώρισης και καταγραφής δεδομένων, η SC32 είναι η διαχείριση και ανταλλαγή δεδομένων, η SC38 είναι το υπολογιστικό νέφος και οι κατανεμημένες πλατφόρμες, η SC41 είναι το Διαδίκτυο των πραγμάτων και οι σχετικές τεχνολογίες.

Ορισμένοι βιομηχανικοί οργανισμοί, κοινές επιτροπές ή ομάδες εργασίας σχετίζονται επίσης με την προτυποποίηση της έξυπνης κατασκευής, όπως ο ISA (International Society of Automation), IEEE (Ινστιτούτο Ηλεκτρολογικών και Ηλεκτρονικών Μηχανικών), OneM2M (πρωτοβουλία προτύπων για τη σύνδεση μηχανής με μηχανή και το Διαδίκτυο των πραγμάτων), IEC/SEG7 (έξυπνη βιομηχανική παραγωγή), ISO SMCC (επιτροπή συντονισμού έξυπνης βιομηχανικής παραγωγής), και ούτω καθεξής (58).

Αυτές οι SDOs ανέπτυξαν ορισμένα βασικά πρότυπα για την έξυπνη βιομηχανική παραγωγή. Για παράδειγμα, το IEC/ISO 62264 Enterprise – Control System Integration (από το ISA95) παρουσιάζει ένα πλαίσιο πολλαπλών επιπέδων για την επιχείρηση και την ολοκλήρωση συστημάτων ελέγχου, το οποίο περιλαμβάνει τα επίπεδα 0, 1, 2: Έλεγχος παρτίδων, συνεχής και διακριτός έλεγχος (Batch, Continuous and Discrete Control), Επίπεδο 3: Κατασκευαστικές λειτουργίες και έλεγχος (Manufacturing Operations and Control), επίπεδο 4: Επιχειρησιακός σχεδιασμός και Λογιστική (Business Planning & Logistics). Το πλαίσιο πολλαπλών επιπέδων αποκαλείται ευρέως, πυραμίδα της παραγωγής. Το IEC/ISO 62264 είναι το πραγματικό διεθνές πρότυπο της κατασκευαστικής συστήματος εκτέλεσης (manufacturing execution system MES). Το MES είναι το σημαντικότερο σύστημα πληροφοριών για την εφαρμογή και ολοκλήρωση έξυπνων συστημάτων παραγωγής.

Ορισμένοι βιομηχανικοί οργανισμοί αναπτύσσουν επίσης έξυπνες κατασκευές που σχετίζονται με την τεχνολογία και τα πρότυπα. Για παράδειγμα, η Object Management Group συνεργάζεται με το International Council on Systems Engineering (INCOSE) για την ανάπτυξη του SysML (system modeling language). Η μηχανική συστημάτων με βάση το μοντέλο (MBSE) και η SysML είναι ισχυρά εργαλεία για την ανάλυση και το σχεδιασμό σύνθετων συστημάτων μεγάλης κλίμακας, συμπεριλαμβανομένων των έξυπνων συστημάτων παραγωγής. Η OneM2M αναπτύσσει πρότυπα για τη σχέση της μηχανής με την μηχανή και το IoT, τα οποία αποτελούν θεμέλια της έξυπνης παραγωγής.

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 1, επειδή οι ανεπτυγμένες και οι αναπτυσσόμενες χώρες βρίσκονται σε διαφορετικά στάδια ανάπτυξης, ορισμένες χώρες δημοσίευσαν τα δικά τους σχέδια προτύπων και χάρτες πορείας.

- Εθνικό Ινστιτούτο Προτύπων και Τεχνολογίας (NIST) των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής δημοσίευσε το “Current Standards Landscape for Smart Manufacturing Systems”.
- Οι DIN, DKE VDE της Γερμανίας δημοσίευσαν τη γερμανική τυποποίηση Roadmap Industry 4.0.
- Το Υπουργείο Βιομηχανίας και Τεχνολογίας Πληροφοριών της Κίνας (MIIT) και η Διοίκηση Τυποποίησης της Κίνας (SAC) δημοσίευσαν την έκθεση “National Intelligent Manufacturing Standards Architecture Construction Guidance”.
- Με βάση τη συνεργασία Γερμανίας-Ιαπωνίας, η πλατφόρμα Industrie 4.0, Robot Revolution Initiative και το Συμβούλιο Τυποποίησης Industrie 4.0, δημοσίευσαν από κοινού “The Common Strategy on International Standardization in Field of the Internet of Things/Industrie 4.0” (58).

Όλα τα προαναφερθέντα τοπία τυποποίησης και χάρτες πορείας μοιράζονται τις ίδιες αρχές:

- Σεβασμός στις δραστηριότητες τυποποίησης των διεθνών SDO (58),
- Έμφαση στα συστήματα και στην ολοκλήρωση συστημάτων,
- Εύρεση κενών περιοχών τυποποίησης και ανάληψη δράσης,
- Πλήρης συνεκτίμηση της εκβιομηχάνισης και τα στάδια ανάπτυξης της πληροφορικής.

Καθώς οι Ηνωμένες Πολιτείες έχουν μια ανεπτυγμένη και ισχυρή βιομηχανική θεμελίωση, το NIST διαμορφώνει ένα οικοσύστημα έξυπνης κατασκευής με συναφής αρχιτεκτονική τυποποίηση για τις Ηνωμένες Πολιτείες. Οι αρχές του είναι συνεπείς με την πρόοδο από την ολοκληρωμένη κατασκευή με ηλεκτρονικούς υπολογιστές (CIM), την ευέλικτη κατασκευή, την κατασκευή επόμενης γενιάς (NGM), στη συνεργατική κατασκευή (59). Η αρχιτεκτονική του οικοσυστήματος καλύπτει σχεδόν όλες τις πτυχές ενός κατασκευαστικού συστήματος από διαφορετικές οπτικές γωνίες των επιχειρήσεων και της διοίκησης. Η Γερμανία διαθέτει επίσης ένα ανεπτυγμένο και ισχυρό βιομηχανικό υπόβαθρο. Η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση προσπαθεί να ενσωματώσει τη γνώση στον εξοπλισμό και να ενημερώσει τις συσκευές και τα συστήματα παραγωγής συνεχώς μέσω των κυβερνοφυσικών συστημάτων (CPS) και του Διαδικτύου των Αντικειμένων (IoT). Η διατήρηση της ηγετικής θέσης στις βιομηχανίες μεταποίησης υψηλών προδιαγραφών είναι το σημείο εκκίνησης για τη Γερμανία να προωθήσει την τέταρτη βιομηχανική επανάσταση. Οι αρχές και η τεχνολογία της λιτής παραγωγής (lean production) ενσωματώνουν τη συστηματική θεώρηση της ιαπωνικής παραγωγής. Μέσω της βελτίωσης της επιχειρησιακής κουλτούρας και του προσωπικού, οι μεταποιητικές επιχειρήσεις μπορούν να βελτιώσουν τις επιδόσεις τους (60). Η Κίνα αντιμετωπίζει πιο σύνθετες καταστάσεις. Οι ερευνητές καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι οι περισσότερες κινεζικές μεταποιητικές επιχειρήσεις βρίσκονται στη Industry 1.5 έως 3.0. Λίγες επιχειρήσεις προσπάθησαν να εφαρμόσουν την Industry 4.0. Ως εκ τούτου, οι κινεζικές στρατηγικές είναι πολύπλευρες. Η ενσωμάτωση της εκβιομηχάνισης και της πληροφόρησης είναι ο πυρήνας της κινεζικής έξυπνης στρατηγικής εφαρμογής της κινεζικής βιομηχανίας.

3.2 ΕΞΥΠΝΕΣ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Η αρχιτεκτονική είναι μια περιγραφή (μοντέλο) της βασικής διάταξης και συνδεσιμότητας των μερών ενός συστήματος, είτε πρόκειται για ένα φυσικό είτε για ένα εννοιολογικό αντικείμενο ή μία οντότητα (61). Οι αρχιτεκτονικές χρησιμοποιούνται ευρέως για την περιγραφή των κορυφαίων δομών και των εσωτερικών σχέσεων των πολύπλοκων συστημάτων. Για να αναπτυχθεί μια έξυπνη κατασκευαστική λύση και να προωθηθεί μια συστηματική τυποποίηση, οι αρχιτεκτονικές αναπτύσσονται από διάφορους βιομηχανικούς οργανισμούς και SDOs.

- Οικοσύστημα έξυπνης παραγωγής (SME) (62), που αναπτύχθηκε από το NIST,
- Μοντέλο αρχιτεκτονικής αναφοράς Industrie 4.0 (RAMI4.0), που αναπτύχθηκε από το Industrie 4.0,
- Αρχιτεκτονική ευφών συστημάτων παραγωγής (IMSA), που αναπτύχθηκε από το MIT και την SAC,
- Αρχιτεκτονική αναφοράς της βιομηχανικής αλυσίδας αξίας (IVRA), που αναπτύχθηκε από το IVI (60),
- Αρχιτεκτονική αναφοράς βιομηχανικού διαδικτύου (IIRA), που αναπτύχθηκε από την Industrial Internet Consortium (IIC) (63),

- Πλαίσιο για κυβερνο-φυσικά συστήματα (F-CPS), που αναπτύχθηκε από την Cyber-Physical Systems Public Working Group, Smart Grid and Cyber-Physical Systems Program Office, και Engineering Laboratory, δημοσιευμένο από το NIST (64),
- Το αρχιτεκτονικό μοντέλο αναφοράς για το Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT-ARM), που αναπτύχθηκε από το έργο IoT-A (65).

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 2, με βάση το μοντέλο συνεργασίας για τη διαχείριση της παραγωγής της συμβουλευτικής ομάδας ARC και το ιεραρχικό μοντέλο του ISO/IEC 62264, το NIST περιγράφει τη MME που περιλαμβάνει την πυραμίδα της παραγωγής με τρεις διαστάσεις - προϊόν, παραγωγή και επιχείρηση.

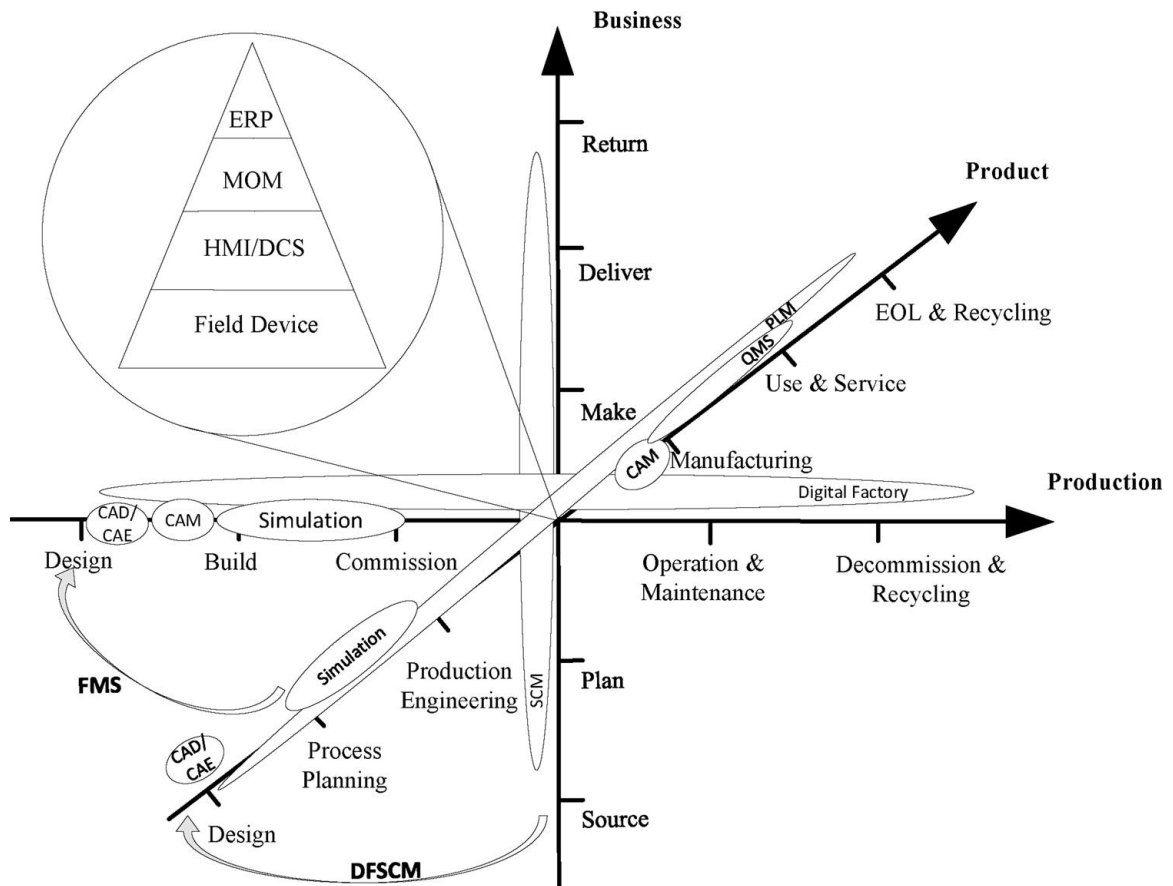
- Το προϊόν. Ο κύκλος ζωής του προϊόντος εκτείνεται από το σχεδιασμό, το προγραμματισμό της διαδικασίας, τη μηχανική παραγωγή, την κατασκευή, τη χρήση και την εξυπηρέτηση, έως τον EOL και την ανακύκλωση. Ακόμη και, οι ροές πληροφοριών και οι έλεγχοι αποτελούν κομμάτι στον κύκλο ζωής του προϊόντος.
- Η παραγωγή. Ο κύκλος ζωής του συστήματος παραγωγής εκτείνεται από το σχεδιασμό, την κατασκευή, την έναρξη λειτουργίας, τη λειτουργία και τη συντήρηση έως την απόσυρση και την ανακύκλωση. Αυτές οι φάσεις του κύκλου ζωής αφορούν κυρίως μια ολόκληρη εγκατάσταση παραγωγής, συμπεριλαμβανομένων των συστημάτων της.
- Η επιχείρηση. Ο κύκλος της εφοδιαστικής αλυσίδας παρατείνεται από το σχεδιασμό, την προμήθεια, την κατασκευή, την παράδοση έως την επιστροφή, ο οποίος αφορά κυρίως τις λειτουργίες των αλληλεπιδράσεων μεταξύ προμηθευτή και πελάτη.
- Η πυραμίδα παραγωγής. Αυτή η διάσταση βασίζεται στο μοντέλο IEC/ISO62264 - επίπεδο επιχείρησης, διαχείριση των κατασκευαστικών λειτουργιών (MOM), επίπεδο εποπτικού ελέγχου και απόκτησης δεδομένων (SCADA), επίπεδο συσκευής και διασταυρούμενα επίπεδα, τα οποία είναι το κάθετο ολοκλήρωση των μηχανών, των εγκαταστάσεων και των συστημάτων της επιχείρησης.

Με βάση τις μικρομεσαίες επιχειρήσεις, τα υφιστάμενα πρότυπα έχουν ένα μοντέλο αναφοράς που μπορεί να ταξινομηθεί και να προκύψει το σχέδιο των προτύπων. Αυτά τα τρέχοντα πρότυπα που σχετίζονται με την έξυπνη κατασκευή ταξινομούνται σε ορισμένες ομάδες προτύπων κατά μήκος των τεσσάρων διαστάσεων. Ωστόσο, τα εν λόγω πρότυπα δεν ταξινομούνται με βάση τις φάσεις του κύκλου ζωής των εν λόγω διαστάσεων.

- Το Προϊόν. Τα πρότυπα ταξινομούνται σε πέντε κατηγορίες - Πρακτική Μοντελοποίησης, Μοντέλο Προϊόντος και Ανταλλαγή Δεδομένων, Δεδομένα Μοντέλου Κατασκευής, Δεδομένα Κατηγορίας Προϊόντος και Διαχείριση Δεδομένων Κύκλου Ζωής Προϊόντος. Τα πρότυπα πρακτικής μοντελοποίησης ορίζουν βασικά δεδομένα τόσο για τα 2D όσο και για τα τρισδιάστατα μοντέλα. Το μοντέλο προϊόντος και τα πρότυπα ανταλλαγής δεδομένων ορίζουν τις πληροφορίες για την επίτευξη ανταλλαγής δεδομένων μεταξύ του λογισμικού CAx διαφορετικών προμηθευτών. Τα πρότυπα δεδομένων μοντέλου κατασκευής απαιτούνται κυρίως ως γλώσσα προγραμματισμού αριθμητικού ελέγχου, η οποία εξετάζει τον τρόπο με τον οποίο ένα προϊόν κατασκευάζεται από ένα σχέδιο. Τα δεδομένα κατηγορίας

προϊόντων και τα δεδομένα κύκλου ζωής ορίζουν, τα δεδομένα σχετικά με τα προϊόντα, με ουδέτερο τρόπο από τον προμηθευτή.

