



ΣΧΟΛΗ

ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

Διπλωματική Εργασία

Υιοθέτηση του Building Information Modeling (BIM) στον
κατασκευαστικό κλάδο της ΕΕ και ΗΒ, βάσει της πλατφόρμας
LinkedIn

ΑΘΑΝΑΣΙΑ ΑΘΑΝΑΣΙΑΔΟΥ

Πολιτικός Μηχανικός

Α.Μ. ΕΑΠ 172470

Επιβλέπων καθηγητής: ΣΩΤΗΡΙΟΣ ΤΣΙΒΙΛΗΣ

Πάτρα, Ιούλιος 2026

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του/της φοιτητή/φοιτήτριας («συγγραφέας/δημιουργός») που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο ΕΑΠ, μη αποκλειστική άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, προσαρμογής, δημόσιου δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσής τους διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος και για όλο το χρόνο διάρκειας των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο για μελέτη και ανάγνωση δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, αποθήκευση, πώληση, εμπορική χρήση, μετάδοση, διανομή, έκδοση, εκτέλεση, «μεταφόρτωση» (downloading), «ανάρτηση» (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού. Ο συγγραφέας/δημιουργός διατηρεί το σύνολο των ηθικών και περιουσιακών του δικαιωμάτων.



Διπλωματική Εργασία

Υιοθέτηση του Building Information Modeling (BIM) στον
κατασκευαστικό κλάδο της ΕΕ & ΗΒ, βάσει της πλατφόρμας
LinkedIn

ΑΘΑΝΑΣΙΑ ΑΘΑΝΑΣΙΑΔΟΥ

Πολιτικός Μηχανικός

Α.Μ. ΕΑΠ 172470

Επιτροπή Επίβλεψης Διπλωματικής Εργασίας

Επιβλέπων Καθηγητής:

Σωτήριος Τσιβιλής

Καθηγητής ΕΜΠ &

Μέλος ΣΕΠ ΔΧΤ ΕΑΠ

Συν-Επιβλέπων Καθηγητής :

Κωνσταντίνος Λιώλιος

Επίκουρος Καθηγητής

Μέλος ΔΕΠ ΔΙ.ΠΑ.Ε
& Μέλος ΣΕΠ ΔΧΤ ΕΑΠ

Πάτρα, Ιούλιος 2026

«Ευχαριστώ όσους με στήριξαν»

Περίληψη

Η παρούσα μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία εξετάζει τον βαθμό υιοθέτησης της τεχνολογίας Building Information Modeling (BIM) στον κατασκευαστικό κλάδο των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης και του Ηνωμένου Βασιλείου, αξιοποιώντας δεδομένα από την επαγγελματική πλατφόρμα LinkedIn. Αντικείμενο της έρευνας αποτελεί η συγκριτική αποτύπωση της υιοθέτησης του BIM, με έμφαση στη γεωγραφική κατανομή, στη δομή της αγοράς και στα χαρακτηριστικά του ευρωπαϊκού οικοσυστήματος επιχειρήσεων που δραστηριοποιούνται στον τομέα αυτό.

Η μεθοδολογία βασίζεται στη συλλογή και επεξεργασία δεδομένων από εταιρικά προφίλ, τα οποία επιλέχθηκαν με βάση προκαθορισμένα κριτήρια σχετικά με το BIM και γεωγραφικούς περιορισμούς που αφορούν τα κράτη-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης και το Ηνωμένο Βασίλειο. Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε με τη χρήση εργαλείων περιγραφικής στατιστικής, θερμικών χαρτών (heatmaps) και γραμμικής παλινδρόμησης, ενώ αναπτύχθηκαν δείκτες που επέτρεψαν τη συγκριτική αξιολόγηση της υιοθέτησης του BIM και της παρουσίας ψηφιακών τεχνολογιών του Construction 4.0.

Τα αποτελέσματα καταδεικνύουν ότι η υιοθέτηση του BIM παρουσιάζει σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ των ευρωπαϊκών χωρών. Οι υψηλότεροι αναλογικοί δείκτες υιοθέτησης καταγράφονται στις χώρες της Βαλτικής, ενώ οι μεγαλύτερες ευρωπαϊκές οικονομίες συγκεντρώνουν τον μεγαλύτερο αριθμό επιχειρήσεων BIM. Επιπλέον, το οικοσύστημα του BIM χαρακτηρίζεται από κυριαρχία μικρομεσαίων επιχειρήσεων, σημαντική παρουσία των κλάδων Architecture & Planning, Construction και Civil Engineering, καθώς και από ανομοιογενή ενσωμάτωση τεχνολογιών όπως η Τεχνητή Νοημοσύνη (AI), το Digital Twin (DT) και η Εικονική Πραγματικότητα (VR).

Ειδικότερα για την Ελλάδα, ο δείκτης υιοθέτησης του BIM προέκυψε υψηλότερος του μέσου Ευρωπαϊκού όρου, καταδεικνύοντας την σταδιακή ενσωμάτωση της τεχνολογίας στον εγχώριο κλάδο. Παρόλα αυτά, το περιορισμένο πλήθος και απήχηση των εμπλεκόμενων εταιρειών αναδεικνύει τα περιθώρια περαιτέρω ενίσχυσης του ελληνικού οικοσυστήματος BIM.

Συνολικά, η εργασία επιβεβαιώνει ότι το BIM αποτελεί βασικό πυλώνα του ψηφιακού μετασχηματισμού του κατασκευαστικού κλάδου και αναδεικνύει τη δυνατότητα αξιοποίησης δεδομένων από επαγγελματικές ψηφιακές πλατφόρμες για τη συγκριτική

αξιολόγηση της υιοθέτησης της τεχνολογίας σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Τα ευρήματα μπορούν να αξιοποιηθούν από την ερευνητική κοινότητα, τους επαγγελματίες του κλάδου και τους φορείς χάραξης πολιτικής για τον σχεδιασμό στρατηγικών που θα ενισχύσουν την υιοθέτηση του BIM και τον ψηφιακό μετασχηματισμό των κατασκευών.

Λέξεις – Κλειδιά

Building Information Modeling (BIM), υιοθέτηση του BIM, ψηφιακός μετασχηματισμός, LinkedIn, Αρχιτεκτονική, Μηχανική και Κατασκευές (AEC), Construction 4.0, Ευρωπαϊκή Ένωση, Ηνωμένο Βασίλειο

BIM adoption in AEC industry in EU and UK, according to LinkedIn

ATHANASIA ATHANASIADOU

Civil Engineer

Abstract

This postgraduate thesis investigates the level of Building Information Modeling (BIM) adoption within the Architecture, Engineering and Construction (AEC) sector across the Member States of the European Union and the United Kingdom, utilizing data obtained from the professional networking platform LinkedIn. The study aims to provide a comparative assessment of BIM adoption, focusing on its geographical distribution, market structure, and the characteristics of the European BIM business ecosystem.

The research methodology is based on the collection and analysis of data extracted from corporate LinkedIn profiles, selected according to predefined BIM-related criteria and geographical filters covering the European Union and the United Kingdom. The analysis employs descriptive statistical methods, heatmaps, and linear regression models, while comparative indicators were developed to assess BIM adoption and the presence of Construction 4.0 technologies across European countries.

The findings reveal significant variations in BIM adoption among the examined countries. The highest relative BIM adoption rates were observed in the Baltic States, whereas the largest European economies recorded the highest absolute number of BIM-related companies. Furthermore, the European BIM ecosystem is characterized by the predominance of small and medium-sized enterprises (SMEs), with strong representation from the Architecture & Planning, Construction, and Civil Engineering sectors. The study also identified considerable differences in the integration of complementary Construction 4.0 technologies, including Artificial Intelligence (AI), Digital Twin (DT), and Virtual Reality (VR).

Specifically for Greece, the BIM adoption rate was found to be higher than the European average, demonstrating the technology's gradual integration into the domestic sector.

However, the limited number and reach of the companies highlights the scope for further strengthening the Greek BIM ecosystem needs.

Overall, the study confirms that BIM has become a key driver of digital transformation within the construction industry and demonstrates the potential of professional digital platforms such as LinkedIn as valuable data sources for the comparative assessment of BIM adoption at the European level. The proposed methodology provides a reproducible framework for monitoring BIM adoption and can support researchers, industry professionals, and policymakers in developing strategies to accelerate the digital transformation of the construction sector.

