



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΚΡΗΤΗΣ

Σχολή Μηχανικών
Παραγωγής και Διοίκησης

Διπλωματική εργασία

«ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΤΕΧΝΗΤΗΣ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗΣ ΓΙΑ ΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΡΓΩΝ»

ΚΑΛΛΙΟΠΗ ΚΑΜΠΟΥΡΟΠΟΥΛΟΥ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:

Στέλιος Τσαφάρας

Χανιά, Ιούνιος 2025

Στον πατέρα μου...

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να αρχίσω την παρούσα εργασία εκφράζοντας τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες σε όσους με στήριξαν κατά την διάρκεια εκπόνησης αυτής της διπλωματικής εργασίας.

Αρχικά, ευχαριστώ θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Στέλιο Τζαφαράκη, για την πολύτιμη καθοδήγηση, τη διαθεσιμότητα του και τις εύστοχες παρατηρήσεις του σε κάθε στάδιο της εργασίας. Θερμές ευχαριστίες απευθύνω επίσης στον κ. Κωνσταντίνο Ζερβουδάκη για την ουσιαστική του συμβολή, την συνέπεια και τις χρήσιμες κατευθύνσεις κατά την πορεία της έρευνας.

Ιδιαίτερη ευγνωμοσύνη οφείλω στην οικογένειά μου, τον σύντροφο μου και τις φίλες μου για την αδιάκοπη στήριξη, την υπομονή και την πίστη τους σε μένα.

Περίληψη

Η τεχνητή νοημοσύνη (TN) θεωρείται ως το μέλλον της τεχνολογικής ανάπτυξης, προσελκύοντας δισεκατομμύρια σε επενδύσεις κάθε χρόνο παγκοσμίως. Αν και βρίσκεται ακόμα σε πρώιμο στάδιο, πολλά εργαλεία και εφαρμογές της υιοθετούνται όλο και περισσότερο στον τομέα της διαχείρισης έργου. Η παρούσα εργασία διερευνά τον ρόλο της TN στην διαχείριση έργων, με έμφαση στον τρόπο με τον οποίο υποστηρίζει την βελτίωση βασικών διαδικασιών. Ο πρωταρχικός στόχος είναι να επισημανθούν οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται πιο συχνά και ο αντίκτυπος τους στα περιβάλλοντα έργων. Για την επίτευξη αυτής της έρευνας πραγματοποιήθηκε μια συστηματική βιβλιογραφική ανασκόπηση, αναλύοντας σχετικές δημοσιεύσεις της τελευταίας πενταετίας. Μετά από μια διαδικασία διαλογής, επιλέχθηκαν 52 μελέτες για περαιτέρω εξέταση με βάση την σαφήνεια και την προσβασιμότητα τους. Οι δημοσιεύσεις αυτές χρησιμοποιήθηκαν για την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με τις θέσεις της επιστημονικής κοινότητας και την τρέχουσα κατάσταση του θέματος. Τα ευρήματα δείχνουν ότι η τεχνητή νοημοσύνη εφαρμόζεται ήδη μέσω διαφόρων αλγορίθμων και συστημάτων, γεγονός που αναδεικνύει την δυνατότητα της τεχνολογίας να βελτιστοποιήσει πτυχές και συνεπώς, την έκβαση ενός έργου. Ωστόσο, η επιτυχής ενσωμάτωση της TN στη διαχείριση έργων απαιτεί κάτι περισσότερο από τεχνολογική πρόοδο. Πρέπει να εξεταστούν διάφορες επιπτώσεις, συμπεριλαμβανομένων των ηθικών, οργανωτικών και τεχνολογικών προκλήσεων. Ο ανθρώπινος παράγοντας θα πρέπει επίσης να λαμβάνεται υπόψη κατά την προσαρμογή στις εξελίξεις που επιφέρει η νέα εποχή. Τέλος, εντοπίζονται τα τρέχοντα ερευνητικά κενά στον τομέα και προτείνονται κατευθύνσεις για μελλοντική έρευνα.

Λέξεις-Κλειδιά: Διαχείριση Έργου, Τεχνητή Νοημοσύνη, Χρονοπρογραμματισμός Έργων, Προγνωστική Ανάλυση, Μηχανική Μάθηση, Βελτιστοποίηση Έργου

Abstract

Artificial Intelligence (AI) is considered the future of technological development, attracting billions in investments each year across the world. Although still in its early stage, many tools and applications are being increasingly adopted in the field of project management. This thesis explores the role of AI in project management with a focus on how it supports the improvement of key processes. The primary objective is to highlight the most used technologies and their impact on project environments. To accomplish this research, a systematic literature review was conducted, analysing relevant international publications of the last five years. After a screening process, 52 papers were selected for further reviewing based on their relevance and accessibility. These studies were used to extract conclusions about the scientific community's opinion and the current state of the topic. The findings indicate that artificial intelligence is already being applied through various algorithms and systems, demonstrating a strong potential to optimize aspects and therefore, the outcome of a projects. However, successful integration of artificial intelligence in project management requires more than technological advancement. Various implications including ethical, organizational and technological challenges are to be considered. The human factor should also be taken into account while navigating these new age advancements. Finally, the study identified current research gaps in the field and proposes directions for further future investigation.

Key-words: Project Management, Artificial Intelligence, Project Scheduling, Predictive Analytics, Machine Learning, Project Optimization

Περιεχόμενα

Περίληψη	iv
Abstract	v
Κατάλογος Εικόνων	viii
Κατάλογος Πινάκων	viii
Κατάλογος Διαγραμμάτων	viii
Συντομογραφίες	ix
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	10
1.1 Εισαγωγή	10
1.1.1 Ορισμός έργου	11
1.1.2 Διαχείριση έργου	12
1.1.3 Διαχειριστής έργου	12
1.1.4 Κύκλος ζωής έργου	12
1.1.5 Το βασικό τρίγωνο	13
I. Παράδειγμα 1 ^ο : Μείωση του Χρόνου Ολοκλήρωσης	14
II. Παράδειγμα 2 ^ο : Μείωση του Προϋπολογισμού	14
III. Παράδειγμα 3 ^ο : Βελτίωση του Πεδίου εφαρμογής	15
1.1.6 Waterfall ή παραδοσιακή διαχείριση έργου	16
1.1.7 Agile ή Ευέλικτη Διαχείριση Έργων	18
1.1.8 Hybrid διαχείριση έργου	19
1.1.9 Ορισμός Τεχνητής Νοημοσύνης	19
1.1.10 Βασικές κατηγορίες TN στην διαχείριση έργου	20
1.1.11 Μηχανική μάθηση (Machine learning)	20
1.1.12 Βαθιά μάθηση (Deep Learning)	21
1.1.13 Επεξεργασία φυσικής γλώσσας (Natural Language Processing)	22
1.2 Ιστορική ανάλυση AI σε PM	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	27
2.1 Μεθοδολογία	27
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	30
3.1 Βιβλιογραφική ανάλυση	30

3.2 Εφαρμογές AI στην διαχείριση έργου - τομείς διαχείρισης έργου που βοηθά η Τεχνητή Νοημοσύνη	32
3.2.1 Χρονική Ανάλυση και Παρακολούθηση Προόδου	32
3.2.2 Αυτοματοποίηση Επαναλαμβανόμενων Εργασιών	32
3.2.3 Διαχείριση Πόρων και πρόβλεψη των αναγκών	34
3.2.4 Ανάλυση και Διαχείριση Κινδύνων.....	35
3.2.6 Επικοινωνία και Συνεργασία	36
3.2.7 Έξυπνες Αναφορές και Οπτικοποίηση Δεδομένων	37
3.3 Αλγόριθμοι Τεχνητής Νοημοσύνης	38
3.3.1 Clustering (K-Means)	38
3.3.2 Μεθευρετικοί αλγόριθμοι (Metaheuristic Algorithms)	39
3.3.4 Γραμμική Παλινδρόμηση (Linear Regression)	42
3.3.5 Τυχαία Δάση (Random Forests)	43
3.3.6 BERT - GPT	44
3.3.7 Monte Carlo Simulation	45
3.3.8 Υβριδικές μέθοδοι.....	46
3.4 Σύγκριση Αλγορίθμων – Διαδικασιών διαχείρισης έργου	47
3.5 KPIs- Project success.....	49
3.6 Στάδια ανάπτυξης και ενσωμάτωσης TN.....	51
3.7 Μελέτη Περίπτωσης - Skanska	54
3.8 Σύγκριση με άλλες Βιβλιογραφικές Ανασκοπήσεις	56
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	57
4.1 RQ1: Ποιες τεχνολογίες τεχνητής νοημοσύνης συμβάλλουν στη βελτίωση των διαδικασιών διαχείρισης έργων;	57
4.2 RQ2: Με ποιους τρόπους ενσωματώνεται η TN στη διαχείριση έργων και πώς επηρεάζει τις πρακτικές διαχείρισης;	59
4.3 RQ3: Ποιες είναι οι βασικές προκλήσεις που προκύπτουν κατά την εφαρμογή της TN στη διαχείριση έργων;	60
4.3.1 Ηθικοί ενδοιασμοί και προκλήσεις	60
4.3.2 Οργανωσιακά προβλήματα	62
4.3.3 Τεχνολογικά ζητήματα	64

4.4 Ερευνητικά κενά	65
4.5 Περιορισμοί έρευνας.....	65
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	66
5.1 Συμπεράσματα	66
Βιβλιογραφία	68

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1.1: Το βασικό τρίγωνο (Dhillon, 2018)	14
Εικόνα 1.2: Μέθοδος Waterfall (Jayathilaka, 2020)	16
Εικόνα 1.3: Τεχνολογίες TN (Sarker, 2022).....	21
Εικόνα 1.4: Νευρωνικά Δίκτυα (Dumbleton, 2020)	22
Εικόνα 1.5: Εξέλιξη TN στην διαχείριση έργων (PwC, 2018).....	25
Εικόνα 1.6: Τεχνολογίες TN στην διαχείριση έργων	26
Εικόνα 3.1: Συσχετίσεις λέξεων-κλειδιά (VOSviewer).....	31
Εικόνα 3.2: Μεθοδολογία χρήσης τεχνητής νοημοσύνης (Parekh et al., 2024)	51

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 2.1: Κριτήρια επιλογής	28
Πίνακας 3.1: Συσχέτιση αλγορίθμων – διαδικασιών	48

Κατάλογος Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 2.1: Διαδικασία μεθοδολογίας.....	29
Διάγραμμα 3.2: Κατανομή δημοσιεύσεων/έτος.....	30

Συντομογραφίες

TN	Τεχνητή Νοημοσύνη
AI	Artificial Intelligence
BERT	Bidirectional encoder representations from transformers
BI	Business Intelligence
BIM	Building Information Modeling
DL	Deep Learning
ERP	Enterprise Resource Planning
GA	Genetic Algorithm
IoT	Internet of Things
IT	Information Technology
KPI	Key Performance Indicator
ML	Machine Learning
NLP	Natural Language Processing
PRINCE2	PRojects IN Controlled Environments
RF	Random Forest

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1 Εισαγωγή

Η Τεχνητή Νοημοσύνη (TN) αποτελεί έναν από τους πλέον ραγδαία αναπτυσσόμενους τομείς της τεχνολογίας, με παγκόσμια επίδραση σε διάφορους κλάδους, συμπεριλαμβανομένης της διαχείρισης έργων. Η παγκόσμια αγορά της τεχνητής νοημοσύνης ξεπέρασε τα 184 δισεκατομμύρια δολάρια το 2024, ενώ οι εκτιμήσεις δείχνουν ότι θα ξεπεράσει τα 826 δισεκατομμύρια δολάρια έως το 2030 (Thormundsson, 2024). Συγκριτικά, το αντίστοιχο μέγεθος της αγοράς το 2023 ήταν 50 δισεκατομμύρια δολάρια μικρότερο αποδεικνύοντας την διαρκώς αυξανόμενη τάση επένδυση και παγκόσμια τάση για την ανάπτυξη των συστημάτων TN. Η επίδραση της TN στην διαχείριση έργου είναι ήδη εμφανής αφού σύμφωνα με τις προβλέψεις, το 37% των έργων θα χρησιμοποιεί TN έως το 2025 (PMI Pulse Report, 2023)¹. Η τάση αυτή αντικατοπτρίζει τη γενικότερη στροφή του επιχειρηματικού περιβάλλοντος προς αυτοματοποιημένες λύσεις.

Η υιοθέτηση της Τεχνητής Νοημοσύνης (TN) από τις επιχειρήσεις παρουσιάζει ταχύτερη ανάπτυξη σε σύγκριση με τον γενικό μέσο όρο ανάπτυξης των εταιρειών. Η εργασιακή δραστηριότητα που συνδέεται με την TN αναμένεται να αυξηθεί με ετήσιο ρυθμό 25% έως 35% μέχρι το 2027 (Bain & Company, 2024)². Επιπλέον, το 2024, το 13,5% των επιχειρήσεων στην Ευρωπαϊκή Ένωση με 10 ή περισσότερους υπαλλήλους χρησιμοποίησαν τεχνολογίες TN, σημειώνοντας αύξηση 5,5 ποσοστιαίων μονάδων σε σχέση με το 2023 (Eurostat, 2025)³. Η ραγδαία αυτή ανάπτυξη αποδεικνύει ότι η TN δεν αποτελεί πλέον μία τεχνολογία του μέλλοντος, αλλά ένα κρίσιμο εργαλείο για τη βελτίωση της παραγωγικότητας και της αποδοτικότητας των επιχειρήσεων.

Η παρούσα εργασία στοχεύει να εξετάσει την εφαρμογή της TN στη διαχείριση έργων, αναλύοντας τόσο τα οφέλη όσο και τους περιορισμούς της. Καθώς η ενσωμάτωσή της γίνεται όλο και πιο διαδεδομένη, είναι κρίσιμο να διερευνηθούν οι επιπτώσεις της και οι προοπτικές που δημιουργεί. Επιπλέον, γίνεται αναφορά στις προκλήσεις και εμπόδια που ενδέχεται να δημιουργήσει.

¹ Project Management Institute. (2023). *Pulse of the Profession 2023: Power Skills, Redefining Project Success (14th ed.)*. PMI. Retrieved from [PMI Official Website](https://www.pmi.org/pulse)

² Bain & Company. (2024). *Technology Report 2024: Technology Industry Trends*. Retrieved from <https://www.bain.com/insights/topics/technology-report/>

³ Eurostat. (2025). *Usage of AI technologies increasing in EU enterprises*. European Commission. <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/w/ddn-20250123-3>

Τα ερωτήματα που σκοπεύει να απαντήσει η έρευνα είναι:

RQ1: Ποιες τεχνολογίες τεχνητής νοημοσύνης συμβάλλουν στη βελτίωση των διαδικασιών διαχείρισης έργων;

RQ2: Με ποιους τρόπους ενσωματώνεται η ΤΝ στη διαχείριση έργων και πώς επηρεάζει τις πρακτικές διαχείρισης;

RQ3: Ποιες είναι οι βασικές προκλήσεις που προκύπτουν κατά την εφαρμογή της ΤΝ στη διαχείριση έργων;

Για την απάντηση αυτών των ερωτημάτων, θα ακολουθηθεί μια συστηματική βιβλιογραφική ανασκόπηση (Systematic Literature Review - SLR), η οποία θα αναλύσει τις υπάρχουσες έρευνες και τάσεις στον τομέα. Η μέθοδος που ακολουθείται διασφαλίζει την αναγνώριση βασικών κατευθύνσεων στην χρήση της τεχνολογίας (Carrera-Rivera et al., 2022). Η ανάλυση των δεδομένων βοηθά στην αξιολόγηση των κύριων τεχνολογιών που εφαρμόζονται στην διαχείριση έργου και τι οφέλη προσφέρουν. Παράλληλα, θα εντοπιστούν ερευνητικά κενά τα οποία απαιτούν περαιτέρω διερεύνηση. Η συμβολή της εργασίας έγκειται στην ανάδειξη της στρατηγικής σημασίας της τεχνητής νοημοσύνης στην διαχείριση έργου και πως οι επιχειρήσεις που ενσωματώνουν έξυπνα εργαλεία μπορούν να βελτιστοποιήσουν βασικές ροές εργασίας.

Η δομή της εργασίας περιλαμβάνει την εισαγωγή, την μεθοδολογία, την ανάλυση των εφαρμογών της τεχνητής νοημοσύνης, την συζήτηση και τα συμπεράσματα. Η εισαγωγή στο θέμα προϋποθέτει τον ορισμό βασικών εννοιών της διαχείρισης έργου και της τεχνητής νοημοσύνης που θα θέσουν το απαραίτητο θεωρητικό υπόβαθρο για τον αναγνώστη.

1.1.1 Ορισμός έργου

Ως έργο ορίζουμε μια χρονικά περιορισμένη προσπάθεια για την δημιουργία ενός μοναδικού προϊόντος. Ένα έργο έχει συγκεκριμένους στόχους, χρονοδιάγραμμα, προϋπολογισμό και διακρίνεται από τις καθημερινές λειτουργίες ενός οργανισμού. Το αποτέλεσμα του έργου είναι μοναδικό και προσυμφωνημένο (Α. Δημητριάδης, 2016).

1.1.2 Διαχείριση έργου

Η διαχείριση έργου (Project Management) ορίζεται ως η εφαρμογή διαδικασιών, μεθόδων, δεξιοτήτων, γνώσεων και εμπειρίας για την επίτευξη συγκεκριμένων στόχων του έργου σύμφωνα με τα κριτήρια αποδοχής του έργου εντός συμφωνημένων παραμέτρων. Περιλαμβάνει το σχεδιασμό, την οργάνωση και τη διαχείριση των πόρων για την επιτυχή ολοκλήρωση συγκεκριμένων στόχων και σκοπών, που συχνά καταλήγουν στη δημιουργία ενός μοναδικού προϊόντος, υπηρεσίας ή αποτελέσματος (APM Body of Knowledge 7th edition, 2019).

1.1.3 Διαχειριστής έργου

Ο διαχειριστής έργου (Project Manager) αποτελεί το άτομο που συντονίζει και κατευθύνει όλο το έργο. Ως βασικός υπεύθυνος για την λήψη αποφάσεων, κατέχει καθοριστικό ρόλο στην επιτυχία του έργου (Henkel et al., 2019). Λειτουργεί ως συνδετικός παράγοντας μεταξύ της εκτελεστικής ομάδας και των ενδιαφερόντων (stakeholders), συνδυάζοντας τεχνικές, διαχειριστικές και επικοινωνιακές δεξιότητες. Οι αρμοδιότητες του διαχειριστή εκτείνονται σε όλο τον κύκλο ζωής του έργου και εξαρτώνται από τις ιδιαίτερες ανάγκες του έργου και την οργάνωση του εργολήπτη.

1.1.4 Κύκλος ζωής έργου

Ο κύκλος ζωής έργου αναφέρεται στην ακολουθία διαδοχικών σταδίων για την οργάνωση, ανάπτυξη και τελικά επίτευξη του έργου. Στην διαχείριση έργων, η κατανόηση του κύκλου ζωής συντελεί στην ρύθμιση παραμέτρων και στην διασφάλιση της επιτυχίας του έργου. Κάθε έργο, ανεξάρτητα από την πολυπλοκότητα ή την φύση του, αποτελείται από φάσεις. Οι φάσεις αποτελούνται από σύνολα εργασιών που έχουν ομαδοποιηθεί με σκοπό την ολοκλήρωση επιμέρων στόχων. Αποτελέσματα των φάσεων του έργου είναι τα παραδοτέα (Deliverables) τα οποία αποτελούν ενδιάμεσα προϊόντα και καθορίζουν τα ορόσημα (Milestones). Τα ορόσημα είναι σημαντικά σημεία αναφοράς σε κάθε φάση του έργου και βοηθούν στην οργάνωση του. Ο διαχειριστής του έργου χρησιμοποιεί τα ορόσημα για την ανασκόπηση και αξιολόγηση της προόδου, ενώ τα παραδοτέα αποτελούν τεκμήρια της προόδου αυτής. Το τέλος κάθε

φάσης επιτρέπει την ενδοσκόπηση του έργου και την μετάβαση στην επόμενη φάση εφόσον υπάρχει (Kerzner, 2017).

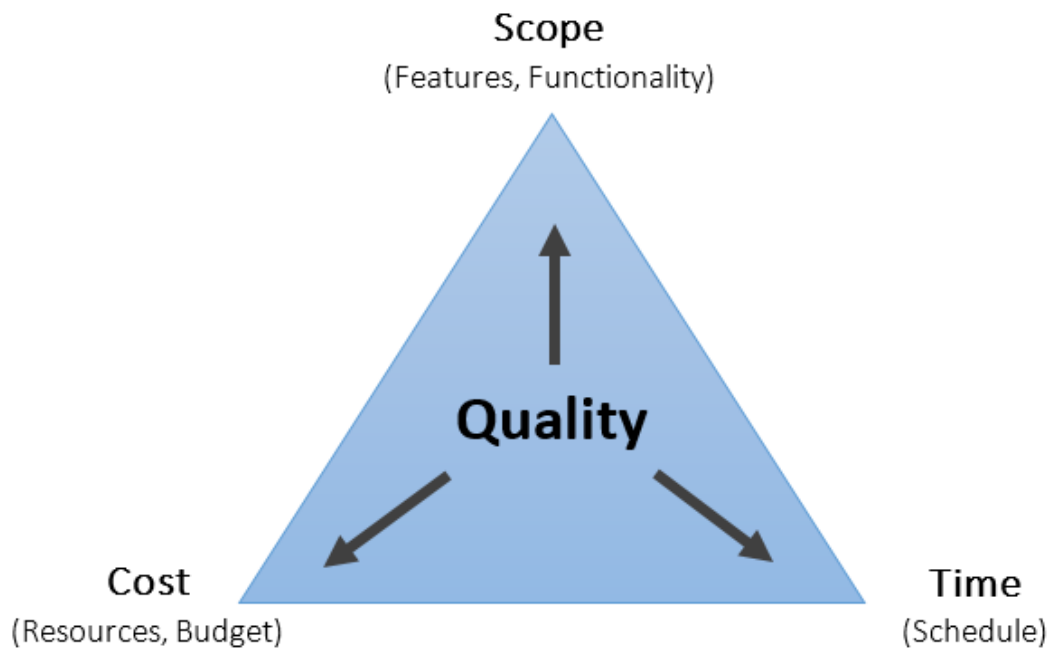
To Project Management Institute ορίζει τις φάσεις του έργου ως εξής:

- Έναρξη (Initiation)
- Σχεδιασμός (Planning)
- Υλοποίηση (Execution)
- Παράδοση (Closure)

1.1.5 Το βασικό τρίγωνο

Στην διαχείριση έργου, το βασικό τρίγωνο αποτελεί μια θεμελιώδης αρχή που περιγράφει την σχέση μεταξύ τριών παραγόντων: του χρόνου (time), του κόστους (cost) και του πεδίου εφαρμογής (scope). Ο χρόνος αναφέρεται στο συνολικό χρονικό διάστημα που θα χρειαστεί ένα έργο για την ολοκλήρωση του. Το κόστος περιλαμβάνει τον προϋπολογισμό που απαιτείται για το έργο, τέτοιες δαπάνες συμπεριλαμβάνουν τον εξοπλισμό, το ανθρώπινο δυναμικό και άλλα λειτουργικά έξοδα. Στο φάσμα του πεδίου εφαρμογής περιέχονται όλα τα χαρακτηριστικά και οι διαδικασίες που έχουν απαιτηθεί για την επίτευξη του έργου, όπως προδιαγραφές και παραδοτέα (Kerzner, 2009).

Αυτοί οι παράγοντες είναι αλληλένδετοι μεταξύ τους και λειτουργούν εις βάρος των υπολοίπων, δηλαδή κάθε αλλαγή σε αυτούς επηρεάζει την συνολική ισορροπία του έργου. Η ποιότητα απεικονίζεται στο κέντρο του τριγώνου (Εικ. 1.1) καθώς αποτελεί τον κεντρικό στόχο (Quality at the Center). Σε αυτή την προσέγγιση, η ποιότητα δεν αντιμετωπίζεται ως μια συνιστώσα αλλά ως βασική και αδιαπραγμάτευτη αξία. Η ρύθμιση του τριγώνου επιτρέπει στον διαχειριστή την ευελιξία σε περιπτώσεις προκλήσεων και αλλαγών των αναγκών του έργου.



Εικόνα 1.1: Το βασικό τρίγωνο (Dhillon, 2018)

Παρακάτω παρουσιάζονται προβλήματα που προκύπτουν στην διαχείριση έργου και πως μπορούν να αντιμετωπιστούν από τον διαχειριστή, κάνοντας χρήση της μεθοδολογίας τριγώνου (Vahidi and Greenwood, 2009):

I. Παράδειγμα 1^ο : Μείωση του Χρόνου Ολοκλήρωσης

Ας υποθέσουμε ότι ένας πελάτης ζητά την ολοκλήρωση του έργου νωρίτερα από το προβλεπόμενο χρονοδιάγραμμα. Για να επιτευχθεί αυτό, ο διαχειριστής μπορεί να μεταβάλει τις άλλες συνιστώσες:

- i. Αύξηση του Κόστους: Η μείωση του χρόνου μπορεί να απαιτήσει την πρόσληψη επιπλέον προσωπικού ή την εργασία υπερωριών για τα μέλη της ομάδας, αυξάνοντας τον συνολικό προϋπολογισμό του έργου.
- ii. Περιορισμό του Πεδίου Εφαρμογής: Μπορεί να χρειαστεί να μειωθεί το εύρος των παραδοτέων ή να απλοποιηθούν ορισμένες λειτουργίες για να εξοικονομηθεί χρόνος.

II. Παράδειγμα 2^ο : Μείωση του Προϋπολογισμού

Σε περιπτώσεις που ο προϋπολογισμός μειώνεται, π.χ., λόγω οικονομικών περιορισμών, ενδέχεται να χρειαστεί:

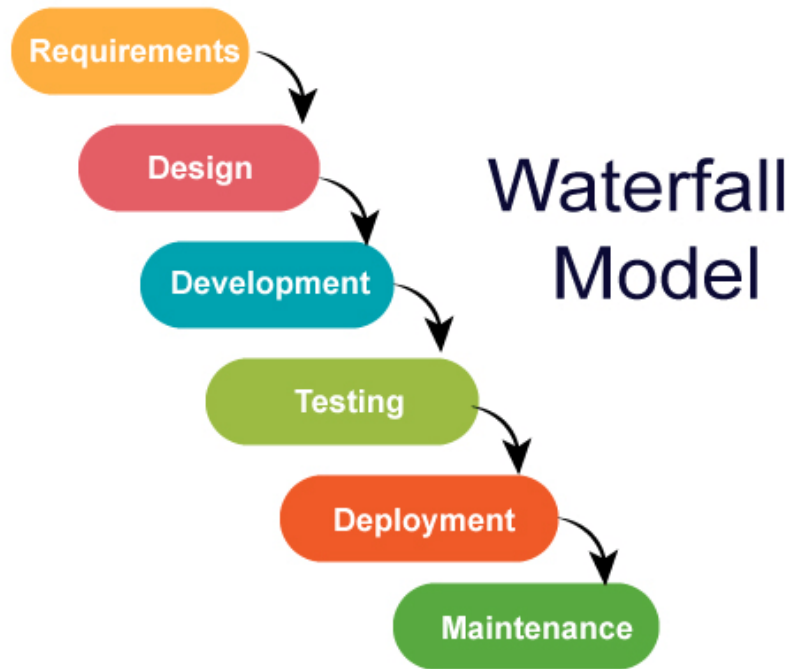
- i. Μείωση του Πεδίου Εφαρμογής: Μερικές απαιτήσεις ή λειτουργίες μπορεί να αφαιρεθούν, περιορίζοντας το τελικό αποτέλεσμα του έργου για να παραμείνει εντός του νέου προϋπολογισμού.
- ii. Αύξηση του Χρόνου: Η μείωση του κόστους μπορεί να απαιτήσει μικρότερη ομάδα ή πιο αργούς ρυθμούς ολοκλήρωσης, παρατείνοντας τον χρόνο για την παράδοση του έργου.

