



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗΣ ΣΧΟΛΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΠΟΡΩΝ
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΓΕΩΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΤΕ

***ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΔΙΑΔΥΜΩΝ ΣΤΗ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗ***

Πτυχιακή Εργασία

της Τσούλου Ορελίας, GE05757

Επιβλέπων Καθηγητής: Καπαγερίδης Ιωάννης

που υποβάλλεται στο Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων
του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας
για τη μερική εκπλήρωση των υποχρεώσεων απόκτησης
του Πτυχίου Μηχανικού Γεωτεχνολογίας Περιβάλλοντος ΤΕ



Κοζάνη, Μάιος 2021

Περίληψη

Στη σύγχρονη εποχή η τεχνολογική εξέλιξη αναπτύσσεται με ταχύτατους ρυθμούς στο σημείο αυτό, η παρούσα πτυχιακή εργασία έχει σκοπό να εξετάσει, να αναλύσει και να αναδείξει την αξία των Digital Twins και των εφαρμογών τους κυρίως σε βιομηχανικό επίπεδο. Αρχικά αναφέρεται ο ορισμός του ψηφιακού και άλλων βασικών εννοιών, αναλύεται η βασική ιδέα και η ανάπτυξη αυτού. Έπειτα η βασική δομή και λειτουργία αποτελούν ένα από τα σημαντικά κεφάλαια καθώς και η ανάπτυξη των DT, τα χαρακτηριστικά την διπλής αυτής τεχνολογίας και τα οφέλη της αναλύουν την απλοποίηση της βιομηχανίας. Επιπλέον οι επιχειρήσεις που μπορούν να χρησιμοποιούν το ψηφιακό δίδυμο και τα παραδείγματα εταιριών που ήδη το χρησιμοποιούν περιγράφουν πως μπορούν να αναλύσουν και να ελέγξουν τα στοιχεία για να αποτρέψουν τα ζητήματα προτού να εμφανιστούν, να αποφύγουν το χρόνο διακοπής, και να μιμηθούν ακόμη και τις μελλοντικές περιστάσεις και τα γεγονότα. Τέλος η πτυχιακή ολοκληρώνεται με το ψηφιακό ορυχείο του μέλλοντος, την εργασία σε ένα ψηφιακό ορυχείο, τις αρνητικές και θετικές επιπτώσεις και τις προϋποθέσεις ύπαρξης του.

Abstract

In the modern era technological development is developing rapidly at this point, this graduate work aims to examine, analyze and highlight the value of Digital Twins and their applications mainly at the industrial level. Initially the definition of digital and other basic concepts is mentioned, the basic idea and the development of it are analyzed. Then the basic structure and operation are one of the important chapters as well as the development of DT, the characteristics of this dual technology and its benefits analyze the simplification of the industry. In addition companies that can use the digital duo and examples of companies that already use it describe how they can analyze and control data to prevent issues before they occur, avoid downtime, and even mimic future circumstances and events. Finally the degree is completed with the digital mine of the future, work in a digital mine, its negative and positive effects and conditions of existence.

Πίνακας περιεχομένων

Περίληψη	2
Abstract	3
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΟΙΕΣ	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΙΔΕΑ ΨΗΦΙΑΚΟΥ ΔΙΔΥΜΟΥ	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΔΙΔΥΜΩΝ	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΒΑΣΙΚΗ ΔΟΜΗ ΨΗΦΙΑΚΟΥ ΔΙΔΥΜΟΥ	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΠΕΔΙΑ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΩΝ DIGITAL TWIN	18
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΔΙΠΛΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ... ..	20
6.1 Συνδεσιμότητα	20
6.2 Ομογενοποίηση	20
6.3 Αναπρογραμματιζόμενο και έξυπνο	21
6.4 Ψηφιακά ίχνη	22
6.5 Αρθρωματοποίηση	22
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7° : ΤΑ ΟΦΕΛΗ ΤΩΝ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΔΙΔΥΜΩΝ	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΤΑ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΔΙΔΥΜΩΝ	26
8.1 Συνεχής παρακολούθηση της εξέλιξης της κατασκευής.	26
8.2 Βέλτιστη χρήση των πόρων.	26
8.3 Παρακολούθηση ασφαλείας.	27
8.4 Ακρίβεια και πρόσληψη	27
8.5 Ολοκληρωμένο Αυτοματισμό	30
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9° : ΠΕΔΙΑ ΕΦΑΡΜΟΡΩΝ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΔΙΔΥΜΩΝ	32
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10°: ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΙΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝ ΨΗΦΙΑΚΟ ΔΙΔΥΜΟ	34
10.1 Δυναμική σε επίπεδο βιομηχανίας	35
10.2 Πολεοδομία και βιομηχανία δομημένου περιβάλλοντος	36
10.3 Τεχνολογίες οπτικοποίησης	37
10.4 Βιομηχανία υγειονομικής περιθάλαψης	37

10.4.1 Δυναμική σε επίπεδο βιομηχανίας.....	37
10.4.2 Δυναμική σε επίπεδο επιχείρησης	39
10.5 Αυτοκινητοβιομηχανία	39
10.5.1 Δυναμική σε επίπεδο βιομηχανίας.....	39
10.5.2 Δυναμική σε επίπεδο επιχείρησης (Volkswagen & Tesla).....	40
10.6 Μεταλλουργία.....	42
10.7 Τομέας της κατασκευαστικής	42
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11° : ΕΤΑΙΡΙΕΣ ΠΟΥ ΧΡΗΜΟΠΟΙΟΥΝ ΤΟ ΨΗΦΙΑΚΟ ΔΙΔΥΜΟ	44
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12° : ΤΟ ΨΗΦΙΑΚΟ ΟΡΥΧΕΪΟ ΤΟΥ ΜΕΛΛΟΝΤΟΣ	49
12.1 ΤΑ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΕΡΑ ΒΗΜΑΤΑ	49
12.2 Η ΕΡΓΑΣΙΑ ΣΕ ΕΝΑ ΨΗΦΙΑΚΟ ΟΡΥΧΕΙΟ	51
12.3 ΑΡΝΗΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΘΕΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟΝ ΧΩΡΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	53
12.4 ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ ΥΠΑΡΞΗΣ ΤΟΥ ΨΗΦΙΑΚΟΥ ΔΙΔΥΜΟΥ	55
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	56

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΟΙΕΣ

Το «**Διαδίκτυο των πραγμάτων**» (Internet of Things - IoT) είναι ένα δίκτυο φυσικών αντικειμένων όπως συσκευές, όργανα, οχήματα, οικιακές συσκευές, κτίρια και άλλα αντικείμενα ενσωματωμένα με ηλεκτρονικά, κυκλώματα, λογισμικά, αισθητήρες και δυνατότητα σύνδεσης στο δίκτυο που επιτρέπει σε αυτά τα αντικείμενα να συλλέγουν και να ανταλλάσσουν δεδομένα. Το IoT επιτρέπει να ανιχνεύονται και να ελέγχονται από απόσταση αντικείμενα σε υφιστάμενα δίκτυα, δημιουργώντας ευκαιρίες για πιο άμεση ενσωμάτωση του φυσικού κόσμου σε συστήματα που βασίζονται σε υπολογιστές, με αποτέλεσμα να βελτιώνεται η απόδοση και η ακρίβεια τους.

Ψηφιακό δίδυμο είναι ένα εικονικό αντίγραφο ενός φυσικού στοιχείου, μιας διεργασίας ή ενός συστήματος. Εκτός από την κοινή χρήση των φυσικών χαρακτηριστικών των πραγματικών ομολόγων τους, τα ψηφιακά δίδυμα αναπαράγουν επίσης την κατάσταση και τη συμπεριφορά ενσωματώνοντας δεδομένα σε πραγματικό χρόνο από συνδεδεμένους αισθητήρες. Η ψηφιακή αναπαράσταση παρέχει τόσο τα στοιχεία όσο και τη δυναμική του τρόπου με τον οποίο λειτουργεί μια συσκευή διαδικτύου των πραγμάτων (IoT) και ζει καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής της

Μετάλλευμα (Ore, Mineral, Erz) είναι συγκέντρωση ενός ή περισσότερων ορυκτών, που δημιουργήθηκε κατόπιν γεωλογικών διεργασιών στο φλοιό της γής ή στην επιφάνειά της ή στο θαλάσσιο πυθμένα και από την οποία μπορεί να ληφθεί, με μια περισσότερο ή λιγότερο σύνθετη και οικονομικά συμφέρουσα επεξεργασία, ένα μέταλλο (π.χ. μετάλλευμα σιδήρου). Ο όρος αυτός έχει επεκταθεί και σε μη μεταλλικά ορυκτά, όπως π.χ. μετάλλευμα θείου, φθορίτου. Γενικότερα, οι Ορυκτές Πρώτες Ύλες (ΟΠΥ, "Mineral resources") είναι συγκεντρώσεις ορυκτών ή πετρωμάτων, όχι απαραίτητα μεταλλευμάτων, των οποίων τα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά και οι ιδιότητες, δικαιολογούν την εκμετάλλευσή τους και το συνακόλουθο οικονομικό ενδιαφέρον για χρήση στη βιομηχανία, την ενέργεια, το εμπόριο. Οι Ορυκτές Πρώτες Ύλες (ΟΠΥ) ανήκουν στην ευρύτερη κατηγορία των φυσικών πόρων ("natural resources") και μάλιστα των μη ανανεώσιμων φυσικών πόρων.

Μεταλλευτική είναι η ανθρώπινη δραστηριότητα της εξόρυξης μεταλλευμάτων, ορυκτών και πετρωμάτων για χρήση στην οικοδομή, την εξαγωγή μετάλλων και την παραγωγή αντικειμένων γενικότερα. Ως επιστήμη, η μεταλλευτική αποτελεί τμήμα των επιστημών μηχανικού και συμπεριλαμβάνει την μεταλλευτική έρευνα, την όρυξη και λειτουργία μεταλλείων, ορυχείων και λατομείων, και τέλος, το κλείσιμο των μεταλλευτικών/λατομικών

χώρων μετά την εξάντληση των εκμεταλλεύσιμων αποθεμάτων. Ως επιστήμη, η μεταλλευτική συχνά αποκαλείται και μεταλλειολογία, μιας και οι μηχανικοί μεταλλείων αποκαλούνται συχνά «μεταλλειολόγοι μηχανικοί». Ο όρος μεταλλεία (η), (θηλυκού γένους), χρησιμοποιείται ειδικότερα με τη σημασία της αναζήτησης μετάλλων, την ανόρυξη της γης και κατ' επέκταση την εκμετάλλευση μεταλλείου ή ορυχείου, ως συνώνυμο της μεταλλευτικής δραστηριότητας κυρίως στην νομική ορολογία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΙΔΕΑ ΨΗΦΙΑΚΟΥ ΔΙΔΥΜΟΥ

Ένα ψηφιακό δίδυμο αναφέρεται σε ένα εικονικό μοντέλο μιας διαδικασίας, προϊόντος ή υπηρεσίας. Ένα ψηφιακό δίδυμο είναι ένας σύνδεσμος μεταξύ ενός αντικειμένου πραγματικού κόσμου και της ψηφιακής αναπαράστασης του που χρησιμοποιεί συνεχώς δεδομένα αισθητήρων. Όλα τα δεδομένα προέρχονται από τους αισθητήρες που βρίσκονται σε ένα φυσικό αντικείμενο. Η ψηφιακή αναπαράσταση στη συνέχεια χρησιμοποιείται για οπτικοποίηση, μοντελοποίηση, ανάλυση, προσομοίωση και πρόσθετο σχεδιασμό. Σε αντίθεση με τη μοντελοποίηση BIM, το ψηφιακό δίδυμο δεν απευθύνεται απαραίτητα σε ένα αντικείμενο με χωρική αναπαράσταση. Για παράδειγμα, μια συναλλακτική διαδικασία, ένας φάκελος ενός ατόμου ή μια σειρά σχέσεων μεταξύ των ενδιαφερομένων και των διοικητικών μονάδων. Τα ψηφιακά δίδυμα βασίζονται σε φυσικά μοντέλα, ενημερώσεις αισθητήρων, ιστορικό στόλου και άλλες πηγές δεδομένων. Βοηθούν στη δοκιμή διαφορετικών παραμέτρων και σχεδίων, παρέχουν συνεχείς προβλέψεις υγείας με βάση τα δεδομένα λειτουργίας σε πραγματικό χρόνο και καθοδηγούν την αντιμετώπιση προβλημάτων. Οι ορισμοί της ψηφιακής τεχνολογίας διπλής τεχνολογίας που χρησιμοποιήθηκαν σε προηγούμενη έρευνα υπογραμμίζουν δύο σημαντικά χαρακτηριστικά. Πρώτον, κάθε ορισμός δίνει έμφαση στη σύνδεση μεταξύ του φυσικού μοντέλου και του αντίστοιχου εικονικού μοντέλου ή του εικονικού αντίστοιχου. Δεύτερον, αυτή η σύνδεση δημιουργείται δημιουργώντας δεδομένα σε πραγματικό χρόνο χρησιμοποιώντας αισθητήρες .

Τα ψηφιακά δίδυμα ενσωματώνουν το IoT, την τεχνητή νοημοσύνη, τη μηχανική μάθηση και την ανάλυση λογισμικού με χωρικά γραφήματα δικτύου για τη δημιουργία ζωντανών μοντέλων ψηφιακής προσομοίωσης που ενημερώνονται και αλλάζουν καθώς αλλάζουν τα φυσικά τους δεδομένα αντίστοιχα. Ένα ψηφιακό δίδυμο μαθαίνει και ενημερώνεται συνεχώς από πολλές πηγές για να αντιπροσωπεύει την κατάσταση, την κατάσταση εργασίας ή τη θέση του σε πραγματικό χρόνο. Αυτό το σύστημα εκμάθησης μαθαίνει από μόνο του, χρησιμοποιώντας δεδομένα αισθητήρων που μεταφέρουν διάφορες πτυχές της κατάστασης λειτουργίας του από ανθρώπινους εμπειρογνώμονες, μηχανικούς με βαθιές και σχετικές γνώσεις στον τομέα της βιομηχανίας ή από άλλους παρόμοιους μηχανικούς, από άλλους παρόμοιους στόλους μηχανημάτων και από τα μεγαλύτερα συστήματα και περιβάλλον του οποίου μπορεί να είναι μέρος. Ένα ψηφιακό δίδυμο ενσωματώνει επίσης ιστορικά δεδομένα από τη χρήση του παρελθόντος ενός μηχανήματος σε παράγοντα στο ψηφιακό μοντέλο του.

Η ιδέα χωρίστηκε σε τύπους αργότερα . Οι τύποι είναι το ψηφιακό δίδυμο πρωτότυπο (DTP), το ψηφιακό διπλό στιγμιότυπο (DTI) και το ψηφιακό διπλό σύνολο (DTA).

Το DTP αποτελείται από τα σχέδια, τις αναλύσεις και τις διαδικασίες για την πραγματοποίηση ενός φυσικού προϊόντος. Το DTP υπάρχει πριν υπάρξει φυσικό προϊόν.

Το DTI είναι το ψηφιακό δίδυμο κάθε μεμονωμένης παρουσίας του προϊόντος μόλις κατασκευαστεί.

Το DTA είναι η συγκέντρωση των DTI των οποίων τα δεδομένα και οι πληροφορίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ανάκριση σχετικά με το φυσικό προϊόν, τα προγνωστικά και τη μάθηση. Οι συγκεκριμένες πληροφορίες που περιέχονται στα ψηφιακά δίδυμα καθοδηγούνται από περιπτώσεις χρήσης. Το ψηφιακό δίδυμο είναι ένα λογικό κατασκεύασμα, που σημαίνει ότι τα πραγματικά δεδομένα και οι πληροφορίες μπορεί να περιέχονται σε άλλες εφαρμογές.

Ένα ψηφιακό δίδυμο στο χώρο εργασίας θεωρείται συχνά μέρος του αυτοματισμού ρομποτικής διαδικασίας (RPA) και είναι μέρος της ευρύτερης και αναδυόμενης κατηγορίας «υπερ-αυτοματισμού». Για τις επιχειρήσεις που λαμβάνουν τα πρόωρα μέτρα για να αξιολογήσουν και να υιοθετήσουν αυτήν την τεχνολογία υπάρχουν τεράστια πλεονεκτήματα που κερδίζονται. Για τις εταιρείες που καθυστερούν μέσα σε λίγα χρόνια μπορεί ήδη να είναι πολύ αργά για να καλύψουν τη διαφορά στο χαμένο έδαφος.

Η έννοια του Digital Twin προσφέρει ένα καθηλωτικό εικονικό περιβάλλον που συγχωνεύει βραχυπρόθεσμους, μεσοπρόθεσμους και μακροπρόθεσμους ορίζοντες σχεδιασμού για να βοηθήσει να λαμβάνουν αποφάσεις με γνώμονα την αξία σε ένα φάσμα λειτουργιών. Εικονικό σενάριο "τι θα γινόταν αν" ο σχεδιασμός επιτρέπει τη δοκιμή νέων μεθοδολογιών διαδικασιών, όπως η σύνθλιψη και η μεταφορά, και ο καλύτερος καθορισμός των κατάλληλων επιπέδων δαπανών για νέα κεφάλαια και επιχειρησιακά έργα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΔΙΔΥΜΩΝ

Γενικά, η ανάπτυξη ενός DT περιλαμβάνει δύο κύριους τομείς:

1. Σχεδιασμός των Digital Twins διεργασιών και απαιτήσεων πληροφόρησης για ολόκληρο τον κύκλο ζωής του φυσικού στοιχείου από το σχεδιασμό του έως την χρήση και συντήρησή του στοιχείου.
2. Η δημιουργία τεχνολογίας για την σύζευξη του φυσικού στοιχείου και του ψηφιακού του αντίστοιχου, που θα επιτρέπει τη ροή δεδομένων από τους αισθητήρες σε πραγματικό χρόνο και την επεξεργασία λειτουργικών και επιχειρηματικών δεδομένων από τα βασικά συστήματα της εταιρείας, όπως επιτυγχάνεται συνήθως σε μια εννοιολογική αρχιτεκτονική του πλαισίου σύνδεσης. Η δημιουργία ενός DT ξεκινά με το σχεδιασμό της διαδικασίας. Ποιες είναι οι διαδικασίες και τα σημεία ολοκλήρωσης για τα οποία θα γίνει μοντελοποίηση; Οι τυπικές διαδικασίες πρέπει να χρησιμοποιούνται για να δείξουν πώς αλληλοεπιδρούν οι επιχειρησιακές διαδικασίες, οι άνθρωποι που υλοποιούν τις διαδικασίες, οι επιχειρησιακές εφαρμογές, οι πληροφορίες και τα φυσικά στοιχεία. Δημιουργούνται διαγράμματα που συνδέουν τη ροή της διαδικασίας με τις εφαρμογές και τα δεδομένα και πληροφορίες που απαιτούνται για τη δημιουργία του DT. Ο σχεδιασμός της διαδικασίας ενσωματώνεται έτσι ώστε διάφορα χαρακτηριστικά της, όπως το κόστος, ο χρόνος ή η αποδοτικότητα των στοιχείων να μπορούν να βελτιωθούν. Αυτά συνήθως σχηματίζουν τις βασικές παραδοχές για το επίπεδο λειτουργίας, από τις οποίες πρέπει ξεκινά η διαδικασία συνεχούς βελτίωσης με τη βοήθεια του DT.

Η εννοιολογική αρχιτεκτονική μπορεί να κατανοηθεί καλύτερα ως μια ακολουθία έξι φάσεων:

1. Δημιουργία: Η φάση της δημιουργίας περιλαμβάνει τον εξοπλισμό της φυσικής διαδικασίας με πολλούς αισθητήρες που μετρούν κρίσιμα στοιχεία από τη φυσική διαδικασία. Οι μετρήσεις από τους αισθητήρες μπορούν γενικά να ταξινομηθούν σε δύο κατηγορίες: (1) λειτουργικές μετρήσεις που σχετίζονται με τα κριτήρια φυσικής απόδοσης του παραγωγικού στοιχείου (συμπεριλαμβανομένων πολλών σταδίων της διαδικασίας), όπως αντοχή σε εφελκυσμό, μετατόπιση, ροπή και ομοιομορφία χρώματος. (2) περιβαλλοντικά ή εξωτερικά δεδομένα που επηρεάζουν τις λειτουργίες ενός φυσικού στοιχείου, όπως θερμοκρασία περιβάλλοντος, βαρομετρική πίεση και επίπεδο υγρασίας. Οι μετρήσεις

μπορούν να μετατραπούν σε ασφαλή ψηφιακά 58 μηνύματα χρησιμοποιώντας κωδικοποιητές και μετά να μεταδοθούν στο DT. Τα σήματα από τους αισθητήρες μπορεί να συνδυαστούν με πληροφορίες που παρέχονται από άλλα επιχειρησιακά συστήματα, όπως συστήματα παρακολούθησης της παραγωγής, και προγραμματισμού πόρων, συστήματα CAD και συστήματα διαχείρισης της αλυσίδας εφοδιασμού. Αυτό θα παρέχει στο DT ένα ευρύ φάσμα συνεχώς ενημερώσεων δεδομένων που θα χρησιμοποιηθούν ως είσοδος για τις διεργασίες ανάλυσης.