- Η Παραγωγή. Τα πρότυπα κατατάσσονται σε Σύστημα Παραγωγής Μοντέλου Δεδομένων και Πρακτικής, Μηχανική Συστήματος Παραγωγής, Λειτουργίες και Συντήρηση, και Διαχείριση Κύκλου Ζωής Παραγωγής. Το Σύστημα Παραγωγής Μοντέλου Δεδομένων και Πρακτικής είναι παρόμοιο με τα πρότυπα πρακτικής μοντελοποίησης στη διάσταση του προϊόντος, τα οποία καθορίζουν μοντέλα πληροφοριών για το σχεδιασμό του εργοστασίου και του συστήματος παραγωγής, για τη μηχανή παραγωγής μπορεί να θεωρηθεί ως προϊόν εδώ. Τα πρότυπα Μηχανικής συστήματος προϊόντος βοηθούν στην επίτευξη διασυνδέσεων μεταξύ διαφορετικών κλάδων. Τα πρότυπα διαχείρισης του κύκλου ζωής της παραγωγής πρόκειται να χειρίζονται τα δεδομένα που παράγονται κατά τη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας και να επιτύχουν την ενοποίηση, την κοινή χρήση και την ανταλλαγή τους. Τα πρότυπα Λειτουργιών και Συντήρησης καθορίζουν πρότυπα που σχετίζονται με λειτουργίες κατά μήκος του κύκλου ζωής όπως η επεξεργασία δεδομένων, η επικοινωνία και η παρακολούθηση κ.λπ.
- Η Επιχείρηση. Υπάρχουν τρία σετ ειδικά για την κατασκευή προτύπων που είναι απαραίτητα για την ενσωμάτωση: APICS Supply Chain Operations Reference (SCOR), Open Applications Group Integration Specification (OAGIS), και το B2MML της MESA.
- Η Πυραμίδα παραγωγής. Η ταξινόμηση των προτύπων της πυραμίδας παραγωγής είναι η ίδια με το οικοσύστημα, διότι η ιεραρχία της πυραμίδας βασίζεται στο IEC/ISO 62264 και τις λειτουργίες του. Τα πρότυπα σε επίπεδο επιχείρησης αφορούν κυρίως λειτουργίες της επιχείρησης, όπως ο σχεδιασμός αποφάσεων και η εφαρμογή αποφάσεων. Τα πρότυπα επιπέδου MOM αναφέρονται σε εφαρμογές που ελέγχουν τις λειτουργίες σε επίπεδο εργοστασίου. Τα πρότυπα επιπέδου SCADA και συσκευής είναι πρότυπα εργοστασίου, τα οποία περιγράφουν τα συστήματα ελέγχου, όπως HMI, PLC και εξαρτήματα πεδίου και τα πρωτόκολλα επικοινωνίας τους. Τα cross-level πρότυπα, είναι τα πρότυπα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν διαπαντός σε όλα τα επίπεδα, όπως η ασφάλεια του συστήματος, η διαχείριση της ποιότητας και η διαχείριση της ενέργειας.



ΣΧΗΜΑ 2: Η ιδέα της NIST για τις μικρομεσαίες επιχειρήσεις. ΠΗΓΗ: Smart Manufacturing Standardization: Reference Model and Standards Framework

Τα υφιστάμενα πρότυπα ταξινομούνται με τον παραπάνω τρόπο. Ωστόσο, πρέπει να υπάρχουν κάποιες απαιτήσεις για να αποφασιστεί αν ένα συγκεκριμένο πρότυπο μπορεί να συσχετιστεί με αυτό το τοπίο. Το NIST επισημαίνει ότι για να προσδιοριστεί ένα πρότυπο εντός του πεδίου εφαρμογής, το πρότυπο πρέπει να συμβάλει σε μια ικανότητα. Οι βασικές ικανότητες ενεργοποίησης της έξυπνης παραγωγής ταξινομούνται από το NIST σε τέσσερις κατηγορίες, οι οποίες είναι, η παραγωγικότητα, η ευελιξία, η ποιότητα και η βιωσιμότητα. Η παραγωγικότητα είναι ο λόγος της παραγωγής προς τις εισροές, ο οποίος μπορεί να αναλυθεί περαιτέρω σε αποδοτικότητα υλικών και ενέργειας και ούτω καθεξής. Η ευελιξία αποτελεί την ικανότητα γρήγορης και αποτελεσματικής αντίδρασης στις μεταβαλλόμενες αγορές για την επίτευξη περισσότερων κερδών. Η ποιότητα αφορά την ικανότητα των προϊόντων να ανταποκρίνονται στις προδιαγραφές του σχεδιασμού. Το παράδειγμα εφαρμογής αυτής της απαίτησης της ικανότητας είναι ότι, ο λόγος για τον οποίο τα πρότυπα σχετικά με το CAD, το CAM και το CAx μπορούν να προσδιοριστούν στο πλαίσιο της πρακτικής μοντελοποίησης στη διάσταση της ανάπτυξης προϊόντων είναι, επειδή τα πρότυπα αυτά μπορούν να βελτιώσουν σημαντικά την αποτελεσματικότητα της μηχανικής και στη συνέχεια μπορεί να ενισχυθεί η ευελιξία του συστήματος παραγωγής και η ποιότητα των προϊόντων. Σύμφωνα με ένα άλλο άρθρο, οι συγγραφείς αναπτύσσουν ένα παρόμοιο μοντέλο κύκλου ζωής με συναφή συστήματα πληροφοριών όταν ερευνούν την τέταρτη βιομηχανική επανάσταση και την τυποποίηση του κύκλου ζωής των υπηρεσιών

(71). Οι μικρομεσαίες επιχειρήσεις επισημαίνουν ότι τα τρέχοντα πρότυπα δεν έχουν καλύψει όλους τους τομείς της έξυπνης παραγωγής. Επίσης, επισημαίνεται ότι η έλλειψη τυποποίησης είναι η πρόκληση και το ζήτημα της αρχιτεκτονικής του Διαδικτύου των Αντικειμένων (IoT) (72). Ωστόσο, μέσω του οικοσυστήματος και του τοπίου προτύπων που προκύπτει από το οικοσύστημα και το μοντέλο ικανοτήτων, οι νέες ευκαιρίες προτύπων, όπως η ασφάλεια στον κυβερνοχώρο και τα πρότυπα επικοινωνίας ευφυών μηχανών, μπορούν εύκολα να αναλυθούν για το σε ποια διάσταση του οικοσυστήματος ανήκουν και ποια ικανότητα θα μπορούσαν να υποστηρίξουν. Επανεξετάζοντας την ιδέα της NIST για τις μικρομεσαίες επιχειρήσεις που παρουσιάζεται στο Σχήμα 2, οι διαστάσεις του προϊόντος, της παραγωγής και της επιχείρησης ανήκουν στον ίδιο τεχνικό τομέα, τη διαχείριση. Το οικοσύστημα δίνει έμφαση στην εφαρμογή των τεχνολογιών πληροφορικής και επικοινωνίας (ΤΠΕ) σε πραγματικές δραστηριότητες παραγωγής. Ο κύκλος ζωής του προϊόντος, η παραγωγική διαδικασία και η επιχειρηματική διαδικασία βρίσκονται στην ίδια χρονική διάσταση και εξαρτώνται η μία από την άλλη. Στην αρχιτεκτονική του οικοσυστήματος, είναι πολύ δύσκολο να δει κανείς τη σημαντική θέση της βιομηχανικής τεχνολογίας στην έξυπνη κατασκευή, όπως η τρισδιάστατη εκτύπωση, το έξυπνο ρομπότ, τα νέα υλικά κ.ο.κ. Η αρχιτεκτονική του οικοσυστήματος περιγράφει μόνο συστήματα εφαρμογών τεχνολογιών πληροφορικής και επικοινωνίας (ΤΠΕ), όπως CAD, CAM και SCM. Η βελτίωση της επιχειρηματικής υποδομής δεν μπορεί να βρεθεί στην αρχιτεκτονική, όπως και το cloud computing, το big data, το Διαδίκτυο των Αντικειμένων (IoT), το κυβερνοφυσικά συστήματα (CPS), το ψηφιακό δίδυμο (Digital twin concept) και ούτω καθεξής. Ως εκ τούτου, η έξυπνη κατασκευή του NIST τυποποίησης εξετάζει κυρίως πεδία εφαρμογών.

Η κεντρική ιδέα του RAMI4.0 παρουσιάζεται στο Σχήμα 3, το οποίο περιλαμβάνει τρεις διαστάσεις για τον καθορισμό των τομέων της τέταρτη βιομηχανική επανάσταση.

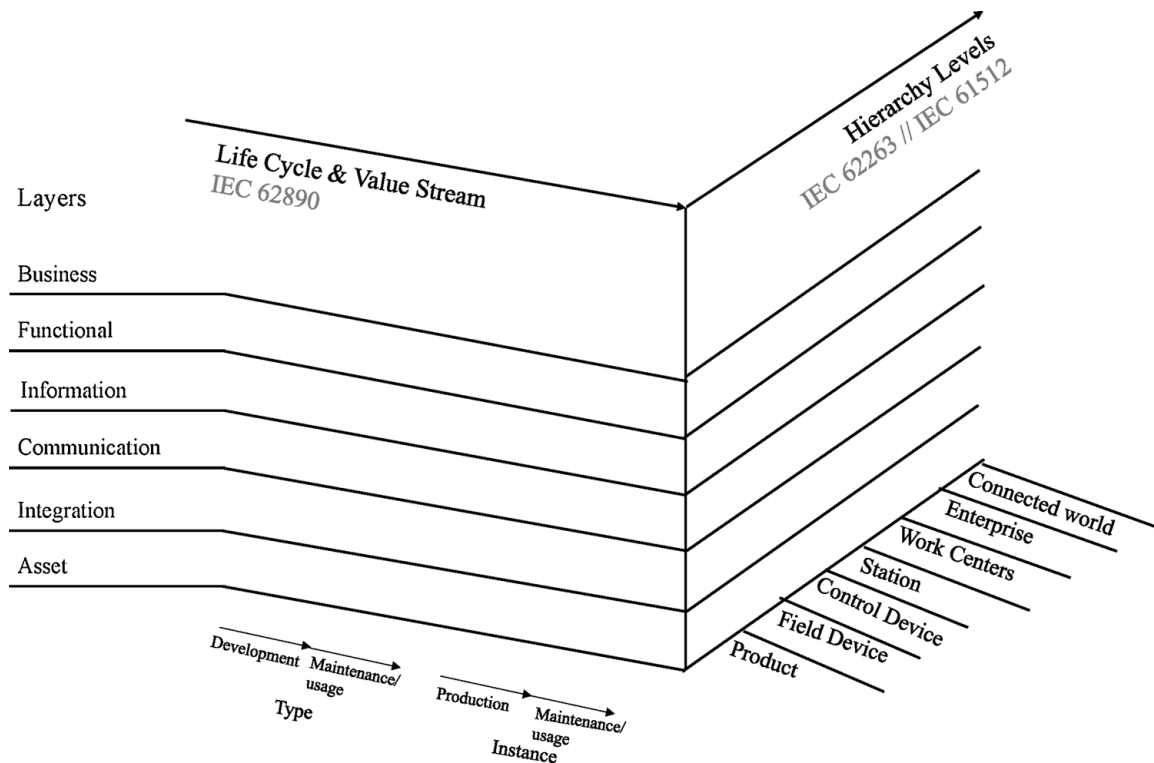
- Στρώματα: από το περιουσιακό στοιχείο, την ολοκλήρωση, την επικοινωνία, την πληροφόρηση, τη λειτουργικότητα, έως την επιχείρηση. Περιλαμβάνει το επίπεδο περιουσιακών στοιχείων που αντιπροσωπεύει τον πραγματικό, φυσικό κόσμο και επίσης έναν εικονικό χάρτη της φυσικής εγκατάστασης ενός συστήματος.
- Κύκλος ζωής & ροή αξίας: από την ανάπτυξη έως τη συντήρηση/χρήση, η οποία ορίζεται από το IEC 62890. Η διαφορά μεταξύ του "τύπου" και της περίπτωσης είναι ότι, όταν μια ιδέα, μια έννοια ή ένα πράγμα κλπ. παραμένει ένα σχέδιο, είναι ένας "τύπος" και όταν είναι διαθέσιμο ως πραγματικό και χρησιμοποιήσιμο αντικείμενο, γίνεται περίπτωση.
- Επίπεδα ιεραρχίας: από το προϊόν, τη συσκευή πεδίου, τη συσκευή ελέγχου, το σταθμό, τα κέντρα εργασίας, την επιχείρηση, έως τον συνδεδεμένο κόσμο που ορίζεται από το ISO/IEC 62264 και το IEC 61512.

Η ανάλυση της κατάστασης των προτύπων, η ανάλυση των προτύπων απαιτήσεων και η ανάλυση των προτύπων εφαρμογών εξετάζονται με βάση το μοντέλο αναφοράς που παρουσιάζεται στο Σχήμα 3. Σύμφωνα με αυτό το μοντέλο αρχιτεκτονικής αναφοράς, τα υφιστάμενα πρότυπα, τα υπάρχοντα μοντέλα και τα νέα μοντέλα θα πρέπει να ενσωματωθούν σε αυτό. Επιπλέον, απαιτούνται χαρακτηριστικά, σημασιολογία και οντολογίες. Εκτός από το μοντέλο αρχιτεκτονικής του συστήματος, συνιστώνται μοντέλα

αναφοράς των λειτουργιών οργάνων και ελέγχου, των τεχνικών και οργανωτικών διαδικασιών και μοντέλα αναφοράς των διαδικασιών του κύκλου ζωής. Οι απαιτήσεις προτύπων αναλύονται από την άποψη του μοντέλου αναφοράς, ενώ υπάρχουν και ορισμένες άλλες πτυχές του τοπίου τυποποίησης:

- Τα θεμελιώδη: πρότυπα σχετικά με τη χρήση κοινών μοντέλων μοντελοποίησης και τεχνικών περιγραφής, όπως όροι και γλώσσες μοντελοποίησης.
- Μη λειτουργικές ιδιότητες: πρότυπα σχετικά με τις μη λειτουργικές ιδιότητες. όπως η ασφάλεια, η προστασία και η ασφάλεια ΤΠ, η αξιοπιστία και η ανθεκτικότητα και διαλειτουργικότητα κ.λπ.
- Ανάπτυξη και μηχανική: πρότυπα σχετικά με τις βοηθητικές και επικουρικές διαδικασίες, όπως διαφανείς και απρόσκοπτες βάσεις δεδομένων και εργαλεία ανάπτυξης για ολόκληρο τον κύκλο ζωής του προϊόντος και διαχείριση βιομηχανικών θέσεων κ.λπ.
- Επικοινωνία: απαιτούνται πρότυπα για τα βιομηχανικά συστήματα επικοινωνίας, όπως η επικοινωνία μέσω γραμμής και ραδιοεπικοινωνίας, η διαχείριση και τοπολογία δικτύων κ.λπ.
- Προσθετική κατασκευή: πρότυπα για την τρισδιάστατη εκτύπωση.
- Ο άνθρωπος στη τέταρτη βιομηχανική επανάσταση: πρότυπα για τον άνθρωπο, όπως η περαιτέρω ανάπτυξη προτύπων και προδιαγραφών για τον φιλικό προς τον άνθρωπο σχεδιασμό της εργασίας, έννοιες για τον λειτουργικό καταμερισμό της εργασίας μεταξύ ανθρώπου και μηχανών και ο σχεδιασμός της αλληλεπίδρασης μεταξύ τους.
- Διαδικασία τυποποίησης: η διαδικασία τυποποίησης χρειάζεται επίσης πρότυπα για την υποστήριξή της. Οι ερευνητικές κατευθύνσεις θα μπορούσαν να είναι ανοικτού κώδικα ανάπτυξης, η επισημοποίηση των προδιαγραφών, η κατηγοριοποίηση των προτύπων και ανταλλαγή εγγράφων κ.λπ.