Keywords

Building Information Modeling (BIM), BIM adoption, digital transformation, LinkedIn, Architecture Engineering and Construction (AEC), Construction 4.0, European Union, United Kingdom

Περιεχόμενα

1	Εισαγωγή.....	1
1.1	Αντικείμενο της εργασίας	1
1.2	Δομή της εργασίας	2
2	Βιβλιογραφική ανασκόπηση	4
2.1	Η τεχνολογία BIM στην Ψηφιακή Κατασκευή.....	4
2.2	Ψηφιακός μετασχηματισμός και η θέση του BIM	7
2.2.1	Το Construction 4.0 και ο ρόλος του BIM.....	8
2.2.2	Η συμβολή των τεχνολογιών AI, DT και VR στο οικοσύστημα του BIM.....	9
2.2.3	Σύνθεση της βιβλιογραφίας	10
2.3	Διεθνείς οργανισμοί και πρότυπα BIM.....	10
2.3.1	buildingSMART International και η φιλοσοφία του openBIM	11
2.3.2	Η οικογένεια προτύπων ISO 19650	12
2.3.3	Ο ρόλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης στην προώθηση του BIM	12
2.3.4	Εθνικές στρατηγικές BIM στην Ευρώπη	13
2.4	Εφαρμογή του BIM στην Ευρώπη	14
2.5	Οφέλη και εμπόδια υιοθέτησης του BIM	18
2.5.1	Οφέλη από την υιοθέτηση του BIM.....	18
2.5.2	Εμπόδια στην υιοθέτηση του BIM.....	20
2.6	Ερευνητικό κενό (Research Gap) και θεωρητικό μοντέλο	21
3	Μεθοδολογία έρευνας	24
3.1	Μέθοδος συλλογής δεδομένων από το LinkedIn.....	24
3.2	Πληθυσμός, δείγμα και μεταβλητές της έρευνας.....	26
3.3	Αξιοπιστία, εγκυρότητα και περιορισμοί της μεθόδου	29
3.4	Στατιστική επεξεργασία των δεδομένων.....	32
3.5	Δεοντολογικές παράμετροι και προστασία δεδομένων	35
4	Παρουσίαση κι ερμηνεία ευρημάτων.....	36
4.1	Δείκτες υιοθέτησης BIM.....	36
4.1.1	Ποσοστό υιοθέτησης (BIM Adoption rate)	37
4.1.2	Γεωγραφική κατανομή (BIM footprint).....	41
4.1.3	Συσχέτιση μεγέθους αγοράς AEC και πλήθους εταιρειών BIM.....	43
4.1.4	Ποσοστά υιοθέτησης ψηφιακών τεχνολογιών	45
4.1.5	Σύνθετος δείκτης ψηφιακής ωριμότητας (BIM maturity index).....	46
4.2	Δομή της αγοράς του BIM οικοσυστήματος	48
4.2.1	Χρονολογική ανάπτυξη (BIM Growth)	48
4.2.2	Κατανομή κλάδων (BIM Industry mix)	49
4.2.3	Κατανομή εργαζομένων (BIM headcount_staff)	50
4.2.4	Κατανομή ακολούθων (BIM followers)	51
5	Συμπεράσματα	54
5.1	Σύνοψη των βασικών ευρημάτων	54
5.2	Απαντήσεις στα ερευνητικά ερωτήματα	55
5.3	Περιορισμοί της έρευνας.....	56
5.4	Προτάσεις για μελλοντική έρευνα	57
5.5	Επίλογος.....	58

Βιβλιογραφία.....	60
Παράρτημα Α:.....	63
Παράρτημα Β:.....	64

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 3.1 : Data Analysis Workflow	34
Σχήμα 4.1 : Ποσοστό υιοθέτησης BIM ανά χώρα (Ευρωπαϊκός Χάρτης, 2026)	39
Σχήμα 4.2 : Πλήθος εταιρειών BIM ανά χώρα (Ευρωπαϊκός Χάρτης, 2026)	41
Σχήμα 4.3 : Σύνολο εταιρειών AEC vs ποσοστό υιοθέτησης BIM ανά χώρα.....	42
Σχήμα 4.4 : Γραμμική παλινδρόμηση του πλήθους εταιρειών BIM ως προς τον αριθμό εταιρειών AEC ανά χώρα.....	43
Σχήμα 4.5 : Θερμικός χάρτης ποσοστών υιοθέτησης BIM, AI, VR, DT και BIM+AI ανά χώρα.	45
Σχήμα 4.6 : Χρονολογική κατανομή ίδρυσης εταιρειών BIM (EU & UK)	48
Σχήμα 4.7 : Κατανομή εταιρειών BIM ανά κλάδο δραστηριότητας	49
Σχήμα 4.8 : Μέγεθος εταιρειών BIM βάσει πλήθους εργαζομένων	50

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 2.1 : Θεσμική και οργανωτική κατάσταση υιοθέτησης του BIM στις χώρες της ΕΕ και του ΗΒ	17
Πίνακας 2.2 : Τεκμηρίωση πρωτοτυπίας εργασίας.....	23
Πίνακας 3.1 : Διαδικασία έρευνας - Research Workflow.....	26
Πίνακας 3.2 : Μεταβλητές της έρευνας	28
Πίνακας 3.3 : Boolean Query	30
Πίνακας 3.4 : Πιθανές πηγές μεροληψίας και μέτρα αντιμετώπισης.....	31
Πίνακας 4.1 : Πλήθος Εταιρειών AEC και με χρήση νέων τεχνολογιών ανά χώρα.....	37
Πίνακας 4.2 : Πλήθος εταιρειών AEC και BIM και δείκτης υιοθέτησης ανά χώρα	38
Πίνακας 4.3 : Κατηγοριοποίηση χωρών σύμφωνα με τον δείκτη υιοθέτησης BIM.....	39
Πίνακας 4.4 : Σύνθετος δείκτης ψηφιακής ωριμότητας (BIM Maturity index).....	47
Πίνακας 4.5 : Top 20 επιχειρήσεων BIM με τον μεγαλύτερο αριθμό ακολούθων στο LinkedIn	51
Πίνακας 4.6 : Ποσοστό ακολούθων ανά κλάδο δραστηριότητας	52
Πίνακας Π.Α.1 : Χώρες EU & UK με αντιστοίχιση ακρώνυμου	63

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα Π.Β.1 : Ενδεικτικό Sales navigator Boolean search for BIM AEC.....	64
Εικόνα Π.Β.2 : Ενδεικτικό Sales navigator Boolean search for BIM ecosystem	64

Συντομογραφίες & Ακρωνύμια

AEC	Architecture, Engineering and Construction
BIM	Building Information Modeling
EU	European Union - Ευρωπαϊκή Ένωση – (ΕΕ)
UK	United Kingdom - Ηνωμένο Βασίλειο – (ΗΒ)
LinkedIn	Διαδικτυακή επαγγελματική πλατφόρμα
SN	Sales Navigator - συνδρομητικό εσωτερικό εργαλείο του LinkedIn
SMEs	Small Medium sized Enterprises – Μικρό μεσαίες επιχειρήσεις
AI	Artificial Intelligence – Τεχνητή νοημοσύνη
VR	Virtual Reality – Εικονική πραγματικότητα
DT	Digital Twin - Ψηφιακό δίδυμο του φυσικού έργου
IT	Information Technology – Τεχνολογία της πληροφορίας
ISO	International Standardisation Organisation - Διεθνής οργανισμός τυποποίησης
CAD	Computer – Aided design
CDE	Common Data Environment
TEE	Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας - Technical Chamber of Greece
IoT	Internet of Things - Διαδίκτυο των Πραγμάτων
Industry 4.0	Η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση, που αφορά τον ψηφιακό μετασχηματισμό κυρίως της βιομηχανικής παραγωγής μέσω διασύνδεσης, δεδομένων και αυτοματοποίησης και της οποίας οι αρχές εφαρμόζονται και σε άλλους κλάδους.
Construction 4.0	Ο ψηφιακός και τεχνολογικός μετασχηματισμός του κατασκευαστικού κλάδου, μέσω της ενσωμάτωσης τεχνολογιών όπως BIM, IoT, AI, Digital Twins και αυτοματισμοί, σύμφωνα με τις αρχές του Industry 4.0.

1 Εισαγωγή

1.1 Αντικείμενο της εργασίας

Ο κατασκευαστικός κλάδος βρίσκεται τα τελευταία χρόνια σε μια περίοδο έντονου ψηφιακού μετασχηματισμού, με την ενσωμάτωση νέων τεχνολογιών να μεταβάλλει σημαντικά τον τρόπο σχεδιασμού, κατασκευής και διαχείρισης των τεχνικών έργων. Η αυξανόμενη πολυπλοκότητα των έργων, η ανάγκη για αποτελεσματικότερη συνεργασία μεταξύ των εμπλεκόμενων φορέων, καθώς και οι απαιτήσεις για βιωσιμότητα, ποιότητα και αποδοτικότερη αξιοποίηση των διαθέσιμων πόρων, καθιστούν αναγκαία την υιοθέτηση ψηφιακών εργαλείων και σύγχρονων μεθοδολογιών εργασίας. Στο πλαίσιο αυτό, η ψηφιοποίηση του κατασκευαστικού τομέα αποτελεί βασική προτεραιότητα τόσο σε ευρωπαϊκό όσο και σε διεθνές επίπεδο.

Το Building Information Modeling (BIM) έχει αναδειχθεί ως μία από τις σημαντικότερες τεχνολογίες του ψηφιακού μετασχηματισμού του κατασκευαστικού κλάδου, καθώς υποστηρίζει την ολοκληρωμένη διαχείριση της πληροφορίας καθ' όλο τον κύκλο ζωής ενός έργου. Παράλληλα, η ανάπτυξη τεχνολογιών όπως η Τεχνητή Νοημοσύνη (Artificial Intelligence – AI), το Digital Twin (DT), η Εικονική και Επαυξημένη Πραγματικότητα (VR/AR), το Internet of Things (IoT) και η ανάλυση μεγάλων δεδομένων (Big Data) διευρύνουν τις δυνατότητες του BIM, διαμορφώνοντας το τεχνολογικό πλαίσιο του Construction 4.0. Η αξιοποίηση των τεχνολογιών αυτών δημιουργεί νέες προοπτικές για την αύξηση της παραγωγικότητας, τη βελτίωση της λήψης αποφάσεων και τη βιώσιμη ανάπτυξη του κατασκευαστικού κλάδου.