2. Επικοινωνία: Η φάση της επικοινωνίας αφορά στην απρόσκοπτη, σε πραγματικό χρόνο, αμφίδρομη ολοκλήρωση / συνδεσιμότητα μεταξύ της φυσικής διαδικασίας και της ψηφιακής πλατφόρμας. Η επικοινωνία μέσω δικτύου είναι μια από τις βασικές τεχνολογίες στις οποίες στηρίζεται ένα DT και περιλαμβάνει τρία κύρια συστατικά:

- Επεξεργασία στο άκρο (Edge computing) 6 : Η εφαρμογή διεπαφής στο άκρο (φυσικό στοιχείο) συνδέει αισθητήρες και ιστορικά διεργασιών, επεξεργάζεται σήματα και δεδομένα, και μεταδίδει δεδομένα στην πλατφόρμα. Αυτό χρησιμεύει για τη μετάφραση πρωτοκόλλων σε πιο εύκολα επεξεργάσιμες μορφές δεδομένων, καθώς και μειώνει την χρήση του δικτύου. Σημαντικές πρόοδοι σε αυτόν τον τομέα έχουν εξαλείψει πολλά προβλήματα που περιόριζαν τη βιωσιμότητα ενός DT στο παρελθόν.
- Διεπαφές επικοινωνίας: Οι διεπαφές επικοινωνίας βοηθούν στη μεταφορά πληροφοριών από τον αισθητήρα στη λειτουργία ολοκλήρωσης. Απαιτούνται πολλές επιλογές σε αυτόν τον τομέα, δεδομένου ότι ο αισθητήρας που παράγει τη πληροφορία μπορεί, θεωρητικά, να τοποθετηθεί σε σχεδόν οποιαδήποτε τοποθεσία, ανάλογα με την υπό εξέταση διαμόρφωση DT: μέσα σε ένα εργοστάσιο, σε ένα σπίτι, σε μια επιχείρηση εξόρυξης ή σε πάρκινγκ και σε χιλιάδες άλλες τοποθεσίες.
- Ασφάλεια στο άκρο: Νέοι αισθητήρες και δυνατότητες επικοινωνίας δημιούργησαν νέα θέματα ασφαλείας, τα οποία αυξάνονται συνεχώς. Οι πιο συνηθισμένες προσεγγίσεις ασφαλείας είναι να υπάρχουν τείχη προστασίας, κλειδιά εφαρμογής, κρυπτογράφηση και πιστοποιητικά συσκευής. Η ανάγκη για νέες λύσεις για την ασφαλή υλοποίηση των DT πιθανότατα θα γίνει πιο πιεστική καθώς όλο και περισσότερα στοιχεία ενεργοποιούνται μέσω IP.

3. Συγκεντρωτικό(Aggregate): Στη φάση αυτή καταχωρούνται τα δεδομένα σε ένα κεντρικό αποθετήριο, όπου θα υποβληθούν σε επεξεργασία και θα προετοιμαστεί η εξαγωγή αναλυτικών στοιχείων. Η συγκεντρωτική επεξεργασία δεδομένων μπορεί να γίνει είτε στις

εγκαταστάσεις είτε σε κάποιο υπολογιστικό νέφος (cloud). Η τεχνολογία συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων έχει εξελιχθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια, με τρόπους που επιτρέπουν στους σχεδιαστές να δημιουργήσουν μαζικά επεκτάσιμες αρχιτεκτονικές με μεγαλύτερη ευελιξία και μικρότερο κόστος, συγκριτικά με το παρελθόν.

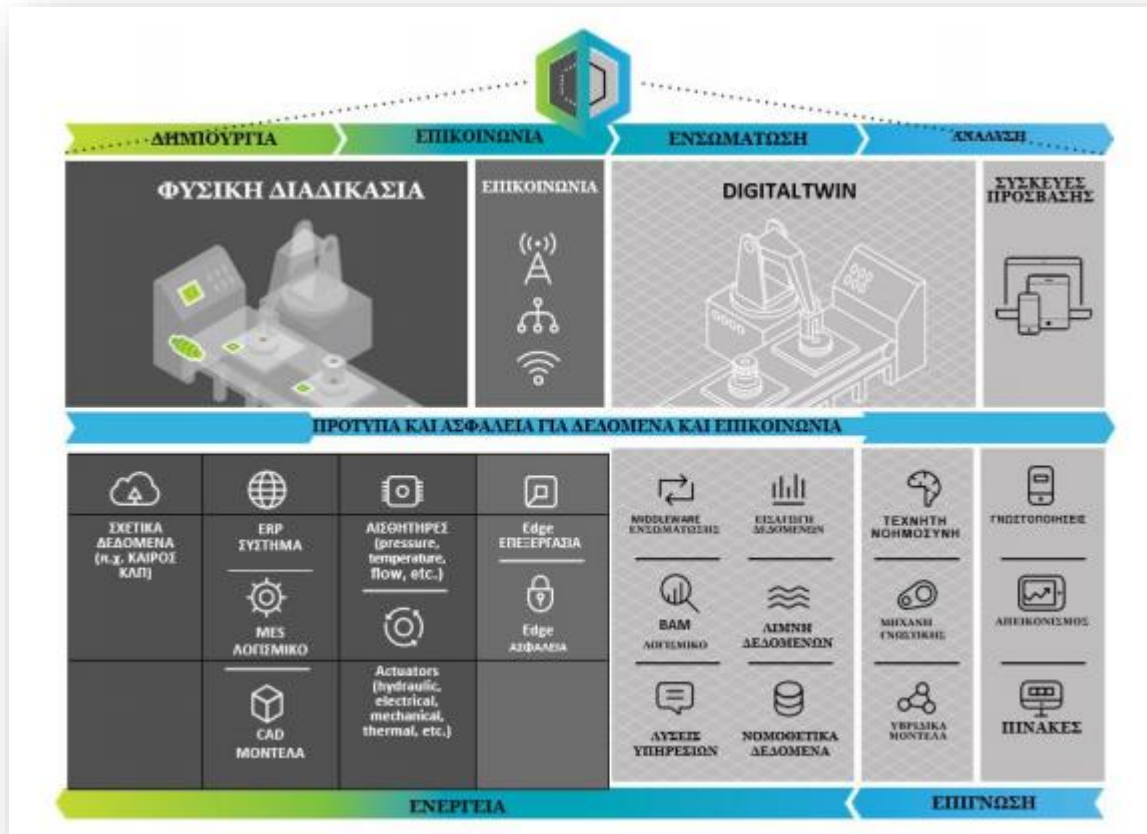
4. Ανάλυση: Στο στάδιο της ανάλυσης, τα δεδομένα αναλύονται και απεικονίζονται. Οι επιστήμονες και οι αναλυτές δεδομένων μπορούν να χρησιμοποιήσουν προηγμένες πλατφόρμες και τεχνολογίες ανάλυσης για να αναπτύξουν επαναληπτικά μοντέλα που δημιουργούν πληροφορίες και προτάσεις και καθοδηγούν τη λήψη αποφάσεων.

5. Διορατικότητα/Προβλεψιμότητα: Στη φάση της διορατικότητας, οι πληροφορίες από τα αναλυτικά στοιχεία παρουσιάζονται μέσω πινάκων ελέγχου με οπτικοποιήσεις, επισημαίνοντας μη αποδεκτές διαφορές στην απόδοση του DT και του ανάλογου φυσικού στοιχείου σε μία ή περισσότερες διαστάσεις, υποδεικνύοντας περιοχές που ενδεχομένως χρειάζονται έρευνα και αλλαγή.

6. Επέμβαση: Η φάση της επέμβασης είναι εκείνη στην οποία οι ενεργές πληροφορίες από τα προηγούμενα στάδια μπορούν να τροφοδοτηθούν στο φυσικό στοιχείο. Οι πληροφορίες περνούν από τους αποκωδικοποιητές και στη συνέχεια τροφοδοτούνται στους ενεργοποιητές της διαδικασίας του φυσικού στοιχείου, οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για μηχανισμούς κίνησης ή ελέγχου, ή σε συστήματα back-end που ελέγχουν την αλυσίδα εφοδιασμού και την εκτέλεση παραγγελιών από χειριστές. Αυτή η αλληλεπίδραση ολοκληρώνει τη σύνδεση κλειστού βρόχου μεταξύ του φυσικού κόσμου και του DT.

Η ψηφιακή εφαρμογή είναι συνήθως γραμμένη στη βασική γλώσσα συστήματος της επιχείρησης, η οποία έχει βασιστεί στα παραπάνω στάδια για τη μοντελοποίηση του φυσικού στοιχείου και των διαδικασιών. Επιπλέον, καθ' όλη τη διάρκεια της διαδικασίας, μπορεί να εφαρμοστούν πρότυπα και μέτρα ασφαλείας για σκοπούς διαχείρισης δεδομένων και διαλειτουργικής συνδεσιμότητας. Η ισχύς υπολογισμού μηχανών Bid Data, η ευελιξία των τεχνολογιών ανάλυσης, οι τεράστιες και ευέλικτες δυνατότητες αποθήκευσης και η ενσωμάτωση με μοντέλα κανονικότητας (Canonical Models) επιτρέπουν στο DT να διαμορφώσει ένα πολύ πιο πλούσιο σε δεδομένα και λιγότερο απομονωμένο περιβάλλον από ποτέ. Με τη σειρά τους, τέτοιες εξελίξεις μπορεί να οδηγήσουν σε ένα πιο εξελιγμένο και ρεαλιστικό μοντέλο, και όλα αυτά με χαμηλό κόστος σε λογισμικό και εξοπλισμό. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η παραπάνω εννοιολογική αρχιτεκτονική πρέπει να έχει σχεδιαστεί για ευελιξία και δυνατότητα κλιμάκωσης όσον αφορά τα αναλυτικά στοιχεία, την

επεξεργασία, τον αριθμό των αισθητήρων, των μηνυμάτων κ.λπ. Αυτό μπορεί να επιτρέψει στην αρχιτεκτονική να εξελίσσεται γρήγορα, προσαρμοζόμενη στις συνεχείς αλλαγές στην αγορά.



Εικόνα 1: Αρχιτεκτονική του Digital Twin

[https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/kr/Documents/insights/deloittnewsletter/2017/26_201706/kr_insights_deloitte-newsletter-26_report_02_en.pdf]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΒΑΣΙΚΗ ΔΟΜΗ ΨΗΦΙΑΚΟΥ ΔΙΔΥΜΟΥ

Η βιομηχανία και η ακαδημαϊκή κοινότητα, όπως προαναφέρθηκε, ορίζουν το ψηφιακό δίδυμο με πολλούς διαφορετικούς τρόπους. Ωστόσο, ίσως καμία ομάδα δεν αποτυπώνει σωστά το DT. Για παράδειγμα, σύμφωνα με ορισμένους, ένα DT είναι ένα ολοκληρωμένο μοντέλο ενός ενσωματωμένου προϊόντος που προορίζεται να αντικατοπτρίζει όλα τα κατασκευαστικά ελαττώματα και να ενημερώνεται συνεχώς ώστε να προλαμβάνει τη φθορά που επέρχεται κατά τη χρήση. Άλλοι ευρέως γνωστοί ορισμοί περιγράφουν το Digital Twin ως ψηφιακό μοντέλο ενός φυσικού αντικειμένου, το οποίο διαθέτει δυνατότητα αίσθησης και προσομοιώνει τη λειτουργία του αντικειμένου σε πραγματικό χρόνο. Για καλύτερη κατανόηση, ένα DT μπορεί να οριστεί, ως ένα εξελισσόμενο ψηφιακό προφίλ της ιστορικής και τρέχουσας συμπεριφοράς ενός φυσικού αντικειμένου ή μιας διαδικασίας που βοηθά στη βελτιστοποίηση της επιχειρηματικής απόδοσης. Το DT βασίζεται σε πραγματικές, μεγάλο όγκου, αθροιστικές, πραγματικού χρόνου, μετρήσεις δεδομένων από όλα τα μέρη του φυσικού στοιχείου. Αυτές οι μετρήσεις μπορούν να δημιουργήσουν ένα εξελισσόμενο προφίλ του αντικειμένου ή της διαδικασίας στον ψηφιακό κόσμο που μπορεί να παρέχει σημαντικές πληροφορίες για την απόδοση του συστήματος, οδηγώντας σε ενέργειες στον φυσικό κόσμο, όπως αλλαγή στο σχεδιασμό του προϊόντος ή στη διαδικασία κατασκευής.

Ένα DT διαφέρει από το παραδοσιακό μοντέλο CAD, και δεν χρησιμεύει ως απλώς μια ακόμα λύση IoT με δυνατότητα ανίχνευσης. Είναι πολλά περισσότερα από αυτά τα δύο. Το μοντέλο CAD ενσωματώνεται πλήρως σε περιβάλλον προσομοίωσης υπολογιστή και έχει επιδείξει μέτρια επιτυχία στη μοντελοποίηση σύνθετων περιβαλλόντων. Αντίστοιχα, τα πιο απλά συστήματα IoT καταγράφουν δεδομένα που αφορούν π.χ. στη θέση και στις διαγνωστικές λειτουργίες για ένα ολόκληρο στοιχείο, αλλά όχι στις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των στοιχείων και των διεργασιών καθ' όλο τον κύκλο ζωής. Πράγματι, η πραγματική δύναμη ενός DT και γιατί μπορεί να έχει τόσο μεγάλη σημασία είναι ότι μπορεί να παρέχει μια ολοκληρωμένη σύνδεση σχεδόν σε πραγματικό χρόνο μεταξύ 49 του φυσικού και του ψηφιακού κόσμου. Λόγω αυτής της αλληλεπίδρασης μεταξύ του πραγματικού και του ψηφιακού κόσμου του προϊόντος ή της διαδικασίας, τα DT μπορούν να παρέχουν μοντέλα που αποδίδουν πιο ρεαλιστικές και ολιστικές μετρήσεις. Και χάρη στις φθηνότερες και πιο ισχυρές δυνατότητες των υπολογιστών, αυτές οι διαδραστικές μετρήσεις μπορούν να αναλυθούν με σύγχρονες αρχιτεκτονικές μαζικής επεξεργασίας και προηγμένους αλγόριθμους για προγνωστικά αποτελέσματα σε πραγματικό χρόνο και ανάλυση τους σε περιβάλλον εκτός σύνδεσης. Αυτά μπορούν να επιτρέψουν θεμελιώδεις αλλαγές στο

σχεδιασμό και στη διαδικασία που σχεδόν σίγουρα δεν θα ήταν εφικτές μέσω των τρεχουσών μεθόδων. Τα DT έχουν σχεδιαστεί για τη μοντελοποίηση πολύπλοκων στοιχείων ή διαδικασιών που αλληλοεπιδρούν με τα περιβάλλοντά τους, για τα οποία είναι δύσκολο να προβλεφθούν αποτελέσματα σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής τους.

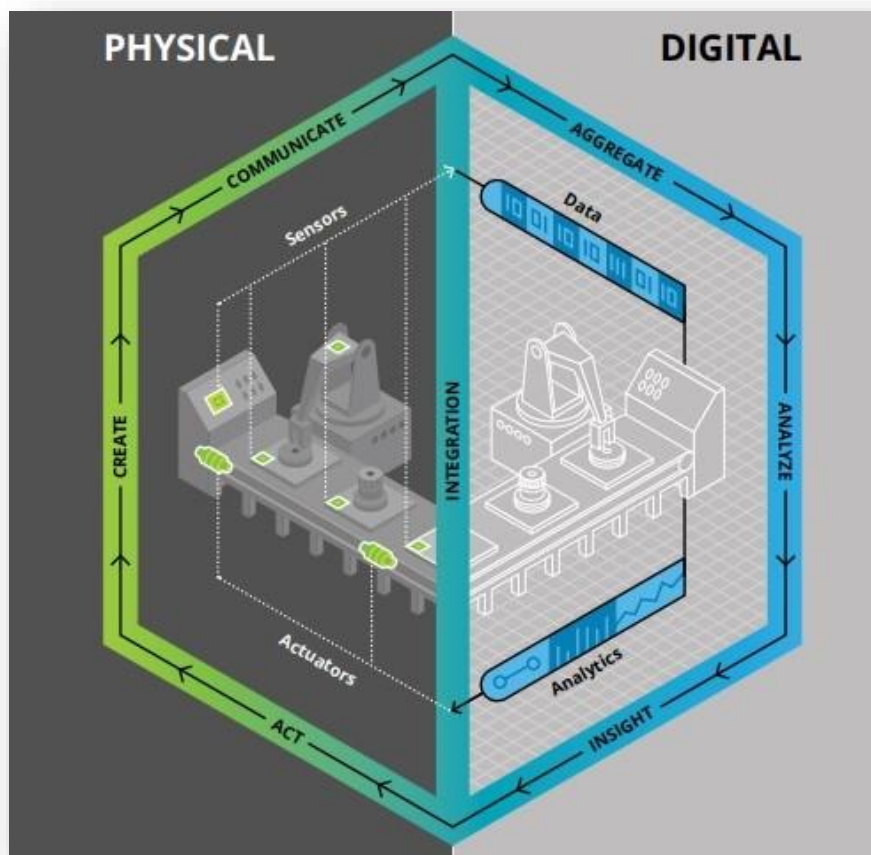
Τα DT έχουν πολλές εφαρμογές και μπορούν να δημιουργηθούν για την εξυπηρέτηση διαφορετικών στόχων. Για παράδειγμα, τα DT έχουν χρησιμοποιηθεί για την προσομοίωση σύνθετων προϊόντων, όπως κινητήρες 50 αεροσκαφών και μεγάλα φορτηγά εξόρυξης, προκειμένου να παρακολουθούν και να αξιολογούν την φθορά και συγκεκριμένα είδη φόρτισης κατά τη διάρκεια λειτουργίας του. DT τέτοιου τύπου μπορεί να αποδώσουν σημαντικές πληροφορίες που θα μπορούσαν να επηρεάσουν τη μελλοντική σχεδίαση προϊόντων. Επίσης ένα DT ενός αιολικού πάρκου μπορεί να αποκαλύψει πληροφορίες σχετικά με δυσλειτουργίες και προβλήματα αποδοτικότητας. Η χρήση DT στο πλαίσιο της διαδικασίας παραγωγής φαίνεται να αποτελεί μια ιδιαίτερα ισχυρή και συναρπαστική εφαρμογή.

Το DT χρησιμεύει ως εικονικό αντίγραφο αυτού που πραγματικά συμβαίνει στο εργοστάσιο σε σχεδόν πραγματικό χρόνο. Χιλιάδες αισθητήρες που διανέμονται σε όλη τη φυσική διαδικασία παραγωγής λαμβάνουν δεδομένα για ένα ευρύ φάσμα διαστάσεων: από δεδομένα των παραγωγικών μηχανημάτων (όπως: πάχος, ποιότητες χρώματος, σκληρότητα, ροπή, ταχύτητες κοκ.) μέχρι και τις περιβαλλοντικές συνθήκες εντός του ίδιου του εργοστασίου. Αυτά τα δεδομένα συγκεντρώνονται και κοινοποιούνται από το DT που αναλύει συνεχώς τις εισερχόμενες ροές δεδομένων. Με αυτόν τον τρόπο οι αναλύσεις μπορεί να αποκαλύψουν μη αποδεκτές τάσεις στην πραγματική απόδοση της διαδικασίας παραγωγής ως προς μια συγκεκριμένη διάσταση, σε σύγκριση με ένα ιδανικό εύρος ανεκτής απόδοσης. Μια τέτοια παρατήρηση θα μπορούσε να δώσει το έναυσμα για έρευνα σχετικά με πιθανές αλλαγές σε κάποια πτυχή της πραγματικής διαδικασίας παραγωγής. Αυτό είναι το πεδίο αλληλεπίδρασης μεταξύ του φυσικού και του ψηφιακού κόσμου. Αυτή η δυνατότητα αλληλεπίδρασης αποτελεί το σημαντικότερο χαρακτηριστικό ενός DT: χιλιάδες αισθητήρες που λαμβάνουν συνεχείς, ασυνήθιστες μετρήσεις που μεταδίδονται σε ψηφιακή πλατφόρμα, η οποία, με τη σειρά της, πραγματοποιεί ανάλυση σχεδόν σε πραγματικό χρόνο για τη βελτιστοποίηση μιας επιχειρηματικής διαδικασίας με διαφανή τρόπο:

- Αισθητήρες: Οι αισθητήρες που διανέμονται σε όλη τη διαδικασία της παραγωγής δημιουργούν σήματα που επιτρέπουν στο δίδυμο να συλλάβει επιχειρησιακά και περιβαλλοντικά δεδομένα που σχετίζονται με τη φυσική διαδικασία στον πραγματικό κόσμο.