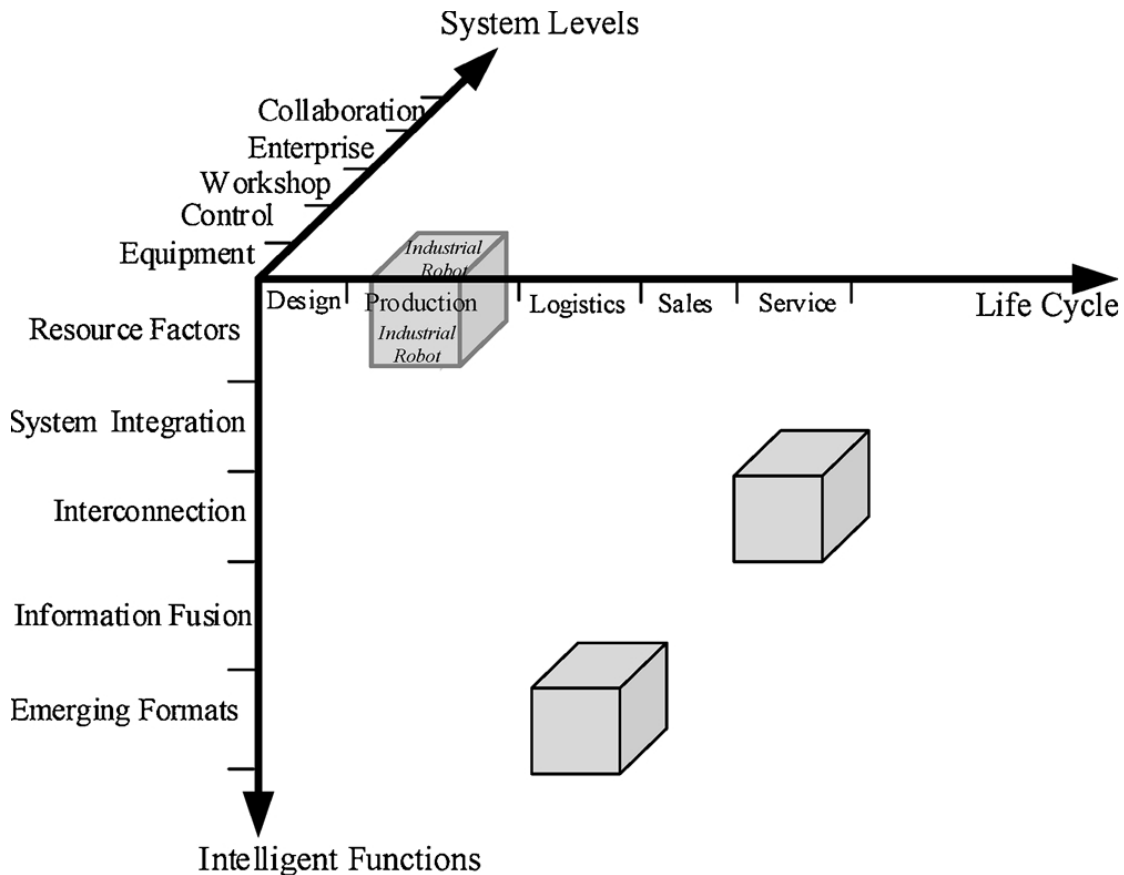
Το μοντέλο της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης δεν διαθέτει ένα πλαίσιο προτύπων που να καλύπτει όλες τις πτυχές της έξυπνης παραγωγής και να συνδέει όλα τα σχετικά πρότυπα ώστε να παρουσιάσει μια λύση για την εφαρμογή της έξυπνης παραγωγής (73).



ΣΧΗΜΑ 3: Η ιδέα του RAMI4.0. ΠΗΓΗ: *Smart Manufacturing Standardization: Reference Model and Standards Framework*

Προκειμένου να επιταχυνθεί η διαδικασία ολοκλήρωσης της πληροφορικής και της εκβιομηχάνισης των μεταποιητικών βιομηχανιών στην Κίνα, η κινεζική κυβέρνηση προέβλεψε μια εθνική στρατηγική με την ονομασία Made in China 2025. Το Υπουργείο Βιομηχανίας και Τεχνολογίας Πληροφοριών της Κίνας (MIIT) και η Διοίκηση Τυποποίησης της Κίνας (SAC) δημοσίευσαν μια κοινή έκθεση National Intelligent Manufacturing Standards Architecture Construction Guidance, η οποία παρέχει μοντέλο αναφοράς, ορολογία, δείκτες αξιολόγησης και τεχνολογικά πρότυπα για την ευφυή κατασκευή. Η έκθεση ανακοινώνει ότι η τυποποίηση θα πρέπει να θεωρηθεί ως κορυφαία προτεραιότητα στην πορεία από την παραδοσιακή μεταποίηση στην έξυπνη μεταποίηση.

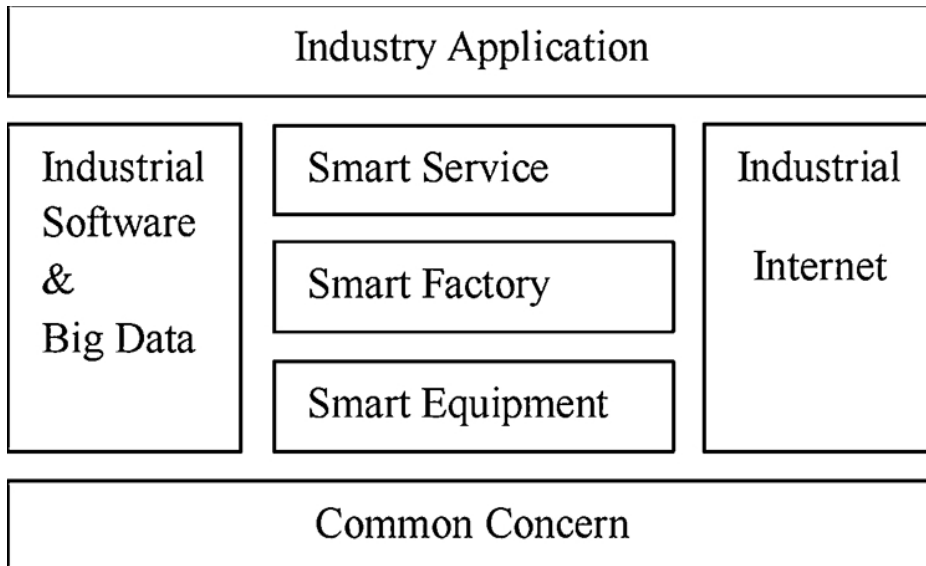
Η ευφυής κατασκευή ονομάζεται ως Chinese Industry 4.0. Η κύρια συμβολή της αντίστοιχης έκθεσης είναι η δημιουργία μιας τρισδιάστατης αρχιτεκτονικής ευφυούς συστήματος παραγωγής (IMSA) που παρουσιάζεται στο σχήμα 4. Σύμφωνα με το μοντέλο, το πεδίο εφαρμογής κάθε τεχνολογίας που σχετίζεται με την έξυπνη κατασκευή μπορεί να προσδιοριστεί με βάση τις διαστάσεις του κύκλου ζωής, του επιπέδου συστήματος και της έξυπνης λειτουργίας. Για παράδειγμα, το πεδίο εφαρμογής του βιομηχανικού ρομπότ εντός του μοντέλου παρουσιάζεται στο δομικό στοιχείο που σχηματίζεται από τους παράγοντες πόρων, τον εξοπλισμό και την κατασκευή του Σχ. 4, υποδεικνύοντας ότι η τεχνολογία του βιομηχανικού ρομπότ επηρεάζει τη διαδικασία παραγωγής εντός της διάστασης του κύκλου ζωής του προϊόντος, ανήκει στο επίπεδο συσκευής και ελέγχου εντός της διάστασης του επιπέδου συστήματος και μπορεί να θεωρηθεί ως παράγοντας για την εκτέλεση έξυπνων λειτουργιών.



ΣΧΗΜΑ 4: Ιδέα της IMSA ΠΗΓΗ: *Smart Manufacturing Standardization: Reference Model and Standards Framework*

Στην IMSA, ένα τοπίο έξυπνης αρχιτεκτονικής τυποποίησης παραγωγής, που φαίνεται στο Σχ. 5 , προτείνεται ως βοήθεια για την τυποποίηση ταξινόμηση. Το τοπίο καλύπτει συνολικά ομάδες πέντε βασικών προτύπων τύπων, τύπων προτύπων βασικής τεχνολογίας, προτύπων βιομηχανικών εφαρμογών τύπων. Ο οργανισμός National Intelligent Manufacturing Standards Architecture Construction Guidance, κάνει ένα πρώτο βήμα προς την αποκάλυψη της εικόνας της διαδικασίας τυποποίησης στον τομέα της ευφυούς κατασκευής, παρέχοντας ένα βασικό τοπίο των διαφόρων κατηγοριών προτύπων που πρέπει να μελετηθούν για την έξυπνη κατασκευή. Στην πραγματικότητα, η τυποποίηση της έξυπνης μεταποίησης στην Κίνα βρίσκεται ακόμη στα σπάργαλα και υπάρχουν πολλά που πρέπει να διερευνηθούν σε ένα ευρύτερο και βαθύτερο βαθμό, δηλαδή:

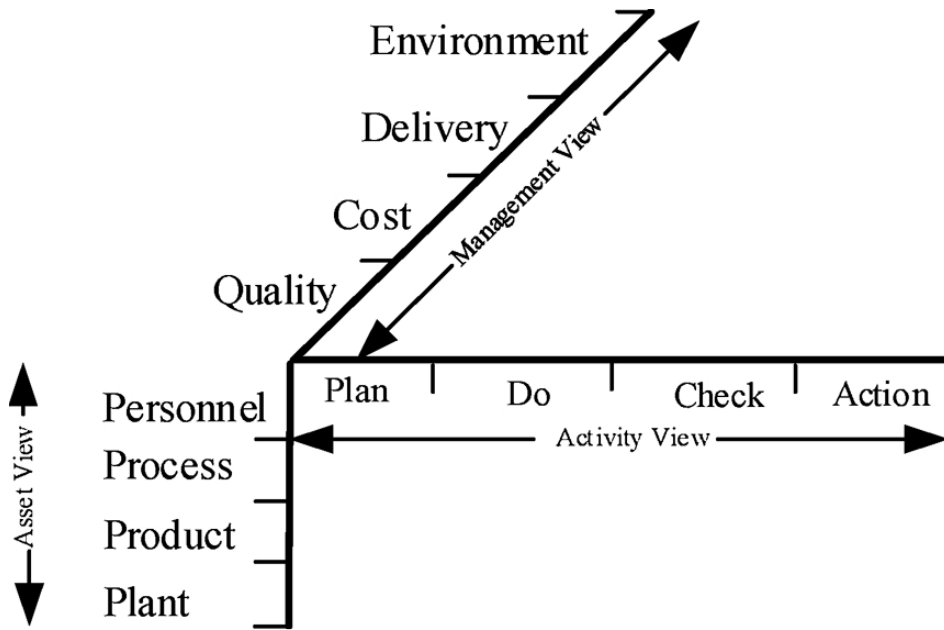
- Η συμβατότητα και η ενσωμάτωση μεταξύ προτύπων διαφορετικών τομέων απαιτεί βαθύτερη διερεύνηση.
- Σενάρια της διαδικασίας τυποποίησης της έξυπνης κατασκευής σε όλο τον κόσμο τομέα της βιομηχανίας θα πρέπει να έχουν αναπτυχθεί.
- Ένα πλαίσιο αξιολόγησης που χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση της ικανότητας όσον αφορά εφαρμογής της έξυπνης κατασκευής θα έπρεπε να έχει αναπτυχθεί για να βοηθήσει τις επιχειρήσεις να σχεδιάσουν οδικούς χάρτες για τη μετατροπή σε έξυπνη κατασκευή.



ΣΧΗΜΑ 5: Τοπίο της αρχιτεκτονικής τυποποίησης ευφυούς κατασκευής. ΠΗΓΗ: Smart Manufacturing Standardization: Reference Model and Standards Framework

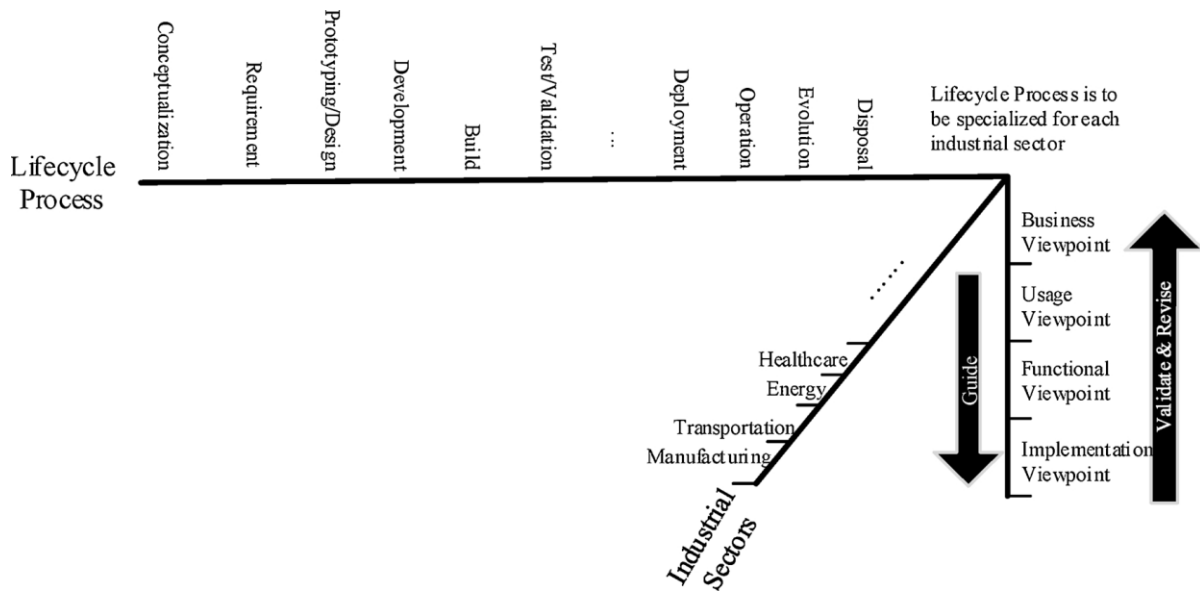
Όπως φαίνεται στο Σχήμα 6, η αρχιτεκτονική αναφοράς της βιομηχανικής αλυσίδας αξίας (IVRA) καταγράφει τις έξυπνες μονάδες παραγωγής από 3 πλευρές:

- Πλευρά περιουσιακών στοιχείων. Η πλευρά αυτή δείχνει τα περιουσιακά στοιχεία που είναι πολύτιμα για τις μεταποιητικές επιχειρήσεις. Διακρίνονται τέσσερις κατηγορίες περιουσιακών στοιχείων (προσωπικό, διαδικασία, προϊόν και εργοστάσιο).
- Πλευρά δραστηριότητας. Η πλευρά δραστηριότητας αποτελείται από τον κύκλο "Σχεδιάζω", "Κάνω", "Ελέγχω" και "Ενεργώ" (Plan- Do- Check- Action) ο οποίος αποτελεί τη βασική μεθοδολογία της διοίκησης ολικής ποιότητας και της συνεχούς βελτίωσης των επιχειρηματικών διαδικασιών.
- Πλευρά διαχείρισης. Η πλευρά διαχείρισης δείχνει τους στόχους της διαχείρισης. Περιλαμβάνονται η ποιότητα, το κόστος, η ακρίβεια παράδοσης και το περιβάλλον.



