



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

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

***Εφαρμογή της Τεχνολογίας BIM σε Αξιώσεις και Δικαστικές Διερευνήσεις σε
Κατασκευαστικά Έργα***

Μεταπτυχιακός Φοιτητής: **Άννα Ισλάμι**

Επιβλέπων Καθηγητής: **Μαρίνα Μαρινέλλη, Επίκουρη Καθηγήτρια, ΕΜΠ**

Ημερομηνία: **Οκτώβριος 2025**

Περίληψη

Τα κατασκευαστικά έργα είναι εγγενώς πολύπλοκα εγχειρήματα, στα οποία συνυφαίνονται πολλαπλοί παράγοντες: τεχνικές απαιτήσεις, αλληλεπιδράσεις μεταξύ των κυρίων του έργου, μελετητών και αναδόχων, οικονομικοί περιορισμοί, η αβεβαιότητα των συνθηκών και οι διαρκείς αλλαγές στο σχεδιασμό. Η πολυπλοκότητα αυτή τροφοδοτεί μία διαρκή πιθανότητα απόκλισης μεταξύ προγραμματισμένης και πραγματικής εκτέλεσης, με αποτέλεσμα την εμφάνιση αξιώσεων που αφορούν υπερβάσεις χρόνου, διαταραχές παραγωγικότητας, αλλαγές στο αντικείμενο του έργου, απρόβλεπτες γεωτεχνικές συνθήκες, δυσμενή καιρικά φαινόμενα και άλλα γεγονότα που επηρεάζουν την απόδοση του έργου. Σε διεθνές επίπεδο, υπολογίζεται ότι πάνω από το 30% των έργων υφίσταται σημαντικές καθυστερήσεις ή οικονομικές διενέξεις που οφείλονται σε ανεπαρκή τεκμηρίωση και έλλειψη διαφάνειας στα δεδομένα. Οι αξιώσεις, επομένως, δεν αποτελούν εξαίρεση αλλά αναπόσπαστο τμήμα της κατασκευαστικής δραστηριότητας, ενώ η διαχείρισή τους συνδέεται άμεσα με την οικονομική βιωσιμότητα, τη φήμη και τη θεσμική ωριμότητα των εμπλεκόμενων οργανισμών.

Η παρούσα εργασία εξετάζει πώς η μεθοδολογία Building Information Modelling (BIM), όταν εναρμονίζεται με το πρότυπο ISO 19650 για τη διαχείριση πληροφοριών έργου, μπορεί να μετασχηματίσει τη διαχείριση των αξιώσεων από μια εκ των υστέρων και αντιπαραθετική διαδικασία σε μία προληπτική, τεκμηριωμένη και συνεργατική πρακτική οργάνωση πληροφορίας. Η ερευνητική συμβολή εστιάζει στον ρόλο των Απαιτήσεων Ανταλλαγής Πληροφοριών (Exchange Information Requirements, EIRs) ως το κρίσιμο έγγραφο/μηχανισμό που συνδέει τις συμβατικές υποχρεώσεις με συγκεκριμένα, επαληθεύσιμα και χρονικά οριοθετημένα παραδοτέα. Μέσα από τη συστηματική οργάνωση των EIRs στο πλαίσιο του BIM, οι απαιτήσεις ενός έργου παύουν να είναι ασαφείς ή αποσπασματικές και αποκτούν σαφές τεχνικό και συμβατικό αποτύπωμα.

Η εργασία θεμελιώνεται θεωρητικά σε μία ευρεία επισκόπηση της διεθνούς αλληλογραφίας και επαγγελματικής πρακτικής. Αναπτύσσεται μία ολοκληρωμένη κατηγοριοποίηση 19 τύπων αξιώσεων, που καλύπτουν χρονικές, παραγωγικές, ποσοτικές κατηγορίες και κατηγορίες που σχετίζονται με εξωγενείς παράγοντες. Σε κάθε τύπο αναλύονται οι γενεσιουργές αιτίες, τα αποδεικτικά δεδομένα, οι μηχανισμοί



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

αιτιώδους συσχέτισης και οι πληροφορίες που πρέπει να καταγράφονται συστηματικά για να διασφαλίζεται η αντικειμενικότητα. Η κατηγοριοποίηση αυτή δεν λειτουργεί μόνο περιγραφικά, αλλά και ως υπόβαθρο για τον καθορισμό των EIRs, καθώς υποδεικνύει ποια δεδομένα είναι ουσιώδη για κάθε τύπο αξίωσης, ποιο BIM έγγραφο τα παρέχει και ποιος φορέας ευθύνεται για τη συλλογή τους. Έτσι, δημιουργείται ένα εννοιολογικό πλαίσιο που συνδέει το νομικό και τεχνικό πεδίο μέσω κοινών σημείων αναφοράς.

