

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

***ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΕΧΝΗΤΗΣ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗΣ ΣΤΗ  
ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗ***

Πτυχιακή Εργασία

του

*Χρυσόστομου Σιαφάκα, GE05927*

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, Μάρτιος 2023

## Ευχαριστίες

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εκπονήθηκε σύμφωνα με το πρόγραμμα του Τμήματος Μηχανικών Ορυκτών Πόρων του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας, στο πλαίσιο του προπτυχιακού προγράμματος σπουδών.

Με την ολοκλήρωση της πτυχιακής μου εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή, κ. Ιωάννη Καπαγερίδη που με παρότρυνε, με καθοδήγησε αλλά και με υποστήριξε στην εκπόνηση της παρούσας εργασίας. Η βοήθειά του τόσο για τη συλλογή και την επεξεργασία των δεδομένων όσο και για τον έλεγχο αυτών ήταν υψίστης αλλά και καθοριστικής σημασίας. Ωστόσο, θα ήθελα ακόμη να τον ευχαριστήσω για τις πολύτιμες γνώσεις που μου προσέφερε καθ' όλη τη διάρκεια των ακαδημαϊκών μου σπουδών.

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στην οικογένειά μου και στους φίλους μου για την ψυχολογική υποστήριξη και συμπαράσταση κατά τη διάρκεια των ακαδημαϊκών μου σπουδών.

Χρυσόστομος Σιαφάκας

Μάρτιος 2023

## Περίληψη

Η παρούσα εργασία έχει ως στόχο να αναδείξει τις εφαρμογές της Τεχνητής Νοημοσύνης (TN) στη Μεταλλευτική. Πιο συγκεκριμένα, γίνεται διερεύνηση του ορισμού της TN, η οποία έχει προσελκύσει το ενδιαφέρον πολλών, ενώ παράλληλα έχει δημιουργήσει και σύγχυση η αποσαφήνιση του ορισμού της. Έτσι λοιπόν, στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στην ορισμό της TN και στις εφαρμογές της στους διάφορους κλάδους, αλλά και στα πλεονεκτήματα που αποκομίζονται από αυτή. Στο ίδιο κεφάλαιο, ορίζεται και η μεταλλευτική, γίνεται αναφορά στα στάδια που ακολουθούνται σε ένα μεταλλευτικό πρόγραμμα και τέλος, στα μειονεκτήματα του κλάδου αυτού, της μεταλλευτικής. Αφού γίνεται ανάλυση της TN και της μεταλλευτικής χωριστά, στο επόμενο κεφάλαιο επισημαίνονται τα οφέλη από την ενσωμάτωση και εφαρμογή της TN στη μεταλλευτική αλλά και οι προκλήσεις και οι κίνδυνοι που οι εξορυκτικές βιομηχανίες καλούνται να αντιμετωπίσουν ενσωματώνοντας τις τεχνολογίες της TN. Στη συνέχεια, αναλύονται ορισμένα διαδοχικά βήματα, τα οποία ακολουθούνται για την επίτευξη της ενσωμάτωσης της TN στον χώρο εργασίας και διασαφηνίζεται το ηθικό πλαίσιο. Στο τρίτο κεφάλαιο της παρούσας εργασίας, αναφέρεται η μεθοδολογική έρευνα που ακολουθείται, βιβλιογραφική ανασκόπηση, και διατυπώνονται τα δύο ερευνητικά ερωτήματα που διερευνώνται στο τέταρτο κεφάλαιο. Συνεπώς, στο τέταρτο κεφάλαιο, αναλύονται τα ερωτήματα αυτά, τόσο για τον ρόλο και την επίδραση της TN στη μεταλλευτική όσο και για την αποτελεσματικότητα της εφαρμογής της TN στη μεταλλευτική και τέλος, επισημαίνονται τα συμπεράσματα τα οποία προκύπτουν μέσα από τη διερεύνηση των εν λόγω ερωτημάτων.

## Abstract

The object of this diploma thesis is to highlight the implementations of Artificial Intelligence (AI) in the mining sector. More specifically, the definition and generally the term of AI is investigated, since it has attracted the interest of many people-companies, while at the same time it has also created confusion as far as the clarification of the term is concerned. Therefore, in the first chapter, the definition and the implementations of Artificial Intelligence in different sectors are introduced, as well as the advantages that derive from its implementations. In this chapter, the definition of mining, the phases of a mining project and the impacts of mining are also presented. Since these two sectors, that of AI and that of mining, are analyzed separately, in the following chapter not only the advantages of the implementation and the contribution of AI in mining are highlighted, but also the challenges and risks of an AI project, that mining industries have to deal when they incorporate AI technologies. Subsequently, the same chapter describes five specific steps so as companies to incorporate AI in their workflow and clarifies the ethical framework, concerning bias and privacy. In the third chapter, the methodological approach that is followed, is mentioned, that is literature review, and the two research questions are raised and they are analyzed in the fourth chapter. Consequently, the fourth chapter analyzes these research questions, regarding the role and the impact of AI in mining as well as the efficiency of the implementation of AI in mining. Finally, the last chapter gathers all the conclusions that were observed and mentioned in the previous chapters.

# Πίνακας περιεχομένων

Περίληψη

Abstract

Κεφάλαιο 1ο TN και Μεταλλευτική

**1.1 Ορισμός Τεχνητής Νοημοσύνης (TN)**

**1.2 Εφαρμογή TN**

**1.3 Πλεονεκτήματα TN**

**1.4 Ορισμός Μεταλλευτικής**

**1.5 Στάδια Μεταλλευτικής**

**1.6 Μειονεκτήματα Μεταλλευτικής**

Κεφάλαιο 2ο Οφέλη Εφαρμογών TN στη Μεταλλευτική

**2.1 Οφέλη ενός έργου TN**

**2.2 Προκλήσεις και κίνδυνοι ενός έργου TN**

**2.3 Ενσωμάτωση της TN στον χώρο εργασίας**

**2.4 Ηθικό πλαίσιο**

Κεφάλαιο 3ο Μεθοδολογία έρευνας

Κεφάλαιο 4ο Ανάλυση Ερευνητικών Ερωτήσεων

**4.1 Ποιος ο ρόλος της TN στην Μεταλλευτική και πώς η TN επιδρά στην μεταλλευτική;**

**4.2 Μπορεί η TN να είναι αποτελεσματική στην μεταλλευτική;**

Συμπεράσματα

Βιβλιογραφία

## Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup> TN και Μεταλλευτική

### 1.1 Ορισμός Τεχνητής Νοημοσύνης (TN)

Η τεχνητή νοημοσύνη (TN) έχει προσελκύσει το ενδιαφέρον πολλών στον χώρο των ψηφιακών τεχνολογιών. Έχει διατυπωθεί πληθώρα ορισμών, οι οποίοι σύμφωνα με τους Βλαχαβάς, Κεφαλάς, Βασιλειάδης, Κόκκορας & Σακελλαρίου (2011) ταξινομούνται σε τέσσερις κατηγορίες με βάση τον στόχο της TN. Οι εν λόγω κατηγορίες είναι, πρώτον, συστήματα που σκέπτονται σαν τον άνθρωπο, δεύτερον, συστήματα που σκέπτονται ορθολογικά, τρίτον, συστήματα που ενεργούν σαν τον άνθρωπο και, τέλος, συστήματα που ενεργούν ορθολογικά (Russell & Norvig, 2005).

Ο γενικότερος ορισμός που προκύπτει από τις κατηγορίες αυτές είναι ότι η TN αποτελεί τομέα της επιστήμης των υπολογιστών, ο οποίος πραγματεύεται τόσο με τη σχεδίαση όσο και με την υλοποίηση προγραμμάτων που μιμούνται πλευρές της ανθρώπινης νοημοσύνης. Με άλλα λόγια, μιμούνται ή προσπαθούν να μιμηθούν ανθρώπινες γνωστικές ικανότητες, όπως είναι η μάθηση, η επίλυση προβλημάτων, κ.τ.λ., χαρακτηριστικά δηλαδή ανθρώπινης συμπεριφοράς (GMG, 2019).

Πιο συγκεκριμένα, ο όρος τεχνητή νοημοσύνη αναφέρεται σε διάφορες τεχνικές, οι οποίες αποβλέπουν στην αυτοματοποίηση εργασιών από τις μηχανές. Σκοπός, δηλαδή, των εν λόγω τεχνικών, είναι να μιμούνται εργασίες τις οποίες υπό άλλες συνθήκες θα έκαναν οι άνθρωποι (GMG, 2019).

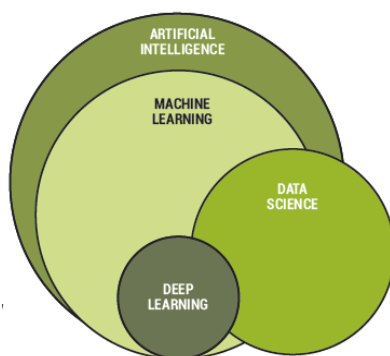
Βέβαια, εκτεταμένη συζήτηση έχει αναπτυχθεί γύρω από την τεχνητή νοημοσύνη δημιουργώντας σύγχυση ανάμεσα στα όρια της πραγματικότητας και του μύθου. Προκειμένου να δοθεί ένα τέλος στη συζήτηση αυτή, αναγκαίο είναι να γίνουν κατανοητά τα βασικά στοιχεία της εν λόγω τεχνολογίας. Αρκετά μεγάλο μέρος της θεωρίας της TN, της μηχανικής μάθησης και της επιστήμης των δεδομένων δεν είναι καινούργια. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι κλάδοι αυτοί οφείλουν πολλά στις ήδη υπάρχουσες ανώτερες μαθηματικές και στατιστικές τεχνικές. Η TN ουσιαστικά αυτό που κάνει είναι να αξιοποιεί μεγάλου όγκου δεδομένα και υπολογιστικής ισχύος για την εφαρμογή προηγμένων στατιστικών και μαθηματικών μοντέλων (GMG, 2019).

Υπάρχουν τρία είδη συστημάτων TN. Πρώτον, η τεχνητή στενή νοημοσύνη, η οποία αποβλέπει στην εκτέλεση μιας εργασίας και στην εξειδίκευση σε συγκεκριμένα καθήκοντα (Gurkaynak, Yilmaz & Haksever, 2016). Δεύτερον, η τεχνητή γενική

νοημοσύνη, η οποία λειτουργεί όπως ο άνθρωπος, ενώ μάλιστα ενδέχεται να εκπληρώσει καθήκοντα τα οποία δυσκολεύουν ακόμη και τους ίδιους τους ανθρώπους (Pennachin & Goertzel, 2007). Και, τέλος, είναι η τεχνητή νοημοσύνη που αντικαθιστά πλήρως τον άνθρωπο και ονομάζεται τεχνητή σούπερ νοημοσύνη (Butt, 2018).

Σαφώς, η ΤΝ διαθέτει ορισμένα εργαλεία-μηχανισμούς μέσω των οποίων καταφέρνει να αποφέρει οφέλη, δηλαδή να επιτυγχάνει τους στόχους της, να κάνει αυτό που είναι να κάνει. Αυτά είναι ο λογικός προγραμματισμός, που είναι μια γλώσσα προγραμματισμού με μαθηματική λογική και με μορφή λάμδα λογισμού. Μέσα από δοκιμασίες και ελέγχους διαπιστώνεται η καταλληλότητα της λύσης, ενώ η διαδικασία αυτή σταματά εφόσον βρεθεί η καλύτερη δυνατή λύση. Ένας δεύτερος μηχανισμός που αξιοποιείται στη διαδικασία αυτή είναι η αυτοματοποιημένη συλλογιστική, η οποία αποβλέπει στην παροχή βοήθειας στα προγράμματα των ηλεκτρονικών υπολογιστών, έτσι ώστε αυτά να σκέφτονται και να λειτουργούν λογικά, όπως οι άνθρωποι. Επίσης, προκειμένου η αναζήτηση σε πληθώρα δεδομένων να είναι πιο εύκολη και αποτελεσματική αξιοποιούνται αλγόριθμοι αναζήτησης, όπου σε συνδυασμό με τη λογική και την αυτοματοποιημένη συλλογιστική επιτυγχάνεται η αποτελεσματικότερη αναζήτηση.

Στο σημείο αυτό, θα γίνει μια ανάλυση των βασικών στοιχείων της τεχνολογίας αυτής για να αποσαφηνιστούν διάφορα σημεία (GMG, 2019).



**Εικόνα 1:** Βασικά στοιχεία της τεχνητής νοημοσύνης

Με βάση, λοιπόν, την παραπάνω εικόνα:

**Τεχνητή Νοημοσύνη (Artificial Intelligence):** Ο όρος αυτός αναφέρεται σε ένα σύνολο τεχνικών που αποβλέπουν στην αυτοματοποίηση των εργασιών από τις μηχανές. Με άλλα λόγια, εργασίες, που υπό άλλες συνθήκες θα έκαναν οι άνθρωποι,

εκτελούνται αυτόματα από τις μηχανές μιμούμενες πλευρές της ανθρώπινης νοημοσύνης. Σύμφωνα με άλλον ορισμό, η τεχνητή γενική νοημοσύνη αναφέρεται σε μια θεωρητική μηχανή που έχει γενικά ανθρώπινες γνωστικές ικανότητες.

**Μηχανική μάθηση (Machine Learning):** Η μηχανική μάθηση αποτελεί πεδίο της ΤΝ. Συγκεκριμένα, οι μηχανές επεξεργάζονται δεδομένα αναφορικά με κάποια συγκεκριμένη εργασία και μέσα από αυτά τα δεδομένα μαθαίνουν έτσι ώστε να κατασκευάσουν ένα μοντέλο. Πρόκειται, δηλαδή, για μια διαδικασία η οποία παρέχει τη δυνατότητα στο σύστημα να αποκρίνεται έξυπνα στα καινούργια δεδομένα που εμφανίζονται χρησιμοποιώντας αλγόριθμους και στατιστικά μοντέλα που εντοπίζουν μοτίβα και κατ' επέκταση βγάζουν συμπεράσματα.

**Βαθιά μάθηση (Deep Learning):** Αποτελεί τεχνική εντός της μηχανικής μάθησης και συγκροτείται από αλγόριθμους, μέσω των οποίων γίνεται επεξεργασία ογκωδών ποσοτήτων δεδομένων που τελικά αναγνωρίζονται και έτσι εξάγονται πρότυπα. Οι Goodfellow, Bengio και Courville (2016) αναφέρονται στον εν λόγω όρο ως «αναπαραστάσεις που εκφράζονται με άλλες απλούστερες αναπαραστάσεις». Ακριβώς αυτό είναι που καθιστά τη βαθιά μάθηση τόσο συναρπαστική, η έννοια αυτή της ανάπτυξης νέων δυνατοτήτων (GMG, 2019).

Απόρροια, λοιπόν, αυτών, δηλαδή της τεχνητής νοημοσύνης, της μηχανικής και της βαθιάς μάθησης είναι η δημιουργία λογισμικών/προγραμμάτων (software), τα οποία αυτοματοποιούν μια συγκεκριμένη εργασία.

**Επιστήμη δεδομένων (Data science):** Πρόκειται για την ανάλυση δεδομένων και την εξαγωγή συμπερασμάτων από αυτά. Αξίζει, βέβαια, να σημειωθεί ότι η επιστήμη δεδομένων μπορεί να θεωρηθεί ξεχωριστή επιστήμη από την ΤΝ και τη μηχανική μάθηση, αν και αλληλοεπικαλύπτονται. Η ΤΝ, δηλαδή, μπορεί να γίνει χωρίς την επιστήμη δεδομένων, όχι όμως η μηχανική μάθηση, καθώς οι αλγόριθμοι πρέπει να δώσουν τελικά συμπεράσματα και πληροφορίες χρήσιμες στη βιομηχανία. Ακόμη, η επιστήμη δεδομένων παρέχει εργαλεία, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανίχνευση προκαταλήψεων στα δεδομένα που χρησιμοποιούνται για την εκπαίδευση αλγορίθμων.

Το τελικό αποτέλεσμα ενός έργου/πρότζεκτ (project) επιστήμης δεδομένων είναι μια πιθανή παρουσίαση στη διοίκηση της επιχείρησης και μια σειρά προτάσεων.



Παραδείγματος χάριν, η ανάλυση της θραύσης των πετρωμάτων μετά από μια ανατύναξη και μια σειρά διαφορετικών προτάσεων για τα κριτήρια των ανατινάξεων.

**Μεγάλα δεδομένα (Big data):** Το σύνολο των ορισμών που έχουν διατυπωθεί για τα μεγάλα δεδομένα είναι πολλοί, ωστόσο όλοι αναφέρονται στο μέγεθός τους. Ο όρος αυτός συνδέεται με τις προκλήσεις που επιφέρει η ανάλυση μεγάλου όγκου δεδομένων, ενώ τα μεγάλα δεδομένα ορίζονται με βάση τον όγκο, την ταχύτητα, την ποικιλία ή/και την αξιοπιστία.

Ο τεράστιος όγκος των δεδομένων που παράγονται από κράτη, οργανισμούς αλλά και μεμονωμένα από ανθρώπους είναι ασύλληπτος. Σε καθημερινή βάση παράγονται περίπου 2,3 τρισεκατομμύρια γιγικαμπάιτ δεδομένων (IBM, 2016). Προφανώς, ορισμένα προβλήματα δεν είναι δυνατόν να λυθούν με μια μόνο μηχανή, αλλά απαιτείται συστοιχία υπολογιστών και διαχείριση της κατάστασης με πιο σύνθετες τεχνικές.

Το δεύτερο χαρακτηριστικό με βάση το οποίο ορίζονται τα μεγάλα δεδομένα, είναι η ταχύτητα, η οποία με τη σειρά της δημιουργεί νέες προκλήσεις, που αφορούν την επεξεργασία των δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Παραδείγματος χάριν, ένα σύνολο μονάδων επεξεργασίας (process plant), είναι πιθανόν να αποτελείται από δεκάδες χιλιάδες αισθητήρες που μπορεί να στέλνουν πολλές τιμές ανά δευτερόλεπτο.

Η ποικιλία των δεδομένων που συλλέγονται οδηγεί και αυτή με τη σειρά της σε ορισμένα προβλήματα. Υπάρχουν από τη μια τα δομημένα δεδομένα που αποθηκεύονται, όπως τιμές για τη θερμοκρασία κινητήρων, υπάρχουν όμως από την άλλη και μη δομημένα δεδομένα, όπως βίντεο.

Τέλος, το κόστος μπορεί να είναι μεγάλο σε περίπτωση που τα δεδομένα που χρησιμοποιεί ένας οργανισμός είναι αναξιόπιστα. Συνεπώς, η αξιοπιστία των δεδομένων είναι υψίστης σημασίας. Για παράδειγμα, τα δεδομένα χαμηλής ποιότητας κοστίζουν στην κυβέρνηση των ΗΠΑ 3,1 εκατομμύρια δολάρια τον χρόνο (IBM, 2016). Αξίζει να σημειωθεί ότι η IBM έχει δημιουργήσει μια χρήσιμη πηγή αναφοράς με οπτικές-γραφικές αναπαραστάσεις των τεσσάρων αυτών χαρακτηριστικών, του όγκου, της ταχύτητας, της ποικιλίας και της αξιοπιστίας των δεδομένων και των στατιστικών τους (IBM, 2016).

Στο σημείο αυτό, θα γίνει σύντομη αναφορά στα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα, τα οποία αποτελούν τεχνική της μηχανικής μάθησης. Ουσιαστικά, αποτελούν, έναν

αλγόριθμο, ο οποίος στηρίζεται σε ανθρώπινες μαθησιακές διαδικασίες μέσω του μυαλού και των νεύρων (Panja, Velasco, Pathak & Deo, 2018). Τα νευρωνικά δίκτυα μιμούνται, δηλαδή, διάφορες ανθρώπινες λειτουργίες, όπως λόγω χάρη την επίλυση σύνθετων προβλημάτων, χρησιμοποιώντας τη λογική και αναλυτικές διαδικασίες. Γενικά, τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα μπορούν να πραγματοποιούν πολύπλοκες διαδικασίες και αξίζει να σημειωθεί ότι στη δομή τους βασίζεται και η βαθιά μάθηση, που αναφέρθηκε προηγουμένως (SAS, χ.χ.). Παραδείγματα εφαρμογής τους υπάρχουν σε πάρα πολλούς τομείς, όπως είναι η αναγνώριση προσώπου, δακτυλικών αποτυπωμάτων, η πρόβλεψη για τις τιμές των αποθεμάτων, κ.ά., και γενικά αποβλέπουν στην εύρεση της βέλτιστης λύσης για διάφορα προβλήματα.