Παρά τη σημαντική πρόοδο που έχει σημειωθεί τα τελευταία χρόνια, ο βαθμός υιοθέτησης του BIM εξακολουθεί να παρουσιάζει σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ των ευρωπαϊκών χωρών. Η εξέλιξη αυτή επηρεάζεται από παράγοντες όπως το θεσμικό πλαίσιο, η ωριμότητα της αγοράς, η διαθεσιμότητα εξειδικευμένου ανθρώπινου δυναμικού και η στρατηγική των επιχειρήσεων απέναντι στον ψηφιακό μετασχηματισμό. Αν και η σχετική βιβλιογραφία περιλαμβάνει μεγάλο αριθμό ερευνών σχετικά με τα οφέλη, τις προκλήσεις και τους παράγοντες υιοθέτησης του BIM, οι συγκριτικές μελέτες που βασίζονται σε δεδομένα πραγματικών επιχειρήσεων σε ευρωπαϊκή κλίμακα παραμένουν περιορισμένες.

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η συγκριτική αξιολόγηση της υιοθέτησης του BIM στις επιχειρήσεις του κλάδου Architecture, Engineering and Construction (AEC) των 27 κρατών-μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης και του Ηνωμένου Βασιλείου. Για τον σκοπό αυτό αξιοποιούνται δεδομένα που συλλέχθηκαν από την επαγγελματική πλατφόρμα LinkedIn, μέσω του εργαλείου Sales Navigator, επιτρέποντας την καταγραφή της δημόσιας παρουσίας επιχειρήσεων που δραστηριοποιούνται στον χώρο του BIM. Παράλληλα, εξετάζεται η παρουσία νέων τεχνολογιών, όπως η AI, το DT και η VR, με στόχο την αποτύπωση της ευρύτερης εικόνας του ψηφιακού μετασχηματισμού των επιχειρήσεων.

Σκοπός της εργασίας είναι η ανάπτυξη ενός συγκριτικού πλαισίου αξιολόγησης της υιοθέτησης του BIM σε ευρωπαϊκό επίπεδο, μέσω της ανάλυσης πραγματικών δεδομένων επιχειρήσεων. Ειδικότερα, επιδιώκεται η αποτύπωση του βαθμού υιοθέτησης του BIM ανά χώρα, η διερεύνηση των χαρακτηριστικών του ευρωπαϊκού οικοσυστήματος BIM, η εξέταση της σχέσης μεταξύ του μεγέθους της αγοράς και της παρουσίας επιχειρήσεων BIM, καθώς και η διερεύνηση της συνύπαρξης του BIM με άλλες τεχνολογίες.

Η σημασία της παρούσας έρευνας έγκειται στην εφαρμογή μιας ενιαίας και αναπαραγωγίμης μεθοδολογίας για τη συγκριτική αξιολόγηση της υιοθέτησης του BIM στην Ευρώπη, αξιοποιώντας δεδομένα πραγματικών επιχειρήσεων. Η προσέγγιση αυτή συμπληρώνει την υφιστάμενη βιβλιογραφία, παρέχοντας μια επικαιροποιημένη εικόνα της ευρωπαϊκής αγοράς BIM και δημιουργώντας ένα χρήσιμο πλαίσιο αναφοράς για μελλοντικές ερευνητικές εργασίες, αλλά και για επαγγελματίες και φορείς που σχεδιάζουν πολιτικές για την επιτάχυνση του ψηφιακού μετασχηματισμού του κατασκευαστικού κλάδου.

1.2 Δομή της εργασίας

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελείται από πέντε κεφάλαια, τα οποία αναπτύσσονται με τρόπο ώστε να υποστηρίζουν σταδιακά την επίτευξη του σκοπού της έρευνας.

Το πρώτο κεφάλαιο αποτελεί την εισαγωγή της εργασίας και παρουσιάζει το αντικείμενο, τον σκοπό και τη σημασία της έρευνας, τα ερευνητικά ερωτήματα καθώς και τη διάρθρωση της εργασίας.

Το δεύτερο κεφάλαιο περιλαμβάνει τη βιβλιογραφική ανασκόπηση και το θεωρητικό υπόβαθρο της έρευνας. Αρχικά παρουσιάζεται η έννοια του ψηφιακού μετασχηματισμού του κατασκευαστικού κλάδου και ο ρόλος του BIM στα πλαίσια του Construction 4.0. Στη συνέχεια αναλύονται οι έννοιες της υιοθέτησης και της ωριμότητας του BIM, τα οφέλη και τα εμπόδια εφαρμογής του, καθώς και η αξιοποίηση επαγγελματικών ψηφιακών πλατφορμών, όπως το LinkedIn, ως πηγής ερευνητικών δεδομένων. Το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με την ανάδειξη του ερευνητικού κενού και την ανάπτυξη του πλαισίου της έρευνας.

Το τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζει τη μεθοδολογία της έρευνας. Περιγράφεται ο ερευνητικός σχεδιασμός, η διαδικασία συλλογής και επεξεργασίας των δεδομένων από την πλατφόρμα LinkedIn Sales Navigator, η ανάπτυξη των δεικτών αξιολόγησης και η εφαρμογή των στατιστικών μεθόδων που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση και την ερμηνεία των δεδομένων.

Το τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζει τα αποτελέσματα της εμπειρικής έρευνας. Αρχικά αναλύεται ο βαθμός υιοθέτησης του BIM στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης και του Ηνωμένου Βασιλείου, ενώ στη συνέχεια εξετάζονται τα χαρακτηριστικά του ευρωπαϊκού οικοσυστήματος των επιχειρήσεων BIM, η σχέση του πλήθους των επιχειρήσεων με το επίπεδο υιοθέτησης, καθώς και η παρουσία τεχνολογιών, όπως η Τεχνητή Νοημοσύνη (AI), το Digital Twin (DT) και η Εικονική Πραγματικότητα (VR).

Το πέμπτο κεφάλαιο συνοψίζει τα βασικά ευρήματα της έρευνας, απαντά στα ερευνητικά ερωτήματα, παρουσιάζει τους περιορισμούς της μελέτης και διατυπώνει προτάσεις για μελλοντική έρευνα, ενώ ολοκληρώνεται με τον επίλογο της εργασίας.

2 Βιβλιογραφική ανασκόπηση

2.1 Η τεχνολογία BIM στην Ψηφιακή Κατασκευή

Το Building Information Modeling (BIM) αποτελεί μία από τις σημαντικότερες τεχνολογικές εξελίξεις στον σύγχρονο κατασκευαστικό κλάδο, καθώς μετασχηματίζει ριζικά τον τρόπο με τον οποίο σχεδιάζονται, κατασκευάζονται, λειτουργούν και συντηρούνται τα τεχνικά έργα. Σε αντίθεση με τις παραδοσιακές μεθόδους σχεδιασμού που βασίζονται κυρίως στην παραγωγή δισδιάστατων σχεδίων (Computer Aided Design – 2CAD), το BIM εισάγει μία ολοκληρωμένη φιλοσοφία διαχείρισης πληροφοριών, όπου κάθε στοιχείο του έργου συνοδεύεται από δομημένα δεδομένα καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του. Για τον λόγο αυτό, το BIM δεν θεωρείται απλώς ένα λογισμικό τρισδιάστατης μοντελοποίησης, αλλά μια ολοκληρωμένη διαδικασία συνεργατικής παραγωγής, ανταλλαγής και διαχείρισης πληροφοριών μεταξύ όλων των εμπλεκόμενων φορέων ενός έργου (Garber, 2014).

Η έννοια του BIM έχει εξελιχθεί σημαντικά κατά τις τελευταίες δύο δεκαετίες. Οι πρώτες εφαρμογές περιορίζονταν κυρίως στην τρισδιάστατη απεικόνιση των κατασκευών, ενώ σήμερα το BIM ενσωματώνει πληροφορίες σχεδιασμού, κατασκευής, προγραμματισμού, κοστολόγησης, λειτουργίας και συντήρησης των έργων. Η εξέλιξη αυτή συνδέεται άμεσα με τη γενικότερη ψηφιοποίηση του κατασκευαστικού κλάδου και την ανάπτυξη της λεγόμενης Construction 4.0, όπου η αξιοποίηση δεδομένων αποτελεί βασικό παράγοντα βελτίωσης της αποδοτικότητας και της λήψης αποφάσεων (Safour et al., 2021· Jaiswal et al., 2024).

Σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία, το BIM μπορεί να οριστεί ως μία διαδικασία δημιουργίας και διαχείρισης ψηφιακών πληροφοριών ενός κατασκευαστικού έργου, οι οποίες είναι διαθέσιμες σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής του. Το ψηφιακό αυτό μοντέλο δεν περιλαμβάνει μόνο τη γεωμετρία των δομικών στοιχείων αλλά και πλήθος πρόσθετων πληροφοριών, όπως τεχνικά χαρακτηριστικά, ιδιότητες υλικών, κόστος, χρονοδιάγραμμα κατασκευής, απαιτήσεις συντήρησης, ενεργειακή συμπεριφορά και λειτουργικά δεδομένα. Με τον τρόπο αυτό δημιουργείται ένα κοινό περιβάλλον δεδομένων (Common Data Environment – CDE), στο οποίο οι πληροφορίες ενημερώνονται διαρκώς και παραμένουν διαθέσιμες σε όλους τους εξουσιοδοτημένους συμμετέχοντες του έργου.