Παράλληλα, εξετάζονται οι επικρατούσες μέθοδοι δικαστικών διερευνήσεων (forensic analysis), όπως οι τεχνικές ανάλυσης καθυστέρησης (time impact, as-built vs as-planned, window analysis), οι μέθοδοι ποσοτικοποίησης της παραγωγικότητας και οι διαδικασίες τεκμηρίωσης αιτιότητας. Οι παραδοσιακές πρακτικές βασίζονται κυρίως σε αναδρομική επεξεργασία εγγράφων, γεγονός που συχνά οδηγεί σε αντικρουόμενες ερμηνείες. Το BIM, αντίθετα, προσφέρει μία δυναμική και διασυνδεδεμένη δεξαμενή πληροφοριών, όπου οι χρονικές ακολουθίες, οι συνδέσεις αντικειμένων και τα μεταδεδομένα παρέχουν ισχυρή αποδεικτική βάση. Μέσω του BIM, τα δεδομένα αποκτούν χρονική σήμανση, τεχνική τεκμηρίωση και θεσμική εγκυρότητα, ενώ η πληροφορία μετατρέπεται από «παθητικό αρχείο» σε ενεργό στοιχείο διαχείρισης των αξιώσεων.

Σε αυτό το θεωρητικό πλαίσιο, η εργασία εντάσσει και μια συγκριτική αποτύπωση των κυριότερων πρότυπων συμβάσεων: FIDIC, NEC, JCT και AIA. Κάθε σύστημα αποτυπώνει διαφορετική φιλοσοφία: οι FIDIC επιδιώκουν σαφήνεια διαδικασιών και ισορροπία κινδύνου, τα NEC βασίζονται στην πρόληψη μέσω πρώιμων ειδοποιήσεων (early warnings) και αποζημιώσεις (compensation events), τα JCT και AIA προάγουν την αυστηρή τεκμηρίωση. Κοινό στοιχείο όλων είναι η ανάγκη για έγκαιρη και ακριβή πληροφόρηση. Η μελέτη επισημαίνει πως τα BIM περιβάλλοντα, μέσω των EIRs, μπορούν να ικανοποιήσουν αυτή την ανάγκη, προσφέροντας διαφάνεια και συνέπεια.

Η μεθοδολογική προσέγγιση της εργασίας συνδυάζει συστηματική ανασκόπηση, νομική ανάλυση και εφαρμοσμένη επίδειξη σε ψηφιακό περιβάλλον. Ως πρακτικό εργαλείο επιλέγεται η πλατφόρμα Plannerly, η οποία είναι πλήρως εναρμονισμένη με τα πρότυπα ISO 19650 και επιτρέπει τη δομημένη δημιουργία, έλεγχο και έγκριση απαιτήσεων πληροφορίας. Η έρευνα αναπτύσσει ένα mock-up που προσομοιώνει ρεαλιστικές ροές διαχείρισης EIRs για αξιώσεις καθυστέρησης και διαφοροποίησης αντικειμένου. Στην προσομοίωση περιλαμβάνεται: (α) δημιουργία πινάκων απαιτήσεων με καθορισμένα πεδία δεδομένων για κάθε τύπο αξίωσης, (β) ανάθεση ρόλων ευθύνης (δημιουργός, ελεγκτής, εγκρίνων), (γ) παρακολούθηση συμμόρφωσης σε πραγματικό χρόνο, (δ) ενσωμάτωση εγγράφων, μοντέλων και ημερολογίων, και (ε) αρχειοθέτηση στο CDE με έλεγχο έκδοσης και μεταδεδομένα.