III. Παράδειγμα 3^ο : Βελτίωση του Πεδίου εφαρμογής

Αν ο πελάτης ζητήσει μεγαλύτερο πεδίο εφαρμογής ή βελτιώσεις στην υπάρχουσα λειτουργικότητα, τότε μπορεί να επηρεαστούν ανάλογα:

- i. Αύξηση του Κόστους: Η αύξηση των παραδοτέων μπορεί να απαιτεί περισσότερα υλικά, πιο εξειδικευμένο προσωπικό ή επιπλέον ελέγχους, κάτι που θα αυξήσει τον προϋπολογισμό.
- ii. Αύξηση του Χρόνου: Η διαδικασία για την εξασφάλιση περισσότερων απαιτήσεων μπορεί να απαιτεί πρόσθετο χρόνο για τον επανέλεγχο και τις δοκιμές του έργου.

1.1.6 Waterfall ή παραδοσιακή διαχείριση έργου



Εικόνα 1.2: Μέθοδος Waterfall (Jayathilaka, 2020)

Ως παραδοσιακή διαχείριση έργου αναφέρεται η διαχείριση που έχει προκαθορισμένα βήματα. Το μοντέλο waterfall, χρησιμοποιείται από την δεκαετία του 1970. Το όνομα του υποδηλώνει και τον τρόπο λειτουργίας του, τα βήματα γίνονται αλυσιδωτά ενώ απαιτείται η ολοκλήρωση του προηγούμενου βήματος για την έναρξη του επόμενου (Εικ. 1.2). Οι αλλαγές είναι δύσκολες κατά την διάρκεια του έργου καθώς αποτελεί μια συντηρητική προσέγγιση. Αυτός ο τύπος διαχείρισης είναι κατάλληλος για τα έργα που έχουν σαφείς και ξεκάθαρες απαιτήσεις από την αρχή όπως μεγάλα κατασκευαστικά έργα ή έργα μηχανολογίας που απαιτούν λεπτομερή σχεδιασμό πριν την έναρξη (PMI-PMBOK, 2017).

Τα στάδια της διαδικασίας Waterfall είναι πέντε και περιγράφονται παρακάτω (Senerath 2021):

i. Συλλογή απαιτήσεων

Σε αυτό το αρχικό στάδιο της παραδοσιακής διαχείρισης έργων, συλλέγονται οι απαιτήσεις που θα κρίνουν το έργο ως επιτυχημένο. Αποτελεί κρίσιμο στάδιο καθώς θέτει τις βάσεις για ολόκληρο το έργο. Ο κύριος στόχος της συλλογής απαιτήσεων είναι να καθοριστούν και να καταγραφούν όλες οι απαιτήσεις που έχουν όλοι οι ενδιαφερόμενοι από το έργο. Ως ενδιαφερόμενοι αναφέρονται οι πελάτες, οι τελικοί χρήστες και άλλοι που επηρεάζονται από το έργο. Επειδή οι εργασίες στην μέθοδο αυτή είναι αλυσιδωτές και εξαρτώνται από τα προηγούμενα βήματα, απαιτείται πολλή προνοητικότητα.

ii. Σχεδιασμός

Το στάδιο του σχεδιασμού διαδέχεται την συλλογή απαιτήσεων και επικεντρώνεται στην ανάπτυξη λύσεων που ανταποκρίνονται σε αυτές. Καθορίζεται ο τρόπος με τον οποίο θα υλοποιηθεί το έργο καθώς και ο τρόπος που θα διανεμηθούν οι πόροι και αρμοδιότητες. Ο αναλυτικός σχεδιασμός περιλαμβάνει τον προσδιορισμό χρονοδιαγραμμάτων για κάθε φάση του έργου ενώ προβλέπονται πιθανοί κίνδυνοι που θα οδηγούσαν σε καθυστερήσεις.

iii. Υλοποίηση

Στην υλοποίηση του έργου γίνεται πρακτική εφαρμογή των συμφωνηθέντων των προηγούμενων σταδίων. Στόχος της υλοποίησης είναι η διεκπαιέρωση της κατασκευής του προϊόντος διασφαλίζοντας ότι πληροί όλες τις λειτουργικές και μη λειτουργικές απαιτήσεις που έχουν καθοριστεί. Το στάδιο αυτό αποκαλύπτει τυχόν παραλείψεις σε προηγούμενα στάδια.

iv. Έλεγχος

Αφού κατασκευαστεί το προϊόν και προτού παραδοθεί, πρέπει να διασφαλιστεί ότι πληροί όλες τις προδιαγραφές που συμφωνήθηκαν στο στάδιο της συλλογής απαιτήσεων. Ο έλεγχος βοηθά στην ανίχνευση τυχόν σφαλμάτων ή παραλείψεων με σκοπό την διόρθωση τους. Η ποιότητα και ακρίβεια των

δοκιμών καθιστούν επιτυχές το έργο, ενώ η τελική έγκριση από τους χρήστες επικυρώνει ότι το έργο είναι έτοιμο για παράδοση.

ν. Παράδοση και συντήρηση

Τέλος, η παράδοση του έργου σηματοδοτεί την ολοκλήρωση και παράδοση του στους τελικούς χρήστες. Σε αυτό το στάδιο, το έργο είναι πλέον έτοιμο προς χρήση και επικυρώνεται η επιτυχία του σύμφωνα με τις προδιαγραφές του. Συχνά, μετά την παράδοση του έργου, η ομάδα διαχείρισης μπορεί να παρέχει υποστήριξη και συντήρηση για μια προκαθορισμένη περίοδο και μέχρι να εξασφαλιστεί η πλήρης λειτουργικότητα του.

1.1.7 Agile ή Ευέλικτη Διαχείριση Έργων

Η ευέλικτη διαχείριση έργων ή όπως είναι ευρέως γνωστή, agile project management, βασίζεται στην προσαρμοστικότητα και την ευελιξία κατά την διάρκεια ανάπτυξης ενός έργου. Χρησιμοποιείται συχνά στις βιομηχανίες ανάπτυξης λογισμικού, σε τεχνολογίες πληροφορικής και σχεδιασμού προϊόντων, δηλαδή σε περιβάλλοντα όπου οι απαιτήσεις είναι δυναμικές ή ασαφείς από την αρχή (Stare, 2013). Η μέθοδος αυτή απαιτεί βελτίωση σε κάθε στάδιο της, διαφοροποιώντας την αισθητά από την παραδοσιακή διαχείριση έργου που ακολουθεί μια γραμμική πορεία. Το έργο χωρίζεται σε μικρά, ανεξάρτητα μέρη που ονομάζονται sprints. Τα sprints πολλές φορές παρομοιάζονται με έναν κύκλο συνεχούς βελτίωσης. Κάθε κύκλος ή sprint περιλαμβάνει την ανάπτυξη μιας λειτουργικής μονάδας του έργου με σκοπό την βελτίωση και την προσαρμογή στα νέα δεδομένα ή τις ανάγκες των πελατών. Ο κύκλος ολοκληρώνεται με μια αξιολόγηση και συζητήσεις για βελτιώσεις, όπου εξετάζετε τι λειτούργησε σωστά και τι μπορεί να αλλάξει. Η συνεχής επικοινωνία και συνεργασία μεταξύ των μελών της ομάδας και του πελάτη είναι απολύτως απαραίτητη για την ομαλή διαχείριση ευέλικτων έργων. Με αυτό τον τρόπο δίνεται βήμα σε νέες ιδέες και προτάσεις που ενσωματώνονται σε επόμενους κύκλους βελτίωσης.

Δημοφιλείς ευέλικτες μεθοδολογίες που συναντούνται στην βιομηχανία αποτελούν οι (Daraojimba et al. 2024) :

Scrum: Μια από τις πιο δημοφιλείς Agile μεθοδολογίες, βασισμένη στη διαχείριση έργων μέσω επαναλαμβανόμενων sprints

Kanban: Μια οπτική μέθοδος που βασίζεται στη διαχείριση ροής εργασιών μέσω ενός πίνακα Kanban, όπου οι εργασίες κατανέμονται σε στήλες όπως: προς διεκπεραίωση (To Do), σε εξέλιξη (In Progress) και έτοιμο (Done).

Lean: Προερχόμενη από την παραγωγική διαδικασία της Toyota, η Lean μεθοδολογία επικεντρώνεται στην εξάλειψη της σπατάλης, στη συνεχή βελτίωση και στη μεγιστοποίηση της αξίας προς τον πελάτη.

PRINCE2: Ένας συνδυασμός των παραδοσιακών αρχών του PRINCE2 με τις ευέλικτες πρακτικές του Agile.

1.1.8 Hybrid διαχείριση έργου

Η υβριδική διαχείριση έργων (Hybrid Project Management) αποτελεί μια προσέγγιση που συνδυάζει διαφορετικές μεθοδολογίες διαχείρισης έργων, όπως το παραδοσιακό (Waterfall) και το ευέλικτο (Agile) μοντέλο, για να αντιμετωπίσει τις ανάγκες και τις προκλήσεις ενός έργου. (Agbejule and Lethineva, 2022). Αν και οι παραδοσιακές με τις ευέλικτες μέθοδοι διαχείρισης έργων λειτουργούν με διαφορετικές αρχές, η υβριδική προσέγγιση επιτρέπει την προσαρμογή και τη χρήση των καταλληλότερων στοιχείων από κάθε προσέγγιση, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του έργου.

Η ανάγκη για υβριδική διαχείριση έργων προκύπτει συχνά σε περιβάλλοντα όπου διαφορετικά τμήματα ή φάσεις του έργου απαιτούν διαφορετικά εργαλεία και μεθοδολογίες. Για παράδειγμα, η παραδοσιακή διαχείριση (waterfall) είναι κατάλληλη για φάσεις όπου οι απαιτήσεις είναι σταθερές και οι διαδικασίες καλά καθορισμένες, ενώ η ευέλικτη διαχείριση είναι πιο αποτελεσματική σε φάσεις όπου οι απαιτήσεις είναι δυναμικές και εξελίσσονται κατά τη διάρκεια του έργου (Hass, 2007).

1.1.9 Ορισμός Τεχνητής Νοημοσύνης

Η τεχνητή νοημοσύνη (Artificial Intelligence – AI) ή TN για συντομία, είναι ο κλάδος της επιστήμης υπολογιστών ο οποίος επικεντρώνεται στην ανάπτυξη ευφυιών συστημάτων, ικανών να εκτελούν εργασίες που απαιτούν ανθρώπινη νοημοσύνη και συμπεριφορά, όπως η αντίληψη, η λήψη αποφάσεων, η αναγνώριση προτύπων και η μάθηση (Russell & Norvig, 2016).

1.1.10 Βασικές κατηγορίες ΤΝ στην διαχείριση έργου

Η τεχνητή νοημοσύνη αποτελεί ένα επαναστατικό εργαλείο καθώς αλλάζει δραστικά τον τρόπο λειτουργίας των επιχειρήσεων. Οι παραδοσιακές μέθοδοι διαχείρισης έργου βασίζονται κυρίως στην ανθρώπινη κρίση και εμπειρία με αποτέλεσμα να ενέχει ο κίνδυνος του ανθρώπινου σφάλματος και της μειωμένης ταχύτητας απόκρισης. Το κενό αυτό συμπληρώνεται με την χρήση τεχνολογιών όπως η μηχανική μάθηση (machine learning), η επεξεργασία φυσικής γλώσσας (NLP), η βαθιά μάθηση (deep learning), ρομποτική αυτοματοποίηση διαδικασιών (RPA) (Sahadevan, 2023).

1.1.11 Μηχανική μάθηση (Machine learning)

Η μηχανική μάθηση είναι ο κλάδος της τεχνητής νοημοσύνης που επιτρέπει στους υπολογιστές να μαθαίνουν από ιστορικό και δεδομένα με σκοπό την βελτίωση τους, χωρίς να είναι ρητά προγραμματισμένοι για αυτό (Mitchell, 1997). Μέσω της μηχανικής μάθησης γίνεται χρήση στατιστικών και υπολογιστικών μεθόδων που επιτρέπουν σε ένα σύστημα να λάβει αποφάσεις βάση εμπειρίας. Αποτελεί την κύρια μορφή τεχνητής νοημοσύνης.

Οι μέθοδοι μηχανικής μάθησης χωρίζονται σε τρεις βασικές κατηγορίες:

- Επιτηρούμενη μάθηση (Supervised Learning)

Η επιτηρούμενη ή επιβλεπόμενη μάθηση αποτελεί την πιο γνωστή μέθοδο της μηχανικής μάθησης, όπου το υπολογιστικό σύστημα δέχεται ένα σύνολο εισόδων (inputs) αλλά και επιθυμητών εξόδων (outputs). Ο σκοπός της μεθόδου είναι η εκπαίδευση και τέλος η σωστή πρόβλεψη αποτελεσμάτων για κάθε είσοδο. Γνωστοί αλγόριθμοι για εξαγωγή προγνώσεων είναι: Γραμμική Παλινδρόμηση (Linear Regression), Απόφαση Δέντρου (Decision Tree), Δάσος Τυχαίων Δέντρων (Random Forest).

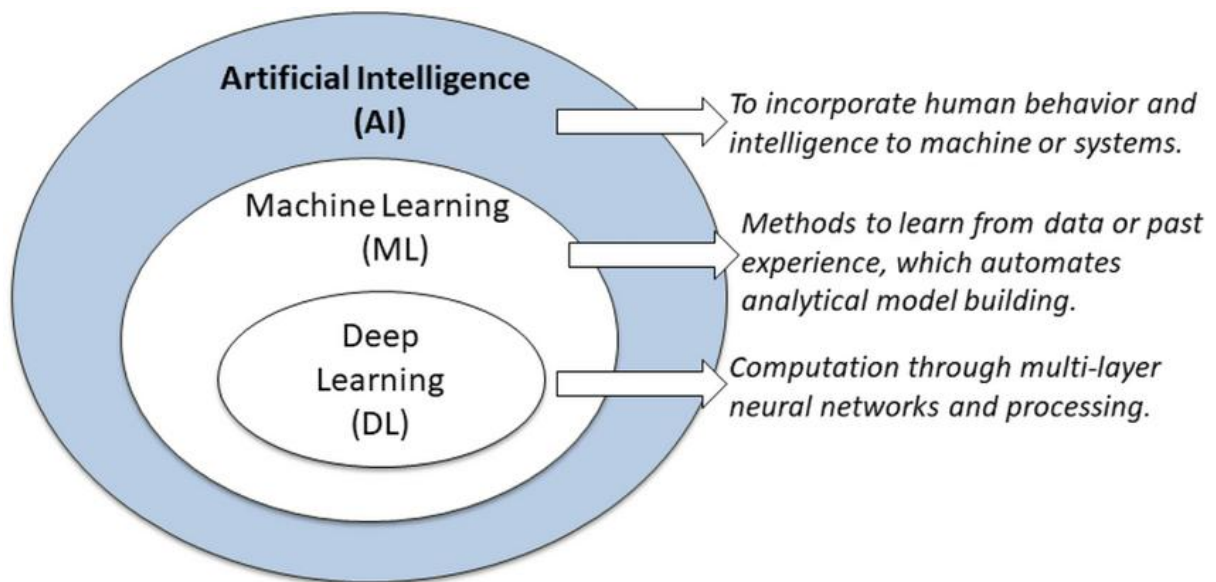
- Μη επιτηρούμενη μάθηση (Unsupervised Learning)

Στην μη επιτηρούμενη μάθηση, σε αντίθεση με την επιτηρούμενη, τα μοντέλα δεν λαμβάνουν τα επιθυμητά αποτελέσματα εξόδου εξ' αρχής αλλά μαθαίνουν να αναγνωρίζουν κρυμμένα μοτίβα και

δομές στα δεδομένα που δέχονται. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν οι αλγόριθμοι ομαδοποίησης: Ομαδοποίηση K-Μέσων (K-Means Clustering), Ιεραρχική Ομαδοποίηση (Hierarchical Clustering) .

- Ενισχυτική μάθηση (Reinforcement Learning)

Η μέθοδος της ενισχυτικής μάθησης αποσκοπεί στην μεγιστοποίηση των αποτελεσμάτων μέσω της στρατηγικής λήψης αποφάσεων. Ο υπολογιστής αλληλοεπιδρά δυναμικά με το περιβάλλον του και εμπειρικά παράγει την ανάλογη αντίδραση. Δημοφιλείς αλγόριθμοι της ενισχυτικής μάθησης: Q-Learning, Πολιτική Βαθμιδώσεων (Policy Gradient).

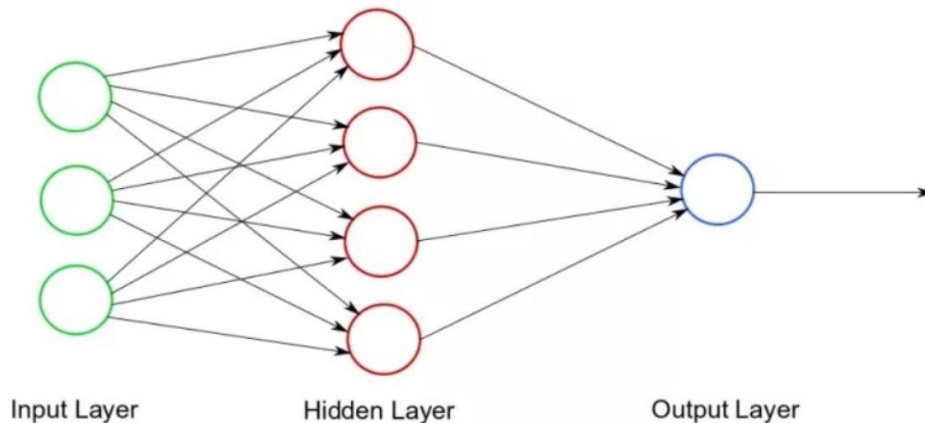


Εικόνα 1.3: Τεχνολογίες ΤΝ (Sarker, 2022)

1.1.12 Βαθιά μάθηση (Deep Learning)

Στον τομέα της τεχνητής νοημοσύνης, εμπεριέχεται και η βαθιά μάθηση, υποκατηγορία της μηχανικής μάθησης (Εικ.1.3). Η βαθιά μάθηση ασχολείται με την μελέτη νευρωνικών δικτύων (Neural Networks)

πολλαπλών επιπέδων (layers) και την εκπαίδευση τους σε μεγάλα, σύνθετα σύνολα δεδομένων. Όπως στην ανθρώπινη ανατομία του εγκεφάλου, έτσι οι νευρώνες συνδέονται μεταξύ τους και μεταδίδουν πληροφορίες μέσω νευρικών ινών. Στα πρώτα επίπεδα, το δίκτυο μαθαίνει απλά χαρακτηριστικά των δεδομένων, όπως εικόνες και κείμενο, ενώ στα βαθύτερα επίπεδα αρχίζει να αναγνωρίζει πιο σύνθετες δομές, όπως πρόσωπα ή αντικείμενα (Goodfellow et al., 2016).



Εικόνα 1.4: Νευρωνικά Δίκτυα (Dumbleton, 2020)

1.1.13 Επεξεργασία φυσικής γλώσσας (Natural Language Processing)

Η επεξεργασία φυσικής γλώσσας (NLP) μελετά και αναπτύσσει την σχέση μεταξύ ανθρώπινης γλώσσας και υπολογιστών. Συγκεκριμένα εστιάζει στην κατανόηση, ανάλυση και σύνθεση της γλώσσας από τις μηχανές, επιτρέποντας στους υπολογιστές να κατανοούν και να ανταποκρίνονται όπως κάνουν οι άνθρωποι, σε φυσική γλώσσα. (Jurafsky & Martin, 2019).

Έχει την δυνατότητα να ερμηνεύει όχι μόνο γλωσσικά, αλλά μπορεί να αναγνωρίζει πιο βαθιά στοιχεία όπως το συναίσθημα σε γραπτό και προφορικό επίπεδο. Η τεχνολογία της NLP βοηθά στην επίλυση προβλημάτων που σχετίζονται με την γλώσσα προσφέροντας αυτοματοποιημένες λύσεις αλληλεπίδρασης. Πλέον, περιέχει ένα ευρύ πεδίο εφαρμογών, πολλά από τα οποία αποτελούν κομμάτι της καθημερινότητας μας όπως (Geetha et al., 2023) :

- Μηχανική Μετάφραση (Machine Translation)

Γνωστές και εύχρηστες τεχνολογίες όπως το Google Translate και το DeepL χρησιμοποιούν NLP για την αυτόματη μετάφραση κειμένων από μία γλώσσα σε άλλη, διατηρώντας την εννοιολογική συνοχή του αρχικού κειμένου.

- Ανάλυση Κειμένου (Text Analysis)

Η τεχνολογία μπορεί να αναλύει μεγάλα κείμενα, όπως άρθρα, κριτικές πελατών και ερωτηματολόγια, εξάγοντας χρήσιμα συμπεράσματα. Ακόμα, μηχανές αναζήτησης όπως η Google, βασίζονται στην επεξεργασία κειμένου ώστε να εμφανίσουν τα πιο σχετικά αποτελέσματα για τον χρήστη.

- Αναγνώριση ομιλίας (Speech Recognition)

Τα συστήματα έχουν την δυνατότητα να αναγνωρίζουν τον ανθρώπινο προφορικό λόγο μετατρέποντας τον σε κείμενο. Ψηφιακοί βοηθοί όπως η Alexa και η Siri, βασίζονται στην NLP για την κατανόηση και την απάντηση σε φωνητικές εντολές.

- Δημιουργία γλώσσας (Language Generation)

Η NLP ασχολείται με τη δημιουργία λόγου που προσεγγίζει την ανθρώπινη έκφραση. Η τεχνολογία έχει την δυνατότητα να παράγει συνεκτικές προτάσεις, να συντάσσει περιλήψεις από μεγάλα κείμενα και να διαμορφώνει απαντήσεις σε φυσική γλώσσα για συστήματα chatbots και εικονικούς βοηθούς.

- Ανάλυση Συναισθήματος (Sentiment analysis)

Χρησιμοποιείται για την ανάλυση συναισθημάτων σε κείμενα, όπως κριτικές και αναρτήσεις στα μέσα κοινωνικής δικτύωσης, για να καταλάβει αν ο τόνος είναι θετικός, αρνητικός ή ουδέτερος.

1.2 Ιστορική ανάλυση AI σε PM

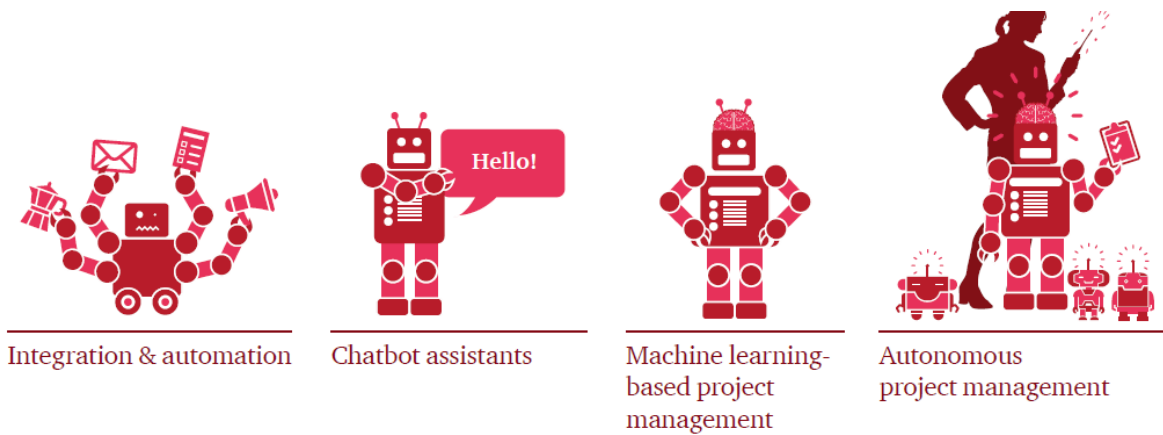
Η διαχείριση έργων έχει εξελιχθεί σημαντικά τις τελευταίες δεκαετίες με την μετάβαση από παραδοσιακές μεθόδους σε πιο ευέλικτες και τεχνολογικά προηγμένες προσεγγίσεις. Αρχικά, η διαχείριση έργων βασιζόταν σε γραμμικά μοντέλα που ακολουθούσαν προκαθορισμένα βήματα και αυστηρή τήρηση

τους. Οι ευέλικτες προσεγγίσεις προσέφεραν μια νέα οπτική στην αντιμετώπιση δυναμικών και πολύπλοκων εργαών, επιτρέποντας την προσαρμοστικότητα στις νέες απαιτήσεις (Behrens et al. 2021). Παρά την αλλαγή αυτή, η ενσωμάτωση των ευέλικτων μεθόδων δεν ήταν αρκετή για να καλύψει τις αυξανόμενες ανάγκες των σύγχρονων έργων και συνεπώς σύντομα, δημιουργήθηκε η ανάγκη για σύγχρονα συστήματα που μπορούν να προσφέρουν την επιπλέον προσαρμοστικότητα.

Η τεχνητή νοημοσύνη στην διαχείριση έργου έχει σημειώσει μεγάλη πρόοδο τις τελευταίες δεκαετίες με τα νέα στοιχεία να μιλάνε για πλήρης αυτοματοποίηση των έργων μέχρι το 2030 (Georgiev et al. 2024). Η εξέλιξη της στον τομέα μπορεί να χωριστεί σε τέσσερις φάσεις της υιοθέτησης της ΤΝ στη διαχείριση έργων (Ruiz et al. 2021). Η αρχή της εμφάνισης τεχνολογιών ΤΝ χρονολογείται στο 1983 με την εισαγωγή λογισμικών παρακολούθησης εργαών. Αυτά τα εργαλεία επέτρεψαν την καλύτερη παρακολούθηση που μέχρι τότε γινόταν χειροκίνητα με σημειώσεις. Στην δεύτερη φάση αρχίζουν να εμφανίζονται εργαλεία τα οποία χρησιμοποιούν απλή τεχνητή νοημοσύνη κυρίως για τις ανάγκες της διαχείρισης δεδομένων και της πρόβλεψης χρονοδιαγραμμάτων ή προϋπολογισμών.

Οι πρώτες δύο φάσεις περιγράφονται ως αδύναμες αφού κάνουν χρήση απλής τεχνητής νοημοσύνης, με τον διαχωρισμό να γίνεται στην 3η φάση που πλέον η τεχνολογία γίνεται πιο συνηδειτή και χαρακτηρίζεται ως προηγμένη (PWC, 2018)⁴. Η ανάπτυξη των προηγμένων συστημάτων τεχνητής νοημοσύνης με δυνατότητα ανάλυσης μεγάλων δεδομένων και μηχανικής μάθησης, καθιστούν την διαχείριση έργου πιο προληπτική (Taboada, 2023). Στην τέταρτη φάση πλέον αναμένεται πλήρης αυτοματοποίηση των διαδικασιών διαχείρισης έργου, με έξυπνα συστήματα που είναι ικανά να διαχειρίζονται διαδικασίες σχεδόν αυτόνομα. Ο ρόλος των ανθρώπων μετατρέπεται σε εποπτικό, αναλαμβάνοντας κυρίως στρατηγικές αποφάσεις. Όλα τα στάδια της εξέλιξης παρουσιάζονται στην Εικόνα 1.5.