ΣΧΗΜΑ 6: Ιδέα της IVRA ΠΗΓΗ: *Smart Manufacturing Standardization: Reference Model and Standards Framework*

Από την IVRA, δεν υπάρχει λεπτομερή τεχνολογία που σχετίζεται με την έξυπνη κατασκευή. Η IVRA επισημαίνει ότι μια μεταποιητική επιχείρηση πρέπει να ενσωματώνει το προσωπικό, τη διαδικασία, το προϊόν και το εργοστάσιο, τα οποία είναι στοιχεία της διαχείρισης της επιχείρησης. Συγκρίνοντας με άλλες αρχιτεκτονικές, η IVRA επισημαίνει τους στόχους (επιδόσεις) της επιχειρησιακής διαχείρισης και παρουσιάζει τη μεθοδολογία για τη βελτίωση της διαχείρισης. Το 2012, η GE πρότεινε την έννοια του βιομηχανικού διαδικτύου. Τον Απρίλιο του 2014, η GE, η IBM, η Cisco, η Intel και η AT&T ξεκίνησαν την κοινοπραξία βιομηχανικού διαδικτύου (Industrial Internet Consortium - IIC). Τον Ιούνιο του 2015, το IIC δημοσίευσε την αρχιτεκτονική αναφοράς του βιομηχανικού διαδικτύου (Industrial Internet Reference Architecture - IIRA) και τον Ιανουάριο του 2017, το IIC δημοσίευσε το Βιομηχανικό Διαδίκτυο των πραγμάτων - τόμος G1: Αρχιτεκτονική αναφοράς. Όπως φαίνεται στο Σχ. 7, η IIRA περιλαμβάνει 3 διαστάσεις: Διαδικασία κύκλου ζωής και βιομηχανικούς τομείς. Τα πεδία διαχείρισης είναι η βασική θεώρηση της IIRA.



ΣΧΗΜΑ 7: Ιδέα της IIRA ΠΗΓΗ: *Smart Manufacturing Standardization: Reference Model and Standards Framework*

Η ανάπτυξη των αρχιτεκτονικών έξυπνης κατασκευής έχει προκαλέσει παγκόσμια προσοχή και υπάρχουν αρκετές εργασίες που συγκρίνουν και ερευνητικές αρχιτεκτονικές που αναφέρονται παραπάνω. Οι Takahashi, Ogata και Nonaka χρησιμοποιούν 4 πτυχές για να συγκρίνουν αυτές τις αρχιτεκτονικές και τα μοντέλα: λογική, φυσική, κύκλος ζωής και περιεκτικότητα, στόχος των οποίων είναι η ανάπτυξη ενός ενοποιημένου μοντέλου αναφοράς για την έξυπνη κατασκευή, το οποίο βασίζεται στο πλαίσιο της UML και της SysML. Ο Παπάζογλου και ο Heuvel, προτείνουν αρχιτεκτονική και δομές βασισμένες στη γνώση για δίκτυα έξυπνης παραγωγής. Η δομή επικεντρώνεται στα στοιχεία του συστήματος έξυπνης κατασκευής και στις σχέσεις τους, η οποία αποτελεί ένα σχήμα τεχνικής υλοποίησης. Σύμφωνα με τον Mohsen, διερευνώνται τα κοινά σημεία, οι περιορισμοί και οι αρχιτεκτονικές του IIRA και του RAMI4.0 προκειμένου να προσδιορίσει τα υπάρχοντα τεχνολογικά κενά και να διατυπώσει ορισμένες συστάσεις για την επόμενη γενιά επιχειρήσεων. Επίσης, πολλές έρευνες επικεντρώνονται στο Διαδίκτυο των Αντικειμένων (IoT), το οποίο είναι μία από τις τεχνολογίες που διευκολύνουν την έξυπνη παραγωγή. Ακόμη, γίνονται συγκρίσεις σε διάφορες πλατφόρμες IoT σχετικά με την επισημασμένη και την αρχιτεκτονική αναφοράς που αντιπροσωπεύεται σε αυτές. Τελικά εισάγεται μια αρχιτεκτονική αναφορά IoT και τα καθορισμένα συστατικά που εμπλέκονται. Ο Cavalcante συγκρίνει δύο αρχιτεκτονικές αναφοράς IoT και αναφέρει σημαντικά ζητήματα για το μέλλον. Ο Tokaman συζητά την πρότυπη αρχιτεκτονική αναφοράς IoT, την ITU_T, και διερευνά επίσης τέσσερις άλλες αρχιτεκτονικές αναφοράς: IoT-A, WSO2, κορεατικές και κινεζικές προοπτικές, των οποίων τα χαρακτηριστικά και οι δυνατότητες συγκρίνονται μαζί.

Με βάση τη συγκριτική ανάλυση συμπεραίνεται ότι η κατασκευή όλων αυτών των αρχιτεκτονικών βασίζεται στις ακόλουθες αρχές:

- Αποσύνθεση: Όλες οι αρχιτεκτονικές περιγράφονται ως πολυδιάστατα διαγράμματα. Κάθε διάσταση δείχνει μια σημαντική πτυχή της έξυπνης κατασκευής. Για παράδειγμα, το διάγραμμα των μικρομεσαίων επιχειρήσεων περιλαμβάνει τέσσερις διαστάσεις (επιχείρηση, προϊόν, παραγωγή και στρώματα παραγωγής). Το RAMI4.0 περιλαμβάνει τρεις διαστάσεις (στρώματα, κύκλος ζωής και ροή αξίας, επίπεδα ιεραρχίας). Ορισμένες αρχιτεκτονικές επισημαίνουν περαιτέρω δομικά στοιχεία μεταξύ των διαφόρων διαστάσεων. Για παράδειγμα, στην IMSA, η παραγωγή στη διάσταση Κύκλος ζωής, Παράγοντες Πόρων στη διάσταση Ευφυής Λειτουργίες, και ο εξοπλισμός στη διάσταση Επίπεδα Συστήματος αποτελούν το δομικό στοιχείο Βιομηχανικό ρομπότ.
- Εστίαση: Σε αυτές τις αρχιτεκτονικές δεν περιλαμβάνονται όλα τα στοιχεία και οι έννοιες της έξυπνης παραγωγής. Όλες οι αρχιτεκτονικές εστιάζουν στις δικές τους βασικές έννοιες. Για παράδειγμα, το διάγραμμα των μικρομεσαίων επιχειρήσεων περιλαμβάνει μόνο τα επίπεδα της ολοκλήρωσης του συστήματος επιχείρησης-ελέγχου και τον κύκλο ζωής της επιχείρησης, της παραγωγής και του προϊόντος. Η IVRA δίνει έμφαση στον σημαντικό ρόλο του κύκλου P (Plan), D (Do), C (Check), A (Action), ο οποίος προέρχεται από τη διοίκηση ολικής ποιότητας.
- Στρατηγική συνοχή: Αυτές οι αρχιτεκτονικές ενσωματώνουν συναφείς εθνικές στρατηγικές παραγωγής. Οι μικρομεσαίες επιχειρήσεις ενσωματώνουν τους τομείς εφαρμογής της έξυπνης κατασκευής. Η IMSA δίνει έμφαση σε νέους τεχνικούς τομείς, όπως το PLC, το βιομηχανικό ρομπότ, οι οποίοι χρειάζονται περαιτέρω επενδύσεις στην έρευνα και την ανάπτυξη. Η έλλειψη βασικών τεχνολογιών αποτελούσε ανέκαθεν ένα εμπόδιο για την ανάπτυξη της κινεζικής μεταποίησης.

Όπως συζητήθηκε παραπάνω, η έξυπνη μεταποίηση είναι η σύγκλιση των πληροφοριών τεχνολογίας, της κατασκευαστικής (βιομηχανικής) τεχνολογίας και της τεχνολογίας διαχείρισης, και στοχεύει στην ανάληψη νέων δυνατοτήτων και βασικών ικανότητες στις μεταποιητικές επιχειρήσεις. Οι εξελίξεις των πληροφοριών τεχνολογίας, της βιομηχανικής τεχνολογίας και της τεχνολογίας διαχείρισης, ή τομείς της τεχνολογίας πληροφοριών, της βιομηχανικής τεχνολογίας και της τεχνολογίας διαχείρισης μπορούν να τοποθετήσουν με ακρίβεια τα στοιχεία της έξυπνης μεταποίησης με την τυποποίησή της. Παρόλο που οι αρχιτεκτονικές που αναλύθηκαν παραπάνω μοιράζονται κάποιες κοινές ιδέες και παρόμοιες έννοιες/στοιχεία, είναι απαραίτητο να αναπτυχθεί μια γενική αρχιτεκτονική και ένα μοντέλο αναφοράς της έξυπνης μεταποίησης και της τυποποίησής της.

Χρειάζεται μια γενικευμένη αρχιτεκτονική και ένα μοντέλο αναφοράς για τη σύνδεση των προαναφερόμενων αρχιτεκτονικών μεταξύ τους, ώστε να υλοποιηθεί η διαλειτουργικότητα μεταξύ αυτών των αρχιτεκτονικών και μοντέλων.

- Στις προαναφερθείσες αρχιτεκτονικές, τα πρότυπα βρίσκονται σε κάθε διάσταση. Ο τρόπος ανάπτυξης και χρήσης προτύπων που καλύπτουν δύο ή τρεις διαστάσεις, ιδίως στις μικρομεσαίες επιχειρήσεις, δεν έχει συζητηθεί λεπτομερώς.
- Υπάρχουν διαφορετικές απόψεις για την ανάπτυξη και την εφαρμογή προτύπων, ο τρόπος συνδυασμού τους αποτελεί μεγάλη πρόκληση.

- Για μια μεταποιητική επιχείρηση, είναι απαραίτητο να αποδεχτεί και να εφαρμόσει ένα πλαίσιο προτύπων στο σύνολό του για να υποστηρίξει το πρόγραμμα έξυπνης παραγωγής της. Επομένως, απαιτείται ο τρόπος περιγραφής των συστάδων προτύπων ως σύστημα.

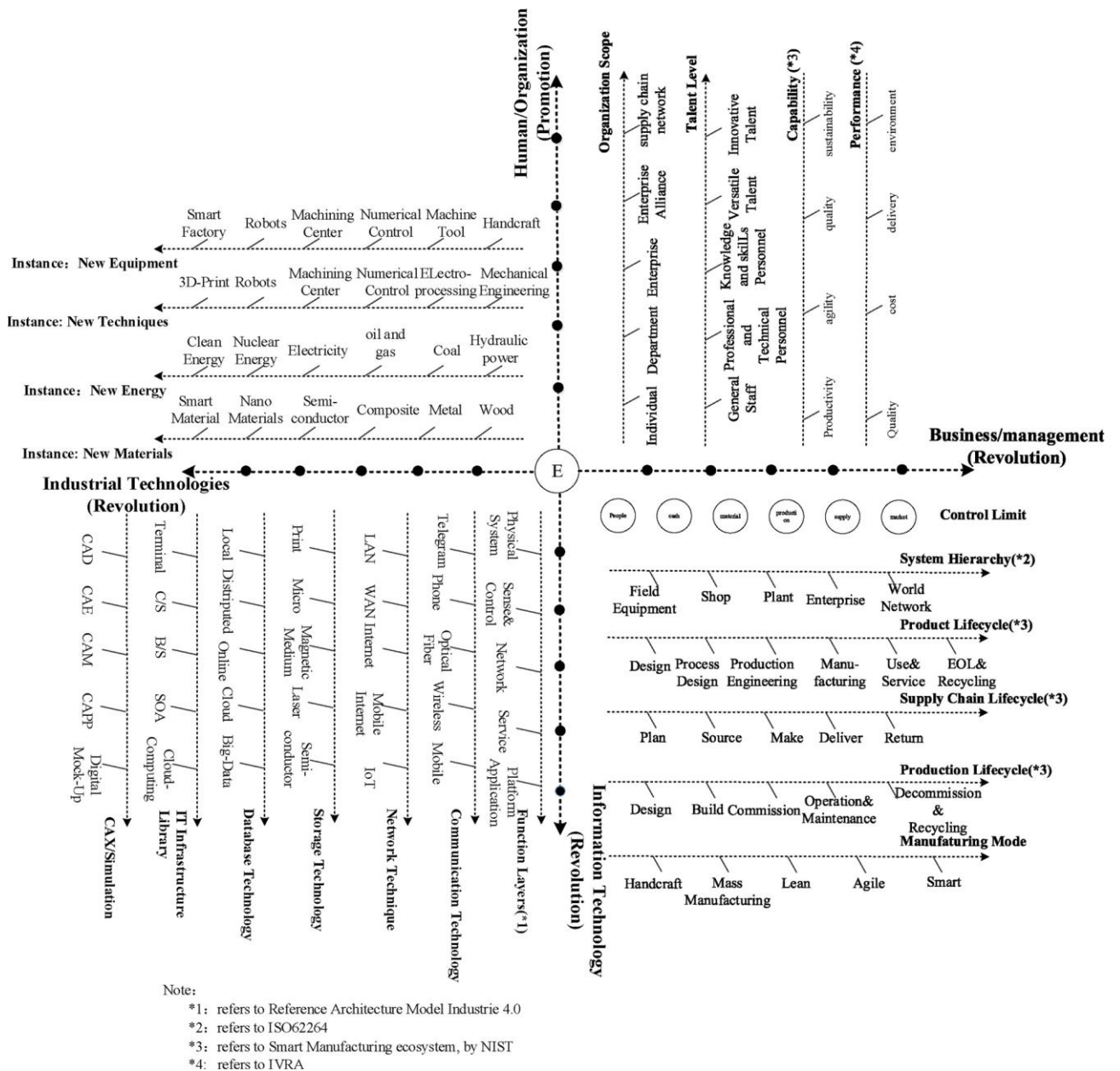
Συνοψίζοντας τις παραπάνω συζητήσεις σχετικά με διάφορες αρχιτεκτονικές έξυπνης κατασκευής, καθώς και τα πλαίσια του IoT, των CPS κ.ο.κ., το αποτέλεσμα είναι όπως φαίνεται στον Πίνακα 3.1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1: ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΥΠΟΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΤΩΝ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΩΝ ΕΞΥΠΝΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ	ΥΠΟΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ	ΜΙΚΡΟΜΕΣΑΙΕΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΙΣ	RAMI4.0	IMSA	IVRA	IIRA	F-CPS	IoT-ARM
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΙΣ / ΔΙΟΙΚΗΣΗ (ΤΟΜΕΙΣ, ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗ)	Ιεραρχία συστήματος	X	X	X	X	X		
	Κύκλος ζωής προϊόντος	X	X	X	X	X	X	X
	Κύκλος ζωής επιχειρήσεων (αλυσίδα εφοδιασμού)	X	X	X	X	X	X	X
	Κύκλος ζωής παραγωγής	X	X	X	X	X	X	X
	Ανάπτυξη τρόπου παραγωγής							X
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗ	Νέος εξοπλισμός		X	X	X			
	Νέες τεχνικές παραγωγικής διαδικασίας		X	X	X		X	
	Νέα ενέργεια					X		
	Νέα υλικά					X		
ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ	Επίπεδα λειτουργίας	X	X	X			X	X
	Ανάπτυξη τεχνολογίας επικοινωνίας		X	X	X	X	X	X
	Ανάπτυξη δικτυακής τεχνικής		X	X	X	X		X
	Ανάπτυξη τεχνολογίας αποθήκευσης δεδομένων						X	X
	Ανάπτυξη τεχνολογίας βάσεων δεδομένων			X	X			X
	Ανάπτυξη υποδομών πληροφορικής			X	X	X	X	X
Ανάπτυξη τεχνολογίας	X	X						

ΠΡΟΩΘΗΣΗ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ/ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ	CAX / προσομοίωσης		
	Πεδίο εφαρμογής της διαχείρισης του οργανισμού	X	X
	Επίπεδα ταλέντων ανθρώπινου δυναμικού		X
	Ικανότητα/απόδοση		X

Η τεχνολογία των πληροφοριών αναπτύσσεται σε διάφορα επίπεδα και κατευθύνσεις. Τα πληροφοριακά συστήματα συνδέονται στενά με τη διαδικασία σχεδιασμού. Από αυτή την άποψη, τα CAD, CAE, CAM, CAPP, PDM/PLM ενσωματώνονται στην ψηφιακή μακέτα. Η υποδομή μετασχηματίζεται από C/S, B/S, SOA σε cloud computing. Η τεχνολογία των βάσεων δεδομένων βελτιώνεται από την τοπική βάση δεδομένων, την κατακευματισμένη βάση δεδομένων, την αποθήκευση δεδομένων στο cloud, έως την αποθήκευση μεγάλων δεδομένων (big data) στο cloud. Η τεχνολογία δικτύων εξελίσσεται από το LAN, το WAN, το Internet, το κινητό Internet, στο IoT. Όλες αυτές οι κατευθύνσεις είναι σημαντικές για την έξυπνη παραγωγή. Η βιομηχανική / κατασκευαστική τεχνολογία αναπτύσσεται επίσης γρήγορα και υποστηρίζει την έξυπνη κατασκευή. Επί του παρόντος, ο νέος εξοπλισμός, οι νέες τεχνικές παραγωγικής διαδικασίας, η νέα ενέργεια και τα νέα υλικά επιτυγχάνουν μεγάλα επιτεύγματα. Για παράδειγμα, η τρισδιάστατη εκτύπωση περιλαμβάνει νέα συσκευή εκτύπωσης, νέα υλικά και νέες εφαρμογές πληροφοριών. Η τεχνολογία διαχείρισης αναπτύσσεται επίσης γρήγορα. Οι μικρομεσαίες επιχειρήσεις, το RAMI4.0, και ούτω καθεξής, όλα εξετάζουν τις διαδικασίες διαχείρισης από διαφορετικές οπτικές γωνίες. Ο κύκλος ζωής του προϊόντος, ο κύκλος ζωής της παραγωγής και η αλυσίδα εφοδιασμού περιγράφονται σε αυτές τις αρχιτεκτονικές. Επίσης, τα επίπεδα διαχείρισης περιλαμβάνονται σε αυτές τις αρχιτεκτονικές. Ακόμη, νέα κατασκευαστικά πρότυπα δημιουργούνται. Ο στόχος της εφαρμογής της έξυπνης κατασκευής είναι η επίτευξη νέων ικανότητες και βασικές ικανότητες. Η IVRA δίνει έμφαση στη βελτίωση του προσωπικού και την ανάπτυξη της εταιρικής φιλοσοφίας. Ο χρόνος, η ποιότητα, το κόστος, και το περιβάλλον ορίζονται ως βασικοί δείκτες επιδόσεων διαχείρισης από την IVRA. Στις μικρομεσαίες επιχειρήσεις, οι βασικές ικανότητες ενεργοποίησης της έξυπνης παραγωγής ταξινομούνται σε παραγωγικότητα, ευελιξία, ποιότητα και βιωσιμότητα.