Η προσομοίωση ανέδειξε σημαντικά πλεονεκτήματα όπως ότι τα EIRs, όταν σχεδιάζονται με βάση τις πραγματικές ανάγκες των αξιώσεων, λειτουργούν ως προληπτικά φίλτρα, μειώνοντας τις παραλείψεις τεκμηρίωσης και διευκολύνοντας τη διασταύρωση δεδομένων μεταξύ ομάδων. Παράλληλα, το Plannerly επέτρεψε τη δυναμική απεικόνιση της εξέλιξης των αξιώσεων και την αυτόματη ενημέρωση των εμπλεκομένων, στοιχείο που ενισχύει τη διαφάνεια και αποτρέπει τη συσσώρευση διαφορών. Ιδιαίτερη σημασία έχει η πρόσφατη ενσωμάτωση εργαλείων τεχνητής νοημοσύνης στην πλατφόρμα, τα οποία επιτρέπουν την αυτόματη δημιουργία περιγραφών, την αναγνώριση επαναλαμβανόμενων απαιτήσεων και την προτεινόμενη συμπλήρωση παραδοτέων. Η λειτουργία αυτή, αν και αυξάνει την αποδοτικότητα, εγείρει



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

ζητήματα λογοδοσίας και πιστοποίησης της εγκυρότητας των παραγόμενων μέσω AI δεδομένων, στοιχείο που συνιστά πεδίο για μελλοντική έρευνα.

Τα αποτελέσματα της μελέτης δείχνουν ότι το BIM μπορεί να ενισχύσει ουσιαστικά τη διαχείριση αξιώσεων. Πρώτον, βελτιώνει τη διαφάνεια, παρέχοντας πλήρη ιστορικότητα αλλαγών και αποδεικτικά ίχνη (audit trails). Δεύτερον, ενισχύει τη συνεργασία και την ανάληψη ευθυνών, καθώς όλοι οι συμμετέχοντες ενεργούν εντός ενιαίου πληροφοριακού περιβάλλοντος. Τρίτον, προσφέρει νέα επίπεδα ανάλυσης για τη δικαστική διερεύνηση, επιτρέποντας την ακριβή σύγκριση σχεδίων, ημερολογίων και 4D και 5D προσομοιώσεων. Τέταρτον, διευκολύνει την προτυποποίηση διαδικασιών και την ενοποίηση δεδομένων από διαφορετικές πηγές. Παράλληλα, τα ευρήματα υπογραμμίζουν ότι η ενσωμάτωση BIM στις διαδικασίες αξιώσεων προϋποθέτει ανεπτυγμένο επίπεδο εσωτερικής οργάνωσης και συντονισμού και εκπαίδευση προσωπικού, καθώς και θεσμική εναρμόνιση για την αποδοχή ψηφιακών τεκμηρίων στο νομικό πλαίσιο.

Η εργασία αναγνωρίζει ορισμένους περιορισμούς. Η προσομοίωση στο Plannerly αποτελεί πειραματικό παράδειγμα και όχι εφαρμογή σε πραγματικό έργο, ενώ η μεταφορά των συμπερασμάτων σε μεγάλα ή δημόσια έργα απαιτεί επιπλέον εμπειρική τεκμηρίωση. Επίσης, το επίπεδο ψηφιακής ωριμότητας των φορέων ποικίλλει· αρκετοί οργανισμοί δεν έχουν ακόμη ενσωματώσει το ISO 19650 στις διαδικασίες τους. Τέλος, η έλλειψη κοινά αποδεκτών διαδικασιών επαλήθευσης και πιστοποίησης των BIM δεδομένων περιορίζει τη νομική τους ισχύ. Παρά ταύτα, η προτεινόμενη μεθοδολογία παρέχει μια σαφή δομή για την ενοποίηση τεχνικών, νομικών και διαδικασιών διαχείρισης σε κοινό ψηφιακό πλαίσιο.

Η συμβολή της εργασίας είναι διττή. Σε θεωρητικό επίπεδο, συνεισφέρει στην εξέλιξη της συζήτησης για τη σύζευξη δικαίου και τεχνολογίας στον κατασκευαστικό τομέα, προτείνοντας ένα μοντέλο στο οποίο οι πληροφοριακές ροές αποτελούν αποδεικτική υποδομή. Επεκτείνει έτσι την έννοια του BIM από τεχνολογικό εργαλείο συντονισμού σε πλαίσιο πρόληψης και ανάλυσης διαφορών/αξιώσεων. Σε πρακτικό επίπεδο, παρέχει ένα σύνολο κατευθυντήριων γραμμών για τη διαμόρφωση EIRs που ενσωματώνουν στοιχεία σχετιζόμενα με αξιώσεις: δεδομένα χρονοπρογραμματισμού, ποσοτικές μεταβολές, περιβαλλοντικές παραμέτρους, αρχεία επικοινωνίας και αναφορές συγκρούσεων. Οι οδηγίες αυτές μπορούν να αξιοποιηθούν από εργολάβους, μελετητές, εργοδότες και νομικούς για τη δημιουργία κοινής γλώσσας συνεργασίας και ελέγχου.