⁴ PwC. (2018). *AI will transform project management – Are you ready?* PwC Switzerland. Retrieved from <https://www.pwc.ch/en/insights/risk/ai-will-transform-project-management-are-you-ready.html>

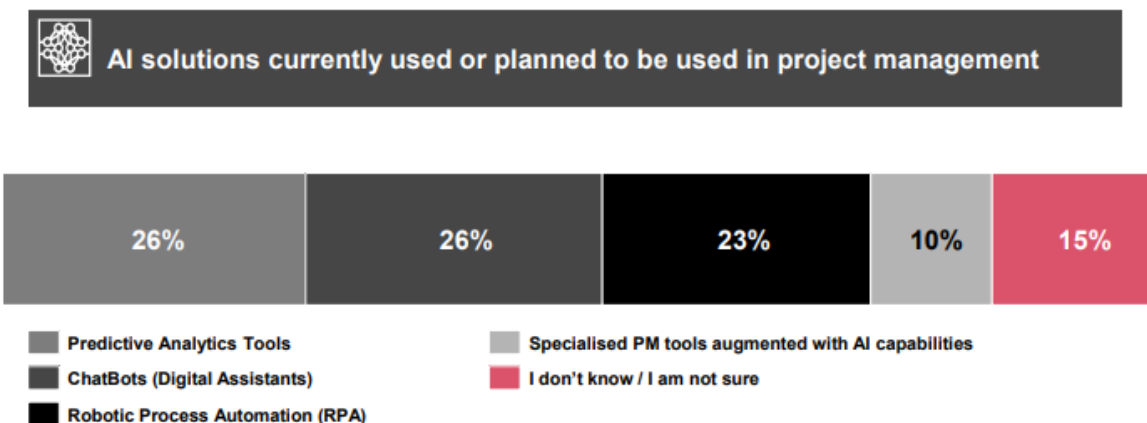


Εικόνα 1.5: Εξέλιξη ΤΝ στην διαχείριση έργων (PwC, 2018)

Από διάφορους επιχειρηματικούς κλάδους, οι τεχνολογίες ΤΝ αρχίζουν να αναδεικνύονται ως το εργαλείο του μέλλοντος της διαχείρισης έργου (Vicci, 2024). Καθώς οι οργανισμοί αναζητούν αποτελεσματικότερους τρόπους διαχείρισης πολύπλοκων έργων, η ενσωμάτωση προηγμένων εργαλείων ΤΝ αναδεικνύεται ως η επόμενη μεγάλη τάση στον χώρο της διαχείρισης έργων. Οι πιο καθοριστικοί παράγοντες που οδηγούν τις επιχειρήσεις, και ειδικά τις μικρομεσαίες, στην υιοθέτηση τεχνολογιών αποτελούν η πίεση από τον ανταγωνισμό για καινοτομία, η παροχή εκπαίδευσης στους εργαζομένους και η εξωτερική υποστήριξη από συμβούλους ΤΝ (Ingalagi et al., 2021).

Η μελέτη του IPMA & PwC, 2020⁵ τονίζει τα εργαλεία τα εργαλεία που θα ενσωματωθούν στις διαδικασίες διαχείρισης έργου (Εικ. 1.6). Οι εταιρείες σκοπεύουν να δώσουν μεγαλύτερη βαρύτητα σε εργαλεία προγνωστικής ανάλυσης όπως μηχανική μάθηση, σε ψηφιακούς βοηθούς και chatbots με την χρήση NLP αλλά και σε ρομποτική αυτοματοποίηση εργασιών (RPA).

⁵ IPMA & PwC. (2020). *Artificial intelligence impact in project management: Full final report*. IPMA & PwC. Retrieved from <https://www.ipma.world>



Εικόνα 1.6: Τεχνολογίες ΤΝ στην διαχείριση έργων

Συνολικά, η εξέλιξη της χρήσης της ΤΝ στη διαχείριση έργων αντικατοπτρίζει μια μετατόπιση από τις παραδοσιακές με στόχο τη βελτίωση της αποδοτικότητας, της ακρίβειας και της προσαρμοστικότητας των έργων. Η αλλαγή αυτή δεν αφορά μόνο την αύξηση της αποδοτικότητας, αλλά και τη βελτίωση της ποιότητας των αποφάσεων καθώς οι αλγόριθμοι μπορούν να επεξεργάζονται τεράστιο όγκο δεδομένων γρηγορότερα και ακριβέστερα από τον άνθρωπο. Παρά την πρόοδο της ΤΝ, η πλήρης ενσωμάτωση της στη διαχείριση έργου δεν είναι απαλλαγμένη από προκλήσεις. Η αποδοχή των νέων τεχνολογιών από τους οργανισμούς απαιτεί εκπαίδευση των εργαζομένων, ενώ η εξάρτηση από αλγορίθμους εγείρει ζητήματα διαφάνειας και λήψης αποφάσεων. Επιπλέον, η ΤΝ μπορεί να συμπληρώσει αλλά όχι να αντικαταστήσει τον ανθρώπινο παράγοντα, καθώς η στρατηγική σκέψη και η διαχείριση ανθρώπινων σχέσεων εξακολουθούν να αποτελούν βασικά στοιχεία της επιτυχίας ενός έργου (Auth et al., 2021).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.1 Μεθοδολογία

Η συστηματική ανασκόπηση της βιβλιογραφίας αποτελεί μια καθολική ακαδημαϊκή έρευνα καθώς επιτρέπει την αποτύπωση της υπάρχουσας γνώσης και τον εντοπισμό των κύριων ερευνητικών τάσεων. Στη συγκεκριμένη μελέτη, ακολουθήθηκε μια μεθοδική προσέγγιση βασισμένη σε καθιερωμένες πρακτικές βιβλιογραφικής έρευνας με το πρωτόκολλο PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses). Η έρευνα πραγματοποιήθηκε μέσω της πλατφόρμας του Scopus, η οποία παρέχει πρόσβαση σε έγκριτες ακαδημαϊκές πηγές και επιτρέπει μια ευρεία αλλά ταυτόχρονα εστιασμένη με φίλτρα, αναζήτηση.

Οι όροι που χρησιμοποιήθηκαν στη διαδικασία αναζήτησης επιλέχθηκαν προσεκτικά για να περιλαμβάνουν τόσο την ευρύτερη έννοια της διαχείρισης έργων όσο και τις επιμέρους πτυχές της τεχνητής νοημοσύνης. Με αυτό τον τρόπο, τα αποτελέσματα περιλάμβαναν όλες τις σχετικές μελέτες που αφορούσαν είτε γενικά τη διαχείριση έργων είτε πιο εξειδικευμένα θέματα όπως η βελτιστοποίηση και η πρόβλεψη έργων μέσω τεχνητής νοημοσύνης. Οι λέξεις-κλειδιά αποτελούν: project management, project forecasting και optimization σε συνδυασμό με τις λέξεις artificial intelligence, ai ή machine learning. Η φράση αναζήτησης διαμορφώθηκε με συνδυασμό λογικών τελεστών (OR και AND) :

("artificial intelligence" OR "ai" OR "machine learning") AND ("project management" OR "project optimization" OR "project forecasting").

Η αναζήτηση περιορίστηκε στα τελευταία πέντε χρόνια, δηλαδή οι δημοσιεύσεις που αναρτήθηκαν το διάστημα 2020-2025. Έτσι διασφαλίζεται ότι τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται είναι πρόσφατα και αντιπροσωπεύουν τις τρέχουσες εξελίξεις στον τομέα. Επίσης, ως κριτήριο επιλογής ορίστηκε η γλώσσα των δημοσιεύσεων, περιλαμβάνοντας αποκλειστικά μελέτες στην αγγλική γλώσσα για λόγους συνέπειας και ευκολίας ανάγνωσης. Αυτό σημαίνει ότι άρθρα που δημοσιεύθηκαν πριν από το 2020 ή σε διαφορετικές γλώσσες αποκλείστηκαν από την ανάλυση.

Από την αρχική αναζήτηση προέκυψαν 1444 δημοσιεύσεις που πληρούσαν τα κριτήρια επιλογής. Ωστόσο, κατά την επεξεργασία των αποτελεσμάτων μέσω του Microsoft Excel, αφαιρέθηκαν 21 διτλές εγγραφές, με αποτέλεσμα το τελικό δείγμα να αποτελείται από 1.423 επιστημονικές δημοσιεύσεις. Ακολούθησε διαλογή των εργασιών, η οποία βασίστηκε στη χειροκίνητη αξιολόγηση του τίτλου, της περίληψης και της διαθεσιμότητας πλήρους κειμένου. Απορρίφθηκαν μελέτες που αναφερόντουσαν μόνο στην τεχνητή νοημοσύνη ή μόνο στην διαχείριση έργου, χωρίς σύνδεση των 2 κλάδων. Επίσης απορρίφθηκαν μελέτες

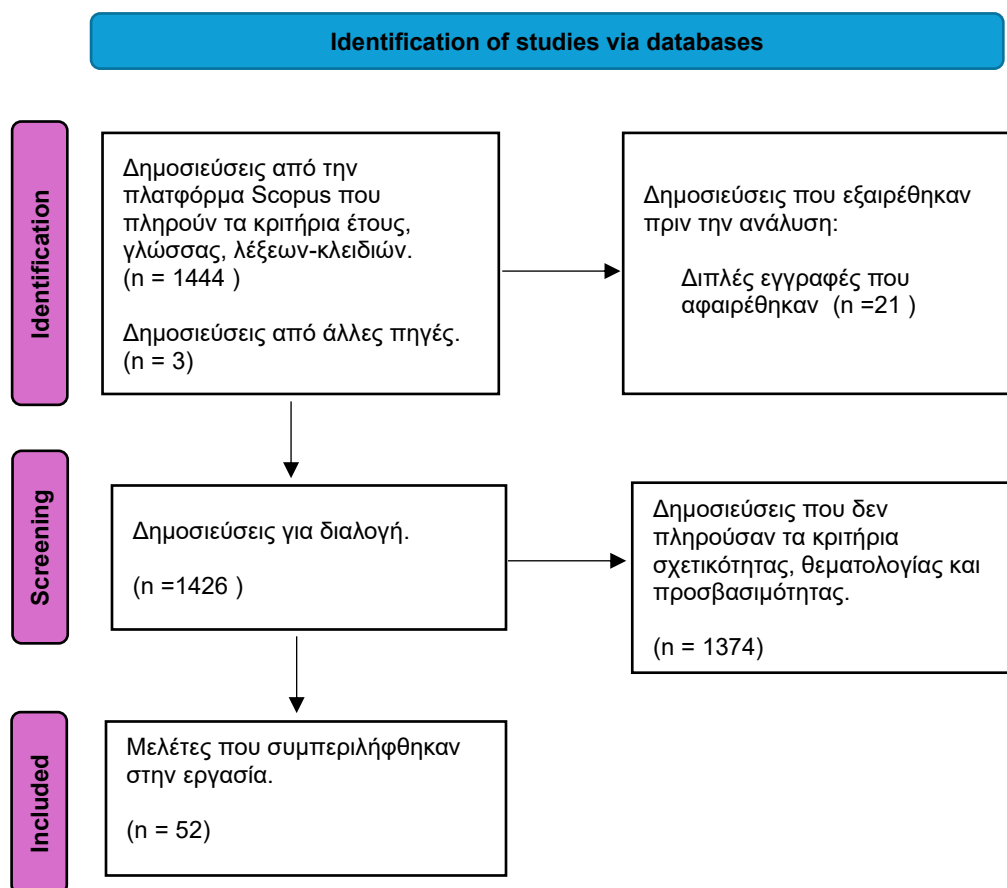
άλλων επιστημονικών πεδίων όπως οι κλάδοι της ιατρικής και της βιολογίας καθώς και μελέτες που δεν αναφερόντουσαν σε συγκεκριμένες τεχνολογίες ή αλγορίθμους TN αλλά παρουσίαζαν αόριστες έννοιες χωρίς πρακτικές εφαρμογές. Στόχος του ελέγχου αυτού ήταν να διασφαλιστεί η θεματική συνάφεια των δημοσιεύσεων με το αντικείμενο της έρευνας και η πρόσβαση στο πλήρες περιεχόμενο για εις βάθος ανάλυση. Για την διευκόλυνση της διαδικασίας φιλτραρίσματος λόγω του μεγάλου όγκου, τα αποτελέσματα ταξινομήθηκαν (sort) κατά σειρά σχετικότητας με το αντικείμενο και αριθμού παραπομπών (citation count) ως ένδειξη επιστημονικής επιρροής.

Μετά από χειροκίνητη διαλογή των άρθρων, επιλέχθηκαν 52 από αυτά για περαιτέρω ανάλυση. Επιπλέον συμπεριλήφθηκαν 3 ερευνητικά άρθρα από άλλες πηγές, καθώς κρίθηκαν επιστημονικά τεκμηριωμένα και ευθυγραμμισμένα με το αντικείμενο της μελέτης. Η τελική επιλογή έγινε βάση σχετικότητας με το θέμα και προσβασιμότητας στο ολόκληρο κείμενο της μελέτης. Το σύνολο των κριτηρίων επιλογής της εργασίας φαίνονται στον Πίνακα 2.1.

Πίνακας 2.1: Κριτήρια επιλογής

ΚΡΙΤΗΡΙΟ	ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΕΝΤΑΞΗΣ	ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΑΠΟΚΛΕΙΣΜΟΥ
ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΣΥΝΑΦΕΙΑ	Αναφορά σε TN και διαχείριση έργων	Αναφορά μόνο σε TN ή διαχείριση έργων χωρίς σύνδεση
ΧΡΟΝΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ	Δημοσίευση μεταξύ 2020-2025	Δημοσίευση πριν το 2020
ΓΛΩΣΣΑ	Αγγλική γλώσσα	Οποιαδήποτε άλλη γλώσσα πέραν της αγγλικής
ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ	Διαθέσιμο πλήρες κείμενο για ανάγνωση	Μη προσβάσιμο πλήρες κείμενο
ΑΠΟΚΛΕΙΣΜΟΣ ΜΗ ΣΧΕΤΙΚΩΝ	-	Ασάφεια θεματολογίας, εστίαση σε άσχετο κλάδο (πχ. ιατρική, βιολογία)

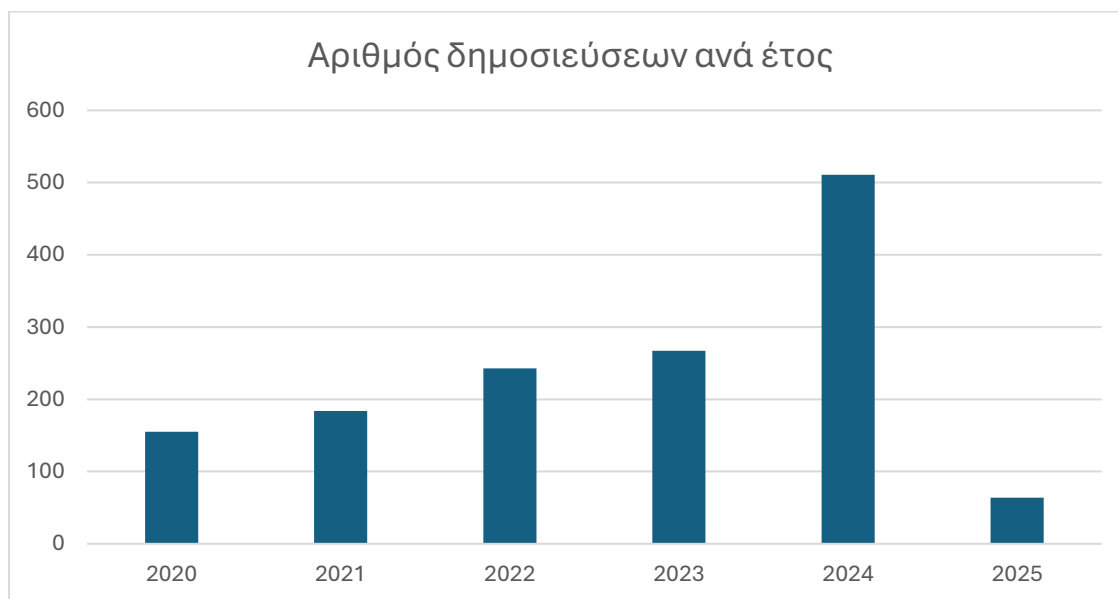
Ο τρόπος φιλτραρίσματος των δημοσιεύσεων υλοποιήθηκε σύμφωνα με την μέθοδο PRISMA. Η συνολική διαδικασία που ακολουθήθηκε για την αναζήτηση και επιλογή των αρχείων παρουσιάζεται στο παρακάτω Διάγραμμα 2.1. Η οπτική αναπαράσταση διευκολύνει την κατανόηση των βημάτων από την αρχική αναζήτηση έως την τελική διαλογή (Moher et al., 2009).



Διάγραμμα 2.1: Διαδικασία μεθοδολογίας PRISMA

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3.1 Βιβλιογραφική ανάλυση



Διάγραμμα 3.2: Κατανομή δημοσιεύσεων/έτος

Ο αριθμός δημοσιεύσεων ανά έτος, Διάγραμμα 3.1, δείχνει την αυξητική εξέλιξη της έρευνας στον τομέα της τεχνητής νοημοσύνης στην διαχείριση έργου. Το 2024 δημοσιεύθηκαν 511 μελέτες, αριθμός σχεδόν διπλάσιος από τις 267 δημοσιεύσεις του 2023.

Τα δεδομένα έπειτα επεξεργάστηκαν στο περιβάλλον WOSviewer με σκοπό την εξαγωγή συμπερασμάτων. Η ανάλυση των λέξεων-κλειδιών υποδεικνύει κοινές ερευνητικές τάσεις και υπογραμμίζει την σύνδεση μεταξύ τους. Η συνύπαρξη καθορίζεται όταν δύο λέξεις-κλειδιά εμφανίζονται στην ίδια μελέτη. Οι μεγαλύτεροι κόμβοι υποδηλώνουν μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης της λέξης (Ramprini and Ceccori, 2022). Για την καλύτερη ακρίβεια και ανάλυση των αποτελεσμάτων επιλέχθηκαν λέξεις με τουλάχιστον 25 εμφανίσεις.

3.2 Εφαρμογές AI στην διαχείριση έργου - τομείς διαχείρισης έργου που βοηθά η Τεχνητή Νοημοσύνη

Στον τομέα της διαχείρισης έργου, η τεχνητή νοημοσύνη αποδεικνύεται εξαιρετικό και αναπόσπαστο εργαλείο για την υλοποίηση κρίσιμων εργασιών και λήψη εμπεριστατωμένων αποφάσεων. Οι διαχειριστές έχουν πλέον την δυνατότητα να βελτιστοποιούν διεργασίες που θα συμβάλουν στην επιτυχία ενός έργου. Παρακάτω αναλύονται τα πρωταρχικά πεδία στα οποία η τεχνητή νοημοσύνη έχει αξιοσημείωτο αντίκτυπο.

3.2.1 Χρονική Ανάλυση και Παρακολούθηση Προόδου

Ο έλεγχος των χρονοδιαγραμμάτων των έργων και η αποφυγή καθυστερήσεων αποτελεί ίσως την μεγαλύτερη πρόκληση για έναν διαχειριστή. Όσο πιο μεγάλο και περίπλοκο είναι ένα έργο, τόσο μεγαλώνει η ανάγκη συντονισμού πολλαπλών παραγόντων. Ο κανόνας του χρονικού προγραμματισμού είναι απλός: το έργο πρέπει να έχει την ελάχιστη διάρκεια που σημαίνει ότι οι επιμέρους εργασίες να υλοποιηθούν το νωρίτερο δυνατό (Mariani et al., 2020). Η τεχνητή νοημοσύνη προσφέρει προηγμένους αλγόριθμους που προβλέπουν την χρονική περίοδο ενώ βοηθάνε στην παρακολούθηση του έργου. Τα δέντρα αποφάσεων και τα νευρωνικά δίκτυα χρησιμοποιούνται για την πρόβλεψη καθυστερήσεων και προτείνουν διορθωτικές ενέργειες (Velezmore-Abanto et al., 2024). Ο χρονοπρογραμματισμός έργων γίνεται πιο ακριβής με την ανάλυση ιστορικών δεδομένων ενώ υπάρχει η δυνατότητα δυναμικής προσαρμογής εξαρτημένων εργασιών με την χρήση TN. Αντίθετα, η τεχνολογία είναι λιγότερο αποτελεσματική σε προγραμματισμό που σχετίζεται με τον άνθρωπο όπως συντονισμό ομάδας (Fridgeirsson et al., 2023).

3.2.2 Αυτοματοποίηση Επαναλαμβανόμενων Εργασιών

Σε ένα έργο, πολλές φορές η ομάδα καλείται να πραγματοποιήσει εργασίες που απαιτούν χρόνο και ενέργεια χωρίς όμως να αξιοποιείται η ιδιαίτερη κατάρτιση τους. Εργασίες όπως η εισαγωγή δεδομένων, οι εγκρίσεις ή οι ενημερώσεις, αυξάνουν την μονοτονία ενώ μειώνουν την δημιουργικότητα και την παραγωγικότητα των εργαζομένων. Η ρομποτική αυτοματοποίηση διεργασιών RPA (Robotic Process

Automation) πρόκειται για μια τεχνολογία ιδιαίτερα χρήσιμη στην διαχείριση έργων καθώς αυτοματοποιεί επαναλαμβανόμενες και χρονοβόρες διαδικασίες. Μέσω της χρήσης ρομποτικού λογισμικού που αναλαμβάνει γραφειοκρατικές διαδικασίες, δίνεται η ευκαιρία στο ανθρώπινο δυναμικό να αναλωθεί σε ουσιαστικές εργασίες. Η αυτοματοποίηση διεργασιών αποτρέπει επίσης το ανθρώπινο λάθος που προκύπτει από τις χειροκίνητες καταγραφές (Durão and Palma dos Reis, 2024).

Μάλιστα σύμφωνα με το Gartner, 2020 οι επιχειρήσεις είδαν μείωση λαθών σε ποσοστό 40-50%⁶ όταν χρησιμοποιούσαν τεχνολογίες RPA, πράγμα που είναι κρίσιμο για την επιτυχία της διαχείρισης έργου, όπου η ακρίβεια των δεδομένων και η σωστή παρακολούθηση του έργου είναι απαραίτητες. Σε έργα πληροφορικής IT, η ρομποτική τεχνολογία μπορεί να αυτοματοποιήσει τις αναθέσεις εργασιών και τις αναφορές προόδου με συνέπεια να διευκολύνεται η παρακολούθηση της λειτουργικής ροής (Mishra et al., 2024). Παρόμοια αυτοματοποίηση αναφέρεται στον τομέα της εφοδιαστικής αλυσίδας (supply chain) με τις επωφελούμενες εργασίες να είναι η επεξεργασία τιμολογίων, προμηθειών και παρακολούθηση της διαχείρισης διαδικασιών (Georgiev et al., 2024).

Ακόμα, σημαντική βελτίωση παρατηρήθηκε στην αποδοτικότητα των διοικητικών διεργασιών. Η εφαρμογή της RPA μπορεί να μειώσει το χρόνο που απαιτείται για την ολοκλήρωση επαναλαμβανόμενων εργασιών κατά 20-30%⁷, αναφέρει η McKinsey, 2020 σε έρευνα της. Στην έρευνα του Deloitte, 2028 για τη χρήση της RPA, το 53%⁸ των επιχειρήσεων ανέφεραν μείωση του κόστους λόγω αυτοματοποίησης των διαδικασιών. Από την άλλη πλευρά ο Wachnik, 2022 αναφέρει πως η ενσωμάτωση προηγμένης ρομποτικής απαιτεί υψηλό κόστος υλοποίησης, το οποίο μπορεί να είναι απαγορευτικό για αρκετές επιχειρήσεις.

⁶ Gartner, *Robotic Process Automation: Benefits and Use Cases*, 2020, <https://www.gartner.com>

⁷ McKinsey & Company, *Intelligent Process Automation: The Engine at the Core of the Next-Generation Operating Model*, 2020, <https://www.mckinsey.com>

⁸ Deloitte, *The Robots Are Waiting: The Future of Work in the Age of Automation*, 2018, <https://www2.deloitte.com>

3.2.3 Διαχείριση Πόρων και πρόβλεψη των αναγκών

Η διαχείριση των πόρων και η βέλτιστη κατανομή τους, απασχολεί ιδιαίτερα τους ενδιαφερόμενους του έργου. Ο προϋπολογισμός καθορίζει τους οικονομικούς πόρους που θα διατεθούν και θέτει τα χρηματοοικονομικά όρια που πρέπει να τηρηθούν ώστε το έργο να είναι επιτυχές (Mamatha and Suma, 2021). Η ακριβής εκτίμηση του απαιτεί προσεκτική ανάλυση, μεθοδικότητα και διαίσθηση. Πλέον έχουν αναπτυχθεί νέοι τρόποι παρακολούθησης και πρόβλεψης των αναγκών, αυξάνοντας την ακρίβεια ήδη από τα πρώτα στάδια του έργου. Οι αλγόριθμοι τεχνητής νοημοσύνης μπορούν να αξιοποιήσουν δεδομένα από προηγούμενα έργα με την χρήση της προγνωστικής ανάλυσης (predictive analytics). Αυτή η ανάλυση περιλαμβάνει τον υπολογισμό του κόστους πόρων, υλικών και ανθρώπινου δυναμικού ενώ έχει την δυνατότητα να προβλέψει τυχόν πιθανά έξοδα που μπορεί να προκύψουν κατά την διάρκεια του έργου (Yang & Wu, 2018).

Κατά την διάρκεια του έργου, προσφέρεται η δυνατότητα παρακολούθησης του προϋπολογισμού σε πραγματικό χρόνο. Ειδικά εργαλεία βασισμένα σε τεχνητή νοημοσύνη, συγκρίνουν τα προγραμματισμένα με τα πραγματικά έξοδα που υπάρχουν. Οι διαχειριστές ενημερώνονται και προειδοποιούνται για υπερβάσεις κόστους ώστε να λάβουν έγκαιρα τα κατάλληλα μέτρα (Taboada et al., 2023). Η τεχνητή νοημοσύνη ενσωματώνει ιστορικά δεδομένα, ποσοστά πληθωρισμού και χρηματοοικονομικούς κινδύνους για τη βελτιστοποίηση του ελέγχου του κόστους.

Ακόμα μια τακτική που χρησιμοποιείται στον τομέα της διαχείρισης έργου είναι η προσομοίωση υποθετικών σεναρίων (What-If Scenarios) για την προσέγγιση της καλύτερης στρατηγικής. Τα σενάρια αυτά δίνουν την ευκαιρία διερεύνησης διαφορετικών εναλλακτικών, αξιολογώντας τους κινδύνους και επιπτώσεις σε κάθε έκβαση. Οι αλλαγές που εξετάζονται μπορεί να είναι:

- Αλλαγές στους πόρους (π.χ. μείωση προσωπικού ή εξάντληση υλικών).
- Αλλαγές στο χρονοδιάγραμμα (π.χ. καθυστερήσεις).
- Αύξηση κόστους (π.χ. λόγω αυξήσεων τιμών προμηθευτών).
- Εξωτερικοί παράγοντες (π.χ. αλλαγές στη ζήτηση, φυσικές καταστροφές, ρυθμιστικές αλλαγές).

Οι Uddin et al., 2022 ανέπτυξαν μοντέλο προγνωστικής ανάλυσης με χρήση μηχανικής μάθησης για την πρόβλεψη κόστους στα κατασκευαστικά έργα. Οι μεγαλύτερες δυσκολίες που αντιμετώπισε είναι η καθυστέρηση στην παράδοση υλικών, η διακύμανση τιμών, η έλλειψη εργατικού δυναμικού και η υποεκτίμηση του κόστους κατασκευής. Επιπλέον, μεγάλο εμπόδιο αποτέλεσε το γεγονός πως πολλές

εταιρείες δεν διαθέτουν τέτοια δεδομένα ανάλυσης και συνεπώς δεν είναι δυνατή η υιοθέτηση αυτών των τεχνικών.