- Δεδομένα: Τα πραγματικά και επιχειρησιακά δεδομένα του κόσμου από τους αισθητήρες συγκεντρώνονται και συνδυάζονται με δεδομένα από την επιχείρηση, όπως το Bill of Materials (BOM), εταιρικά συστήματα και οι προδιαγραφές σχεδιασμού. Τα δεδομένα μπορεί επίσης να περιέχουν άλλα στοιχεία, όπως σχέδια, συνδέσεις με εξωτερικές ροές δεδομένων και αρχεία παραπόνων πελατών. Η χρήση των DT εξαπλώνεται και αυξάνεται. Για παράδειγμα, το DT ενός πρωτότυπου αυτοκινήτου είναι μια ψηφιακή και τρισδιάστατη αναπαράσταση κάθε μέρους του οχήματος. Αυτό απλώς αναπαράγει το φυσικό όχημα με ακρίβεια ώστε ένας άνθρωπος να μπορεί να χειρίζεται το αυτοκίνητο ακριβώς όπως θα έκανε στον φυσικό κόσμο και να λάβει αντίστοιχη ανταπόκριση, ψηφιακά προσομοιωμένη. Όχι μόνο τα συστήματα αλλά και οι διαδικασίες διπλασιάζονται ψηφιακά. Καθώς οι διαδικασίες γίνονται πολύπλοκες, η ψηφιακή αναπαράσταση προχωρά στην αναγνώριση τυχόν κενών και την διόρθωσή τους προληπτικά. Για παράδειγμα, ένα εργοστάσιο παραγωγής θα μπορούσε να μοντελοποιηθεί έτσι ώστε να μπορεί να δημιουργηθεί ένα ψηφιακό αντίστοιχο για κάθε κομμάτι εξοπλισμού, λειτουργία κ.λπ. Αυτή η δραστηριότητα συμβάλλει στην βελτιστοποίηση της διαδικασίας για να επιτύχει τα επιθυμητά αποτελέσματα. Επίσης τα DT επιτρέπουν έξυπνα συστήματα και υπηρεσίες στις πόλεις, έτσι ώστε ο πληθυσμός τους να μπορεί να απολαύσει έναν αριθμό σύνθετων γνωστικών υπηρεσιών στην καθημερινή ζωή. Η ζωή της πόλης είναι έτοιμη να ενεργοποιηθεί ψηφιακά. Η ευελιξία, η ευρωστία και η ανθεκτικότητα των υπηρεσιών επιτυγχάνονται με τη βοήθεια δυναμικών και ψηφιακών αναπαραστάσεων που έχουν την δυνατότητα να παίρνουν αποφάσεις. Βέβαια υπάρχουν και άλλα σενάρια εφαρμογής αλλά δεν θα αναλυθούν. Τα φυσικά μηχανήματα είναι γεμάτα με μια ποικιλία από υπερσύγχρονους αισθητήρες (για παράδειγμα, ένας κινητήρας εμπορικού αεροσκάφους μπορεί να εμπεριέχει 800+ αισθητήρες) για την ενσωμάτωση ενός νέου συνόλου λειτουργιών. Τα δεδομένα του αισθητήρα, όταν συλλέγονται και συγκεντρώνονται με λογικό τρόπο, μπορούν να παρέχουν συγκεντρωτικές και ακριβείς λεπτομέρειες σχετικά με την επικρατούσα κατάσταση του φυσικού μηχανήματος. Επιπλέον, τα δεδομένα του αισθητήρα και της κατάστασης μπορούν να συνδυαστούν με τα ιστορικά δεδομένα για να διευκολύνουν την προγνωστική ανάλυση λειτουργικών αλλά και μη λειτουργικών χαρακτηριστικών του εξοπλισμού. Δηλαδή, οι ανθρώπινοι χειριστές έχουν στη διάθεσή τους την απαιτούμενη γνώση ώστε να διασφαλίζουν

τη μακροζωία και την παραγωγικότητα του μηχανήματος. Π.χ. ένας απομακρυσμένος μηχανικός θα μπορούσε να διαγνώσει άμεσα ένα πρόβλημα ενός κινητήρα μέσω του DT και να προτείνει να οδηγηθεί το αυτοκίνητο στο πλησιέστερο συνεργείο ή να οδηγήσει, ο ίδιος, το αυτοκίνητο . Αυτό είναι βολικό για την αποφυγή κάθε είδους χρονοτριβής και ακόμη και επιπρόσθετης βλάβης. Το DT επιτρέπει τη συλλογή ποικίλων πληροφοριών σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής του φυσικού στοιχείου και επιτυγχάνει την μεγιστοποίηση των επιχειρηματικών αποτελεσμάτων, βελτιστοποίηση των λειτουργιών και καλύτερη απόδοση της επένδυσης (RoI). Η εικονική αναπαράσταση είναι το ακριβές ψηφιακό αντίγραφο οποιουδήποτε φυσικού αντικειμένου.



Εικόνα 2: Παραγωγική Διαδικασία μοντέλου ψηφιακού διδύμου.

[https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/kr/Documents/insights/deloitteenewsletter/2017/26_201706/kr_insights_deloitte-newsletter-26_report_02_en.pdf]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΠΕΔΙΑ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΩΝ DIGITAL TWIN

Τα πεδία αξιοποίησης των ψηφιακών διδύμων αναλύονται ως προς

- **Σχεδιασμό:** Η προσομοίωση και οπτικοποίηση κατά τη φάση σχεδιασμού μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την επαλήθευση και επιθεώρηση του συνολικού τρισδιάστατου σχεδιασμού του προϊόντος και για να βεβαιωθεί ότι όλα τα μέρη ταιριάζουν μεταξύ τους. Οι ποικίλες προσομοιώσεις είναι μηχανικές, θερμικές και ηλεκτρικές καθώς και αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους.
- **Ενσωμάτωση συστήματος:** Οι τρισδιάστατες απεικονίσεις σε επίπεδο συστήματος μπορούν να επαληθεύσουν περιορισμούς όπως χωρικό αποτύπωμα και φυσικές συνδέσεις. Με τη σύνδεση DT και άλλων στοιχείων, μπορούν να προσομοιωθούν και να ελεγχθούν όλα τα είδη πιθανών αλληλεπιδράσεων. Οι αλληλεπιδράσεις περιλαμβάνουν μεταφορά δεδομένων και λειτουργικότητα ελέγχου, καθώς και μηχανική και ηλεκτρική συμπεριφορά αλλά και σενάρια τύπου ‘what-if’. Τα πλεονεκτήματα είναι πολλά. Ο σχετικός χρόνος διακοπής για τον πελάτη μειώνεται δραματικά.
- **Διαγνωστικά:** Η παρατήρηση του DT μέσω τρισδιάστατης οπτικοποίησης μπορεί να υποστηρίξει την αντιμετώπιση προβλημάτων. Τα γυαλιά εικονικής πραγματικότητας (VR) μπορούν να παρέχουν στους τεχνικούς πεδίου εικόνα του πραγματικού εξοπλισμού για την απεικόνιση παραμέτρων. Οι προσομοιώσεις μπορούν να αναλύσουν και μη προσβάσιμα δεδομένα, όπως θερμοκρασίες μη προσβάσιμων μερών ή πιέσεις σε διάφορα υλικά.
- **Πρόβλεψη:** Η προβλεπτική συντήρηση είναι μια δημοφιλής πρακτική σε κάθε κλάδο της βιομηχανίας. Με την αυξανόμενη ωριμότητα και σταθερότητα των αλγορίθμων μηχανικής και βαθιάς μάθησης, οι προγνωστικές πληροφορίες εξάγονται εγκαίρως 53 και χρησιμοποιούνται για τη μακροζωία του εξοπλισμού, π.χ. εάν ο εξοπλισμός χρειάζεται ανάπαυση ή επισκευή, ποια είναι η κατάσταση υγείας και το επίπεδο απόδοσης κ.λπ. Όλες αυτές οι πληροφορίες είναι διαθέσιμες σε πραγματικό χρόνο λειτουργίας και βοηθούν στο σχεδιασμό ορθολογικών πλάνων συντήρησης και στη μείωση της μη προγραμματισμένης διακοπής λειτουργίας.
- **Προηγμένες υπηρεσίες:** Το DT σε συνδυασμό με αναλυτικά δεδομένα και αλγόριθμους AI μπορεί να δημιουργήσει πληροφορίες που μπορούν να αξιοποιηθούν για την παραγωγή

υψηλής αξίας, πρωτοποριακών υπηρεσιών. Οι συσκευές μπορούν να είναι αυτοδιαχειριζόμενες, να κάνουν διάγνωση, επούλωση, να μαθαίνουν κ.λπ..

- Προσαρμοσμένη υπηρεσία πεδίου: Μπορεί να συνδυάσει δεδομένα σε πραγματικό χρόνο και ιστορικά οποιουδήποτε φυσικού στοιχείου για να παραδώσει οδηγίες εργασίας με βάση τα συγκεκριμένα στοιχεία μέσω εμπειριών επαυξημένης πραγματικότητας (Augmented Reality - AR) ή συνδεδεμένων εφαρμογών για αυξημένη απόδοση του τεχνικού.

- Υπηρεσία πρόβλεψης παρακολούθησης: Το DT μπορεί να παρακολουθεί τα συνδεδεμένα προϊόντα λεπτομερώς για οποιαδήποτε δυσλειτουργία. Με την ικανότητα πρόβλεψης μέσω αναλυτικών στοιχείων, το DT μπορεί να παρέχει ειδοποιήσεις σε πραγματικό χρόνο για μετάβαση από προβλεπτική σε συντήρηση βάσει συνθηκών.

- Συντήρηση: Ένα DT είναι ικανό να αναλύει δεδομένα απόδοσης που συλλέγονται με την πάροδο του χρόνου και υπό διαφορετικές συνθήκες. Η γνώση που αποκτάται είναι χρήσιμη για τη διατήρηση κάθε προϊόντος. Οι συνδυασμένες αναλύσεις τόσο σε ιστορικά όσο και σε δεδομένα χρόνου εκτέλεσης παρέχουν τις απαιτούμενες πληροφορίες για τον διαχειριστή ή τον χειριστή, εάν οποιοδήποτε στοιχείο ενός συστήματος χρειάζεται κάποια ανάπαυση ή επισκευή. Έτσι, η συλλογή και η βαθύτερη ανάλυση των δεδομένων τελικά δίνουν τη δυνατότητα στους ανθρώπους να λάβουν τη σωστότερη τελική απόφαση σχετικά με τη συντήρηση. Υπάρχουν πολλές ευκαιρίες να αξιοποιηθούν οι νέες δυνατότητες των DT σε πολλές λειτουργίες της επιχείρησης. Η εισαγωγή αντίστοιχων συστημάτων μπορεί να είναι δύσκολη και η επίτευξη του σχετικού ψηφιακού μετασχηματισμού απαιτεί την ύπαρξη ενοποιημένων 54 στρατηγικών και πλαισίων που συνδυάζουν πολλαπλές πηγές δεδομένων για μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα και ξεκλειδώνουν περισσότερες πληροφορίες. Η τεχνολογία DT μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως εργαλείο για την καλύτερη κατανομή των επιμέρους πόρων σε συνάρτηση με τους στόχους της επιχείρησης. Αλλά για να επιτευχθεί αυτό, οι επιχειρήσεις πρέπει να προσδιορίσουν ένα επιχειρηματικό ανώτατο σημείο, να συνθέσουν τις απαιτήσεις και τις γνώσεις από τα διάφορα ενδιαφερόμενα μέρη και να προσδιορίσουν μια ψηφιακή αποστολή για το δίδυμο. Οι οργανισμοί χρειάζονται, επίσης, ισχυρούς συνεργάτες που κατανοούν τις προκλήσεις, όπως η δημιουργία της ομοιομορφίας δεδομένων που απαιτείται για να λειτουργήσει ένα δίδυμο ή τα πολιτιστικά εμπόδια στην υιοθέτηση. Χρειάζονται επίσης να υπάρχουν τεχνολογίες και εξοπλισμός που μειώνουν τους χρόνους επεξεργασίας και παρέχουν τις απαραίτητες δυνατότητες προσομοίωσης και ανάλυσης για την σωστή αξιοποίηση των συστημάτων DT.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΔΙΠΛΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

Οι ψηφιακές τεχνολογίες έχουν ορισμένα χαρακτηριστικά που τα διακρίνουν από άλλες τεχνολογίες. Αυτά τα χαρακτηριστικά, με τη σειρά τους, έχουν ορισμένες συνέπειες. Τα ψηφιακά δίδυμα έχουν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά.

6.1 Συνδεσιμότητα

Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά της ψηφιακής διπλής τεχνολογίας είναι η συνδεσιμότητα της. Η πρόσφατη ανάπτυξη του Διαδικτύου των πραγμάτων (IoT) παρουσιάζει πολλές νέες τεχνολογίες. Η ανάπτυξη του IoT προωθεί επίσης την ανάπτυξη της ψηφιακής τεχνολογίας δίδυμων. Αυτή η τεχνολογία δείχνει πολλά χαρακτηριστικά που έχουν ομοιότητες με τον χαρακτήρα του IoT, δηλαδή τη συνδετική του φύση. Πρώτα απ' όλα, η τεχνολογία επιτρέπει τη σύνδεση μεταξύ του φυσικού στοιχείου και του ψηφιακού αντίστοιχου. Η βάση των ψηφιακών δίδυμων βασίζεται σε αυτήν τη σύνδεση, χωρίς αυτήν, δεν θα υπήρχε τεχνολογία ψηφιακών δίδυμων. Όπως περιγράφεται στην προηγούμενη ενότητα, αυτή η συνδεσιμότητα δημιουργείται από αισθητήρες στο φυσικό προϊόν που λαμβάνουν δεδομένα και ενσωματώνουν και επικοινωνούν αυτά τα δεδομένα μέσω διαφόρων τεχνολογιών ολοκλήρωσης. Για παράδειγμα, η συνδεσιμότητα μεταξύ των συνεργατών σε μια αλυσίδα εφοδιασμού μπορεί να αυξηθεί, επιτρέποντας στα μέλη αυτής της αλυσίδας εφοδιασμού να ελέγχουν το ψηφιακό δίδυμο ενός προϊόντος ή ενός περιουσιακού στοιχείου. Αυτοί οι συνεργάτες μπορούν στη συνέχεια να ελέγξουν την κατάσταση αυτού του προϊόντος ελέγχοντας απλά το ψηφιακό δίδυμο. Επίσης, η συνδεσιμότητα με τους πελάτες μπορεί να αυξηθεί. Η εξυπηρέτηση είναι η διαδικασία των οργανισμών που προσθέτουν αξία στις βασικές εταιρικές προσφορές τους μέσω υπηρεσιών. Στην περίπτωση του παραδείγματος κινητήρων, η κατασκευή του κινητήρα είναι η βασική προσφορά αυτού του οργανισμού, στη συνέχεια προσθέτουν αξία παρέχοντας μια υπηρεσία ελέγχου του κινητήρα και προσφέροντας συντήρηση.

6.2 Ομογενοποίηση

Τα ψηφιακά δίδυμα μπορούν περαιτέρω να χαρακτηριστούν ως μια ψηφιακή τεχνολογία που είναι τόσο η συνέπεια όσο και ένας παράγοντας που επιτρέπει την ομογενοποίηση των δεδομένων. Λόγω του γεγονότος ότι οποιοσδήποτε τύπος πληροφοριών ή περιεχομένου μπορεί τώρα να αποθηκευτεί και να μεταδοθεί με την ίδια ψηφιακή μορφή, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία μιας εικονικής αναπαράστασης του προϊόντος (με τη

μορφή ψηφιακού δίδυμου), αποσυνδέοντας έτσι τις πληροφορίες από τη φυσική του μορφή. Ως εκ τούτου, η ομογενοποίηση των δεδομένων και η αποσύνδεση των πληροφοριών από το φυσικό τους αντικείμενο, επέτρεψαν την ύπαρξη ψηφιακών διδύμων. Ωστόσο, τα ψηφιακά δίδυμα επιτρέπουν επίσης όλο και περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τα φυσικά προϊόντα να αποθηκεύονται ψηφιακά και να αποσυνδέονται από το ίδιο το προϊόν. Καθώς τα δεδομένα ολοένα και περισσότερο ψηφιοποιούνται, μπορούν να μεταδοθούν, να αποθηκευτούν και να υπολογιστούν με γρήγορους και χαμηλού κόστους τρόπους. Σύμφωνα με το νόμο του Moore, η υπολογιστική ισχύς θα συνεχίσει να αυξάνεται εκθετικά τα επόμενα χρόνια, ενώ το κόστος των υπολογιστών μειώνεται σημαντικά. Αυτό, συνεπώς, θα οδηγούσε σε χαμηλότερο οριακό κόστος ανάπτυξης ψηφιακών διδύμων και θα το καθιστούσε συγκριτικά πολύ φθηνότερο για τη δοκιμή, την πρόβλεψη και την επίλυση προβλημάτων σε εικονικές αναπαραστάσεις αντί για δοκιμή σε φυσικά μοντέλα και περιμένοντας να σπάσουν τα φυσικά προϊόντα πριν από την παρέμβαση.

Μια άλλη συνέπεια της ομογενοποίησης και της αποσύνδεσης των πληροφοριών είναι ότι η εμπειρία του χρήστη συγκλίνει. Καθώς οι πληροφορίες από φυσικά αντικείμενα ψηφιοποιούνται, ένα μοναδικό τεχνούργημα μπορεί να έχει πολλά νέα πλεονεκτήματα. Η τεχνολογία ψηφιακού δίδυμου επιτρέπει την κοινή χρήση λεπτομερών πληροφοριών σχετικά με ένα φυσικό αντικείμενο με μεγαλύτερο αριθμό παραγόντων, χωρίς περιορισμούς από τη φυσική τοποθεσία ή το χρόνο. Στη Λευκή Βίβλο του σχετικά με την τεχνολογία ψηφιακών διδύμων στη μεταποιητική βιομηχανία, ο Michael Grieves σημείωσε τα ακόλουθα σχετικά με τις συνέπειες της ομογενοποίησης που επέτρεψαν τα ψηφιακά δίδυμα: Στο παρελθόν, οι διευθυντές του εργοστασίου είχαν το γραφείο τους με θέα στο εργοστάσιο, έτσι ώστε να μπορούν να έχουν μια αίσθηση για αυτό που συνέβαινε στο εργοστάσιο. Με το ψηφιακό δίδυμο, όχι μόνο ο διευθυντής του εργοστασίου, αλλά όλοι όσοι σχετίζονται με την εργοστασιακή παραγωγή θα μπορούσαν να έχουν το ίδιο εικονικό παράθυρο όχι μόνο σε ένα εργοστάσιο, αλλά και σε όλα τα εργοστάσια σε όλο τον κόσμο.

6.3 Αναπρογραμματιζόμενο και έξυπνο

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, ένα ψηφιακό δίδυμο επιτρέπει σε ένα φυσικό προϊόν να μπορεί να επαναπρογραμματιστεί με έναν συγκεκριμένο τρόπο. Επιπλέον, το ψηφιακό δίδυμο είναι επίσης επαναπρογραμματιζόμενο με αυτόματο τρόπο. Μέσω των αισθητήρων στο φυσικό προϊόν, των τεχνολογιών τεχνητής νοημοσύνης και των προγνωστικών αναλυτικών στοιχείων, Συνέπεια αυτού του επαναπρογραμματιζόμενου χαρακτήρα είναι η εμφάνιση λειτουργιών. Εάν πάρουμε ξανά το παράδειγμα ενός κινητήρα, τα ψηφιακά δίδυμα

μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη συλλογή δεδομένων σχετικά με την απόδοση του κινητήρα και, αν χρειαστεί, προσαρμόστε τον κινητήρα, δημιουργώντας μια νεότερη έκδοση του προϊόντος. Επίσης, η εξυπηρέτηση μπορεί να θεωρηθεί ως συνέπεια του επαναπρογραμματιζόμενου χαρακτήρα. Οι κατασκευαστές μπορούν να είναι υπεύθυνοι για την παρατήρηση του ψηφιακού δίδυμου, την πραγματοποίηση προσαρμογών ή τον επαναπρογραμματισμό του ψηφιακού δίδυμου όταν χρειάζεται και μπορούν να το προσφέρουν ως επιπλέον υπηρεσία.

6.4 Ψηφιακά ίχνη

Ένα άλλο χαρακτηριστικό που μπορεί να παρατηρηθεί, είναι το γεγονός ότι οι ψηφιακές τεχνολογίες δίδυμων αφήνουν ψηφιακά ίχνη. Αυτά τα ίχνη μπορούν να χρησιμοποιηθούν από μηχανικούς, για παράδειγμα, όταν μια μηχανή δυσλειτουργεί για να επιστρέψει και να ελέγξει τα ίχνη του ψηφιακού δίδυμου, για να διαγνώσει πού συνέβη το πρόβλημα. Αυτές οι διαγνώσεις μπορούν στο μέλλον να χρησιμοποιηθούν και από τον κατασκευαστή αυτών των μηχανημάτων, για να βελτιώσουν τα σχέδιά τους, έτσι ώστε αυτές οι ίδιες δυσλειτουργίες να εμφανίζονται λιγότερο συχνά στο μέλλον.