Η μετάβαση από τα συμβατικά συστήματα CAD στο BIM αποτελεί ουσιαστικά μετάβαση από την παραγωγή σχεδίων στη διαχείριση πληροφοριών. Στα παραδοσιακά συστήματα CAD κάθε αλλαγή σε ένα σχέδιο απαιτεί συχνά χειροκίνητη ενημέρωση πολλών διαφορετικών σχεδίων, γεγονός που αυξάνει την πιθανότητα σφαλμάτων και ασυμφωνιών. Αντίθετα, στο περιβάλλον BIM όλες οι πληροφορίες συνδέονται με ένα ενιαίο ψηφιακό μοντέλο. Κάθε τροποποίηση πραγματοποιείται μία φορά και ενημερώνει αυτόματα όλα τα επιμέρους σχέδια, τις τομές, τις όψεις, τους πίνακες ποσοτήτων και τις σχετικές τεχνικές πληροφορίες. Η δυνατότητα αυτή περιορίζει σημαντικά τα κατασκευαστικά σφάλματα, βελτιώνει τον συντονισμό μεταξύ των μελετητών και αυξάνει την αξιοπιστία των τεχνικών δεδομένων.

Ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά του BIM είναι η δυνατότητα συνεργασίας μεταξύ διαφορετικών επιστημονικών ειδικοτήτων. Αρχιτέκτονες, πολιτικοί μηχανικοί, μηχανολόγοι, ηλεκτρολόγοι, εργολάβοι, διαχειριστές έργων και ιδιοκτήτες μπορούν να εργάζονται πάνω στο ίδιο πληροφοριακό μοντέλο, ανταλλάσσοντας δεδομένα σε πραγματικό χρόνο. Η συνεργατική αυτή προσέγγιση μειώνει τις συγκρούσεις μεταξύ των επιμέρους μελετών (clash detection), διευκολύνει τον έγκαιρο εντοπισμό προβλημάτων και συμβάλλει στη βελτίωση της ποιότητας του τελικού έργου (ΕΑΠ, 2024).

Παράλληλα, το BIM υποστηρίζει τη σταδιακή προσθήκη διαφορετικών διαστάσεων πληροφορίας στο ψηφιακό μοντέλο. Η βασική τρισδιάστατη γεωμετρική αναπαράσταση (3D BIM) μπορεί να εμπλουτιστεί με πληροφορίες χρονοπρογραμματισμού (4D BIM), κοστολόγησης (5D BIM), περιβαλλοντικής και ενεργειακής αξιολόγησης (6D BIM), καθώς και διαχείρισης λειτουργίας και συντήρησης εγκαταστάσεων (7D BIM). Η πολυδιάστατη αυτή προσέγγιση επιτρέπει την ολοκληρωμένη διαχείριση του έργου από τη φάση του σχεδιασμού έως τη λειτουργία και την τελική απόσυρσή του (Varghese, 2019).

Η ανάπτυξη του BIM συνοδεύτηκε από την ανάγκη δημιουργίας διεθνών προτύπων που θα διασφαλίζουν τη διαλειτουργικότητα μεταξύ διαφορετικών λογισμικών και οργανισμών. Σημαντικό ρόλο στην κατεύθυνση αυτή διαδραμάτισε ο οργανισμός buildingSMART, ο οποίος προώθησε την έννοια του openBIM και την ανάπτυξη ανοικτών προτύπων ανταλλαγής πληροφοριών, όπως το Industry Foundation Classes (IFC). Η χρήση ανοικτών προτύπων επιτρέπει την ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ διαφορετικών πληροφοριακών συστημάτων χωρίς απώλεια πληροφορίας, ενισχύοντας τη συνεργασία μεταξύ των

συμμετεχόντων και περιορίζοντας την εξάρτηση από συγκεκριμένους προμηθευτές λογισμικού.

Ιδιαίτερη σημασία για την εδραίωση του BIM έχει και η οικογένεια προτύπων ISO 19650, η οποία καθορίζει τις αρχές διαχείρισης πληροφοριών κατά τον κύκλο ζωής ενός τεχνικού έργου. Το πρότυπο αυτό εισάγει διαδικασίες οργάνωσης, διαμοιρασμού και ελέγχου των πληροφοριών, συμβάλλοντας στη δημιουργία ενός ενιαίου πλαισίου εφαρμογής του BIM σε διεθνές επίπεδο. Η υιοθέτησή του από μεγάλο αριθμό ευρωπαϊκών χωρών έχει ενισχύσει την ομοιομορφία των διαδικασιών και έχει διευκολύνει την ευρύτερη εφαρμογή της τεχνολογίας τόσο στον δημόσιο όσο και στον ιδιωτικό τομέα.

Η βιβλιογραφία αναγνωρίζει ότι η εφαρμογή του BIM προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα σε όλα τα στάδια υλοποίησης ενός έργου. Μεταξύ αυτών περιλαμβάνονται η βελτίωση της ποιότητας του σχεδιασμού, η μείωση των λαθών και των συγκρούσεων μεταξύ επιμέρους μελετών, η ακριβέστερη εκτίμηση ποσοτήτων και κόστους, η καλύτερη παρακολούθηση της προόδου των εργασιών, η αποτελεσματικότερη διαχείριση κινδύνων και η ενίσχυση της συνεργασίας μεταξύ των εμπλεκόμενων φορέων. Παράλληλα, η αξιοποίηση των δεδομένων του BIM διευκολύνει τη λειτουργία και τη συντήρηση των κατασκευών μετά την ολοκλήρωσή τους, μειώνοντας το συνολικό κόστος κύκλου ζωής των υποδομών.

Η σημασία του BIM γίνεται ακόμη μεγαλύτερη στο πλαίσιο του ψηφιακού μετασχηματισμού της ευρωπαϊκής κατασκευαστικής βιομηχανίας. Η τεχνολογία λειτουργεί ως βασικός πυλώνας για την ενσωμάτωση και άλλων προηγμένων ψηφιακών εφαρμογών, όπως η Τεχνητή Νοημοσύνη (Artificial Intelligence), τα Ψηφιακά Δίδυμα (Digital Twins), η Εικονική και Επαυξημένη Πραγματικότητα (Virtual και Augmented Reality), οι τεχνολογίες Διαδικτύου των Πραγμάτων (Internet of Things – IoT) και η υπολογιστική νέφος (Cloud Computing). Ο συνδυασμός των τεχνολογιών αυτών δημιουργεί ένα ολοκληρωμένο ψηφιακό οικοσύστημα, το οποίο επιτρέπει την αυτοματοποίηση διαδικασιών, την πρόβλεψη τεχνικών προβλημάτων, τη βελτιστοποίηση της λειτουργίας των έργων και τη λήψη αποφάσεων με βάση πραγματικά δεδομένα.

Παρά τη σημαντική πρόοδο που έχει επιτευχθεί διεθνώς, η υιοθέτηση του BIM παρουσιάζει σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ χωρών, οργανισμών και επιχειρήσεων. Οι διαφορές αυτές αποδίδονται στη διαφορετική θεσμική υποστήριξη, στο επίπεδο ψηφιακής

ωριμότητας, στην επάρκεια εξειδικευμένου ανθρώπινου δυναμικού, καθώς και στην ύπαρξη εθνικών στρατηγικών προώθησης του BIM. Σύμφωνα με πρόσφατες μελέτες, χώρες που έχουν αναπτύξει ολοκληρωμένα πρότυπα, υποχρεωτικές προδιαγραφές για δημόσια έργα και ισχυρό οικοσύστημα επαγγελματικής κατάρτισης εμφανίζουν υψηλότερα ποσοστά υιοθέτησης της τεχνολογίας σε σχέση με χώρες όπου η εφαρμογή της παραμένει προαιρετική ή αποσπασματική (Mitera-Kielbasa & Zima, 2024).

Η διαπίστωση αυτή αποκτά ιδιαίτερη σημασία για την παρούσα έρευνα, καθώς η συγκριτική ανάλυση των εταιρικών προφίλ του LinkedIn στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης και του Ηνωμένου Βασιλείου επιδιώκει να αποτυπώσει τον βαθμό υιοθέτησης του BIM μέσα από πραγματικά δεδομένα της αγοράς. Επομένως, η κατανόηση της έννοιας, της εξέλιξης και των χαρακτηριστικών του BIM αποτελεί απαραίτητη θεωρητική βάση για την ερμηνεία των αποτελεσμάτων που παρουσιάζονται στα επόμενα κεφάλαια της εργασίας.

2.2 Ψηφιακός μετασχηματισμός και η θέση του BIM

Ο κατασκευαστικός κλάδος αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους πυλώνες της παγκόσμιας οικονομίας, συμβάλλοντας ουσιαστικά στην ανάπτυξη των υποδομών, της βιομηχανίας και του δομημένου περιβάλλοντος. Παρά τη σημασία του, για πολλές δεκαετίες χαρακτηριζόταν από χαμηλό βαθμό ψηφιοποίησης συγκριτικά με άλλους παραγωγικούς τομείς, όπως η μεταποίηση και οι υπηρεσίες. Η αποσπασματική διαχείριση της πληροφορίας, η πολυπλοκότητα των έργων, η συμμετοχή πολλών εμπλεκόμενων φορέων και η περιορισμένη διαλειτουργικότητα μεταξύ διαφορετικών πληροφοριακών συστημάτων αποτέλεσαν βασικούς ανασταλτικούς παράγοντες για την υιοθέτηση ψηφιακών τεχνολογιών. Η ανάγκη αντιμετώπισης αυτών των προκλήσεων οδήγησε στη σταδιακή υιοθέτηση στρατηγικών ψηφιακού μετασχηματισμού, τόσο σε εθνικό όσο και σε ευρωπαϊκό επίπεδο (European Commission, 2019; EU BIM Task Group, 2016).