3.2.4 Ανάλυση και Διαχείριση Κινδύνων

Οι τεχνολογίες τεχνητής νοημοσύνης βοηθούν στην διαχείριση κινδύνων του έργου μέσω της προγνωστικής ανάλυσης. Τα κλασικά αντιδραστικά μοντέλα ασφαλείας (reactive safety models) δεν είναι αρκετά αποτελεσματικά και συνεπώς είναι αναγκαία η αντικατάσταση τους από προγνωστικά μοντέλα βασισμένα σε TN (Gondia et al., 2023). Με την χρήση και επεξεργασία δεδομένων από παρελθοντικά έργα μπορούν να εξαχθούν συμπεράσματα με στόχο την αποφυγή μελλοντικών αστοχιών. Βασικές επιδόσεις όπως χρόνος, κόστος και πόροι που χρειάστηκαν, αναλύονται από μοντέλα μηχανικής μάθησης, ειδικά εκπαιδευμένα στην αναγνώριση μοτίβων που σχετίζονται με συνθήκες αποτυχίας (Kiani, 2024). Η διαδικασία αξιολόγησης κινδύνου δίνει επίσης την δυνατότητα κατηγοριοποίησης των κινδύνων βάση πιθανότητας και επιπτώσεων, προτείνοντας παράλληλα την βέλτιστη διαχείριση. Η μελέτη του Zhang, 2024 δείχνει πως η τεχνητή νοημοσύνη αξιοποιείται σε πρότυπα ασφαλείας στις κατασκευές. Το σύστημα με χρήση μηχανικής μάθησης και ανάλυσης εικόνας, αύξησε την αποτελεσματικότητα της διαχείρισης ασφαλείας στο 97,4%.

Ο διαχειριστής μέσω των προβλέψεων που παρέχονται από την τεχνητή νοημοσύνη έχει την ευκαιρία να αναπροσαρμόσει τις μεταβλητές που θα έβγαιναν εκτός επιθυμητών ορίων. Για παράδειγμα σε μια περίπτωση πρόβλεψης καθυστέρησης εργασιών, ο διαχειριστής έχει την δυνατότητα να προλάβει τις αρνητικές συνέπειες μέσω αναδιανομής των πόρων. Οι σημαντικότεροι παράγοντες κινδύνου σε ένα κατασκευαστικό έργο αποτελούν η ασάφεια στους όρους της σύμβασης, οι οικονομικές διακυμάνσεις που προκύπτουν και τα ζητήματα απόδοσης. (Bu-Qammar et al., 2009). Για την αντιμετώπιση τους χρησιμοποιούνται μοντέλα NLP για ανάλυση εγγράφων και εντοπισμό κινδύνων ενώ οι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης επιτυγχάνουν περαιτέρω βελτίωση των προβλέψεων.

3.2.5 Υποστήριξη λήψης αποφάσεων

Η χρήση της τεχνητής νοημοσύνης έχει φέρει αλλαγές στις διαδικασίες λήψης αποφάσεων στην διαχείριση έργων. Οι διαχειριστές καλούνται να αξιολογήσουν πολλαπλά δεδομένα και εναλλακτικές λύσεις υπό συνθήκες αβεβαιότητας. Μέσω της ανάλυσης δεδομένων και μεταβλητών, οι αλγόριθμοι

τεχνητής νοημοσύνης βοηθούν στην λήψη ταχύτερων και πιο βέβαιων αποφάσεων με την ανάλογη τεκμηρίωση. Αξίζει να σημειωθεί ότι η τεχνολογία δεν αντικαθιστά την ανθρώπινη σοφία αλλά την ενισχύει με σκοπό να καταλήξει στο κατάλληλο συμπέρασμα. Τα συστήματα ΤΝ έχουν την δυνατότητα να αξιολογήσουν όλες τις διαθέσιμες επιλογές, με σκοπό την εύρεση της σωστής στρατηγικής για την επίτευξη του επιθυμητού αποτελέσματος. Τα προγνωστικά μοντέλα της ΤΝ μπορούν να αναπαράγουν σενάρια που θα βοηθήσουν τον διαχειριστή στην επιλογή της βέλτιστης λύσης (Sahadevan, 2023). Οι αλγόριθμοι βελτιστοποίησης χρησιμοποιούνται στην αξιολόγηση πολλαπλών παραμέτρων, επιτρέποντας την λήψη αποφάσεων σε πραγματικό χρόνο (Hu et al., 2024).

3.2.6 Επικοινωνία και Συνεργασία

Η επικοινωνία μεταξύ μιας ομάδας έργου είναι βασικός πυλώνας για την διεκπεραίωση του, καθώς διασφαλίζει την σωστή ροή πληροφοριών και το συντονισμό των δράσεων των μελών. Ιδιαίτερα σήμερα που η πλειοψηφία των εργασιακών περιβαλλόντων είναι πολυπολιτισμικά ή απομακρυσμένα, η επικοινωνία είναι κρίσιμη καθώς γεφυρώνει το χάσμα γλώσσας και κουλτούρας. Χωρίς αποτελεσματική συνεργασία, ενέχει ο κίνδυνος για παρεξηγήσεις σχετικά με τους στόχους, τα παραδοτέα και το εύρος εργασίας, οδηγώντας σε καθυστερήσεις, υπερβάσεις κόστους ή ακόμα και αποτυχία του έργου.

Σύγχρονα εργαλεία τεχνητής νοημοσύνης όπως τα chatbots, οι εικονικοί βοηθοί και τα έξυπνα συστήματα συνεργασίας, έχουν διευκολύνει σε μεγάλο βαθμό την οργάνωση της ομάδας. Τα chatbots αναλαμβάνουν βασικές εργασίες όπως να παρέχουν απαντήσεις σε συχνές ερωτήσεις ή αποστολή ενημερώσεων για κρίσιμες προθεσμίες. Είναι ενσωματωμένα σε πλατφόρμες όπως Slack, Microsoft Teams ή Trello, λειτουργούν ως κόμβοι επικοινωνίας, μειώνοντας τον φόρτο εργασίας της διαχειριστικής ομάδας και διασφαλίζοντας την άμεση πρόσβαση σε πληροφορίες. Οι εικονικοί βοηθοί χρησιμοποιούν τεχνολογία επεξεργασίας φυσικής γλώσσας και παρέχουν εξατομικευμένη υποστήριξη στα μέλη της ομάδας. Η διαχείριση ημερολογίων και προγραμμάτων, η οργάνωση συναντήσεων και η προτεραιοποίηση εργασιών, είναι μερικές από τις δουλειές που μπορούν να αναλάβουν (Yaseen et al., 2020).

Οι Issa and Hall, 2024 αναφέρουν προβληματισμούς σχετικά με την χρήση της ΤΝ στην συνεργασία ανθρώπινων ομάδων αφού οι απαντήσεις που δημιουργούνται από συστήματα μπορεί να μειώσουν την κριτική σκέψη και ανεξάρτητη μάθηση. Για να αντιμετωπιστεί αυτή η πρόκληση θα χρειαστεί μια διερεύνηση του ρόλου της τεχνολογίας στην ενίσχυση της δημιουργικότητας και όχι στην αντικατάσταση της ανθρώπινης προσπάθειας.

3.2.7 Έξυπνες Αναφορές και Οπτικοποίηση Δεδομένων

Οι έξυπνες αναφορές και η οπτικοποίηση δεδομένων αποτελούν σύγχρονες πρακτικές ανάλυσης πληροφοριών μέσω εργαλείων τεχνητής νοημοσύνης. Σκοπός τους είναι η μετατροπή μεγάλων όγκων δεδομένων σε χρήσιμες πληροφορίες, κατανοητές για τον αποδέκτη. Στην περίπτωση της διαχείρισης έργου, οι επιχειρήσεις χρησιμοποιούν τέτοια εργαλεία για την εξαγωγή συμπερασμάτων και την λήψη αποφάσεων με μεγαλύτερη ακρίβεια και ταχύτητα (Chugh and Grandhi, 2020).

Με την χρήση τεχνολογιών μηχανικής μάθησης και επεξεργασίας φυσικής γλώσσας, δημιουργούνται αυτόματες αναφορές που παρέχουν κρίσιμα στοιχεία στους αποφασίζοντες. Γνωστές εφαρμογές έξυπνων αναφορών είναι τα εργαλεία Microsoft Power BI και το Tableau, ιδιαίτερα χρήσιμα στον τομέα της επιχειρηματικής ευφυΐας (Business Intelligence - BI), τα οποία προσφέρουν μια εικόνα της κατάστασης σε πραγματικό χρόνο (Sahadevan, 2023). Τα δεδομένα αναλύονται και ομαδοποιούνται βάση κριτηρίων που θέτει ο χρήστης ανάλογα με την οπτική που επιθυμεί να έχει. Τα δεδομένων μπορούν να αντληθούν από διάφορες πηγές όπως συστήματα πελατειακών σχέσεων (CRM) ή προγραμματισμού επιχειρηματικών πόρων (ERP).

Η οπτικοποίηση των δεδομένων χρησιμοποιείται για την απεικόνιση πληροφοριών σε διαγράμματα, πίνακες, χάρτες κ.α. Οι διαχειριστές μπορούν να δημιουργήσουν εξατομικευμένες παρουσιάσεις για διαφορετικά ακροατήρια, όπως διευθυντικά στελέχη, μέλη της ομάδας ή πελάτες. Αυτό επιτρέπει την καλύτερη κατανόηση των στόχων και της προόδου του έργου. Η δυνατότητα ενοποίησης δεδομένων από διαφορετικές πηγές δίνει την δυνατότητα να υπάρχει μια συνολική εικόνα για την πρόοδο και εξέλιξη αυτών. Με τη χρήση διαγραμμάτων, πινάκων ελέγχου (dashboards) και αναφορών που δημιουργούνται αυτόματα, οι χρήστες μπορούν να παρακολουθούν κρίσιμους δείκτες απόδοσης (KPIs), όπως το κόστος, ο χρόνος και η αποδοτικότητα (Ruiz et al., 2021).

Παράλληλα, σημαντικά εργαλεία διαχείρισης έργου, όπως τα διαγράμματα Gantt, οπτικοποιούνται ψηφιακά, βοηθώντας στη σαφή οργάνωση και προτεραιοποίηση της ομάδας έργου. Η τεχνητή νοημοσύνη ενισχύει το διάγραμμα Gantt, προσφέροντας αυτοματοποιημένο προγραμματισμό βάση καθορισμένων χρονικών ορίων (Auth et al., 2021). Αρκετά δημοφιλή λογισμικά όπως το Smartsheet, το Asana και το Monday, έχουν ενσωματώσει ΤΝ για την ενισχυμένη προσαρμογή του διαγράμματος (Kiani et al., 2024). Τα εργαλεία αυτά προσφέρουν αυτοματοποιημένους υπολογισμούς που διευκολύνουν πολλές, άλλοτε χρονοβόρες και πολύπλοκες διαδικασίες. Η ΑΙ λαμβάνει υπόψη χρονικούς περιορισμούς και εξαρτήσεις μεταξύ των εργασιών, προτείνοντας σχέδια δράσης που ανταποκρίνονται σε αυτά. Αυτό

σημαίνει πως υπολογίζονται οι ημερομηνίες νωρίτερης έναρξης-λήξης καθώς και τρόποι εξοικονόμησης χρόνου. Οι Dzhusupova et al., 2024, υποστηρίζουν πως η μελλοντική έρευνα πρέπει να επικεντρωθεί στην πρακτική εφαρμογή εργαλείων διαχείρισης έργου με ενσωματωμένη TN.

3.3 Αλγόριθμοι Τεχνητής Νοημοσύνης

3.3.1 Clustering (K-Means)

Η μέθοδος συσταδοποίησης (clustering) - K-means ανήκει στους αλγόριθμους μη επιβλεπόμενης μηχανικής μάθησης και χρησιμοποιείται για την ομαδοποίηση δεδομένων. Πρακτικά αυτό σημαίνει ότι τα μέλη κάθε ομάδας είναι παρόμοια μεταξύ τους βάσει κάποιου κοινού κριτηρίου. Σε αντίθεση με την ταξινόμηση, στην ομαδοποίηση οι ομάδες που θα σχηματιστούν και τα χαρακτηριστικά τους, είναι ήδη γνωστά. Στους πιο δημοφιλείς αλγορίθμους ομαδοποίησης εντάσσεται ο K-Means. Οι ομάδες δεδομένων ονομάζονται K clusters, με την μεταβλητή K να αναφέρεται στον αριθμό ομάδων και ορίζεται από τον χρήστη. Με την εκκίνηση του αλγορίθμου, αρχικοποιούνται τυχαία σημεία K στο σύνολο των δεδομένων που απεικονίζουν τα αρχικά κέντρα (centroids) των ομάδων. Η επιλογή τους είναι καθοριστική και προκύπτουν διαφορετικά αποτελέσματα για διαφορετικά κέντρα, ενώ καλύτερα αποτελέσματα παρατηρούνται όταν απέχουν το μέγιστο μεταξύ τους. Κάθε σημείο δεδομένων αποδίδεται στο πλησιέστερο κέντρο ώστε να προκύψει μια αρχική ομαδοποίηση. Για τον υπολογισμό της απόστασης σημείου-κέντρου, χρησιμοποιείται συχνά η Ευκλείδεια απόσταση. Αφού όλα τα σημεία έχουν μοιραστεί, τα κέντρα επαναπροσδιορίζονται βάσει της μέσης τιμής κάθε ομάδας. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται ξανά και κάθε σημείο αναθέτεται στο κοντινότερο κέντρο. Ο τερματισμός έρχεται όταν οι ομάδες δεν αλλάζουν πλέον (convergence) ή έχει επιτευχθεί ένας προκαθορισμένος αριθμός επαναλήψεων. (Hartigan, J. A., & Wong, M. A., 1979)

Το K-Means μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάλυση δεδομένων σε ένα έργο, προσφέροντας χρήσιμες πληροφορίες για την διαχείριση του. Χρησιμοποιείται στην ομαδοποίηση εργασιών με παρόμοια χαρακτηριστικά όπως πολυπλοκότητα, χρόνο και κόστος για την βελτιστοποίηση τους (Jain, 2010). Για παράδειγμα, οι διαχειριστές μπορούν να προσαρμόσουν την κατάλληλη κατανομή πόρων ή την ανάθεση στις σωστές ομάδες για το σύνολο των εργασιών του έργου. Μια τέτοια κατηγοριοποίηση θα ήταν:

- Απλές εργασίες που χαρακτηρίζονται από χαμηλή πολυπλοκότητα, σύντομο χρόνο εκτέλεσης και χαμηλό κόστος

- Μέτριας δυσκολίας εργασίες (μέτρια πολυπλοκότητα, μέτριος χρόνος, μέτριο κόστος)
- Πολύπλοκες εργασίες (υψηλή πολυπλοκότητα, μεγάλη διάρκεια, υψηλό κόστος)

Ακόμα, ο αλγόριθμος βρίσκει εφαρμογή στην ανάλυση ρίσκου με την ομαδοποίηση να αφορά τους κινδύνους που μπορεί να προκύψουν, βάση πιθανότητας ή επικινδυνότητας τους. Η κατάταξη σε αυτή την περίπτωση διευκολύνει την στρατηγική αποφυγή τους με την προετοιμασία εναλλακτικών πλάνων και την επένδυση σε μέτρα αποτροπής. Στη μελέτη των Z. Zhu και N. Liu, (2021) παρουσιάζεται η εφαρμογή του αλγορίθμου K-Means για την έγκαιρη προειδοποίηση χρηματοοικονομικών κινδύνων. Τα δεδομένα που αποτελούν δείκτες, ομαδοποιήθηκαν βάση της ομοιότητας τους επιτρέποντας την ταξινόμηση των κινδύνων σε κατηγορίες ρίσκου. Ο αλγόριθμος είναι χρήσιμος όταν τα δεδομένα μπορούν να ομαδοποιηθούν σε ξεκάθαρα σύνολα όμως σε αντίθετη περίπτωση υπάρχουν περιορισμοί. Ο διαχειριστής θα πρέπει να γνωρίζει εκ των προτέρων τον αριθμό των κατηγοριών, κάτι που δεν είναι συχνά εφικτό.

Το k-means είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για την βελτιστοποίηση του ανθρώπινου δυναμικού αφού μέλη με κοινά χαρακτηριστικά μπορούν να ομαδοποιηθούν με στόχο την καλύτερη κατανομή εργασιών, όπως έχουν μελετήσει οι Silva et al., 2024. Με αυτόν τον τρόπο εντοπίζονται μοτίβα στις δεξιότητες και εμπειρίες των εργαζομένων ώστε να ταξινομηθούν κατάλληλα στις ανάλογες εργασίες. Αυτή η προσέγγιση οδηγεί σε μια πιο στοχευμένη και αποδοτική στρατηγική, αξιοποιώντας στο έπακρο τα δυνατά σημεία κάθε ομάδας που αποτελείται από παρόμοιους ή και συμπληρωματικούς ρόλους

3.3.2 Μεθευρετικοί αλγόριθμοι (Metaheuristic Algorithms)

Οι μεθευρετικοί αλγόριθμοι (Metaheuristic Algorithms) αποτελούν προηγμένες μεθόδους υπολογιστικής βελτιστοποίησης που χρησιμοποιούνται για την επίλυση σύνθετων προβλημάτων. Σε αντίθεση με τις παραδοσιακές μεθόδους που βασίζονται στην εύρεση της βέλτιστης λύσης με περίπλοκους μαθηματικούς υπολογισμούς και εξαντλητική αναζήτηση, οι μεθευρετικοί μπορούν να προσεγγίσουν πολύ καλές λύσεις σε αποδεκτό χρονικό διάστημα. Έτσι, το κύριο πλεονέκτημα τους είναι ότι δεν απαιτούν λεπτομερή μαθηματική γνώση της δομής του προβλήματος καθώς είναι ανεξάρτητοι από αυτό. Η λειτουργία τους γίνεται μέσω ενός επαναληπτικού μηχανισμού αναζήτησης που συνδιάζει την εξερεύνηση νέων λύσεων και την εκμετάλλευση των καλύτερων που έχουν ήδη εντοπιστεί (Saddeeq and Abdulazeez, 2023). Ένα από τα μειονεκτήματά τους είναι πως η τυχαία λειτουργία τους δεν εγγυάται την εύρεση της συνολικής καλύτερης λύσης (global optimum). Η χρήση τους είναι ευρεία σε πολλούς κλάδους όπως στη μηχανική, την επιστήμη υπολογιστών και τα οικονομικά (Almufti et al., 2023).

Οι αλγόριθμοι αυτοί μπορούν να διακριθούν σε δύο βασικές κατηγορίες ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας τους: αλγόριθμοι βασισμένοι σε μία λύση (single-solution-based), όπου ξεκινούν με μία μόνο λύση η οποία εξελίσσεται προοδευτικά μέχρι να ικανοποιηθεί κάποιο κριτήριο τερματισμού και αλγόριθμοι βασισμένοι σε πληθυσμό (population-based), όπου αντί για μία, χρησιμοποιούν πολλαπλές λύσεις που εξελίσσονται ταυτόχρονα ενώ ανταλλάσσουν πληροφορία μεταξύ τους. Η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει δύο κύριες οικογένειες (Zervoudakis and Tsafarakis, 2020):

- I. Αλγόριθμοι σμηνιακής νοημοσύνης (Swarm Intelligence) που προέρχονται από τη συλλογική συμπεριφορά εντόμων ή ζώων. Τέτοιοι αλγόριθμοι συμπεριλαμβάνουν την βελτιστοποίηση σμήνους σωματιδίων (Particle Swarm Optimization), τον αλγόριθμο πυγολαμπίδας (Firefly Algorithm) και την βελτιστοποίηση αποικίας μυρμηγκιών (Ant Colony Optimization).
- II. Εξελικτικοί αλγόριθμοι (Evolutionary Algorithms) εμπνευσμένοι από τις αρχές της φυσικής επιλογής και της θεωρίας της εξέλιξης. Σε αυτούς ανήκουν ο αλγόριθμος διαφορικής εξέλιξης (Differential Evolution) και οι γενετικοί αλγόριθμοι (Genetic Algorithms). Οι τεχνικές αυτές βασίζονται σε διαδικασίες αναπαραγωγής, διασταύρωσης, μετάλλαξης, επιλογής και προσαρμογής. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, ιδιαίτερη σημασία δίνεται στους γενετικούς αλγόριθμους καθώς αποτελεί μία από τις πιο διαδεδομένες και αποτελεσματικές μεθόδους που χρησιμοποιούνται σήμερα στη διαχείριση έργων λόγω της ικανότητάς τους να αντιμετωπίζουν πολύπλοκα προβλήματα. Για τον λόγο αυτό θα γίνει εκτενέστερη αναφορά σε αυτούς στην συνέχεια της παρούσας εργασίας.

Οι γενετικοί αλγόριθμοι (ΓΑ) αποτελούν μέθοδο υπολογιστικής βελτιστοποίησης, εμπνευσμένοι από την βιολογική εξέλιξη και την γενετική, όπως περιγράφονται στη θεωρία της εξέλιξης του Δαρβίνου. Αναπτύχθηκαν την δεκαετία του 1970 από τον John Holland και έκτοτε χρησιμοποιούνται για την εύρεση της βέλτιστης λύσης ανάμεσα σε πολλές επιλογές. Η λειτουργία τους βασίζεται στην φυσική επιλογή των καταλληλότερων. Κάθε πρόβλημα αναπαρίσταται από ένα σύνολο πιθανών λύσεων (χρωμοσώματα) και πάνω σε αυτές εφαρμόζονται επαναληπτικά μηχανισμοί όπως η επιλογή (selection), η διασταύρωση (crossover) και η μετάλλαξη (mutation), για να δημιουργηθούν νέες, καλύτερες λύσεις (Mitchell, 1998).

Στην διαχείριση έργου χρησιμοποιούνται για ένα ευρύ φάσμα προβλημάτων αλλά έχουν ιδιαίτερη εφαρμογή στην βελτιστοποίηση χρονοδιαγραμμάτων και την κατανομή πόρων (Pérez-Castillo et al., 2023). Ο χρονικός προγραμματισμός περιλαμβάνει τον καθορισμό της σειράς εκτέλεσης των εργασιών με τις παραμέτρους περιορισμού της εξάρτησης εργασιών και της διαθεσιμότητας των πόρων. Αυτή η προσέγγιση συνδέεται με την μέθοδο της κρίσιμης διαδρομής, δηλαδή εύρεση των κρίσιμων

δραστηριοτήτων που δεν έχουν περιθώρια καθυστέρησης με σκοπό την μείωση του συνολικού χρόνου ολοκλήρωσης (Hartmann, 2002).

Ο αλγόριθμος ξεκινά με την αρχικοποίηση του πληθυσμού, εδώ δημιουργείται ένα σύνολο από τυχαία η προκαθορισμένα χρωμοσώματα (λύσεις) που στην περίπτωση μας αντιπροσωπεύουν οι εργασίες. Κάθε λύση περνάει μια διαδικασία αξιολόγησης όπου κρίνεται η καταλληλότητα της, βάση της αντικειμενικής συνάρτησης ή συνάρτηση ικανότητας (fitness function). Η συνάρτηση περιέχει μεταβλητές και περιορισμούς που θέτει το πρόβλημα, όπως το κόστος, η διάρκεια και οι πόροι ενώ ως αποτέλεσμα μπορεί να υπολογίζει το συνολικό κόστος ή την διάρκεια του έργου. Οι λύσεις με την καλύτερη απόδοση θεωρούνται καλύτερες και συνεπώς είναι πιο πιθανό να επιλεγούν από την επόμενη γενιά. Η επιλογή καθορίζει ποια χρωμοσώματα θα χρησιμοποιηθούν για την αναπαραγωγή ή αλλιώς, θα μεταφέρουν τα «γονίδια» τους στην νέα γενιά. Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι επιλογής με την πιο απλή να είναι αυτή της ρουλέτας (roulette wheel selection), η οποία είναι μια στοχαστική διαδικασία που κάθε χρωμόσωμα έχει πιθανότητα επιλογής ανάλογη της καταλληλότητας του. Τα επιλέξιμα άτομα συνδυάζουν τα γονίδια τους με την διασταύρωση. Όπως στην ανθρώπινη βιολογία, ανταλλάσσονται γενετικές πληροφορίες τους για την δημιουργία απογόνων. Η διασταύρωση έχει ως στόχο να δημιουργήσει νέες λύσεις, συνδυάζοντας τα καλύτερα χαρακτηριστικά των γονέων. Στον χρονοπρογραμματισμό του έργου, οι εργασίες θα διασταυρώνονταν μεταξύ τους με σκοπό να βρεθεί η βέλτιστη αλληλουχία. Έπειτα μέσω της μετάλλαξης, εισάγονται τυχαίες αλλαγές στα γονίδια ώστε να αποφευχθεί η σύγκλιση των λύσεων σε κάποιο τοπικό βέλτιστο του προβλήματος αλλά αντίθετα, να αναζητηθούν νέες περιοχές του χώρου αναζήτησης. Η πιθανότητα μετάλλαξης κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα (π.χ. 0,5-1%) και συντελεί στην σταδιακή βελτίωση του πληθυσμού, διατηρώντας την γενετική συνοχή του. Δηλαδή, στο πρόβλημα μας, η μετάλλαξη μπορεί να περιλαμβάνει την προσαρμογή της σειράς των εργασιών.

Μετά από επαναλήψεις, ο αλγόριθμος έχοντας αναλύσει πολλές γενιές μέσα από τα παραπάνω βήματα, κρίνει αν ικανοποιείται το κριτήριο λήξης. Μερικά από τα κριτήρια μπορούν να είναι η επίτευξη της επιθυμητής βελτιστοποίησης, η σύγκλιση των λύσεων του πληθυσμού και ο περιορισμός χρόνου ή επαναλήψεων. Η τελική έξοδος ενός γενετικού αλγορίθμου για χρονοπρογραμματισμό έργου είναι μια πρακτική και βέλτιστη λύση, την οποία οι διαχειριστές έργων μπορούν να εφαρμόσουν για να διασφαλίσουν την αποτελεσματική ολοκλήρωση του έργου (Ruiz et al., 2021).

Οι Rashid et al., 2021 ανέλυσαν την επίδραση των ΓΑ στον προγραμματισμό κατασκευαστικών έργων. Από την μελέτη προέκυψε η αυξανόμενη χρήση του ως τεχνική βελτιστοποίησης, αντανakλώντας την πολυπλοκότητα των σύγχρονων έργων που έχει πολλαπλασιαστεί. Καθώς τα κατασκευαστικά έργα περιλαμβάνουν πολλούς περιορισμούς και τα χρονοδιαγράμματα πρέπει να τηρούνται αυστηρά, υπάρχει

η ανάγκη για πιο αποδοτικές μεθόδους προγραμματισμού. Το μεγαλύτερο όφελος που προσφέρουν οι ΓΑ στην διαχείριση έργου είναι η δυνατότητα βελτιστοποίησης του χρόνου αφού καταφέρνει να εξισορροπήσει δύο πτυχές του βασικού τριγώνου, χρόνος-κόστος, αξιολογώντας όλες τις πιθανές επιλογές.