ΣΧΗΜΑ 8: Βασικές απόψεις της βιομηχανοποίησης και της πληροφόρησης. ΠΗΓΗ: Smart Manufacturing Standardization: Reference Model and Standards Framework

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 8, οι βασικές απόψεις της βιομηχανοποίησης και της πληροφόρησης ορίζονται με βάση την ανωτέρω ανάλυση. Η έξυπνη κατασκευή αφορά τα πεδία των βιομηχανιών, της τεχνολογίας των πληροφοριών και της διαχείρισης.

Ταυτόχρονα, η έξυπνη παραγωγή προσπαθεί να βελτιώσει τις επιδόσεις των επιχειρήσεων. Ως εκ τούτου, το Σχήμα 8 έχει 4 διαστάσεις: βιομηχανία, πληροφορίες, διαχείριση και άνθρωπος/οργάνωση. Οι 4 διαστάσεις δείχνουν επίσης τις κατευθύνσεις της τεχνολογικής ανάπτυξης και της επανάστασης. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, στο πλαίσιο της έξυπνης μεταποίησης, κάθε διάσταση μπορεί να αναλυθεί σε διάφορες υποδιαστάσεις. Όλες αυτές οι υποδιαστάσεις παρουσιάζουν λεπτομερείς κατευθύνσεις τεχνολογικής ανάπτυξης.

Οι υποδιαστάσεις που παρουσιάζονται στο Σχήμα 8 μπορούν να επεκταθούν ανάλογα με τις ανάγκες. Σε αντίθεση με τις μικρομεσαίες επιχειρήσεις, το RAMI4.0, την IVRA και την IIRA, το Σχ. 8 ενσωματώνει την κατάσταση των περισσότερων αναπτυσσόμενων χωρών. Επειδή οι μεταποιητικές τους επιχειρήσεις βρίσκονται ακόμη στο industry 1.5 έως το industry 3.0, οι χώρες αυτές είναι ενσωματώνουν τις δύο προόδους, την βιομηχανοποίηση και την πληροφόρηση.

3.3 ΜΟΝΤΕΛΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ ΕΞΥΠΝΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

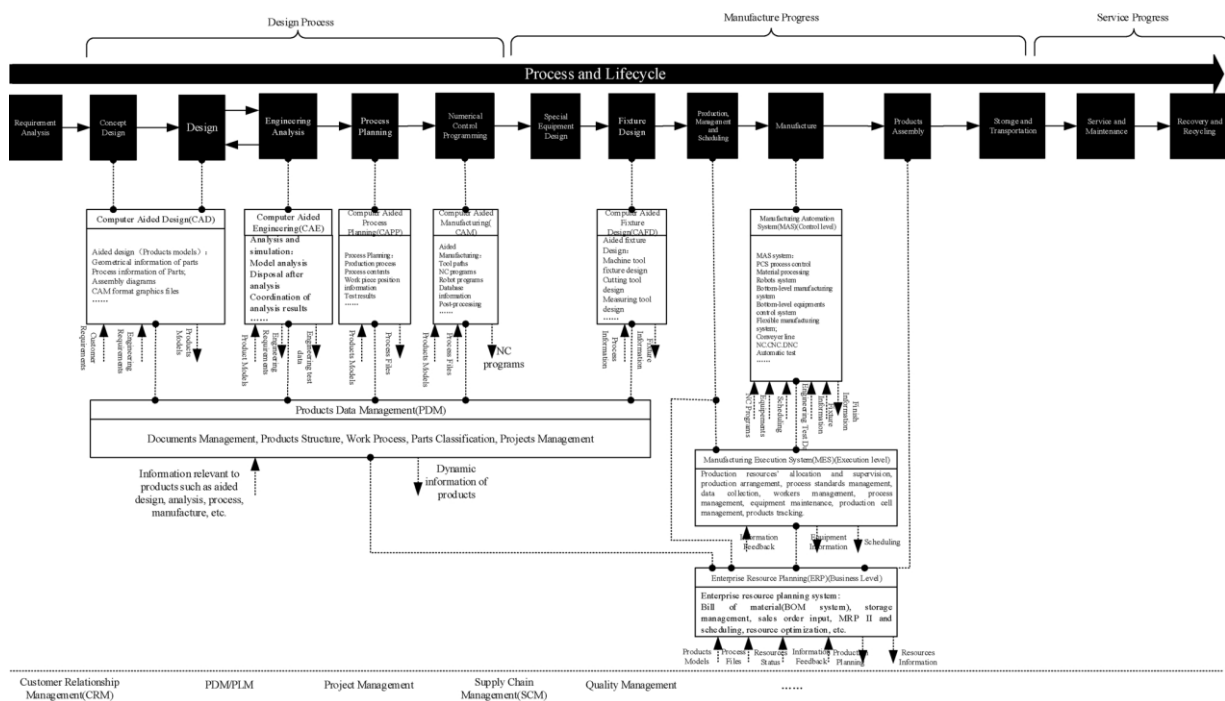
Για μια μεταποιητική επιχείρηση, ο τρόπος χρήσης της τεχνολογίας έξυπνης μεταποίησης (βιομηχανική τεχνολογία, τεχνολογία πληροφοριών και τεχνολογία διαχείρισης) για τη σύνδεση των διαδικασιών παραγωγής μεταξύ τους είναι ο βασικός προβληματισμός. Ο κύκλος ζωής της επιχείρησης και η ιεραρχία είναι δύο κατάλληλοι δείκτες διαστάσεων.

Με βάση την αρχιτεκτονική αναφοράς SIMA Μέρος 1 Μοντέλο δραστηριοτήτων, το οποίο κατανέμει την παραγωγική διαδικασία μιας επιχείρησης σε: Σχεδιασμό προϊόντος, Μηχανική κατασκευής ή προϊόντος, Μηχανικό σύστημα παραγωγής, Παραγωγή προϊόντων και Μηχανική Διαχείριση ροής εργασίας. Η σχέση των πληροφοριακών συστημάτων κατά μήκος ολόκληρου του κύκλου ζωής της έρευνας, της ανάπτυξης και της παραγωγής παρουσιάζεται στο Σχήμα 9, στο οποίο παρατηρούνται οι κύριες δραστηριότητες της έρευνας, της ανάπτυξης και της παραγωγής, καθώς και τις τεχνολογίες πληροφορικής και επικοινωνίας που υποστηρίζουν αυτές τις δραστηριότητες.

- Για τις δραστηριότητες έρευνας και πειραματικής ανάπτυξης εμπλέκονται τα CAD, CAE και CAPP. Τα CAD, CAE, CAPP και CAM συνδέονται και ενσωματώνονται βήμα προς βήμα. Το PDM/PLM εφαρμόζεται για την ενοποίηση όλων των εφαρμογών σχεδιασμού.
- Για τις δραστηριότητες κατασκευής, από το φυσικό επίπεδο, το επίπεδο MES έως το επιχειρησιακό επίπεδο, πρέπει να ενσωματωθούν πολλαπλά επίπεδα της πυραμίδας της κατασκευής.
- Για τις δραστηριότητες επιχειρησιακής λειτουργίας, υπάρχουν τέσσερα συστήματα πληροφοριών: ERP, SCM, CRM και PLM. Ορισμένα πρόσθετα συστήματα πληροφοριών, όπως το BI (επιχειρηματική ευφυΐα), ενσωματώνονται με τα τέσσερα συστήματα.

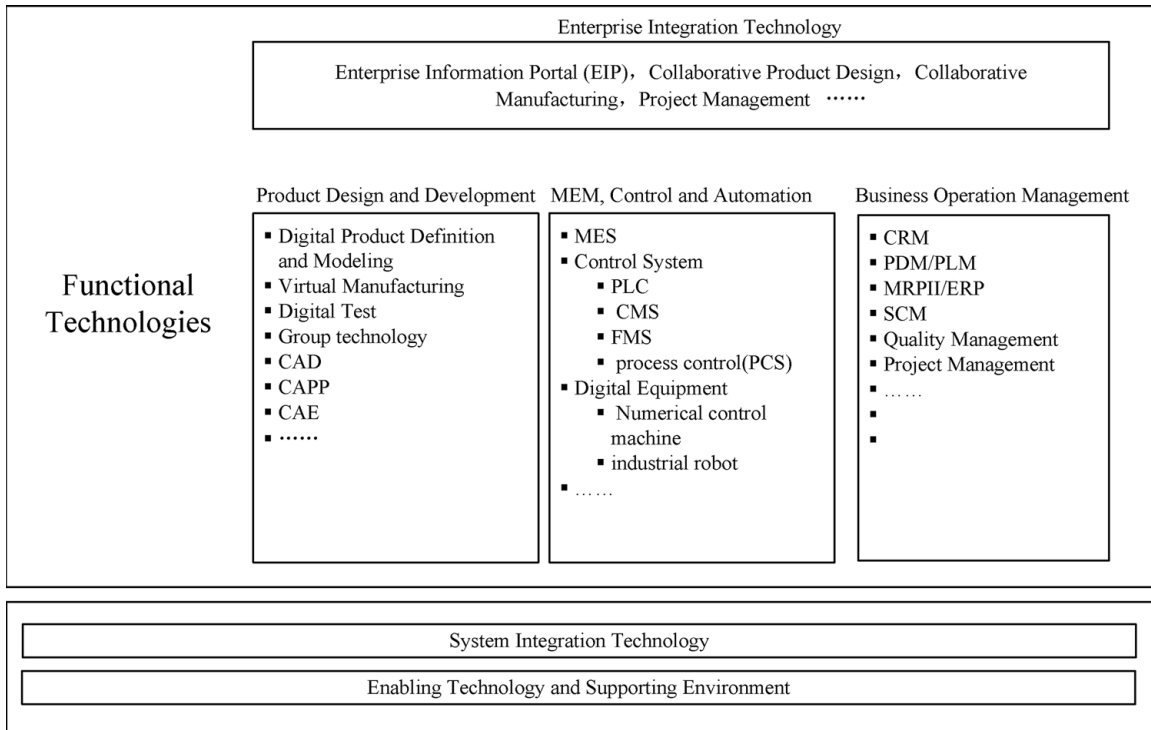
Η διαδικασία και ο κύκλος ζωής του Σχήματος 9 συνδυάζουν τις διαδικασίες προϊόντος, παραγωγής και επιχειρηματικής δραστηριότητας των μικρομεσαίων επιχειρήσεων. Επίσης

ενσωματώνουν τους κύκλους ζωής των RAMI4.0 και IIRA. Ωστόσο, κατά τον διαχωρισμό της έξυπνης παραγωγής με βάση τις λειτουργικές δραστηριότητες, συνεπάγονται ορισμένες καθολικές τεχνολογίες ολοκλήρωσης και θεμελιώδεις τεχνικές υποστήριξης του περιβάλλοντος. Μέσω της εξαγωγής των τεχνολογιών που επιτρέπουν την ενσωμάτωση και των θεμελιωδών περιβαλλοντικών τεχνολογιών και της συσχέτισης των τεχνολογιών με τις λειτουργικές δραστηριότητες, μπορεί να προκύψει ένα μοντέλο που δείχνει τις υποστηρικτικές σχέσεις μεταξύ των τεχνικών και παρουσιάζεται στο Σχήμα 10. Ωστόσο, όλες οι προαναφερθείσες αρχιτεκτονικές δεν έχουν σαφή περιγραφή της τεχνολογίας πληροφοριών. Η έλλειψη βασικών βιομηχανικών και πληροφοριακών τεχνολογιών αποτελεί πάντα μια μεγάλη πρόκληση για την Κίνα και άλλες αναπτυσσόμενες χώρες. Οι Bujari και Furini περιγράφουν ένα παρόμοιο πλαίσιο της αρχιτεκτονικής του IoT, το οποίο περιλαμβάνει 4 bottom-up στρώματα: Αντικείμενα, Επικοινωνία, Πλατφόρμα και Εφαρμογή.



ΣΧΗΜΑ 9: Σχέση πληροφοριακών συστημάτων κατά μήκος ολόκληρου του κύκλου ζωής έρευνας και ανάπτυξης και παραγωγής. ΠΗΓΗ: Smart Manufacturing Standardization: Reference Model and Standards Framework

Συστήματα πληροφοριών που παρουσιάζονται στο Σχήμα 10, όπως CAD/CAE, SCM, CRM, εμφανίζονται επίσης στις MME. Οι Choi, Jung, Kulvatunyou και Morris αναλύουν τεχνολογίες και πρότυπα για έξυπνα συστήματα παραγωγής και παρουσιάζουν σύνοψη των σχετικών προτύπων.



ΣΧΗΜΑ 10: Ιεραρχική αποσύνθεση των τεχνολογιών έξυπνης παραγωγής. ΠΗΓΗ: Smart Manufacturing Standardization: Reference Model and Standards Framework

Ακολουθεί η λεπτομερής περιγραφή για κάθε μέρος του μοντέλου που παρουσιάζεται στο Σχήμα 10.

- Λειτουργικές τεχνολογίες: υποστήριξη ορισμένων επιχειρηματικών διαδικασιών και λειτουργία. Χρησιμοποιούν όλα τα είδη των τεχνολογιών που επιτρέπουν την επίτευξη σχετικών επιχειρηματικών δραστηριοτήτων, οι οποίες έχουν άμεση σχέση με τα λειτουργικά τμήματα μιας επιχείρησης. Συνήθως, συνδυάζονται με εμπορικά συστήματα εφαρμογών, όπως CAD, CAM, CAE και CAPP.
- Τεχνολογία ολοκλήρωσης συστημάτων: υποστήριξη της διασύνδεσης, επικοινωνία και συνεργασία μεταξύ λειτουργικών τεχνολογιών.
- Ενεργοποιητική τεχνολογία και υποστηρικτικό περιβάλλον: σχετίζεται με το υλικό και το λογισμικό. Είναι η τεχνολογία που επιτρέπει την ανάπτυξη λειτουργικών τεχνολογιών και υποστηρίζει την ολοκλήρωση του συστήματος, η οποία περιλαμβάνει γραφικά υπολογιστών, λειτουργικά συστήματα και πρωτόκολλα δικτύου κ.λπ. Οι Ropnusamy και Rajagoralan παρουσιάζουν μια έρευνα σχετικά με τα IoT πρότυπα πρωτοκόλλων. Περαιτέρω, ο Trarpey εξετάζει τα βασικά πρότυπα και τα τοπία πατεντών για το IoT, σχηματίζοντας ένα πλαίσιο προτύπων, σε στυλ δέντρου, πολλαπλών επιπέδων. Ο Trarpey πιστεύει ότι το IoT με τα πρότυπα αποτελεί βασικό παράγοντα για τη τέταρτη βιομηχανική επανάσταση.