Ο ψηφιακός μετασχηματισμός δεν αναφέρεται αποκλειστικά στην εισαγωγή νέων λογισμικών ή τεχνολογικών εργαλείων, αλλά στη συνολική αναδιοργάνωση των διαδικασιών σχεδιασμού, κατασκευής και διαχείρισης των έργων μέσω της αξιοποίησης των ψηφιακών πληροφοριών. Σύμφωνα με τους Succar και Kassem (2016), η μετάβαση αυτή προϋποθέτει την ανάπτυξη νέων συνεργατικών μοντέλων εργασίας, την υιοθέτηση

κοινών προτύπων ανταλλαγής δεδομένων και την αποτελεσματική διαχείριση της πληροφορίας σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής ενός έργου. Αντίστοιχα, ο Hasek (2021) επισημαίνει ότι η ψηφιακή ωριμότητα του κατασκευαστικού κλάδου εξαρτάται όχι μόνο από την τεχνολογική υποδομή, αλλά και από το θεσμικό πλαίσιο, την εκπαίδευση του ανθρώπινου δυναμικού και την ανάπτυξη ψηφιακών δεξιοτήτων.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει αναγνωρίσει τον κατασκευαστικό τομέα ως έναν από τους βασικούς άξονες της ψηφιακής και πράσινης μετάβασης, ενσωματώνοντας σχετικές δράσεις σε στρατηγικές όπως η Digital Europe Programme, η European Green Deal και η EU Industrial Strategy. Παράλληλα, η EU BIM Task Group έχει αναδείξει το Building Information Modeling ως βασικό εργαλείο εκσυγχρονισμού των δημόσιων έργων και βελτίωσης της αποδοτικότητας των επενδύσεων, προωθώντας την ανάπτυξη κοινών κατευθυντήριων οδηγιών για τα κράτη-μέλη (EU BIM Task Group, 2017). Οι πρωτοβουλίες αυτές συνέβαλαν στη σταδιακή αύξηση της υιοθέτησης του BIM στην Ευρώπη και δημιούργησαν τις προϋποθέσεις για την ευρύτερη εφαρμογή προηγμένων ψηφιακών τεχνολογιών στον κατασκευαστικό κλάδο.

2.2.1 Το Construction 4.0 και ο ρόλος του BIM

Η έννοια του Construction 4.0 προέκυψε ως προσαρμογή των αρχών της Industry 4.0 στις ιδιαιτερότητες του κατασκευαστικού κλάδου. Ενώ η Industry 4.0 επικεντρώνεται στην ψηφιοποίηση της μεταποιητικής παραγωγής μέσω της διασύνδεσης κυβερνοφυσικών συστημάτων, αισθητήρων και αυτοματισμών, το Construction 4.0 επιδιώκει την ολοκληρωμένη διαχείριση των πληροφοριών κατά τον σχεδιασμό, την κατασκευή, τη λειτουργία και τη συντήρηση των έργων (Safour et al., 2021· Zawada et al., 2024).

Η διεθνής βιβλιογραφία συγκλίνει στην άποψη ότι το Building Information Modeling (BIM) αποτελεί τον βασικό τεχνολογικό πυλώνα του Construction 4.0. Σε αντίθεση με την αντίληψη που αντιμετωπίζει το BIM ως λογισμικό τρισδιάστατης σχεδίασης, οι σύγχρονες προσεγγίσεις το θεωρούν ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης πληροφοριών, το οποίο επιτρέπει τη δημιουργία, ανταλλαγή και αξιοποίηση αξιόπιστων ψηφιακών δεδομένων σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής ενός έργου (Succar & Kassem, 2016). Η σημασία αυτή αποτυπώνεται και στο διεθνές πρότυπο ISO 19650, το οποίο καθορίζει τις αρχές οργάνωσης και διαχείρισης των πληροφοριών μέσω του BIM, καθώς και στις τεχνικές προδιαγραφές

της buildingSMART International, που προωθούν τη διαλειτουργικότητα μεταξύ διαφορετικών λογισμικών και πληροφοριακών συστημάτων.

Η μετάβαση από την απλή τρισδιάστατη μοντελοποίηση σε ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον συνεργασίας βασίζεται στη δημιουργία ενός Common Data Environment (CDE), μέσω του οποίου όλοι οι εμπλεκόμενοι φορείς έχουν πρόσβαση σε κοινές, επικαιροποιημένες και αξιόπιστες πληροφορίες. Η προσέγγιση αυτή μειώνει τα σφάλματα, περιορίζει τις επαναλαμβανόμενες εργασίες και ενισχύει τη συνεργασία μεταξύ μελετητών, κατασκευαστών, ιδιοκτητών και διαχειριστών εγκαταστάσεων (Shillcock, 2019).

Η σημασία του BIM στο πλαίσιο του Construction 4.0 επιβεβαιώνεται και από πρόσφατες ερευνητικές εργασίες, οι οποίες υποστηρίζουν ότι η υιοθέτησή του αποτελεί βασική προϋπόθεση για την επιτυχή εφαρμογή πιο προηγμένων ψηφιακών τεχνολογιών στον κατασκευαστικό τομέα (Tsironis et al., 2025· Mitera-Kielbasa & Zima, 2024).

2.2.2 Η συμβολή των τεχνολογιών AI, DT και VR στο οικοσύστημα του BIM

Η εξέλιξη του Construction 4.0 συνοδεύεται από την αυξανόμενη αξιοποίηση τεχνολογιών όπως η Τεχνητή Νοημοσύνη (Artificial Intelligence – AI), τα Ψηφιακά Δίδυμα (Digital Twins – DT) και η Εικονική και Επαυξημένη Πραγματικότητα (Virtual και Augmented Reality – VR/AR). Παρότι οι τεχνολογίες αυτές παρουσιάζουν σημαντικές δυνατότητες, η διεθνής βιβλιογραφία επισημαίνει ότι η αποτελεσματική εφαρμογή τους βασίζεται στην ύπαρξη αξιόπιστων και δομημένων πληροφοριών, οι οποίες παρέχονται από τα μοντέλα BIM (Safour et al., 2021· Tsironis et al., 2025).

Η Τεχνητή Νοημοσύνη αξιοποιείται κυρίως για την ανάλυση μεγάλου όγκου δεδομένων, την αυτοματοποίηση διαδικασιών και την υποστήριξη της λήψης αποφάσεων, συμβάλλοντας στον εντοπισμό σχεδιαστικών συγκρούσεων, στη βελτιστοποίηση του προγραμματισμού και στην πρόβλεψη κινδύνων κατά την εκτέλεση των έργων (Tsironis et al., 2025). Αντίστοιχα, τα Ψηφιακά Δίδυμα επεκτείνουν τις δυνατότητες του BIM συνδέοντας το ψηφιακό μοντέλο με δεδομένα πραγματικού χρόνου, γεγονός που διευκολύνει την παρακολούθηση της λειτουργίας των υποδομών και την εφαρμογή προγνωστικής συντήρησης (Safour et al., 2021). Οι τεχνολογίες Εικονικής και Επαυξημένης Πραγματικότητας αξιοποιούν τα τρισδιάστατα μοντέλα BIM για την οπτικοποίηση και την προσομοίωση των έργων, ενισχύοντας την επικοινωνία μεταξύ των

εμπλεκόμενων μερών και υποστηρίζοντας την εκπαίδευση και την ασφάλεια στο εργοτάξιο (Mitera-Kiełbasa & Zima, 2024).

Είναι χαρακτηριστικό ότι οι παραπάνω τεχνολογίες δεν λειτουργούν ανταγωνιστικά προς το BIM αλλά συμπληρωματικά, αξιοποιώντας τα πληροφοριακά δεδομένα που αυτό παράγει. Για τον λόγο αυτό, στη σύγχρονη βιβλιογραφία το BIM περιγράφεται ως ο «ψηφιακός πυρήνας» (digital backbone) του Construction 4.0, πάνω στον οποίο αναπτύσσονται οι περισσότερες εφαρμογές προηγμένης ψηφιακής διαχείρισης έργων (Succar & Kassem, 2016· Tsironis et al., 2025).

2.2.3 Σύνθεση της βιβλιογραφίας

Η ανασκόπηση της διεθνούς βιβλιογραφίας καταδεικνύει ότι ο ψηφιακός μετασχηματισμός του κατασκευαστικού κλάδου αποτελεί μια πολυδιάστατη διαδικασία, στην οποία το Building Information Modeling κατέχει κεντρική θέση ως βασικό σύστημα διαχείρισης πληροφοριών. Παρότι το Construction 4.0 περιλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα ψηφιακών τεχνολογιών, οι περισσότερες αξιοποιούν τα πληροφοριακά μοντέλα BIM ως κοινή βάση δεδομένων για την ανάπτυξη προηγμένων εφαρμογών σχεδιασμού, κατασκευής και λειτουργίας των έργων. Κατά συνέπεια, η υιοθέτηση του BIM θεωρείται διεθνώς βασική προϋπόθεση για την ευρύτερη ψηφιακή μετάβαση του κατασκευαστικού τομέα.

Η θεωρητική αυτή προσέγγιση αποτελεί και τη βάση της παρούσας έρευνας. Ειδικότερα, η εμπειρική ανάλυση επικεντρώνεται στην υιοθέτηση του BIM από τις επιχειρήσεις του κλάδου AEC στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης και το Ηνωμένο Βασίλειο, ενώ η δημόσια δηλωμένη παρουσία τεχνολογιών όπως η Τεχνητή Νοημοσύνη, τα Ψηφιακά Δίδυμα και η Εικονική Πραγματικότητα χρησιμοποιείται ως συμπληρωματικός δείκτης της ευρύτερης ψηφιακής δραστηριότητας των επιχειρήσεων και υποστηρίζει την ερμηνεία των αποτελεσμάτων που παρουσιάζονται στα επόμενα κεφάλαια.