3.3.4 Γραμμική Παλινδρόμηση (Linear Regression)

Η γραμμική παλινδρόμηση (Linear Regression) αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο στατιστικής ανάλυσης που χρησιμοποιείται για προβλέψεις. Στόχος της είναι η μοντελοποίηση της σχέσης μεταξύ μιας εξαρτημένης μεταβλητής (dependent) και διάφορων άλλων ανεξάρτητων μεταβλητών (independent). Οι ανεξάρτητες μεταβλητές καθορίζονται από τον ερευνητή και καθορίζουν τις τιμές της εξαρτημένης μεταβλητής. Όπως υποδηλώνει το όνομα της, η μεταβολή γίνεται γραμμικά μέσω εξίσωσης. Η σχέση περιέχει: τον όρο του σφάλματος που προκύπτει κατά την εκτέλεση του αλγορίθμου, τον όρο διαφόρων σταθερών και τα βάρη σημαντικότητας κάθε μεταβλητής (Montgomery et al., 2012).

Στην τεχνητή νοημοσύνη χρησιμοποιείται ως βασικό στοιχείο για την κατανόηση σχέσεων μεταξύ μεταβλητών και σημαντικότητα βαρών. Αποτελεί ένα από τα θεμελιώδη μοντέλα μηχανικής μάθησης και ενσωματώνεται σε πολλές εφαρμογές για τη βελτίωση της ακρίβειας προβλέψεων και της λήψης αποφάσεων. Παρά την σχετική απλότητα της μεθόδου σε σχέση με τις άλλες, μπορεί να προσαρμοστεί σε διαφορετικά σενάρια για την πρόβλεψη σημαντικών δεικτών απόδοσης.

Ένα πρόβλημα που λύνει ο αλγόριθμος στην διαχείριση έργου είναι η πρόβλεψη του κόστους. Σε αυτή την περίπτωση το ζητούμενο είναι το κόστος το οποίο αποτελεί την εξαρτημένη μεταβλητή, τα δεδομένα – ανεξάρτητες μεταβλητές που εισάγονται στο σύστημα είναι ο αριθμός εργαζομένων και τα σταθερά έξοδα όπως τα διοικητικά. Οι Ottaviani και De Marco (2022) ανέπτυξαν ένα μοντέλο πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης για την εκτίμηση του κόστους έργου, λαμβάνοντας υπόψη το χρονοδιάγραμμα, το εργατικό δυναμικό και τα λειτουργικά έξοδα. Από την μελέτη προέκυψε ότι το μοντέλο κατάφερε να προβλέψει με ακρίβεια την οικονομική αποτίμηση σε σύγκριση με τις παραδοσιακές εκτιμήσεις. Η μελέτη των Meharunnisa et al. , 2023 επίσης κατέληξε στο συμπέρασμα πως η γραμμική παλινδρόμηση αποτελεί αξιόπιστο εργαλείο για την πρόβλεψη μεταβλητών σε καλά δομημένα δεδομένα.

3.3.5 Τυχαία Δάση (Random Forests)

Ο αλγόριθμος των τυχαίων δασών εντάσσεται στις μεθόδους μηχανικής μάθησης και βασίζεται σε αλγόριθμους συνόλου (ensemble methods). Αναπτύχθηκαν αρχικά από τον Leo Breiman το 2001 και λειτουργούν μέσω της αξιοποίησης πολλαπλών δέντρων απόφασης (Decision Trees) ώστε να προβλέψουν ή να ταξινομήσουν δεδομένα. Σε αντίθεση με τα μεμονωμένα μοντέλα δέντρων, ο συνδυασμός πολλών διαφορετικών μοντέλων προσφέρει μεγαλύτερη ακρίβεια και σταθερότητα. Κάθε δέντρο απόφασης εκπαιδεύεται σε τυχαία υποσύνολα δεδομένων και το τελικό αποτέλεσμα εξάγεται βάση όλων των επιμέρων δέντρων που θα συγκροτήσουν το δάσος. Με αυτόν τον τρόπο αποφεύγονται φαινόμενα όπως η υπερ-προσαρμογή (overfitting) του αλγόριθμου, δηλαδή η προσαρμογή σε συγκεκριμένα και μόνο δεδομένα. (Breiman, 2001)

Στην διαχείριση έργου χρησιμοποιούνται για την πρόβλεψη, ταξινόμηση και ανάλυση δεδομένων. Η λειτουργία τους ξεκινά από ένα αρχικό σύνολο δεδομένων που στην περίπτωση της ανάλυσης κινδύνων, αποτελούν ιστορικά δεδομένα. Η μέθοδος bagging (Bootstrap Aggregation) αναφέρεται στην εκπαίδευση κάθε δέντρου απόφασης στα υποσύνολα δεδομένων. Κάθε δέντρο απόφασης προβλέπει τον κίνδυνο με βάση τα χαρακτηριστικά των δεδομένων του υποσυνόλου του. Για παράδειγμα, εάν ένα έργο έχει υπερβεί το προβλεπόμενο κόστος σε παρόμοιες συνθήκες, το δέντρο μπορεί να μάθει να ταξινομεί αυτά τα χαρακτηριστικά ως ένδειξη υψηλού κόστους (Loh, 2014).

Οι Al-Fraha et al., 2023, δοκίμασαν αλγορίθμους στην πρόβλεψη κατανομής εργασιών σε ευέλικτα έργα πληροφορικής, με την υψηλότερη ακρίβεια να παράγεται από τα τυχαία δάση. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η χρήση αυτού του αλγορίθμου συνέβαλε σημαντικά στην μείωση του απαιτούμενου χρόνου και των λαθών. Επιπλέον, παρόμοια αποτελέσματα κατέγραψαν οι Uddin et al., 2022, αφού αξιολόγησαν την απόδοση διαφορετικών αλγορίθμων μηχανικής μάθησης σε δεδομένα πραγματικών έργων. Τα τυχαία δάση κατέγραψαν την καλύτερη απόδοση με βελτίωση της ακρίβειας κατά 85% στην πρόβλεψη κόστους και κινδύνων. Ωστόσο, η αποτελεσματικότητα των τυχαίων δασών δεν επιβεβαιώνεται σε όλες τις περιπτώσεις. Η μελέτη των Lee and Yun, 2024 επικεντρώθηκε σε κατασκευαστικά έργα, με στόχο των πρόβλεψη κόστους. Σε αυτή την εφαρμογή, τα τυχαία δάση δεν απέδωσαν όπως αναμενόταν, γεγονός που υποδηλώνει ότι η απόδοση ενός αλγορίθμου μπορεί να διαφέρει ανάλογα με τις ιδιαίτερες συνθήκες κάθε έργου.

3.3.6 BERT - GPT

Το μοντέλο BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers) χρησιμοποιεί εφαρμογές NLP για την αξιοποίηση της φυσικής γλώσσας και ανήκουν στον τομέα της βαθιάς μάθησης. Η τεχνολογία BERT, που αναπτύχθηκε από την Google το 2018, βασίζεται στην αρχιτεκτονική των μετασχηματιστών (Transformers) και σχεδιάστηκε για να κατανοεί βαθύτερα το πλαίσιο και την έννοια των λέξεων μέσα σε μια πρόταση (Koroteev, 2021).

Το Bert δεν εξετάζει γραμμικά κάθε λέξη, όπως τα παραδοσιακά μοντέλα, αλλά αναλύει ολόκληρη την πρόταση για να κατανοήσει την σημασία κάθε λέξης στο πλαίσιο της. Αποτελεί το πρώτο και πιο γνωστό αμφίδρομο μοντέλο διαχείρισης γλώσσας αφού έχει την δυνατότητα να επεξεργαστεί τόσο τα επόμενα όσο και τα προηγούμενα στοιχεία μιας πρότασης, διατηρώντας την εννοιολογική τους σημασία. Το κείμενο χωρίζεται σε λέξεις – tokens, που κάθε μια θα μετατραπεί σε αριθμητική αναπαράσταση για τον υπολογισμό της σημασίας της σε σχέση με τις υπόλοιπες. Τα tokens αξιολογούνται ως προς τη σχέση και την αλληλεπίδρασή τους με τα υπόλοιπα στοιχεία της πρότασης ώστε να γίνει η σύνδεση. Πριν την ανάπτυξη του BERT, η αναζήτηση κειμένου βασιζόταν σε λέξεις-κλειδιά, χωρίς πλήρη κατανόηση του νοήματος. Το μοντέλο βελτιώνει τις αναζητήσεις, κατανοώντας την πρόθεση του χρήστη και παρέχοντας πιο σχετικές απαντήσεις. Αυτή η εξέλιξη έχει μεγάλο αντίκτυπο σε διάφορους τομείς, μεταξύ άλλων και στην διαχείριση έργων.

Τα μοντέλα GPT (Generative Pre-trained Transformers) συγκαταλέγονται στις τεχνολογίες βαθιάς μάθησης βασισμένες και βασίζονται επίσης στην αρχιτεκτονική των μετασχηματιστών. Η ανάπτυξή τους έχει αλλάξει ριζικά τον τομέα της NLP καθώς διαθέτουν τη δυνατότητα δημιουργίας, κατανόησης και επεξεργασίας φυσικού κειμένου (Yenduri et al., 2024). Σε αντίθεση με το BERT, τα μοντέλα GPT βασίζονται σε αυτοπαλίνδρομη εκπαίδευση (autoregressive training) για την κατανόηση του πλαισίου κειμένου. Αυτό σημαίνει ότι η παραγωγή κειμένου χρησιμοποιεί τις προηγούμενες λέξεις για την πρόβλεψη των επόμενων. Με αυτόν τον τρόπο παράγεται γλώσσα που προσομοιάζει την ανθρώπινη, διατηρώντας ορθό και συνεκτικό λόγο.

Η ανάλυση μεγάλων κειμένων απασχολεί συχνά μεγάλο μέρος της δουλειάς ενός διαχειριστή ενώ απαιτεί και την ανάλογη προσοχή στις σημαντικές πληροφορίες. Οι εφαρμογές NLP μπορούν να αναλύσουν έγγραφα που περιέχουν κρίσιμα παραδοτέα ή όρους, διευκολύνοντας την σαφή κατανόηση των στόχων και την αποφυγή παραλείψεων (Barcaui, 2023). Εδώ τα μοντέλα εκπαιδεύονται σε πρότυπα κείμενα συμβάσεων ώστε να μαθαίνουν τι πρέπει να ξεχωρίσουν στα κατάλληλα πεδία με σκοπό να εντοπίζουν γρήγορα σημαντικές παραμέτρους, όπως όρους παραδοτέων και κρίσιμες προθεσμίες. Το BERT είναι

ιδανικό για εργασίες που απαιτούν βαθιά κατανόηση του νοήματος και της σχέσης μεταξύ των λέξεων σε ένα κείμενο, όπως αναζητήσεις και ανάλυση εγγράφων, ενώ το GPT είναι καταλληλότερο για δημιουργία περιεχομένου, συνομιλιακά συστήματα και προγνωστικές αναλύσεις.

Ακόμα μια εφαρμογή του είναι η ανάλυση σχολίων και απόψεων, αυτό γίνεται μέσω της ανάλυσης δομημένων και η δομημένων βάσεων όπως ερωτηματολόγια. Η ειδική τεχνολογία του το καθιστά ικανό να αναγνωρίζει συναισθήματα (sentiment analysis) και να τα χρωματίζει αντίστοιχα ως θετικά, ουδέτερα ή αρνητικά (David and Gelbard, 2024). Τα αποτελέσματα της ανάλυσης βρίσκουν εφαρμογή στην διοίκηση ανθρωπίνων πόρων και την διαχείριση των ενδιαφερόντων ατόμων (stakeholder management). Το μοντέλο προσφέρει πληροφορίες για την στάση και τις προσδοκίες των εμπλεκόμενων με σκοπό την βελτίωση της ικανοποίησης τους (Liu et al., 2020).

3.3.7 Monte Carlo Simulation

Η προσομοίωση Monte Carlo αποτελεί μια υπολογιστική μέθοδο για την διαχείριση της αβεβαιότητας σε διάφορα σενάρια. Η μέθοδος χρησιμοποιεί τυχαία δείγματα αριθμών και στατιστικές κατανομές, προσομοιώνοντας χιλιάδες παραλλαγές εκβάσεων αντί για ένα μόνο αποτέλεσμα. Αν η τιμή εισόδου και οι παράμετροι ακολουθούν μια συγκεκριμένη κατανομή, τότε κάθε επανάληψη προσομοίωσης θα λαμβάνει τιμές μεταβλητών από την ίδια κατανομή εξάγοντας μια διαφορετική τιμή κάθε φορά. Αυτό προσφέρει κατανόηση στην πιθανότητα εμφάνισης ενός γεγονότος ή στις τιμές διακύμανσης μιας παραμέτρου. Η διαδικασία παραγωγής δεδομένων εισόδου είναι στοχαστική και κάθε αριθμός έχει ίδια πιθανότητα να εμφανιστεί με κάθε άλλο. Οι παράμετροι εισόδου προσαρμόζονται για να προσομοιώσουν διαφορετικά σενάρια, προσφέροντας αναλυτικά αποτελέσματα που αντικατοπτρίζουν τη δυναμική φύση των έργων. Ειδικά στα μεγάλα και πολύπλοκα έργα που είναι ευάλωτα σε αστάθμητους παράγοντες όπως καθυστερήσεις στις προμήθειες μέχρι απρόβλεπτες καιρικές συνθήκες (Mun, 2006).

Οι εφαρμογές της μεθόδου στην διαχείριση έργου επικεντρώνονται στις προβλέψεις μελλοντικών παραγόντων και ανάλυση κινδύνων. Για παράδειγμα στην εκτίμηση ολοκλήρωσης ενός έργου σε καθορισμένη περίοδο, θα γινότουσαν υπολογισμοί για την κάθε φάση του. Τα στάδια της έναρξης, του σχεδιασμού, της υλοποίησης και της παράδοσης προσομοιώνονται σε σενάρια με πιθανές διάρκειες ενώ σε κάθε επανάληψη αντλούνται τυχαίες τιμές και υπολογίζεται η συνολική διάρκεια του έργου για κάθε προσομοίωση. Από τους υπολογισμούς παράγονται προβλέψεις για την πιθανότητα να εκτελεστεί εμπρόθεσμα το έργο αλλά και για τις πιθανότητες να εκτελεστεί εκπρόθεσμα με καθυστέρηση και το

μέγεθος της (Silva et al., 2024). Στα δυσμενή σενάρια, αναπτύσσονται στρατηγικές μετριασμού του κινδύνου για την ελαχιστοποίηση του αντίκτυπου.

3.3.8 Υβριδικές μέθοδοι

Με τον όρο υβριδικές μέθοδοι γίνεται αναφορά στον συνδυασμό πολλαπλών διαφορετικών τεχνικών για την βελτιστοποίηση σύνθετων προκλήσεων σε ένα έργο. Οι παραδοσιακές προσεγγίσεις επικεντρώνονται σε μονοδιάστατες λύσεις, περιορίζοντας την δυνατότητα αντιμετώπισης πολυδιάστατων προβλημάτων. Ωστόσο, η ανάγκη για πιο ολοκληρωμένες προσεγγίσεις έχει καταστήσει τις υβριδικές τεχνικές απαραίτητες. Οι διαφορετικές τεχνολογίες τεχνητής νοημοσύνης μπορούν να λειτουργήσουν συμπληρωματικά, προσφέροντας τα ειδικά πλεονεκτήματά τους για μεγαλύτερη αποδοτικότητα στα αποτελέσματα και ευελιξία στον τρόπο διαχείρισης (Bang et al., 2022). Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μια αξιοσημείωτη αύξηση της έρευνας σε υβριδικά συστήματα τεχνητής νοημοσύνης.

Ένα παράδειγμα για την πρόβλεψη κινδύνων αποτελεί η χρήση μηχανικής μάθησης σε συνδυασμό με την προσομοίωση Monte Carlo (Lubosch et al., 2018). Η μηχανική μάθηση αναλύει ιστορικά δεδομένα για την εκτίμηση των καθυστερήσεων σε ένα έργο ενώ η προσομοίωση Monte Carlo προσφέρει μια στατιστική θεώρηση για την αξιολόγηση πιθανών εκβάσεων. Η συνδυαστική χρήση αυτών των δύο μεθόδων οδηγεί σε πιο ρεαλιστικές εκτιμήσεις και επιτρέπει την καλύτερη διαχείριση του ρίσκου.

Στην πρόβλεψη καθυστέρησης έργου, οι Yaseen et al., 2020, ανέπτυξαν ένα συνδυαστικό μοντέλο τυχαίων δασών με γενετικό αλγόριθμο. Ο στόχος αυτής της μεθόδου ήταν η βελτίωση της ακρίβειας πρόβλεψης καθυστερήσεων σε σχέση με τα παραδοσιακά μοντέλα RF, ξεπερνώντας τα σε απόδοση, επιτυγχάνοντας ταυτόχρονα υψηλότερη ακρίβεια και χαμηλότερο σφάλμα. Συνεπώς, οι υβριδικές προσεγγίσεις τεχνητής νοημοσύνης κρίνονται ανώτερες από μεμονωμένους αλγορίθμους. Σε μια άλλη περίπτωση για την διαχείριση χρονοδιαγραμμάτων σε μεγάλα και πολύπλοκα έργα, χρησιμοποιήθηκαν γενετικοί αλγόριθμοι μαζί με τεχνικές μηχανικής μάθησης. Αυτή η προσέγγιση επιτρέπει την αποτελεσματικότερη κατανομή των πόρων αλλά και την βελτιστοποίηση στην διαχείριση χρονοδιαγραμμάτων (Djurdjanovic et al., 2020).

Σε μία πιο πρόσφατη μελέτη, οι Hu et al., 2024 χρησιμοποίησαν ένα υβριδικό σύστημα τεχνητής νοημοσύνης για την διαχείριση του κόστους σε κατασκευαστικά έργα, συνδυάζοντας τεχνολογίες NLP με αλγορίθμους μηχανικής μάθησης. Η ερευνητική αυτή προσέγγιση βασίστηκε στην ιδέα ότι τα μη δομημένα δεδομένα από έγγραφα περιέχουν κρίσιμες πληροφορίες για το κόστος των έργων. Από τα ευρήματα προέκυψε πως ο συνδυασμός NLP και μηχανικής μάθησης ήταν η πιο αποτελεσματική

στρατηγική καθώς παρείχε μεγαλύτερη ακρίβεια μέσω προγνωστικής ανάλυσης. Συμπερασματικά, αναφέρουν πως οι αλληλεξαρτήσεις μεταξύ των εργαλείων TN υποδηλώνουν ότι ο συνδυασμός πολλαπλών μεθόδων αποδίδει καλύτερα από την χρήση μίας μόνο προσέγγισης.

3.4 Σύγκριση Αλγορίθμων – Διαδικασιών διαχείρισης έργου

Ο πίνακας 3.1 παρουσιάζει μια συγκριτική επισκόπηση των κυρίων αλγορίθμων και τεχνολογιών TN που συναντήθηκαν στην βιβλιογραφική ανάλυση. Παραθέτονται τα πλεονεκτήματα, μειονεκτήματα και το πεδίο εφαρμογής για κάθε μοντέλο. Οι ΓΑ ανήκουν στους αλγόριθμους με υψηλή αποτελεσματικότητα σε πολύπλοκα και μη γραμμικά προβλήματα, ωστόσο δεν εγγυούνται την έρευνα της βέλτιστης λύσης, παρουσιάζουν καθυστερημένη σύγκλιση γεγονός που αυξάνει τις υπολογιστικές τους απαιτήσεις. Η χρήση τους είναι ευρεία στον χρονοπρογραμματισμό έργων, στην κατανομή πόρων και την λήψη αποφάσεων (Yaseen et al., 2020, Ruiz et al., 2021).

Από την άλλη, ο αλγόριθμος K-means εφαρμόζεται στην ομαδοποίηση εργασιών και την παρακολούθηση προόδου έργου. Τα πλεονεκτήματα του αποτελούν η απλότητα του και η ικανότητα διαχείρισης μεγάλων συνόλων δεδομένων (Silva et al., 2024, Taboada et al., 2023). Στον αντίποδα, είναι ευαίσθητος στις αρχικές συνθήκες και προϋποθέτει γνώση του αριθμού συστάδων εκ των προτέρων. Αντίστοιχα, ο αλγόριθμος RF μπορεί να επεξεργαστεί μεγάλο όγκο δεδομένων και προσφέρει μεγάλη ακρίβεια στις προβλέψεις κινδύνων, καθυστερήσεων και υπέρβασης του κόστους. Οι δυσκολίες που τα διακρίνουν αφορούν την έλλειψη διαφάνειας των αποτελεσμάτων και την ανάγκη υψηλής υπολογιστικότητας (Gondia et al., 2023, Lee and Yun, 2024).

Τα μοντέλα NLP όπως BERT και GPT φαίνονται να έχουν αυξανόμενο ενδιαφέρον για την διαχείριση αναφορών, την αυτόματη εξαγωγή πληροφοριών, την συνεργασία ομάδων και την ανίχνευση κινδύνων. Αν και προσφέρουν ιδιαίτερα καλές επιδόσεις, απαιτούν υψηλή υπολογιστική ισχύς, η αποτελεσματικότητά τους εξαρτάται από την ποιότητα των δεδομένων και ορισμένες λειτουργίες χρειάζονται ανθρώπινη παρέμβαση (Chen et al., 2024, David & Gelbard, 2024). Η Γραμμική Παλινδρόμηση θεωρείται απλή και γρήγορη αλλά παρουσιάζει περιορισμούς όταν δεν υπάρχουν γραμμικές σχέσεις μεταξύ των δεδομένων. Τα κύρια πεδία εφαρμογής τους αποτελούν η εκτίμηση κόστους, πόρων και επίδοσης (Meharunnisa et al., 2024, Ottaviani and De Marco, 2022).

Η μέθοδος Monte Carlo αν και δεν ανήκει σε αμιγώς πεδίο TN, είναι διαδεδομένη στην συνδιαστική της χρήση με τεχνολογίες TN για την ανάλυση αβεβαιότητας και την εκτίμηση πιθανών σεναρίων σε έργα. Τα

αποτελέσματα της εξαρτώνται από την ακρίβεια των εισροών και την επάρκεια των προσομοιώσεων (Lubosch et al., 2018, Nenni et al., 2024). Τέλος, παρουσιάζονται τα υβριδικά μοντέλα που η αυξημένη αξιοποίηση τους στην βιβλιογραφία υποδηλώνει την υπεροχή τους έναντι των μεμονωμένων αλγορίθμων. Η πολυδιάστατη φύση τους επιτρέπει την υψηλή απόδοση, αποτελεσματικότητα και προσαρμοστικότητα για την βελτιστοποίηση πολλών εργασιών της διαχείριση έργου όπως η πρόβλεψη κινδύνων, η κατανομή πόρων, ο χρονοπρογραμματισμός και η λήψη αποφάσεων. Η ενσωμάτωση τους όμως συχνά δεν είναι απλή υπόθεση, αφού προϋποθέτει τεχνική πολυπλοκότητα, υψηλό κόστος και εξειδικευμένη τεχνογνωσία (Bang and Olsson, 2022, Mohammad and Chirchir, 2024).

Πίνακας 3.1: Σύγκριση αλγορίθμων

ALGORITHM/MODEL	ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	ΠΕΔΙΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	ΠΑΡΑΠΟΜΠΗ
ΓΕΝΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ GA	Ικανότητα επίλυσης πολύπλοκων προβλημάτων, καλή απόδοση σε μη γραμμικές καταστάσεις	Μη εγγύηση βέλτιστης λύσης, αργή σύγκλιση, μεγάλη υπολογιστική απαίτηση	Χρονοπρογραμματισμός, κατανομή πόρων, λήψη αποφάσεων	Yaseen et al., 2020, Ruiz et al., 2021, Pérez-Castillo et al., 2023, Rashid et al., 2021, Fahle et al., 2020
K-MEANS	Διαχείριση μεγάλου αριθμού δεδομένων, απλότητα μοντέλου	Απαιτεί γνώση αριθμού clusters, ευαισθησία στην αρχικοποίηση	Ομαδοποίηση εργασιών, Παρακολούθηση έργου	Silva et al., 2024, Taboada et al., 2023, Ruiz et al., 2020, Mishra et al., 2023
RANDOM FOREST RF	Υψηλή ακρίβεια, Ικανότητα διαχείρισης μεγάλων δεδομένων	Έλλειψη διαφάνειας μοντέλου, υψηλή κατανάλωση πόρων	Πρόβλεψη κινδύνων, καθυστερήσεων και υπέρβασης κόστους	Uddin et al., 2022, Hu et al., 2024, Al-Fraihat et al., 2024, Lee and Yun, 2024, Velezmoro et al., 2024, Gondia et al., 2023
BERT - GPT	Πολύ καλές επιδόσεις σε NLP εργασίες, αυτοματοποίηση διαδικασιών	Υψηλή απαίτηση υπολογιστικών πόρων, εξάρτηση από ποιότητα δεδομένων, μεγάλη εκπαίδευση	Ανάλυση αναφορών, διαχείριση ομάδας, συνεργασία, ανίχνευση κινδύνων	Chen et al., 2024, David and Gelbard, 2024, Barcaui et al., 2023, Prieto et al., 2023, Rane,

				2023, Wachnik, 2022
ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗ	Γρήγορη εκπαίδευση, Απλότητα μοντέλου	Περιορισμός σε γραμμικά δεδομένα	Εκτίμηση κόστους, διαχείριση πόρων, πρόβλεψη απόδοσης	Meharunnisa et al., 2024, Ottaviani and De Marco, 2022, Prasetyo et al., 2025
MONTE CARLO	Ανάλυση αβεβαιότητας, εκτίμηση πιθανότητας	Δεν εγγυάται ακρίβεια στις υποθέσεις	Διαχείριση ρίσκου, πρόβλεψη μελλοντικών σεναρίων	Lubosch et al., 2018, Silva et al., 2024, Nenni et al., 2024
HYBRID	Υψηλή ακρίβεια, αποτελεσματικότητα, προσαρμοστικότητα σε πληθώρα προβλημάτων	Υψηλό κόστος, πολυπλοκότητα, αλληλοεξάρτηση αλγορίθμων, έλλειψη τεχνογνωσίας	Ευρή φάσμα διαδικασιών διαχείρισης έργου	Bang and Olsson, 2022, Mohammad and Chirchir, 2024, Bang et al., 2022, Hu et al., 2024

3.5 KPIs- Project success

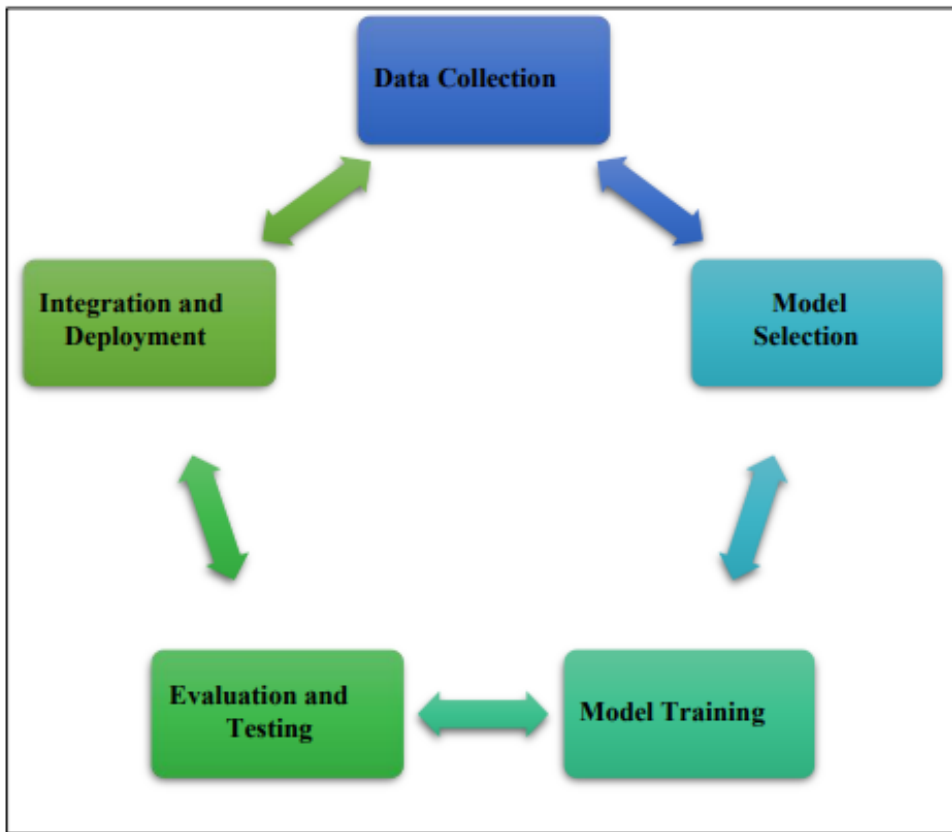
Σύμφωνα με το PMBOK, τρεις παράγοντες, όπως ο χρόνος, το κόστος και το πεδίο εφαρμογής χρησιμοποιούνται για την ανάλυση της ποιότητας της εργασίας σε ένα έργο. Στην σύγχρονη εποχή όμως η επιτυχία του έργου κρίνεται από ένα πολυπαραγοντικό πλαίσιο (Pérez-Castillo et al., 2023). Τα Key Performance Indicators (KPIs) ή Δείκτες Απόδοσης, αποτελούν κρίσιμα εργαλεία για τη μέτρηση της επιτυχίας και της αποτελεσματικότητας ενός οργανισμού, έργου ή συγκεκριμένης δραστηριότητας. Οι KPIs παρέχουν ποσοτικοποιημένες πληροφορίες που διευκολύνουν τη λήψη αποφάσεων και τη στρατηγική διαχείριση (Parmenter, 2015).

