



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**  
ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΟ ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
«ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ»

**Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία**

***Συστηματική Επισκόπηση και Συγκριτική Μελέτη Μεθόδων Επιλογής Βαρέως Εξοπλισμού σε Χωματουργικές Εργασίες***

Μεταπτυχιακός Φοιτητής: ***Ιωάννα Διονυσία Βήττα***

Επιβλέπων Καθηγητής: ***Κλαίρη Πετρουτσάτου, Αναπλ. Καθηγήτρια ΑΠΘ***

Ημερομηνία: ***Ιούνιος 2025***

**Περίληψη**

Η επιλογή και η βελτιστοποίηση βαρέως εξοπλισμού στις χωματουργικές εργασίες αποτελεί μια κρίσιμη πρόκληση στη λήψη αποφάσεων στον κατασκευαστικό τομέα, με άμεσο αντίκτυπο στο κόστος, στον χρόνο και στο περιβαλλοντικό αποτύπωμα των έργων. Παρά τη σημαντική έρευνα που έχει διεξαχθεί έως σήμερα, το επιστημονικό πεδίο παραμένει κατακερματισμένο, καθώς δεν υπάρχει ένα ενιαίο θεωρητικό και μεθοδολογικό πλαίσιο που να ενσωματώνει με συστηματικό τρόπο τα διαφορετικά κριτήρια βελτιστοποίησης, τους πραγματικούς περιορισμούς των έργων και τις διαρκώς μεταβαλλόμενες απαιτήσεις.

Η παρούσα εργασία αποτελεί μια εκτενή συστηματική βιβλιογραφική ανασκόπηση (Systematic Literature Review – SLR) με αντικείμενο τις μεθοδολογίες που εφαρμόζονται για την επιλογή εξοπλισμού και τη διαστασιολόγηση στόλων σε χωματουργικές εργασίες. Σκοπός ήταν η αποτύπωση των κυρίαρχων ερευνητικών τάσεων, η ταξινόμηση των χρησιμοποιούμενων τεχνικών και η εντοπισμός υφιστάμενων ελλείψεων στη βιβλιογραφία, με στόχο την οικοδόμηση ενός συνεκτικού χάρτη της τρέχουσας κατάστασης και την ανάδειξη ευκαιριών για μελλοντική έρευνα.

Η μεθοδολογία βασίστηκε στις οδηγίες των Kitchenham (2007) και Petersen et al. (2015) και οργανώθηκε με χρήση systematic mapping. Το πρωτόκολλο αναζήτησης περιλάμβανε συνδυασμούς Boolean queries σε πολλές βάσεις δεδομένων, κριτήρια ένταξης και αποκλεισμού, και χρήση του εργαλείου StArt καθώς και της τεχνικής snowballing. Επιλέχθηκαν συνολικά 57 άρθρα υψηλής ποιότητας (2000–2025), τα οποία αναλύθηκαν με πολυδιάστατο σύστημα ταξινόμησης.

Η ανάλυση έδειξε πως η πλειονότητα των μελετών εστιάζει στη μείωση κόστους και χρόνου, χρησιμοποιώντας τεχνικές προσομοίωσης και πολυκριτήριας βελτιστοποίησης. Παράλληλα, εξετάζονται στρατηγικές λήψης αποφάσεων, διαχείρισης πόρων, και περιορισμένα περιβαλλοντικά κριτήρια. Οι φορτωτές και οι εκσκαφείς είναι τα πιο μελετημένα μηχανήματα, ενώ εξειδικευμένος εξοπλισμός παραμένει υποεκπροσωπούμενος. Εντοπίστηκε πρακτικός προσανατολισμός στην έρευνα, αλλά και έλλειψη αξιοποίησης πραγματικών δεδομένων, εργαλείων TN και ενιαίων πλαισίων αξιολόγησης.



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**  
**ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΟ ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**  
**«ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ»**

Η εργασία κατέληξε σε δύο βασικά αποτελέσματα: Πρώτον, παρείχε μια ενιαία αποτύπωση του ερευνητικού τοπίου, υποστηρίζοντας ακαδημαϊκούς στην κατανόηση ενός πολύπλοκου και διασπασμένου πεδίου. Δεύτερον, εντόπισε συγκεκριμένα ερευνητικά κενά, όπως η ανεπαρκής ενσωμάτωση περιβαλλοντικών και γεωχωρικών δεικτών στα μοντέλα απόφασης, ανοίγοντας τον δρόμο για την ανάπτυξη υβριδικών, δεδομενοκεντρικών και πολυκριτηριακών συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων.

Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στην κατηγοριοποίηση των ερευνών ανά θεματική, στόχο, είδος εξοπλισμού και τεχνική. Αναδείχθηκε η κυριαρχία της θεματικής της «Βελτιστοποίησης Μεγέθους Στόλου» και της χρήσης μαθηματικών μοντέλων για τη διαστασιολόγηση φορτηγών και φορτωτών. Από πλευράς ερευνητικών στόχων, κυρίαρχα ήταν η μείωση κόστους/χρόνου, η υποστήριξη λήψης αποφάσεων και η ορθολογική κατανομή πόρων. Παρόλα αυτά, υπήρξε εμφανής έλλειψη σε δείκτες ποιότητας, κατανάλωσης καυσίμου και γεωχωρικής απόδοσης.