## 1.2 Εφαρμογή TN

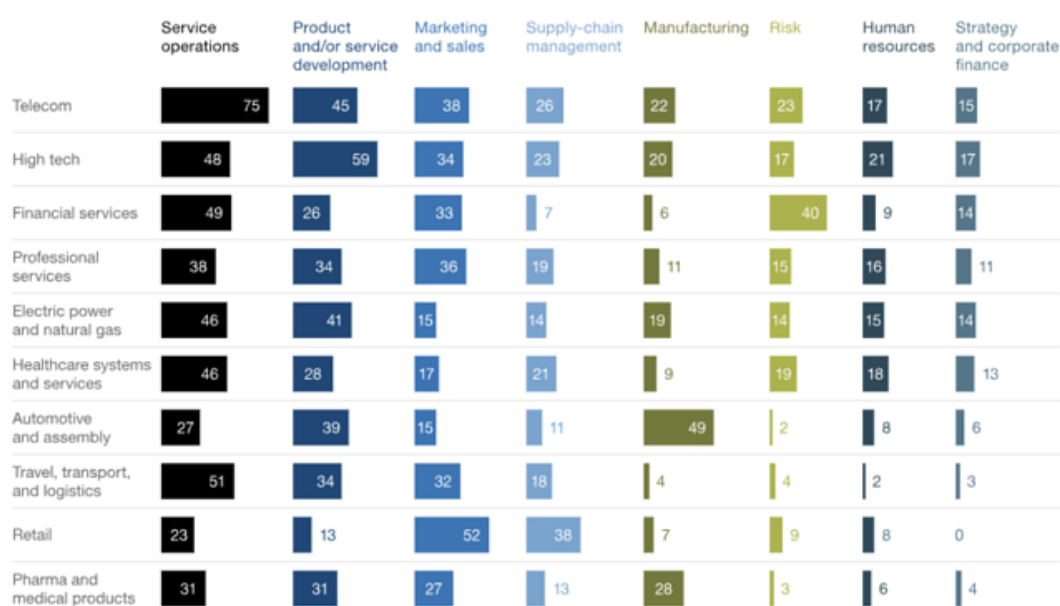
Παρόλο που με τον όρο της τεχνητής νοημοσύνης δεν υπάρχει ακόμη μεγάλη εξοικείωση, η τεχνητή νοημοσύνη χρησιμοποιείται σε πληθώρα καθημερινών δραστηριοτήτων. Είναι αισθητό ότι πλέον η τεχνητή νοημοσύνη έχει «εισβάλλει» στην καθημερινότητά μας και μάλιστα αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της, ενώ παράλληλα έχει εισχωρήσει και ωφελήσει πολλούς διαφορετικούς κλάδους.

Πιο συγκεκριμένα, υψίστης σημασίας είναι η συμβολή της TN στον κλάδο των επικοινωνιών. Σύμφωνα με τον Bradley (2018), η εταιρεία Google, για παράδειγμα, η οποία ακριβώς με τη βοήθεια αυτή των αλγορίθμων, βελτιστοποιεί την αποτελεσματικότητα των παροχών της εξειδικεύοντας τις υπηρεσίες της, έτσι ώστε να παρέχει ορθότερα αποτελέσματα βάσει των επιθυμιών και των αναγκών του κάθε χρήστη. Η TN, επίσης, έχει μεγάλο αντίκτυπο στη βιομηχανία. Σκοπός της TN είναι η επίτευξη ακριβέστερων προβλέψεων και, εν τέλει, ορθών αξιολογήσεων (Woollam, Rietbrock, Bueno & De Angelis, 2019). Χαρακτηριστικό παράδειγμα της εφαρμογής της στη βιομηχανία αποτελεί και η αξιοποίησή της από σεισμολόγους, χάρη στην οποία ανέπτυξαν ακριβή συστήματα εντοπισμού της έναρξης του φαινομένου.

Η τεχνητή νοημοσύνη εντοπίζεται ακόμη στον κλάδο της ενέργειας αλλά και της ιατρικής. Έτσι, λοιπόν, όσον αφορά τον πρώτο, η BP, που αποτελεί παγκόσμιο ηγέτη στον τομέα της ενέργειας, συνειδητοποίησε τη συνδρομή των μεγάλων δεδομένων και της τεχνητής νοημοσύνης και εκμεταλλευόμενη τα οφέλη τους οδηγήθηκε σε νέα επίπεδα απόδοσης, βελτίωσε τη χρήση των πόρων αλλά και την ασφάλεια και την αξιοπιστία της παραγωγής και διύλισης πετρελαίου και φυσικού αερίου (Marr, 2018). Αναφορικά με τον δεύτερο προαναφερόμενο κλάδο, αυτόν της ιατρικής, η TN συμβάλλει στην πληρέστερη και αποτελεσματικότερη φροντίδα των ασθενών. Με άλλα λόγια, η νέα αυτή τεχνολογία αξιοποιείται για να βοηθήσει το έργο των επιστημόνων και των επαγγελματιών υγείας και να σωθούν ζωές με την Infervision. Η εταιρία αυτή μέσω των αλγορίθμων κατόρθωσε να αυξήσει το έργο των ακτινολόγων, έτσι ώστε να γίνεται η διάγνωση του καρκίνου με μεγαλύτερη ακρίβεια και αποτελεσματικότητα (Marr, 2018). Ακόμη, σύμφωνα με τη γιατρό Ετεμάδη (όπως αναφέρεται στο Sandoiu, 2019), η TN όχι μόνο επιτρέπει την ορθότερη διάγνωση του καρκίνου, αλλά και την απουσία της εν λόγω ασθένειας σώζοντας τον ενδεχόμενο ασθενή από μια επεμβατική, δαπανηρή και επικίνδυνη βιοψία πνεύμονα.

Έτσι, λοιπόν, μέσα από τα προαναφερθέντα παραδείγματα, τα οποία αποτελούν μερικούς από τους βασικούς τομείς στους οποίους αξιοποιείται η τεχνητή νοημοσύνη, γίνεται κατανοητό το μεγάλο εύρος των περιπτώσεων εφαρμογής της στη σύγχρονη καθημερινότητα επιφέροντας πολλαπλά οφέλη, τα οποία θα αναλυθούν στην ακόλουθη ενότητα. Με άλλα λόγια, η TN προσθέτει ευφυΐα σε πολλά προϊόντα.

Στην ακόλουθη εικόνα παρουσιάζονται οι χρήσεις της TN σε διάφορες επιχειρηματικές δραστηριότητες, γεγονός που επίσης αποδεικνύει την συνεχώς αυξανόμενη χρήση της σε ολοένα και περισσότερους τομείς και τμήματα της καθημερινότητάς μας.



**Εικόνα 2:** Χρήσεις TN σε διάφορες επιχειρηματικές δραστηριότητες

Έχοντας αναφέρει ορισμένα παραδείγματα από την πληθώρα των κλάδων στους οποίους εφαρμόζεται η TN, τώρα θα εστιάσουμε την προσοχή στις εφαρμογές της στην εξορυκτική βιομηχανία και, συγκεκριμένα, στη βελτιστοποίηση των διαδικασιών, στην προγνωστική συντήρηση, στην παρακολούθηση της ασφάλειας και στη μηχανική όραση (GMG, 2019).

Όσον αφορά στη βελτιστοποίηση των διαδικασιών, αυτό που κάνει ουσιαστικά η TN είναι, χρησιμοποιώντας τα ήδη υπάρχοντα δεδομένα, να αναλύει τις διακυμάνσεις και τις τάσεις τους, έτσι ώστε να κάνει μελλοντικές προβλέψεις και με αυτόν τον τρόπο να συμβάλλει στη λήψη ορθότερων επιχειρησιακών αποφάσεων. Οι τεχνικές αυτές της TN μπορούν να εφαρμοστούν σε ολόκληρη την αλυσίδα αξίας της

εξόρυξης, από τη γενικότερη, συνολική βελτιστοποίηση των ορυχείων έως τη βελτιστοποίηση μιας συγκεκριμένης, εξατομικευμένης επιχειρηματικής διαδικασίας. Επίσης, μπορεί να αποβλέπουν είτε σε μακροπρόθεσμους είτε σε βραχυπρόθεσμους στόχους. Ορισμένα παραδείγματα από τον κλάδο της εξόρυξης είναι τα ακόλουθα.

Πρώτον, το διορθωτικά συστήματα σχεδιασμού ορυχείων, όπου τα δεδομένα του σχεδιασμού των ορυχείων μαζί με τις αποκλίσεις τους εισάγονται σε ένα μοντέλο, το οποίο αναλύει τις τάσεις και εντοπίζει τα τμήματα τα οποία αποκλίνουν από τον πρωταρχικό σχεδιασμό. Αφού γίνει ο εντοπισμός, αναλύονται τα αποτελέσματα, έτσι ώστε να αναπτυχθεί ένα νέο ολοκληρωμένο και βελτιστοποιημένο σχέδιο. Δεύτερο παράδειγμα αποτελούν τα συστήματα βελτιστοποίησης μεταλλευμάτων. Τα συστήματα αυτά της TN βελτιώνουν τη διαδικασία σύγκρισης και ανάλυσης διαφορών ανάμεσα στα εκτιμώμενα και τα πραγματικά δεδομένα αποβλέποντας στην καλύτερη κατανόηση, πρόβλεψη και βελτιστοποίηση της αξίας τους. Ένα ακόμη παράδειγμα είναι τα συστήματα βελτιστοποίησης χαρτοφυλακίου, όπου εισάγονται στο μοντέλο ιστορικά δεδομένα της επιχείρησης, αλλά και δεδομένα από παρόμοιες επιχειρήσεις, από εξωτερικές αγορές, αλλά και δεδομένα επιχειρησιακού προγραμματισμού. Έπειτα, οι αλγόριθμοι εξάγουν συμπεράσματα από αυτούς τους παράγοντες, ώστε να προβλεφθούν οι μετρήσιμες χρηματοοικονομικές λειτουργίες.

Η δεύτερη εφαρμογή της TN στην εξορυκτική βιομηχανία αναφέρεται στην προγνωστική συντήρηση. Αναλυτικότερα, τα δεδομένα που σχετίζονται με την υγεία των μηχανημάτων συλλέγονται από αισθητήρες και μαζί με το ιστορικό αποτυχίας εξαρτημάτων εισάγονται στο μοντέλο. Έργο των μοντέλων προγνωστικής συντήρησης είναι να προβλέπουν ενδεχόμενες-πιθανές αστοχίες ή δυσλειτουργίες εξαρτημάτων και κατ' επέκταση να εκτιμούν τον χρόνο που πρέπει να γίνουν οι διάφορες συντηρήσεις, έτσι ώστε να αποφεύγονται βλάβες, αστοχίες και δυσλειτουργίες. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του χρόνου που ένα μηχάνημα μένει ανενεργό και τη βελτίωση της ασφάλειας και την παραγωγικότητάς του.

Αξίζει να αναφερθεί ότι ορισμένες από τις αρχές της προγνωστικής συντήρησης βρίσκουν επίσης εφαρμογή σε επίλυση άλλων προβλημάτων σχετικά με την ασφάλεια και το περιβάλλον. Παραδείγματος χάριν, η μοντελοποίηση απορριμμάτων/υπολειμμάτων. Πιο συγκεκριμένα, δεδομένα που προκύπτουν από αισθητήρες μπορούν να δημιουργήσουν ένα μοντέλο του σωρού των υπολειμμάτων. Έπειτα, τα δεδομένα αυτά αναλύονται από τον τεχνικό μηχανικό, με σκοπό να

αποτραπεί πιθανή διαρροή, μόλυνση ή γενικότερα προβλήματα με τις διαδικασίες επεξεργασίας του νερού. Ένα άλλο παράδειγμα εφαρμογής της TN που σχετίζεται με την ασφάλεια είναι τα συστήματα γεωτεχνικής παρακολούθησης. Στην εν λόγω περίπτωση, τα δεδομένα αναλύονται από γεωτεχνικούς αισθητήρες, σεισμικούς συναγερμούς, από το ιστορικό σεισμών της περιοχής, αλλά και από πρωτόκολλα ενεργειών (response plan) της επιχείρησης. Απώτερος σκοπός είναι να παρέχουν υποστήριξη των αποφάσεων και να μετριάζεται ο κίνδυνος σε δραστηριότητες, όπως η διαχείριση τους στρες, γεωτρήσεις/διατρήσεις, ανατινάξεις και διάδοση/εξάπλωση σπηλαίων (cave propagation).

Τέλος, μια ακόμη εφαρμογή της TN στην εξορυκτική βιομηχανία είναι η μηχανική όραση, όπου οι τεχνολογίες που αξιοποιούνται συμβάλλουν στη λήψη εικόνων για παρακολούθηση δραστηριοτήτων. Ακολούθως, οι αλγόριθμοι επεξεργάζονται τα δεδομένα και εξάγουν πληροφορίες που θα υποστηρίξουν τη λήψη αποφάσεων. Στο σημείο αυτό θα δοθούν ορισμένα παραδείγματα για να γίνει κατανοητό πως αξιοποιείται η μηχανική όραση. Αρχικά, γίνεται λόγος για τα συστήματα ασφαλείας αυτόνομων οχημάτων. Έτσι, λοιπόν, τα συστήματα μηχανικής όρασης σε αυτόνομα οχήματα εντοπίζουν εμπόδια και επικίνδυνες καταστάσεις και προφανώς αξιοποιούν τις εν λόγω γνώσεις για να δράσουν ανάλογα. Ακόμη ένα παράδειγμα είναι η υποστήριξη αποφάσεων σε γεωτρήσεις και ανατινάξεις. Τα συστήματα μηχανικής όρασης σε κάδους και εκσκαφείς μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να αναλυθεί ο κατακερματισμός των πετρωμάτων, καθώς και άλλων παραμέτρων που θα συμβάλλουν στη βελτιστοποίηση των διαδικασιών διάτρησης και ανατίναξης. Τρίτο παράδειγμα είναι η παρακολούθηση και καταγραφή επαναλαμβανόμενων εργασιών. Στην προκειμένη περίπτωση, τα συστήματα μηχανικής όρασης μπορούν να αξιοποιηθούν σε επαναλαμβανόμενες διαδικασίες, όπως είναι για παράδειγμα οι κύκλοι φόρτωσης-εκφόρτωσης (load haul dump). Τα εν λόγω συστήματα καταγράφουν τα δεδομένα αυτών των εργασιών, γεγονός που μετέπειτα μπορεί να συμβάλει στη βελτιστοποίησή τους. (GMG, 2019).

Γίνεται, λοιπόν, κατανοητό ότι οι τεχνολογίες της TN έχουν εφαρμογή σε πληθώρα διαφορετικών κλάδων και επιχειρήσεων, αλλά και στην μεταλλευτική, για την οποία, καθώς είναι το αντικείμενο μελέτης της παρούσας εργασίας, αναφέρθηκαν εν συντομία συγκεκριμένα παραδείγματα εφαρμογής της TN στον κλάδο αυτόν, από

τα οποία μάλιστα γίνονται σαφείς οι θετικές επιδράσεις της στην εξορυκτική βιομηχανία.

### 1.3 Πλεονεκτήματα TN

Η ραγδαία ανάπτυξη και ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης σε όλους τους τομείς της καθημερινότητάς μας καταμαρτυρεί τη σπουδαιότητά της και, συνεπώς, τα οφέλη που αυτή αποφέρει. Για αυτόν τον λόγο, στην παρούσα ενότητα θα αναπτυχθούν τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα της τεχνητής νοημοσύνης.

Ένα από τα πλεονεκτήματα της TN είναι η ακριβέστερη και αποτελεσματικότερη πρόβλεψη της χρονικής διάρκειας της δραστηριότητας-έργου. Έτσι, η TN μέσω των τεχνικών της συμβάλλει στην ιδανικότερη πρόβλεψη χρονοδιαγράμματος συνυπολογίζοντας όλους τους παράγοντες, ώστε να είναι πραγματοποιήσιμο και επικερδές για την επίτευξη του έργου. Παραδείγματος χάριν, οι Farmer και Sidorowich (1987) προώθησαν τη χρήση των τοπικών μοντέλων για την πρόβλεψη της χρονικής ακολουθίας αλλά και μέσω της μεθόδου των τεχνητών νευρικών δικτύων εμπρόσθιας τροφοδότησης.

Επίσης, μέσα από την TN εξασφαλίζονται μεγαλύτερα επίπεδα ασφάλειας, το οποίο είναι ιδιαίτερα σημαντικό για κάθε επιχείρηση, καθώς σχετίζεται άμεσα με την ανθρώπινη ζωή. Έτσι, όταν χρησιμοποιούνται σύγχρονα αυτοματοποιημένα συστήματα, αποφεύγεται η έκθεση των ανθρώπων σε επικίνδυνες καταστάσεις. Πιο συγκεκριμένα, εφαρμογές της TN, όπως η προγνωστική συντήρηση, η ανίχνευση αντικειμένων και ανθρώπινης κόπωσης ή καθυστέρησης, μπορούν να συμβάλλουν στην πρόληψη συμβάντων ασφαλείας πριν αυτά συμβούν (GMG, 2019). Ακόμη, συμβάλλει και στην εξάλειψη εμφάνισης κάποιου κινδύνου στο κόστος, στον χρόνο ή/και στην ποιότητα μέσα από την αξιοποίηση συστημάτων παρακολούθησης, πρόβλεψης, σχεδιασμού, κ.ά. Πράγματι, η διαχείριση κινδύνων είναι πιο αποδοτική όταν γίνεται σε πρώιμο στάδιο, καθώς έτσι εξασφαλίζεται συνεχής ροή και παρακολούθηση (Kaczmarczyk, όπως αναφέρεται στο Κατσιάδα, 2021).

Μέσα από την αξιοποίηση των εφαρμογών TN, βελτιώνεται και η παραγωγικότητα. Αυτό επιτυγχάνεται, καθώς μειώνονται οι χρονοβόρες και επαναλαμβανόμενες εργασίες που προηγουμένως εκτελούνταν από τους ανθρώπους. Με άλλα λόγια, καθώς μειώνεται σημαντικά ο χρόνος που απαιτείται για την εκάστοτε ενέργεια, αυξάνεται η παραγωγικότητα, ενώ παράλληλα βελτιώνεται και ο σχεδιασμός και η λήψη αποφάσεων, γεγονός που οδηγεί σε πιο παραγωγικές λειτουργίες. Παράλληλα, συμβάλλει στην ευκολότερη και ακριβέστερη εκτίμηση του



κόστους και της σκοπιμότητας του έργου, γεγονός που είναι υψίστης σημασίας για τη συνολική εκτίμηση του κόστους και κατ' επέκταση τη σωστή κατανομή και διαχείριση καθ' όλη τη διάρκεια του έργου αποβλέποντας στην ομαλή πραγματοποίησή του.

Τέλος, η διατηρησιμότητα και η αξιοπιστία είναι δύο ακόμη από τα οφέλη που αποκομίζουν οι επιχειρήσεις χάρη στην TN. Αναλυτικότερα, οι επιχειρηματικές και λειτουργικές βελτιώσεις που προσφέρει η TN, μπορεί να συμβάλλουν και στη βιωσιμότητα των δραστηριοτήτων εξόρυξης μακροπρόθεσμα. Όσον αφορά την αξιοπιστία των περιουσιακών στοιχείων, αυτή μπορεί να αυξηθεί μέσα από την αξιοποίηση πληροφοριών εγκατάστασης σε πραγματικό χρόνο και των δεδομένων συντήρησης (GMG, 2019).

Έχοντας εργαστεί με εταιρίες που αναπτύσσουν συστήματα TN για εξορυκτικές επιχειρήσεις, η NORCAT συνεργάστηκε με τη Deloitte για να διεξάγει μια σειρά συνεντεύξεων με τις εν λόγω εταιρίες. Σκοπός αυτών των συνεντεύξεων είναι να γίνει κατανοητός ο τρόπος και ο λόγος που χρησιμοποιείται η τεχνολογία TN αλλά και τα οφέλη των τεχνολογιών αυτών.

Χαρακτηριστικά αναφέρει η εταιρία RockMass Technologies:

«Εφαρμόζοντας αυτήν την τεχνολογία, κάθε μέρα η ομάδα μας επεξεργάζεται δεδομένα 18 φορές πιο γρήγορα απ' ό,τι τυπικά γινόταν στον χώρο εργασίας».**RockMass Technologies**

Από τα σημαντικότερα οφέλη, όπως φαίνεται και από τη δήλωση της εταιρίας RockMass Technologies είναι οι ταχύτερες και ακριβέστερες αποφάσεις. Πιο συγκεκριμένα, οι εξορυκτικές εργασίες, και όχι μόνο, απαιτούν όλο και μεγαλύτερη επεξεργασία δεδομένων, η πλειοψηφία των οποίων συνεχίζει να συλλέγεται χειροκίνητα ή με οπτική επιθεώρηση. Όμως, αξιοποιώντας τη μηχανική μάθηση, συλλέγοντας αμέσως τα δεδομένα και εξάγοντας αυτόματα τους παράγοντες που είναι σημαντικοί για τη λήψη αποφάσεων, είναι δυνατό να απλοποιηθεί κατά πολύ η πορεία της εργασίας, μειώνοντας ταυτόχρονα τις πιθανότητες για σφάλματα. Παραδείγματος χάριν, η RockMass Technologies έχει αναπτύξει την τελευταία γενιά αισθητήρων, οι οποίοι συμβάλλουν στη συλλογή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο και στον καθορισμό πιθανών επιπέδων αστοχίας σε επιφάνειες πετρωμάτων, με τη βοήθεια φορητών εργαλείων που αναλύουν τις επιφάνειες αυτές των πετρωμάτων και

παρέχουν τα δεδομένα στον χρήστη μέσα σε λίγα λεπτά. Αυτό επιτυγχάνεται με λογισμικό που αναλύει τα δεδομένα 18 φορές πιο γρήγορα από τις υπάρχουσες μη αυτόματες μεθόδους. Απόρροια αυτών είναι μια συνεπής και ιδιαίτερα αποδοτική μέθοδος για ακριβή, ταχεία και ορθή πρόβλεψη των ενδεχόμενων κινδύνων (Deloitte).