2.3 Διεθνείς οργανισμοί και πρότυπα BIM

Η επιτυχής εφαρμογή του Building Information Modeling (BIM) δεν εξαρτάται αποκλειστικά από τη διαθεσιμότητα κατάλληλων λογισμικών ή την τεχνολογική επάρκεια των οργανισμών. Αντίθετα, προϋποθέτει την ύπαρξη ενός κοινού πλαισίου κανόνων, διαδικασιών και προτύπων που διασφαλίζουν την ομοιογένεια, τη διαλειτουργικότητα και

την αξιόπιστη ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ όλων των εμπλεκομένων. Η ανάπτυξη διεθνών προτύπων και οργανισμών αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την εδραίωση του BIM ως βασικής μεθοδολογίας διαχείρισης πληροφοριών στον κατασκευαστικό κλάδο (Shillcock, 2019).

Κατά τις δύο τελευταίες δεκαετίες, η διεθνής κοινότητα έχει αναπτύξει ένα ολοκληρωμένο θεσμικό πλαίσιο που καλύπτει όλες τις φάσεις του κύκλου ζωής ενός έργου, από τον σχεδιασμό και την κατασκευή έως τη λειτουργία και τη συντήρηση. Το πλαίσιο αυτό περιλαμβάνει διεθνή πρότυπα, τεχνικές προδιαγραφές και κατευθυντήριες οδηγίες που διευκολύνουν την υιοθέτηση κοινών διαδικασιών και ενισχύουν τη συνεργασία μεταξύ δημόσιων οργανισμών, ιδιωτικών επιχειρήσεων και επαγγελματιών του κλάδου.

2.3.1 buildingSMART International και η φιλοσοφία του openBIM

Ο σημαντικότερος διεθνής οργανισμός ανάπτυξης ανοικτών προτύπων για το BIM είναι η buildingSMART International. Ο οργανισμός αυτός αποτελεί έναν μη κερδοσκοπικό διεθνή φορέα, ο οποίος προωθεί την ανάπτυξη ανοικτών προτύπων ανταλλαγής δεδομένων με στόχο τη βελτίωση της συνεργασίας και της διαλειτουργικότητας μεταξύ διαφορετικών πληροφοριακών συστημάτων.

Βασική φιλοσοφία της buildingSMART αποτελεί το openBIM, σύμφωνα με το οποίο οι πληροφορίες ενός έργου πρέπει να μπορούν να ανταλλάσσονται ανεξάρτητα από το λογισμικό που χρησιμοποιεί κάθε συμμετέχων. Η προσέγγιση αυτή μειώνει την εξάρτηση από συγκεκριμένους προμηθευτές λογισμικού (vendor lock-in), ενισχύει τη συνεργασία μεταξύ διαφορετικών οργανισμών και συμβάλλει στη μακροχρόνια διατήρηση των ψηφιακών δεδομένων των έργων. Η εφαρμογή του openBIM θεωρείται σήμερα βασική προϋπόθεση για την επιτυχή υλοποίηση μεγάλων και σύνθετων έργων, ιδιαίτερα όταν συμμετέχουν πολλοί φορείς και διαφορετικές ειδικότητες (buildingSMART International).

Σημαντικότερο τεχνικό πρότυπο της buildingSMART αποτελεί το Industry Foundation Classes (IFC), το οποίο έχει εξελιχθεί στο κυρίαρχο διεθνές πρότυπο ανταλλαγής δεδομένων BIM. Το IFC επιτρέπει την ασφαλή μεταφορά πληροφοριών μεταξύ διαφορετικών εφαρμογών BIM χωρίς απώλεια δεδομένων, διευκολύνοντας τον συντονισμό μεταξύ αρχιτεκτονικών, στατικών, ηλεκτρομηχανολογικών και κατασκευαστικών μελετών.

Η υιοθέτηση ανοικτών προτύπων αποτελεί σήμερα βασικό στοιχείο των ευρωπαϊκών στρατηγικών ψηφιοποίησης του κατασκευαστικού κλάδου, καθώς υποστηρίζει την αποτελεσματική συνεργασία σε διασυνοριακά έργα και ενισχύει τον ανταγωνισμό στην αγορά λογισμικού.

2.3.2 Η οικογένεια προτύπων ISO 19650

Η σημαντικότερη εξέλιξη στον τομέα της τυποποίησης του BIM υπήρξε η δημοσίευση της σειράς διεθνών προτύπων ISO 19650, η οποία αντικατέστησε σταδιακά το βρετανικό πρότυπο BS 1192 και αποτελεί σήμερα το κυρίαρχο πλαίσιο διαχείρισης πληροφοριών για έργα που υλοποιούνται με χρήση BIM (ISO, 2018· ISO, 2019).

Η σειρά ISO 19650 καθορίζει τις αρχές οργάνωσης, δημιουργίας, ανταλλαγής και διαχείρισης των πληροφοριών κατά τη διάρκεια ολόκληρου του κύκλου ζωής ενός τεχνικού έργου. Βασικός στόχος των προτύπων είναι η δημιουργία κοινών διαδικασιών που διασφαλίζουν την ποιότητα, την αξιοπιστία και την ιχνηλασιμότητα των πληροφοριών που παράγονται από όλους τους συμμετέχοντες.

Ιδιαίτερη σημασία αποκτά η έννοια του Common Data Environment (CDE), δηλαδή του κοινού περιβάλλοντος δεδομένων, μέσα στο οποίο αποθηκεύονται, οργανώνονται και ενημερώνονται όλες οι πληροφορίες του έργου. Το CDE αποτελεί τον κεντρικό μηχανισμό συνεργασίας μεταξύ των εμπλεκομένων και συμβάλλει στην αποφυγή διπλών εγγραφών, λαθών και ασυμφωνιών μεταξύ των διαφορετικών μελετών (Shillcock, 2019).

Η εφαρμογή του ISO 19650 δεν περιορίζεται σε τεχνικές απαιτήσεις αλλά επηρεάζει και την οργανωτική δομή των έργων, καθώς καθορίζει ρόλους, αρμοδιότητες, διαδικασίες έγκρισης πληροφοριών και απαιτήσεις τεκμηρίωσης. Ως αποτέλεσμα, η υιοθέτηση του προτύπου συμβάλλει στην αύξηση της διαφάνειας, στη βελτίωση της συνεργασίας και στη μείωση των κινδύνων που σχετίζονται με τη διαχείριση πληροφοριών.

2.3.3 Ο ρόλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης στην προώθηση του BIM

Η Ευρωπαϊκή Ένωση αναγνωρίζει το BIM ως βασικό εργαλείο για τον ψηφιακό μετασχηματισμό του κατασκευαστικού τομέα και την ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας

των ευρωπαϊκών επιχειρήσεων. Στο πλαίσιο αυτό έχουν αναπτυχθεί σειρά πολιτικών και πρωτοβουλιών που στοχεύουν στην εναρμόνιση των διαδικασιών και στην ευρύτερη υιοθέτηση του BIM από τα κράτη-μέλη (European Commission, 2019· European Commission, 2025).

Ιδιαίτερη σημασία έχει η δημιουργία του EU BIM Task Group, ενός δικτύου συνεργασίας μεταξύ δημόσιων οργανισμών των ευρωπαϊκών χωρών, με αντικείμενο την ανάπτυξη κοινών κατευθυντήριων οδηγιών για την εφαρμογή του BIM στις δημόσιες συμβάσεις (EU BIM Task Group, 2016). Οι οδηγίες αυτές δεν αποτελούν δεσμευτικά πρότυπα, αλλά προσφέρουν ένα κοινό πλαίσιο εφαρμογής που διευκολύνει τη σταδιακή σύγκλιση των εθνικών στρατηγικών.

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή υποστηρίζει επίσης την ανάπτυξη ερευνητικών προγραμμάτων, δράσεων εκπαίδευσης και ψηφιακών υποδομών που συμβάλλουν στην ενίσχυση των ψηφιακών δεξιοτήτων και στην επιτάχυνση της μετάβασης προς το Construction 4.0. Η στρατηγική αυτή συνδέεται άμεσα με τους στόχους της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας, καθώς το BIM θεωρείται σημαντικό εργαλείο για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, τη μείωση των εκπομπών άνθρακα και τη βιώσιμη διαχείριση των φυσικών πόρων.

2.3.4 Εθνικές στρατηγικές BIM στην Ευρώπη

Παρά την ύπαρξη κοινών ευρωπαϊκών κατευθύνσεων, ο βαθμός υιοθέτησης του BIM διαφοροποιείται σημαντικά μεταξύ των ευρωπαϊκών χωρών. Ορισμένα κράτη έχουν αναπτύξει ολοκληρωμένες εθνικές στρατηγικές, οι οποίες περιλαμβάνουν υποχρεωτική εφαρμογή του BIM σε δημόσια έργα, ανάπτυξη εθνικών προτύπων, προγράμματα εκπαίδευσης και χρηματοδότηση δράσεων ψηφιακού μετασχηματισμού.