Ωστόσο, τα μοντέλα που παρουσιάζονται στα Σχήματα 9 και 10 δεν μπορούν να περιγράψουν τις σχέσεις μεταξύ των διαφόρων τεχνολογιών και δεν μπορούν να παράσχουν περαιτέρω οδηγίες για την εφαρμογή αυτών των τεχνολογιών με τα σχετικά

πρότυπα. Ως εκ τούτου, απαιτείται ένα πιο αποτελεσματικό μοντέλο αναφοράς τυποποίησης έξυπνης κατασκευής (SMSRM).

Προκειμένου να καθοδηγηθεί η εφαρμογή και η ενσωμάτωση της έξυπνης παραγωγής, είναι απαραίτητο να αναλυθούν και να περιγραφούν οι σχέσεις μεταξύ των τεχνολογιών. Ωστόσο, οι τεχνολογίες που σχετίζονται με την έξυπνη μεταποίηση είναι διάφορες, πολυάριθμες και γρήγορα εξελισσόμενες, και είναι επίσης διαφορετικές ως προς τη διαδικασία ανάπτυξής τους και το υπόβαθρο εφαρμογής τους. Η κατάσταση αυτή καθιστά τις σχέσεις μεταξύ των τεχνολογιών περίπλοκες. Για να εκφραστούν αυτές οι σχέσεις με σαφήνεια, απαιτείται μια αρχιτεκτονική υψηλών διαστάσεων, η οποία, ωστόσο, είναι ανέφικτη. Η λογική προσέγγιση είναι να επιλεχθούν λιγότερες αλλά σημαντικές διαστάσεις για την κατασκευή του SMSRM (74).

Από τις απόψεις που παρουσιάζονται στο Σχήμα 8, το SMSRM πρέπει να λαμβάνει υπόψη τις απαιτήσεις της εταιρικής συνεργασίας και ολοκλήρωσης και να υλοποιεί τα ακόλουθα δύο είδη ολοκλήρωσης:

- Από το κατώτατο επίπεδο του συστήματος αυτοματισμού, μέσω του συστήματος εκτέλεσης της παραγωγής, έως την υποστήριξη αποφάσεων. Όλα τα επίπεδα μιας επιχείρησης πρέπει να ενσωματωθούν, και στη συνέχεια το ολοκληρωμένο σύστημα πρέπει να επεκταθεί για να ενσωματώσει από τους προμηθευτές στους πελάτες (ολόκληρη η αλυσίδα αξίας) και να υλοποιήσει τη συνεργασία μεταξύ των επιχειρήσεων. Το IEC/ISO 62264 ορίζει την πολυεπίπεδη πυραμίδα παραγωγής, η οποία αποτελεί σημαντικό στοιχείο των μικρομεσαίων επιχειρήσεων και του RAMI4.0. Αποτελεί επίσης μια υποδιάσταση στο Σχήμα 8.
- Επειδή η πληροφορικοποίηση σχετίζεται με πολλαπλούς επιχειρηματικούς τομείς της επιχείρησης, συμπεριλαμβανομένης της έρευνας, της ανάπτυξης, της παραγωγής, της παροχής υπηρεσιών, της λήψης αποφάσεων και ούτω καθεξής. Το SMSRM πρέπει να εξετάζει το σύνολο των επιχειρηματικών αλυσίδων αξίας. Οι μικρομεσαίες επιχειρήσεις, η RAMI4.0, η IMSA και η IIRA εισάγουν όλα τα είδη κύκλων ζωής και διαδικασιών. Το Σχήμα 8 παρουσιάζει ένα άλλο είδος περιγραφής αυτών των διαδικασιών και εξελίξεων.

Ως εκ τούτου, οι διαστάσεις ανάλυσης του SMSRM μπορούν να οριστούν σε δύο κατηγορίες:

- Στρώματα τεχνολογικής εφαρμογής,
- Κύκλος ζωής και ροή αξίας.

Υπάρχουν φυσικές υποστηρικτικές σχέσεις μεταξύ των τεχνολογικών πεδίων. Για παράδειγμα, οι τεχνικές CAD και CAE είναι οι βασικές τεχνικές στον τομέα του σχεδιασμού και, ωστόσο, χρησιμοποιούνται συνήθως στον τομέα της κατασκευής, οι οποίες μπορούν να θεωρηθούν ως οι τεχνικές στους τομείς του σχεδιασμού που υποστηρίζουν τις τεχνικές κατασκευής. Μέσω της περαιτέρω έρευνας, η θεμελιώδης τεχνολογία και το υποστηρικτικό περιβάλλον, η τεχνολογία έξυπνου σχεδιασμού συστημάτων, η τεχνολογία κατασκευής, η επιχειρησιακή λειτουργία και η τεχνολογία διαχείρισης έχουν αυτές τις βοηθητικές σχέσεις. Ο σχεδιασμός και η κατασκευή με τη βοήθεια υπολογιστή χρειάζονται την υποδομή της

θεμελιώδους τεχνολογίας και του περιβάλλοντος, οι τεχνικές κατασκευής χρειάζονται την υποστήριξη των τεχνικών σχεδιασμού, η ευφυής διαχείριση θα χρησιμοποιήσει τις τεχνικές της ψηφιακής κατασκευής και όταν αυτές οι λειτουργίες πρέπει να ενσωματωθούν, η ολοκλήρωση απαιτούνται τεχνικές ολοκλήρωσης. Έτσι, η πρώτη διάσταση χωρίζεται ως οι τεχνικές υποστήριξης των επιχειρήσεων, οι οποίες περιλαμβάνουν την τεχνολογία έξυπνου σχεδιασμού, την τεχνολογία κατασκευής, την τεχνολογία λειτουργίας και διαχείρισης των επιχειρήσεων, τις τεχνικές ολοκλήρωσης συστημάτων και τις βασικές τεχνικές και το θεμελιώδες περιβάλλον. Κατά μήκος της διάστασης του κύκλου ζωής και της ροής αξίας, ο σχεδιασμός προϊόντος και η κατασκευή ολόκληρου του κύκλου ζωής του προϊόντος εξετάζονται, καθώς και οι κύριες δραστηριότητες χωρίζονται σε: επιχειρήματα λύσης, σχεδιασμός, σχέδιο, αγορά, προετοιμασία παραγωγής, παραγωγή, χρήση και συντήρηση.

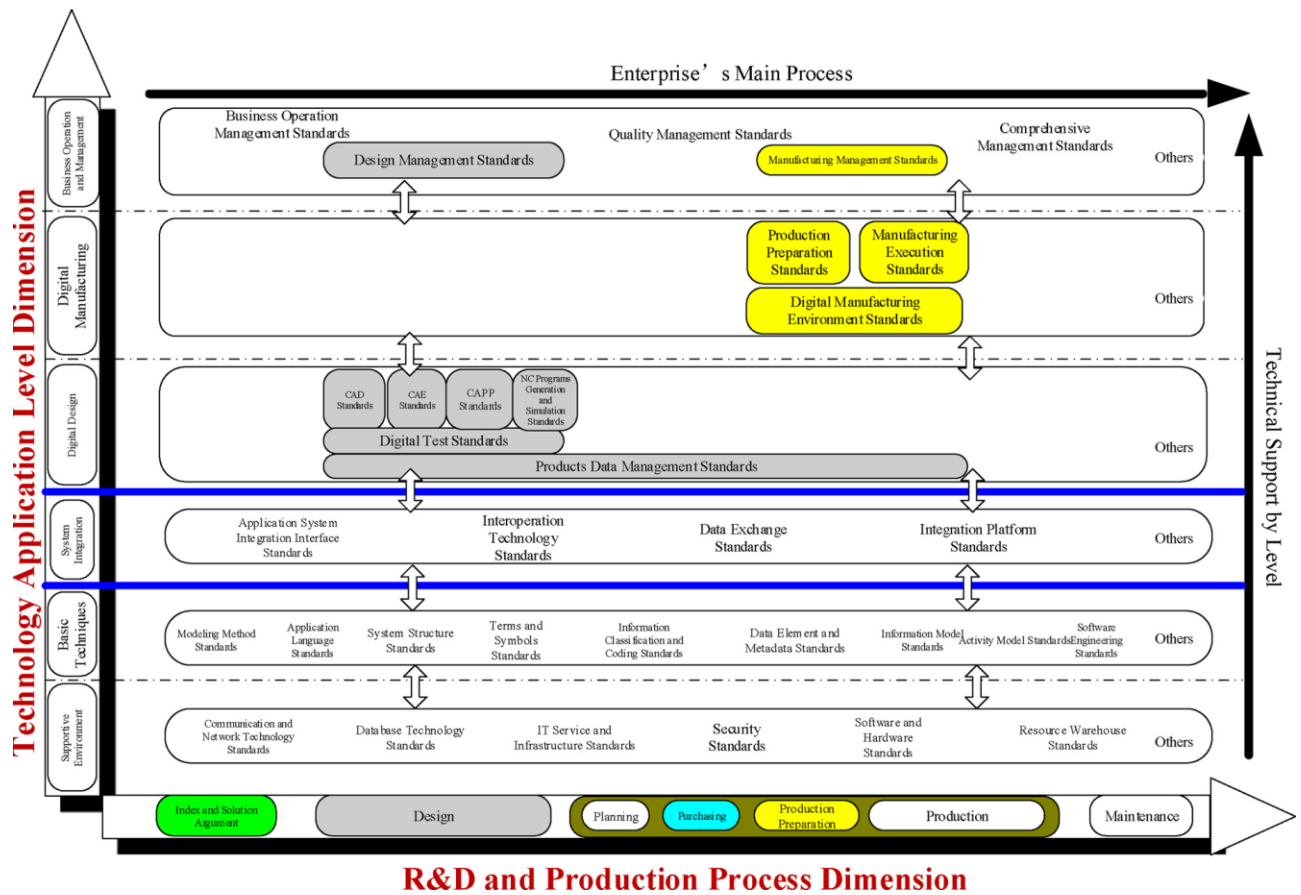
Η ανάλυση μιας επιχείρησης από την άποψη της οργάνωσης, της λειτουργίας, των πληροφοριών, των πόρων, των επιχειρήσεων και των διαδικασιών είναι περισσότερο ολοκληρωμένη. Στις παραπάνω δεδομένες αρχιτεκτονικές, η διάσταση των επιπέδων τεχνικών εφαρμογής μπορεί εν μέρει να καταδείξει πληροφορίες σχετικά με τη λειτουργία και την οργάνωση, η διάσταση του κύκλου ζωής και της ροής αξίας μπορεί να παρουσιάσει πληροφορίες της διαδικασίας και της επιχείρησης, και οι σχέσεις μεταξύ των εφαρμογών των διαφόρων επιπέδων μπορούν να καταδείξουν τις σχέσεις της ροής πληροφοριών μεταξύ τους. Αυτή η αρχιτεκτονική έχει σταθερή δομή. Οι τεχνολογίες ολοκλήρωσης έχουν μεγάλο αντίκτυπο και σημασία για την υλοποίηση της ολοκληρωμένης λειτουργίας μεταξύ τεχνικών που προέρχονται από διαφορετικούς τύπους και τομείς και για την υλοποίηση των πλεονεκτημάτων των πληροφοριών. Σε γενικές γραμμές, σύμφωνα με τη διαφορά των μεθόδων υλοποίησης, του τρόπου και του βαθμού ολοκλήρωσης, οι τρέχουσες τεχνικές ολοκλήρωσης μπορούν να ταξινομηθούν ως τεχνολογία διεπαφής ολοκλήρωσης συστήματος, διαλειτουργικότητα, τεχνολογία ανταλλαγής δεδομένων και τεχνολογίες πλατφόρμας ολοκλήρωσης κ.λπ. Οι τεχνολογίες ολοκλήρωσης χρησιμοποιούνται σε τεχνικές που σχετίζονται με λειτουργίες σε όλα τα επίπεδα και, επίσης, υποστηρίζονται από θεμελιώδεις τεχνικές και περιβάλλον.

Για να εφαρμοστούν οι προαναφερθείσες τεχνικές όλων των επιπέδων και για να επιτευχθεί η ολοκληρωμένη λειτουργία τους για την επίτευξη του πλεονεκτήματος των ΤΠΕ και το όφελος, απαιτούνται οι σχετικές θεμελιώδεις τεχνικές. Για παράδειγμα, απαιτούνται μέθοδοι μοντελοποίησης επιχειρήσεων και η τεχνολογία μοντέλου αναφοράς επιχειρήσεων, απαιτούνται κατά την ανάλυση μιας επιχείρησης, το σχεδιασμό, σχεδιασμού και υλοποίησης της ολοκλήρωσης συστημάτων, καθώς και της γνώσης και της τεχνολογία σχετικά με τα στοιχεία δεδομένων και τα μεταδεδομένα απαιτούνται για την επίτευξη της ανταλλαγής πληροφοριών μεταξύ συστημάτων. Υπάρχουν πολλές τεχνολογίες ομοίως, και οι τεχνικές ανώτερου επιπέδου και εκείνες οι θεμελιώδεις τεχνικές έχουν τις δικές τους σχέσεις πολλά προς πολλά. Συνοψίζοντας, οι κύριες τεχνικές του επιπέδου των βασικών τεχνικών είναι η μέθοδος μοντελοποίησης, η γλώσσα εφαρμογής, η δομή του συστήματος, οι όροι και τα σύμβολα, η ταξινόμηση και η κωδικοποίηση των πληροφοριών, τα στοιχεία δεδομένων και τα μεταδεδομένα, το μοντέλο πληροφοριών, το μοντέλο δραστηριοτήτων μηχανικής λογισμικού κ.λπ. Στις μικρομεσαίες επιχειρήσεις, τα ISO15704, 19439, 19440 20140, OAGIS, BPMN, DMN, PMML και B2MML τοποθετούνται στο ανώτατο επίπεδο της πυραμίδας της κατασκευής. Επίσης, αυτά τα πρότυπα αποτελούν συστατικά στοιχεία της

MBSE και του συστήματος της μηχανικής συστημάτων, τα οποία αποτελούν κύριες αναπτυσσόμενες κατευθύνσεις της τεχνολογίας της μηχανικής συστημάτων. Η εφαρμογή του πληροφοριακού συστήματος σε μια επιχείρηση γίνεται συνήθως σταδιακά, πράγμα που κάνει μια επιχείρηση να κάνει μία μεμονωμένη εφαρμογή (όπως ο εξοπλισμός αυτοματισμού ή ορισμένα συστήματα διαχείρισης). Τα συστήματα αυτά δεν είναι πάντα ολοκληρωμένα και έτσι σχηματίζουν τις λεγόμενες νησίδες απομόνωσης του αυτοματισμού. Οι τεχνολογίες του θεμελιώδους επιπέδου περιβάλλοντος είναι σημαντικές και απαραίτητες, οι οποίες περιλαμβάνουν την τεχνολογία επικοινωνιών και δικτύων, την τεχνολογία βάσεων δεδομένων, τις υπηρεσίες και τις υποδομές Τεχνολογιών Πληροφορίας, την ασφάλεια Τεχνολογιών Πληροφορίας, το λογισμικό και το υλικό και την αποθήκη πόρων κ.λπ. Οι εξελίξεις αυτών των τεχνολογιών μπορούν να βρεθούν στις υποδιαστάσεις της τεχνολογίας πληροφοριών του Σχήματος 8.

Προκειμένου να καθοδηγήσει τις δραστηριότητες τυποποίησης, η SMSRM εξετάζει επίσης τις ακόλουθες ιδέες:

- Η αποσύνθεση των τεχνικών που χρησιμοποιούνται από τη λειτουργία και τη διαχείριση των επιχειρήσεων δεν βασίζεται στα τρέχοντα συστήματα πληροφοριών (δηλαδή ERP, PLM, SCM, CRM κ.ο.κ.), αλλά σε τομείς διαχείρισης, οι οποίοι περιλαμβάνουν τη διαχείριση του σχεδιασμού, τη διαχείριση της παραγωγής και τη διαχείριση των επιχειρήσεων. Έτσι, μπορεί να αποφύγει την εστίαση στα εμπορικά συστήματα πληροφοριών και να διατηρήσει τη σταθερότητα του πλαισίου προτύπων. Τα προβλήματα εφαρμογής των πληροφοριακών συστημάτων ταξινομούνται στη συνδυασμένη διαχείριση.
- Οι τεχνικές ολοκλήρωσης δεν εντοπίζονται μεταξύ των λειτουργικών τεχνολογιών. Για παράδειγμα, δεν ταξινομούνται ως ολοκλήρωση 3C, PDM & ERP ολοκλήρωση. Ταξινομούνται ως διεπαφή ολοκλήρωσης, διαλειτουργικότητα, πλατφόρμα ολοκλήρωσης κ.ο.κ. με βάση τις κοινές ιδιότητες των τεχνικών ολοκλήρωσης.
- Η διαδικασία παραγωγής χωρίζεται σε προετοιμασία παραγωγής και εκτέλεση παραγωγής, υποστηριζόμενη στο έξυπνο περιβάλλον παραγωγής.