Όπως προαναφέρθηκε, η TN οδηγεί στην ταχύτερη αλλά και ορθότερη λήψη αποφάσεων, γεγονός που επιφέρει επιπρόσθετα οφέλη, καθώς έτσι βελτιώνονται οι συνθήκες υγείας και ασφάλειας των εργατών πρώτης γραμμής, μειώνεται η έκθεσή τους σε επικίνδυνες καταστάσεις και επιταχύνεται η αλλαγή στην εξόρυξη προκειμένου να προσανατολίζεται περισσότερο στις διαδικασίες παρά στους ανθρώπους. Η Thorough Tech, για παράδειγμα, αξιοποιεί φορητούς αισθητήρες που παρακολουθούν τη συμπεριφορά των εργαζομένων και στέλνουν τα δεδομένα αυτά απευθείας. Αυτά αναλύονται επιτόπου και εντοπίζονται προβληματικές συμπεριφορές και κατ' επέκταση προτείνονται στοχευμένες εκπαιδευτικές διορθώσεις σε περιβάλλον προσομοιωτών. Έτσι, λοιπόν, επιτρέπεται ο εντοπισμός των δυνατοτήτων και των αδυναμιών των χειριστών από τους διευθυντές, ώστε να ανταποκριθούν προληπτικά στις ενδεχόμενες αδυναμίες τους παρέχοντας τις βέλτιστες εκπαιδευτικές παρεμβάσεις, οι οποίες ανταποκρίνονται άμεσα στις ανάγκες των χειριστών. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να αυξηθεί τελικά η απόδοσή τους σε όλο το εργατικό δυναμικό.

«Για πρώτη φορά σε αυτόν το βιομηχανικό κλάδο, έχουμε τη δυνατότητα ενός κλειστού κυκλώματος [loop] από την εκπαίδευση ως την εργασία και το αντίστροφο. Αυτό μας επιτρέπει να καθιερώσουμε τα απαιτούμενα πρότυπα βέλτιστων πρακτικών και, στη συνέχεια, να παρακολουθούμε κάθε μεμονωμένο χειριστή ώστε να προλάβουμε τη μείωση της απόδοσης και να δουλέψουμε όλοι μαζί για την αριστεία του εργατικού δυναμικού» **ThoroughTec**

Εξίσου σημαντική απόρροια της χρήσης των τεχνολογιών της TN είναι η εξάλειψη των σφαλμάτων και η αύξηση της απόδοσης. Πιο συγκεκριμένα, η γρήγορη εξαγωγή μοτίβων από μεγάλου όγκου δεδομένα μπορεί να επιδράσει θετικά στην αποδοτικότητα, καθώς μειώνεται το ανθρώπινο σφάλμα και αυξάνεται η ποιότητα και η συνέπεια της εργασίας. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η Ionic Engineering, η οποία μειώνει στο ελάχιστο το ποσοστό σφάλματος σε σύγκριση με τους εργαζομένους που κάνουν την αντίστοιχη δουλειά. Και αυτό το πετυχαίνει με τη χρήση της μηχανικής μάθησης, μέσω της οποίας βελτιώνει σε σημαντικό βαθμό την

αναγνώριση των εικόνων που αποβλέπουν στον προσδιορισμό της περιεκτικότητας σε χαλκό. Εκπαιδεύοντας το μηχάνημα παράλληλα με κάποιο άτομο και χρησιμοποιώντας νευρωνικά δίκτυα, τα οποία μαθαίνουν τα χαρακτηριστικά που επιθυμεί ο χειριστής, ο χρόνος λειτουργίας και η ποιότητα του προϊόντος βελτιώνεται μειώνοντας παράλληλα και το κόστος.

«Αυτή που ωφελούνται από την TN είναι αυτοί που συνεπενδύουν με τους προμηθευτές οπότε έχουν πρόσβαση κατά προτεραιότητα» **Ionic Engineering**

Τέλος, η τεχνολογία της TN βοηθά στη μείωση των απαιτήσεων ενέργειας και, συνεπώς στη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος. Παίρνοντας πάλι παράδειγμα από την εξορυκτική βιομηχανία, αξίζει να αναφερθεί ότι σε ένα υπόγειο ορυχείο, ο εξαερισμός είναι αυτός που παρουσιάζει το μεγαλύτερο ενεργειακό κόστος. Η Shyft Inc. αξιοποιεί τη μηχανική μάθηση για να προβλέψει τις κορυφώσεις της ενέργειας. Έτσι, μέσω της αυτόματης ρύθμισης των TN συστημάτων εξαερισμού με ολοκληρωμένο έλεγχο διεργασιών συμβάλλει σε σημαντική μείωση του κόστους ενέργειας (Deloitte).

«Χάρη στην αυτοματοποιημένη δημιουργία κώδικα μέσω βιομηχανικής τεχνολογίας plug-and-play, οι τεχνικοί εξαερισμού μπορούν να μετεγκαταστήσουν συσκευές, όπως οι ανεμιστήρες, σε νέες τοποθεσίες σχεδόν εξίσου εύκολα όπως συνδέουν το ποντίκι ή το πληκτρολόγιο στον Η/Υ. Οι συσκευές αναγνωρίζονται και μπορούν να ενεργοποιηθούν από απόσταση ή και αυτόματα» **Shyft Inc**

Συνεπώς, η δύναμη της TN είναι αδιαμφισβήτητη. Θα μπορούσε κανείς να πει ότι αγγίζει τα όρια του ιδεατού, όμως είναι απόλυτα εφικτά στην πράξη όσα προαναφέρθηκαν σχετικά με τις θετικές επιδράσεις της TN, δίνοντας μάλιστα παραδείγματα από τον χώρο της εξορυκτικής βιομηχανίας, μιας και εκεί θα εστιάσουμε το ενδιαφέρον μας σε ακόλουθη ενότητα. Βέβαια, καμία τεχνολογία δεν είναι και δεν θα είναι πανάκεια για τη βιομηχανία γενικά, αλλά και για συγκεκριμένους επιχειρησιακούς κλάδους. Παρόλα αυτά, οι τεχνολογίες της τεχνητής νοημοσύνης βοηθούν τους εργαζόμενους πρώτης γραμμής για να παίρνονται ορθότερες αποφάσεις πιο άμεσα, μειώνουν το ανθρώπινο σφάλμα, το περιβαλλοντικό αποτύπωμα και την ανάγκη ανθρώπινης παρέμβασης σε δυνητικά επικίνδυνες καταστάσεις.

#### 1.4 Ορισμός Μεταλλευτικής

Η μεταλλευτική αποτελεί μία από τις παλιότερες οικονομικές δραστηριότητες. Με λίγα λόγια, μεταλλευτική είναι η ανθρώπινη δραστηριότητα, η οποία σχετίζεται με την εξόρυξη μεταλλευμάτων, ορυκτών και πετρωμάτων για κάποιο συγκεκριμένο σκοπό, όπως για την αξιοποίησή τους στην οικοδομή, για την εξαγωγή μετάλλων ή για την παραγωγή αντικειμένων γενικότερα. Η μεταλλευτική, ως κλάδος, συμπεριλαμβάνει τη μεταλλευτική έρευνα, την όρυξη και τη λειτουργία μεταλλείων, ορυχείων και λατομείων αλλά και την αποκατάσταση των χώρων μετάλλευσης μετά την εξάντληση των εκμεταλλεύσιμων πόρων. Αξίζει να σημειωθεί ότι στη μεταλλευτική εμπεριέχεται και η εξόρυξη υγρών και αέριων υδρογονανθράκων, όπως είναι το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο. Παρόλα αυτά, η εξόρυξη των εν λόγω υδρογονανθράκων είναι αρκετά ιδιαίτερη και για τον λόγο αυτό αποτελεί ιδιαίτερο γνωστικό υποκλάδο (Βικιπαίδεια, χ.χ.).

## 1.5 Στάδια Μεταλλευτικής

Έχοντας ορίσει εν συντομία τον κλάδο της μεταλλευτικής, αξίζει να σημειωθεί ότι ένα μεταλλευτικό έργο ακολουθείται από διάφορες φάσεις-στάδια, ξεκινώντας παραδείγματος χάριν με την εξερεύνηση ενός ορυκτού μεταλλεύματος και ολοκληρώνοντας με την περίοδο μετά το κλείσιμο.

Το πρώτο στάδιο, λοιπόν, είναι αυτό της εξερεύνησης και αυτό διότι ένα έργο εξόρυξης μπορεί να ξεκινήσει μόνο με γνώση της έκτασης και της αξίας του κοιτάσματος ορυκτού μεταλλεύματος. Με άλλα λόγια, το στάδιο αυτό περιλαμβάνει έρευνες, μελέτες πεδίου, διάνοιξη δοκιμαστικών γεωτρήσεων και άλλες εξερευνητικές εκσκαφές. Η φάση αυτή ενδέχεται να περιλαμβάνει εκκαθάριση μεγάλων περιοχών βλάστησης για την είσοδο βαρέων οχημάτων για παράδειγμα. Για αυτόν τον λόγο, πολλές χώρες απαιτούν ξεχωριστή Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΜΠΕ), καθώς οι επιπτώσεις της εν λόγω φάσης μπορεί να είναι σοβαρές και ενδέχεται παράλληλα να μην ακολουθήσουν περαιτέρω φάσεις εξόρυξης σε περίπτωση που δεν εντοπιστούν επαρκείς ποσότητες κοιτασμάτων ορυκτού μεταλλεύματος υψηλής ποιότητας (ELAW, 2010).

Το δεύτερο στάδιο είναι αυτό της ανάπτυξης. Στο σημείο αυτό, εφόσον αποδειχθεί ότι υπάρχει αρκετά μεγάλο κοιτάσμα ορυκτού μεταλλεύματος και επαρκούς ποιότητας, ο υπεύθυνος του έργου τότε μπορεί να αρχίσει να σχεδιάζει την ανάπτυξη του ορυχείου. Στη φάση αυτή, σκοπός είναι η κατασκευή οδών πρόσβασης, είτε για την παροχή βαρέως εξοπλισμού και προμηθειών στον χώρο είτε για την αποστολή επεξεργασμένων μετάλλων και μεταλλευμάτων. Αυτό ενδέχεται όμως να επιφέρει σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Για αυτόν τον λόγο, όταν κάποιο έργο εξόρυξης περιλαμβάνει την κατασκευή δρόμων πρόσβασης, τότε η εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων (ΕΠΕ) για το έργο οφείλει να ακολουθείται από μια πλήρη μελέτη και εκτίμηση των περιβαλλοντικών και κοινωνικών επιπτώσεων αυτών των δρόμων. Επίσης, στο στάδιο αυτό γίνεται η προετοιμασία και η εκκαθάριση του χώρου. Πιο συγκεκριμένα, εάν πρόκειται για μια απομακρυσμένη, μη ανεπτυγμένη τοποθεσία, αναγκαία είναι η εκκαθάριση της γης, έτσι ώστε σταδιακά να αναπτυχθεί ο χώρος στέγασης του προσωπικού και του εξοπλισμού του έργου. Γενικότερα, όμως, πριν από την εξόρυξη οποιασδήποτε γης, οι δραστηριότητες για την προετοιμασία και τον καθαρισμό του χώρου μπορεί να έχουν σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Έτσι, η ΕΠΕ οφείλει να αξιολογεί τις επιπτώσεις που σχετίζονται με τις εν λόγω δραστηριότητες (ELAW, 2010).

Μετά την κατασκευή οδών πρόσβασης και την προετοιμασία του χώρου εγκατάστασης, η εξόρυξη μπορεί να ξεκινήσει. Αξίζει, βέβαια, να σημειωθεί ότι όλοι οι τύποι ενεργού εξόρυξης ακολουθούν μια κοινή γραμμή, την εξαγωγή και τη συγκέντρωση ενός μετάλλου από τη γη. Ωστόσο, τα προτεινόμενα έργα εξόρυξης παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές αναφορικά με τη μέθοδο εξόρυξης και συμπίκνωσης του μεταλλεύματος που θα υιοθετηθεί. Σχεδόν σε κάθε περίπτωση, τα μεταλλικά μεταλλεύματα θάβονται κάτω από ένα στρώμα συνηθισμένου εδάφους ή βράχου, που ονομάζεται υπερφόρτωση ή απόβλητο πέτρωμα και πρέπει να μετακινηθεί ή να εκσκαφθεί, ώστε να επιτραπεί η πρόσβαση στο κοίτασμα μεταλλεύματος. Έτσι, λοιπόν, ο πρώτος τρόπος διαφοροποίησης των προτεινόμενων έργων εξόρυξης είναι η προτεινόμενη μέθοδος μετακίνησης ή εκσκαφής του υποκείμενου φορτίου, καθώς υπάρχει η υπαίθρια εξόρυξη, η εξόρυξη θέσεων, η υπόγεια εξόρυξη και η επανεπεξεργασία ανενεργών ή εγκαταλελειμμένων ορυχείων και απορριμμάτων (ELAW, 2010).

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, για να είναι εφικτή η πρόσβαση στο κοίτασμα μεταλλεύματος απαραίτητη είναι η εκσκαφή ή μετακίνηση του εν λόγω στρώματος. Στα περισσότερα όμως έργα εξόρυξης, η ποσότητα των αποβλήτων (overburden) που δημιουργείται από την εξόρυξη είναι τεράστια. Πράγματι, η αναλογία της ποσότητας των αποβλήτων προς την ποσότητα του ορυκτού μεταλλεύματος είναι συνήθως μεγαλύτερη από ένα και ενδέχεται να είναι και πολύ υψηλότερη. Παραδείγματος χάριν, εάν ένα έργο εξόρυξης περιλαμβάνει την εξόρυξη 100 εκατομμυρίων μετρικών τόνων ορυκτού μεταλλεύματος, τότε αυτό το έργο εξόρυξης ενδέχεται να δημιουργούσε περισσότερους από ένα δισεκατομμύριο μετρικούς τόνους απόβλητων πετρωμάτων. Βέβαια, αυτά τα μεγάλα όγκου απόβλητα, τα οποία ενδεχομένως να περιέχουν μεγάλες ποσότητες τοξικών ουσιών, συνήθως εναποτίθενται, είτε σε στοίβες-σωρούς στην επιφάνεια είτε ως επίχωση σε ανοιχτούς λάκκους είτε σε υπόγεια ορυχεία. Έτσι, λοιπόν, η ΜΠΕ για ένα προτεινόμενο έργο εξόρυξης οφείλει να αξιολογεί προσεκτικά τις επιλογές διαχείρισης και τις σχετικές επιπτώσεις από τη διάθεση των αποβλήτων (ELAW, 2010).

Στο σημείο αυτό, αφότου μια εταιρεία εξόρυξης έχει αφαιρέσει το υπερκείμενο φορτίο, η εξόρυξη του ορυκτού μεταλλεύματος ξεκινά χρησιμοποιώντας φυσικά εξειδικευμένο εξοπλισμό και μηχανήματα και μεταφέρεται το μέταλλευμα σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας χρησιμοποιώντας οδούς μεταφορών. Αυτό, βέβαια, δημιουργεί παράλληλα και ένα σύνολο περιβαλλοντικών επιπτώσεων, όπως οι εκπομπές φυγής σκόνης από οδούς μεταφορών, τις οποίες η ΜΠΕ για ένα προτεινόμενο έργο εξόρυξης οφείλει να αξιολογήσει χωριστά (ELAW, 2010).

Έπειτα, ακολουθεί το στάδιο της κατεργασίας του μεταλλεύματος (beneficiation). Εδώ γίνεται η άλεση του μεταλλεύματος και ο διαχωρισμός των σχετικά μικρών ποσοτήτων μετάλλου από το μη-μεταλλικό υλικό του μεταλλεύματος. Η άλεση, που αποτελεί μια δαπανηρή διαδικασία, έχει ως αποτέλεσμα πολύ λεπτά σωματίδια που επιτρέπουν την καλύτερη εξαγωγή μετάλλου, ενώ παράλληλα επιτρέπει την πληρέστερη απελευθέρωση των ρύπων, όταν αυτά τα σωματίδια γίνονται απορρίμματα. Τα απορρίμματα είναι αυτά που μένουν μετά την άλεση του μεταλλεύματος σε λεπτά σωματίδια και την εξαγωγή του πολύτιμου μετάλλου. Με άλλα λόγια τα απορρίμματα είναι το υπόλειμμα ενός μεταλλεύματος, το οποίο παραμένει μετά την άλεση και εξαγωγή των επιθυμητών μετάλλων (ELAW, 2010).

Ο όγκος των απορριμμάτων είναι πολύ μεγάλος, γι' αυτό και ο τρόπος με τον οποίο μια εταιρεία εξόρυξης θα απορρίψει τα απόβλητα αυτά αποτελεί ένα από τα καίρια ερωτήματα που θα καθορίσουν εάν ένα προτεινόμενο έργο εξόρυξης είναι περιβαλλοντικά αποδεκτό. Έτσι, ο βασικός και μακροπρόθεσμος στόχος της διάθεσης και διαχείρισης των απορριμμάτων είναι να αποφευχθεί η κινητοποίηση και η απελευθέρωση στο περιβάλλον τοξικών συστατικών των απορριμμάτων. Τρεις τρόποι διάθεσης απορριμμάτων είναι η χρήση εγκαταστάσεων υγρής κατεργασίας υπολειμμάτων ή «τεχνητών λιμνών απορριμμάτων», η αφυδάτωση και διάθεση ξηρών απορριμμάτων ως επίχωση και η διάθεση υποθαλάσσιων απορριμμάτων (ELAW, 2010).

Το ακόλουθο και τελευταίο στάδιο μια εξορυκτικής δραστηριότητας είναι η αποκατάσταση και το κλείσιμο της τοποθεσίας. Όταν, λοιπόν, σταματήσει η ενεργή εξόρυξη, οι εγκαταστάσεις του ορυχείου αποκαθίστανται και κλείνουν. Βασικός στόχος είναι η επαναφορά της τοποθεσίας, έτσι ώστε να μοιάζει όσο το δυνατόν περισσότερο με την κατάσταση της τοποθεσίας πριν την εξόρυξη. Ορυχεία τα οποία είναι περιβόητα για τις τεράστιες επιπτώσεις στο περιβάλλον, συχνά είχαν επιπτώσεις

μόνο κατά τη φάση αυτή του κλεισίματος. Μάλιστα, αυτές οι επιπτώσεις ενδέχεται να επιμείνουν για δεκαετίες και ακόμη περισσότερο, για αιώνες. Για αυτόν τον λόγο, η ΜΠΕ και εδώ οφείλει να συζητά και να μελετά λεπτομερώς το σχέδιο αποκατάστασης και κλεισίματος που προσφέρεται από τον υπεύθυνο της εξόρυξης. Με άλλα λόγια, τα σχέδια αποκατάστασης και κλεισίματος των ορυχείων οφείλουν να περιγράφουν με επαρκείς λεπτομέρειες τον τρόπο με τον οποίο η εταιρεία θα αποκαταστήσει την τοποθεσία έτσι ώστε να επιστρέψει σε μια κατάσταση που μοιάζει με την κατάσταση πριν την εξόρυξη, τον τρόπο με τον οποίο θα αποτρέψει την απελευθέρωση τοξικών ρύπων από διάφορες εγκαταστάσεις των ορυχείων και τέλος πώς θα διατεθούν τα απαραίτητα κεφάλαια για να διασφαλιστεί ότι θα πληρωθούν τα έξοδα αποκατάστασης και κλεισίματος (ELAW, 2010). Με το στάδιο αυτό, λοιπόν, κλείνει και το ταξίδι ενός προτεινόμενου έργου εξόρυξης.



## 1.6 Μειονεκτήματα Μεταλλευτικής

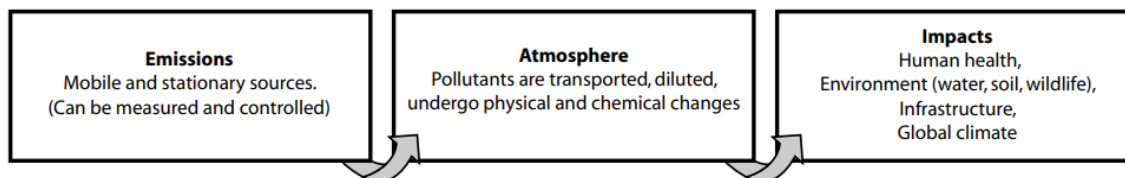
Οι εξορυκτικές δραστηριότητες ενδέχεται να επηρεάσουν τα περιβαλλοντικά και κοινωνικά συστήματα σε μια σειρά θετικών και αρνητικών, άμεσων και έμμεσων τρόπων. Στην παρούσα ενότητα, το ενδιαφέρον εστιάζεται στις αρνητικές συνέπειες που προκύπτουν από τις εξορυκτικές δραστηριότητες.

Αξίζει, λοιπόν, να σημειωθεί ότι από τους σημαντικότερους αντίκτυπους ενός εξορυκτικού έργου είναι οι επιπτώσεις του στην ποιότητα του νερού και στη διαθεσιμότητα υδάτινων πόρων στην περιοχή του έργου. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο τα ερωτήματα που προκύπτουν είναι εάν τα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα θα παραμείνουν κατάλληλα για ανθρώπινη κατανάλωση και εάν η ποσότητα των επιφανειακών υδάτων θα είναι επαρκής για την υποστήριξη της εγγενούς υδρόβιας ζωής και της χερσαίας άγριας πανίδας (ELAW, 2010). Παραδείγματος χάριν, η αποστράγγιση όξινων ορυχείων θεωρείται από τις πιο σοβαρές απειλές της εξόρυξης για τους υδάτινους πόρους, καθώς μπορεί να προκληθούν μακροπρόθεσμες καταστροφικές επιπτώσεις τόσο σε ποτάμια, ρέματα όσο και στην υδρόβια ζωή. Ένα ακόμη σοβαρό ζήτημα είναι η διάβρωση του εδάφους ιδιαίτερα σε τοποθεσίες εξόρυξης σκληρών πετρωμάτων και για αυτόν τον λόγο πρέπει να γίνεται ο απαραίτητος έλεγχος από την αρχή των εργασιών μέχρι και την ολοκλήρωση της αποκατάστασης (ELAW, 2010).