6.5 Αρθρωματοποίηση

Με την έννοια της μεταποιητικής βιομηχανίας, η αρθρωτότητα μπορεί να περιγραφεί ως ο σχεδιασμός και η προσαρμογή προϊόντων και μονάδων παραγωγής. Προσθέτοντας αρθρωτότητα στα κατασκευαστικά μοντέλα, οι κατασκευαστές αποκτούν τη δυνατότητα τροποποίησης μοντέλων και μηχανών. Η τεχνολογία ψηφιακού διπλού δίνει τη δυνατότητα στους κατασκευαστές να παρακολουθούν τα μηχανήματα που χρησιμοποιούνται και να παρατηρούν πιθανούς τομείς βελτίωσης στα μηχανήματα. Όταν αυτά τα μηχανήματα γίνονται αρθρωτά, χρησιμοποιώντας ψηφιακή τεχνολογία διπλής τεχνολογίας, οι κατασκευαστές μπορούν να δουν ποια εξαρτήματα κάνουν το μηχάνημα να έχει κακή απόδοση και να τα αντικαταστήσει με καλύτερα εξαρτήματα για να βελτιώσει τη διαδικασία κατασκευής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο : ΤΑ ΟΦΕΛΗ ΤΩΝ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΔΙΔΥΜΩΝ

Τα σύνθετα και ενοποιημένα συστήματα πρέπει να έχουν τα δικά τους DT για να αυξήσουν τις δυνατότητές τους. Όχι μόνο ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη προϊόντων αλλά και οι λειτουργίες των προϊόντων απλοποιούνται σε μεγαλύτερο βαθμό. Το DT ενσωματώνει τα όλα χαρακτηριστικά αλλά και τις λειτουργίες οποιουδήποτε προϊόντος στο οποίο εφαρμόζεται. Το DT είναι η κεντρική πηγή πραγματικής απεικόνισης που δίνει τη δυνατότητα στους οργανισμούς να υλοποιήσουν την βέλτιστη επικοινωνία μεταξύ διαφόρων ομάδων και τμημάτων σε οποιονδήποτε επίπεδο. Χρησιμεύει επίσης για επιχειρηματικούς εταίρους και πελάτες εκτός του οργανισμού. Η τεχνολογία DT μπορεί να μειώσει δραστικά τον χρόνο ανάπτυξης και το κόστος ενός προϊόντος (έως και 50%) σύμφωνα με τις εκτιμήσεις παρατηρητών της αγοράς. Μέσω των συνεχών κύκλων ανάπτυξης και της αυξημένης και διορατικής συνεργασίας μεταξύ εξωτερικών και εσωτερικών συνεργατών, οι επιχειρήσεις μπορούν να αλλάξουν αποτελεσματικά το σχεδιασμό, την παραγωγή, τις πωλήσεις και τη συντήρηση σύνθετων προϊόντων. Οι οργανισμοί μπορούν να έχουν εύκολη πρόσβαση στην επαληθευμένη γνώση των στοιχείων μέσω των DT τους. Αυτή η επιμελημένη γνώση συμβάλλει στον πραγματικό επιχειρηματικό μετασχηματισμό. Η επιχειρηματική στρατηγική, ο σχεδιασμός και η εκτέλεση γίνονται πιο έξυπνα και γρηγορότερα με την συνεισφορά των DT. Ο γρηγορότερος πολλαπλασιασμός των συσκευών IoT σε συνδυασμό με τις λύσεις DT μπορεί, επίσης, να προσφέρει νέες δυνατότητες. Σύμφωνα με την επικρατούσα τάση, οποιαδήποτε εφαρμογή εμπεριέχει χαρακτηριστικά DT και βασίζεται σε αναλυτικά αποτελέσματα θα τύχει μεγαλύτερης εκτίμησης και αναγνώρισης. Με τη συνεχιζόμενη ανάπτυξη, μια εντυπωσιακή σειρά από πρωτότυπες υπηρεσίες μπορεί να αναπτυχθεί και να καταστεί διαθέσιμη σχετικά σύντομα.. Χωρίς αμφιβολία, η πελατοκεντρικότητα αποτελεί ένα καθοριστικό παράγοντα για την επιτυχία μιας επιχείρησης. Η ικανοποίηση των πελατών είναι ο απώτερος στόχος για κάθε πάροχο υπηρεσιών και λύσεων.

Η μεθοδολογία DT στηρίζει την πελατοκεντρική λειτουργία μιας επιχείρησης και βοηθά στον προσδιορισμό του βέλτιστου συνόλου ενεργειών που απαιτούνται για τη βελτιστοποίηση ορισμένων από τους βασικούς δείκτες απόδοσης. Το σημαντικό πλεονέκτημα των DT είναι ότι δεν είναι απαραίτητο να συνδέονται με τους πόρους για συνεχή επικοινωνία πληροφοριών. Σε ένα περιβάλλον IoT μπορεί απλώς να στείλει αιτήματα σε αυτούς τους φυσικούς πόρους σε ασφαλές περιβάλλον cloud, στο οποίο συνυπάρχουν με τα DT.

Τα DT μπορούν να βοηθήσουν με τους ακόλουθους τρόπους:

1. **Πρόβλεψη του μέλλοντος:** Δεδομένου ότι οι μαζικές πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο που συλλέγονται από τους αισθητήρες μπορούν να εισαχθούν άμεσα στο DT, είναι εύκολο να προβλεφθεί η διάρκεια ζωής των συσκευών, οι συνθήκες εργασίας τους και οι αλλαγές στη λειτουργικότητά τους, λόγω των δεδομένων επίσης από το περιβάλλον.
2. **Έμφαση στην ακρίβεια:** Πλέον οι επιχειρήσεις μπορούν να επεξεργάζονται μια πληθώρα δεδομένων, όπως στην περίπτωση των big data, καθώς προκύπτουν από πολλές συνδεδεμένες συσκευές και εφαρμογές και είναι ευκολότερο να αποκτηθεί μια καλύτερη εικόνα της πλήρους κατάστασης των βιομηχανικών συσκευών. Η συγχώνευση των αλγορίθμων μηχανικής εκμάθησης μαζί με αυτά τα αλληλοσυνδεδεμένα δεδομένα των μοντέλων συμπεριφοράς των συσκευών μπορεί να βοηθήσει τα DT να κατανοήσουν με ακρίβεια πώς μπορεί να λειτουργήσει μια συσκευή σε ένα συγκεκριμένο σενάριο για να εντοπίσει πιθανές αστοχίες στις συσκευές πριν πραγματοποιηθούν.
3. **Περίπλοκα DT:** Πράγματι, τα DT υποστηρίζουν την εύκολη σύνδεση με απομακρυσμένες συσκευές σε πραγματικό χρόνο και ανάκτηση δεδομένων από αυτές ή εντολές προς την συσκευή να λειτουργεί με επιθυμητό τρόπο. Ωστόσο, τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο ενδέχεται να μην επαρκούν για τον πλήρη έλεγχο των συσκευών, αλλά η συμπεριφορά του παρελθόντος και των μελλοντικών προβλέψεων ενισχύει τον έλεγχο. Ο συνδυασμός των λειτουργικών συμπεριφορών με τα DT σε πραγματικό χρόνο είναι αναμφίβολα το κλειδί για επιτυχία.
4. **Μείωση λειτουργικού κόστους:** Στις επιχειρήσεις επικρατεί πάντα η έννοια της μείωσης του κόστους και της αύξησης των κερδών. Οι εταιρείες αξιολογούν επίσης τη διαδικασία ανάπτυξης των συσκευών και δοκιμάζουν νέες, ορθολογικές λύσεις για τη μείωση του κόστους και, κατά συνέπεια, την αύξηση των περιθωρίων κερδών. Το DT επιτρέπει στις εταιρείες να το δοκιμάσουν χωρίς να κάνουν περιττά έξοδα σε πραγματικό χρόνο για ένα προϊόν. Σε ευρύτερο επαγγελματικό επίπεδο, τα καταστήματα λιανικής μπορούν να υιοθετήσουν την τεχνολογία DT για να μιμηθούν το κατάστημά τους και χρησιμοποιώντας αισθητήρες, να παρακολουθούν τις δραστηριότητες των καταναλωτών σε σχέση με την αγορά. Στην πραγματικότητα, το DT βοηθά στη διατήρηση μιας στρατηγικής απόστασης από σφάλματα και βοηθά στην επιτυχία.

5. **Αποφυγή αποτυχίας:** Η αποφυγή αποτυχίας μπορεί να φαίνεται δύσκολο σενάριο στον πραγματικό κόσμο, αλλά οι βιομηχανίες πρέπει να δώσουν μεγάλη αξία για να αποφύγουν δαπανηρές βλάβες ή λάθη. Τα DT δίνουν τη δυνατότητα στους μηχανικούς να ανακαλύψουν πολλές δυνατότητες, ώστε να μπορούν να δώσουν εκτιμήσεις σχετικά με την ανθεκτικότητα ή τη αντοχή ενός στοιχείου με μεγαλύτερο επίπεδο ακρίβειας. Οι βιομηχανίες που είναι πρόθυμες να εξασφαλίσουν σταθερούς χρόνους στις μηχανές τους και την αύξηση της παραγωγής μπορούν να αξιοποιήσουν τα DT για να το κάνουν πολύ πιο γρήγορα. Προχωρώντας την επίβλεψη ενός μόνο πόρου σε ταυτόχρονη επίβλεψη όλων των πόρων, οι βιομηχανίες μπορούν να ανοίξουν νέους ορίζοντες για να πετύχουν νέα επιτεύγματα. Για παράδειγμα, ένας κινητήρας, ένας μηχανισμός μετάδοσης και ένα σύστημα φρένων μπορεί να έχουν όλα διαφορετικό DT, και πρέπει να συνδέονται μεταξύ τους όπως και ο πραγματικός μηχανισμός φυσικού κινητήρα, κιβωτίου ταχυτήτων και φρένων για να παρέχουν βαθύτερες αναλύσεις.



Εικόνα 3: Digital Twin στα IIoT

[<https://www.technologyrecord.com/Article/how-to-implement-an-industrial-internet-of-things-automation-plan-61582>]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΤΑ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΔΙΔΥΜΩΝ

Η σωστή χρήση της τεχνολογίας καθιστά τις διαδικασίες πιο αποτελεσματικές. Για παράδειγμα, τα ψηφιακά δίδυμα, επιτρέποντας στις προσομοιώσεις να έχουν τη δυνατότητα να μεταφέρουν τις ζημιές που προκαλούνται από φυσικές και ανθρωπογενείς καταστροφές. Μπορούν να βοηθήσουν τους πολίτες να οδηγήσουν μια ασφαλέστερη ζωή. Για παράδειγμα, στην περίπτωση υποδομών όπου υπάρχει υποκίνηση μεγάλης κυκλοφορίας, μέσω της χρήσης λογισμικού προσομοίωσης πεζών, μπορούμε να προβλέψουμε πότε και πού θα υπάρξει μεγαλύτερη συμφόρηση. Με την εισαγωγή των απαραίτητων αλλαγών στο ψηφιακό μοντέλο της υποδομής, είναι δυνατόν να επιτευχθεί μεγαλύτερη ασφάλεια, αποδοτικότητα και χαμηλότερο λειτουργικό κόστος κατά την κατασκευή και συντήρηση του περιουσιακού στοιχείου. Τα πλεονεκτήματα της χρήσης ψηφιακών δίδυμων στην κατασκευή είναι πολλά. Μερικά από αυτά περιγράφονται λεπτομερώς παρακάτω:

8.1 Συνεχής παρακολούθηση της εξέλιξης της κατασκευής.

Η παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο ενός εργοταξίου μέσω ενός ψηφιακού δίδυμου φορέα επιβεβαιώνει ότι η ολοκληρωμένη εργασία είναι σύμφωνη με τα σχέδια και τις προδιαγραφές. Με τα ψηφιακά δίδυμα, είναι δυνατή η παρακολούθηση των αλλαγών σε ένα μοντέλο όπως είναι χτισμένο, καθημερινά και ωριαία, και σε περίπτωση οποιασδήποτε απόκλισης, μπορούν να ληφθούν άμεσα μέτρα. Επιπλέον, η κατάσταση του σκυροδέματος, οι ρωγμές στις στήλες ή οποιαδήποτε μετατόπιση του υλικού στο εργοτάξιο μπορεί εύκολα να επαληθευτεί σε ένα ψηφιακό δίδυμο. Τέτοιες ανακαλύψεις οδηγούν σε επιπρόσθετες επιθεωρήσεις και τα προβλήματα εντοπίζονται ταχύτερα, οδηγώντας σε πιο αποτελεσματικές λύσεις.

8.2 Βέλτιστη χρήση των πόρων.

Τα ψηφιακά δίδυμα οδηγούν ακόμη σε καλύτερη κατανομή πόρων και βοηθούν τις εταιρείες να αποφεύγουν να χάσουν παραγωγικό χρόνο στις κινήσεις και τον χειρισμό περιττών υλικών. Με τη χρήση αυτής της τεχνολογίας, μπορεί να αποφευχθεί η υπερβολική κατανομή και είναι επίσης ευκολότερο να προβλέψουμε δυναμικά τις απαιτήσεις των πόρων στον ιστότοπο. Ακόμα και η χρήση του εξοπλισμού μπορεί να παρακολουθηθεί και τα

αχρησιμοποίητα μπορούν να απελευθερωθούν για άλλες εργασίες. Αυτό εξοικονομεί χρόνο και χρήμα.

8.3 Παρακολούθηση ασφαλείας.

Η ασφάλεια είναι μια μεγάλη ανησυχία στα εργοτάξια. Τα ψηφιακά δίδυμα, επιτρέποντας στις επιχειρήσεις να εντοπίζουν ανθρώπους και επικίνδυνους χώρους σε εργοτάξια, βοηθούν στην αποφυγή της χρήσης μη ασφαλών υλικών και δραστηριοτήτων σε επικίνδυνες περιοχές. Με βάση πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο, μπορεί να αναπτυχθεί ένα σύστημα έγκαιρης ειδοποίησης που επιτρέπει σε έναν υπεύθυνο κατασκευής να γνωρίζει πότε ένας εργαζόμενος στον τομέα βρίσκεται σε μια περιοχή που δεν είναι ασφαλής. Μια ειδοποίηση μπορεί επίσης να αποσταλεί στη φορητή συσκευή του εργαζομένου για να αποφευχθεί η εμφάνιση ενός κινδύνου.

Τα πλεονεκτήματα της χρήσης ψηφιακής διπλής τεχνολογίας στην κατασκευή είναι πολλά. Οι παλιές συνήθειες είναι δύσκολες, αλλά για να επιτευχθεί μεγαλύτερη απόδοση στην κατασκευή, είναι απαραίτητο να πάμε ψηφιακά. Η χρήση της ψηφιακής τεχνολογίας διπλού σήματος μπορεί να φέρει τεράστια καινοτομία στην ανάπτυξη των υποδομών και να φέρει την ποιότητα και την αποδοτικότητα σε νέα ύψη. Η βιομηχανία πρέπει να προετοιμαστεί και να προσαρμοστεί στο μεταβαλλόμενο ψηφιακό περιβάλλον.

8.4 Ακρίβεια και πρόσληψη

Τα ψηφιακά δίδυμα πρέπει να είναι ακριβή και αξιόπιστα αν πρέπει να είναι αξιόπιστα. Ο Άντερσον είπε ότι η αρχική του αντίδραση στην ιδέα ήταν σκεπτικιστική. "Αλλά είχαμε το εικονικό όργανο στη ροή του κυκλώνα μας να λειτουργεί για πάνω από ένα χρόνο και είναι κοντά!", Δήλωσε ο Άντερσον. "Όπως, πολύ κοντά. Μόλις χθες, όταν είχα ένα από τα παιδιά από τον Andritz εδώ, τρέχαμε όλος το κύκλωμά μας βασισμένο σε ένα εικονικό όργανο. "

Η επίδραση του συντονισμού στα δεδομένα λειτουργίας είναι προφανής. Σε ένα δείγμα δεδομένων πυκνότητας τροφοδοσίας κυκλώνων που μοιράστηκε η Nazari, προσθέτοντας δέκα ημέρες λειτουργικών δεδομένων στο μοντέλο, έφερε τη διαφορά της από τις μετρήσεις φυσικών οργάνων σε ένα ποσοστό RMSD από δύο τοις εκατό.

Η κατώτατη γραμμή, το πιο σημαντικό είναι η πιστότητα των μοντέλων, "Είπε ο Nazari. "Η πιστότητα σημαίνει πόσο ακριβής είναι το ψηφιακό δίδυμο που αντιπροσωπεύει την πραγματικότητα. Στο Andritz, εξασφαλίζουμε την πιστότητα συνδυάζοντας τα πρώτα

μοντέλα αρχής με τα διαθέσιμα δεδομένα, συ Από τη στατική προσομοίωση σε πραγματικό χρόνο

Παρόλο που τα ιστορικά δεδομένα μιας επιχείρησης είναι χρήσιμα, δεν είναι απολύτως απαραίτητα για την οικοδόμηση ενός ψηφιακού δίδυμου. Ο προσομοιωτής IDEAS του Andritz χρησιμοποιήθηκε αρχικά για τη βελτιστοποίηση των μελετών σκοπιμότητας σε νέα έργα.

"Πολλές φορές, το εργοστάσιο δεν έχει ακόμη κατασκευαστεί ακόμη, οπότε δεν υπάρχουν διαθέσιμα λειτουργικά στοιχεία", δήλωσε ο Nazari. "Καθώς συνεχίζουμε, ενσωματώνουμε τις πληροφορίες που είναι διαθέσιμες συμπεριλαμβανομένων των χημικών, μηχανικών, μεταλλουργικών και ελέγχου ». Η ψηφιακή τεχνολογία twin της Andritz έχει πολλές εφαρμογές, από τον αυτοματοποιημένο σχεδιασμό κυκλώματος στην προσκοπιμότητα στάδιο σε λεπτομερή έλεγχο σωληνώσεων και διάταξης οργάνων για τη μείωση του κόστους κλιμάκωσης σε λεπτομερή μηχανική. Αφού δημιουργήσουμε ένα πλήρως δυναμικό ψηφιακό αντίγραφο του φυτού, μπορούμε να το χρησιμοποιήσουμε ως προσομοιωτή εκπαίδευσης χειριστή, όπως ακριβώς λειτουργεί και ένας προσομοιωτής πτήσης. Μόλις η μονάδα λειτουργεί και λειτουργεί, συνδέουμε αυτά τα μοντέλα υψηλής πιστότητας σε λειτουργία σε πραγματικό χρόνο. Οι καλύτερες τεχνολογίες ηλεκτρονικών υπολογιστών και επικοινωνιών έχουν επιτρέψει προσομοιώσεις ώστε να ενσωματωθούν δεδομένα λειτουργίας σε πραγματικό χρόνο, διευρύνοντας τους τρόπους με τους οποίους μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Εάν η προσομοίωση είναι αρκετά ακριβής, μπορεί να συμπληρώσει ελλείποντα δεδομένα όταν ένας αισθητήρας παρουσιάζει δυσλειτουργίες και να επισημάνει τα προβλήματα εάν υπάρχει ασυμφωνία μεταξύ πραγματικών και εικονικών μετρήσεων. Σε εγκαταστάσεις σε πραγματικό χρόνο, πολλαπλές προσομοιώσεις εκτελούν διάφορα διαφορετικά σενάρια παράλληλα με τη λειτουργία. Εξακολουθούν να διανύονται αρκετές ώρες ενσωμάτωσης αυτής της νέας τεχνολογίας. Αυτή τη στιγμή χρειάζονται περίπου έξι έως οκτώ εβδομάδες για να ενσωματωθούν τα δεδομένα ενός νέου ορυχείου στο ψηφιακό δίδυμο για τη βελτιστοποίηση της αλυσίδας αξιών που η Petra διαθέτει ως MAXTA, για παράδειγμα. Η σύνδεση της χωρικής ανοργανοποίησης με τα δεδομένα της διαδικασίας χρονολογικών σειρών είναι περίπλοκη, διότι το μεταλλευτικό υλικό πρέπει να παρακολουθείται στο ταξίδι του στο εργοστάσιο επεξεργασίας - κάτι που λέει ότι το λογισμικό της εταιρείας του είναι σε θέση να κάνει.

Το σώμα του μεταλλεύματος δεν έχει καμία επίδραση σε ένα πυκνωτή, για παράδειγμα, επειδή χρησιμοποιούμε ένα δυναμικό μοντέλο της πυκνότητας που βασίζεται στην κατανάλωση ισχύος, την πίεση, και άλλα πράγματα της αντλίας προσομοιωτές εξόρυξης αναφέρονται μερικές φορές ως ψηφιακά δίδυμα. Ωστόσο, αυτοί οι προσομοιωτές συνήθως χρησιμοποιούν στατικά εμπειρικά μοντέλα ως εισροές για την προσομοίωση:

- Περιορισμοί που βασίζονται στη βελτιστοποίηση της διαδικασίας, π.χ. βελτιστοποίηση του σιδηροδρομικού συστήματος
- Φυσικομηχανικοί προσομοιωτές για γεωτεχνική μοντελοποίηση,
- Επεξεργασία προσομοίωσης εργοστασίου,
- Οπτικοποίηση και ειδοποιήσεις

Ακόμη και στα πρώιμα στάδια του ταξιδιού ψηφιακού μετασχηματισμού, οι επιχειρήσεις εξόρυξης μπορούν να αυξήσουν την παραγωγικότητα, να μειώσουν το κόστος και να βελτιώσουν γρήγορα την παραγωγή και την ασφάλεια μέσω της απεικόνισης δεδομένων σε ολόκληρη την αλυσίδα αξίας. Τοποθετώντας τις σωστές πληροφορίες στα χέρια των εργαζομένων, μπορούν να λαμβάνουν καλύτερες αποφάσεις σε μια ολοκληρωμένη αλυσίδα παραγωγής

Οι αλγόριθμοι Analytics και μηχανικής μάθησης βοηθούν τις εταιρείες εξόρυξης να επιτύχουν στρατηγικές επιχειρηματικές γνώσεις από τα δεδομένα τους. Με την τροφοδότηση αυτών των αλγορίθμων με δεδομένα σε πραγματικό χρόνο και την ανάλυση ιστορικών δεδομένων, οι ανθρακωρύχοι μπορούν να αντλήσουν μελλοντικές γνώσεις σχετικά με τα χαρακτηριστικά απόδοσης, υγείας και ορυκτών. Ο συνδυασμός αυτών των πληροφοριών με μια δυναμική λύση προγραμματισμού καθιστά εφικτή την προληπτική:

- Ελέγξτε τα ορυκτά χαρακτηριστικά χάρη σε στρατηγικές όπως η ενίσχυση τρυπανιών και εκρηκτικών και η βελτιωμένη ανάμειξη για να καλύψετε την απαιτούμενη απόδοση.
- Προγραμματίστε δυναμικά όλες τις λειτουργίες ορυχείων βάσει προγνωστικών ειδοποιήσεων.
- Βελτιώστε την υγεία του περιουσιακού στοιχείου μέσω της συντήρησης προγνωστικών στοιχείων. Βελτιώστε την ασφάλεια μέσω της παρακολούθησης της κόπωσης ή της παρακολούθησης ατόμων και περιουσιακών στοιχείων.