Ως προς τις τεχνικές που χρησιμοποιούνται, εντοπίστηκαν έξι βασικές κατηγορίες: κλασικές μέθοδοι βελτιστοποίησης (LP, MILP), ευρετικές/μεταευρετικές (GA, PSO), προσομοιώσεις (π.χ. Monte Carlo), πολυκριτήρια υποστήριξη αποφάσεων (MCDM), τεχνητή νοημοσύνη (ML/AI) και πολυ-αντικειμενική βελτιστοποίηση (MOO). Η χρήση μεθόδων προσομοίωσης και MOO ήταν πιο διαδεδομένες για κόστη/χρόνο, ενώ οι MCDM τεχνικές χρησιμοποιήθηκαν σε αποφάσεις επιλογής εξοπλισμού. Ωστόσο, πολλές εφαρμογές παραμένουν θεωρητικές, χωρίς ισχυρή εμπειρική βάση.

Γεωγραφικά, ο Καναδάς, οι ΗΠΑ, το Ιράν και η Ινδία εμφανίζονται ως κυρίαρχοι παραγωγοί δημοσιεύσεων. Το δίκτυο συγγραφέων παραμένει κατακερματισμένο, κάτι που δείχνει περιορισμένη διεθνή συνεργασία αλλά και δυνατότητα για μελλοντικές συνέργειες.

Συνολικά, η επιλογή και βελτιστοποίηση εξοπλισμού σε χωματουργικές εργασίες παραμένει ερευνητικά επίκαιρη, αλλά μεθοδολογικά αποσπασματική. Απαιτείται στροφή προς πιο ολιστικά μοντέλα, με ένταξη δεδομένων πραγματικού χρόνου, εργαλείων ΤΝ και δεικτών βιωσιμότητας. Η ενοποίηση θεωρητικών πλαισίων και η ενίσχυση διεπιστημονικών συνεργασιών αποτελούν βασικές προτεραιότητες για την πρόοδο του πεδίου.

Επιπλέον, η παρούσα ανασκόπηση αναδεικνύει τη σημασία της μεθοδολογικής ποικιλομορφίας στον τρόπο προσέγγισης του προβλήματος της επιλογής και διαχείρισης στόλου βαρέων μηχανημάτων. Παρόλο που η πλειοψηφία των ερευνών εστιάζει σε στοχαστικές ή βελτιστοποιητικές μεθόδους, είναι εμφανής η ανάγκη για διαλειτουργικά και προσαρμοστικά συστήματα λήψης αποφάσεων που να λαμβάνουν υπόψη τον δυναμισμό των εργοταξιακών συνθηκών, την αβεβαιότητα των παραμέτρων και τον πολυπαραγοντικό χαρακτήρα των κατασκευαστικών έργων.

Επιπροσθέτως, η χρήση εργαλείων μηχανικής μάθησης και τεχνητής νοημοσύνης κρίνεται αναγκαία για την αυτοματοποίηση και βελτίωση της λήψης αποφάσεων σε πραγματικό χρόνο. Παρά τις ενδείξεις προόδου σε αυτό τον τομέα, η βιβλιογραφία παρουσιάζει περιορισμένο αριθμό μελετών που εφαρμόζουν τέτοιες τεχνολογίες σε πραγματικά έργα. Ο εμπλουτισμός των ερευνητικών προσεγγίσεων με έξυπνα συστήματα, αισθητήρες και δεδομένα πεδίου (IoT), μπορεί να ενισχύσει τη δυναμική απόκριση του εξοπλισμού σε μεταβαλλόμενες συνθήκες και να μεγιστοποιήσει την αποδοτικότητα.



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**  
**ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΟ ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**  
**«ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ»**

Παράλληλα, προτείνεται η ενσωμάτωση κοινωνικών, οργανωτικών και θεσμικών παραμέτρων στα υπάρχοντα μοντέλα, προκειμένου να διαμορφωθούν πληρέστερες στρατηγικές εξοπλισμού που να λαμβάνουν υπόψη την πολυπλοκότητα των κατασκευαστικών έργων. Η βιωσιμότητα, η ανθεκτικότητα και η διαλειτουργικότητα αναδεικνύονται ως βασικές προτεραιότητες για το μέλλον, τόσο στην έρευνα όσο και στην πρακτική εφαρμογή.

Η παρούσα εργασία προσφέρει μια σταθερή αφετηρία για τη μελλοντική μελέτη και ανάπτυξη έξυπνων συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων στον τομέα των κατασκευών. Με την παροχή μιας σφαιρικής θεώρησης του πεδίου, ενισχύεται η δυνατότητα χάραξης πιο στοχευμένων και αποδοτικών στρατηγικών για τη διαχείριση εξοπλισμού σε έργα υποδομής, ενώ παράλληλα καλύπτονται ουσιώδεις ερευνητικές ελλείψεις που μπορούν να αποτελέσουν εφαλτήριο για καινοτομία και πρόοδο.