Η εργασία υποστηρίζει ότι το BIM μπορεί να λειτουργήσει ως σύνδεσμος μεταξύ τεχνικής τεκμηρίωσης και συμβατικών υποχρεώσεων, δημιουργώντας ένα νέο επίπεδο διαφάνειας. Όταν οι πληροφοριακές απαιτήσεις ενσωματώνονται στα συμβατικά παραδοτέα μέσω των EIRs, η αξίωση παύει να είναι μεταγενέστερο συμβάν και καθίσταται διαδικασία σε εξέλιξη, όπου η πρόληψη, η απόδειξη και η απόδοση ευθυνών εξελίσσονται παράλληλα με το έργο. Έτσι, οι αξιώσεις δεν αποτελούν πλέον απειλή αλλά αναπόσπαστο μηχανισμό μάθησης και βελτίωσης.

Περαιτέρω, η εργασία συνδέει το ζήτημα των αξιώσεων με την ευρύτερη ψηφιακή μετάβαση και τη βιωσιμότητα των έργων. Η βελτίωση της διαχείρισης πληροφορίας μειώνει τα επαναλαμβανόμενα σφάλματα, περιορίζει το κόστος αναθεωρήσεων και ενισχύει τη λογοδοσία, στοιχεία που συντελούν σε αποτελεσματικότερη χρήση πόρων και μείωση αποβλήτων. Επιπλέον, η αξιόπιστη τεκμηρίωση διευκολύνει



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

τις διαδικασίες πιστοποίησης, ασφάλισης και χρηματοδότησης έργων, αυξάνοντας την εμπιστοσύνη επενδυτών και θεσμών.

Οι μελλοντικές κατευθύνσεις έρευνας εστιάζουν σε τρεις βασικούς άξονες. Πρώτον, στην εμπειρική επικύρωση του προτεινόμενου πλαισίου σε πραγματικά έργα, ώστε να αξιολογηθεί η ανθεκτικότητα και η προσαρμοστικότητα του. Δεύτερον, στη διερεύνηση διαλειτουργικότητας και συμβατότητας μεταξύ διαφορετικών BIM πλατφορμών και ανοικτών προτύπων, όπως IFC και COBie, για ενιαία ιχνηλασιμότητα. Τρίτον, στην ενσωμάτωση προηγμένων τεχνολογιών: η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ανάλυση αποκλίσεων, πρόβλεψη καθυστερήσεων και αυτόματη ταξινόμηση αξιώσεων. Τα ψηφιακά δίδυμα (Digital Twins) επιτρέπουν συνεχή παρακολούθηση της απόδοσης έργου και σύνδεση με συμβατικά δεδομένα, ενώ τα blockchains μπορούν να διασφαλίσουν την ακεραιότητα, την αδιάβλητη αποθήκευση και την ιχνηλασιμότητα των δεδομένων καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής τους. Η εναρμόνιση αυτών των τεχνολογιών με τις αρχές του ISO 19650 και τους κανόνες διακυβέρνησης δεδομένων είναι κρίσιμη προϋπόθεση για την ευρεία αποδοχή τους.

Συνολικά, το BIM αναδεικνύεται ως καταλύτης στη μετάβαση από αποσπασματικές και αντιπαραθετικές διαδικασίες σε συνεργατικές, προληπτικές και τεκμηριωμένες πρακτικές διαχείρισης αξιώσεων. Η εργασία αποδεικνύει ότι η πληροφορία, όταν οργανώνεται ορθά, μπορεί να λειτουργήσει ως γέφυρα μεταξύ τεχνικής απόδειξης και νομικής τεκμηρίωσης, προσφέροντας ένα νέο μοντέλο λογοδοσίας και εμπιστοσύνης στον κατασκευαστικό κλάδο. Παρότι οι προκλήσεις παραμένουν, η ενοποίηση δικαίου, δεδομένων και ψηφιακών τεχνολογιών διαμορφώνει ένα πλαίσιο όπου η αξίωση αντιμετωπίζεται όχι ως σύμπτωμα αποτυχίας, αλλά ως ευκαιρία για βελτίωση της πληροφορίας, της διαφάνειας και της συνεργασίας.