- KPIs Χρονοδιαγράμματος (Schedule KPIs)
- KPIs Κόστους (Cost KPIs)
- KPIs Ποιότητας (Quality KPIs)

Για την εντοπισμό των KPIs σε έγγραφα, έχουν χρησιμοποιηθεί μέθοδοι NLP για την ανίχνευση περιοχών με λέξεις-κλειδιά. Στην συνέχεια χρησιμοποιούνται ταξινόμητες όπως τα RF ώστε το σύστημα να εκπαιδεύεται και τελικά να αναγνωρίζει τι αντιστοιχεί σε συγκεκριμένο KPI (Brito et al., 2019).

Ο Shamim, 2024 μελετά τους αλγορίθμους τεχνητής νοημοσύνης για την πρόβλεψη της επιτυχίας των έργων. Μεταξύ των πιο σημαντικών είναι τα νευρωνικά δίκτυα που προβλέπουν με μεγαλύτερη ακρίβεια σε σχέση με τα γραμμικά μοντέλα και οι γενετικοί αλγόριθμοι, που όμως παρουσιάζουν περιορισμούς σε πολύπλοκα προβλήματα. Η πιο αποτελεσματική προσέγγιση κρίνεται επίσης η υβριδική, αφού συνδυάζει πλεονεκτήματα διαφορετικών αλγορίθμων. Παρόμοια προσέγγιση ακολούθησαν και οι Bang et al., 2022 που χρησιμοποίησαν ταξινομητή RF μαζί με προσομοιώσεις Monte Carlo για την ανάλυση της επιτυχίας έργων και των κρίσιμων παραγόντων της. Η μελέτη κατέληξε πως οι συνιστώσες που επηρεάζουν περισσότερο την επιτυχία είναι το ποσοστό πολυπλοκότητας του χρονοδιαγράμματος και οι τυχόν αλλαγές στη λίστα των βασικών στόχων του έργου.

3.6 Στάδια ανάπτυξης και ενσωμάτωσης TN



Εικόνα 3.2: Μεθοδολογία χρήσης τεχνητής νοημοσύνης (Parekh et al., 2024)

Για την αποτελεσματική προσέγγιση μίας λύσης, είναι απαραίτητη η επιλογή της κατάλληλης μεθοδολογίας. Κάθε πλαίσιο διαχείρισης προσαρμόζεται στις ανάγκες ενός έργου και την ξεχωριστή του φύση. Οι στόχοι του προβλήματος πρέπει να είναι κατανοητοί στους εμπλεκόμενους και ο διαχειριστής να ακολουθήσει τον βέλτιστο τρόπο για την επίτευξη τους, από την συλλογή των δεδομένων που θα χρησιμοποιηθούν μέχρι την τελική υιοθέτηση μίας τεχνολογίας (Dzhusupova et al., 2024). Ένας αλγόριθμος που αποδίδει σε μία περίπτωση, δεν σημαίνει απαραίτητα ότι θα είναι επίσης πρακτικός σε άλλες περιπτώσεις με άλλα δεδομένα και συνθήκες. Έτσι λοιπόν παρατηρείται η ανάγκη για ανάπτυξη κριτηρίων επιλογής αλγορίθμων και κριτηρίων επιτυχίας τους (Yang et al., 2025). Τα βήματα της διαδικασίας από το αρχικό στάδιο έως και την ενσωμάτωση (Εικ.3.2) περιγράφονται στην συνέχεια.

I. Συλλογή δεδομένων

Το αρχικό στάδιο οποιασδήποτε ανάλυσης τεχνητής νοημοσύνης ξεκινά από τα δεδομένα. Στην διαχείριση έργου χρησιμοποιούνται ιστορικά δεδομένα όπως κόστη, χρονοδιαγράμματα και αποδόσεις, που μπορούν να δώσουν χρήσιμες πληροφορίες. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό ο διαχειριστής να έχει στην κατοχή του κατάλληλα ποιοτικά και ποσοτικά δεδομένα. Οι ελλείψεις και η ανακρίβεια στα δεδομένα μπορεί να οδηγήσουν σε κακές προβλέψεις και αναξιόπιστα αποτελέσματα. Για την εξάλειψη τυχόν σφαλμάτων, κρίνεται απαραίτητη μια προ επεξεργασία των στοιχείων και μετατροπή τους στην επιθυμητή μορφή. Τέτοιες διαδικασίες περιλαμβάνουν την συμπλήρωση κενών, την αφαίρεση του θορύβου δηλαδή ακραίων τιμών που αποκλίνουν από τον μέσο όρο, την κανονικοποίηση τους δηλαδή την μετατροπή δεδομένων στην ίδια μορφή (π.χ. μετατροπή ποιοτικών δεδομένων σε αριθμητικών) και την μείωση διαστάσεων σε πολύπλοκες δομές που μπορούν να επηρεάσουν αρνητικά την απόδοση (Provost and Fawcett, 2013).

II. Επιλογή μοντέλου

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, διάφορα μοντέλα τεχνητής νοημοσύνης προσφέρουν διαφορετικά πλεονεκτήματα ανάλογα με την φύση του έργου. Η απόφαση για την επιλογή του κατάλληλου μέσω πρέπει να γίνεται λαμβάνοντας υπόψιν τα κριτήρια επιτυχίας που έχουν τεθεί (Merzouk et al., 2023). Αρχικά τίθεται το ερώτημα «Ποιο είναι το πρόβλημα που πρέπει να επιλυθεί;» όπως π.χ. πρόβλεψη κόστους, ανίχνευση κινδύνων ή πρόβλεψη χρονοδιαγραμμάτων. Έπειτα πρέπει να απαντηθεί το ερώτημα «Ποια είναι τα επιθυμητά αποτελέσματα της διαδικασίας;» όπως π.χ. ακριβείς προβλέψεις ή έγκαιρος εντοπισμός εμποδίων. Αφού το πρόβλημα κατηγοριοποιηθεί βάση των χαρακτηριστικών του, καθορίζεται το είδος του μοντέλου που θα χρησιμοποιεί. Τα κριτήρια επιλογής περιλαμβάνουν τη δυνατότητα του μοντέλου να λειτουργεί αποδοτικά σε πραγματικές συνθήκες (Brynjolfsson and McAfee, 2017).

Στα δυναμικά περιβάλλοντα ο χρόνος είναι κρίσιμος και η τεχνολογία πρέπει να εναρμονίζεται με τους γρήγορους ρυθμούς αλλιώς κινδυνεύει να γίνει δύσχρηστη και αναποτελεσματική. Η κατανόηση του τρόπου με τον οποίο το μοντέλο παράγει αποτελέσματα είναι απαραίτητη στη διαχείριση έργων, όπου οι ενδιαφερόμενοι χρειάζονται διαφάνεια στις αποφάσεις. Ακόμα ρόλο παίζουν και τα διαθέσιμα δεδομένα του προβλήματος. Για την ανάλυση απλών δεδομένων χρησιμοποιούνται μοντέλα που είναι λιγότερο ευαίσθητα στην ποιότητα των δεδομένων ενώ για μεγαλύτερους όγκους προτιμώνται μοντέλα βαθιάς μάθησης (Sun, T., and Zhang, H., 2022).

III. Εκπαίδευση μοντέλου

Η εκπαίδευση ενός μοντέλου αποτελεί ένα από τα πιο σημαντικά στάδια στην ανάπτυξή του, καθώς από αυτήν εξαρτάται η ικανότητά του να εξάγει χρήσιμες πληροφορίες και να παρέχει ακριβείς προβλέψεις. Τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται για την εκπαίδευση ενός μοντέλου μπορεί να είναι μεγάλα, ογκώδη και συχνά αδόμητα, γεγονός που απαιτεί προηγμένες τεχνικές επεξεργασίας και διαχείρισης (LeCun, Bengio, & Hinton, 2015).

Τα δεδομένα χωρίζονται σε σύνολα εκπαίδευσης (training), επαλήθευσης (validation), και δοκιμών (testing).

- i. Το σύνολο εκπαίδευσης χρησιμοποιείται για την εκμάθηση του μοντέλου και μέσω της ανάλυσης εντοπίζονται συσχετίσεις στα δεδομένα με στόχο την προσαρμογή των παραμέτρων για τις επιθυμητές εξόδους. Το μοντέλο προσπαθεί να ελαχιστοποιήσει το σφάλμα (error) , δηλαδή την διαφορά μεταξύ των προβλεπόμενων τιμών και των πραγματικών τιμών που υπάρχουν.
- ii. Το σύνολο επαλήθευσης χρησιμοποιείται κατά τη διάρκεια της εκπαίδευσης για την αξιολόγηση της απόδοσης του μοντέλου και για τη ρύθμιση παραμέτρων, όπως ο ρυθμός μάθησης (learning rate). Αυτό βοηθά στην αποφυγή υπερ-προσαρμογής και εξασφαλίζει ότι το μοντέλο δεν μαθαίνει μόνο τις λεπτομέρειες του συνόλου εκπαίδευσης
- iii. Το σύνολο δοκιμών θα δώσει την τελική εκτίμηση των αποτελεσμάτων καθώς θα αποκαλύψει αν το μοντέλο έχει μάθει να γενικεύει σε νέα, άγνωστα δεδομένα ή αποδίδει καλά μόνο στα σύνολα εκπαίδευσης και επαλήθευσης.

IV. Αξιολόγηση και δοκιμή

Η αξιολόγηση ενός μοντέλου αποτελεί κρίσιμο στάδιο για την διαπίστωση της αποτελεσματικότητας του και της ικανότητας του να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις του προβλήματος. Συγκεκριμένα, θα αποφασιστεί αν το μοντέλο πληροί τους στόχους και λειτουργεί σύμφωνα με τις προσδοκίες. Οι προβλέψεις του συγκρίνονται με πραγματικές εκβάσεις ή αποδόσεις παρελθοντικών έργων ώστε να εξακριβωθεί η ακρίβεια και η αξιοπιστία του. Η διαδικασία αξιολόγησης περιλαμβάνει την ανάλυση των εκτιμήσεων του σε σχέση με τις πραγματικές επιδόσεις. Για να θεωρηθεί επιτυχημένο, το μοντέλο θα πρέπει να παρέχει χρήσιμες πληροφορίες που συμβάλλουν στη βελτιστοποίηση τουλάχιστον μίας διαδικασίας στη διαχείριση έργου, όπως ο προγραμματισμός, η διαχείριση πόρων ή ο έλεγχος κινδύνων (Ebert and Duarte, 2018).

Ένα σημαντικό βήμα στη δοκιμή ενός μοντέλου είναι η εφαρμογή του σε πραγματικά ή τρέχοντα έργα. Αυτή η προσέγγιση επιτρέπει την αξιολόγηση της λειτουργικότητάς του σε ρεαλιστικές συνθήκες και παρέχει την ευκαιρία εντοπισμού πιθανών προβλημάτων ή περιορισμών. Οι πληροφορίες που προκύπτουν από τη δοκιμή σε πραγματικά δεδομένα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη βελτίωση του μοντέλου, εξασφαλίζοντας μεγαλύτερη ακρίβεια και προσαρμοστικότητα στις ανάγκες των έργων (Marcelino-Sádaba et al., 2014).

V. Ενσωμάτωση και ανάπτυξη

Στο τελικό στάδιο το μοντέλο ενσωματώνεται πλέον στην ροή εργασίας και συγκαταλέγεται στα εργαλεία διαχείρισης έργου. Η κατάλληλη παραμετροποίηση του θα γίνει σύμφωνα με τις ιδιαιτερότητες της επιχείρησης ή του έργου. Η ένταξη του μοντέλου πραγματοποιείται σταδιακά, αρχικά συνίσταται μια πιλοτική εφαρμογή σε έργα μικρότερης εμβέλειας. Όπως στην συνεχή εξέλιξη των τεχνολογιών και των απαιτήσεων, έτσι και το μοντέλο αναπτύσσεται συνεχώς ακόμα και μετά την ενσωμάτωση του με σκοπό την διατήρηση της αποδοτικότητας του. Η χρήση μιας νέας τεχνολογίας προκαλεί συχνά τεχνικές και οργανωτικές προκλήσεις. Μοντέλα με μεγάλη πολυπλοκότητα έχουν υψηλές απαιτήσεις υπολογιστικής ισχύος καθιστώντας τα δύσκολα στην χρήση και λειτουργία τους. Σε οργανωτικό επίπεδο, οι άνθρωποι τείνουν να εμπιστεύονται τις οικείες τεχνολογίες και να είναι επιφυλακτικοί απέναντι σε νέα συστήματα. Η εκπαίδευση των χρηστών και η ενεργή συμμετοχή τους είναι απαραίτητη στην κατανόηση των αλλαγών (Singh, H, 2020).

3.7 Μελέτη Περίπτωσης - Skanska

Όσο αφορά τις πρακτικές εφαρμογές των τεχνολογιών σε μεγάλους οργανισμούς, ελάχιστες περιπτώσεις έχουν ερευνηθεί. Μία από αυτές αποτελεί η περίπτωση της Skanska, μία από τις μεγαλύτερες πολυεθνικές εταιρείες στον τομέα των κατασκευών και ανάπτυξης. Η εταιρεία έχει προχωρήσει σε σημαντικές επενδύσεις στην στρατηγική καινοτομία με σκοπό την ψηφιοποίηση των συστημάτων παραγωγής της μέσω τεχνητής νοημοσύνης (Odejide et al., 2024). Αποτελεί ένα εξαιρετικό παράδειγμα για το πως η ενσωμάτωση της TN μπορούν να μεταμορφώσουν έναν παραδοσιακό κατασκευαστικό κλάδο.

Κύριες ανησυχίες και διαδικασίες που έπρεπε να βελτιστοποιηθούν αποτελούν η διαχείριση έργων, η ποιότητα κατασκευής και η ασφάλεια στο πεδίο. Η διαδικασία μετασχηματισμού ξεκίνησε το 2017 με την επένδυση σε δομές δεδομένων που επιτρέπουν την ανάλυση μεγάλου όγκου πληροφοριών και τη λήψη αποφάσεων βάσει αλγορίθμων μηχανικής μάθησης. Μέχρι τότε τα δεδομένα ήταν αποδιοργανωμένα και διασκορπισμένα σε πολλαπλά συστήματα. Η πλατφόρμα της, Procore, περιέχει πλέον στοιχεία για πάνω από 1 εκατομμύριο έργα, 1 δισεκατομμύριο κατασκευαστικά έγγραφα αλλά και 1 δισεκατομμύριο κατασκευαστικά έγγραφα (Skanska ENR Future Tech, 2024)⁹. Ο τεράστιος όγκος δεδομένων καθιστάται διαχειρίσιμος για την αποτελεσματική διαχείριση του κόστους και την βελτίωση παραγωγικότητας στο εργοτάξιο.

Όσον αφορά το 2024, οι αρχικές εκθέσεις για τους επενδυτές της Skanska (Skanska Investor Presentation, 2024)¹⁰ προβλέπουν ότι οι βελτιώσεις θα συνεχιστούν με πρόσθετη μείωση του χρόνου ολοκλήρωσης έργων κατά 5-7% σε σχέση με το 2023. Η εξοικονόμηση κόστους επίσης προβλεπόταν σε τιμές 3-5%, σε σύγκριση με τα δεδομένα του προηγούμενου έτους. Η καινοτομία συνεχίστηκε με την εισαγωγή ενός εικονικού βοηθού τεχνητής νοημοσύνης, το Sidekick, με σκοπό την υποστήριξη σε κρίσιμες διαδικασίες της εταιρείας. Η πλατφόρμα προορίζεται για εσωτερική χρήση και λειτουργεί ως βοηθός για τους διαχειριστές έργων, διευκολύνοντας την λήψη αποφάσεων. Ο τρόπος χρήσης του είναι παρόμοιος με τα chatbots τα οποία αλληλεπιδρούν με τον χρήστη, λαμβάνοντας και επιστρέφοντας χρήσιμες πληροφορίες.

Για τον αυτοματισμό των εργασιών, ο οργανισμός επένδυσε σε ρομποτικά συστήματα και drones που διευκολύνουν την ομαλή διεκπεραίωση παραγωγής (Abutaha and Dinler, 2024) Αυτή η προσέγγιση όχι μόνο αυξάνει την παραγωγικότητα, αλλά και βελτιώνει τα πρότυπα ασφάλειας, αφού επικίνδυνες εργασίες ανατίθενται σε μη ανθρώπινα συστήματα, μειώνοντας έτσι τον κίνδυνο τραυματισμών στους εργαζόμενους. Μερικές από τις λειτουργίες των ρομποτικών συστημάτων αποτελούν η αυτόνομη λήψη εικόνων, η ανάλυση ασφάλειας και η ανίχνευση ανθρώπων στον χώρο εργασίας. Η λήψη εικόνων διευκολύνει την παρακολούθηση του έργου αφού ενσωματώνονται στο BIM του οργανισμού.

Η ασφάλεια διασφαλίστηκε με τον συνδιασμό πλατφόρμας μηχανικής μάθησης, Smartvid.io, η οποία επισημάνει αυτόματα τους κινδύνους ασφαλείας με σκοπό την έγκυρη αναφορά και αποφυγή τους. Το σύστημα επίσης έχει τους κατάλληλους μοχλούς ασφαλείας με δυνατότητα διακοπής εργασίας των

⁹ Skanska USA. (n.d.). *How AI is revolutionizing productivity, efficiency and knowledge sharing*. Skanska <https://www.usa.skanska.com/who-we-are/media/constructive-thinking/how-ai-is-revolutionizing-productivity-efficiency-and-knowledge-sharing/>

¹⁰ Skanska. (2025, February 7). *Fourth quarter report 2024* <https://www.usa.skanska.com/>

βαρέων μηχανημάτων σε περίπτωση που εργαζόμενοι εισέλθουν σε ζώνες αποκλεισμού. Η Skanska χρησιμοποίησε cobots για την επιθεώρηση βιομηχανικών συγκολλήσεων και βιδών σε μεγάλο εμπορικό έργο. Από τα αποτελέσματα προέκυψε πως τα ρομπότ εντόπισαν νωρίτερα τα ελαττώματα σε σχέση με τις παραδοσιακές μεθόδους ενώ οι χρόνοι επιθεώρησης μειώθηκαν κατά 40% (Caleb, 2024).

Συνολικά, η περίπτωση της Skanska αποδεικνύει πως μέσω της στρατηγικής ψηφιοποίησης μπορούν να επιτευχθούν σημαντικές βελτιώσεις στην διαχείριση έργου. Αυτές οι εφαρμογές δεν προσφέρουν μόνο ένα ανταγωνιστικό πλεονέκτημα, αλλά θέτουν επίσης νέα πρότυπα για την καινοτομία στον κατασκευαστικό τομέα.

3.8 Σύγκριση με άλλες Βιβλιογραφικές Ανασκοπήσεις

Παρόλο που το αντικείμενο της TN και δε της χρήσης της στην διαχείριση έργου αρχίζει και μελετάται περισσότερο, παρουσιάζονται νέες ερευνητικές μελέτες που αποσκοπούν στην ανάδειξη του θέματος. Νεότερες συστηματικές ανασκοπήσεις επικεντρώνονται κυρίως στον κλάδο των κατασκευών (Presetyo et al., 2025, Liao et al., 2022, Bang and Olsson, 2022) ή της πληροφορικής (Al-Fraihat et al., 2024, David and Gelbard, 2024) ενώ λίγες αναφέρονται σε ενεργειακά (Dzhushupova et al., 2024) και βιομηχανικά έργα (Silva et al., 2024, Georgiev, et al., 2024), περιορίζοντας τη δυνατότητα ερμηνείας των συμπερασμάτων για άλλους τομείς της διαχείρισης έργου.

Αρκετές μελέτες αναφέρουν πλήθος τεχνολογιών όπως μηχανική μάθηση, βαθιά μάθηση και επεξεργασία γλώσσας, παραμένοντας όμως σε περιγραφικό επίπεδο χωρίς να εξετάζονται εις βάθος τα πλεονεκτήματα και οι περιορισμοί στην πρακτική αξιοποίηση τους σε κάθε φάση του κύκλου ζωής του έργου (Bento et al., 2022, Sahadevan, 2023, Odejide et al., 2024, Vergara, 2025). Επιπλέον, σε πολλές περιπτώσεις οι μελέτες τείνουν να υιοθετούν μια μονοδιάστατη ανάλυση καθώς αναφέρονται αποκλειστικά στα θετικά ή αρνητικά των τεχνολογιών (Mohammad and Chirchir, 2024, Niederman, 2021, Shamim, 2024), αγνοώντας το γενικό πλαίσιο ενσωμάτωσής τους.

Στην παρούσα μελέτη επιδιώκεται η χαρτογράφηση των τεχνολογιών TN που εφαρμόζονται σε διαφορετικά στάδια διαχείρισης έργου και σε διάφορους κλάδους, με έμφαση σε περιβάλλοντα που δραστηριοποιούνται διαχειριστές και ομάδες με τεχνικό ή μηχανολογικό υπόβαθρο. Μέσω της προσέγγισης αυτής, επιδιώκεται μια κριτική αξιολόγηση της κατάστασης της TN στην διαχείριση έργου, χωρίς να περιορίζεται σε θεωρητική κατηγοριοποίηση των τεχνολογιών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Οι κύριες ερευνητικές ερωτήσεις που απαντώνται στην μελέτη αφορούν σημαντικές πτυχές της διαχείρισης και επιχειρούν να αποτυπώσουν την σύγχρονη κατάσταση του πεδίου. Σε αυτό το τμήμα της μελέτης, τα ευρήματα συγκρίνονται με παρόμοιες έρευνες με σκοπό να ενισχυθεί η ανάλυση του θέματος και να διασαφηνιστούν οι τάσεις που αναδεικνύονται. Η συγκριτική ανάλυση επιτρέπει την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με το αν τα ευρήματα της παρούσας έρευνας συνάδουν με προηγούμενες μελέτες ή διαφοροποιούνται και γιατί. Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μεγάλη αύξηση στις δημοσιεύσεις που ασχολούνται με την τεχνητή νοημοσύνη και την αξιοποίηση της στην διαχείριση έργου. Αυτή η ραγδαία μεταβολή του ερευνητικού ενδιαφέροντος σηματοδοτεί την αναγνώριση του ρόλου της ΤΝ ως εργαλείου που μπορεί να προσφέρει σημαντικό πλεονέκτημα στις εταιρείες. Οι ακαδημαϊκές μελέτες δείχνουν ότι οι οργανισμοί που υιοθετούν νέες τεχνολογίες μπορούν να επιτύχουν βελτιστοποίηση διαδικασιών.

4.1 RQ1: Ποιες τεχνολογίες τεχνητής νοημοσύνης συμβάλλουν στη βελτίωση των διαδικασιών διαχείρισης έργων;

Η πρώτη ερευνητική ερώτηση αποσκοπεί στην ανάδειξη των κύριων τεχνολογιών και αλγορίθμων που αξιοποιούνται στην διαχείριση έργων. Η βιβλιογραφία επιβεβαιώνει τις κυρίαρχα μοντέλα να προέρχονται κυρίως από τους τομείς της μηχανικής μάθησης και της βαθιάς μάθησης (Taboada et al., 2023, Pérez-Castillo et al., 2023). Αυτές οι τεχνολογίες έχουν οδηγήσει σε σημαντικές εξελίξεις στον τρόπο που αντιμετωπίζονται οι διαδικασίες διαχείρισης έργων, προσφέροντας αυτοματοποίηση και ανάλυση δεδομένων. Στην κατηγορία των αλγορίθμων μηχανικής μάθησης, ιδιαίτερο ερευνητικό ενδιαφέρον έχει προσελκύσει ο αλγόριθμος των τυχαίων δασών, ο οποίος φαίνεται να έχει μελετηθεί περισσότερο από άλλες μεθόδους (Al-Frahait et al., 2024, Uddin et al., 2022). Η εκτεταμένη χρήση τους εξηγείται καθώς είναι ικανοί να διαχειρίζονται πολύπλοκες σχέσεις μεταξύ μεταβλητών και να προσφέρουν αξιόπιστες εκτιμήσεις. Εκτός από τα τυχαία δάση, άλλες τεχνικές που εφαρμόζονται είναι οι γενετικοί αλγόριθμοι, οι οποίοι προσομοιώνουν τη φυσική εξέλιξη για την εύρεση βέλτιστων λύσεων σε προβλήματα χρονοπρογραμματισμού καθώς και ο αλγόριθμος k-means, ο οποίος χρησιμοποιείται κυρίως για ομαδοποίηση δεδομένων. Οι τεχνικές της γραμμικής παλινδρόμησης και Monte Carlo αποτελούν κλασικές αλλά ακόμα χρήσιμες τεχνικές για την πρόβλεψη τάσεων και σεναρίων (Silva et al., 2024, Meharunnisa et al., 2023).

Στην περιοχή της βαθιάς μάθησης, ιδιαίτερα σημαντική είναι η εξέλιξη και η εφαρμογή της επεξεργασίας φυσικής γλώσσας, η οποία αναγνωρίζεται ως μια από τις πιο υποσχόμενες τεχνολογίες (Gil Ruiz et al., 2021). Η αυξανόμενη εφαρμογή της NLP οφείλεται στην ικανότητά της να βελτιστοποιεί τη ροή πληροφοριών ενώ μειώνει την ανάγκη για ανθρώπινη παρέμβαση σε χρονοβόρες διαδικασίες. Παράλληλα, η ρομποτική αυτοματοποίηση προσφέρει αυτοματοποιημένες λύσεις για πιο αποδοτικές διαδικασίες (Georgiev et al., 2024). Ενσωματώνεται κυρίως από έργα των κατασκευών και βιομηχανιών, όπως στο παράδειγμα της Skanska όπου επιτυγχάνθηκε σημαντική βελτίωση στη διαχείριση έργων και της αποδοτικότητας των επιχειρησιακών διαδικασιών.