Σύμφωνα με τους Mitera-Kiełbasa και Zima (2024), οι χώρες που εφαρμόζουν συντονισμένες πολιτικές παρουσιάζουν υψηλότερο επίπεδο ψηφιακής ωριμότητας και μεγαλύτερη διείσδυση του BIM στις κατασκευαστικές επιχειρήσεις. Αντίστοιχα, οι Safour et al. (2021) επισημαίνουν ότι η θεσμική υποστήριξη αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες επιτυχούς εφαρμογής του BIM, καθώς επηρεάζει τόσο την

εκπαίδευση των επαγγελματιών όσο και την ανάπτυξη της αγοράς λογισμικού και συμβουλευτικών υπηρεσιών.

Ο Hasek (2021) υπογραμμίζει ότι η ανάπτυξη κοινών προτύπων και η συστηματική εκπαίδευση των εμπλεκόμενων αποτελούν βασικές προϋποθέσεις για την επιτυχή μετάβαση στον ψηφιακό μετασχηματισμό του κατασκευαστικού κλάδου. Αντίθετα, χώρες όπου η εφαρμογή του BIM παραμένει αποσπασματική εμφανίζουν μικρότερα ποσοστά υιοθέτησης και μεγαλύτερες δυσκολίες συνεργασίας μεταξύ των οργανισμών.

Η διαπίστωση αυτή παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την παρούσα έρευνα, καθώς τα αποτελέσματα του Κεφαλαίου 4 αναδεικνύουν σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης ως προς την παρουσία εταιρειών που δηλώνουν υιοθέτηση του BIM και συναφών ψηφιακών τεχνολογιών. Οι διαφοροποιήσεις αυτές δεν αντανakλούν αποκλειστικά την τεχνολογική ετοιμότητα των επιχειρήσεων, αλλά σχετίζονται και με την ύπαρξη εθνικών πολιτικών, προτύπων και οργανωτικών μηχανισμών που διευκολύνουν την εφαρμογή του BIM. Συνεπώς, η κατανόηση του διεθνούς θεσμικού πλαισίου αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για την ορθή ερμηνεία των ευρημάτων της παρούσας μελέτης.

2.4 Εφαρμογή του BIM στην Ευρώπη

Η υιοθέτηση του Building Information Modeling (BIM) στην Ευρώπη παρουσιάζει σημαντική δυναμική κατά την τελευταία δεκαετία, καθώς ολοένα και περισσότερες χώρες αναγνωρίζουν τον καθοριστικό ρόλο του στον ψηφιακό μετασχηματισμό του κατασκευαστικού κλάδου. Η ανάπτυξη του BIM δεν περιορίζεται στην εισαγωγή νέων τεχνολογικών εργαλείων, αλλά συνδέεται με ευρύτερες στρατηγικές που αφορούν την αύξηση της παραγωγικότητας, τη βελτίωση της ποιότητας των κατασκευών, την ενίσχυση της συνεργασίας μεταξύ των εμπλεκόμενων φορέων και την επίτευξη των στόχων βιώσιμης ανάπτυξης της Ευρωπαϊκής Ένωσης (European Commission, 2019).

Η πορεία υιοθέτησης του BIM στην Ευρώπη δεν είναι ομοιόμορφη. Οι διαφορές μεταξύ των κρατών-μελών σχετίζονται με το επίπεδο ψηφιακής ωριμότητας των επιχειρήσεων, την ύπαρξη εθνικών στρατηγικών, τη διαθεσιμότητα εξειδικευμένου ανθρώπινου δυναμικού, το θεσμικό πλαίσιο και τον βαθμό υποστήριξης από τις δημόσιες αρχές. Ως αποτέλεσμα, έχουν διαμορφωθεί διαφορετικά επίπεδα εφαρμογής, τα οποία αντικατοπτρίζονται τόσο στη

χρήση του BIM στις δημόσιες συμβάσεις όσο και στην υιοθέτησή του από τις ιδιωτικές κατασκευαστικές επιχειρήσεις (Safour et al., 2021).

Σημαντικό ορόσημο για την ευρωπαϊκή διάδοση του BIM αποτέλεσε η δημιουργία του EU BIM Task Group το 2016, με στόχο την ανάπτυξη κοινών κατευθυντήριων οδηγιών για την εφαρμογή του BIM στα δημόσια έργα. Η πρωτοβουλία αυτή συνέβαλε στη διαμόρφωση ενός κοινού πλαισίου συνεργασίας μεταξύ των κρατών-μελών, ενθαρρύνοντας την ανταλλαγή εμπειριών και την εναρμόνιση των εθνικών στρατηγικών. Παρότι οι οδηγίες του EU BIM Task Group δεν έχουν δεσμευτικό χαρακτήρα, αποτέλεσαν σημείο αναφοράς για πολλές χώρες που σχεδίασαν τις εθνικές πολιτικές ψηφιοποίησης του κατασκευαστικού τομέα (EU BIM Task Group, 2016).

Μεταξύ των ευρωπαϊκών χωρών, το Ηνωμένο Βασίλειο θεωρείται διεθνώς πρωτοπόρο στην εφαρμογή του BIM. Η υποχρεωτική χρήση του BIM σε δημόσια έργα, η ανάπτυξη του προτύπου BS 1192 και η μεταγενέστερη συμβολή του στη διαμόρφωση της σειράς προτύπων ISO 19650 δημιούργησαν ένα ολοκληρωμένο οικοσύστημα ψηφιακής διαχείρισης των τεχνικών έργων. Η συστηματική επένδυση στην εκπαίδευση, στην ανάπτυξη ψηφιακών δεξιοτήτων και στην τυποποίηση των διαδικασιών συνέβαλε στη δημιουργία μιας ιδιαίτερα ώριμης αγοράς BIM, η οποία εξακολουθεί να επηρεάζει σημαντικά τις διεθνείς εξελίξεις (Shillcock, 2019).

Αντίστοιχα υψηλό επίπεδο ψηφιακής ωριμότητας εμφανίζουν οι σκανδιναβικές χώρες, όπως η Φινλανδία, η Νορβηγία και η Δανία, όπου η χρήση του BIM ξεκίνησε ήδη από τις αρχές της δεκαετίας του 2000 μέσω μεγάλων δημόσιων οργανισμών και φορέων διαχείρισης υποδομών. Η έγκαιρη ανάπτυξη εθνικών οδηγιών, η συνεργασία μεταξύ πανεπιστημίων, επαγγελματικών οργανισμών και δημοσίων υπηρεσιών, καθώς και η ευρεία αποδοχή των ανοικτών προτύπων (openBIM), συνέβαλαν στη δημιουργία ενός ιδιαίτερα προηγμένου περιβάλλοντος εφαρμογής.

Κατά την τελευταία δεκαετία, σημαντική πρόοδο έχουν παρουσιάσει επίσης χώρες όπως η Γερμανία, η Γαλλία, η Ολλανδία, η Ιταλία και η Ισπανία. Οι χώρες αυτές έχουν αναπτύξει εθνικούς οδικούς χάρτες (roadmaps), προγράμματα κατάρτισης και σταδιακή ενσωμάτωση του BIM στις δημόσιες συμβάσεις, επιδιώκοντας την αύξηση της ανταγωνιστικότητας των κατασκευαστικών επιχειρήσεων και τη βελτίωση της αποδοτικότητας των δημόσιων επενδύσεων. Σύμφωνα με τους Mitera-Kiełbasa και Zima (2024), η ύπαρξη εθνικών

στρατηγικών συνδέεται άμεσα με υψηλότερα ποσοστά υιοθέτησης του BIM και μεγαλύτερη οργανωτική ωριμότητα των επιχειρήσεων.

Παρά τη σημαντική πρόοδο, εξακολουθούν να υπάρχουν χώρες όπου η εφαρμογή του BIM βρίσκεται σε πρώιμο στάδιο. Οι κυριότερες δυσκολίες σχετίζονται με την έλλειψη εξειδικευμένου προσωπικού, το υψηλό κόστος επένδυσης σε λογισμικό και εκπαίδευση, την περιορισμένη θεσμική υποστήριξη και την απουσία υποχρεωτικών προδιαγραφών για τα δημόσια έργα. Οι παράγοντες αυτοί επηρεάζουν ιδιαίτερα τις μικρομεσαίες επιχειρήσεις, οι οποίες συχνά δυσκολεύονται να υιοθετήσουν νέες ψηφιακές τεχνολογίες χωρίς κατάλληλα οικονομικά και οργανωτικά κίνητρα (Safour et al., 2021· Architek-R, 2022).

Στην Ελλάδα, η εφαρμογή του BIM παρουσιάζει σημαντική πρόοδο τα τελευταία χρόνια, ωστόσο εξακολουθεί να βρίσκεται σε μεταβατικό στάδιο συγκριτικά με χώρες που διαθέτουν μακροχρόνια εθνική στρατηγική. Η αυξανόμενη συμμετοχή ελληνικών εταιρειών σε διεθνή έργα, η ανάπτυξη εκπαιδευτικών προγραμμάτων, η διάδοση εξειδικευμένων λογισμικών και η εναρμόνιση με τα ευρωπαϊκά πρότυπα δημιουργούν ευνοϊκές προοπτικές για την περαιτέρω ενσωμάτωση του BIM στον ελληνικό κατασκευαστικό κλάδο. Παράλληλα, η ενσωμάτωση των απαιτήσεων του ISO 19650 και η προώθηση δράσεων ψηφιακού μετασχηματισμού αναμένεται να ενισχύσουν την ανταγωνιστικότητα των ελληνικών επιχειρήσεων και να διευκολύνουν τη συμμετοχή τους σε διεθνείς αγορές (Σερδάρη, 2023).