8.5 Ολοκληρωμένο Αυτοματισμό

Το αυτοματοποιημένο ορυχείο είναι μόνο η αρχή. Η ενσωμάτωση της αυτοματοποίησης σε ολόκληρη την αλυσίδα αξίας μπορεί να επιτρέψει στις επιχειρήσεις εξόρυξης να επιλύσουν μια σειρά κρίσιμων επιχειρηματικών ζητημάτων - ακόμη πιο γρήγορα και πιο έξυπνα. Το πρώτο βήμα είναι να αναπτυχθούν αναλυτικά μοντέλα βασισμένα σε πραγματικά δεδομένα. Αυτά τα μοντέλα παράγουν αξιόπιστα αποτελέσματα που μπορούν να χρησιμοποιήσουν οι ανθρακωρύχοι για την επικύρωση και την αυτοματοποίηση των αποφάσεων στην επόμενη διαδικασία. Μέσα από μια "εικονική χειραψία", οι πληροφορίες από μια διαδικασία μεταφέρονται αυτόματα στο επόμενο, με σκοπό την τελειοποίηση των διαδικασιών βάσει της προηγούμενης αυτοματοποιημένης λήψης αποφάσεων. Οι εταιρείες μεταλλείων μπορούν στη συνέχεια να ενσωματώσουν αυτές τις αποφάσεις στο Digital Twin για να επικυρώσουν τις αυξήσεις των επιδόσεων σε όλη την αλυσίδα αξίας.

Για παράδειγμα, η Accenture βοήθησε την Vale να αναπτύξει ένα σύνολο λειτουργιών για την πλήρη αυτοματοποίηση και διαχείριση των διαδικασιών του ναυπηγείου στο λιμάνι. Περιλαμβάνει την πλήρη αυτοματοποίηση των μηχανημάτων αυλών και όλες τις εργασίες του ναυπηγείου, συμπεριλαμβανομένης της αποφυγής συγκρούσεων, της χαρτογράφησης των τρισδιάστατων αυλών, της βελτιστοποίησης των μεταφορικών ταινιών, της αυτόνομης ανάκτησης, της αυτόνομης στοίβαξης, της ανάλυσης παραγωγής αυλών κλπ. Αυτό οδήγησε σε 10% αύξηση της παραγωγικότητας.

Ο ανθρακωρύχος αναπτύσσει επίσης ρομποτική που έχει τη δυνατότητα να απομακρύνει πλήρως τους ανθρώπους από την υπόγεια εξόρυξη, προσφέροντας σημαντικά οφέλη στην ασφάλεια και αύξηση της παραγωγικότητας. Η τεχνολογία κοπής ροκ και τα ρομπότ που μπορούν να "σμίξουν βράχο με ρυθμό ισοδύναμο με τον άνθρωπο" δοκιμάζονται χρησιμοποιώντας μηχανική μάθηση. Αυτή η αλλαγή θα μπορούσε να αυξήσει την παραγωγικότητα κατά 30 τοις εκατό

Η μεταλλευτική βιομηχανία έχει επεκταθεί σημαντικά [με μεγαλύτερα ορυχεία και βαρύτερα φορτηγά]. Αλλά η ποσότητα ενέργειας που τίθεται σε αυτή την επέκταση δεν είναι βιώσιμη. Για παράδειγμα, το 1900, για να παραχθούν 40 κιλά χαλκού, εξορύσσονταν 2 τόνοι βράχου. Σήμερα, εξαιτίας των μειωμένων βαθμών, για να παραχθεί η ίδια ποσότητα χαλκού, η μετακίνηση των υλικών και η κατανάλωση ενέργειας αυξήθηκαν 16 φορές και η κατανάλωση νερού διπλασιάστηκε (ανά μονάδα). Είναι σαφές ότι αυτή η τροχιά δεν είναι βιώσιμη.

Αν και η αποτελεσματικότητα είναι υποθετική, είμαι πεπεισμένος ότι πρόκειται για την ακρίβεια - την ακρίβεια να στοχεύετε μόνο το μέταλλο ή το ορυκτό, με ριζικά λιγότερα απόβλητα, λιγότερες εισροές νερού και ενέργειας και μικρότερο αποτύπωμα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο : ΠΕΔΙΑ ΕΦΑΡΜΟΡΩΝ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΔΙΔΥΜΩΝ

Σύμφωνα με πρόσφατες μελέτες η τεχνολογία DT αποτελεί ως μία από τις κορυφαίες 10 τάσεις στο πεδίο της τεχνολογικής στρατηγικής. Η έννοια DT παρουσιάζει την εικονική αναπαράσταση ή την ψηφιακή αναπαράσταση του εξοπλισμού, της συσκευής ή του συστήματος του πραγματικού κόσμου, ενώ ο πραγματικός κόσμος και ο εικονικός κόσμος βρίσκονται σε απόλυτο συγχρονισμό. Η ψηφιακή αναπαράσταση του πλήρους κύκλου ζωής ενός προϊόντος από τη φάση σχεδιασμού του έως τη φάση συντήρησης παρέχει τη δυνατότητα πρόβλεψης τυχόν προβλημάτων και ενημέρωσης της επιχείρησης. Η πρόβλεψη πιθανών προβλημάτων είναι το μεγαλύτερο πλεονέκτημα στην ανάπτυξη μιας συσκευής που θα δώσει έγκαιρες προειδοποιήσεις, θα μειώσει το χρόνο διακοπής λειτουργίας, θα δημιουργήσει νέες προοπτικές και θα επιτρέψει την ανάπτυξη βελτιωμένων συσκευών με μικρότερο κόστος. Πράγματι, αυτά θα επιτρέψουν την καλύτερη κατανόηση των καταναλωτικών τάσεων και απαιτήσεων. Οι αναδυόμενες τάσεις όπως η τεχνητή νοημοσύνη, η μηχανική μάθηση, η βαθιά μάθηση, το IoT και τα Big Data που θεωρούνται βασικά στοιχεία για τη «Βιομηχανία 4.0» και έχουν ζωτικό ρόλο στη μεθοδολογία DT, εισάγονται πλέον και στον κόσμο της παραγωγής, του IIoT και της αυτοκινητοβιομηχανίας. Η διείσδυση, η ευρεία κάλυψη και η προώθηση

του IoT στον πραγματικό κόσμο έχουν αυξήσει τις προοπτικές της τεχνολογίας DT, η οποία είναι πλέον και πιο οικονομικά προσιτή για τις επιχειρήσεις.

1. Παραγωγή: Η τεχνολογία DT αλλάζουν σταδιακά τον τρόπο λειτουργίας του κατασκευαστικού τομέα, επηρεάζοντας σημαντικά το σχεδιασμό των προϊόντων, την κατασκευή και την συντήρησή τους. Αποτέλεσμα αυτών είναι η παραγωγή να καθίσταται πιο ικανή καθώς παράλληλα μειώνεται ο χρόνος των διαδικασιών.

2. Βιομηχανική παραγωγή και Industrial IoT: Η εφαρμογή τεχνικών DT στη Βιομηχανία θα διευκολύνει δραστηριότητες όπως η παρακολούθηση και ο έλεγχος των βιομηχανικών συστημάτων. Στο πεδίο αυτό, η συνεισφορά της συγκεκριμένης τεχνολογίας είναι τεράστια δεδομένου ότι καταγράφει περιβαλλοντικά δεδομένα όπως τοποθεσία, ρυθμίσεις συσκευών, οικονομικά δεδομένα κ.λπ., εκτός από τα λειτουργικά δεδομένα, τα οποία επιτρέπουν την πρόβλεψη των επικείμενων λειτουργιών και ασυμφωνιών.

3. Υγειονομική περίθαλψη: Δεδομένου ότι ο τομέας της υγειονομικής περίθαλψης απαιτεί μεγαλύτερη ακρίβεια στη διάγνωση και τη θεραπεία, η τεχνολογία DT μπορεί να συμβάλει στη μείωση του κόστους για τον ασθενή, στην έγκαιρη πρόληψη και την αποφυγή

επιδείνωσης της υγείας καθώς και στην παροχή ενός προσαρμοσμένου συστήματος υποστήριξης της υγείας. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική βελτίωση του παρεχόμενου επιπέδου υγείας, ειδικά σε αναπτυσσόμενες χώρες.

4. Έξυπνες πόλεις: Το DT σε συνδυασμό με δεδομένα IoT μπορεί να αυξήσει τον αποτελεσματικό σχεδιασμό μιας έξυπνης πόλης και των κτηρίων της ενισχύοντας την οικονομική πρόοδο, βελτιώνοντας την διαχείριση των πόρων, μειώνοντας τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και αποτυπώνοντας το κόστος ζωής ενός κατοίκου. Η τεχνολογία DT μπορεί να βοηθήσει τις δημοτικές αρχές και τους νομοθέτες στον σχεδιασμό έξυπνων πόλεων, ανακτώντας δεδομένα από πολλά δίκτυα αισθητήρων και έξυπνα συστήματα. Οι πληροφορίες που λαμβάνονται από τα συστήματα DT βοηθούν στην επίτευξη πολύπλευρων επιλογών σχετικά με το μέλλον.

5. Οχήματα: Κλάδοι όπως η αυτοκινητοβιομηχανία μπορούν να αποκομίσουν τεράστια οφέλη από την εκμετάλλευση της τεχνολογίας DT όχι μόνο σε ό,τι αφορά στην παραγωγή αλλά και στη λειτουργία των προϊόντων τους. Μέσω DT μπορούν να ανακτηθούν συμπεριφορικές και λειτουργικές πληροφορίες του οχήματος, οι οποίες χρησιμοποιούνται κατά την προσομοίωση της συνολικής απόδοσης του οχήματος, καθώς και των χαρακτηριστικών που συνδέονται με αυτό. Η τεχνολογία DT θα επιτρέψει επίσης την παροχή μιας σωστότερης υποστήριξης και εξυπηρέτησης για τους καταναλωτές.

6. Λιανικό εμπόριο: Η ικανοποίηση των πελατών αποτελεί θεμελιώδη παράγοντα στον κλάδο του εμπορίου. Η τεχνολογία DT μπορεί να διαδραματίσει βασικό ρόλο στη βελτίωση της εμπειρίας των πελατών λιανικής δημιουργώντας εικονικά δίδυμα για τους πελάτες και μοντελοποίηση μόδας. Η μεθοδολογία DT υποστηρίζει επίσης την καλύτερη διαχείριση αποθεμάτων, βελτιώνει τις διαδικασίες φύλαξης και βοηθά στη διαχείριση ανθρώπινου δυναμικού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο: ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΙΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝ ΨΗΦΙΑΚΟ

ΔΙΔΥΜΟ

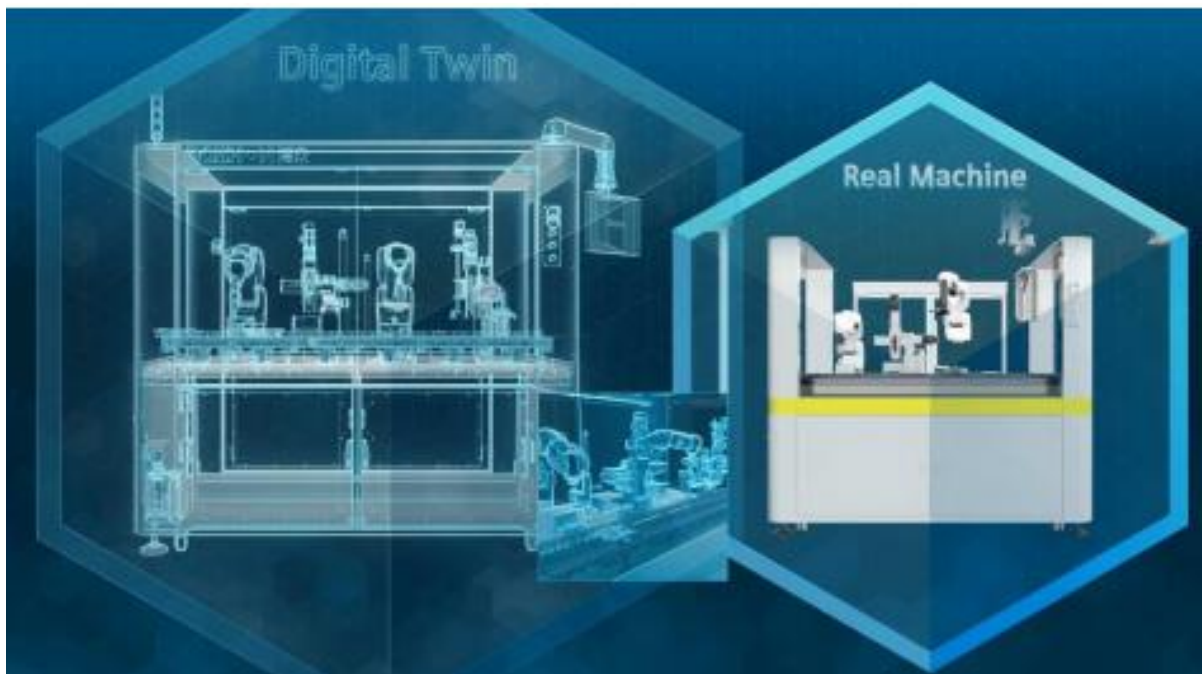
Οι επιχειρήσεις μπορούν να χρησιμοποιήσουν τα ψηφιακά δίδυμα για να αναλύσουν και να ελέγξουν τα στοιχεία για να αποτρέψουν τα ζητήματα προτού να εμφανιστούν, να αποφύγουν το χρόνο διακοπής, και να μιμηθούν ακόμη και τις μελλοντικές περιστάσεις και τα γεγονότα.

Οι περιπτώσεις χρήσης για τα ψηφιακά δίδυμα περιλαμβάνουν τα πάντα, από την προσομοίωση και τον έλεγχο του κατά πόσον τα σχέδια προϊόντων πληρούν τις απαιτήσεις, μέχρι την επίδειξη του τρόπου με τον οποίο μια αλλαγή σε μια διαδικασία κατασκευής μπορεί να επηρεάσει το κόστος ή το χρονοδιάγραμμα, μέχρι το προσωπικό των υπηρεσιών κατάρτισης σχετικά με τον τρόπο εκτέλεσης συντήρησης στο συγκεκριμένο περιουσιακό στοιχείο/πρόβλημα με το οποίο παρουσιάζονται. Η χρήση ψηφιακού διδύμου είναι ο δρόμος του μέλλοντος και πιθανότατα θα συνεχίσει να βρίσκει την πρώτη της θέση σε βαρείς βιομηχανίες. Σε διάφορους βιομηχανικούς τομείς, τα δίδυμα χρησιμοποιούνται για τη βελτιστοποίηση της λειτουργίας και της συντήρησης φυσικών περιουσιακών στοιχείων, συστημάτων και διαδικασιών κατασκευής. Πρόκειται για μια τυποποιημένη τεχνολογία για το Βιομηχανικό Διαδίκτυο των πραγμάτων (IIoT), όπου τα φυσικά αντικείμενα μπορούν να ζήσουν και να αλληλεπιδράσουν με άλλα μηχανήματα και ανθρώπους σχεδόν. Στο πλαίσιο του IoT, αναφέρονται επίσης ως "cyberobjects" ή "digital avatar". Το ψηφιακό δίδυμο είναι επίσης ένα στοιχείο των συστημάτων κυβερνο-φυσικής.

- Παραδείγματα βιομηχανικών εφαρμογών:
- Κινητήρες αεροσκαφών
- Ανεμογεννήτριες
- Μεγάλες κατασκευές, π.χ. υπεράκτιες πλατφόρμες, υπεράκτια σκάφη κ.λπ. [
- Συστήματα ελέγχου HVAC
- Ατμομηχανές
- Κτίρια
- Βοηθητικά προγράμματα (δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας, φυσικού αερίου, νερού, λυμάτων)

10.1 Δυναμική σε επίπεδο βιομηχανίας

Το ψηφιακό δίδυμο διαταράσσει ολόκληρη τη διαχείριση του κύκλου ζωής του προϊόντος (PLM), από την κατασκευή έως το σέρβις και τις λειτουργίες. Σήμερα, η PLM είναι πολύ χρονοβόρα από την άποψη της αποτελεσματικότητας, της κατασκευής, της ευφυΐας, των φάσεων υπηρεσίας και της βιωσιμότητας στο σχεδιασμό προϊόντων. Ένα ψηφιακό δίδυμο μπορεί να συγχωνεύσει τον φυσικό και εικονικό χώρο του προϊόντος. Το ψηφιακό δίδυμο επιτρέπει στις εταιρείες να έχουν ψηφιακό αποτύπωμα όλων των προϊόντων τους, από το σχεδιασμό έως την ανάπτυξη και καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής των προϊόντων. Σε γενικές γραμμές, οι βιομηχανίες με μεταποιητικές επιχειρήσεις διαταράσσονται σε μεγάλο βαθμό από τα ψηφιακά δίδυμα. Στη διαδικασία κατασκευής, το ψηφιακό δίδυμο μοιάζει με ένα εικονικό αντίγραφο των περιστατικών στο εγγύς χρόνο στο εργοστάσιο. Χιλιάδες αισθητήρες τοποθετούνται καθ' όλη τη διάρκεια της φυσικής διαδικασίας κατασκευής, όλοι συλλέγουν δεδομένα από διαφορετικές διαστάσεις, όπως περιβαλλοντικές συνθήκες, χαρακτηριστικά συμπεριφοράς του μηχανήματος και εργασία που εκτελείται. Όλα αυτά τα δεδομένα επικοινωνούν συνεχώς και συλλέγονται από το ψηφιακό δίδυμο.



Εικόνα 4: Το Digital Twin στην παραγωγή

[<https://www.plm.automation.siemens.com/global/fr/webinar/digital-twin-in-manufacturing/68561>]

Λόγω του Διαδικτύου των πραγμάτων, τα ψηφιακά δίδυμα έχουν γίνει πιο προσιτά και θα μπορούσαν να οδηγήσουν το μέλλον της μεταποιητικής βιομηχανίας. Ένα όφελος για τους μηχανικούς έγκειται στη χρήση προϊόντων σε πραγματικό κόσμο που σχεδιάζονται ουσιαστικά από το ψηφιακό δίδυμο. Προηγμένοι τρόποι συντήρησης και διαχείρισης προϊόντων και περιουσιακών στοιχείων είναι εφικτοί καθώς υπάρχει ένα ψηφιακό δίδυμο του πραγματικού «πράγμα» με δυνατότητες σε πραγματικό χρόνο.

Τα ψηφιακά δίδυμα προσφέρουν μεγάλο επιχειρηματικό δυναμικό προβλέποντας το μέλλον αντί να αναλύουν το παρελθόν της κατασκευαστικής διαδικασίας. Η αναπαράσταση της πραγματικότητας που δημιουργείται από τα ψηφιακά δίδυμα επιτρέπει στους κατασκευαστές να εξελίσσονται προς τις εκ των προτέρων επιχειρηματικές πρακτικές. Το μέλλον της παραγωγής οδηγεί στις ακόλουθες τέσσερις πτυχές: αρθρωτότητα, αυτονομία, συνδεσιμότητα και ψηφιακό δίδυμο. Καθώς υπάρχει μια αυξανόμενη ψηφιοποίηση στα στάδια μιας διαδικασίας παραγωγής, ανοίγονται ευκαιρίες για να επιτευχθεί υψηλότερη παραγωγικότητα. Αυτό ξεκινά με αρθρωτότητα και οδηγεί σε μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα στο σύστημα παραγωγής. Επιπλέον, η αυτονομία επιτρέπει στο σύστημα παραγωγής να ανταποκρίνεται σε απροσδόκητα γεγονότα με αποτελεσματικό και έξυπνο τρόπο. Τέλος, η συνδεσιμότητα όπως το Διαδίκτυο των πραγμάτων, καθιστά δυνατό το κλείσιμο του βρόχου ψηφιοποίησης, επιτρέποντας στη συνέχεια τη βελτιστοποίηση του επόμενου κύκλου σχεδιασμού και προώθησης προϊόντων για υψηλότερη απόδοση. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση της ικανοποίησης και της πίστης των πελατών όταν τα προϊόντα μπορούν να προσδιορίσουν ένα πρόβλημα πριν πραγματικά καταρρεύσουν. Επιπλέον, καθώς το κόστος αποθήκευσης και υπολογισμού γίνεται λιγότερο ακριβό, οι τρόποι με τους οποίους χρησιμοποιούνται ψηφιακά δίδυμα αυξάνονται.

10.2 Πολεοδομία και βιομηχανία δομημένου περιβάλλοντος

Τα γεωγραφικά ψηφιακά δίδυμα έχουν διαδοθεί στην πρακτική αστικού σχεδιασμού, δεδομένης της αυξανόμενης όρεξης για ψηφιακή τεχνολογία στο κίνημα των έξυπνων πόλεων . Αυτά τα ψηφιακά δίδυμα συχνά προτείνονται με τη μορφή διαδραστικών πλατφορμών για τη λήψη και εμφάνιση χωρικών δεδομένων 3D και 4D σε πραγματικό χρόνο, προκειμένου να μοντελοποιηθούν αστικά περιβάλλοντα (πόλεις) και οι τροφοδοσίες δεδομένων μέσα σε αυτά.