Όπως στην πλειοψηφία των ερευνών έτσι και εδώ αναδείχθηκαν τα υβριδικά μοντέλα ως την βέλτιστη λύση που συνδιάζει τα πλεονεκτήματα πολλαπλών τεχνικών (Hu et al., 2020). Η υιοθέτηση αυτών των υβριδικών συστημάτων δεν περιορίζεται πλέον στη χρήση αλγορίθμων, αλλά εστιάζει στη βελτιστοποίηση συνολικών διεργασιών. Η ανάγκη για υβριδικούς αλγορίθμους αποκαλύπτει το επίπεδο ωριμότητας της έρευνας της τεχνητής νοημοσύνης για τη διαχείριση έργων. Ενώ παλιότερα δινόταν περισσότερο έμφαση στην εφαρμογή μεμονωμένων αλγορίθμων, σήμερα υπάρχει μια πιο συνειδητή προσπάθεια βελτιστοποίησης συνόλου διεργασιών.

Η έρευνα την Nenni et al., 2023 συμφωνεί με την επικράτηση των μεθόδων μηχανικής μάθησης στην διαχείριση έργων, ευθυγραμμιζόμενη με τις τάσεις που αναδεικνύονται στην παρούσα έρευνα. Τα ευρήματα τους δείχνουν επίσης ότι ενώ στο παρελθόν η μελέτη εστίαζε σε επιμέρους αλγορίθμους, πλέον η επιστημονική κοινότητα στρέφεται στην ανάπτυξη υβριδικών μοντέλων για την βελτιστοποίηση της απόδοσης και της ακρίβειας των συστημάτων. Επιπλέον, επισημαίνει πως τα τελευταία χρόνια η βαθιά μάθηση εξελίσσεται και καθιστάται ως ανερχόμενη επιστήμη που δίνει λύσεις σε πιο σύνθετα προβλήματα μέσω της NLP.

Αν η παρούσα έρευνα συγκριθεί με την μελέτη των Fahle et al., 2020 που ανέλυσαν την συστημική χρήση της τεχνητής νοημοσύνης σε βιομηχανικά περιβάλλοντα, διακρίνονται παρόμοιες χρήσεις μηχανική μάθησης και μοντέλων. Ωστόσο η χρήση βαθιάς μάθησης και συγκεκριμένα τεχνολογιών NLP δεν αναφέρεται εκτενώς, κάτι που υποδηλώνει ότι η επιστημονική κοινότητα δεν είχε εστιάσει ακόμα πλήρως σε αυτό τον τομέα κατά την διάρκεια της δημοσίευσής τους. Δεδομένου του αυξανόμενου ενδιαφέροντος για την NLP και της συνεχούς προόδου της, μπορεί να γίνει η υπόθεση ότι αποτελεί μία από τις τεχνολογίες με την μεγαλύτερη προοπτική για το μέλλον.

4.2 RQ2: Με ποιους τρόπους ενσωματώνεται η TN στη διαχείριση έργων και πώς επηρεάζει τις πρακτικές διαχείρισης;

Η ταχεία ανάπτυξη της TN έχει επιφέρει σημαντικές αλλαγές στον τομέα της διαχείρισης έργου. Η ενσωμάτωση της από την εκάστοτε εταιρεία στις επιχειρησιακές διαδικασίες ποικίλει ανάλογα με τον κλάδο και την διαθεσιμότητα πόρων. Όπως η μελέτη των Zhang et al., 2024, έτσι και εδώ επιβεβαιώνεται ότι η πλειονότητα των ερευνών σχετικά με την πρακτική εφαρμογή της TN, επικεντρώνονται στον τομέα των κατασκευών, μηχανικής και πληροφορικής. Τα έργα αυτά διακρίνονται τόσο από κλασσικές προσεγγίσεις διαχείρισης έργου, τόσο από ευέλικτες τακτικές με την χρήση κατάλληλων συστημάτων.

Η έρευνα αναδεικνύει διάφορες πτυχές της διαχειριστικής διαδικασίας, τις οποίες η TN μπορεί να μεταμορφώσει ψηφιακά. Οι πιο σημαντικές βελτιστοποιήσεις διακρίνονται στον χρονοπρογραμματισμό έργων με την δημιουργία πιο ακριβών προγραμμάτων, στην διαχείριση πόρων με πρόβλεψη των αναγκών, στην διαχείριση των κινδύνων μέσω ανάλυσης δεδομένων, στην ενίσχυση της λήψης αποφάσεων, στην αυτοματοποίηση εργασιών, στην παρακολούθηση έργων σε πραγματικό χρόνο και στην ενδυνάμωση της συνεργασίας των ομάδων. Όσο αφορά την κυρίαρχη διαδικασία που ενισχύεται, οι Zia et al. (2024) μέσω έρευνας διαπίστωσαν πως το 84% των μελών διαχείρισης έργων θεωρούν το μεγαλύτερο όφελος βρίσκεται στην ενίσχυση της λήψης αποφάσεων ενώ η μικρότερη ενισχυμένη διαδικασία είναι η ανάλυση προβλέψεων για διαχείριση κινδύνων με 62% των απαντήσεων. Τα ευρήματα έρχονται σε αντίθεση όμως με την μελέτη των Nenni et al. (2024) που κατέληξε πως το πιο ενισχυμένο πλαίσιο είναι αυτό της διαχείρισης κινδύνων τόσο σε κατασκευαστικό τομέα όσο και στον τομέα της πληροφορικής. Η διαφορά στα αποτελέσματα μεταξύ των δύο ερευνών πιθανώς οφείλεται στις διαφορετικές προσεγγίσεις που ακολουθήθηκαν και την συλλογή των δεδομένων. Η έρευνα των Zia et al. (2024) φαίνεται να δίνει μεγαλύτερη έμφαση στην ευρύτερη επιχειρησιακή χρήση της TN, ενώ η μελέτη των Nenni et al. (2024) επικεντρώνεται περισσότερο στις εφαρμογές της σε συγκεκριμένους τομείς όπου η διαχείριση κινδύνων αποτελεί κρίσιμο παράγοντα επιτυχίας. Από την μεριά τους οι Parekh et al., 2024 βρήκαν πως ο πιο ενισχυμένος τομέας είναι η ακρίβεια στην πρόβλεψη των απαιτούμενων πόρων και την διαχείριση τους. Πιο συγκεκριμένα, μετά από μελέτη σε κατασκευαστικά έργα το μοντέλο TN έδωσε μια ακρίβεια της τάξης 92% στο αναμενόμενο κόστος σε σχέση με το πραγματικό. Σε αντίθεση, οι παραδοσιακές μέθοδοι κατάφεραν να αποδώσουν το 85% του πραγματικού κόστους.

Σύμφωνα με την μελέτη των Bang and Olsson, 2022, οι πιο συχνές εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης αναφέρονται στην διαχείριση πόρων (22%), στον προγραμματισμό έργων (19%) και στην λήψη στρατηγικών αποφάσεων (12%) ενώ ελλειπής είναι η αναφορά σε εφαρμογές που αφορούν

διαπροσωπικές πτυχές όπως επικοινωνία και συνεργασία. Η απουσία αυτών των στοιχείων από την βιβλιογραφία καταδεικνύει την ανάγκη για περαιτέρω μελέτη και διερεύνηση της συνολικής επίδρασης της TN, τόσο από τεχνική όσο και από ανθρώπινη σκοπιά.

Μια σημαντική διαπίστωση είναι ότι η έμφαση της έρευνας δίνεται κυρίως στην ανάπτυξη και εφαρμογή συγκεκριμένων τεχνολογιών. Παρά την εκτενή αναζήτηση, δεν βρέθηκαν αρκετά στοιχεία αναφορών για πρακτικές εφαρμογές της TN σε πραγματικά περιβάλλοντα. Οι περισσότεροι οργανισμοί δεν δημοσιοποιούν πληροφορίες σχετικά με την ενσωμάτωση αυτών των συστημάτων στις διεργασίες τους, γεγονός που δυσχεραίνει την ανάλυση της αποτελεσματικότητας τους και επιπτώσεων τους. Μία από τις ελάχιστες εταιρείες που διαθέτει προσβάσιμα δεδομένα για το κοινό, αποτελεί η Skanska μέσω της μεγάλης επένδυσης αναβάθμισης συστημάτων και διαδικασιών με χρήση TN. Ο περιορισμός αυτός οδηγεί στο συμπέρασμα πως το συνολικό πεδίο εφαρμογής της TN στην πράξη εξακολουθεί να είναι ανεπαρκώς τεκμηριωμένο.

4.3 RQ3: Ποιες είναι οι βασικές προκλήσεις που προκύπτουν κατά την εφαρμογή της TN στη διαχείριση έργων;

Η απάντηση της 3^{ης} ερευνητικής ερώτησης σκοπεύει στην ανάδειξη κρίσιμων ζητημάτων για την επιτυχή ενσωμάτωση της TN στα έργα, επηρεάζοντας την αποδοχή της τόσο από τις επιχειρήσεις όσο και από την κοινωνία. Η εισαγωγή της TN στη διαχείριση έργων συνοδεύεται από μια σειρά ανοιχτών ερωτημάτων, τόσο σε ηθικό, σε οργανωσιακό και σε τεχνολογικό επίπεδο. Καθώς η τεχνολογία εξελίσσεται, προκύπτουν νέες προκλήσεις και επιπλοκές που απασχολούν τους ερευνητές γύρω από την δεοντολογία χρήσης της, την διαχείριση αλλαγών μέσα στους οργανισμούς και τις τεχνικές δυσκολίες που συνοδεύουν την εφαρμογή της.

4.3.1 Ηθικοί ενδοιασμοί και προκλήσεις

Ένα σημαντικό ζήτημα είναι αυτό των προκαταλήψεων των δεδομένων. Δεδομένου ότι οι αλγόριθμοι λειτουργούν με βάση ιστορικά δεδομένα, είναι πιθανό να αναπαραχθούν προϋπάρχουσες ανισότητες και μεροληψίες (Zia et al., 2024). Η χρήση μη αξιόπιστων δεδομένων, τα οποία μπορεί να προέρχονται είτε από προηγούμενες πρακτικές είτε από λανθασμένη επιλογή παραμέτρων, οδηγεί αντίστοιχα σε μη

αντικειμενικές αποφάσεις. Ως αποτέλεσμα, μπορεί να δημιουργηθούν αθέμιτες διακρίσεις στον χρονοπρογραμματισμό, στην κατανομή πόρων και στην διαχείριση κινδύνων.

Εξίσου σημαντική είναι η ανάγκη για διαφάνεια στην λήψη αποφάσεων. Οι ερευνητές κάνουν λόγο για την φύση των αλγορίθμων ΤΝ να λειτουργούν σαν «μαύρα κουτιά», δηλαδή να μην είναι ξεκάθαρες οι διαδικασίες τεκμηρίωσης τους Mohammad and Chirchir, 2024. Αυτή η έλλειψη διαφάνειας δημιουργεί προβλήματα εμπιστοσύνης καθώς οι ενδιαφερόμενοι αδυνατούν να εξηγήσουν την διαδικασία που οδηγεί σε μια συγκεκριμένη απόφαση. Οι υπεύθυνοι διαχείρισης έργων μπορεί να μην είναι σε θέση να εξηγήσουν τις αποφάσεις που προκύπτουν από αλγοριθμικές διαδικασίες, γεγονός που δημιουργεί ζητήματα λογοδοσίας. Σε περίπτωση που μια απόφαση ενός συστήματος ΤΝ οδηγεί σε αρνητικές συνέπειες, είτε πρόκειται για μια αποτυχημένη στρατηγική έργου είτε για μια νομική παραβίαση, είναι απαραίτητο να αποσαφηνιστεί ποιος θεωρείται υπεύθυνος.

Για την αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων προτείνεται μια προσέγγιση συνδιασμού ανθρώπινης εποπτείας με τεχνολογικά συστήματα (Kiani, 2024). Ο διαχειριστής έργου μπορεί να διατηρήσει τον ηγετικό του ρόλο ενώ η ΤΝ μπορεί να αξιοποιηθεί ως εργαλείο που αναλύει μεγάλα δεδομένα. Αυτό σημαίνει πρακτικά ότι ο αλγόριθμος μπορεί να προτείνει εναλλακτικές και βέλτιστες λύσεις αλλά η τελική απόφαση βαρύνει τον διαχειριστή. Η εμπειρογνωμοσύνη του ειδικού δεν μπορεί να αντικατασταθεί από την τεχνολογία αλλά αντίθετα ενισχύεται με ένα σύστημα υποστήριξης αποφάσεων που προσφέρει επιβεβαίωση. Η ευθύνη για την τελική απόφαση θα παραμείνει στον διαχειριστή, ο οποίος θα εξετάζει αν οι προτάσεις της ΤΝ είναι ρεαλιστικές και συμβαδίζουν με τους στόχους του εκάστοτε έργου.

Η προστασία των προσωπικών δεδομένων και οι νομικές ρυθμίσεις που διέπουν την χρήση τους, αποτελεί ένα ζήτημα που απασχολεί την παγκόσμια κοινότητα. Η Obafunsho, 2024 επισημαίνει ότι η επεξεργασία δεδομένων και μάλιστα ευαίσθητων που αφορούν πελάτες, πρέπει να αντιμετωπίζονται με μεγάλη διακριτικότητα και προσοχή. Η ακατάλληλη χρήση και διάθεση τους μπορεί να δημιουργήσει νομικά προβλήματα. Η ορθή διαχείριση δεδομένων προϋποθέτει τους κατάλληλους μηχανικούς ελέγχους ώστε να εξασφαλιστεί η σωστή και ηθική αξιοποίηση τους. Παράλληλα, η πρόσβαση σε αυτά πρέπει να απαιτεί αυστηρά πρωτόκολλα ασφαλείας από εξουσιοδοτημένους χρήστες.

Στο ρυθμιστικό επίπεδο, ο Müller et al., 2024 θέτει ερωτήματα για την νομοθεσία της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την ΤΝ που ενδέχεται να επηρεάσει την ταχύτητα υιοθέτησης της τεχνολογίας σε σύγκριση με χώρες που δεν υπόκεινται σε αντίστοιχους νομικούς περιορισμούς. Η Ευρωπαϊκή Πράξη για την Τεχνητή Νοημοσύνη που τέθηκε σε ισχύ την 1η Αυγούστου 2024, επιδιώκει να εισάγει ένα ενιαίο πλαίσιο που βασίζεται στην κατηγοριοποίηση ΤΝ με βάση τον κίνδυνο που παρουσιάζουν. Σύμφωνα με αυτό το

πλαίσιο, τα συστήματα που κατατάσσονται στην κατηγορία υψηλού κινδύνου απαιτούν ανθρώπινη εποπτεία. Ως τέτοια ζητήματα αναφέρονται τα ιατρικά λογισμικά και τα συστήματα δημόσιας διοίκησης. Αυτό το μοντέλο κανονιστικής συμμόρφωσης εγείρει ερωτήματα σχετικά με το πώς θα επηρεαστεί η ευρωπαϊκή αγορά της TN σε σχέση με άλλα μέρη του κόσμου. Αν οι κανονισμοί επιβάλουν υπερβολικά αυστηρά όρια στη χρήση των αλγορίθμων, μπορεί να καταστήσουν δυσκολότερη την ανάπτυξη και εφαρμογή καινοτόμων λύσεων, προκαλώντας έτσι ανταγωνιστικό μειονέκτημα για τις ευρωπαϊκές επιχειρήσεις. Από την άλλη πλευρά, η θέσπιση αυστηρών κανόνων μπορεί να διασφαλίσει μεγαλύτερη διαφάνεια και εμπιστοσύνη στην τεχνολογία, αποτρέποντας τη δημιουργία προβληματικών συστημάτων που ενδέχεται να λειτουργούν με αδιαφανείς διαδικασίες.

4.3.2 Οργανωσιακά προβλήματα

Η εισαγωγή της TN στις επιχειρησιακές διαδικασίες αποτελεί μια πολύπλοκη και απαιτητική διαδικασία που επηρεάζει τις οργανωτικές δομές. Η μετάβαση αυτή δεν είναι απλή υπόθεση καθώς απαιτεί σημαντικές αλλαγές στον τρόπο λειτουργίας των οργανισμών, στις δεξιότητες εργαζομένων και στην τεχνολογική υποδομή που προϋποθέτει η ενσωμάτωση νέων τεχνολογιών (Mohammad et al., 2024).

Η υιοθέτηση της TN καθιστά αναγκαία την εξειδικευμένη τεχνική γνώση από τους επαγγελματίες του χώρου. Οι Rehan et al., 2023 κάνουν ανάλυση των ικανοτήτων που πρέπει να διαθέτει ένας διαχειριστής της σύγχρονης εποχής. Η μελέτη κατέληξε πως πολλοί διαχειριστές έργων αδυνατούν να κατανοήσουν και να αξιοποιήσουν τις δυνατότητες της TN, γεγονός που μπορεί να δημιουργήσει σύγχυση ή ακόμα και σκεπτικισμό απέναντι στην τεχνολογία. Για να αντιμετωπιστεί αυτό το εμπόδιο, κρίνεται αναγκαία η επένδυση πόρων στην εκπαίδευση των εργαζομένων, ανεξαρτήτως θέσης. Η ανάπτυξη δεξιοτήτων αναφέρεται τόσο σε τεχνικά θέματα που αφορούν την χρήση αλγορίθμων και εργαλείων, όσο σε στρατηγικά ζητήματα ερμηνεύσης των δεδομένων και λήψης αποφάσεων. Όπως επισημαίνει η έρευνα του Nilsson, 2023, 62% των εταιρειών παρέχουν ελάχιστη ή καθόλου εκπαίδευση στους υπαλλήλους τους για την TN, ενώ το 65% των επαγγελματιών έχουν βασικές ή μηδενικές γνώσεις πάνω στο αντικείμενο. Η απουσία κατάλληλης εκπαίδευσης δημιουργεί ένα εμπόδιο που καθιστά δύσκολη την ψηφιακή μετάβαση.

Από την μεριά των εργαζομένων, ένα ακόμα πρόβλημα που προκύπτει είναι η αντίσταση στην αλλαγή. Οι άνθρωποι τείνουν να είναι διστακτικοί απέναντι σε νέες τεχνολογίες που θεωρούν ότι απειλούν τις θέσεις εργασίας τους. Η ανησυχία αυτή είναι ιδιαίτερα εμφανής σε οργανισμούς με παραδοσιακές δομές όπου

τα συστήματα TN και η αυτοματοποίηση αντιμετωπίζονται με διστακτικότητα ως έναν παράγοντα που ενδέχεται να μειώσει την σημασία του ρόλου τους ή ακόμα και να τους αντικαταστήσει. Αυτή η αντίσταση δεν προέρχεται μόνο από τα χαμηλόβαθμα στελέχη αλλά και από τα ανώτερα επίπεδα διοίκησης. Πολλά ηγετικά στελέχη δυσκολεύονται να αντιληφθούν την ανάγκη μετάβασης σε νέα μοντέλα τεχνολογίας και να αναγνωρίσουν την στρατηγική τους σημασία. Σε πολλές περιπτώσεις η απουσία τεχνογνωσίας οδηγεί στον φόβο και την άρνηση υιοθέτησης καινοτόμων λύσεων.

Προκειμένου να επιλυθούν αυτά τα ζητήματα πρέπει να προωθηθεί μια εταιρική κουλτούρα καινοτομίας και ανάπτυξης. Είναι απαραίτητη η εκπαίδευση των εργαζομένων σε θέματα όχι μόνο τεχνικά όπως η χρήση αλγορίθμων και εργαλείων TN, αλλά και σε στρατηγικά θέματα όπως η ερμηνεία των δεδομένων και η λήψη αποφάσεων. Οι Pérez-Castillo et al., 2023 μάλιστα καταλήγουν στο συμπέρασμα πως οι εταιρείες που θα επενδύσουν στην εκπαίδευση του προσωπικού τους πάνω στην χρήση TN, θα αποκτήσουν ανταγωνιστικό πλεονέκτημα.

Οι ερευνητές Liao et al., 2023, εκφράζουν την ανησυχία για ενδεχόμενη αδυναμία ενσωμάτωσης της TN στα υπάρχοντα επιχειρησιακά συστήματα. Παρά τις θεωρητικές μελέτες που έχουν διεξαχθεί, οι πρακτικές εφαρμογές των μοντέλων αντιμετωπίζουν σοβαρές δυσκολίες. Πολλές επιχειρήσεις επενδύουν υπέρογκα ποσά του προϋπολογισμού σε τεχνολογίες TN χωρίς να έχουν σαφή στρατηγική και σχέδιο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η απόδοση των μοντέλων να μην ανταποκρίνεται στις προσδοκίες καθώς η τεχνολογία δεν αξιοποιείται σωστά. Επιπλέον, η χρήση της TN σε υφιστάμενα συστήματα απαιτεί την κατάλληλη προσαρμογή τους. Πολλά από τα λογισμικά και εργαλεία που χρησιμοποιούνται σήμερα στις επιχειρήσεις δεν είναι σχεδιασμένα ώστε να συνεργάζονται άμεσα με αλγοριθμικά μοντέλα. Το γεγονός αυτό δημιουργεί προκλήσεις στους οργανισμούς που είτε πρέπει να αναβαθμίσουν τις υπάρχουσες υποδομές τους είτε να αναπτύξουν νέα συστήματα συμβατά με τεχνολογίες TN, δύο εναλλακτικές που όμως είναι περίπλοκες και χρονοβόρες.

4.3.3 Τεχνολογικά ζητήματα

Η υιοθέτηση της ΤΝ στις επιχειρησιακές διαδικασίες συνοδεύεται από μία σειρά τεχνολογικών προκλήσεων που επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα και ασφάλεια των συστημάτων. Για την αντιμετώπιση τους απαιτείται η διαχείριση σύνθετων ζητημάτων που αφορούν την κυβερνοασφάλεια, την ποιότητα των δεδομένων και την εξάρτηση από μεγάλες εταιρείες τεχνολογίας. Τα προβλήματα αυτά καθιστούν αναγκαίο τον προσεκτικό σχεδιασμό και την διαχείριση πολλαπλών παραμέτρων.

Ένα από πλέον κρίσιμα ζητήματα της σημερινής εποχής είναι η κυβερνοασφάλεια και η προστασία δεδομένων, σύμφωνα με την έρευνα του Niederman, 2021. Καθώς η χρήση της ΤΝ προϋποθέτει την συλλογή μεγάλου όγκου δεδομένων για την εκπαίδευση και λειτουργία τους, τα συστήματα καθίστώνται ευάλωτα σε κακόβουλες επιθέσεις. Τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται στα έργα περιέχουν ευαίσθητες και απόρρητες πληροφορίες ενώ η αποθήκευση τους δημιουργεί προκλήσεις για την διασφάλιση της ακεραιότητας και εμπιστευτικότητας τους. Η μελέτη από Zuboff, 2019 ανέδειξε την ανησυχία για την προστασία δεδομένων στον τομέα της πληροφορικής IT. Συγκεκριμένα, 52% των προισταμένων εκφράζουν ανησυχία για την τεθωράκιση πληροφοριών που διαχειρίζονται από συστήματα ΤΝ. Παράλληλα, μόνο ένα μικρό ποσοστό του 37% δηλώνει πως αξιοποιηθεί τις κατάλληλες τεχνικές για την άμυνα από πιθανές παραβιάσεις, γεγονός που αναδεικνύει την έλλειψη μηχανισμών άμυνας απέναντι σε απειλές ασφαλείας.

Εκτός από την κυβερνοασφάλεια, η ποιότητα των δεδομένων στην λειτουργία της ΤΝ παίζει καθοριστικό ρόλο στην επιτυχία των μοντέλων, όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο. Τα αποτελέσματα των αλγορίθμων εξαρτώνται άμεσα από την ακρίβεια και την πληρότητα των δεδομένων που τροφοδοτούνται στο σύστημα. Αν τα δεδομένα είναι ελλιπή ή αναξιόπιστα, τότε οι προβλέψεις που θα προκύψουν από τους αλγόριθμους τους ενδέχεται να είναι λανθασμένες (Reddy, 2023). Ως αποτέλεσμα μπορούν να ληφθούν αποφάσεις που δεν ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα, επηρεάζοντας αρνητικά την πορεία του έργου. Η αδυναμία διασφάλισης της ποιότητας των δεδομένων μειώνει την αξιοπιστία των συστημάτων ΤΝ και δημιουργεί αμφιβολίες για τη χρησιμότητά τους στην επιχειρησιακή στρατηγική.

Οι Müller et al., 2024 θέτουν ένα ενδιαφέρον ερώτημα σχετικά με την αυξανόμενη εξάρτηση των επιχειρήσεων από μεγάλους κολοσσούς τεχνολογίας, όπως η Microsoft, η Google, η Amazon και η Meta. Οι εταιρείες αυτές ελέγχουν μεγάλο μέρος της παγκόσμιας υποδομής και αγοράς ΤΝ, γεγονός που περιορίζει τις επιλογές των οργανισμών που θέλουν να στραφούν προς αυτές τις τεχνολογίες. Η κυριαρχία και συσσώρευση της τεχνογνωσίας σε μερικές εταιρείες εγείρει ζητήματα έλλειψης υπολογιστικής ισχύος

στη διαχείριση έργων. Εάν οι επιχειρήσεις δεν διαθέτουν εναλλακτικές λύσεις ή τη δυνατότητα να αναπτύξουν εσωτερικά τις δικές τους εφαρμογές ΤΝ, ενδέχεται να βρεθούν σε μειονεκτική θέση έναντι των ανταγωνιστών τους, οι οποίοι έχουν μεγαλύτερη πρόσβαση σε προηγμένες τεχνολογίες και υποδομές.

4.4 Ερευνητικά κενά

Παρόλο που υπάρχει εκτενής βιβλιογραφία που υποστηρίζει την χρησιμότητα της ΤΝ στην διαχείριση έργου, εξακολουθούν να υπάρχουν ορισμένα κενά που πρέπει να ερευνηθούν από μελλοντικές μελέτες. Μεγάλη έλλειψη παρατηρήθηκε στην διαθεσιμότητα ποσοτικών δεδομένων που να αποδεικνύουν την βελτίωση της απόδοσης έργων στον πραγματικό κόσμο. Αυτό σημαίνει πως οι μελέτες παραμένουν σε θεωρητικό επίπεδο ενώ αγνοούνται παράγοντες εξωτερικού περιβάλλοντος. Άλλο ένα κενό αποτελεί η ανεπαρκής μελέτη του ρόλου του διαχειριστή έργων στην διαδικασία ψηφιοποίησης και ενσωμάτωσης των νέων τεχνολογιών. Συγκεκριμένα, δεν υπάρχουν στοιχεία για τις ικανότητες που πρέπει να διατηρεί ένα τέτοιο κομβικό πρόσωπο και την στάση του απέναντι σε αρμοδιότητες του. Τέτοια ζητήματα αφορούν την λήψη αποφάσεων και τον συντονισμό ομάδων με την χρήση τεχνητής νοημοσύνης.

4.5 Περιορισμοί έρευνας

Η έρευνα παρουσιάζει περιορισμούς που πρέπει να ληφθούν υπόψη. Για την αναζήτηση των μελετών χρησιμοποιήθηκε αποκλειστικά η πλατφόρμα του scopus. Το γεγονός αυτό μπορεί να προκαλέσει μια μεροληψία στα διαθέσιμα άρθρα αφού δεν ερευνήθηκαν διαφορετικές ακαδημαϊκές πλατφόρμες αναζήτησης. Για την χρονική περίοδο, επιλέχθηκε να μελετηθούν μόνο πρόσφατες δημοσιεύσεις στο διάστημα ετών 2020-2025. Ακόμα, η τελική επιλογή των δημοσιεύσεων βασίστηκε στην συγγραφέα καθώς δεν χρησιμοποιήθηκαν εργαλεία ανάλυσης δεδομένων για την ανάλυση τους. Αυτή η χειροκίνητη διαλογή είναι πιθανό να έχει υποκειμενικότητα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

5.1 Συμπεράσματα

Συνοψίζοντας τα ευρήματα αυτής της έρευνας, γίνεται σαφές ότι η τεχνητή νοημοσύνη δεν είναι απλά μια τεχνολογική καινοτομία. Αποτελεί έναν μετασχηματισμό του τρόπου που σκεφτόμαστε, εργαζόμαστε και αλληλοεπιδρούμε με τους ανθρώπους και τα εργαλεία γύρω μας. Με την κατάλληλη προσέγγιση, η εξέλιξη της ΤΝ προσφέρει δυνατότητες που ανοίγουν νέους δρόμους για την βελτίωση της αποδοτικότητας. Το πραγματικό ερώτημα δεν είναι αν θα υιοθετήσουμε την ΤΝ, αλλά πώς θα τη χρησιμοποιήσουμε για να δημιουργήσουμε ένα πιο αποτελεσματικό, ευέλικτο και ανθρώπινο εργασιακό περιβάλλον.