ΣΧΗΜΑ 11: Μοντέλο αναφοράς τυποποίησης έξυπνης παραγωγής. ΠΗΓΗ: Smart Manufacturing Standardization: Reference Model and Standards Framework.

3.4 ΠΛΑΙΣΙΟ ΠΡΟΤΥΠΩΝ ΕΞΥΠΝΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Με βάση το SMSRM, το πλαίσιο προτύπων έξυπνης κατασκευής μπορεί να προκύψει με τη μεθοδολογία ως εξής:

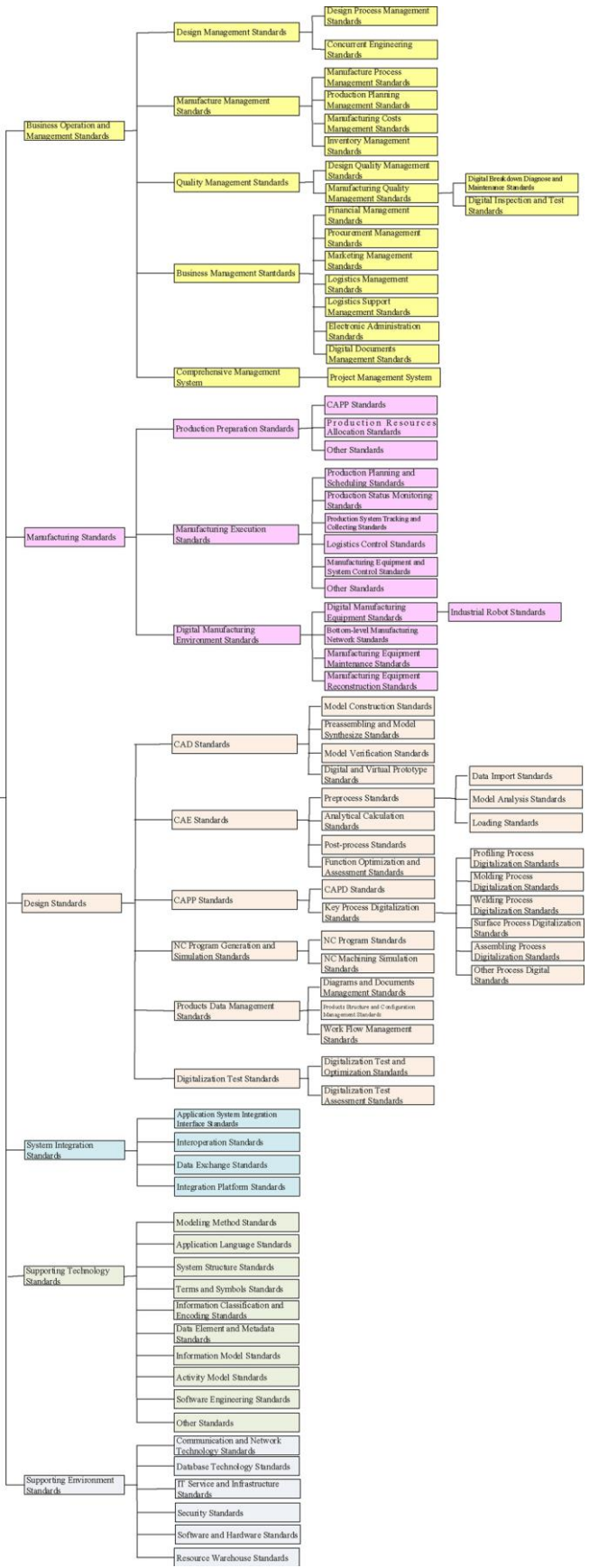
- Για την εξαγωγή των βασικών στοιχείων της δομής σύμφωνα με την εφαρμογή της αποσύνθεσης των τεχνολογιών σε τομείς (ΤΠΕ, βιομηχανική τεχνολογία και τεχνολογία διαχείρισης).
- Να διατυπωθεί το βασικό πλαίσιο σε δύο διαστάσεις: τεχνολογία στρωμάτων εφαρμογής και κύκλος ζωής / ροή αξίας.
- Να εντοπίσει τα στοιχεία της τεχνολογίας στον τομέα, τεχνολογία ολοκλήρωσης, βασική τεχνολογία και περιβάλλον υποστήριξης στο πλαίσιο, και στη συνέχεια να καθορίσει τα βασικά τεχνικά πρότυπα.
- Να δημιουργηθούν σχετικά πρότυπα σύμφωνα με αυτές τις τεχνολογίες.
- Να δημιουργηθούν επαναληπτικά οι κλάδοι λεπτομερειών.

Ωστόσο, καθώς τα πρότυπα τεχνικών συστημάτων (προϊόντων πληροφορικής και βιομηχανικού εξοπλισμού) αφορούν και χρησιμοποιούνται από εξειδικευμένους προγραμματιστές συστημάτων υλικού και λογισμικού. Όταν οι επιχειρήσεις επιλέγουν ένα συγκεκριμένο τεχνικό σύστημα ενός προμηθευτή, επιλέγουν τα σχετικά πρότυπα. Επειδή η εφαρμογή των τεχνικών συστημάτων σε μια επιχείρηση γίνεται συνήθως με ένα σταδιακό μοντέλο, το οποίο οδηγεί πάντα σε απομονώσεις αυτοματισμών. Ως εκ τούτου, οι τεχνολογίες του θεμελιώδους επιπέδου περιβάλλοντος είναι σημαντικές και απαραίτητες. Πρόκειται για την τεχνολογία επικοινωνιών και δικτύων, την τεχνολογία βάσεων δεδομένων, τις υπηρεσίες και την υποδομή ΤΠ, την ασφάλεια, το λογισμικό και το υλικό και την αποθήκη πόρων κ.λπ. Παρόλο που επισημάναμε ότι το μοντέλο αναφοράς προτύπων πρέπει να αντιστοιχεί στις αρχιτεκτονικές και τα μοντέλα αναφοράς έξυπνης παραγωγής, για να είναι ευκολότερο να κατανοηθεί και να λειτουργήσει το SMSRM, απαιτείται ένα μονοδιάστατο απλουστευμένο μοντέλο. Έτσι, μπορεί να προκύψει το πλαίσιο προτύπων έξυπνης κατασκευής, το οποίο παρουσιάζεται στο Σχήμα 12.

Συγκεκριμένα, περιλαμβάνει τα ακόλουθα κύρια μέρη:

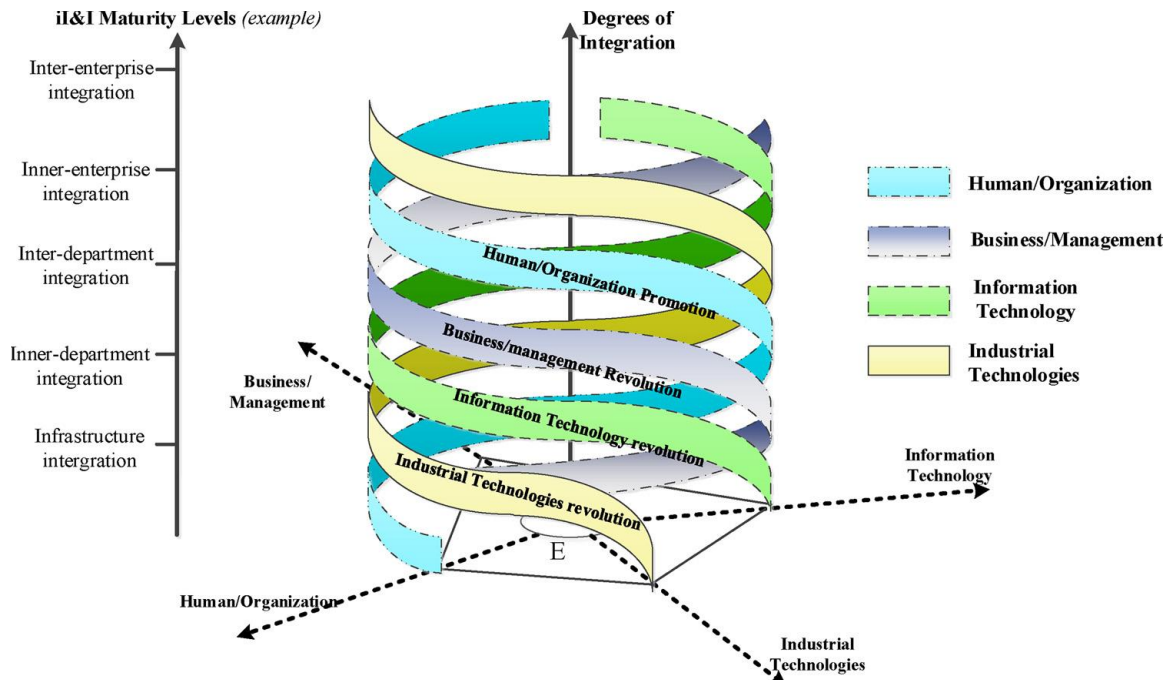
- Πρότυπα έξυπνου σχεδιασμού: η ομάδα προτύπων επεκτείνεται κατά μήκος τη σειρά των δραστηριοτήτων σχεδιασμού, υποστηριζόμενη από πρότυπα διαχείρισης δεδομένων. Η αποσύνθεση του πλαισίου προτύπων δεν ακολουθεί την ταξινόμηση των θεμάτων σχεδιασμού.
- Έξυπνα πρότυπα παραγωγής: η ομάδα προτύπων επεκτείνεται με βάση τη διαδικασία εργασίας και την τεχνική υποστήριξη.
- Πρότυπα επιχειρηματικής λειτουργίας και διαχείρισης: η ομάδα προτύπων επικεντρώνεται στις δραστηριότητες διαχείρισης του σχεδιασμού και της παραγωγής. ERP, SCR, CRM, MES, αυτές οι εμπορικές εφαρμογές δεν χρησιμοποιούνται ως κατηγορίες προτύπων. Τα πρότυπα εφαρμογής τους συζητούνται στη συνδυασμένη ομάδα προτύπων διαχείρισης.
- Πρότυπα ολοκλήρωσης συστημάτων: η ομάδα προτύπων αφορά κοινές τεχνολογίες που ενσωματώνουν συστήματα διαφορετικών τομέων. Ταξινομούνται με βάση τους τεχνικούς τύπους αλλά το λογισμικό ολοκλήρωσης.
- Βασικές τεχνολογίες και πρότυπα υποστηρικτικού περιβάλλοντος: η ομάδα προτύπων περιλαμβάνει πρότυπα για κοινά υποστηρικτικά τεχνολογίες, όπως υποδομές, βάσεις δεδομένων, τεχνολογία μεταδεδομένων. και ούτω καθεξής.

Smart manufacturing standards framework



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ ΤΕΤΑΡΤΗΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗΣ

Η έξυπνη κατασκευή είναι μια συστηματική τεχνολογία, η οποία σχετίζεται με ΤΠΕ, τη βιομηχανική τεχνολογία και την τεχνολογία διαχείρισης. Το σύστημα της έξυπνης κατασκευής είναι ένα πολύπλοκο σύστημα τεράστιας κλίμακας. Η τυποποίηση είναι ένα ισχυρό εργαλείο για την προώθηση της ανάπτυξης και της εφαρμογής των τεχνολογιών έξυπνης κατασκευής. Το NIST, το DIN, το MIT&SAC και ούτω καθεξής δημοσίευσαν τοποθεσίες προτύπων, χάρτες πορείας τυποποίησης ή οδηγίες κατασκευής προτύπων για την έξυπνη κατασκευή. Επί του παρόντος, τα υφιστάμενα πρότυπα είναι διατεταγμένα σε σχετικές αρχιτεκτονικές. Με βάση τα αποτελέσματα της σύγκρισης και της ανάλυσης, το έγγραφο αναπτύσσει ένα μοντέλο αναφοράς για την ανάπτυξη και την εφαρμογή προτύπων έξυπνης κατασκευής. Αναπτύσσεται επίσης ένα πλαίσιο προτύπων έξυπνης κατασκευής. Με βάση το πλαίσιο προτύπων που αναπτύχθηκε, οι μεταποιητικές επιχειρήσεις διαθέτουν καθοδήγηση για την αναγνώριση, την οργάνωση και την εφαρμογή των υφιστάμενων προτύπων έξυπνης μεταποίησης. Ταυτόχρονα, οι ερευνητές τεχνολογίας και προτύπων επικεντρώνονται σε αυτά τα κενά στο πλαίσιο προτύπων. Επίσης, συμπεραίνεται ότι η έξυπνη κατασκευή βρίσκεται επί του παρόντος στο σημείο διασταύρωσης της επανάστασης των ΤΠΕ, της επανάστασης της κατασκευαστικής (βιομηχανικής) τεχνολογίας και της επανάστασης της τεχνολογίας διαχείρισης. Η έξυπνη κατασκευή είναι ένα μονοπάτι υλοποίησης της πληροφόρησης και της εκβιομηχάνισης. Επειδή η πληροφόρηση και η εκβιομηχάνιση με την έξυπνη μεταποίηση είναι μια μακρά εξελισσόμενη πρόοδος, με την ανάπτυξη της τεχνολογίας των πληροφοριών, της βιομηχανικής τεχνολογίας και της τεχνολογίας διαχείρισης, η απόδοση των επιχειρήσεων θα βελτιώνεται συνεχώς και η πληροφόρηση και η εκβιομηχάνιση με την έξυπνη μεταποίηση θα ανεβαίνει σπειροειδώς. Το σχήμα 13 είναι η αρχιτεκτονική αναφοράς της πληροφόρησης και της εκβιομηχάνισης, στην οποία οι ΤΠΕ, η βιομηχανική τεχνολογία και η τεχνολογία διαχείρισης αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και ωθούν στη βελτίωση των επιδόσεων των επιχειρήσεων. Στο Σχ. 13, οι τέσσερις σπείρες προέρχονται από τις τέσσερις διαστάσεις του Σχ. 8, οι οποίες ενσωματώνουν την αλληλεπίδραση της ανάπτυξης των ΤΠΕ, της βιομηχανικής τεχνολογίας, της τεχνολογίας διαχείρισης και της βελτίωσης των επιδόσεων των επιχειρήσεων. Η αλληλεπίδραση αποτελεί επίσης την κινητήρια δύναμη για την έξυπνη κατασκευή και τη σχετική τυποποίηση.



ΣΧΗΜΑ 13: Αναφορά αρχιτεκτονικής της πληροφορικής και της εκβιομηχάνισης (il & I).
 ΠΗΓΗ: Smart Manufacturing Standardization: Reference Model and Standards Framework.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- (1) Economics, International Journal of Production. <https://www.journals.elsevier.com/international-journal-of-production-economics>.
- (2) Alp Ustundag, Emre Cevikcan. Industry 4.0: Managing The Digital Transformation. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-57870-5?noAccess=true#authorsandaffiliationsbook>.
- (3) Büchi, G., Cugno, M., & Castagnoli, R. (2020). Smart factory performance and Industry 4.0. *Technological Forecasting and Social Change*, 150. ISSN 0040-1625. Büchi, G., Cugno, M., & Castagnoli, R. (2020). Smart factory performance and Industry 4.0. *Technological Forecasting and Social Change*, 150. ISSN 0040-1625. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004016251931217X>.
- (4) Da Costa, M. B., Dos Santos, L. M. A. L., Schaefer, J. L., Baierle, I. C., & Nara, E. O. B. (2019). Industry 4.0 technologies basic network identification. *Scientometrics*. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11192-019-03216-7>.
- (5) Nagy, J., Ol'ah, J., Erdei, E., M'at'e, D., & Popp, J. (2018). The role and impact of Industry 4.0 and the internet of things on the business strategy of the value chain—The case of Hungary. *Sustainability*, 10, 3491. <https://doi.org/10.3390/su10103491>.
- (6) Ghobakhloo, M. (2018). The future of manufacturing industry: a strategic roadmap toward Industry 4.0. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 29(6), 910–936. <https://doi.org/10.1108/JMTM-02-2018-0057>.
- (7) Alc'acer, V., & Cruz-Machado, V. (2019). Scanning the Industry 4.0: A literature review on technologies for manufacturing systems. *Engineering Science and Technology, An International Journal*, 22(3), 899–919. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2215098618317750>.
- (8) Mohajan, H. (2019). The first industrial revolution: Creation of a new global human era, 5, 377–387. <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/96644/>.
- (9) Mohajan, H. (2020). The second industrial revolution has brought modern social and economic developments. *Journal of Social Sciences and Humanities*, 6(1), 1–14. https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85096560083&origin=inward&featureToggles=FEATURE_NEW_DOC_DETAILS_EXPOR T:1.
- (10) Makin, D., & Boyle, E. (2019). Industry 4.0 and the digital transformation journey. *The APPEA Journal*, 59, 643. <https://doi.org/10.1071/AJ18261>
- (11) Meissner, H., & Aurich, J. C. (2019). Implications of cyber-physical production systems on integrated process planning and scheduling. *Procedia Manufacturing*, 28, 167–173. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.12.027>. ISSN 2351-9789.