10.3 Τεχνολογίες οπτικοποίησης

Όπως τα συστήματα επαυξημένης πραγματικότητας (AR) χρησιμοποιούνται τόσο ως συνεργατικά εργαλεία σχεδιασμού όσο και σχεδιασμού στο δομημένο περιβάλλον, ενσωματώνοντας ροές δεδομένων από ενσωματωμένους αισθητήρες σε πόλεις και υπηρεσίες API για τη δημιουργία ψηφιακών διδύμων. Για παράδειγμα, το AR μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία χαρτών επαυξημένης πραγματικότητας, κτιρίων και ροών δεδομένων που προβάλλονται σε επιτραπέζιους υπολογιστές για συνεργατική προβολή από επαγγελματίες του κατασκευασμένου περιβάλλοντος. Στο δομημένο περιβάλλον, εν μέρει μέσω της υιοθέτησης διαδικασιών μοντελοποίησης πληροφοριών κτιρίου, ο σχεδιασμός, ο σχεδιασμός, η κατασκευή και οι δραστηριότητες λειτουργίας και συντήρησης ψηφιοποιούνται όλο και περισσότερο και τα ψηφιακά δίδυμα των ενσωματωμένων περιουσιακών στοιχείων θεωρούνται λογική επέκταση - σε ατομικό επίπεδο περιουσιακών στοιχείων και σε εθνικό επίπεδο. Στο Ηνωμένο Βασίλειο, το Νοέμβριο του 2018, για παράδειγμα, το Κέντρο για τον Ψηφιακό Χτισμένο Βρετανία δημοσιεύονται Οι Δίδυμοι Αρχές, που περιγράφει τις αρχές για να καθοδηγήσει την ανάπτυξη μιας «εθνικής ψηφιακής δίδυμο».

10.4 Βιομηχανία υγειονομικής περίθαλψης

10.4.1 Δυναμική σε επίπεδο βιομηχανίας

Η υγειονομική περίθαλψη αναγνωρίζεται ως μια βιομηχανία που διαταράσσεται από την τεχνολογία ψηφιακών διδύμων. Η έννοια του ψηφιακού δίδυμου στη βιομηχανία υγειονομικής περίθαλψης προτάθηκε αρχικά και χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά σε προγνωστικά προϊόντων ή εξοπλισμού. Με ένα ψηφιακό δίδυμο, οι ζωές μπορούν να βελτιωθούν από την άποψη της ιατρικής υγείας, του αθλητισμού και της εκπαίδευσης, ακολουθώντας μια προσέγγιση βάσει δεδομένων για την υγειονομική περίθαλψη. Η διαθεσιμότητα τεχνολογιών καθιστά δυνατή την κατασκευή εξατομικευμένων μοντέλων για ασθενείς, συνεχώς ρυθμιζόμενα βάσει παραμέτρων υγείας και τρόπου ζωής. Αυτό μπορεί τελικά να οδηγήσει σε έναν εικονικό ασθενή, με λεπτομερή περιγραφή της υγιούς κατάστασης ενός μεμονωμένου ασθενούς και όχι μόνο σε προηγούμενα αρχεία. Επιπλέον, το ψηφιακό δίδυμο επιτρέπει τη σύγκριση των εγγραφών του ατόμου με τον πληθυσμό, προκειμένου να βρείτε ευκολότερα μοτίβα με μεγάλη λεπτομέρεια. Το μεγαλύτερο όφελος του ψηφιακού δίδυμου στον κλάδο της υγειονομικής περίθαλψης είναι το γεγονός ότι η

υγειονομική περίθαλψη μπορεί να προσαρμοστεί ώστε να προβλέπει τις απαντήσεις μεμονωμένων ασθενών. Τα ψηφιακά δίδυμα όχι μόνο θα οδηγήσουν σε καλύτερες αναλύσεις κατά τον καθορισμό της υγείας ενός μεμονωμένου ασθενούς αλλά και θα αλλάξουν την αναμενόμενη εικόνα ενός υγιούς ασθενούς. Προηγουμένως, το «υγιές» θεωρήθηκε ως η απουσία ενδείξεων ασθένειας. Τώρα, οι «υγιείς» ασθενείς μπορούν να συγκριθούν με τον υπόλοιπο πληθυσμό προκειμένου να οριστεί πραγματικά υγιής. Ωστόσο, η εμφάνιση του ψηφιακού δίδυμου στην υγειονομική περίθαλψη φέρνει επίσης κάποια μειονεκτήματα. Το ψηφιακό δίδυμο μπορεί να οδηγήσει σε ανισότητα, καθώς η τεχνολογία μπορεί να μην είναι προσβάσιμη για όλους διευρύνοντας το χάσμα μεταξύ πλουσίων και φτωχών. Επιπλέον, το ψηφιακό δίδυμο θα εντοπίσει μοτίβα σε έναν πληθυσμό που μπορεί να οδηγήσει σε διακρίσεις.



Εικόνα 5 : Digital Twin στην υγεία.

[<https://www.information-age.com/gartnerdigitaltwins-123479330/>]

10.4.2 Δυναμική σε επίπεδο επιχείρησης

Κοιτάζοντας πιο συγκεκριμένα σε επίπεδο επιχείρησης, αρκετές κατεστημένες εταιρείες επενδύουν και αναπτύσσουν λύση υγειονομικής περίθαλψης με το ψηφιακό δίδυμο. Για παράδειγμα, η Philips έχει διερευνήσει την ιδέα μιας ψηφιακής έκδοσης του ασθενούς, έτσι ώστε οι ασθενείς να μπορούν να χρησιμοποιούν ένα ψηφιακό δίδυμο για καλύτερη δράση με προληπτικό τρόπο αντί για αντιδραστικό τρόπο.

Το "The Living Heart" είναι μια συνεργασία μεταξύ του Πανεπιστημίου του Στάνφορντ και του HPE όπου δημιουργήθηκαν πολυδιάστατα τρισδιάστατα μοντέλα της καρδιάς για την παρακολούθηση της κυκλοφορίας και για τη δοκιμή ουσιαστικά φαρμάκων, που βρίσκονται ακόμη σε εξέλιξη προκειμένου να αποφευχθούν τελικά τα επιβλαβή παρενέργειες. Τέλος, η Siemens ανέπτυξε ένα παρόμοιο δίδυμο ψηφιακής υγείας. Χρησιμοποιώντας την τεχνητή νοημοσύνη, οι γιατροί μπορούν να κάνουν πιο ακριβείς διαγνώσεις. Η ανάπτυξη ενός ψηφιακού διπλού είναι μια σημαντική επένδυση. Ωστόσο, κάνοντας χρήση μιας πλατφόρμας που βασίζεται σε σύννεφο και ενός αρθρωτού οργανισμού, μπορεί επίσης να είναι δυνατό για μικρότερους οργανισμούς να συνεισφέρουν σε μια συγκεκριμένη ενότητα. Ένας από αυτούς τους οργανισμούς είναι η Sim & Cure, η οποία είναι η πρώτη εταιρεία που κυκλοφόρησε ένα μοντέλο προσομοίωσης με βάση τον ασθενή για τη θεραπεία ανευρύσεων. Αυτή η θεραπεία επιτρέπει την πρόβλεψη της ανάπτυξης ιατρικών συσκευών. Το προϊόν τους Sim & Size είναι ένα εμφύτευμα που αποτελείται από τρεις εφαρμογές που χρησιμοποιούνται για τη θεραπεία ασθενών από νευροαγγειακές διαταραχές, όπως ανευρύσματα.

10.5 Αυτοκινητοβιομηχανία

10.5.1 Δυναμική σε επίπεδο βιομηχανίας

Ένας άλλος κλάδος που έχει διαταραχθεί από την τεχνολογία ψηφιακών δίδυμων είναι η αυτοκινητοβιομηχανία. Τα ψηφιακά δίδυμα στην αυτοκινητοβιομηχανία εφαρμόζονται χρησιμοποιώντας τα υπάρχοντα δεδομένα προκειμένου να διευκολύνουν τις διαδικασίες και να μειώσουν το οριακό κόστος. Επί του παρόντος, οι σχεδιαστές αυτοκινήτων επεκτείνουν την υπάρχουσα φυσική υλότητα ενσωματώνοντας ψηφιακές ικανότητες που βασίζονται σε λογισμικό. Ένα συγκεκριμένο παράδειγμα της ψηφιακής τεχνολογίας δίδυμων στην αυτοκινητοβιομηχανία είναι όπου οι μηχανικοί της αυτοκινητοβιομηχανίας χρησιμοποιούν την τεχνολογία ψηφιακής δίδυμης σε συνδυασμό με το αναλυτικό εργαλείο της εταιρείας για να αναλύσουν τον τρόπο οδήγησης ενός συγκεκριμένου αυτοκινήτου. Με αυτόν τον τρόπο,

μπορούν να προτείνουν την ενσωμάτωση νέων χαρακτηριστικών στο αυτοκίνητο που μπορούν να μειώσουν τα αυτοκινητιστικά ατυχήματα στο δρόμο, κάτι που προηγουμένως δεν ήταν δυνατό σε τόσο σύντομο χρονικό διάστημα.



Εικόνα 6: Digital Twin στην Αυτοκινητοβιομηχανία
[<https://blog.contus.com/digital-twin-solution/>]

10.5.2 Δυναμική σε επίπεδο επιχείρησης (Volkswagen & Tesla)

Μία από τις υφιστάμενες αυτοκινητοβιομηχανίες που ενσωματώνει ψηφιακή τεχνολογία διπλού στις επιχειρηματικές τους διαδικασίες είναι η Volkswagen . Η χρήση αυτής της τεχνολογίας, την οποία αναφέρονται ως "εικονικό δίδυμο", επέτρεψε στη Volkswagen να δημιουργήσει ψηφιακά 3D πρωτότυπα των διαφορετικών μοντέλων αυτοκινήτων τους, όπως το Golf. Το κέντρο πριν από τη σειρά στο Βόλφσμπουργκείναι το εξειδικευμένο τμήμα της εικονικής πρωτότυπης ομάδας, όπου συγκεντρώνουν ψηφιακές αναπαραστάσεις των οχημάτων, που χρησιμοποιούνται από το σημείο συναρμολόγησης και καθ 'όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής των αυτοκινήτων. Τα ψηφιακά δίδυμα υποστηρίζουν τη διαδικασία παραγωγής και την ανάπτυξη των αυτοκινήτων, παρέχοντας σε όλους τους υπαλλήλους σε όλο τον κόσμο λεπτομερή και σε πραγματικό χρόνο δεδομένα του μοντέλου. Ο Leingang, ένας από τους ηγέτες της εικονικής πρωτότυπης ομάδας, περιγράφει πώς η εφαρμογή ψηφιακών δίδυμων βοηθά τη Volkswagen να βελτιστοποιήσει τη διαχείριση του κύκλου

ζωής των προϊόντων τους. «Η δουλειά μας βοηθά τους ανθρώπους στο σχεδιασμό, τη διασφάλιση ποιότητας, την κατασκευή αμαξώματος και τη συναρμολόγηση. Αυτό συμβαίνει επειδή το «ψηφιακό δίδυμο» επιτρέπει στους συναδέλφους μας να γνωρίζουν νωρίς για το τι ακριβώς πρέπει να γίνει κατά την τοποθέτηση ενός συγκεκριμένου εξαρτήματος." Ένα άλλο καινοτόμο τμήμα στο Wolfsburg, το Virtual Engineering Lab της Volkswagen, αναπτύσσει περαιτέρω τη χρήση ψηφιακών αναπαραστάσεων και ψηφιακών εργαλείων σε συνδυασμό με την επαυξημένη πραγματικότητα. Εδώ κάνουν χρήση του Microsoft HoloLens, το οποίο επιτρέπει στους μηχανικούς και τους σχεδιαστές να βλέπουν και να τροποποιούν ψηφιακά δίδυμα, με τη βοήθεια άλλων τεχνολογιών όπως ο έλεγχος χειρονομίας και οι φωνητικές εντολές. Σε αντίθεση με τους κατεστημένους φορείς της αυτοκινητοβιομηχανίας που έχουν τυλίξει τις ψηφιακές τεχνολογίες γύρω από τα παραδοσιακά προϊόντα τους τα τελευταία δύο χρόνια, σχετικά νέος παίκτης Tesla, Inc. έχει ασχοληθεί με (ψηφιακά) καινοτομία του κλάδου από τη στιγμή που η εταιρεία εισήλθε στην αγορά. Εκτός από την ενθάρρυνση της μετάβασης προς την υιοθέτηση και χρήση ηλεκτρικών οχημάτων από το mainstream, η Tesla καινοτομεί οχήματα εφαρμόζοντας εργαλεία που βασίζονται σε λογισμικό στο φυσικό προϊόν, συμπεριλαμβανομένης της ψηφιακής τεχνολογίας διπλού. Η Tesla δημιουργεί ένα ψηφιακό δίδυμο για κάθε ηλεκτρικό αυτοκίνητο που κατασκευάζει, το οποίο παρέχει στην εταιρεία μια συνεχή ροή δεδομένων που πηγαίνει από το όχημα στο εργοστάσιο παραγωγής και αντιστρόφως, επιτρέποντας στην Tesla να αυξήσει την αξιοπιστία του αυτοκινήτου προβλέποντας κάθε είδους συντήρηση από μια απόσταση.

Η ψηφιακή φύση των οχημάτων Tesla, επιτρέπει στην εταιρεία να επιλύει τα περισσότερα ζητήματα συντήρησης εξ αποστάσεως, χρησιμοποιώντας τα ληφθέντα δεδομένα του ψηφιακού δίδυμου, για παράδειγμα, "εάν ένας οδηγός έχει κουδουνίστρα σε μια πόρτα, μπορεί να διορθωθεί με λήψη λογισμικό που τροποποιεί τα υδραυλικά της συγκεκριμένης πόρτας". Η Tesla συνεχίζει να αναπτύσσει και να ενημερώνει το λογισμικό και άλλες ψηφιακές τεχνολογίες, προκειμένου να διατηρήσει το καθεστώς τους ως επιτυχημένου καινοτόμου. Συγκρίνοντας τις στρατηγικές αυτών των δύο γνωστών αυτοκινητοβιομηχανιών, φαίνεται ότι η Volkswagen έχει εφαρμόσει την τεχνολογία ψηφιακού διπλού ως επιθετική αντίδραση στην καινοτόμο προσέγγιση της Tesla στην αυτοκινητοβιομηχανία. Με τη μετάβαση στη νέα τεχνολογία, η Volkswagen έχει πλαισιώσει αυτήν την πρόκληση ως ευκαιρία δημιουργώντας ένα νέο, εξειδικευμένο τμήμα για εικονικό πρωτότυπο και όχι καταφεύγοντας σε μια νέα αγορά ή σε μια θέση. Στο πετρέλαιο και το φυσικό αέριο, εταιρίες χρησιμοποιούν ψηφιακά δίδυμα για να διαμορφώσουν φυσικά έργα

όπως νέες πετρελαιοπηγές και συναφείς υποδομές. Αυτά τα ψηφιακά δίδυμα μοχλεύονται έπειτα για να προγραμματίσουν τη συντήρηση, να προσδιορίσουν τον εξοπλισμό για τον παροπλισμό, και το σχέδιο για την εγκατάσταση εξοπλισμού.

10.6 Μεταλλουργία

Τα ψηφιακά δίδυμα είναι ένα ιδανικό μέσο για τη βελτιστοποίηση των διαδικασιών περιοχών ορυχείων. Κοινό και δύσκολο να εντοπιστούν ανεπάρκειες στις επιχειρήσεις ορυχείων (π.χ. φορείς εκμετάλλευσης φορτηγών ανάσυρσης που ακολουθούν μη βέλτιστες διαδρομές) χάνουν επί του παρόντος εταιρείες εξόρυξης εκατομμύρια δολάρια κάθε χρόνο. Στην αεροδιαστημική η NASA ήταν μία από τις πρώτες εταιρείες που διερεύνησε ποτέ τις δυνατότητες της ψηφιακής αδελφοποίησης. Τώρα χρησιμοποιούν ψηφιακά δίδυμα για να αναπτύξουν τους χάρτες πορείας τους, καθώς και οχήματα και αεροσκάφη επόμενης γενιάς. Νοέμβριο του 2010, η πρώτη τεκμηριωμένη χρήση της φράσης "ψηφιακό δίδυμο" εμφανίστηκε σε έναν τεχνολογικό χάρτη πορείας από τη NASA. Ο οργανισμός προέβλεπε προσομοιώσεις τόσο αληθινές για τα πραγματικά οχήματα ή συστήματα, ώστε μια αποστολή θα μπορούσε να πετάξει ουσιαστικά στο σύνολό της πριν ξεκινήσει. Τα ψηφιακά δίδυμα θα βασίζονταν σε φυσικά μοντέλα, ενημερώσεις αισθητήρων, ιστορικό στόλου και άλλες πηγές δεδομένων. Θα βοηθούσαν στη δοκιμή διαφορετικών παραμέτρων και σχεδίων πτήσης, θα παρέχουν συνεχείς προβλέψεις υγείας βασισμένες σε δεδομένα λειτουργίας σε πραγματικό χρόνο και αντιμετώπιση προβλημάτων οδηγών.

10.7 Τομέας της κατασκευαστικής

Με τη δημιουργία ενός ψηφιακού δίδυμου κτιρίου, οι ιδιοκτήτες κτιρίων και οι φορείς εκμετάλλευσης μπορούν να αποτρέψουν τα ποικίλα προβλήματα που εμφανίζονται στο κτίριο, να υιοθετήσουν στρατηγικές κατασκευής και συνεπώς να έχουν ασφαλέστερα κτίρια. Για παράδειγμα, μπορείτε να δημιουργήσετε ένα ψηφιακό δίδυμο ενός κτιρίου και να επαληθεύσετε πώς θα αντιδράσει σε ένα μεγάλο σεισμό. Ανάλογα με το αποτέλεσμα, μπορείτε να κάνετε τις απαραίτητες αλλαγές στο κτίριο, πριν να συμβεί η καταστροφή και τα πράγματα να ξεπεραστούν από τον έλεγχο. Αυτό είναι το πώς ένα ψηφιακό δίδυμο σε ένα κτίριο μπορεί να σώσει ζωές. Τα ψηφιακά δίδυμα επιτρέπουν σε ένα σχεδιαστή κτιρίων να διαθέτει όλες τις πληροφορίες που σχετίζονται με το κτίριο σε πραγματικό χρόνο, που συνδέονται με ένα φάκελο ζωής που περιλαμβάνει τη σύλληψη, το σχεδιασμό, την

κατασκευή, τη συντήρηση και τη λειτουργία του περιουσιακού στοιχείου. Παρέχει άμεση πρόσβαση σε όλες τις πληροφορίες σχετικά με ένα εργοτάξιο. Βοηθά τους κατασκευαστές να είναι πάντα σίγουροι ακόμα και για τα πιο μικρά πράγματα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11^ο : ΕΤΑΙΡΙΕΣ ΠΟΥ ΧΡΗΜΟΠΟΙΟΥΝ ΤΟ ΨΗΦΙΑΚΟ ΔΙΔΥΜΟ

Η πρώτη τεκμηριωμένη χρήση της φράσης "ψηφιακό δίδυμο" εμφανίστηκε σε έναν τεχνολογικό χάρτη πορείας από τη NASA. Ο οργανισμός προέβλεπε προσομοιώσεις τόσο αληθινές για τα πραγματικά οχήματα ή συστήματα, ώστε μια αποστολή θα μπορούσε να πετάξει ουσιαστικά στο σύνολό της πριν ξεκινήσει. Τα ψηφιακά δίδυμα θα βασίζονταν σε φυσικά μοντέλα, ενημερώσεις αισθητήρων, ιστορικό στόλου και άλλες πηγές δεδομένων. Θα βοηθούσαν στη δοκιμή διαφορετικών παραμέτρων και σχεδίων πτήσης, θα παρέχουν συνεχείς προβλέψεις υγείας βασισμένες σε δεδομένα λειτουργίας σε πραγματικό χρόνο και αντιμετώπιση προβλημάτων οδηγών.