Τα ευρήματα επιβεβαιώνουν σε μεγάλο βαθμό όσα αναδεικνύονται και στη σχετική βιβλιογραφία: η ΤΝ μπορεί να αυτοματοποιήσει και να βελτιστοποιήσει κρίσιμες διαδικασίες στην διαχείριση έργου με άμεσα οφέλη σε επίπεδο κόστους, χρόνου και ποιότητας. Παράλληλα, η ανάλυση δεδομένων σε βάθος και η υποστήριξη της λήψης αποφάσεων βασισμένη σε πραγματικά στοιχεία δημιουργούν τις προϋποθέσεις για πιο στοχευμένη και ευέλικτη διαχείριση έργων. Οι κύριες διαδικασίες της μπορούν να βελτιστοποιηθούν δίνοντας πολλά οφέλη τόσο στους εργαζόμενους όσο και τις επιχειρήσεις. Η βιβλιογραφική επισκόπηση ανέδειξε τη ραγδαία εξέλιξη των συστημάτων τεχνητής νοημοσύνης και την ευρεία εφαρμογή τους σε διαφορετικά πεδία του κλάδου. Παρότι βρίσκονται ακόμη στην αρχή της αξιοποίησης τους όσον αφορά την πλήρη ενσωμάτωσή τους στη διαχείριση έργων, τα πρώτα αποτελέσματα είναι ενθαρρυντικά. Η αξιοποίηση της ενισχύεται με ταχείς ρυθμούς και δείχνει να προσφέρει ουσιαστικές λύσεις σε σύνθετα προβλήματα.

Ωστόσο, η επιτυχία της ΤΝ στην διαχείριση έργου εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, σε ηθικό, τεχνολογικό και οργανωτικό επίπεδο. Οι πολλές προκλήσεις απαιτούν αναβάθμιση των υφιστάμενων εργαλείων και επένδυση στους ανθρώπους. Οι επιχειρήσεις καλούνται να επενδύσουν όχι μόνο σε λογισμικά, αλλά και στους ανθρώπους τους, παρέχοντας εκπαίδευση, καλλιεργώντας ψηφιακές δεξιότητες και προωθώντας κουλτούρα προσαρμοστικότητας. Οι επαγγελματίες πρέπει να εξοπλιστούν με τις απαραίτητες δεξιότητες για να εκμεταλλευτούν τις δυνατότητες της στο έπακρο. Προκλήσεις που αναδείχθηκαν όπως η ασφάλεια των δεδομένων και οι ηθικές προεκτάσεις της χρήσης της ΤΝ δεν μπορούν να αγνοηθούν αλλά χρειάζονται σοβαρό σχεδιασμό και υπεύθυνη διαχείριση.

Παρόλο που υπάρχει συμφωνία με τα μέχρι τώρα ευρήματα, η παρούσα εργασία δίνει έμφαση και στη διατήρηση της ανθρώπινης διάστασης, κάτι που δεν υπογραμμίζεται πάντα επαρκώς στα άρθρα τεχνικού

χαρακτήρα. Είναι άλλωστε σημαντικό να μην ξεχνάμε ότι στο επίκεντρο κάθε τεχνολογικής εξέλιξης πρέπει να βρίσκεται ο άνθρωπος και συνεπώς ο τελικός της στόχος είναι να τον εξυπηρετεί και όχι να τον αντικαθιστά. Η ΤΝ μπορεί να αποτελεί ένα ισχυρό εργαλείο όσο αφορά τις υπολογιστικές της ικανότητες αλλά δεν μπορεί να κατανοήσει την ανθρώπινη πολυπλοκότητα. Αυτό σημαίνει για παράδειγμα ότι δεν μπορεί να δημιουργήσει με έμπνευση ή να αποφασίσει βάση ηθικής συνείδησης. Η παρουσία ενός ανθρώπου θα είναι αναγκαία ώστε να δώσει κατεύθυνση και νόημα. Αν χαθεί αυτός ο ανθρώπινος άξονας, υπάρχει ο κίνδυνος η τεχνολογία να εξελιχθεί αποκομμένη από τις αξίες που την κάνουν πραγματικά χρήσιμη. Ο σκοπός δεν είναι να φτιαχτούν πιο «έξυπνες μηχανές» αλλά να δοθούν τα κατάλληλα εφόδια για την δημιουργία «έξυπνων» κοινωνιών.

Μια μελλοντική ανασκόπηση θα μπορούσε να αξιολογήσει της επιπτώσεις της τεχνητής νοημοσύνης στην διαχείριση έργων σε βάθος χρόνου. Δεδομένης της ταχύτητας με την οποία εξελίσσονται οι τεχνολογίες, μια μακροχρόνια μελέτη θα μπορούσε να προσφέρει μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα της αποτελεσματικότητας τους σε διαφορετικά είδη έργων και τομείς. Κάθε είδος έργου ανάλογα με τον κλάδο, την πολυπλοκότητα ή το μέγεθός του, ενδέχεται να επηρεάζεται διαφορετικά από την εφαρμογή εργαλείων τεχνητής νοημοσύνης. Οι δυνατότητες όπως και οι περιορισμοί των τεχνολογιών ενδέχεται να διαφοροποιούν ήδη από το σύντομο μέλλον καθώς νέα στοιχεία έρχονται στην επιφάνεια. Εξάλλου, οι τεχνολογίες τεχνητής νοημοσύνης που χρησιμοποιούνται στη διαχείριση έργων βρίσκονται ακόμα σε σχετικά πρώιμο στάδιο, καθώς έχουν αρχίσει να εφαρμόζονται ευρέως μόλις πρόσφατα. Γι' αυτό είναι σημαντικό να μελετηθούν οι επιδράσεις της ΤΝ σε ένα ευρύ φάσμα περιπτώσεων και μακροπρόθεσμα ώστε να αποκτηθεί μια σφαιρική εικόνα για αυτές.

Συνολικά, η υιοθέτηση της τεχνητής νοημοσύνης σε διάφορους τομείς της διαχείρισης έργων αναδεικνύει την πολυδιάστατη φύση και τη δυναμική αυτής της τεχνολογίας, υπογραμμίζοντας την ανάγκη για περαιτέρω διερεύνηση. Η συνεχής έρευνα και επενδύσεις πάνω στις τεχνολογίες είναι απαραίτητες, αν θέλουμε να κατανοήσουμε και τελικά να αξιοποιήσουμε, όλο το εύρος των δυνατοτήτων της με ουσιαστικό και υπεύθυνο τρόπο. Αυτό σημαίνει ότι δεν πρέπει να μελετηθούν μόνο οι τεχνικές της πλευρές, αλλά και οι κοινωνικές, ηθικές και οργανωτικές της προεκτάσεις.

Βιβλιογραφία

- Δημητριάδης, Α. (2016). Διοίκηση – Διαχείριση Έργου (5η έκδοση). Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.
- Agbejule, A., & Lehtineva, L. (2022). The relationship between traditional project management, agile project management and teamwork quality on project success. *International Journal of Organizational Analysis*, 30(7), 1754-1769. <https://doi.org/10.1108/IJOA-02-2022-3149>
- Al-Fraihat, D., Sharrah, Y., Al-Ghuwairi, A.-R., Alzabut, H., Beshara, M., & Algarni, A. (2024). Utilizing machine learning algorithms for task allocation in distributed agile software development. *Heliyon*, 10(2), e39926. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e39926>
- Almufti, S. M., Shaban, A. A., Ali, R. I., & Dela Fuente, J. A. (2023). Overview of metaheuristic algorithms. *Polaris Global Journal of Scholarly Research and Trends*, 2(2), 10–32. <https://doi.org/10.58429/pgjsrt.v2n2a144>
- Association for Project Management (APM). (2019). APM Body of Knowledge (7th edition). Association for Project Management. Retrieved from <https://www.apm.org.uk/resources/what-is-project-management/>
- Auth, G., Jöhnk, J., & Wiecha, D. A. (2021). A conceptual framework for applying artificial intelligence in project management. In 2021 IEEE 23rd Conference on Business Informatics (CBI) (pp. 161–170). IEEE. <https://doi.org/10.1109/CBI52690.2021.00027>
- Bang, S., Aarvold, M. O., Hartvig, W. J., Olsson, N. O. E., & Rauzy, A. (2022). Application of machine learning to limited datasets: Prediction of project success. *Journal of Information Technology in Construction*, 27, 732–755. <https://doi.org/10.36680/j.itcon.2022.036>
- Bang, Sofie & Olsson, Nils. (2022). Artificial Intelligence in Construction Projects: A Systematic Scoping Review. *Journal of Engineering, Project, and Production Management*. 12. 10.32738/JEPPM-2022-0021.
- Barcaui, A. Monat Who is better in project planning?Generative artificial intelligence or project managers? *Proj. Leadersh. Soc.*, 4 (2023), 10.1016/j.plas.2023.100101
- Bento, S., Pereira, L., Gonçalves, R., Dias, Á., & Lopes da Costa, R. (2022). Artificial intelligence in project management: Systematic literature review. *International Journal of Technology Intelligence and Planning*, 13(2), 143–162. <https://doi.org/10.1504/IJTIP.2022.10050400>
- Breiman, L. (2001). "Random Forests." *Machine Learning*, 45(1), 5-32. <https://doi.org/10.1023/A:1010933404324>.
- Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2017). *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*. W.W. Norton & Company.

- Bu-Qammaz, Amani & Dikmen, Irem & Birgonul, M. (2025). Risk assessment of international construction projects using the analytic network process. *Canadian Journal of Civil Engineering*. 36. 1170-1181. 10.1139/L09-061.
- Caleb, Akanbi. (2024). Human-Robot Collaboration in Construction Quality Control.
- Carrera-Rivera, A., Ochoa, W., Larrinaga, F., & Lasa, G. (2022). How-to conduct a systematic literature review: A quick guide for computer science research. *MethodsX*, 9, 101895. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2022.101895>
- Chen, DL., Aaltonen, K., Lampela, H. et al. The Design and Implementation of an Educational Chatbot with Personalized Adaptive Learning Features for Project Management Training. *Tech Know Learn* (2024). <https://doi.org/10.1007/s10758-024-09807-5>
- Daraojimba, C., Nwasike, C. N., Adegbite, A. O., Ezeigweneme, C. A., & Gidiagba, J. (2024). Comprehensive review of Agile methodologies in project management. *Computer Science & IT Research Journal*, 5(1), 190-218. <https://doi.org/10.51594/csitrj.v5i1.717>
- David, I., & Gelbard, R. (2024). Using machine learning for systematic literature review: Case in point—Agile software development. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*, 15(1), e1569. <https://doi.org/10.1002/widm.1569>
- Dimitrov, Dimitar & Petrova, Irena & Zlateva, Plamena & Velez, Dimiter. (2023). Artificial Intelligence Application in Agile Transport Project Management. 10.3233/FAIA230717.
- Djurdjanovic, D., Milosevic, D., Wang, T., & Lin, J. (2020). Hybrid Genetic Algorithm and Machine Learning-Based Scheduling of Large Construction Projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 146(5).
- Durão, D., & Palma dos Reis, A. (2024). How does robotic process automation create value for firms? *Information Systems and e-Business Management*, 22(4), 721–740. <https://doi.org/10.1007/s10257-024-00685-z>
- Dzhupova, R., Bosch, J., & Holmström Olsson, H. (2024). Choosing the Right Path for AI Integration in Engineering Companies: A Strategic Guide. *The Journal of Systems and Software*, 210, 111945. DOI: 10.1016/j.jss.2023.111945
- Ebert, C., & Duarte, C. H. C. (2018). Digital transformation. *IEEE Software*, 35(4), 16–21. <https://doi.org/10.1109/MS.2018.2801537>
- Fahle, S., Prinz, C., & Kühlenkötter, B. (2020). Systematic review on machine learning (ML) methods for manufacturing processes – Identifying artificial intelligence (AI) methods for field application. *Procedia CIRP*, 93, 413–418. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.04.109>
- Fridgeirsson, T. V., Ingason, H. T., Jónasson, H. I., & Gunnarsdottir, H. (2023). A qualitative study on artificial intelligence and its impact on the project schedule, cost, and risk management knowledge areas as presented in PMBOK®. Preprints. <https://doi.org/10.20944/preprints202309.0012.v1>

- Geetha, V., Gomathy, C. K., Yaratha Yagn, D. S. D. V., & Yaratha, Y. S. P. R. (2023). The role of natural language processing. *International Journal of Scientific Research in Engineering and Management*, 7(11), 1–11. <https://doi.org/10.55041/IJSREM27094>
- Georgiev, S., Polychronakis, Y., Sapountzis, S., & Polychronakis, N. (2024). The role of artificial intelligence in project management: a supply chain perspective. *Supply Chain Forum: An International Journal*, 1–14. <https://doi.org/10.1080/16258312.2024.2384823>
- Gil Ruiz, J., Martínez Torres, J., & González Crespo, R. (2021). The application of artificial intelligence in project management research: A review. *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence*, 6(6), 54–66. <https://doi.org/10.9781/ijimai.2020.12.003>
- Gondia, A. Moussa, M. Ezzeldin, W. El-Dakhakhni Machine learning-based construction site dynamic risk models *Technol. Forecast Soc. Change*, 189 (2023), Article 122347, 10.1016/j.techfore.2023.122347
- Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep Learning*. MIT Press.
- Hartigan, J. A., & Wong, M. A. (1979). Algorithm AS 136: A K-Means Clustering Algorithm. *Journal of the Royal Statistical Society*.
- Hass, K. B. (2007). The Blending of Traditional and Agile Project Management. PMI. Retrieved from <https://www.pmi.org>
- Hu, H., Jiang, S., Goswami, S. S., & Zhao, Y. (2024). Fuzzy Integrated Delphi-ISM-MICMAC Hybrid Multi-Criteria Approach to Optimize the Artificial Intelligence (AI) Factors Influencing Cost Management in Civil Engineering. *Information*, 15(5), 280. <https://doi.org/10.3390/info15050280>
- Ingalagi, S. S., Mutkekar, R. R., & Kulkarni, P. M. (2021). Artificial intelligence (AI) adaptation: Analysis of determinants among small to medium-sized enterprises (SME's). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1049(1), 012017. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1049/1/012017>
- Issa, T., & Hall, M. (2024). A teamwork framework for preventing breaches of academic integrity and improving students' collaborative skills in the AI era. *Heliyon*, 10(2), e38759. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e38759>
- Jain, A. K. (2010). Data clustering: 50 years beyond K-Means. *Pattern Recognition Letters*, 31(8), 651–666.
- Jurafsky, D., & Martin, J. H. (2019). *Speech and Language Processing: An Introduction to Natural Language Processing, Computational Linguistics, and Speech Recognition* (3rd ed.). Pearson.
- Kerzner, H. (2009). *Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling* (10th ed.). John Wiley & Sons.
- Kerzner, H. (2017). *Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling* (12th ed.). John Wiley & Sons.

- Kiani, A. (2024). Artificial intelligence in entrepreneurial project management: A review, framework, and research agenda. *International Journal of Managing Projects in Business*.
<https://doi.org/10.1108/IJMPB-03-2024-0068>
- Koroteev, M. (2021). BERT: A review of applications in natural language processing and understanding. *arXiv preprint arXiv:2103.11943*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2103.11943>
- LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature*, 521(7553), 436–444.
<https://doi.org/10.1038/nature14539>
- Lee, H., & Yun, S. (2024). Strategies for Imputing Missing Values and Removing Outliers in the Dataset for Machine Learning-Based Construction Cost Prediction. *Buildings*, 14(4), 933.
<https://doi.org/10.3390/buildings14040933>
- Liao, C., Aminudin, E., Mohd, S., & Yap, L. S. (2022). Intelligent risk management in construction projects: Systematic literature review. *IEEE Access*, 10, 72936–72951.
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3189157>
- Loh, W.-Y. (2014). "Fifty Years of Classification and Regression Trees." *International Statistical Review*, 82(3), 329–348.
- Lubosch, M., Kunath, M., & Winkler, H. (2018). Industrial scheduling with Monte Carlo tree search and machine learning. *Procedia CIRP*, 72, 1283–1287. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.03.171>
- M.T. Zia, M. Nadim, M.A. Khan, N. Akram, F. Atta The role and impact of artificial intelligence on project management *Asian Bull. Big Data Manag.*, 4 (2024), 10.62019/abbdm.v4i02.160
- Mamatha, R., & Suma, K.G. (2021). Role of Machine Learning in Software Project Management. *Journal of Physics: Conference Series*, 2040, 012038. DOI: 10.1088/1742-6596/2040/1/012038.
- Marcelino-Sádaba, S., Pérez-Ezcurdia, A., Lazcano, A. M. E., & Villanueva, P. (2014). Project risk management methodology for small firms. *International Journal of Project Management*, 32(2), 327–340.
- Mariani, M., Borghi, M., & Gretzel, U. (2020). Artificial Intelligence in Management: Trends and Challenges. *Journal of Business Research*, 115, 466-476.
- Meharunnisa, Saqlain, M., Abid, M., Awais, M., Stević, Ž., 2023. Analysis of Software Effort Estimation by Machine Learning Techniques. *Ingenierie des Systemes d'Information* 28, 1445–1457.
<https://doi.org/10.18280/isi.280602>.
- Mishra, A., Tripathi, A., & Khazanchi, D. (2024). A proposal for research on the application of AI/ML in ITPM: Intelligent project management. *International Journal of Information Technology Project Management*, 15(2). <https://doi.org/10.4018/IJITPM.315290>
- Mitchell, T. M. (1997). *Machine Learning*. McGraw-Hill.

- Mohammad, A., & Chirchir, B. (2024). Challenges of integrating artificial intelligence in software project planning: A systematic literature review. *Digital*, 4(3), 555–571.
<https://doi.org/10.3390/digital4030028>
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., & Altman, D. G. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *PLoS Medicine*, 6(7), e1000097.
<https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>
- Montgomery, D. C., Peck, E. A., & Vining, G. G. (2012). *Introduction to Linear Regression Analysis*. Wiley
- Müller, R., Locatelli, G., Holzmann, V., Nilsson, M., & Sagay, T. (2024). Artificial intelligence and project management: Empirical overview, state of the art, and guidelines for future research. *Project Management Journal*, 55(1), 9–15. <https://doi.org/10.1177/87569728231225198>
- Mun, J. (2006). *Modeling Risk: Applying Monte Carlo Simulation, Real Options Analysis, Forecasting, and Optimization Techniques*.
- Nenni, M.E., De Felice, F., De Luca, C. et al. How artificial intelligence will transform project management in the age of digitization: a systematic literature review. *Manag Rev Q* (2024).
<https://doi.org/10.1007/s11301-024-00418-z>
- Niederman, F. (2021). Project management: Openings for disruption from AI and advanced analytics. *Information Technology & People*, 34(7), 1811–1830. <https://doi.org/10.1108/ITP-03-2021-0225>
- Odejide, Opeyemi & Edunjobi, Tolulope. (2024). AI IN PROJECT MANAGEMENT: EXPLORING THEORETICAL MODELS FOR DECISION-MAKING AND RISK MANAGEMENT. *Engineering Science & Technology Journal*. 5. 1072-1085. 10.51594/estj.v5i3.959.
- Ottaviani, F. M., & De Marco, A. (2022). Multiple Linear Regression Model for Improved Project Cost Forecasting. *Procedia Computer Science*, 196, 808–815. DOI:10.1016/j.procs.2021.12.079.
- Parmenter, D. (2015). *Key Performance Indicators: Developing, Implementing, and Using Winning KPIs* (3rd ed.). John Wiley & Sons.
- Pérez-Castillo, Y.-J., Orantes-Jiménez, S.-D., & Acevedo-Mosqueda, M.-E. (2023). Toward automated project management. In *Proceedings of the 17th International Multi-Conference on Society, Cybernetics and Informatics (IMSCI 2023)* (pp. 161-164). Virtual, Online. DOI: 10.54808/IMSCI2023.01.161
- Prasetyo, M. L., Peranginangin, R. A., Martinovic, N., Ichsan, M., & Wicaksono, H. (2025). Artificial intelligence in open innovation project management: A systematic literature review on technologies, applications, and integration requirements. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*. <https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2024.100445>.
- Prieto, S. A., Mengiste, E. T., & García de Soto, B. (2023). Investigating the use of ChatGPT for the scheduling of construction projects. *Buildings*, 13(4), 857.
<https://doi.org/10.3390/buildings13040857>

Project Management Institute (PMI). (2017). A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) (6th ed.). Project Management Institute.

Provost, F., & Fawcett, T. (2013). Data Science for Business. O'Reilly Media.

Rampini, L., & Re Cecconi, F. (2022). Artificial intelligence in construction asset management: A review of present status, challenges and future opportunities. *ITcon*, 27, 889-910.

<https://doi.org/10.36680/j.itcon.2022.043>

Rane, N. (2023). Role of ChatGPT and similar generative artificial intelligence (AI) in construction industry. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4598258>

Rashid, H. A., Al-juboori, O. A., & Mahjoob, A. (2021). Genetic algorithms in construction project management: A review. *Solid State Technology*, 64(2), 5193-5213.

Reddy, G. (2023). The mechanistic basis of data dependence and abrupt learning in an in-context classification task. arXiv preprint arXiv:2312.03002. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2312.03002>

Rehan, A., Thorpe, D., & Heravi, A. (2023). Project manager's leadership behavioural practices – A systematic literature review. *Asia Pacific Management Review*. Advance online publication.

<https://doi.org/10.1016/j.apmr.2023.12.005>

Russell, S. J., & Norvig, P. (2016). Artificial Intelligence: A Modern Approach (3rd ed.). Pearson.

S. Merzouk, R. Gandoul, A. Marzak, N. Sael Toward new data for IT and IoT project management method prediction Math. Model. Comput., 10 (2023), pp. 557-565, 10.23939/mmc2023.02.557

Sadeeq, H. T., & Abdulazeez, A. M. (2023). Metaheuristics: A Review of Algorithms. *International Journal of Online and Biomedical Engineering (iJOE)*, 19(9), 142–164.

<https://doi.org/10.3991/ijoe.v19i09.39683>

Sahadevan, S. (2023). Project Management in the Era of Artificial Intelligence. *European Journal of Theoretical and Applied Sciences*, 1(3), 349-359. DOI: 10.59324/ejtas.2023.1(3).35

Senarath, U. S. (2021). Waterfall methodology, prototyping, and Agile development.

<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.17918.72001>

Shamim, M. M. I. (2024). Artificial intelligence in project management: Enhancing efficiency and decision-making. *International Journal of Management, Information Systems, and Data Science*, 1(1).

<https://doi.org/10.62304/ijmids.v1i1.107>

Silva, J., Ávila, P., Matias, J., Faria, L., Bastos, J., Ferreira, L., & Castro, H. (2024). Bibliographic review of AI applied to project management and its analysis in the context of the metalworking industry.

International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 120(3), 1235–1250.

<https://doi.org/10.1007/s00170-024-12345-6>

Singh, H. (2020). Project Management Analytics. Wiley

Stare, A. (2013). Agile project management – A future approach to the management of projects? *Dynamic Relationships Management Journal*, 2(1), 43-53.

<https://doi.org/10.17708/DRMJ.2013.v02n01a04>

Sun, T., & Zhang, H. (2022). "Machine Learning for Project Scheduling". *International Journal of Project Management*, 40(5), 565-579.

Taboada, Ianire & Daneshpajouh, Abouzar & Toledo, Nerea & Vass, Tharaka. (2023). Artificial Intelligence Enabled Project Management: A Systematic Literature Review. *Applied Sciences*. 13. 5014. 10.3390/app13085014.

Tubman, Alliyah, The Use of Artificial Intelligence in International Decision-Making Processes in Project Management (May 27, 2022). Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4121200> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4121200>

Uddin, S., Ong, S., & Lu, H. (2022). Machine learning in project analytics: A data-driven framework and case study. *Scientific Reports*, 12, 15252. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-19722-1>

Vahidi, R., & Greenwood, D. (2009, September). Triangles, tradeoffs and success: A critical examination of some traditional project management paradigms. *Proceedings of CIB09, Dubrovnik*. <https://doi.org/10.13140/2.1.2809.1520>

Velezmoro-Abanto, L., Cuba-Lagos, R., Taico-Valverde, B., Iparraguirre-Villanueva, O., & Cabanillas-Carbonell, M. (2024). Lean Construction Strategies Supported by Artificial Intelligence Techniques for Construction Project Management—A Review. *International Journal of Online and Biomedical Engineering (iJOE)*, 20(3), 99–114. DOI: 10.3991/ijoe.v20i03.46769.

Vergara, D., del Bosque, A., Lampropoulos, G., & Fernández-Arias, P. (2025). Trends and applications of artificial intelligence in project management. *Electronics*, 14(4), 800.

<https://doi.org/10.3390/electronics14040800MDPI+1ORCID+1>

Vicci, H. (2024). The impact of artificial intelligence on project managers and scrum masters: A review and evaluation study. *SSRN*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.5049345>

Wachnik, B. (2022). Analysis of the use of artificial intelligence in the management of Industry 4.0 projects: The perspective of Polish industry. *Production Engineering Archives*, 28(1), 56–63. <https://doi.org/10.30657/pea.2022.28.07>

Yang, J., & Wu, H. (2018). Artificial intelligence in project management: Opportunities, challenges, and prospects. *International Journal of Information Management*, 48, 22-31

Yang, L., Allen, G., Zhang, Z., & Zhao, Y. (2025). Achieving on-site trustworthy AI implementation in the construction industry: A framework across the AI lifecycle. *Buildings*, 15(1), 21. <https://doi.org/10.3390/buildings15010021>

Yaseen, Z. M., Ali, Z. H., Salih, S. Q., & Al-Ansari, N. (2020). Prediction of Risk Delay in Construction Projects Using a Hybrid Artificial Intelligence Model. *Sustainability*, 12(4), 1514. <https://doi.org/10.3390/su12041514>

Yenduri, G., Murugan, R., Govardanan, C. S., Supriya, Y., Srivastava, G., Reddy, P. K., Raj, D., Jhaveri, R. H., Prabadevi, B., Wang, W., Vasilakos, A. V., & Gadekallu, T. R. (2024). GPT (Generative Pre-Trained Transformer)— A comprehensive review on enabling technologies, potential applications, emerging challenges, and future directions. *IEEE Access*, 99, 1–1.

<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3389497>

Zervoudakis, K., & Tsafarakis, S. (2020). A mayfly optimization algorithm. *Computers & Industrial Engineering*, 145, 106559. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106559>

Zhang, X., Antwi-Afari, M. F., Zhang, Y., & Xing, X. (2024). The Impact of Artificial Intelligence on Organizational Justice and Project Performance: A Systematic Literature and Science Mapping Review. *Buildings*, 14(259). DOI: 10.3390/buildings14010259

Zhang, Y. Safety management of civil engineering construction based on artificial intelligence and machine vision technology. *Adv. Civ. Eng.* 2021, 4, 3769634