Επιπρόσθετα, τα μεταλλευτικά έργα μπορεί να επηρεάσουν αρνητικά την ποιότητα του αέρα. Πράγματι, οι εργασίες εξόρυξης ενεργοποιούν μεγάλες ποσότητες υλικού και οι σωροί απορριμμάτων που εμπεριέχουν μικρού μεγέθους σωματίδια διασκορπίζονται και διαχέονται εύκολα στον αέρα. Οι κυριότερες πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης στις εξορυκτικές εργασίες είναι τα σωματίδια που μεταφέρονται από τον άνεμο ως αποτέλεσμα εκσκαφών, ανατινάξεων, μεταφοράς υλικών, αιολικής διάβρωσης, σκόνης από τις εγκαταστάσεις απορριμμάτων, αποθεμάτων, χωματερών και δρόμων έλξης, ενώ παράλληλα οι εκπομπές καυσαερίων από τις κινητές πηγές (αυτοκίνητα, φορτηγά, βαρύς εξοπλισμός) αυξάνουν αυτά τα επίπεδα σωματιδίων. Ακόμη, πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι οι εκπομπές αερίων από την καύση καυσίμων σε σταθερές και κινητές πηγές, οι εκρήξεις και η επεξεργασία ορυκτών. Όταν οι ρύποι εισέρχονται στην ατμόσφαιρα, υφίστανται φυσικές και χημικές αλλαγές πριν φθάσουν σε έναν υποδοχέα (Εικόνα 3). Αυτοί οι ρύποι μπορούν να προκαλέσουν σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία των ανθρώπων αλλά

και στο περιβάλλον. Πράγματι, όλες οι δραστηριότητες κατά την εξόρυξη εξαρτώνται από εξοπλισμό, διεργασίες και υλικά που δημιουργούν επικίνδυνους ατμοσφαιρικούς ρύπους, όπως σωματίδια, βαρέα μέταλλα, μονοξείδιο του άνθρακα, διοξείδιο του θείου και οξείδια του αζώτου (ELAW, 2010).

**Figure 1.**



**Εικόνα 3:** Εκπομπές-Ατμόσφαιρα-Επιπτώσεις

Αρνητικά ενδέχεται ακόμη να επηρεαστεί και η άγρια ζωή από τις μεταλλευτικές δραστηριότητες τόσο άμεσα όσο και έμμεσα. Πιο συγκεκριμένα, η εξόρυξη επηρεάζει τους ζωντανούς αυτούς οργανισμούς, καθώς απομακρύνει τη βλάστηση και το φυτικό έδαφος, μετατοπίζει την πανίδα, απελευθερώνει ρύπους και δημιουργεί θόρυβο. Απειλούνται, δηλαδή, οι οικότοποι και κατ' επέκταση και ορισμένα είδη να εξαφανιστούν. Με άλλα λόγια, ορισμένες επιπτώσεις μπορεί να είναι βραχυπρόθεσμες και να περιορίζονται στην τοποθεσία του ορυχείου, αλλά ενδέχεται να έχουν και εκτεταμένες, μακροπρόθεσμες επιπτώσεις (ELAW, 2010).

Εξίσου σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι επιπτώσεις προκαλούνται επίσης στην ποιότητα του εδάφους αλλά και στις κοινωνικές αξίες. Αρχικά, η εξόρυξη μπορεί να μολύνει εδάφη σε μεγάλη έκταση. Πράγματι, οι εργασίες εξόρυξης τροποποιούν τακτικά το περιβάλλον τοπίο εκθέτοντας προηγουμένως μη διαταραγμένα υλικά. Η διάβρωση των εκτεθειμένων εδαφών, των εξορυχθέντων ορυκτών μεταλλευμάτων και των απορριμμάτων μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική φόρτωση ιζημάτων στα επιφανειακά ύδατα και στους τρόπους αποστράγγισης. Ακόμη, διαρροές, διαρροές επικίνδυνων υλικών και η εναπόθεση μολυσμένης σκόνης από τον αέρα ενδέχεται να συμβάλλουν στη μόλυνση του εδάφους. Όσον αφορά στις κοινωνικές επιπτώσεις, αυτές είναι αμφιλεγόμενες και περίπλοκες και αυτό διότι η μεταλλευτική ανάπτυξη μπορεί να δημιουργήσει πλούτο αλλά μπορεί να προκαλέσει και σημαντική αναστάτωση. Με άλλα λόγια, τα έργα εξόρυξης δημιουργούν από τη μια θέσεις εργασίας, δρόμους, κ.ό.κ., από την άλλη όμως τα οφέλη και το κόστος μπορεί να μοιράζονται άνισα. Οι ΕΠΕ μπορεί να υποτιμήσουν ή ακόμη και να

αγνοήσουν τις επιπτώσεις της εξόρυξης στους ντόπιους. Οι κοινότητες μπορεί να αισθάνονται ιδιαίτερα ευάλωτες όταν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της εξόρυξης επηρεάζουν τη διαβίωση των κατοίκων της περιοχής. Για αυτόν τον λόγο, πρέπει οι δραστηριότητες εξόρυξης να διασφαλίζουν ότι τηρούνται και δεν καταπατώνται τα βασικά δικαιώματα των ατόμων και των κοινοτήτων που επηρεάζονται από τις εν λόγω δραστηριότητες (ELAW, 2010).

Τέλος, οι εξορυκτικές δραστηριότητες μπορεί να επηρεάσουν τα μέσα διαβίωσης και τη δημόσια υγεία. Αναλυτικότερα, όταν οι εξορυκτικές δραστηριότητες δεν δέχονται κατάλληλη διαχείριση, το αποτέλεσμα είναι υποβαθμισμένα εδάφη, νερό, βιοποικιλότητα και δασικοί πόροι, που είναι κρίσιμα για την επιβίωση των ντόπιων πληθυσμών, αλλά και για άλλες οικονομικές δραστηριότητες, όπως είναι η γεωργία και η αλιεία. Όσο αναφορά στη δημόσια υγεία, οι επικίνδυνες ουσίες και τα απόβλητα στο νερό, τον αέρα και το έδαφος μπορεί να οδηγήσουν σε σοβαρές, αρνητικές συνέπειες στη δημόσια υγεία. Με άλλα λόγια, οι επιβλαβείς ουσίες μπορεί είτε να προκαλέσουν ή να συμβάλλουν σε αύξηση της θνησιμότητας ή αύξηση σοβαρών μη αναστρέψιμων ασθενειών, είτε να αποτελέσουν δυνητικό κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία ή το περιβάλλον όταν υποβάλλονται σε ακατάλληλη επεξεργασία, αποθήκευση, μεταφορά, απόρριψη ή με άλλο τρόπο διαχείριση (ELAW, 2010).

Καθώς, λοιπόν, στο παρόν κεφάλαιο έχει γίνει αναφορά τόσο για την Τεχνητή Νοημοσύνη (TN) όσο και για τον κλάδο της μεταλλευτικής, το ενδιαφέρον θα επικεντρωθεί στην ενσωμάτωση της TN στη μεταλλευτική.

## Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup> Οφέλη Εφαρμογών TN στη Μεταλλευτική

Η νέα τεχνολογία, η τεχνητή νοημοσύνη, τα έξυπνα και αυτοματοποιημένα εργαλεία, και το διαδίκτυο των πραγμάτων επιτρέπουν σημαντική εξέλιξη σε βιομηχανικούς κλάδους γενικότερα αλλά και στην εξορυκτική βιομηχανία και, μάλιστα, όχι μόνο στην έδρα της επιχείρησης αλλά και στο έδαφος. Πράγματι, το διαδίκτυο των πραγμάτων καθιστά τη μεταφορά δεδομένων μια τόσο εύκολη διαδικασία που φάνταζε ασύλληπτη στο παρελθόν. Τα έξυπνα και αυτοματοποιημένα εργαλεία συμβάλλουν στη σημαντική μείωση του χρόνου και της δυσκολίας της χειρωνακτικής υπηρεσίας και στην παράλληλη συγκέντρωση τεράστιων ποσοτήτων δεδομένων, γεγονός που προηγουμένως ήταν αδύνατο. Και, τέλος, με τη συμβολή της TN σε αυτά, όλα αυτά τα δεδομένα συγκεντρώνονται και συνδυάζονται σε αμελητέο χρόνο, ώστε να δημιουργηθούν τα κατάλληλα μοντέλα και να γίνουν προβλέψεις σχεδόν αυτόματα. Με πιο απλά λόγια, μέσω των νέων αυτών τεχνολογιών, χρήσιμες και αξιοποιήσιμες πληροφορίες που θα απαιτούσαν βδομάδες κουραστικών υπολογισμών, τώρα γίνονται σε λίγες μόλις ώρες. Έτσι, λοιπόν, με εμφανή τα οφέλη των νέων τεχνολογιών στην εξορυκτική βιομηχανία και όχι μόνο, στην ακόλουθη ενότητα θα γίνει αναφορά στα οφέλη εφαρμογών TN στη μεταλλευτική.

### 2.1 Οφέλη ενός έργου TN

Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι οι επικεφαλής της εξορυκτικής βιομηχανίας ήδη έχουν ενστερνιστεί και αξιοποιούν τις νέες τεχνολογίες και αποκομίζουν τα οφέλη, τα οποία αναλύονται ακολούθως.

#### **Αύξηση της απόδοσης**

Αυτό που κάνει η TN είναι να αντικαθιστά τον άνθρωπο σε όσο το δυνατόν περισσότερες εργασίες. Έτσι, οι μηχανές παρακολουθούν την ροή μιας εργασίας και ειδοποιούν εάν παρουσιαστεί κάποια αποδοτική ανεπάρκεια. Ως αποτέλεσμα το ανθρώπινο δυναμικό επικεντρώνει την ενέργειά του και τους πόρους του αλλού, καθώς η TN είναι αυτή που εντοπίζει τις αποδοτικές ανεπάρκειες στη ροή της εργασίας και δίνει τη δυνατότητα να διορθωθούν από τους εργαζόμενους. Επίσης, εντοπίζει μοτίβα στα δεδομένα και προβλέπει αποτελέσματα, με σκοπό να είναι δυνατός ο προγραμματισμός ορισμένων ενεργειών εκ των προτέρων.

## **Αύξηση της συνεργασίας**

Μέσω ενοποιημένων αυτόματων συστημάτων, τα δεδομένα είναι δυνατόν να συλλέγονται άμεσα και έπειτα οι χρήσιμες αυτές πληροφορίες να μοιράζονται με μεγάλη ευκολία ανάμεσα σε διάφορες ομάδες εργασίας. Τα περιβάλλοντα νέφους, όπως λέγονται, δίνουν τη δυνατότητα σε πολλούς χρήστες την ίδια χρονική στιγμή να έχουν παράλληλη πρόσβαση στα δεδομένα από οποιοδήποτε μέρος κι αν βρίσκονται, και να εργάζονται μαζί, ώστε να καταλήξουν στην καλύτερη δυνατή λύση.

## **Σχεδόν στιγμιαία δεδομένα**

Μέσα σε λίγα μόλις δευτερόλεπτα, ένας έξυπνος αισθητήρας, που είναι συνδεδεμένος στο διαδίκτυο των πραγμάτων, δύναται να συγκεντρώσει δεδομένα και να τα ανεβάσει απευθείας στο νέφος. Ακόμη, τα ενοποιημένα αυτόματα συστήματα μπορούν να στείλουν αυτομάτως δεδομένα από ένα σύστημα σε άλλο, ενώ τα μη επανδρωμένα τηλεκατευθυνόμενα αεροσκάφη τραβούν φωτογραφίες μιας περιοχής σε μηδενικό χρόνο που απαιτείται για τη σάρωσή του. Γίνεται, λοιπόν, κατανοητό ότι με την TN σε κλάσματα δευτερολέπτου γίνονται υπολογισμοί και εξάγονται μοντέλα για τα οποία οι άνθρωποι θα χρειάζονταν ολόκληρες μέρες.

## **Κέρδος χρόνου**

Με βάση τα όσα αναφέρθηκαν για τα μη επανδρωμένα τηλεκατευθυνόμενα αεροσκάφη, που χαρτογραφούν μια περιοχή σε λίγα μόλις λεπτά έναντι των ημερών που θα χρειάζονταν με την παραδοσιακή χαρτογράφηση, και για τους αλγόριθμους, που εκτελούν υπολογισμούς σε δευτερόλεπτα αντί για ώρες ή μέρες που χρειάζονται οι άνθρωποι, γίνεται σαφές ότι από την αυτοματοποίηση αυτή εξοικονομείται χρόνος, στον οποίο μπορεί να εκτελεστεί σημαντική εργασία.

## **Παραγωγή αξιοποιήσιμων πληροφοριών**

Αυτό που κάνει η TN είναι να ψάχνει για μοτίβα και να κάνει προβλέψεις βάσει αυτών που παρατηρεί. Έτσι, ακόμη και σε τεράστιες ποσότητες δεδομένων μπορεί να ψάξει και να βρει και τα πιο μικρά μοτίβα μέσα σε λίγα λεπτά, διαδικασία που πέρα από δαπανηρή μπορεί να ήταν και αδύνατη για τον άνθρωπο. Έπειτα, οι άνθρωποι αξιοποιούν τις εν λόγω προβλέψεις, ώστε ενδεχομένως να τροποποιήσουν τις αποφάσεις τους ή να δοκιμάσουν διάφορα σενάρια μέχρι να καταλήξουν στο

καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα, με τις μηχανές πάλι να εκτελούν την πιο βαριά και σημαντικότερη δουλειά.

### **Μεγιστοποίηση της αξίας των εργατών**

Ουσιαστικά, οι εργάτες απελευθερώνονται από τις βαρετές αγγαρείες και ασχολούνται με μέρη της εργασίας που έχουν πραγματική αξία και σημασία.

### **Μείωση σφαλμάτων**

Οι αλγόριθμοι δεν αποσπώνται, δεν βαριούνται, δεν κουράζονται αλλά ούτε και έχουν δυσανάγνωστους γραφικούς χαρακτήρες. Όταν, λοιπόν, το λογισμικό είναι αυτό που πραγματοποιεί τους περίπλοκους υπολογισμούς και τις αυτοματοποιημένες διαδικασίες, μειώνονται οι ασυνέπειες και ο κίνδυνος σφαλμάτων.

Συνοψίζοντας, γίνεται φανερό ότι οι τεχνολογίες και οι εφαρμογές της ΤΝ μπορούν να αποφέρουν πολλαπλά αλλά και ουσιαστικά οφέλη για τη βελτιστοποίηση της εξορυκτικής βιομηχανίας και τη διευκόλυνση του ανθρώπινου δυναμικού που εμπλέκεται στις εξορύξεις, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι στην ενσωμάτωση της ΤΝ δεν ελλοχεύουν κίνδυνοι και προκλήσεις.

## 2.2 Προκλήσεις και κίνδυνοι ενός έργου TN

Η κατανόηση και η εφαρμογή των τεχνολογιών της TN, όπως άλλωστε συμβαίνει συνήθως και με τις περισσότερες νέες τεχνολογίες, μπορεί να είναι δύσκολη, χρονοβόρα και τελικά πιο δαπανηρή από το αναμενόμενο. Αυτό βέβαια μπορεί να οφείλεται σε πολλούς παράγοντες, όχι μόνο τεχνικούς, αλλά και σε ανθρώπινους ή/και περιβαλλοντικούς.

Αξίζει, λοιπόν, να αναφερθεί ότι μία από τις βασικότερες και τις σημαντικότερες προκλήσεις είναι η κατανόηση των δυνατοτήτων που προσφέρει η τεχνητή νοημοσύνη. Πράγματι, είναι κατανοητό ότι για άτομα, τα οποία δεν είναι εξοικειωμένα με τις δυνατότητες της TN, δεν είναι εύκολο να κατανοήσουν πώς η εφαρμογή της μπορεί να αποφέρει όφελος. Όταν αντιμετωπίζουν κάποιο πρόβλημα, προσπαθούν να σκεφτούν από τους ήδη γνωστούς τρόπους λύσεις για το εν λόγω πρόβλημα, όμως αναγκαίο είναι κάποιος να τους προτείνει και να τους ενθαρρύνει να σκεφτούν κι άλλες εναλλακτικές. Βέβαια για να επιτευχθεί αυτό, χρειάζεται θέληση και διάθεση της εκάστοτε επιχείρησης να εξερευνήσει καινοτόμες λύσεις στα προβλήματα, να συνεργαστεί με εξωτερικούς συνεργάτες, οι οποίοι μπορούν να δείξουν στους εργαζόμενους εναλλακτικές επιλογές, αλλά και να τους υποστηρίξουν στην προσπάθειά τους να βρουν την καλύτερη λύση (Strayos, 2020).

Η δημιουργία μιας ευνοϊκής κουλτούρας για την TN και την καινοτομία είναι η δεύτερη πρόκληση που προκύπτει. Η θέληση να δοκιμάσει κανείς νέα πράγματα, ιδέες και λύσεις απαιτεί και την αντίστοιχη δεκτικότητα. Όταν, λοιπόν, το περιβάλλον και οι συνθήκες αλλάζουν, υψίστης σημασίας είναι τα εμπλεκόμενα άτομα να είναι ανοικτά και να έχουν θέληση να δοκιμάσουν νέα πράγματα. Γιατί, εάν η καινοτομία προσεγγίζεται με δυσπιστία, πιθανότατα θα αποτύχει. Προκειμένου να αντιμετωπιστεί αυτό, απαραίτητο είναι οι επικεφαλής της εξορυκτικής βιομηχανίας και οι διευθυντές να «αγκαλιάσουν» τις νέες τεχνολογίες-λύσεις, όπως παραδείγματός χάριν την TN, και να δείξουν στους εργαζόμενους ότι δεν φοβούνται να δοκιμάσουν νέα πράγματα (Strayos, 2020). Αντίθετα, πολλοί από αυτούς δεν έχουν κάποια συστηματική προσέγγιση απέναντι στην καινοτομία και την επικοινωνιακή εξειδίκευση ή έστω κάποιο τμήμα επικοινωνίας που θα συμβάλλει στην ενσωμάτωση της TN στην εταιρία (Deloitte, 2018).

Βέβαια, η κατανόηση των δυνατοτήτων της TN και η δημιουργία ευνοϊκής κουλτούρας δεν θα οδηγήσουν σε καμία αλλαγή από μόνες τους. Για να επιτευχθεί η αλλαγή, χρειάζονται επενδύσεις σε υποδομή, εξοπλισμό και εργαλεία, στην επανεκπαίδευση των εργαζομένων, σε πρόσληψη εργαζομένων τεχνολογικά καταρτισμένων, καθώς υπάρχουν δυσκολίες στη σταθερή συλλογή δεδομένων υψηλής ποιότητας από τα εκπαιδευτικά μοντέλα και στη δημιουργία αξιοποιήσιμων πληροφοριών, καθώς πρέπει να συνδυάσουν τις παραδοσιακές εξορυκτικές δεξιότητες με δεξιότητες της σύγχρονης τεχνολογίας (Deloitte, 2018) και σε συνεργασία με ειδικούς στην έρευνα και ανάπτυξη της TN, ώστε να αναπτυχθούν πιο εμπνευσμένα εργασιακά περιβάλλοντα. Οι επενδύσεις αυτές αποτελούν μια επιπλέον πρόκληση. Σημαντικό, όμως, στο σημείο αυτό είναι να αναφερθεί ότι οι επενδύσεις αυτές θα αποδώσουν και με το παραπάνω τα αρχικά έξοδα (Strayos, 2020).

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει πώς ορισμένες από τις εταιρίες, για τις οποίες έγινε αναφορά και στο πρώτο κεφάλαιο, στην ενότητα 1.3 (Πλεονεκτήματα TN), αντιμετώπισαν τις εν λόγω προκλήσεις.

Αρχικά, είναι γενικά αποδεκτό ότι η εξόρυξη ανέκαθεν θεωρούνταν και θεωρείται μια επιχειρηματική δραστηριότητα με αβέβαιες επιδόσεις-κοιτάσματα και με αστάθεια επενδύσεων και τιμών των μετάλλων. Για αυτόν τον λόγο, στο παρελθόν ενθαρρύνονταν οποιαδήποτε ευκαιρία μείωνε τον κίνδυνο και, συνεπώς, οδηγούνταν σε μεθόδους τις οποίες είχαν ήδη εφαρμόσει και γνώριζαν την έκβασή τους. Βέβαια, αυτός ο φόβος απέναντι στο ρίσκο, ουσιαστικά συνέβαλε σε αποφυγή ευκαιριών για καινοτόμες ενέργειες. Έτσι, πολλές επιχειρήσεις απέφυγαν να ρισκάρουν και να αποδείξουν εμπράκτως την απόδοση των νέων τεχνολογιών, διότι το αρχικό κόστος και το ενδεχόμενο αποτυχίας θεωρήθηκαν εξωφρενικά, αψηφώντας το τελικό κέρδος (Deloitte, 2018). Χαρακτηριστικό παράδειγμα εταιρίας που «ίσκαρε» να υιοθετήσει την τεχνολογία της TN αποτελεί η Wirware, η οποία επικεντρώθηκε στη βελτίωση της καθημερινής εμπειρίας εργαζομένων πρώτης γραμμής, οι οποίοι συνήθως προσπαθούσαν να προβλέψουν το θραύσμα του θραυστήρα αφήνοντας για σημαντικά χρονικά διαστήματα τα εξαρτήματα ανενεργά. Έξυπνα, λοιπόν, η εν λόγω εταιρία εκμεταλλευόμενη τα νευρωνικά δίκτυα, παρέχει δεδομένα σε αμελητέο χρόνο αναφορικά με την εκτίμηση του μεγέθους των υλικών καθ' όλη τη διάρκεια της εξορυκτικής διαδικασίας, γεγονός που συμβάλλει σε αυτοματοποιημένο έλεγχο διεργασιών, ορθότερη πρόβλεψη των διακοπών λειτουργίας και κατ' επέκταση σε



μείωση του κόστους, καθώς τα μηχανήματα μένουν ανενεργά για πολύ λιγότερο χρόνο και αυξάνεται η διάρκεια ζωής τους (Deloitte, 2018).