Σε μία συνέντευξη στο Λονδίνο αναφέρθηκε πως χρησιμοποιώντας ένα ψηφιακό δίδυμο, ο κυβερνήτης José Richa Airport (SBLO) της Βραζιλίας, ο τέταρτος μεγαλύτερος αερολιμένας στη νότια Βραζιλία, είναι σε θέση να διαχειριστεί καλύτερα τα δεδομένα των αεροδρομίων και να επιτύχει μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα στις δραστηριότητές του. Νιώθοντας την ανάγκη να οργανώσετε καλύτερα τα δεδομένα στο αεροδρόμιο, ο φορέας εκμετάλλευσης του αερολιμένα SBLO, Infraero αποφάσισε να δημιουργήσει ένα ψηφιακό δίδυμο που δρουν ως πλέγμα της πραγματικότητας και μια κεντρική αποθήκη για όλα τα δεδομένα προς το αεροδρόμιο, καθώς και οι υποδομές, κτίρια, συστήματα δόμησης, εγκαταστάσεις και χάρτες και δεδομένα διαχείρισης. Το BIM και το GIS μαζί με τις εφαρμογές Bentley χρησιμοποιήθηκαν για να μοντελοποιήσουν τις υφιστάμενες εγκαταστάσεις 2D, οι οποίες καλύπτουν περισσότερο από 920,000 τετραγωνικά μέτρα επιφάνειας αεροδρομίου. Σχεδίασαν επίσης έναν διάδρομο απογείωσης και προσγείωσης, δύο αυλές αεροπορίας και το σύστημα τροχιάς και τους δρόμους πρόσβασης. Στη συνέχεια, η ομάδα του έργου δημιούργησε μια παραμετρική βάση δεδομένων για τη στήριξη του προγραμματισμού και τη βελτίωση της διαχείρισης του έργου. Η ομάδα του έργου δημιούργησε ένα ψηφιακό δίδυμο του αεροδρομίου που περιλαμβάνει οθόνη πραγματικότητας αεροδρομίου και κεντρικό αποθετήριο για όλα τα δεδομένα αεροδρομίων. Το κεντρικό αποθετήριο βοηθά τους χρήστες να εντοπίζουν με ακρίβεια τη θέση των συστημάτων εντός της υποδομής του αεροδρομίου, βελτιώνοντας τη διαχείριση των επιχειρήσεων με ασφαλή και αποδοτικά δρομολόγια. Το ψηφιακό δίδυμο θα εξομαλύνει επίσης όλα τα μελλοντικά έργα υποδομής εσωτερικών αεροδρομίων, καθώς και τις διαδικασίες σχεδιασμού και διαχείρισης. Με τη βοήθεια του ψηφιακού δίδυμου, το Infraero μπορεί να μειώσει το κόστος συντήρησης και να επιτύχει καλύτερη λειτουργία του αεροδρομίου στο SBLO. Η ομάδα του έργου αναμένει να εξοικονομήσει περισσότερα από BRL 559,000 ετησίως με το ψηφιακό δίδυμο. Ο οργανισμός

αναμένει επίσης αύξηση της κερδοφορίας του. Το ProjectWise χρησιμοποιήθηκε για τη δημιουργία της πλατφόρμας ολοκλήρωσης των αεροδρομίων, η οποία χρησίμευσε ως συνδεδεμένο περιβάλλον δεδομένων του έργου. Η δυνατότητα εισαγωγής του cloud point MicroStation επέτρεψε στην ομάδα να δημιουργήσει το πλέγμα πραγματικότητας όλων των εγκαταστάσεων των αεροδρομίων χρησιμοποιώντας σύννεφα σημείων. Το OpenBuildings Designer (πρώην AECOSim Κτίριο Designer) βοήθησε το σχεδιασμό και την οργάνωση των βιβλιοθηκών εγκαταστάσεις του αεροδρομίου και να διαμορφώσει το τερματικό σταθμό επιβατών, τερματικό φορτίου, πυροσβεστικός σταθμός και άλλα υφιστάμενα κτίρια. Η ομάδα χρησιμοποίησε το OpenRoads για τη δημιουργία του γεωμετρικού έργου και του χάρτη επιφανείας του συστήματος διαδρόμου για διαδρόμους, τροχόσπιτες και δρόμους εξυπηρέτησης.

Η Siemens παρουσίασε το ψηφιακό δίδυμο σε πραγματική λειτουργία. Ως πρωτοπόρος στον κόσμο της αυτοματοποίησης, η Siemens προωθεί την ψηφιοποίηση των δραστηριοτήτων της και της βιομηχανίας στο σύνολό της με την Ψηφιακή της Επιχείρηση (Digital Enterprise). Σε μια έκταση 3.800 τετραγωνικών μέτρων κάτω από το banner “Ανακαλύψτε την αξία της Ψηφιακής Επιχείρησης” στην Αίθουσα 9 στη φετινή Hannover Messe, η Siemens παρουσίασε το πώς εταιρείες οποιουδήποτε μεγέθους μπορούν να επωφεληθούν από την ψηφιακή επανάσταση. Στο περίπτερο της Siemens, οι επισκέπτες είχαν την ευκαιρία να δουν πώς η Siemens, ως πρωτοπόρος στον κόσμο της αυτοματοποίησης, προωθεί τη διαδικασία ψηφιοποίησης όχι μόνο των δικών της δραστηριοτήτων, αλλά και ολόκληρης της βιομηχανίας. Το επίκεντρο αυτό το χρόνο θα είναι στο εκτεταμένο χαρτοφυλάκιο της εταιρείας για την «Ψηφιακή Επιχείρηση» που συνδέει τους εικονικούς και πραγματικούς κόσμους παραγωγής μέσω της προσομοίωσης των μηχανών και των εργοστασίων που χρησιμοποιούν ψηφιακά δίδυμα ή με τη βοήθεια του MindSphere, του ανοιχτού λειτουργικού συστήματος IoT, που βασίζεται στο cloud. Χρησιμοποιώντας παραδείγματα από τα πεδία του 3D printing, της ενέργειας για τη βιομηχανία και τη γαλακτοβιομηχανία, καθώς και για τα φαρμακευτικά προϊόντα, η Siemens παρουσίασε τρόπους με τους οποίους η ψηφιοποίηση μπορεί ήδη να χρησιμοποιηθεί σήμερα σε όλα τα στάδια ολόκληρης της αλυσίδας αξίας, εξασφαλίζοντας στους πελάτες της πραγματικό ανταγωνιστικό πλεονέκτημα, μεγαλύτερη ευελιξία, αποδοτικότητα και ποιότητα.

Η ικανότητα ανταπόκρισης με ευελιξία στις απαιτήσεις των μεμονωμένων πελατών με μικρές παρτίδες απαιτεί τη χρήση λύσεων προσομοίωσης σε ολόκληρη την αλυσίδα αξίας. Εκεί έρχεται το ψηφιακό δίδυμο, ακριβώς αντιγράφοντας και προσομοιώνοντας τις ιδιότητες

και τα χαρακτηριστικά απόδοσης ενός φυσικού προϊόντος, μιας σειράς προϊόντων, μιας διαδικασίας ή ενός πλήρους εργοστασίου στον εικονικό κόσμο, πριν από την τοποθέτηση μιας μόνο βίδας στην πραγματικό κόσμο. Αυτό σημαίνει σημαντική αύξηση της παραγωγικότητας και της αποδοτικότητας, όπως φαίνεται από τα συγκεκριμένα παραδείγματα που παρουσιάστηκαν στο περίπτερο της Siemens στο φετινό Hannover Messe.

Με την εκτεταμένη προσφορά λογισμικού και τις λύσεις αυτοματισμού, η Siemens υποστηρίζει το 3D printing για κατασκευαστές και χρήστες μηχανών. Η εταιρεία δημιουργεί επίσης μια παγκόσμια ανοιχτή «ψηφιακή αγορά», η οποία ανοίγει τις προοπτικές για εντελώς νέα επιχειρηματικά μοντέλα, όπως η πώληση ωρών μηχανών. Το βασικό θεμέλιο για τα νέα επιχειρηματικά μοντέλα των πελατών είναι η σύνδεση με το MindSphere, το ανοικτό λειτουργικό σύστημα που βασίζεται στο cloud, από τη Siemens. Στο «MindSphere Lounge» στο περίπτερο της Siemens, η Siemens, οι πελάτες και οι συνεργάτες της παρουσίασαν νέες ιδέες και applications. Οι επισκέπτες είχαν επίσης την ευκαιρία να γνωρίσουν πόσο απλά τα μηχανήματα και τα εργοστάσια παραγωγής επικοινωνούν με applications του MindSphere μέσω της Απόλυτα Ολοκληρωμένης Αυτοματοποίησης (Totally Integrated Automation). Στη Hannover Messe 2017, η Siemens χρησιμοποίησε το παράδειγμα της γαλακτοκομικής βιομηχανίας για να δείξει πώς τόσο η διαδικασία όσο και οι διακριτές ροές εργασίας στη βιομηχανία τροφίμων και ποτών μπορούν να επωφεληθούν από την ψηφιοποίηση. Παράγοντες που επηρεάζουν συνήθως τη γαλακτοκομική βιομηχανία είναι η υψηλή ευαισθησία κόστους και η μαζική παραγωγή, αφενός, σε συνδυασμό με την αυξανόμενη ποικιλία των διαθέσιμων γεύσεων και των καινοτόμων ιδεών συσκευασίας, αφετέρου. Και στον τομέα της διαχείρισης ενέργειας, η έξυπνη χρήση των δεδομένων αποκτά όλο και πιο σημαντικό ρόλο. Προκειμένου να υποστηριχθούν τα δυναμικά δικτυωμένα περιβάλλοντα παραγωγής, η ομαλή αλληλεπίδραση μεταξύ hardware και λογισμικού και η συστηματική διαχείριση δεδομένων είναι ζωτικής σημασίας. Οι επισκέπτες στο περίπτερο της Siemens είχαν την ευκαιρία να βιώσουν την ενσωμάτωση της ενεργειακής διαχείρισης από πρώτο χέρι σε μια πραγματική μηχανή παραγωγής.

Η Διευθύνουσα Σύμβουλος της PETRA, Penny Stewart, παρουσίασε το πρώτο ψηφιακό δίδυμο στον κόσμο για τη βελτιστοποίηση της αλυσίδας αξίας ορυχείων. Δύο χρόνια ιστορικών δεδομένων από το ορυχείο Ban Houayxai της PanAust εισήγησαν στο ψηφιακό δίδυμο MAXTATM. Ένα ψηφιακό δίδυμο εκμάθησης μηχανών MAXTATM επιτρέπει την ταχεία προσομοίωση του σχεδιασμού των ναρκών, της ανατίναξης, της μεταλλουργίας και των επιλογών ελέγχου διεργασιών. Μαζί, μηχανικοί και γεωλόγοι

αξιολογούν τις επιλογές που βασίζονται σε 10εκατομμύρια τόνους ιστορικών δεδομένων απόδοσης. Αυτές οι επιλογές κοινοποιούνται εύκολα στους διευθυντές χρησιμοποιώντας ψηφιακή απεικόνιση. Η εταιρία αυτή παράγει για την Αυστραλία ορυκτά με βάση το χαλκό και τον χρυσό. Η επιχείρηση βρίσκεται εντός των 2.600 τετραγωνικών χιλιομέτρων Phu Bia της PanAust στο βόρειο Λάος. Ξεκινώντας την παραγωγή το 2012, το Ban Houayxai λειτουργεί από την εταιρεία της PanAust που είναι εγγεγραμμένη στο Λάος, Phu Bia Mining. Η PanAust κατέχει το 90 τοις εκατό των μετοχών της Phu Bia Mining. Η κυβέρνηση του Λάος κατέχει το υπόλοιπο 10 τοις εκατό. Το 2018 εγκαταστάθηκε στη λειτουργία ένας αλγόριθμος μηχανικής μάθησης για την πρόβλεψη μελλοντικών μεταλλουργικών χαρακτηριστικών με βάση την απόδοση των προηγούμενων εγκαταστάσεων διεργασίας. Ο αλγόριθμος ενεργοποιήθηκε από την ενσωμάτωση δύο ετών 3D γεωλογικών με φυτικά δεδομένα για να αντλήσει έναν τύπο που μπορεί να εφαρμοστεί για να μπλοκάρει τα μοντέλα, επιτρέποντας τόσο την «προς τα πίσω» ανάλυση συμπίεσης όσο και τις «εμπρόσθιες» προβλέψεις. Τα στοιχεία από περίπου 10 εκατομμύρια τόνους σιδηρομεταλλεύματος ενσωματώθηκαν και αναλύθηκαν σε παρτίδες 12 ωρών για περίοδο δύο ετών. Σε αντίθεση με τις συμβατικές μελέτες κατά νάρκης με βάση δείγματα και δοκιμαστικές εργασίες ή παρακολούθηση παρτίδων μεταλλεύματος με δείκτες, η βελτιστοποίηση της αλυσίδας αξίας που βασίζεται στη μηχανική μάθηση χρησιμοποιεί μεγάλες ποσότητες ιστορικών δεδομένων για την πρόβλεψη της μελλοντικής απόδοσης των φυτών.

Το ιδιόκτητο λογισμικό ολοκλήρωσης δεδομένων δημιουργεί ένα ψηφιακό δίδυμο της αλυσίδας αξίας που επιτρέπει στους αλγόριθμους μηχανικής μάθησης να «μαθαίνουν» συνεχώς από τη γεωλογία και τα φυτικά δεδομένα να ενημερώνουν αυτόματα το μοντέλο πρόβλεψης. Η Maxtatm είναι το αποτέλεσμα τριών ετών εντατικής έρευνας και ανάπτυξης στην ενσωμάτωση δεδομένων σε όλη την αλυσίδα αξίας των ναρκών. Κατά τα πρώτα δύο χρόνια, το Βραβείο Μεταλλείου της PETRA όρισε την προσέγγιση των μαζικών δεδομένων PRODFINDER στο ορυχείο-σε-μύλο απέδειξε ότι αυτές οι ενσωματώσεις παράγουν στατιστικά σημαντικά μοντέλα πρόβλεψης (τιμή $p < 0.05$ και R^2 προσαρμοσμένη μεταξύ 0,25 – 0,6). Κατά το παρελθόν έτος, maxtatm έρευνα και ανάπτυξη έχει επικεντρωθεί σε αλγόριθμους μηχανικής μάθησης για τη βελτιστοποίηση της αλυσίδας αξίας των ναρκών και σε πραγματικό χρόνο ανάπτυξη. Αξίζει να σημειωθεί ότι η ανάπτυξη του MAXTATM σε πραγματικό χρόνο θα απλοποιηθεί από τα εξαιρετικά έργα διαλειτουργικότητας που ανέλαβε η Ομάδα Παγκόσμιων Κατευθυντήριων Γραμμών για τα Ορυχεία.

Η Anglo American Plc χρησιμοποιεί ψηφιακή τεχνολογία και αυτοματοποίηση μηχανών για να βελτιώσει την παραγωγικότητα και την ασφάλεια των εξορυκτικών της δραστηριοτήτων. Οι επιχειρήσεις που έχουν ψηφιοποιήσει τον τεχνικό εξοπλισμό τους έχουν «δει γενικά περίπου μια βελτίωση 30 τοις εκατό στην επιχείρησή τους - που αποτελείται από περίπου 15 τοις εκατό στην παραγωγικότητα και 15 τοις εκατό στην αποταμίευση δαπανών», Tony O'Neill, τεχνικός διευθυντής στην σφαιρική μεταλλεία εταιρείας, δήλωσε στο BNEF. Το Ηνωμένο Βασίλειο έχει ως βασικά προϊόντα το νικέλιο, τον άνθρακα και άλλα πολύτιμα μέταλλα για τα οποία χρησιμοποιεί "ψηφιακά δίδυμα" για τη βελτιστοποίηση του στόλου εξόρυξης τους, συμπεριλαμβανομένων των εφαρμογών για την παρακολούθηση των επιδόσεων των μεταφορών στο Los Bronces, χώρο εξόρυξης της στη Χιλή και σε ένα 500 χιλιόμετρα αγωγού σε Βραζιλία.

Τα ψηφιακά δίδυμα είναι εικονικά πρότυπα μιας τεχνικής διαδικασίας που επιτρέπουν στις επιχειρήσεις για να αναλύσουν τα στοιχεία και να βελτιώσουν την αποδοτικότητα για το πώς ένα κομμάτι του εξοπλισμού λειτουργεί στον πραγματικό κόσμο. Anglo American εφάρμοσε το πρώτο από αυτά τα εικονικά μοντέλα πριν από 18 μήνες, και σχεδιάζει να τα εγκαταστήσετε σε ολόκληρη την επιχείρησή της "αρκετά γρήγορα". Ο ανθρακωρύχος αναπτύσσει επίσης ρομποτική που έχουν τη δυνατότητα να απομακρύνουν τους ανθρώπους από την υπόγεια εξόρυξη συνολικά, φέρνοντας σημαντικά οφέλη για την ασφάλεια και τα κέρδη παραγωγικότητας. Η τεχνολογία κοπής βράχων και τα ρομπότ που μπορούν να «σμιλεύσουν το βράχο σε ένα ποσοστό ισοδύναμο με έναν άνθρωπο» δοκιμάζονται χρησιμοποιώντας τη μηχανική εκμάθηση. Αυτή η αλλαγή θα μπορούσε να αυξήσει την παραγωγικότητα έως και κατά 30 τοις εκατό. Λόγω της φθίνουσας ποιότητας των ποιοτήτων μεταλλεύματος, η κατανάλωση ενέργειας στην εξόρυξη έχει αυξηθεί κατά 16 φορές από το 1900, καθώς περισσότερη ενέργεια και νερό χρησιμοποιείται για την παραγωγή της απαιτούμενης ποσότητας μετάλλου. Η μηχανική μάθηση μπορεί να βοηθήσει στην αύξηση της αποτελεσματικότητας αυτών των λειτουργιών βελτιώνοντας την ακρίβεια της εξόρυξης, έτσι ώστε να χρησιμοποιούνται λιγότερα απόβλητα, νερό και ενέργεια. Η καινοτομία στην εξόρυξη παραδοσιακά σήμαινε κλιμάκωση – μεγαλύτερα φορτηγά, μεγαλύτερα φτυάρια – για να αυξηθεί η παραγωγική ικανότητα», πρόσθεσε. Ωστόσο, με τη ρομποτική, όσο μικρότερο τόσο το καλύτερο: ελαφρύ και αρθρωτό, τα ρομπότ μπορούν να εκτελέσουν πολλαπλές εργασίες σε οποιοδήποτε έδαφος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12^ο : ΤΟ ΨΗΦΙΑΚΟ ΟΡΥΧΕΪΟ ΤΟΥ ΜΕΛΛΟΝΤΟΣ

12.1 ΤΑ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΕΡΑ ΒΗΜΑΤΑ

Ορισμένα ορυχεία έχουν λάβει σημαντικά βήματα προς το ψηφιακό ορυχείο του μέλλοντος. Σταδιακά η εξορυκτική βιομηχανία πλησιάζει τα οράματα για τα πλήρως αυτοματοποιημένα ορυχεία, καθώς και τεχνολογικά πιο εξελιγμένες εγκαταστάσεις επεξεργασίας μεταλλευμάτων. Ο σύγχρονος μεταλλωρύχος λειτουργεί μέσω αλληλεπίδρασης από απόσταση με φορείς, εμπειρογνώμονες, προμηθευτές και πελάτες σε ομάδες με πολλές ικανότητες. Ο έλεγχος της παραγωγής θα μπορούσε να γίνει ακόμη και σε ένα «ψηφιακό δίδυμο», μακριά από το εργοστάσιο. Με λίγα λόγια, θα προβλέπει έναν ενισχυμένο μεταλλωρύχο με αισθήσεις και μνήμη που επεκτείνεται μέσω της τεχνολογίας. Αυτή η τεχνολογία εκμεταλλεύεται και υποστηρίζει τις ανθρώπινες δεξιότητες και αυξάνει την ευαισθητοποίηση της κατάστασης μέσω αισθητήρων ενσωματωμένων στα ρούχα του χειριστή, διατηρώντας παράλληλα μια αδιάκοπη επιχειρησιακή επαγρύπνηση. Αυτό θα μπορούσε να είναι απαραίτητο σε δύσκολα περιβάλλοντα για τη διαχείριση των επιπτώσεων της θερμότητας και των μακρών βαρδιών.

Ορισμένα ορυχεία έχουν λάβει σημαντικά βήματα προς το ψηφιακό ορυχείο του μέλλοντος. Σταδιακά η εξορυκτική βιομηχανία πλησιάζει τα οράματα της Industry 4.0 και τα πλήρως αυτοματοποιημένα ορυχεία, καθώς και τεχνολογικά πιο εξελιγμένες εγκαταστάσεις επεξεργασίας μεταλλευμάτων. Ο σύγχρονος μεταλλωρύχος λειτουργεί μέσω αλληλεπίδρασης από απόσταση με φορείς, εμπειρογνώμονες, προμηθευτές και πελάτες σε ομάδες με πολλές ικανότητες. Ο έλεγχος της παραγωγής θα μπορούσε να γίνει ακόμη και σε ένα «ψηφιακό δίδυμο», μακριά από το εργοστάσιο. Με λίγα λόγια, το Mining 4.0 προβλέπει έναν ενισχυμένο μεταλλωρύχο με αισθήσεις και μνήμη που επεκτείνεται μέσω της τεχνολογίας. Αυτή η τεχνολογία εκμεταλλεύεται και υποστηρίζει τις ανθρώπινες δεξιότητες και αυξάνει την ευαισθητοποίηση της κατάστασης μέσω αισθητήρων ενσωματωμένων στα ρούχα του χειριστή, διατηρώντας παράλληλα μια αδιάκοπη επιχειρησιακή επαγρύπνηση. Αυτό θα μπορούσε να είναι απαραίτητο σε δύσκολα περιβάλλοντα για τη διαχείριση των επιπτώσεων της θερμότητας και των μακρών βαρδιών.