- (12) Yao, X., & Lin, Y. (2016). Emerging manufacturing paradigm shifts for the incoming industrial revolution. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 85, 1665–1676. <https://doi.org/10.1007/s00170-015-8076-0>.
- (13) Urbani, M., Petri, D., Brunelli, M., & Collan, M. (2020). Maintenance-management in light of manufacturing 4.0. In M. Collan, & K. E. Michelsen (Eds.), *Technical, economic and societal effects of manufacturing 4.0*. Cham: Palgrave Macmillan. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-46103-4_5.
- (14) Tjahjono, B., Esplugues, C., Enrique, A., & Pel'aez-Lourido, G. (2017). What does Industry 4.0 mean to Supply Chain? *Procedia Manufacturing*, 13, 1175–1182. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978917308302?via%3Dihub>
- (15) Nota, G., David Nota, F., Peluso, D., & Toro Lazo, A. (2020). Energy efficiency in Industry 4.0: The case of batch production processes. *Sustainability*, 12, 6631. <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/16/6631>.
- (16) Wang, C., Heng, M., & Chau, P. (2007). *Supply chain management – Issues in the new era of collaboration and competition*. London, et al.: Idea Group Publishing.
- (17) Munirathinam, S. (2020). Chapter Six - Industry 4.0: Industrial Internet of Things (IIOT). In Pethuru Raj, Preetha Evangeline (Eds.), *Advances in computers* (Vol. 117(1)). Elsevier, pp. 129–164.
- (18) Solangi, Z., Solangi, Y., Murad, S., S.A.Aziz, Madihah & Hamzah, Mohd & Shah, Asadullah. (2018). The future of data privacy and security concerns in Internet of Things (pp. 1–4).
- (19) Sharma, P., Baglee, D., Campos, J., & Jantunen, E. (2017). Big data collection and analysis for manufacturing organizations. *Big Data & Information Analytics*, 2(2), 127–139. <https://doi.org/10.3934/bdia.2017002>.
- (20) Yan, J., Meng, Y., Lu, L., & Li, L. (2017). Industrial big data in an Industry 4.0 environment: Challenges, schemes, and applications for predictive maintenance. *IEEE Access*, 5, 23484–23491. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2017.2765544>.
- (21) Sagiroglu, S., Terzi, R., Canbay, Y., & Colak, I. (2016). Big data issues in smart grid systems. In *Proceedings of the IEEE International Conference on Renewable Energy Research Applications (ICRERA)* (pp. 1007–1012).
- (22) Tawalbeh, L., Muheidat, F., Tawalbeh, M., & Quwaider, M. (2020). IoT privacy and security: Challenges and solutions. *Applied Sciences*, 10, 4102. <https://www.mdpi.com/2076-3417/10/12/4102>.
- (23) Hofmann, M., Neukart, F., & B'ack, T. (2017). Artificial intelligence and data science in the automotive industry.

- (24) McKinsey (2016). Industry 4.0 after the initial hype: Where manufacturers are finding value and how they can best capture it.
- (25) Kamble, S.S., Gunasekaran, A. and Gawankar, S.A. (2018), "Sustainable Industry 4.0 framework: a systematic literature review identifying the current trends and future perspectives", *Process Safety and Environmental Protection*, Vol. 117, July, pp. 408-425.
- (26) Barney, J. (1991), "Firm resources and sustained competitive advantage", *Journal of Management*, Vol. 17 No. 1, pp. 99-120.
<https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/014920639101700108>.
- (27) McGee, J. and Thomas, H. (1986), "Strategic groups: theory, research and taxonomy", *Strategic Management Journal*, Vol. 7 No. 2, pp. 141-160.
- (28) de Sousa, J., Jabbour, A.B.L., Foropon, C.J.C. and Filho, G. (2018), "When titans meet – can Industry 4.0 revolutionise the environmentally-sustainable manufacturing wave? The role of critical success factors", *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 132, July, pp. 18-25.
- (29) Grant, R.M. (1991), "The resource-based theory of competitive advantage: implications for strategy formulation", *California Management Review*, Vol. 33 No. 3, pp. 114-135.
- (30) Skinner, W. (1969), "Manufacturing: the missing link in corporate strategy", *Harvard Business Review*, Vol. 3, May-June, pp. 136-145.
- (31) Öberg, C. and Graham, G. (2016), "How smart cities will change supply chain management: a technical viewpoint", *Production Planning & Control*, Vol. 27 No. 6, pp. 529-538.
- (32) Dubey, R., Gunasekaran, A., Helo, P., Papadopoulos, T., Childe, S.J. and Sahay, B.S. (2017), "Explaining the impact of reconfigurable manufacturing systems on environmental performance: the role of top management and organizational culture", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 141, January, pp. 56-66.
- (33) Jay Lee, Behrad Bagheri, Hung-An Kao, A cyber-physical systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems, *Manuf. Lett.* 3 (2015) 18e23.
<https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2014.12.001>.
- (34) Yu-Jun Lin, The international manufacturing policy under the wave of industry 4.0 (2015)
- (35) Chu-Chi Kuo, Joseph Z. Shyu, Kun Ding. (2019) Industrial revitalization via industry 4.0- A comparative policy analysis among China, Germany and the USA.
- (36) World Economic Forum, The Future of Manufacturing: Opportunities to Drive Economic Growth, 2012.

https://www.nist.gov/system/files/documents/2017/05/09/The-Future-Manufacturing_4_20_12.pdf

(37) J.M. Müller, O. Buliga, K.I. Voigt, Fortune favors the prepared: how SMEs approach business model innovations in Industry 4.0, *Technol. Forecast. Soc. Change* 132 (2018) <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162517312039?via%3Dihub>

(38) D. Kiel, J.M. Müller, C. Arnold, K.I. Voigt, Sustainable industrial value creation: benefits and challenges of industry 4.0, *Int. J. Innov. Manag.* 21 (08) (2017) <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162517307254?via%3Dihub>

(39) R. Rothwell, W. Zegveld, *Industrial Innovation and Public Policy: Preparing for the 1980s and the 1990s*, Pinter Publishers, London, 1981.

(40) M. Dodgson, J. Mathews, T. Kastle, M.-C. Hu, The evolving nature of Taiwan's national innovation system: the case of biotechnology innovation networks, *Res. Pol.* 37 (2008) <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048733307002491?via%3Dihub>.

(41) R. Rothwell, W. Zegveld, An assessment of government innovation policies, *Rev. Pol. Res.* 3 (1984) 436e444. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1541-1338.1984.tb00138.x>.

(42) Xifan Yao, Jiajun Zhou, Jiangming Zhang, Claudio R. Boër, From intelligent manufacturing to smart manufacturing for industry 4.0 driven by next generation artificial intelligence and further on, 5th International Conference on Enterprise Systems, (2017), pp. 311–318. https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85041380507&origin=inward&featureToggles=FEATURE_NEW_DOC_DETAILS_EXPOR T:1.

(43) Jim Davis, Thomas Edgar, James Porter, John Bernaden, Michael Sarli, Smart manufacturing, manufacturing intelligence and demand-dynamic performance, *Comput. Chem. Eng. FOCAPO* 47 (2012) 145–156. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0098135412002219>.

(44) Dong-hyu Kim, Heejin Lee, Jooyoung Kwak, Standards as a driving force that influences emerging technological trajectories in the converging world of the internet and things: an investigation of the M2M/IoT patent network, *Res. Policy* 46 (September (7)) (2017) <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048733317300835>.

(45) M.P. Papazoglou, W.J. van den Heuvel, Service oriented architectures: approaches, technologies and research issues, *VLDB J. Springer* 16 (July (3)) (2007). <https://link.springer.com/article/10.1007/s00778-007-0044-3>.

(46) Ping Wang, Shilun Ge, Nianxin Wang, Yanhua Pan, Nan Ren, “MIS 4.0 research for industrie 4.0”, *Jisuanji Jicheng Zhizao Xitong/Computer integrated manufacturing systems, CIMS* 22 (July (7)) (2016).

https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84980385843&origin=inward&featureToggles=FEATURE_NEW_DOC_DETAILS_EXPOR T:1.

(47) Dusko Lukac, The fourth ICT-based industrial revolution "industry 4.0" - HMI and the case of CAE/CAD innovation with EPLAN P8, 23rd Telecommunications Forum, TELFOR 2015, (2015). <https://ieeexplore.ieee.org/document/7377595>.

(48) Burak Omer Saracoglu, Sitki Gozlu, Identification of technology performance criteria for CAD/CAM/CAE/ CIM/CAL in shipbuilding industry, Technology Management for the Global Future, PICMET, IEEE, 2006 Vol. 4 (2006). <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/4077559>.

(49) Eva-Maria Jakobs, Claas Digmayer, Sara Vogelsang, Michael Servos, Not ready for industry 4.0: usability of CAx systems, Advances in Intelligent Systems and Computing, Advances in Usability and User Experience - Proceedings of the AHFE 2017 International Conference on Usability and User Experience Vol. 607 (2018) 51-62. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-60492-3_5.

(50) J. Gubbi, R. Buyya, S. Marusic, M. Palaniswami, Internet of things (IoT): a vision, architectural elements, and future directions, Fut. Gener. Comput. Syst. 29 (7) (2013) 1645-1660. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167739X13000241>.

(51) M. Armbrust, A. Fox, R. Griffith, et al., A View of Cloud computing, Commun. ACM 53 (April (4)) (2010) 50-58. <https://dl.acm.org/doi/10.1145/1721654.1721672>.

(52) M. Chen, S.W. Mao, Y.H. Liu, Big data: a survey, Mob. Netw. Appl. 19 (2) (2014) 171-209. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11036-013-0489-0>.

(53) Stephanie W. Doh, Fernando Deschamps, EdsonPineiro De Lima, Systems integration in the lean manufacturing systems value chain to meet industry 4.0 requirements, Advances in Transdisciplinary Engineering, Transdisciplinary Engineering: Crossing Boundaries - Proceedings of the 23rd ISPE Inc. International Conference on Transdisciplinary Engineering, TE 2016 4 (2016) 642-650.

(54) Bruno G. Rüttimann, Martin T. Stöckli, Lean and industry 4.0—Twins, partners, or contenders? A due clarification regarding the supposed clash of Two production systems, J. Serv. Sci. Manage. 9 (2016) 485-500.

(55) Adam Sanders, K. Subramanian, R. Karthik, Tobias Redlich, Jens P. Wulfsberg, Industry 4.0 and lean management – synergy or contradiction? A systematic interaction approach to determine the compatibility of industry 4.0 and lean management in manufacturing environment, IFIP Advances in Information and Communication Technology, Advances in Production Management Systems : The Path to Intelligent, Collaborative and Sustainable Manufacturing - IFIP WG 5.7 International Conference, APMS 2017 514 (2017) 341-349.

(56) Constantin Scheuermann, Stephan Verclas, Bernd Bruegge, Agile factory-an example of an industry 4.0 manufacturing process, Proceedings - 3rd IEEE International Conference on Cyber-Physical Systems, Networks, and Applications, CPSNA 2015, September 18, (2015).

(57) Toshi Hasegawa, International standardization and its applications in industrial wireless network to realize smart manufacturing, 2017 56th Annual Conference of the Society of Instrument and Control Engineers of Japan, SICE 2017, 2017- November, (2017). <https://ieeexplore.ieee.org/document/8105486>.

(58) Plattform Industrie 4.0, Robot Revolution Initiative and Standardization Council Industrie 4.0. "The Common Strategy on International Standardization in Field of the Internet of Things/Industrie 4.0".

(66) Alain Aoun, Adrian Ilinca, Mazen Ghandour, Hussein Ibrahim (2021). A review of Industry 4.0 characteristics and challenges, with potential improvements using blockchain technology. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360835221006501>.

(67) Kiyotaka Takahashi, Yuji Ogata, Youichi Nonaka, A proposal of unified reference model for smart manufacturing, 2017 13th IEEE Conference on Automation Science and Engineering (CASE) Xi'an, China, August 20–23, (2017), pp. 964–969. <https://ieeexplore.ieee.org/document/8256228>.

(68) Jianshan Lin, Industrial Policy and Industrial Management, Global Economic Society, Taipei, 1995.

(69) Kiyotaka Takahashi, Yuji Ogata, Youichi Nonaka, A proposal of unified reference model for smart manufacturing, 2017 13th IEEE Conference on Automation Science and Engineering (CASE) Xi'an, China, August 20–23, (2017), pp. 964–969.

(70) [11] Ray Y. Zhong, Xun Xu, Eberhard Klotz, Stephen T. Newman, Intelligent manufacturing in the context of industry 4.0: a review, Engineering 3 (October (5)) (2017) 616–630. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095809917307130>.

(59) A. Gunasekaran, Agile manufacturing: a framework for research and development, Int. J. Prod. Econ. 62 (May (1–2)) (1999) 87–105. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527398002229>.

(60) Industrial Value Chain Initiative. «Industrial Value Chain Reference Architecture (IVRA)».

(61) ISO/TC184/SC5/WG1. ISO 15704. Industrial automation systems – Requirements for enterprise-reference architectures and methodologies.

(62) Y. Lu, K.C. Morris, S. Frechette, Standards landscape and directions for smart manufacturing systems, 2015 IEEE International Conference on Automation Science and

Engineering (CASE), Gothenburg, Sweden, Aug 24-28, 2015.
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7294229>.

(64) MJB, KAS, ERG, Framework for Cyber-Physical Systems - Release 1.0, Cyber Physical Systems Public Working Group (2016).

(63) S.W. Lin, B. Miller, J. Durand, et al., Industrial internet reference architecture, Tech. Rep, Industrial Internet Consortium (IIC), (2015).
https://www.iiconsortium.org/pdf/SHI-WAN%20LIN_IIRA-v1%208-release-20170125.pdf.

(65) J.D. Loof, C.M. SAP, S. Meissner, et al., Internet of Things–Architecture IoT-A Deliverable D1. 5–Final Architectural Reference Model for the IoT v3. 0, (2013).

(71) Mike Freitag, Martin Zelm, Standardization connecting the initiative' industry 4.0' and service life cycle, CEUR Workshop Proceedings, IWEI-WS 2015 - Proceedings of the Workshops of the IWEI 2015 Conference, Co-Located With the 6th International IFIP Working Conference on Enterprise Interoperability IWEI 2015 Vol. 1414 (2015).
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.1043.3473&rep=rep1&type=pdf>.

(72) Sarah A. Al-Qaseemi, Hajer A. Almulhim, Maria F. Almulhim, Saqib Rasool Chaudhry, IoT architecture challenges and issues: lack of standardization, FTC 2016 - Proceedings of Future Technologies Conference, January 17, (2017), pp. 731–738.
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7821686>.

(73) A. Mazak, C. Huemer, A standards framework for value networks in the context of industry 4.0, IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, v 2016-January, January 18, 2016, IEEM 2015, (2016), pp. 1342–1346.
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7385866>.

(74) Amy J.C. Trappey, Charles V. Trappey, UsharaniHareesh Govindarajan, Allen C. Chuang, John J. Sun, A review of essential standards and patent landscapes for the internet of things: a key enabler for industry 4.0, Adv. Eng. Inf. 33 (August) (2017) 208–229. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474034616301471>.