Επίσης, οι εφαρμογές TN συνοδεύονται από σημαντικές αλλαγές, αλλά οι επικεφαλής της εξόρυξης πρέπει να κατανοήσουν ότι απαιτείται εξισορρόπηση των προσδοκιών, συνεχόμενες προσαρμογές και αφοσιωμένοι και υπομονετικοί υπάλληλοι, που δεν περιμένουν άμεσα τις αποδόσεις. Μια εταιρία που έχει επιτύχει την ισορροπία αυτή είναι η Praemo, η οποία συνεργάστηκε με τους υπαλλήλους των εξορυκτικών επιχειρήσεων κατά τη διάρκεια της όλης πιλοτικής φάσης του προϊόντος της. Αυτό επέτρεψε στις επιχειρήσεις να δουν και να διαπιστώσουν τον τρόπο με τον οποίο η τεχνολογία της Praemo αναλύει δεδομένα σε πραγματικό χρόνο εντοπίζοντας ανεπάρκειες τόσο στον εξοπλισμό όσο και στις συμπεριφορές των εργαζομένων. Ακόμη, οι υπάλληλοι με αυτόν τον τρόπο όχι μόνο ενσωματώθηκαν στη διαδικασία ανάπτυξης του προϊόντος αλλά ενθάρρυναν και τη συμβολή των εργαζομένων στη βελτίωση του προϊόντος. Επίσης, επέτρεψε στις συνεργαζόμενες εταιρίες να παρατηρήσουν πως οι εφαρμογές της TN βελτιώνουν τη λειτουργία τους με την πάροδο του χρόνου έναντι της ανάπτυξης μιας ολοκληρωμένης λειτουργίας εξαρχής (Deloitte, 2018).

Τέλος, η έλλειψη δεξιοτήτων και η τάση των εξορυκτικών εταιριών να αποκτούν εφαρμογές TN από εξωτερικές πηγές, αντί να τις αναπτύσσουν οι ίδιες, εύκολα μπορεί να οδηγήσει σε αποτυχία των εφαρμογών. Η συνήθεια, επίσης, του κλάδου να μην αναπτύσσει τίποτα που να μην είναι έτοιμο να βγει στην αγορά έρχεται σε αντίθεση με τη σύγχρονη εποχή στην οποία οι σταδιακές και ευέλικτες προσεγγίσεις στην υλοποίηση των εφαρμογών επιφέρουν ξεκάθαρα ανταγωνιστικά πλεονεκτήματα. Έτσι, η RockMass Technologies, στην πιλοτική δοκιμασία της τεχνολογίας της, δημιούργησε σχέσεις εμπιστοσύνης με τις εξορυκτικές επιχειρήσεις, έτσι ώστε αυτές να είναι πρόθυμες να συμμετάσχουν σε δοκιμαστικές διαδικασίες. Αυτό αποδεικνύει πως η νέα τεχνολογία συμβάλλει στη βελτίωση των εργασιών και στον εντοπισμό στρατηγικών εταίρων για μακροπρόθεσμη ανάπτυξη, μια χρονοβόρα αλλά επικερδή εν τέλει διαδικασία (Deloitte, 2018).

Καταληκτικά, φαίνεται ότι οι προκλήσεις γίνονται εμπόδια μόνο όταν εμείς οι ίδιοι τις αφήνουμε, καθώς όπως αποδείχθηκε και μέσα από τα προαναφερθέντα παραδείγματα, όσες εταιρίες δέχτηκαν αυτές τις προκλήσεις και στάθηκαν ευνοϊκές στην αλλαγή και την καινοτομία, κατάφεραν να προσαρμοστούν γρήγορα στο

συνεχώς μεταβαλλόμενο εργασιακό περιβάλλον και να ξεπεράσουν τις δυσκολίες και οι εν λόγω επενδύσεις στις νέες τεχνολογίες να αποδώσουν και με το παραπάνω τα αρχικά έξοδα (Strayos, 2020).

### 2.3 Ενσωμάτωση της TN στον χώρο εργασίας

Σύμφωνα με το Strayos (2020), η διαδικασία ενσωμάτωσης της τεχνητής νοημοσύνης στον χώρο εργασίας ακολουθείται από πέντε διαδοχικά βήματα.

Το πρώτο και αρχικό στάδιο είναι αυτό της εξερεύνησης. Σημαντικό πριν από κάθε σημαντική απόφαση είναι η διενέργεια έρευνας, έτσι ώστε να εκτιμηθούν ενδεχόμενα ρίσκα, αλλά και να αποφευχθούν ορισμένοι κίνδυνοι. Πράγματι, η εξερεύνηση αποθεμάτων, η έρευνα και ο σχεδιασμός μειώνουν σημαντικά τον κίνδυνο επένδυσης σε μια νέα τεχνολογία. Προκειμένου, όμως, να διαπιστωθεί πού και τι είδος TN μπορεί να αποδειχθεί ωφέλιμη στη ροή εργασίας της εκάστοτε επιχείρησης, ο ενδιαφερόμενος οφείλει να λάβει υπόψιν του ορισμένα ερωτήματα. Προφανώς για να αναζητά νέες τεχνολογίες και νέες εναλλακτικές μεθόδους για την επιχείρηση σημαίνει πως αντιμετωπίζει κάποια προβλήματα-δυσκολίες και επιθυμεί βελτίωση. Άρα, για μια επικερδή απόφαση πρέπει να αναλογιστεί ποια είναι τα σημαντικότερα προβλήματα που αντιμετωπίζει η εταιρία, ο κατακερματισμός των πετρωμάτων ή μια καλύτερη εικόνα για την ποιότητα της δουλειάς των εργολάβων. Δεύτερο σημαντικό ερώτημα είναι σε ποια σημεία της εργασίας οι επικεφαλής επιθυμούν καλύτερη και πιο λεπτομερή πληροφόρηση. Παραδείγματος χάριν, εάν ο χώρος του ορυχείου μοιάζει με αυτό που είχε εκτιμηθεί αρχικά ή πώς επηρεάζει η γεωλογία του εδάφους τον κατακερματισμό των πετρωμάτων. Το τρίτο ερώτημα σχετίζεται με τα σημεία στα οποία καθυστερεί η ροή της εργασίας. Δηλαδή, απαιτείται πολύς χρόνος μέχρι να υλοποιηθούν οι επιθεωρήσεις επί εδάφους ή να χαρτογραφηθούν κοίτες ή σπαταλούνται πολλές εργατοώρες και χρόνος σε λειτουργία μηχανημάτων επειδή η εξορυξιμότητα δεν ταιριάζει με τη μηχανήματα που διατίθενται στον χώρο εργασίας; Ένα τελευταίο σημαντικό ερώτημα αφορά τους στόχους της επιχείρησης. Παραδείγματος χάριν, απώτερος σκοπός είναι η μείωση των τραυματισμών στον χώρο εργασίας, η εργασία να γίνει πιο φιλική προς το περιβάλλον ή να μειωθούν τα έξοδα; Συμπερασματικά, οι απαντήσεις στα ερωτήματα αυτά θα κατευθύνουν τις επιχειρήσεις προς τις σωστές επιλογές και αποφάσεις για το είδος της TN που μπορεί να αξιοποιηθεί, να δώσει λύσεις στις εκάστοτε δυσκολίες και να αποφέρει κέρδη.

Το δεύτερο βήμα που πρέπει να ακολουθηθεί είναι η συλλογή πληροφοριών. Αξίζει να σημειωθεί ότι η TN έχει ιδιαίτερη αξία. Εξίσου σημαντικά, όμως, είναι και τα δεδομένα με τα οποία τροφοδοτείται η TN. Άρα, προκύπτει ότι τα δεδομένα, τα

οποία θα συλλεχθούν πρέπει να είναι ποιοτικά, ώστε η TN να προσφέρει τη μεγαλύτερη δυνατή απόδοση για την εκάστοτε περίπτωση. Με άλλα λόγια, χρειάζεται να εντοπιστούν τα δεδομένα που θα έχουν τον μεγαλύτερο αντίκτυπο και έτσι δε θα χρειαστεί να οριστούν νέες ροές εργασίας. Σκοπός, συνεπώς, είναι να δημιουργηθούν μεθοδολογίες για δεδομένα που θα είναι καλά δομημένα, επαναλήψιμα, αναθεωρήσιμα και ενσωματώσιμα.

Αφότου έχουν συλλεχθεί τα ποιοτικά δεδομένα, σύμφωνα με τον Strayos (2020), πρέπει να γίνει ανάλυση των δεδομένων, για να προσδιοριστεί το καταλληλότερο είδος της TN που θα παρέχει με τον καλύτερο τρόπο όλες τις απαιτούμενες πληροφορίες. Στο σημείο αυτό, ιδιαίτερα βοηθητική θα ήταν η συμβολή κάποιου ειδικού στην τεχνολογία της TN, εάν στόχος είναι οι εξατομικευμένες λύσεις ή η ανάπτυξη λύσεων που δεν έχουν αναπτυχθεί ξανά. Ακόμη, είναι γενικά αποδεκτό ότι η TN έχει τεράστιες δυνατότητες και μπορεί να προσαρμοστεί σε πολλά και διαφόρων ειδών σενάρια και ίσως αυτός είναι άλλος ένας λόγος για τον οποίο η βοήθεια των ειδικών θα ήταν ιδιαίτερα χρήσιμη και ωφέλιμη.

Έπειτα, όπως είναι λογικό μετά από τη συλλογή και την ανάλυση των δεδομένων, ακολουθεί η εξαγωγή των αξιοποιήσιμων πληροφοριών. Τα μοτίβα στα δεδομένα και οι προβλέψεις μπορούν να εξαχθούν με διαφορετικούς τρόπους, όπως με χάρτες 2D ή 3D, οι οποίοι συνήθως είναι διαδραστικοί, με μοντέλα 2D ή 3D, επίσης συνήθως διαδραστικά, με εξατομικευμένες εκθέσεις και τεχνικά έγγραφα πάνω στα βιομηχανικά πρότυπα, με αναλυτικές παρουσιάσεις ή με προβλέψεις. Τέλος, η TN θα εξερευνήσει διεξοδικά όλα τα δεδομένα και θα τα παρουσιάσει στον χρήστη σε μια εύκολα κατανοητή μορφή. Συνεπώς, τώρα μπορούν να ληφθούν όλες οι σημαντικές αποφάσεις και να γίνουν οι αντίστοιχες αλλαγές στη ροή εργασίας, ώστε να φανούν άμεσα τα οφέλη τους (Strayos, 2020).

Έχοντας επισημάνει τα πέντε βήματα που ακολουθούνται από εταιρίες που ενδιαφέρονται να ενσωματώσουν την TN στον χώρο εργασίας τους, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει ένα πραγματικό παράδειγμα μιας εταιρίας στην προσπάθειά της να ενσωματώσει την TN στην ροή εργασίας, όπως αναφέρεται στο Strayos (2020). Ο Τζον, λοιπόν, διοικούσε ένα λατομείο και αντιμετώπιζε τα ίδια προβλήματα που όλοι οι επικεφαλής λατομείων αντιμετωπίζουν σε όλο τον κόσμο. Το μεγαλύτερό του πρόβλημα ήταν το μέγεθος του κατακερματισμού των πετρωμάτων, καθώς τα θραύσματα μετά την ανατίναξη διασκορπίζονταν, με

αποτέλεσμα να δημιουργείται μεγάλη ποσότητα απορριμμάτων και να χρειάζεται επιπρόσθετη επεξεργασία. Η εξορυξιμότητα της γαιοτύρφης ήταν χαμηλή και οι κύκλοι των μηχανημάτων υψηλοί. Η συντήρηση των θραυστήρων (crushers) και των διαλογέων (sorters), οι οποίοι δεν ήταν και καινούργιοι, επίσης απασχολούσε τον Τζον, όπως και το θέμα των εργολάβων που σκεφτόταν να σταματήσουν να αναλαμβάνουν τις ανατινάξεις εργολάβοι.

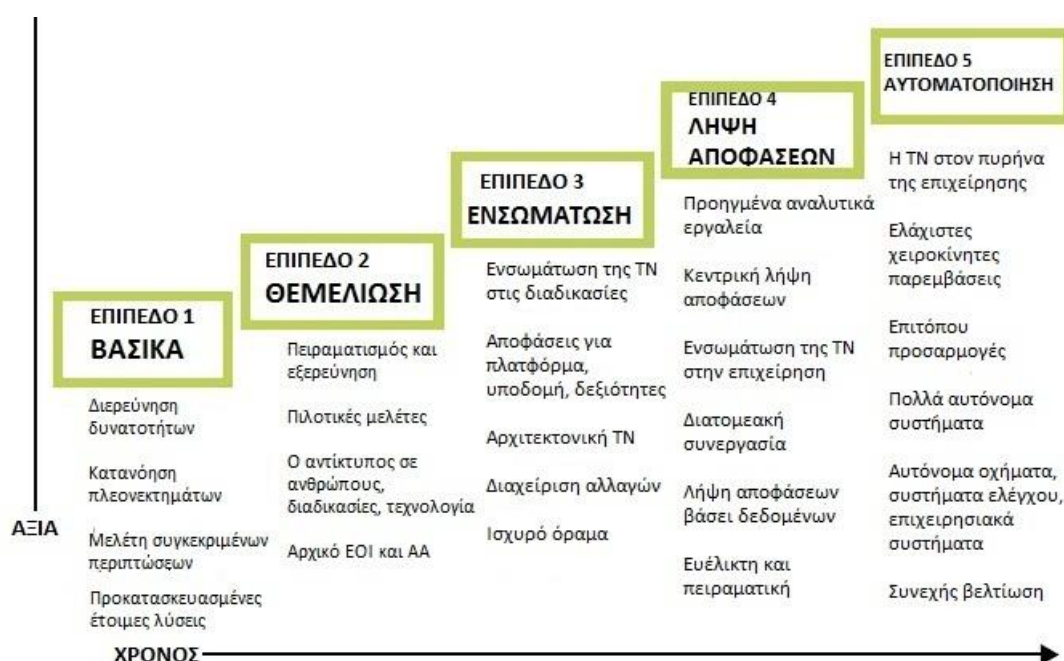
Έτσι, λοιπόν, μια μέρα ο Τζον συζητούσε τα εν λόγω προβλήματα με κάποιον συνάδελφό του, ο οποίος την επόμενη μέρα του στέλνει ένα άρθρο στο LinkedIn για τις εφαρμογές της TN στις ανατινάξεις. Ο Τζον αφότου διάβασε το άρθρο επικοινωνήσε με τον διευθύνοντα σύμβουλο της εταιρίας TN, ήρθαν σε επαφή κι ο εν λόγω διευθύνων σύμβουλος άκουσε τα προβλήματα και πρότεινε ορισμένες λύσεις. Ο Τζον, όμως, ήρθε αντιμέτωπος με τις προκλήσεις που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη ενότητα. Δυσκολευόταν, δηλαδή, να κατανοήσει τις δυνατότητες της TN και διακατεχόταν από δυσπιστία απέναντι στην καινοτομία, γεγονός που τον απομάκρυνε από την ενσωμάτωση της TN. Όταν μετά από αρκετούς μήνες διάβασε άλλο άρθρο για τα μη επανδρωμένα αεροσκάφη και τη συμβολή τους στην εξοικονόμηση χρόνου στη χαρτογράφηση και τη μοντελοποίηση των ορυχείων, άρχισε να συζητά με εταιρίες μη επανδρωμένων αεροσκαφών, έτσι ώστε να εξοικονομήσει χρόνο και χρήματα μέσω αυτών για τοπογράφηση και χαρτογράφηση και να αντισταθμίσει τη ζημία του κατακερματισμού των πετρωμάτων. Καθώς τον ενδιέφεραν αυτά και θα εξοικονομούσε ετησίως δεκάδες χιλιάδες δολάρια και σημαντικό χρόνο, ζήτησε μια επίδειξη, από την οποία έμεινε ικανοποιημένος με την τελική τοπογράφηση και χαρτογράφηση.

Παρόλα αυτά, ο Τζον ξανά δεν προβαίνει σε καμία καινοτομία ενέργεια, ενώ διαβάζει από την εταιρία που ήρθε σε επαφή τον προηγούμενο χρόνο, ένα άρθρο για το πώς μη επανδρωμένα αεροσκάφη αξιοποιούνται για την πρόβλεψη και ανάλυση των κατακερματισμένων πετρωμάτων. Η εν λόγω εταιρία κανόνισε μια επίδειξη του προϊόντος, εξηγώντας παράλληλα στον Τζον όλα τα οφέλη που θα επωμιζόταν από την ενσωμάτωση των τεχνολογιών TN και ο διευθύνων σύμβουλος του παρείχε έναν μήνα δωρεάν δοκιμών. Ο Τζον ενθουσιάστηκε με τα αποτελέσματα και ρώτησε τον διευθύνοντα σύμβουλο τι άλλο θα μπορούσε να κάνει η TN. Εκείνος του απάντησε χαμογελώντας «τι άλλο θα ήθελες να κάνει;» και ο Τζον εξέφρασε την απορία του

«γιατί δεν είχα ξανακούσει ποτέ γι' αυτό;», όπου ο διευθύνων σύμβουλος του απάντησε «είμαι μηχανικός, όχι πωλητής» (Strayos, 2020).

Μέσα από το παράδειγμα αυτό που είναι εμπνευσμένο από αληθινή ιστορία γίνεται σαφές ότι για να αντιμετωπιστούν οι προκλήσεις ενός έργου TN χρειάζεται οι επικεφαλής να διακατέχονται από μια ευνοϊκή-φιλική στάση απέναντι στην καινοτομία γενικότερα, και στην TN στην προκειμένη περίπτωση, έτσι ώστε να εξοικειωθούν με τις νέες αυτές τεχνολογίες και να δημιουργήσουν εν τέλει κατάλληλα εργασιακά περιβάλλοντα που να μπορούν να υποστηρίξουν την TN και, συνεπώς, να επωφεληθούν από τις εφαρμογές της.

Στο ακόλουθο σχήμα παρουσιάζεται ένα συνοπτικό αλλά περιεκτικό Μοντέλο Ωριμότητας για την TN στην εξορυκτική βιομηχανία (GMG, 2019).



12

Σχήμα 1: Συνοπτικό Μοντέλο Ωριμότητας

### Επίπεδο 1: Τα Βασικά

Μια επιχείρηση στο πρώτο επίπεδο διερευνά τι είναι η τεχνητή νοημοσύνη, πώς λειτουργεί και πώς θα αποφέρει οφέλη. Προκειμένου οι επιχειρήσεις να κατανοήσουν τις εφαρμογές της TN και τις δυνατότητές της, στο σημείο αυτό, λογικό είναι να ανατρέξουν σε έγγραφα τα οποία αναλύουν τη θέση της TN στην εξορυκτική

<sup>1</sup> ΕΟΙ: Επαλήθευση της Ορθότητας της Ιδέας

<sup>2</sup> ΑΑ: Απόδειξη της Αξίας

βιομηχανία. Το παράδοξο, βέβαια, είναι ότι οι επιχειρήσεις σε αυτό το επίπεδο αξιοποιούν ήδη την ΤΝ και εργαλεία μηχανικής μάθησης χωρίς όμως να έχουν επίγνωση αυτών. Συνήθως, μάλιστα, η ΤΝ σε αυτό το επίπεδο αποτελείται από προκατασκευασμένες έτοιμες λύσεις που λειτουργούν ως «μαύρα κουτιά». Ακολούθως θα δοθούν ορισμένα παραδείγματα:

- Αναγνώριση χαρακτηριστικών προσώπου σε συστήματα ασφαλούς οδήγησης. Έργο των συστημάτων αυτών είναι μέσω της υπολογιστικής όρασης (computer vision) και της μηχανικής μάθησης να αναγνωρίζουν πότε αφαιρείται ο οδηγός ή ψιλο-κοιμάται στιγμιαία και τον ειδοποιούν.
- Αυτοματοποιημένος σχεδιασμός και προγραμματισμός ή προγραμματισμός ΤΝ, που συχνά χρησιμοποιείται στο λογισμικό σιδηροδρόμων και μεταφορικών εταιριών.
- Χρήση καμερών για τον προσδιορισμό του μεγέθους σωματιδίων στις εργασίες εκσκαφής και μύλου, που είναι άλλη μια εφαρμογή της μηχανικής όρασης.
- Αυτόνομα σχήματα. Αυτά συγκεντρώνουν πολλές τεχνολογίες ΤΝ, οι οποίες συνήθως είναι κρυμμένες από τους χρήστες.