Η τυπολογία χτίστηκε σε 8 στερεότυπα που μπορούν να θεωρηθούν ως ο πυρήνας της νέας τεχνολογίας. Τα στερεότυπα αυτά έχουν τροποποιηθεί ώστε να προσομοιάζουν στο μελλοντικό μεταλλωρύχο, το Miner 4.0 και παρουσιάζουν τις εξής ιδιότητες, βάσει της τεχνολογίας που χρησιμοποιούν και είναι τα εξής:

- Ο υπερ-ανθεκτικός μεταλλωρύχος χρησιμοποιεί βιομηχανική υποστήριξη για αυξημένη κίνηση των άκρων και αυξημένη αντοχή
- Ο ενισχυμένος μεταλλωρύχος χρησιμοποιεί την επαυξημένη πραγματικότητα (AR) για την ενσωμάτωση πληροφοριών από τον ψηφιακό στο φυσικό κόσμο
- Ο εξυπνότερος μεταλλωρύχος Χρησιμοποιεί έξυπνους προσωπικούς βοηθούς για διασύνδεση με μηχανές, υπολογιστές, βάσεις δεδομένων και άλλα πληροφοριακά συστήματα. Επί του παρόντος, (πχ τα συστήματα ετικετών RFID (ταυτοποίηση μέσω ραδιοσυχνοτήτων) χρησιμοποιούνται μαζί με μια εφαρμογή smartphone για την ταχεία και εύκολη αναφορά αναξιόπιστου εξοπλισμού).
- Ο συνεργατικός μεταλλωρύχος, χρησιμοποιεί συνεργάσιμα ρομπότ για την εκτέλεση επαναλαμβανόμενων και επίπονων εργασιών. Στην εξόρυξη υπάρχουν ημιαυτόνομες μηχανές, όπως φορτωτές, όπου ο χειριστής “διδάσκει” το μηχάνημα μια διαδρομή – την οποία ακολουθεί αυτόματα – ενώ ο χειριστής τον ελέγχει εξ αποστάσεως κατά τη διάρκεια της πραγματικής φόρτωσης. Εδώ, το μηχάνημα αναλαμβάνει το επαναλαμβανόμενο και επίπονο έργο της οδήγησης προς και από το σωρό του μεταλλεύματος
- Ο εικονικός μεταλλωρύχος χρησιμοποιεί την εικονική πραγματικότητα (VR) για την προσομοίωση και την εκπαίδευση επικίνδυνων καταστάσεων πραγματικής ζωής (εκπαίδευση για σενάρια υψηλού κινδύνου, όπως πυρκαγιές) και προσομοίωση νέου εξοπλισμού (πώς θα ενταχθεί στην παραγωγή η νέα μηχανή και πώς θα ενσωματωθεί σε αυτή, χωρίς λάθη και απώλειες)
- Ο κοινωνικός μεταλλωρύχος χρησιμοποιεί υπηρεσίες κοινωνικών δικτύων επιχειρήσεων για αλληλεπίδραση μεταξύ φορέων εκμετάλλευσης και μεταξύ φορέων εκμετάλλευσης και του Διαδικτύου των πραγμάτων. Η εισαγωγή των υπόγειων Wi-Fi και 5G έχει καταστήσει αυτό δυνατό. Ενώ τα περισσότερα ορυχεία δεν διαθέτουν ειδικά κοινωνικά δίκτυα επιχειρήσεων, η πρόσβαση στο Ίντερνετ στα ορυχεία σημαίνει επίσης πρόσβαση σε κοινωνικά μέσα. Ήδη υπάρχουν μεταλλεία όπου η υλοποίηση του Wi-Fi που περιλαμβάνει το ορυχείο σημαίνει ότι οι υπόγειοι χειριστές χρησιμοποιούν ομαδικές συζητήσεις για την ανταλλαγή πληροφοριών

- Ο αναλυτικός μεταλλωρύχος χρησιμοποιεί μεγάλες αναλύσεις δεδομένων για να ανακαλύψει χρήσιμες πληροφορίες και να προβλέψει σχετικά γεγονότα. Η ταξινόμηση αυτή δείχνει ορισμένες τεχνικές δυνατότητες. Όλα θα επηρεάσουν την ανθρώπινη εργασία – κάποια θετικά και κάποια αρνητικά. Αλλά αυτή η εξέλιξη δεν αφορά στη δημιουργία νέων ειδών θέσεων εργασίας. Αντίθετα, πρόκειται για μια εξέλιξη που σημαίνει ότι οι περισσότερες τρέχουσες θέσεις εργασίας θα επηρεαστούν από αυτά τα χαρακτηριστικά και τις εξελίξεις. Οι μεταλλωρύχοι δεν θα εξαφανιστούν, αλλά θα είναι διαφορετικοί στο μέλλον. Έχουμε επιλέξει να τους ονομάσουμε Miner 4.0
- Ο υγιής μεταλλωρύχος χρησιμοποιεί φορητούς αισθητήρες για την παρακολούθηση των μετρήσεων που σχετίζονται με την υγεία καθώς και τη θέση για GPS. Αυτές οι εξελίξεις έχουν λάβει ήδη χώρα στον κλάδο σε κάποιο βαθμό. Για παράδειγμα υπάρχουν σε χρήση προηγμένα συστήματα εντοπισμού θέσης και έχουν υπάρξει σχέδια για την εφαρμογή αισθητήρων για την παρακολούθηση της υγείας των μεταλλωρύχων.

12.2 Η ΕΡΓΑΣΙΑ ΣΕ ΕΝΑ ΨΗΦΙΑΚΟ ΟΡΥΧΕΙΟ

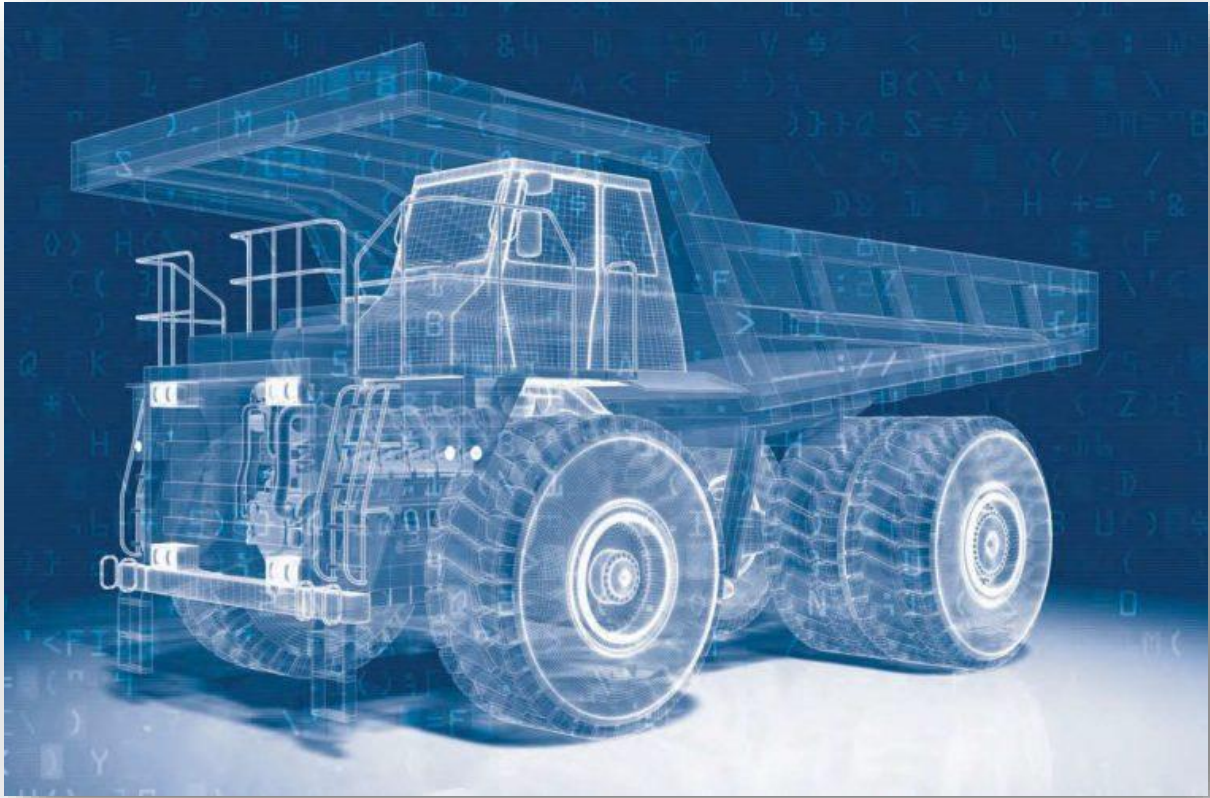
Το ψηφιακό δίδυμο και συγκεκριμένα το Mining 4.0, όχι μόνο θα αλλάξει το τεχνολογικό τοπίο των ορυχείων και των οργανισμών αλλά θα φέρει και μετασχηματισμό της γνώσης. Εδώ οι δεξιότητες και η γνώση μετατρέπονται από σωματικές και σιωπηλές σε αφηρημένες και θεωρητικές. Αυτό που ήταν νωρίτερα η εσωτερική πρακτική γνώση του εργάτη, διαμορφώνεται σε θεωρητικές γνώσεις, ψηφιοποιείται και μεταδίδεται προς επεξεργασία σε υπολογιστές και smartphones. Σε ένα βέλτιστο σενάριο, το Mining 4.0 μετατρέπει τις επιχειρήσεις εξόρυξης σε οργανισμούς μάθησης που απαιτούν συνεχή εξέλιξη, εκπαίδευση, ανάπτυξη και εκμάθηση στο χώρο εργασίας.

Σε αυτή τη μετάβαση, υπάρχει επίσης ένα αρνητικό δυναμικό. Όταν μια χειρωνακτική εργασία είναι αυτοματοποιημένη οι πρώην χειριστές γίνονται οι χειριστές του νέου συστήματος. Αυτοί οι χειριστές μπορεί να έχουν καλές επιδόσεις στο σύστημα επειδή, έχοντας εργαστεί προηγουμένως με αυτό, έχουν μια θεμελιώδη κατανόηση της τεχνολογίας που ελέγχουν. Αντιθέτως, η επόμενη γενιά φορέων μπορεί να μην έχει αυτή την κατανόηση. Αυτό θέτει επίσης το ερώτημα πώς οι πρακτικές δεξιότητες ενός μεταλλωρύχου μπορούν να μεταφερθούν στον προγραμματιστή του έξυπνου συστήματος εξόρυξης. Πολλοί χειριστές

μηχανών μπορούν να διακρίνουν εάν υπάρχει πρόβλημα συντήρησης ή αισθάνονται πιο αποτελεσματική μέθοδο λειτουργίας για την αύξηση της παραγωγικότητας που ένας προγραμματιστής δεν γνωρίζει.

Ενώ οι εργαζόμενοι μπορούν να αναβαθμίσουν τις ικανότητές τους, αφού ζητούνται περισσότερα θεωρητικά, ολοκληρωμένα και επικοινωνιακά καθήκοντα, ενδέχεται να υπάρξει και τελετουργία που χαρακτηρίζεται από τον κατακερματισμό των γνώσεων των τεχνών και των εργασιών. Αυτό συνεπάγεται επίσης την πιθανή πόλωση: υπάρχουν τμήματα του εργατικού δυναμικού που είναι αναβαθμισμένα, ενώ κάποια άλλα που δεν μπορούν να ακολουθήσουν τους ρυθμούς των εξελίξεων, παραμένουν στάσιμα ή σιγά σιγά τίθενται εκτός. Αυτό δημιουργεί δύο κατηγορίες εργαζομένων τους “νικητές και τους ηττημένους της υψηλής τεχνολογίας” ή ακόμη και τις ομάδες των εργαζομένων δύο ταχυτήτων «Α» και «Β».

Τα προσόντα, η ταυτότητα και το φύλο θα επαναπροσεγγιστούν και αναδομηθούν, όταν εφαρμοστούν η νέα τεχνολογία και το μεταβαλλόμενο πλαίσιο. Πολλά από τα καθήκοντα εργασίας που εκτελούσαν προηγουμένως οι ομάδες, μπορούν να πραγματοποιηθούν από μοναχικούς εργαζόμενους εξοπλισμένους με διαφορετικούς τύπους εξοπλισμού για ψηφιακή βοήθεια. Δημιουργούνται νέοι τύποι πολυλειτουργικών ομάδων, οι κύριες εργασίες των οποίων πραγματοποιούνται σε κεντρικούς χώρους ελέγχου. Η ομαδική εργασία δεν εξαφανίζεται εντελώς, αλλά παίρνει νέες μορφές. Οι εργασίες εξόρυξης παραδοσιακά θεωρούνται ως σωματικά απαιτητικές, απαιτώντας έναν ορισμένο τύπο εργαζομένου: έναν γενναίο και ισχυρό άνθρωπο. Το νέο πλαίσιο θα απαιτήσει γνώσεις και δεξιότητες που είναι πιο αφηρημένες και θεωρητικές.



Εικόνα 7 [<https://www.machines4u.com.au/mag/award-winning-mining-guru-talks-mets-handle-mining-downturn/>]

12.3 ΑΡΝΗΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΘΕΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟΝ ΧΩΡΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Στα αρνητικά σενάρια της υιοθέτησης των νέων δεδομένων εργασίας στον εξορυκτικό κλάδο, περιλαμβάνονται: οι υψηλότερες απαιτήσεις διαθεσιμότητας, το σβήσιμο ορίων μεταξύ επαγγελματικής και ιδιωτικής ζωής, η αυξημένη ικανότητα ελέγχου και παρακολούθησης του ατόμου, μπορεί να φέρει άγχος και πίεση εργασίας. Επίσης θα υπάρξει μειωμένη ανάγκη για παραδοσιακή εργασία και κατ' επέκταση διάβρωση ενδο-εταιρικών σχέσεων και σχέσεων με σωματεία, απομόνωση. Σε επίπεδο σχέσεων με την τοπική κοινωνία, θα υπάρξουν προβλήματα λόγω αδυναμίας οικονομικής τροφοδότησής τους, σε περιπτώσεις τηλεχειριζόμενων ορυχείων, γεγονός που θα κάνει το θέμα της κοινωνικής άδειας ακόμη συνθετότερο. Η απώλεια της ταυτότητας και των συμβολικών πτυχών της εργασίας, όπως η άποψη του μεταλλωρύχου ως ισχυρού και γενναίου ανθρώπου, μπορεί να είναι επώδυνη. Η διαχείριση επίσης των νέων δομών, των νέων δεδομένων όπως και η δημιουργία ετερογενούς κουλτούρας, πιθανότατα θα δυσχεράνει το κλίμα εργασίας. Η

σύγκρουση, μεταξύ της οπτικής της εξόρυξης ως σωματικής απαιτητικότητας και της τεχνολογίας που μετατρέπει το έργο σχεδόν σε εργασία γραφείου, μπορεί να δημιουργήσει «αποκατάσταση δυνάμεων». Επιπλέον, το εργατικό συλλογικό σώμα χτίζεται και υποστηρίζεται από την ταυτοποίηση και από τους κανόνες της ομοιότητας μεταξύ των εργαζομένων. Η νέα τεχνολογία που απειλεί να διαταράξει αυτό μπορεί να είναι αμφιλεγόμενη. Τα «έξυπνα συστήματα», ο αυτοματισμός και ο τηλεχειρισμός θα αναλάβουν επικίνδυνες και συνήθεις εργασίες έτσι ώστε οι φορείς εκμετάλλευσης να επικεντρωθούν στην εκμάθηση, τη δημιουργία και την αποτίμηση των εργασιών σε ένα ασφαλές περιβάλλον.

Ακόμα κι αν η μεταλλευτική βιομηχανία δεν επιτύχει αυτό το θετικό όραμα, θα υπάρξουν νέοι τύποι ορυχείων και νέοι τύποι εργασιακών περιβαλλόντων. Έτσι, θα υπάρξουν και νέα είδη περιβαλλοντικών προβλημάτων εργασίας. Για παράδειγμα, με το τηλεχειριστήριο, οι χειριστές μπορούν να έχουν την ελευθερία να αποφασίζουν πού πρέπει να εργαστούν. Από την άλλη πλευρά, η ελευθερία μπορεί επίσης να σημαίνει υψηλότερες απαιτήσεις διαθεσιμότητας, ίσως 24 ώρες την ημέρα, 7 ημέρες την εβδομάδα, 365 ημέρες το χρόνο.

Στα θετικά της επίδρασης μπορούν να περιληφθούν:

- Η αλλαγή και βελτίωση των εργαζομένων και όχι αντικατάστασή τους
- Η πιθανή συνεργασία βιομηχανιών
- Οι εργαζόμενοι και οι εργολάβοι μπορούν να βρίσκονται σε όλο τον κόσμο, αλλά μπορούν να δραστηριοποιούνται στους ίδιους φυσικούς ή εικονικούς χώρους εργασίας-Ρευστοποιημένη απασχόληση
- Η μείωση κόστους σε εταιρείες που είχαν μεγάλα ασφάλιστρα λόγω έλλειψης προσωπικού και γηράσκοντος δυναμικού
- Η απομάκρυνση προσωπικού από επικίνδυνα περιβάλλοντα
- Η μείωση του εταιρικού λειτουργικού κόστους
- Η αύξηση της αποδοτικότητας και παραγωγικότητας σε απομακρυσμένες περιοχές
- Η ασφαλέστερη και σταθερότερη παραγωγή
- Οι ασφαλέστερες και πιο προστατευμένες συνθήκες
- Η δυνατότητα πρόσβασης σε μεγάλο όγκο πληροφορίας για την παραγωγή (data mining)

- Τα νέα μέτωπα αλληλεπίδρασης ανθρώπου-μηχανής και οι φυσικο-ψηφιακοί κόσμοι συναντιούνται με στόχο την αύξηση, τον εμπλουτισμό και την ενίσχυση της ανθρώπινης απόδοσης
- Η ελκυστικότερη εικόνα της εργασίας, ειδικά για επαγγέλματα και θέσεις που είχαν εγκαταλειφθεί ή εκλείπει
- Η ποιοτική διαφοροποίηση του ανθρώπινου δυναμικού και επανακαθορισμός δεξιοτήτων (re-skilling)
- Η ενίσχυση της απασχόλησης σε θέσεις υψηλών δεξιοτήτων και μείωση σε θέσεις μεσαίων και χαμηλών δεξιοτήτων

Αξίζει να σημειωθεί ότι εκτιμάται ότι η χρήση έξυπνων αισθητήρων θα μπορούσε να δημιουργήσει αξία 34 δισεκατομμυρίων δολαρίων για τη βιομηχανία εξόρυξης, διευκολύνοντας την πρόβλεψη συντήρησης, βελτιώνοντας την αξιοποίηση του εξοπλισμού, μειώνοντας τις διακοπές λειτουργίας και τις αποτυχίες του εξοπλισμού και μειώνοντας τη συχνότητα των συμβάντων υγείας και ασφάλειας. Η ψηφιοποίηση χάρη στη βελτίωση της υγείας και ασφάλειας, θα μπορούσε να εξοικονομήσει περίπου 1.000 ζωές και να αποφύγει 44.000 τραυματισμούς.

12.4 ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ ΥΠΑΡΞΗΣ ΤΟΥ ΨΗΦΙΑΚΟΥ ΔΙΔΥΜΟΥ

Απαραίτητη προϋπόθεση σε μια ασφαλή μετάβαση, αποτελεί η ανθρωποκεντρική οργάνωση νέων δομών εργασίας. Οποιαδήποτε μείωση δυναμικού πρέπει να γίνεται με διαφάνεια και συνεργασία. Η οικονομική κατώτατη γραμμή πρέπει να σταθμιστεί από κοινωνικούς παράγοντες, ώστε να συμβαδίζει με το διεθνή ανταγωνισμό. Είναι, επίσης, κρίσιμο και απολύτως ζωτικής σημασίας να γίνεται συνεχής επανεκπαίδευση προσωπικού και βελτίωση προσόντων του, με απόλυτη συμπερίληψη όλου το προσωπικού στη διαδικασία ανάπτυξης νέων ικανοτήτων. Ως προς την επιχειρησιακή οργάνωση, θα πρέπει η αναδόμηση να βασιστεί στην κοινωνικοτεχνία, ώστε να δημιουργηθούν ισορροπημένα, βιώσιμα και ανθρωποκεντρικά συστήματα παραγωγής. Δηλαδή να υπάρχει προσεκτική αντιμετώπιση των θεμάτων ακεραιότητας και ιδιωτικότητας ζωής, να γίνεται ενσωμάτωση όλων των αλλαγών σε πλαίσιο κοινωνικής ευθύνης.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. ABB, (2020) Digital Twin applications <https://new.abb.com/control-systems/features/digital-twin-applications>
2. Adil R., Omer S., Trond K., (2019) Digital Twin: Values, Challenges and Enablers, Cornell University <https://arxiv.org/abs/1910.01719>
3. Akbar SA., (2019) CEERI
4. Bay O., (2013) ABI research: More Than 30 Billion Devices Will Wirelessly Connect to the Internet of Everything in 2020, ABIresearch. <https://www.abiresearch.com/press/more-than-30-billion-devices-will-wirelesslyconne/>
5. Bhat O., Bhat S., Gokhale P., Introduction to IOT (2018) IARJ SET DOI: 10.17148/IARJSET.2018.517
6. Boschert S., Rosen, Roland R. (2016). Digital Twin-The Simulation Aspect. Springer International Publishing, pp. 59–74. https://doi.org/10.1007/978-3-319-32156-1_5
7. Canedo A (2016) Industrial IoT lifecycle via digital twins. In Proceedings of the Eleventh IEEE/ACM/IFIP International Conference on Hardware/Software Codesign and System Synthesis; 2016, p 29. <https://doi.org/10.1145/2968456.2974007>
8. Cisco (2014) The Internet of Things: At a glance. © 2014 Cisco https://www.cisco.com/c/dam/en_us/solutions/trends/iot/docs/iot-aag.pdf
9. Copley C., (2018) Medtech firms get personal with digital twins, Science News. <https://in.reuters.com/article/us-healthcare-medical-technology-ai-insi/medtechfirmsget-personal-with-digital-twins-idINKCN1LG0S0>
10. Daecher A, Schmid R. (2016) Internet of Things: From Sensing to Doing Deloitte University Press <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/tech-trends/2016/internet-of-thingsiot-applications-sensing-to-doing.html>