Σε μικρότερες επιχειρήσεις, αυτή η τυποποιημένη χρήση της ΤΝ ανταποκρίνεται πλήρως στις ανάγκες των επιχειρήσεων και δεν χρειάζεται επιπρόσθετη επένδυση. Όμως, τα οφέλη της ΤΝ παραμένουν περιορισμένα στο επίπεδο αυτό. Ο μόνος τρόπος για να αποκομίσει η εκάστοτε επιχείρηση τη μεγαλύτερη δυνατή αξία της εν λόγω τεχνολογίας είναι να ενσωματωθεί η ΤΝ στον πυρήνα των επιχειρήσεων.

Το ερώτημα που προκύπτει είναι εάν η ΤΝ ταιριάζει με την στρατηγική ψηφιακού μετασχηματισμού (digital transformation) της επιχείρησης. Πράγματι, οι εφαρμογές ΤΝ μπορούν να θεωρηθούν μέρος της στρατηγικής του ψηφιακού μετασχηματισμού της επιχείρησης και θα πρέπει να ενσωματωθούν μόνο εφόσον ταιριάζουν με την εν λόγω στρατηγική και η επιχείρηση βρίσκεται στο κατάλληλο στάδιο στην προσπάθειά της αυτή. Έτσι, λοιπόν, ο ψηφιακός μετασχηματισμός για να επιτύχει απαιτεί και την αντίστοιχη ωριμότητα από την επιχείρηση:

### **Πρώτη ψηφιοποίηση (digitization)**

Πραγματοποιείται μετατροπή των αναλογικών δεδομένων σε ψηφιακά. Παραδείγματος χάριν, οι πληροφορίες για τη συντήρηση του εξοπλισμού που μέχρι προηγουμένως καταγράφονταν σε χαρτί, τώρα ψηφιοποιούνται και καταγράφονται σε ένα σύστημα συντήρησης.

### **Δεύτερη ψηφιοποίηση (digitalization)**

Αποτελεί τη μετάβαση από τα ψηφιακά δεδομένα στον αυτοματισμό διαδικασιών. Για παράδειγμα, τα ψηφιακά δεδομένα για τη συντήρηση του εξοπλισμού, που αναπτύχθηκαν κατά το προηγούμενο στάδιο, χρησιμοποιούνται από το σύστημα για να πραγματοποιηθεί αυτόματα το πρόγραμμα συντήρησης.

### **Ψηφιακός μετασχηματισμός (digital transformation)**

Τέλος, τα ψηφιακά δεδομένα μπορεί να οδηγήσουν σε μετασχηματισμό των διαδικασιών της επιχείρησης. Δηλαδή, οι προβλέψεις των απαιτήσεων της συντήρησης από το σύστημα, βασιζόμενες στα ψηφιακά δεδομένα, συχνά αλλάζουν τις διαδικασίες συντήρησης εξοπλισμού της εν λόγω επιχείρησης.

## **Επίπεδο 2: Η Θεμελίωση**

Στο επίπεδο 2, ένας οργανισμός ή μια επιχείρηση αρχίζει να θεμελιώνει μια στρατηγική TN. Καθώς είναι ακόμη στην προσπάθεια και στη διαδικασία της θεμελίωσης, υπάρχει το στοιχείο του πειραματισμού και της εξερεύνησης των πλεονεκτημάτων που προκύπτουν από την τεχνολογία αυτή αλλά και του τι απαιτείται για να υλοποιηθούν αυτά. Αξίζει να σημειωθεί ότι στο στάδιο αυτό, διεξάγονται πιλοτικές μελέτες προκειμένου οι επιχειρήσεις να αποκτήσουν κάποια εμπειρία και εξοικείωση. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο οι αρχικές εξερευνήσεις σε έργα TN, όπου απουσιάζει ακόμη η εμπειρία, περιορίζονται σε ένα με δύο τμήματα της επιχείρησης και όχι σε ολόκληρη την επιχείρηση. Εξίσου σημαντικό στο σημείο αυτό, είναι η επιχείρηση να διακρίνει την επιστήμη των δεδομένων από τη μηχανική μάθηση, καθώς τα έργα που σχετίζονται με την επιστήμη δεδομένων είναι συνήθως ευκολότερα σημεία από τα οποία μπορεί να ξεκινήσει η επιχείρηση.

Σε κάθε πρόγραμμα που θα επιφέρει αλλαγές στην επιχείρηση, πρέπει να ληφθούν υπόψιν τρεις βασικοί παράγοντες, οι άνθρωποι, η διαδικασία και η τεχνολογία. Όσον αφορά στο κομμάτι των ανθρώπων, τα ερωτήματα που προκύπτουν



είναι εάν η επιχείρηση διαθέτει ανθρώπους, οι οποίοι κατανοούν την TN και την επιστήμη δεδομένων, τι ενέργειες απαιτούνται, έτσι ώστε να γίνουν αποδεκτές από το υπάρχον εργατικό δυναμικό οι εν λόγω αλλαγές και, τέλος, αν η ομάδα που θα σχηματιστεί, θα δημιουργηθεί βάσει εσωτερικών ή εξωτερικών πόρων. (στο word έλεγε βλέπε ενότητα 3.3). Εξίσου σημαντικός παράγοντας είναι οι διαδικασίες που ακολουθούνται και που ενδεχομένως χρειαστεί να αλλάξουν. Προτού ενσωματωθούν οι νέες αυτές τεχνολογίες οι επιχειρήσεις πρέπει να αναλογιστούν πώς η TN θα επηρεάσει τον τρόπο με τον οποίο εργάζονται και θα βελτιώσει εν τέλει τις εκάστοτε διαδικασίες, αλλά και αν οι διαδικασίες συλλογής δεδομένων είναι ακριβείς και πλήρεις. Τέλος, πρέπει να διερευνηθεί εάν η TN ταιριάζει με τις ήδη υπάρχουσες τεχνολογίες, αλλά και το πώς και εάν η επιχείρηση δύναται να ανταπεξέλθει στους γρήγορους ρυθμούς των τεχνολογικών αλλαγών στην TN, τη μηχανική μάθηση και την επιστήμη των δεδομένων.

Με άλλα λόγια, σε αυτό το επίπεδο (επίπεδο 2) γίνεται η Επαλήθευση της Ορθότητας της Ιδέας και η Απόδειξη της Αξίας, ώστε να αποδειχθεί εάν η TN είναι πράγματι επωφελής για την επιχείρηση. Θα μπορούσαμε να πούμε ότι στο στάδιο αυτό μπορεί κανείς να 'παίξει' με την TN, όμως ουσιαστικά είναι ιδιαίτερα σημαντικό στάδιο, στο οποίο η επιχείρηση καλείται να αποδείξει εάν η TN μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικά επιχειρηματικά οφέλη.

Πριν προσχωρήσουμε στο επόμενο στάδιο του Μοντέλου Ωριμότητας, θα αναφερθούμε στη διαφορά μεταξύ της Επαλήθευσης της Ορθότητας της Ιδέας και της Απόδειξης της Αξίας. Αναλυτικότερα, η Επαλήθευση της Ορθότητας της Ιδέας αποβλέπει στο να αποδείξει ότι μια τεχνολογία θα λειτουργήσει, δοκιμάζοντας ένα μηχανήμα ή ένα είδος αισθητήρα. Η επιτυχία αποδεικνύεται από το αν η δοκιμή λειτούργησε. Ενώ, από την άλλη, η Απόδειξη της Αξίας καθορίζει την επιχειρηματική αξία σε ένα έργο, εάν υπάρχει. Παραδείγματος χάριν, έργο της Επαλήθευσης της Ορθότητας της Ιδέας είναι να εξετάσει εάν ένας νέος τύπος γεωτρύπανων μπορεί να λειτουργήσει επιτυχώς στην εξέδρα γεώτρησης, ενώ το εάν η αυξημένη αντοχή του μηχανήματος έχει εξοικονόμηση κόστους 10% είναι έργο της Απόδειξης της Αξίας.

### **Επίπεδο 3: Ενσωμάτωση**

Αυτό είναι το σημείο, στο οποίο μια επιχείρηση αρχίζει να ωριμάζει και η TN αρχίζει να ενσωματώνεται στις επιχειρηματικές δραστηριότητες. Η επιχείρηση καλείται να πάρει σημαντικές αποφάσεις και να δημιουργήσει μια σταθερή πλατφόρμα υποδομών, δεξιοτήτων και διαδικασιών.

Σε αυτό το επίπεδο, λοιπόν, είναι σημαντική μια αρχιτεκτονική της TN. Δηλαδή, να οριστεί τόσο η υποδομή όσο και τα εργαλεία που θα συμβάλλουν στην άμεση και εύκολη υλοποίηση έργων TN σε ολόκληρη την επιχείρηση. Απώτερος σκοπός στο στάδιο αυτό είναι η συγκέντρωση, ο συνδυασμός και ο προσδιορισμός των δεδομένων που απαιτούνται σε ένα έργο TN και κατ' επέκταση η δημιουργία μιας σταθερής υποδομής TN, η οποία θα καθορίσει έναν κοινό τρόπο αποθήκευσης, ανάκτησης και σήμανσης δεδομένων.

Σημαντική στο σημείο αυτό είναι η επένδυση στους ανθρώπους και την ευρύτερη κουλτούρα. Πράγματι, για να ενσωματωθεί με επιτυχία η TN πρέπει να έχει προηγηθεί η επένδυση σε σωστούς-κατάλληλους ειδικούς, είτε εσωτερικούς είτε εξωτερικούς (πάλι παραπομπή σε 3.3.). Η διαχείριση των αλλαγών που θα γίνουν στην επιχείρηση και η εκπαίδευση του προσωπικού είναι υψίστης σημασίας. Θα πρέπει, δηλαδή, να υπάρχει ισχυρό όραμα από τη διοίκηση της επιχείρησης που να καθορίζει ξεκάθαρα τι πρέπει να επιτευχθεί, ποια είναι τα οφέλη και ποιοι οι κίνδυνοι (παραπέμπει 3.5).

#### **Επίπεδο 4: Υποστήριξη της λήψης αποφάσεων**

Στο επίπεδο 4, οι επιχειρήσεις αξιοποιούν ανεπτυγμένα αναλυτικά εργαλεία, τα οποία επιτρέπουν την κεντρική λήψη αποφάσεων και βελτιώνουν περαιτέρω τις διαδικασίες. Η TN στο επίπεδο αυτό είναι ήδη ενσωματωμένη σε ολόκληρη την επιχείρηση, η οποία πιθανώς χρησιμοποιεί ήδη μεγάλη ποικιλία τεχνολογιών. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η νέα τεχνολογία θα έχει επίδραση σε διάφορες επιχειρηματικές δραστηριότητες και για αυτό χρειάζεται σωστή διαχείριση και διοίκηση. Τρεις αλλαγές είναι απαραίτητες να συμβούν, ώστε να ενσωματωθεί η TN και να επιτευχθεί το συγκεκριμένο επίπεδο ωριμότητας.

#### **1. Από την απομονωμένη/περιχαρακωμένη δουλειά στη διεπιστημονική/διατομεακή συνεργασία.**

Η διατομεακή συνεργασία συνεπάγεται όχι μόνο συνεργασία ειδικών από διαφορετικούς τομείς με επιστήμονες δεδομένων και αναλυτές, αλλά γίνεται λόγος για συνεργασία σε όλους τους τομείς δραστηριοτήτων. Για παράδειγμα, οι προβλέψεις για τις απαιτήσεις συντήρησης μπορούν να εφαρμοστούν σε ορυχεία, μονάδες επεξεργασίας, σιδηροδρομικές και λιμενικές επιχειρήσεις, και θα αποκομίσουν τα μέγιστα οφέλη μόνο με την πλήρη συνεργασία όλων αυτών των κλάδων.

## **2. Από την εμπειρική και ηγετική λήψη αποφάσεων έως τη λήψη αποφάσεων βάσει δεδομένων.**

Κατά την κατασκευή συστημάτων TN, οι γνώσεις του χειριστή ενσωματώνονται στο σύστημα. Αυτό, δηλαδή, που επιδιώκεται είναι, όταν το σύστημα προτείνει κάτι, μια ιδέα ή μια λύση, να υπάρχει εμπιστοσύνη στην εν λόγω πρόταση του συστήματος και να μη χρειάζεται έγκριση από τη διοίκηση της επιχείρησης.

## **3. Από άκαμπτο και συντηρητικό σε ευέλικτο, πειραματικό και προσαρμόσιμο.**

Οι ευέλικτες πρακτικές υιοθετούνται πλέον ευρέως στην εξορυκτική βιομηχανία. Βέβαια, προφανώς, για να γίνουν εύκολα αποδεκτές οι πρακτικές αυτές απαιτείται και η αντίστοιχη αλλαγή στη νοοτροπία όλων των εμπλεκόμενων μελών ολόκληρης της επιχείρησης.

## **Επίπεδο 5: Αυτοματοποίηση**

Στο επίπεδο 5, η TN βρίσκεται πλέον στον πυρήνα της επιχείρησης. Αυτό σημαίνει ότι τα περισσότερα συστήματα και διαδικασίες είναι πλήρως αυτοματοποιημένα ή απαιτούν ελάχιστη ανθρώπινη παρέμβαση. Αξίζει να σημειωθεί ότι η επίτευξη του τελικού αυτού επιπέδου ωριμότητας είναι ένα πολυετές ταξίδι. Οι περισσότερες σημαντικές εφαρμογές TN χρειάζονται τρία χρόνια για να ολοκληρωθούν, ενώ ενδέχεται να διαρκέσουν έως και πέντε χρόνια (Fountaine, McCarthy & Saleh 2019). Εφόσον επιτευχθεί αυτό το επίπεδο, είναι σαφές ότι η TN αποτελεί βασικό και αναπόσπαστο κομμάτι της επιχείρησης. Τα αυτόνομα οχήματα, για παράδειγμα, είναι μια εφαρμογή τεχνολογίας TN, που έχει ενσωματωθεί στην εξόρυξη και είναι τόσο συνηθισμένα που δε θεωρούνται πλέον συστήματα TN.

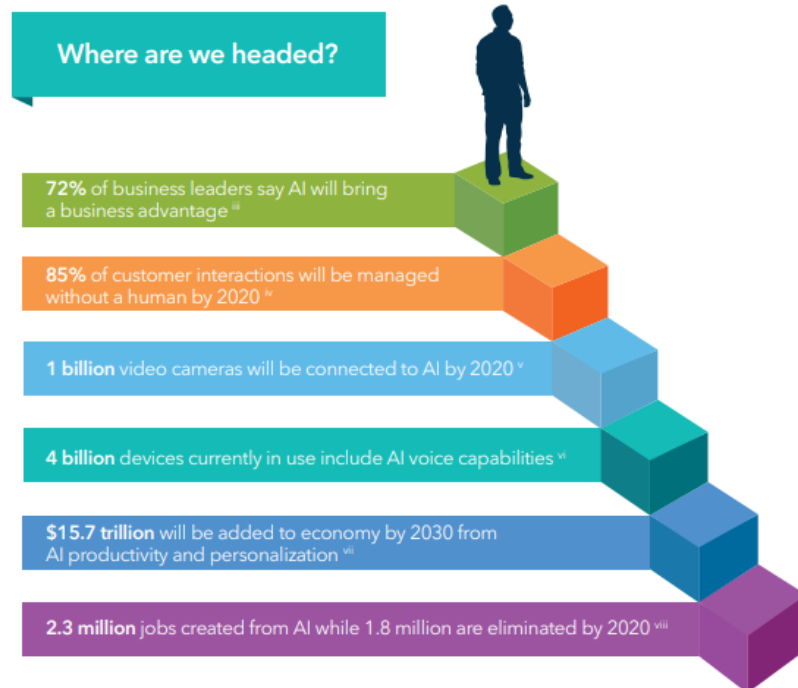
Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι, όταν η εξόρυξη λειτουργεί στο επίπεδο 5, τότε έχει πολλά συστήματα TN, με τα οποία έχει εναρμονιστεί και βελτιστοποιηθεί το εργατικό δυναμικό της και οι επιχειρηματικές της διαδικασίες. Όμως, τα εν λόγω συστήματα δεν είναι στατικά. Αντίθετα, τα δεδομένα που τροφοδοτούν τις διαδικασίες αυτές της TN παράγουν συνεχώς νέες πληροφορίες που συμβάλλουν στη συνεχόμενη προσαρμογή και βελτίωση της εκάστοτε επιχείρησης.

## 2.4 Ηθικό πλαίσιο

Αξίζει να σημειωθεί ότι η Τεχνητή Νοημοσύνη αποτέλεσε πρωτοποριακή καινοτομία για πολλούς κλάδους της επιστήμης και όχι μόνο (Καραλέγκου, 2021). Πράγματι, πολλά ζητήματα αντιμετωπίστηκαν, δημιουργήθηκαν νέοι τρόποι αντιμετώπισης προβλημάτων, λιγότερο χρονοβόροι, ενώ παράλληλα εμφανίστηκαν καινούργια τεχνολογικά επιτεύγματα. Βέβαια, όπως κάθε τεχνολογία ή τεχνολογικό επίτευγμα, έτσι και η TN, μπορεί να αποβλέπει στο να αποφέρει οφέλη, όμως μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για επιβλαβείς πράξεις. Έτσι, ενώ η TN δημιουργεί νέες ευκαιρίες, την ίδια στιγμή εμφανίζει ορισμένους κινδύνους και προκλήσεις. Για αυτό, λοιπόν, γίνεται σαφές ότι η TN ενδέχεται να προκαλέσει κοινωνικά και ηθικά προβλήματα.

Πράγματι, αρκετοί είναι εκείνοι, οι οποίοι αμφισβητούν ή και εναντιώνονται στην TN, διότι θεωρούν πως καταπατούνται ορισμένα ανθρώπινα δικαιώματα και αξίες. Σύμφωνα, μάλιστα, με τον Δασκαλάκη (2018), καθηγητή του Τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Επιστήμης Υπολογιστών του MIT, οι επιδράσεις της TN στη δημοκρατία και την παγκόσμια ειρήνη δημιουργούν σύγχυση, αν και ο ίδιος στηρίζεται στο γεγονός ότι η TN θα επιφέρει πολύ περισσότερες θετικές παρά αρνητικές συνέπειες.

Αναφορικά με την οικονομία, από τη μια, υπολογίζεται ότι 15,5 τρισεκατομμύρια δολάρια θα εισαχθούν στην παγκόσμια οικονομία ως απόρροια των εφαρμογών της TN (SAS, 2018), ενώ από την άλλη πιστεύεται ότι η TN ενδέχεται να επιφέρει ταχύτατες αλλαγές στον εργασιακό χώρο. Αυτό σημαίνει ότι πολλά επαγγέλματα θα εξαφανιστούν, καθώς ορισμένες εργασίες θα αντικατασταθούν από τις μηχανές, άλλα απλώς θα μετασχηματιστούν, ενώ θα εμφανιστούν και αρκετά καινούργια. Συνεπώς, οι κοινωνικές αντιδράσεις είναι αναπόφευκτες, καθώς αρκετά μεγάλο ποσοστό των εργαζομένων θα αντικατασταθούν από τις μηχανές, αποβλέποντας στην αυτοματοποίηση και κατ' επέκταση στη βελτιστοποίηση της παραγωγικής διαδικασίας. Σύμφωνα με έρευνα (SAS, 2018), όπως φαίνεται και στην ακόλουθη εικόνα, εκτιμάται για παράδειγμα ότι το 85% της εξυπηρέτησης πελατών δεν θα πραγματοποιείται από ανθρώπους, αλλά από αυτοματοποιημένο σύστημα εξυπηρέτησης.



**Εικόνα 4:** Μελλοντικές εξελίξεις από την ΤΝ (SAS, 2018)

Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι η δεοντολογία αποτελεί μια διαρκή ανησυχία όσον αφορά τις εφαρμογές της ΤΝ και ιδιαίτερα όσον αφορά τη μεροληψία και το απόρρητο (GMG, 2019). Αναλυτικότερα, οι εφαρμογές της ΤΝ δεν είναι τόσο αντικειμενικές όσο πιστεύουν ή φαντάζονται πολλοί, καθώς στους αλγόριθμους μπορούν να ενσωματωθούν οι μεροληψίες των προγραμματιστών τους. Πράγματι, έχει αποδειχθεί ότι η ΤΝ μεγιστοποιεί τις μεροληψίες των ανθρώπων σε διάφορους τομείς, όπως στην πρόσληψη, το λιανικό εμπόριο, την ασφάλεια και την ποινική δικαιοσύνη. Σε μια πρόσφατη έρευνα των Raji και Buolamwini (2019), παραδείγματος χάριν, διαπιστώθηκε ότι ορισμένες τεχνολογίες αναγνώρισης προσώπων τείνουν να αναγνωρίζουν εσφαλμένα σκουρόχρωμες γυναίκες για άνδρες. Έτσι, το ενδεχόμενο εσφαλμένης αναγνώρισης υπαλλήλων οφείλει να λαμβάνεται υπόψη όταν εφαρμόζεται η ΤΝ βάσει δεδομένων από πηγές, όπως η τηλεόραση κλειστού κυκλώματος (closed-circuit television-CCTV).

Όσον αφορά το απόρρητο, οι τεχνολογίες ΤΝ ενδέχεται να συγκεντρώνουν δεδομένα για άτομα που δεν θα ήθελαν να κοινοποιηθούν σε τρίτους. Για παράδειγμα, οι φορητές συσκευές, όπως οι ανιχνευτές φυσικής κατάστασης και τα έξυπνα ρολόγια, μπορούν να παρέχουν εξαιρετικά οικεία πορτρέτα των ιδιοκτητών τους. Καθώς, λοιπόν, τέτοιου είδους τεχνολογίες αξιοποιούνται όλο και περισσότερο

στον χώρο εργασίας, εκείνοι που τις εφαρμόζουν οφείλουν να διασφαλίσουν ότι τα προσωπικά δεδομένα χρησιμοποιούνται μέσα σε ηθικά πλαίσια με απόλυτη διαφάνεια και σεβόμενοι τους κανόνες δεοντολογίας.

Προς αυτήν την κατεύθυνση, οι κυβερνήσεις ξεκίνησαν να δημιουργούν νομικά πλαίσια για την αντιμετώπιση ορισμένων από τα ζητήματα απορρήτου που σχετίζονται με την υιοθέτηση και την ενσωμάτωση της ΤΝ. Επίσης, η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει ήδη εφαρμόσει τον Γενικό Κανονισμό Προστασίας Δεδομένων (General Data Protection Regulation), έναν νόμο που συνδέεται άμεσα με τις τεχνολογίες της ΤΝ ρυθμίζοντας τα δεδομένα τους. Με άλλα λόγια, στο πλαίσιο αυτό της προστασίας, παρέχονται κανόνες και σημεία αναφοράς για πρακτικές προστασίας και ασφάλειας της ιδιωτικότητας. Τέλος, ο Νόμος περί Προστασίας Προσωπικών Πληροφοριών και Ηλεκτρονικών Εγγράφων (Personal Information Protection and Electronic Documents Act) είναι αντίστοιχη δράση του Καναδά για το απόρρητο των δεδομένων. Οι εν λόγω κανονισμοί αναπτύσσονται με στόχο να ελέγχουν και κατ' επέκταση να επηρεάζουν τον τρόπο με τον οποίο οι οργανισμοί ή οι επιχειρήσεις αποθηκεύουν και κοινοποιούν δεδομένα (GMG, 2019).

Συμπερασματικά, απώτερος σκοπός είναι η ενσωμάτωση της ΤΝ σε διάφορους κλάδους της ζωής μας, όμως ως εργαλείο ή εκπαιδευτικό πρόγραμμα που δρα συμπληρωματικά του ανθρώπου και όχι αντί αυτού, και τηρεί τους ηθικούς κανόνες και τους κανόνες δεοντολογίας. Μέσα από τη συνεργασία αυτή του ανθρώπου με την ΤΝ, η κριτική σκέψη και η δημιουργικότητα θα εξακολουθούν να είναι έργο του ανθρώπου, ενώ η ανάπτυξη και η βελτίωση της παραγωγικής διαδικασίας θα επιτυγχάνεται με τη συνδρομή της ΤΝ (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2018). Πλέον, μάλιστα, υπάρχουν αρκετές χρήσιμες πηγές για επιχειρήσεις ή οργανισμούς που ενδιαφέρονται να ενσωματώσουν τις τεχνολογίες της ΤΝ με ηθικό τρόπο, όπως *The Montreal Declaration for a Responsible Development of Artificial Intelligence* (2018), *The Toronto Declaration: Protecting the rights to equality and non-discrimination in machine learning systems* (Amnesty International and Access Now, 2018) και, τέλος, η *Privacy International* (2019) που παρέχει πλήρη επισκόπηση αναφορικά με την προστασία δεδομένων (GMG, 2019).

## Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup> Μεθοδολογία έρευνας

Στην παρούσα έρευνα της πτυχιακής εργασίας ως εργαλείο συλλογής δεδομένων αξιοποιείται η βιβλιογραφική ανασκόπηση και γίνεται καταγραφή των δύο ερευνητικών ερωτημάτων με σκοπό να αναδειχθεί ο ρόλος και η αποτελεσματικότητα της Τεχνητής Νοημοσύνης στη μεταλλευτική.

Στο κεφάλαιο 4 θα γίνει ανάλυση των δύο αυτών ερευνητικών ερωτημάτων:

1. Ποιος ο ρόλος της TN στην Μεταλλευτική και πώς η TN επιδρά στην μεταλλευτική;
2. Μπορεί η TN να είναι αποτελεσματική στην μεταλλευτική;



## Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup> Ανάλυση Ερευνητικών Ερωτήσεων

### 4.1 Ποιος ο ρόλος της TN στην Μεταλλευτική και πώς η TN επιδρά στην μεταλλευτική;

Αξίζει να σημειωθεί ότι η TN, όπως προκύπτει και από όσα αναφέρθηκαν μέχρι τώρα, προσφέρει τη δυνατότητα για τεράστια άλματα σε πληθώρα βιομηχανικών κλάδων, ένας εκ των οποίων είναι και αυτός της εξόρυξης (Strayos, 2020). Η TN με τις τεχνολογίες που αξιοποιεί, πράγματι, καταφέρνει να συνδυάζει όλα τα δεδομένα που συλλέγει μέσα σε μόλις λίγα δευτερόλεπτα. Με αυτόν τον τρόπο, τα συστήματα της TN εξοικονομούν πολύτιμο χρόνο, τον οποίο το ανθρώπινο δυναμικό θα έπρεπε να αφιερώνει για τις εργασίες αυτές, και κατ' επέκταση μετατρέπει χρονοβόρες διαδικασίες σε σύντομες αλλά και αποτελεσματικές (Κατσιάδα, 2021). Αυτό ασφαλώς επιτυγχάνεται χάρη στις ποικίλες τεχνολογίες της TN και τις διαφορετικές λειτουργίες τους, αντίστοιχα. Παραδείγματος χάριν, ένας τύπος TN είναι η ανάλυση δεδομένων (data analytics), με την οποία αλγόριθμοι επεξεργάζονται τεράστιο πλήθος δεδομένων αναζητώντας μοτίβα. Πιο συγκεκριμένα, οι εν λόγω αλγόριθμοι είναι προγραμματισμένοι να εντοπίζουν αυτά τα μοτίβα, να προβλέπουν βάσει αυτών και να παρουσιάζουν τα δεδομένα στους χρήστες με απλή και συνοπτική μορφή. Ένας ακόμη μηχανισμός της TN είναι η μηχανική μάθηση, όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενο κεφάλαιο της παρούσας εργασίας, όπου οι αλγόριθμοι στην περίπτωση αυτή προορίζονται ώστε να εντοπίζουν άμεσα και να ακολουθούν τα σωστά βήματα για τη λύση ενδεχόμενου προβλήματος. Και μια τρίτη τεχνολογία TN είναι η μηχανική όραση, οι αλγόριθμοι της οποίας εκπαιδεύονται για αναγνώριση οπτικών δεδομένων. Χρησιμοποιώντας, δηλαδή, δεδομένα από δορυφόρους ή μη επανδρωμένα αεροσκάφη, οι αλγόριθμοι επεξεργάζονται τις εικόνες για συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, αποβλέποντας στην αυτόματη αναγνώριση αντικειμένων. Γίνεται, λοιπόν, σαφές ότι η είσοδος των τεχνολογιών TN τόσο στη μεταλλευτική όσο και σε πληθώρα άλλων κλάδων αποφέρει σημαντικά και άμεσα οφέλη (Strayos, 2020).

Ωστόσο, οι εξορυκτικές εταιρίες που ενσωματώνουν ήδη ποικίλες πηγές δεδομένων και εκμεταλλεύονται την τεχνολογία για εξαγωγή πληροφοριών και δεξιοτήτων υψηλού επιπέδου, αντιλαμβάνονται ότι μόνη της η τεχνολογία δεν μπορεί να αποφέρει τα επιθυμητά οφέλη (Deloitte, 2018). Έτσι, λοιπόν, για να είναι

αποτελεσματική η TN είναι απαραίτητη η ισορροπία επιχειρηματικών και τεχνικών δεξιοτήτων, ξεκινώντας από την κατανόηση της διαφοράς ανάμεσα στην απλή απόκτηση μιας τεχνολογικής λύσης και στην ανάπτυξη ενός συνόλου κατάλληλων αναλυτικών λειτουργιών και ικανοτήτων (Deloitte, 2018). Αυτό σχετίζεται με την ανάπτυξη λογικών εφαρμογών TN, γεγονός που θα συμβάλλει στην εξαγωγή άμεσων αλλά και μακροπρόθεσμων λύσεων για τις εταιρίες. Τέλος, υψίστης σημασίας είναι η ανθρώπινη παρέμβαση, καθώς χωρίς αυτή οι δυνατότητες της TN δεν μπορούν να αναδειχθούν.

Πράγματι, ο ρόλος των ανθρώπων στην TN είναι κεντρικός, καθώς η ανθρώπινη γνώση είναι αναγκαία για την ερμηνεία των δεδομένων εισόδου (inputs) και των εξαγόμενων αποτελεσμάτων (outputs). Πιο συγκεκριμένα, τα δεδομένα εισόδου στα μοντέλα της TN προκύπτουν αναλύοντας τον εξωτερικό κόσμο, γεγονός που ασφαλώς γίνεται μόνο με ανθρώπινη παρέμβαση. Για την ερμηνεία των δεδομένων απαραίτητη είναι η συμβουλή των ειδικών σε οποιονδήποτε τομέα του έργου, έτσι ώστε να αποφευχθεί η απώλεια κάποια πολύτιμης γνώσης ή η μεροληψία στα δεδομένα όταν δεν παρέχεται πληθώρα συμβουλών (GMG, 2019). Έτσι, όταν ένα μοντέλο κατασκευαστεί, τότε το ανθρώπινο δυναμικό καλείται να ερμηνεύσει τα αποτελέσματα αυτά. Παραδείγματος χάριν, εάν το μοντέλο TN εξάγει ένα γράφημα με την υπολειπόμενη ωφέλιμη ζωή ενός εξαρτήματος-μηχανήματος, τότε είναι αναγκαία η συμβολή ενός τεχνικού, ο οποίος θα το εξετάσει και θα κρίνει εάν χρειάζεται να αντικατασταθεί ή όχι. Εξίσου σημαντική για την ερμηνεία των αποτελεσμάτων είναι η αλληλεπίδραση ανθρώπου και υπολογιστή, καθώς οι αλληλεπιδράσεις αυτές μεταξύ ενός συστήματος υπολογιστών και των ανθρώπων πρέπει να είναι αποτελεσματικές (GMG, 2019).

#### 4.2 Μπορεί η TN να είναι αποτελεσματική στην μεταλλευτική;

Η Τεχνητή Νοημοσύνη μπορεί να αποφέρει πολλαπλά οφέλη στην μεταλλευτική, εγκυμονούν βέβαια παράλληλα και αρκετές προκλήσεις, όπως έχουν αναφερθεί σε προηγούμενη ενότητα. Για τον λόγο αυτό, στην παρούσα ενότητα θα αναλυθούν οι παράγοντες που μπορούν να συμβάλλουν στην επιτυχία ενός έργου TN, δηλαδή στην αποτελεσματική ενσωμάτωση της TN, αλλά και στους τρόπους μεγιστοποίησης των δεδομένων. Θα γίνει, λοιπόν, πρωτίστως αναφορά σε ορισμένα χαρακτηριστικά που παρατηρούνται σε επιτυχημένα έργα TN (GMG, 2019).

Αρχικά, τα επιτυχημένα έργα TN χαρακτηρίζονται από μια συνεκτική τεχνολογική στρατηγική. Τα έργα αυτά αναλαμβάνονται για την επίτευξη ενός στόχου για τον οποίο η χρήση TN κρίνεται ο πιο αποτελεσματικός τρόπος, ενώ για την επίτευξη μακροπρόθεσμων στόχων, κρίνεται απαραίτητη μια ευρύτερη στρατηγική αξιολόγησης και εφαρμογής τεχνολογιών TN από την επιχείρηση. Ακόμη, τα επιτυχημένα έργα TN μετράνε και παρακολουθούν την ποιότητα των δεδομένων τους. Με άλλα λόγια, για να είναι αποτελεσματική η ενσωμάτωση της TN χρειάζονται «καλά» δεδομένα, τα οποία θα αποτελέσουν τα θεμέλια της TN, ενώ αντίθετα τα κακής ποιότητας δεδομένα θα επιφέρουν και αρνητικές συνέπειες στην ποιότητα των αποτελεσμάτων του έργου. Οι ειδικοί στους αντίστοιχους τομείς που σχετίζονται με τα δεδομένα οφείλουν να συμμετέχουν αδιάλειπτα σε όλη τη διαδικασία, καθώς μόνο με αυτόν τον τρόπο διασφαλίζεται ότι συλλέγονται τα σωστά δεδομένα, οι αναλύσεις που προκύπτουν είναι χρήσιμες και ότι παράλληλα αντιμετωπίζονται οι βασικές αιτίες ενδεχόμενων προβλημάτων.

Το τρίτο χαρακτηριστικό ενός επιτυχημένου έργου TN είναι η τακτική και ποιοτική επικοινωνία μεταξύ των ενδιαφερόμενων. Η σαφής και ξεκάθαρη επικοινωνία καθ' όλη τη διαδικασία μπορεί να συμβάλλει σε σημαντική αύξηση και βελτίωση της εργασίας. Ήδη από την αρχή της διαδικασίας, αυτοί που επηρεάζονται από την ενσωμάτωση της TN και τις επικείμενες αλλαγές που αυτή συνεπάγεται, θα πρέπει να συζητούν τα θέματα που προκύπτουν, τις απόψεις τους και τις ανησυχίες τους και κατ' επέκταση να νιώθουν βέβαιοι ότι αυτές κατανοούνται και λαμβάνονται υπόψιν. Επίσης, σε συνδυασμό με την σαφή επικοινωνία μεταξύ των εμπλεκόμενων μελών απαραίτητη είναι και η συμφωνία επένδυσης. Αυτό σημαίνει ότι οι εμπλεκόμενοι θα πρέπει να γνωρίζουν και να κατανοούν τα επιδιωκόμενα αποτελέσματα και την προσδοκώμενη απόδοση για την εν λόγω επένδυση. Και αυτό

διότι εάν οι προσδοκίες για ένα έργο και οι συμμετέχοντες δεν είναι σαφείς από την αρχή, τότε το έργο θα είναι ευάλωτο στην κακής ποιότητα επικοινωνία, στην υπέρβαση του προϋπολογισμού και στις χαμένες προθεσμίες.

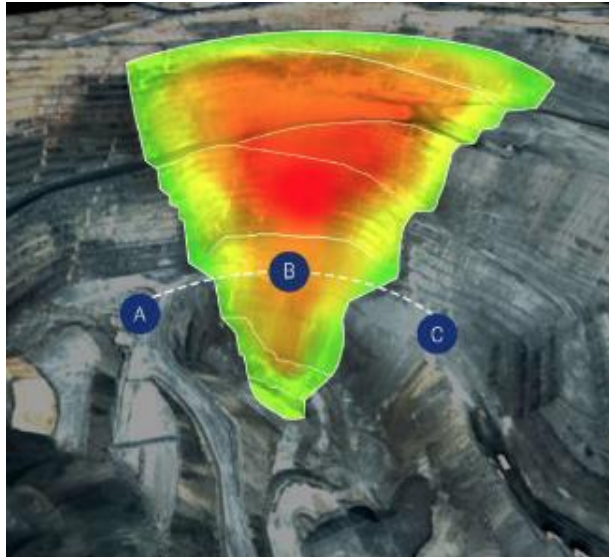
Το πέμπτο χαρακτηριστικό ενός επιτυχημένου έργου TN είναι η ύπαρξη τουλάχιστον ενός εσωτερικού υπέρμαχου, δηλαδή ενός ατόμου εντός της εκάστοτε εξορυκτικής επιχείρησης που υπερασπίζεται τα έργα αυτά. Πιο συγκεκριμένα, ο εσωτερικός υπέρμαχος είναι εκείνος ο οποίος μεριμνά και διασφαλίζει την τακτική ενημέρωση των ενδιαφερόμενων καθώς και την παροχή των απαραίτητων πόρων και εργαλείων σε όσους αναπτύσσουν και εφαρμόζουν την τεχνολογία της TN. Ασφαλώς, ο υπέρμαχος του έργου οφείλει να είναι καλός ηγέτης, να εμπνέει τους άλλους και να προωθεί την υγιή και εποικοδομητική συνεργασία. Ακόμη, υψίστης σημασίας είναι τα έργα TN να χαρακτηρίζονται από ευελιξία. Στη μεταλλευτική βιομηχανία τα πράγματα αλλάζουν γρήγορα με αποτέλεσμα να επηρεάζονται προγραμματισμένα έργα με μακρά χρονοδιαγράμματα. Είναι πράγματι δύσκολο να κάνουμε εικασίες για τις προκλήσεις και τους περιορισμούς που θα χρειαστεί να αντιμετωπίσουμε με έργα TN, καθώς είναι περίπλοκα. Έτσι, λοιπόν, η ευελιξία στη διαχείριση του έργου είναι η λύση, διότι συνεπάγεται γρήγορη εκτέλεση μικρότερων τμημάτων του έργου, ενώ παράλληλα γίνεται επεξεργασία ενός πιο μακροπρόθεσμου οράματος. Με αυτόν τον τρόπο, η εξορυκτική επιχείρηση διασφαλίζει ότι θα πάρει τα μέρη του έργου με την υψηλότερη αξία το συντομότερο δυνατό και ότι έστω κάποια μέρη του θα υλοποιηθούν.

Ένα ακόμη σημαντικό χαρακτηριστικό που συναντάται σε επιτυχημένα έργα TN είναι ότι στοχεύουν στην επίλυση προβλημάτων και στη διευκόλυνση της μετάβασης για τους τελικούς χρήστες. Αυτό σημαίνει ότι είτε πρόκειται για τους τεχνικούς είτε για τους μηχανικούς οι οπτικοποιήσεις, οι πίνακες εργαλείων και οι βασικοί δείκτες απόδοσης που μετράνε την επιτυχία του έργου θα πρέπει να είναι κατανοητοί και παράλληλα εύχρηστοι. Έτσι, η χρήση τους γίνεται πιο εύκολη και καταλήγει να γίνεται συνήθεια. Ακόμη, όταν οι λύσεις είναι φιλικές προς τον χρήστη, τότε αυτός πιθανότατα θα είναι πιο θετικός στην υιοθέτηση άλλων νέων τεχνολογιών ή νέων εφαρμογών στις ήδη υπάρχουσες τεχνολογίες. Τέλος, τα επιτυχημένα έργα TN έχουν μακροπρόθεσμο σχεδιασμό. Ακόμη και όταν πρόκειται για κάτι μικρό, όταν αυτό μπορεί να επαναληφθεί και έχει προοπτικές για μακροπρόθεσμη επέκταση, τότε μπορεί να οδηγήσει στην επιτυχία την υλοποίηση της νέας τεχνολογίας σε όλο το

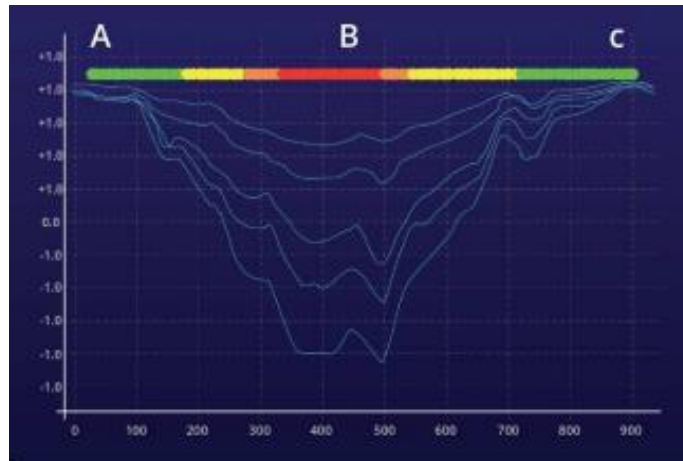
εύρος της επιχείρησης και εν τέλει η τεχνολογία TN να εισχωρήσει στις πολιτικές, τις διαδικασίες, τα εργαλεία και τις συνήθειες της επιχείρησης (GMG, 2019). Συνεπώς, η TN μπορεί να είναι αποτελεσματική και να αποφέρει τα μέγιστα δυνατά οφέλη εφόσον εξασφαλίζονται όσα προαναφέρθηκαν.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η επιτυχία στη βιομηχανία εξόρυξης σχετίζεται όλο και περισσότερο με τη βελτιστοποίηση των εργασιών σε βαθμό που προηγουμένως φάνταζε ανέφικτο και αυτό χάρη στη συμβολή της TN. Πράγματι, η TN δίνει τη δυνατότητα για προσαρμογή στις αλλαγές των δεξιοτήτων των εργατών, στη διασφάλιση της βέλτιστης χρήσης των πόρων, στην επιτάχυνση χρονοβόρων διαδικασιών, στον έλεγχο διαδικασιών και σε πολλά περισσότερα. Για αυτό, λοιπόν, στο σημείο αυτό, θα γίνει αναφορά σε ορισμένους τρόπους με τους οποίους η εξορυκτική βιομηχανία μπορεί να μεγιστοποιήσει τα δεδομένα της με την ενσωμάτωση τεχνολογιών TN (Strayos, 2020).

Αρχικά, σύμφωνα με Strayos (2020), οι επιχειρήσεις μπορούν να μεγιστοποιήσουν τα δεδομένα τους χαρτογραφώντας και παρακολουθώντας τον χώρο σχεδόν στιγμιαία. Με άλλα λόγια, η επιθεώρηση και η χαρτογράφηση του χώρου γίνεται μέσα σε λίγα μόλις δευτερόλεπτα με τη χρήση φωτογραμμετρίας και ψηφιακών διδύμων. Με τη φωτογραμμετρία της εταιρίας Strayos εξασφαλίζονται ακριβείς και λεπτομερείς χάρτες 2D και 3D του χώρου σε λίγα μόλις λεπτά από την πτήση του μη-επανδρωμένου αεροσκάφους ή με δεδομένα από δορυφόρο. Ακόμη, εξασφαλίζονται σε πραγματικό χρόνο πληροφορίες για μεγιστοποίηση της ροής εργασίας, για προγραμματισμό και για ποσοστά απόκρισης. Επίσης, η τεχνολογία TN της εν λόγω εταιρείας με τις υπερφασματικές απεικονίσεις (hyperspectral imaging) από δορυφόρους και μη επανδρωμένα αεροσκάφη προβλέπει τις εστίες των κοιτασμάτων και έτσι προγραμματίζει εκ των προτέρων τη μεταλλευτική έρευνα. Ακόμη, χαρτογραφώντας τον χώρο και συγκρίνοντάς τον με τα σχέδια, επιτυγχάνεται ο εντοπισμός και η ποσοτικοποίηση κάθε διαφοράς σε οδούς μεταφοράς υλικών (haul roads), κοίτες, πλαγιές, κ.ά. και ο έλεγχος της παραγωγικότητας του ορυχείου και των κοιτών και της εξέλιξης των εργασιών.



**Εικόνα 5:** Χαρτογράφηση και παρακολούθηση του χώρου



**Εικόνα 6:** Χαρτογράφηση και παρακολούθηση του χώρου (2)

Στη συνέχεια, με την αξιοποίηση και ενσωμάτωση της TN επιτυγχάνεται καλύτερη γεώτρηση και ανατίναξη. Αναλυτικότερα, το έξυπνο γεωτρήσιμο της Strayos μεταφέρει επιτόπου το γεωτρητικό σχέδιο (shot plan) στο γεωτρήσιμο και αυτό στέλνει αναφορές πίσω στο πρόγραμμα της εταιρείας. Έτσι, εντοπίζονται ενδεχόμενες αποκλίσεις κατά τη διαδικασία της γεώτρησης, το βάθος, η ταχύτητα του γεωτρήσιμου, η κρούση κ.ό.κ, αποβλέποντας με αυτόν τον τρόπο η ανατίναξη να επιτευχθεί με τον καλύτερο δυνατό τρόπο. Σε αυτό μπορεί επίσης να συμβάλει η προβολή του σχεδίου γεώτρησης στο μοντέλο 3D και η επιλογή τροποποιήσεων. Με τις τεχνολογίες αυτές επιτρέπεται η εξοικονόμηση πόρων και χρόνου κατά τη γεώτρηση, η πρόβλεψη των υλικών που θα χρειαστούν και του μεγέθους της κοίτης και κατ' επέκταση η καλύτερη θραύση-ανατίναξη. Επιπλέον, επιτρέπεται η παρακολούθηση και μέτρηση των οπών της γεώτρησης με το Boretrak και το Collar

Deviation και κατ' επέκταση είναι εφικτή η προσαρμογή του γεωτρητικού σχεδίου. Οι τεχνολογίες της TN συμβάλλουν στην αναγνώριση της πετρωματικής μάζας, στον αυτόματο εντοπισμό αρμών, επιπέδων διαστρωμάτωσης και ασυνεχειών, ώστε να σχεδιαστεί καλύτερα η ανατίναξη και η γεώτρηση, ενώ καθιστούν παράλληλα εφικτή τη σύγκριση του όγκου πριν και μετά την ανατίναξη, γεγονός που συνεπάγεται βελτιωμένη ανάλυση και σχεδιασμός μελλοντικών επιχειρήσεων (Strayos, 2020).

Ο τρίτος αποτελεσματικός τρόπος ενσωμάτωσης της TN στην εξορυκτική βιομηχανία είναι συμβάλλοντας στη βελτιστοποίηση των εργασιών. Πρώτον, συμβάλλει στην πρόβλεψη και τον σχεδιασμό της ανατίναξης, έτσι ώστε η γαιοτύρφη που θα προκύψει να είναι αυτή που οι εμπλεκόμενοι θέλουν ή τουλάχιστον να γνωρίζουν τι θα πάρουν πριν την ανατίναξη, να τοποθετούν τα πετρώματα εκεί όπου θέλουν, ώστε να ξέρουν ποια μηχανήματα θα χρειαστούν και που να τα τοποθετήσουν. Δεύτερον, με την TN επιτρέπεται η πρόβλεψη του κατακερματισμού των πετρωμάτων πριν την ανατίναξη, ο εντοπισμός και η ανάλυσή του μετά την ανατίναξη. Έτσι, με την TN ανιχνεύεται αυτόματα το μέγεθος και η εξάπλωση του κατακερματισμού, μειώνεται το μεταγενέστερο κόστος και αυξάνεται η εξορυξιμότητα των πετρωμάτων, ενώ παράλληλα με την υπερφασματική απεικόνιση ο εντοπισμός του μεταλλεύματος καθίσταται ευκολότερος και γρηγορότερος μέσα στα πετρώματα. Επιπρόσθετα, η TN συμβάλλει στη βελτιστοποίηση των οδών μεταφοράς υλικών, καθώς επιτρέπεται ο υπολογισμός του πλάτους τους και ο κατάλληλος σχεδιασμός τους για τις ανάγκες κυκλοφορίας, ο υπολογισμός της κλίσης και η σύγκρισή τους με τις αποδόσεις των κινητήρων, έτσι ώστε να επιτευχθεί η καλύτερη απόδοση βάσει των προδιαγραφών τους (Strayos, 2020).

Υψίστης σημασίας επίσης είναι η μεγαλύτερη ασφάλεια και συμμόρφωση των εγκαταστάσεων. Με τη χρήση των δορυφόρων και των μη-επανδρομένων αεροσκαφών εξοικονομείται πληθώρα κουραστικών ωρών για οπτική επιθεώρηση στην τοποθεσία, ενώ παράλληλα επιτυγχάνεται ακριβέστερη μοντελοποίηση, μέτρηση και παρακολούθηση του τείχους, των κλίσεων, εντοπισμός παραμορφώσεων και πρόβλεψη αστοχιών κλίσης. Ακόμη, η TN οδηγεί σε βελτιστοποιημένη ανατίναξη περιορίζοντας τα εκτινασόμενα θραύσματα, δονήσεις και θορύβους και έτσι αποφεύγονται υψηλά πρόστιμα νομικής ευθύνης. Σημαντικό επίσης είναι ότι η TN παρακολουθεί τις οδούς μεταφοράς υλικών, τις αναγνωρίζει, μετρά την κλίση και το πλάτος τους και προειδοποιεί για τη σημεία που η κλίση δεν είναι σωστή ή το πλάτος

δεν είναι αρκετό, για κάθε ενδεχόμενη επικίνδυνη κατάσταση ή για ανάγκες συντήρησης (Strayos, 2020).

Τέλος, ο πέμπτος τρόπος με τον οποίο η ενσωμάτωση της TN επιδρά θετικά στη μεταλλευτική και είναι αποτελεσματική είναι μειώνοντας τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Πιο συγκεκριμένα, η βέλτιστη ανατίναξη μέσω των διαδικασιών που αναφέρθηκαν παραπάνω σημαίνει ότι η εκάστοτε επιχείρηση θα λάβει εξ αρχής τα σωστά υλικά, θα αποφύγει άσκοπη σπατάλη εκρηκτικών και ανατίναξη αχρείαστων πετρωμάτων, ζημιά στην κοίτη αλλά και κόπο και στρες. Επιπλέον, με την TN ελέγχεται η αρτιότητα των φραγμάτων νερού, των παραμορφώσεων και των ρωγμών, παρακολουθείται το ύψος της στάθμης του νερού, η θολότητα του καθώς και η σεισμική δραστηριότητα της περιοχής. Ακόμη, η αξιοποίηση της TN συμβάλλει στον έλεγχο της σταθερότητας των μεταλλικών τροχιών, των παραμορφώσεων, των διαρροών νερού, στην τοπογράφιση της αξιοποιήσιμης περιοχής και στην κατασκευή μοντέλων 2D και 3D για τον σχεδιασμό και τη συντήρηση των αξιοποιήσιμων περιοχών. Τέλος, η TN μπορεί να αξιοποιηθεί από τις εξορυκτικές επιχειρήσεις για να μετρήσουν και να παρακολουθήσουν τη βιομάζα των φυτών, ώστε να εξασφαλιστεί ότι η περιοχή ευδοκίμει μετά την αξιοποίηση (Strayos, 2020).

Γίνεται σαφώς ξεκάθαρο ότι η τεχνολογία TN μπορεί να είναι αποτελεσματική στη μεταλλευτική, όπως διαφαίνεται μέσα από τους παράγοντες επιτυχίας, εφόσον αυτοί διασφαλίζονται. Ακόμη, μέσα από τους τρόπους μεγιστοποίησης των δεδομένων αποδεικνύεται ότι με την ενσωμάτωση της TN η εξορυκτική βιομηχανία διευκολύνεται σε πολλούς τομείς.



## Συμπεράσματα

Συμπερασματικά, λοιπόν, αξίζει να σημειωθεί ότι η υιοθέτηση οποιασδήποτε ψηφιακής τεχνολογίας ενέχει πληθώρα προκλήσεων, ξεκινώντας από τις μεταβατικές περιόδους κατά τις οποίες απουσιάζουν τα απτά αποτελέσματα, έως αμέτρητες άλλες προκλήσεις που σχετίζονται με την ποιότητα των δεδομένων, την κουλτούρα της επιχείρησης, τους περιορισμούς στην κατανόησή της και τις δυνατότητες για πλήρη ανάπτυξη της τεχνολογίας (Deloitte, 2018). Ωστόσο, υπάρχουν όλο και περισσότερα στοιχεία που αποδεικνύουν ότι η TN μπορεί άμεσα να επιφέρει πληθώρα οφελών σε πολλούς βιομηχανικούς κλάδους, όπως και σε αυτόν της εξόρυξης, που αποτελεί και μελέτη της παρούσας εργασίας. Βέβαια, όπως αναλύθηκε και στην προηγούμενη ενότητα, για να αποκομίσουν οι επιχειρήσεις τα οφέλη της TN καθοριστικός είναι και ο ρόλος του ανθρώπου για την ερμηνεία τόσο των δεδομένων εισόδου όσο και των αποτελεσμάτων που εξάγονται. Επίσης, μέσα από την ανάλυση του δεύτερου ερευνητικού ερωτήματος γίνεται σαφές ότι η TN μπορεί να είναι αποτελεσματική λαμβάνοντας υπόψιν τους παράγοντες επιτυχίας (GMG, 2019) αλλά και τους τρόπους που προτείνονται σύμφωνα με Strayos (2020) για τη μεγιστοποίηση των δεδομένων της εξορυκτικής βιομηχανίας με την ενσωμάτωση της TN και των τεχνολογιών της.

Φαίνεται, λοιπόν, ότι αυτές οι τεχνολογίες μπορούν να προσφέρουν τη δυνατότητα για ακριβέστερες και ταχύτερες αποφάσεις στις επιχειρήσεις, να συμβάλλουν στη βελτίωση της υγείας και της ασφάλειας των εμπλεκομένων, να ελαχιστοποιήσουν τον παράγοντα του ανθρώπινου σφάλματος και να εξασφαλίσουν μικρότερο περιβαλλοντικό αποτύπωμα. Τέλος, αξίζει να αναφερθεί ότι η επιτυχία μιας εξορυκτικής εταιρίας δεν επιτυγχάνεται απλώς με την υιοθέτηση των τελευταίων τεχνολογιών, αλλά με την ανάπτυξη μιας επιχειρηματικής κουλτούρας που είναι ευνοϊκά διακείμενη απέναντι στην τεχνολογία αυτή και υποστηρίζει την ψηφιακή σκέψη στην καρδιά της επιχείρησης, έτσι ώστε οι στρατηγικές και οι πρακτικές να συνεργάζονται για να αλλάξουν τον τρόπο λήψης των εταιρικών και εργασιακών αποφάσεων σε όλο το εύρος της επιχείρησης (Deloitte, 2018). Έτσι, λοιπόν, η εφαρμογή και η χρήση της TN στην εξορυκτική βιομηχανία αν και συνοδεύεται από σημαντικές προκλήσεις και ορισμένους περιορισμούς-εμπόδια, εφόσον αυτοί γίνουν

κατανοητοί από τις εταιρίες εξόρυξης, τότε αναδεικνύονται τα οφέλη και οι διευκολύνσεις της TN.

## Βιβλιογραφία

### Ελληνική Βιβλιογραφία

Βλαχάβας, Ι., Κεφαλάς, Π., Βασιλειάδης, Ν., Κόκκορας, Φ. & Σακελλαρίου, Η. (2011). *Τεχνητή Νοημοσύνη – Γ' Έκδοση*, ISBN: 978-960-8396-64-7 Έκδοση/Διάθεση: Εκδόσεις Πανεπιστημίου Μακεδονίας, 2011.

Βικιπαίδεια. *Μεταλλευτική*. Ανακτήθηκε στις 23 Φεβρουαρίου 2022 από: <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9C%CE%B5%CF%84%CE%B1%CE%B%CE%BB%CE%B5%CF%85%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE>

ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ (2018). *Τεχνητή νοημοσύνη για την Ευρώπη. ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ ΠΡΟΣ ΤΟ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟ, ΤΟ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟ, ΤΟ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟ, ΤΗΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΩΝ*, Βρυξέλλες, 2018. Ανακτήθηκε στις 23 Φεβρουαρίου 2022 από: [https://ec.europa.eu/transparency/documents-register/detail?ref=COM\(2018\)237&lang=el](https://ec.europa.eu/transparency/documents-register/detail?ref=COM(2018)237&lang=el)

Καραλέγκου, Α. (2021). *Η Τεχνητή Νοημοσύνη στην Έρευνα και Εκμετάλλευση Υδρογονανθράκων* (Διπλωματική Εργασία). Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Κατσιάδα, Α. (2021). *Εφαρμογές της Τεχνητής Νοημοσύνης στην Διαχείριση Έργου* (Διπλωματική Εργασία). Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής, Αθήνα.

iefimerida (2018). *Η ιδιοφυΐα Κωνσταντίνος Δασκαλάκης μιλά για την τεχνητή νοημοσύνη*. Ανακτήθηκε στις 23 Φεβρουαρίου 2022 από: <https://www.iefimerida.gr/news/390580/i-idiofyia-konstantinos-daskalakis-mila-gia-tin-tehniti-noimosyni>

### Ξένη Βιβλιογραφία

Amnesty International & Access Now. (2018). *The Toronto Declaration: Protecting the rights to equality and non-discrimination in machine learning systems*. Ανακτήθηκε στις 23 Φεβρουαρίου 2022 από: <https://www.accessnow.org/the-toronto-declaration-protecting-the-rights-to-equality-and-non-discrimination-in-machine-learning-systems/>

- Boehm, B. W. (1995). A Spiral Model of Software Development and Enhancement. Στο Baecker, R.M., Grudin, J., Buxton W.A.S. & Greenberg, S. (Επιμ.), *Readings in Human–Computer Interaction* (σσ. 281-292). Elsevier (Interactive Technologies). <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-051574-8.50031-5>
- Bradley, R. (2018). 16 Examples of Artificial Intelligence (AI) in Your Everyday Life. The Manifest. Ανακτήθηκε στις 5 Φεβρουαρίου 2022 από: [https://medium.com/@the\\_manifest/16-examples-of-artificial-intelligence-ai-in-youreveryday-life-655b2e6a49de](https://medium.com/@the_manifest/16-examples-of-artificial-intelligence-ai-in-youreveryday-life-655b2e6a49de)
- Butt, A. (2018). Quantification of Influences on Student Perceptions of Group Work. *Journal of University Teaching & Learning Practice*, 15(5). <https://ro.uow.edu.au/jutlp/vol15/iss5/8>
- Deloitte (2018). *Future of Mining with AI: Building the first steps towards an insight-driven organization*. Ανακτήθηκε στις 15 Ιανουαρίου 2022 από: <https://www.deloitte.com/content/dam/assets-shared/legacy/docs/deloitte-norcat-future-mining-with-ai-web.pdf>
- ELAW (2010). *Guidebook for Evaluating Mining Project*. Eugene, USA: Environmental Law Alliance Worldwide. Ανακτήθηκε στις 6 Μαρτίου 2022 από: <https://www.elaw.org/mining-eia-guidebook>
- Farmer, J.D. & J.J. Sidorowich, J.J. (1987). Predicting chaotic time series. *Physical Review Letters*, 59(8), 845-848.
- Fountaine, T., McCarthy, B. & Saleh, T. (2019). Building the AI-Powered Organization. *Harvard Business Review*. Ανακτήθηκε στις 23 Φεβρουαρίου 2022 από: <https://hbr.org/2019/07/building-the-ai-powered-organization>
- GMG (2019). *Foundations of AI: A Framework for AI in Mining*. Ανακτήθηκε στις 15 Ιανουαρίου 2022 από: [https://gmgroup.org/wp-content/uploads/2019/10/GMG\\_Foundations-of-AI-A-Framework-for-AI-in-Mining-2019-10-07\\_v01\\_r01.pdf](https://gmgroup.org/wp-content/uploads/2019/10/GMG_Foundations-of-AI-A-Framework-for-AI-in-Mining-2019-10-07_v01_r01.pdf)
- Goodfellow, I., Bengio, Y. & Courville, A. (2016). *Deep Learning*. MIT Press.
- Gurkaynak, G., Yilmaz, I. & Haksever, G. (2016). Stifling artificial intelligence: Human perils. *Computer Law & Security Review*, 32(5). <https://doi.org/10.1016/j.clsr.2016.05.003>

- IBM (2016). *The Four V's of Big Data*. Ανακτήθηκε στις 15 Ιανουαρίου 2022 από: <https://www.ibm.com/blogs/watson-health/the-5-vs-of-big-data/>
- Marr, B. (2018). 27 Incredible Examples of AI And Machine Learning In Practice. Forbes. Ανακτήθηκε στις 5 Φεβρουαρίου 2022 από: <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2018/04/30/27-incredible-examples-of-ai-and-machine-learning-in-practice/>
- Panja, P., Velasco, R., Pathak, M. & Deo, M. (2018). Application of artificial intelligence to forecast hydrocarbon production from shales. *Petroleum*, 4(1), 75-89. <https://doi.org/10.1016/j.petlm.2017.11.003>
- Pennachin C. & Goertzel B. (2007). Contemporary Approaches to Artificial General Intelligence. In: Goertzel B. & Pennachin C. (eds) *Artificial General Intelligence*. Cognitive Technologies. Springer, Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-68677-4\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-540-68677-4_1)
- Privacy International (2019). Data Protection. Ανακτήθηκε στις 23 Φεβρουαρίου 2022 από: <https://privacyinternational.org/data-protection-guide>
- Raji, I.D. & Buolamwini, J. (2019). Actionable Auditing: Investigating the Impact of Publicly Naming Biased Performance Results of Commercial AI Products. Στο *Proceedings of the Association for the Advancement of Artificial Intelligence Conference on AI Ethics and Society, 27-28 January 2019*. Honolulu, Hawaii: Association for Computing Machinery. Ανακτήθηκε στις 23 Φεβρουαρίου 2022 από: [https://dam-prod.media.mit.edu/x/2019/01/24/AIES-19\\_paper\\_223.pdf](https://dam-prod.media.mit.edu/x/2019/01/24/AIES-19_paper_223.pdf)
- Royce, W.W. (1970) Managing the Development of Large Software Systems. In *Proceedings of IEEE WESCON*, 26, 328-388.
- Sandoiu, A. (2019). Artificial intelligence better than humans at spotting lung cancer. Medical News Today (MNT). Ανακτήθηκε στις 5 Φεβρουαρίου 2022 από: <https://www.medicalnewstoday.com/articles/325223#Model-outperformed-all-six-radiologists>
- SAS (2018). *Artificial Intelligence: What happens when you add learning and automation to analytics?* Ανακτήθηκε στις 23 Φεβρουαρίου 2022 από:

[https://www.sas.com/content/dam/SAS/en\\_us/doc/infographic/artificial-intelligence-109282.pdf](https://www.sas.com/content/dam/SAS/en_us/doc/infographic/artificial-intelligence-109282.pdf)

SAS (χ.χ.) *Artificial Intelligence: What it is and why it matters*. Ανακτήθηκε στις 15 Ιανουαρίου 2022 από: [https://www.sas.com/en\\_us/insights/analytics/what-is-artificial-intelligence.html](https://www.sas.com/en_us/insights/analytics/what-is-artificial-intelligence.html)

Strayos (2020). AI Guide for Mining. Ανακτήθηκε στις 15 Ιανουαρίου 2022 από: <https://app.hubspot.com/documents/5288198/view/249885893?accessId=e585d4>

The Montreal Declaration for a Responsible Development of Artificial Intelligence (2018). Ανακτήθηκε στις 23 Φεβρουαρίου 2022 από: <https://www.montrealdeclaration-responsibleai.com/>

Woollam, J., Rietbrock, A., Bueno, A. & De Angelis, S. (2019). Convolutional Neural Network for Seismic Phase Classification, Performance Demonstration over a Local Seismic Network. *Seismological Research Letters* 90(2), 491-502. <https://doi.org/10.1785/0220180312>