Η πρόσφατη βιβλιογραφία υπογραμμίζει ότι η επιτυχής εφαρμογή του BIM δεν αποτελεί αυτοσκοπό, αλλά μέρος ενός ευρύτερου ψηφιακού οικοσυστήματος που περιλαμβάνει τεχνολογίες όπως η Τεχνητή Νοημοσύνη, τα Ψηφιακά Δίδυμα, η Εικονική και Επαυξημένη Πραγματικότητα, η ανάλυση μεγάλων δεδομένων και το Διαδίκτυο των Πραγμάτων. Οι επιχειρήσεις που έχουν αναπτύξει υψηλό επίπεδο ψηφιακής ωριμότητας εμφανίζουν αυξημένη πιθανότητα να αξιοποιούν συνδυαστικά τις τεχνολογίες αυτές, δημιουργώντας σημαντικά ανταγωνιστικά πλεονεκτήματα (Hasek, 2021· Tsironis et al., 2025).

Οι ενδεχόμενες διαφορές ψηφιακής ωριμότητας μεταξύ των χωρών μπορούν να ερμηνευθούν όχι μόνο από το επίπεδο τεχνολογικής ανάπτυξης, αλλά και από την ύπαρξη εθνικών πολιτικών, προτύπων, εκπαιδευτικών μηχανισμών και στρατηγικών ψηφιακού μετασχηματισμού που ενισχύουν τη συστηματική υιοθέτηση των τεχνολογιών. Στον

Πίνακα 2.1. γίνεται προσπάθεια συγκεντρωτικής παρουσίασης της θεσμικής και οργανωτικής υιοθέτησης του BIM βασισμένη σε επίσημες πηγές.

Πίνακας 2.1 : Θεσμική και οργανωτική κατάσταση υιοθέτησης του BIM στις χώρες της ΕΕ και του ΗΒ

ΧΩΡΑ	ΕΘΝΙΚΗ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ BIM	BIM ΣΕ ΔΗΜΟΣΙΕΣ ΣΥΜΒΑΣΕΙΣ	ISO 19650 / OPENBIM	ΚΥΡΙΑ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ
ΑΥΣΤΡΙΑ	✓	✓	✓	Hasek (2021); European Commission (2025)
ΒΕΛΓΙΟ	✓	✓	✓	European Commission (2025)
ΒΟΥΛΓΑΡΙΑ			✓	European Commission (2025)
ΚΡΟΑΤΙΑ			✓	European Commission (2025)
ΚΥΠΡΟΣ			✓	European Commission (2025)
ΤΣΕΧΙΑ	✓	✓	✓	Hasek (2021); European Commission (2025)
ΔΑΝΙΑ	✓	✓	✓	EU BIM Task Group (2016); Hasek (2021)
ΕΣΘΟΝΙΑ	✓	✓	✓	European Commission (2025)
ΦΙΝΛΑΝΔΙΑ	✓	✓	✓	Safour et al. (2021); European Commission (2025)
ΓΑΛΛΙΑ	✓	✓	✓	Mitera-Kietbasa & Zima (2024)
ΓΕΡΜΑΝΙΑ	✓	✓	✓	Hasek (2021); European Commission (2025)
ΕΛΛΑΔΑ	✓		✓	European Commission (2025)
ΟΥΓΓΑΡΙΑ			✓	European Commission (2025)
ΙΡΛΑΝΔΙΑ	✓	✓	✓	European Commission (2025)
ΙΤΑΛΙΑ	✓	✓	✓	Mitera-Kietbasa & Zima (2024)
ΛΕΤΟΝΙΑ			✓	European Commission (2025)
ΛΙΘΟΥΑΝΙΑ	✓	✓	✓	European Commission (2025)
ΛΟΥΞΕΜΒΟΥΡΓΟ	✓		✓	European Commission (2025)
ΜΑΛΤΑ			✓	European Commission (2025)
ΚΑΤΩ ΧΩΡΕΣ	✓	✓	✓	Hasek (2021); European Commission (2025)
ΠΟΛΩΝΙΑ	✓	✓	✓	Mitera-Kietbasa & Zima (2024)
ΠΟΡΤΟΓΑΛΙΑ	✓	✓	✓	European Commission (2025)
ΡΟΥΜΑΝΙΑ			✓	European Commission (2025)
ΣΛΟΒΑΚΙΑ			✓	European Commission (2025)
ΣΛΟΒΕΝΙΑ	✓	✓	✓	European Commission (2025)
ΙΣΠΑΝΙΑ	✓	✓	✓	European Commission (2025)
ΣΟΥΗΔΙΑ	✓	✓	✓	Hasek (2021); Safour et al. (2021)
ΗΝΩΜΕΝΟ ΒΑΣΙΛΕΙΟ	✓	✓	✓	Hasek (2021); Shillcock (2019)

(Πηγή: Προσαρμογή του συγγραφέα βάσει EU BIM Task Group (2016), Hasek (2021), Safour et al. (2021), Mitera-Kietbasa & Zima (2024), European Commission (2025) και λοιπής βιβλιογραφίας της παρούσας εργασίας.)

2.5 Οφέλη και εμπόδια υιοθέτησης του BIM

Η αυξανόμενη υιοθέτηση του Building Information Modeling (BIM) κατά την τελευταία δεκαετία έχει μεταβάλει ουσιαστικά τον τρόπο με τον οποίο σχεδιάζονται, υλοποιούνται και διαχειρίζονται τα τεχνικά έργα. Η διεθνής βιβλιογραφία αναγνωρίζει ότι το BIM δεν αποτελεί απλώς μια τεχνολογία τρισδιάστατης μοντελοποίησης, αλλά μία ολοκληρωμένη μεθοδολογία διαχείρισης πληροφοριών που επηρεάζει τόσο τις τεχνικές διαδικασίες όσο και την οργανωτική λειτουργία των επιχειρήσεων. Ωστόσο, παρά τα σημαντικά πλεονεκτήματα που προσφέρει, η εφαρμογή του εξακολουθεί να συνοδεύεται από σημαντικές τεχνολογικές, οικονομικές και οργανωτικές προκλήσεις, οι οποίες επηρεάζουν τον βαθμό υιοθέτησής του στις διάφορες χώρες και επιχειρήσεις (Succar & Kassem, 2016· Safour et al., 2021).

2.5.1 Οφέλη από την υιοθέτηση του BIM

Η βιβλιογραφία συγκλίνει στο ότι τα οφέλη του BIM μπορούν να ομαδοποιηθούν σε πέντε βασικές κατηγορίες: τεχνικά, οικονομικά, οργανωτικά, περιβαλλοντικά και λειτουργικά.

Τεχνικά οφέλη

Ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα του BIM είναι η σημαντική βελτίωση της ποιότητας του σχεδιασμού μέσω της δημιουργίας ενός ενιαίου ψηφιακού πληροφοριακού μοντέλου. Σε αντίθεση με τις παραδοσιακές μεθόδους σχεδιασμού, όπου κάθε ειδικότητα αναπτύσσει ανεξάρτητα τα σχέδιά της, το BIM επιτρέπει την ταυτόχρονη συνεργασία όλων των εμπλεκόμενων πάνω στο ίδιο πληροφοριακό μοντέλο. Η δυνατότητα αυτή μειώνει σημαντικά τις ασυμβατότητες μεταξύ αρχιτεκτονικών, στατικών και ηλεκτρομηχανολογικών μελετών μέσω της διαδικασίας ανίχνευσης συγκρούσεων (clash detection), περιορίζοντας τις τροποποιήσεις κατά τη φάση της κατασκευής και βελτιώνοντας τη συνολική ποιότητα του έργου (Garber, 2014· Azhar et al., 2015).

Επιπλέον, η συνεχής ενημέρωση του πληροφοριακού μοντέλου επιτρέπει την παραγωγή ακριβών ποσοτήτων, σχεδίων και τεχνικών αναφορών, μειώνοντας τα ανθρώπινα λάθη και αυξάνοντας την αξιοπιστία των δεδομένων.

Οικονομικά οφέλη

Η εφαρμογή του BIM συμβάλλει ουσιαστικά στη μείωση του συνολικού κόστους των έργων μέσω της βελτίωσης του σχεδιασμού, της αποτελεσματικότερης διαχείρισης των πόρων και της έγκαιρης ανίχνευσης προβλημάτων πριν από την έναρξη της κατασκευής. Η δυνατότητα ακριβέστερης εκτίμησης ποσοτήτων, προϋπολογισμών και χρονοδιαγραμμάτων περιορίζει τις υπερβάσεις κόστους και τις καθυστερήσεις, ενώ διευκολύνει τον καλύτερο οικονομικό προγραμματισμό των έργων (Azhar et al., 2015· Shojaei et al., 2023).

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή επισημαίνει επίσης ότι η συστηματική εφαρμογή του BIM στις δημόσιες συμβάσεις μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική εξοικονόμηση δημόσιων πόρων μέσω της βελτίωσης της διαχείρισης του κύκλου ζωής των έργων και της μείωσης των κατασκευαστικών αστοχιών (European Commission, 2025).

Οργανωτικά οφέλη

Πέρα από τα τεχνικά και οικονομικά πλεονεκτήματα, το BIM μεταβάλλει ουσιαστικά τον τρόπο συνεργασίας μεταξύ των εμπλεκόμενων φορέων. Η ύπαρξη ενός κοινού περιβάλλοντος δεδομένων (Common Data Environment – CDE) διευκολύνει την ανταλλαγή πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο, αυξάνει τη διαφάνεια και περιορίζει την ασυμμετρία πληροφόρησης μεταξύ μελετητών, εργολάβων, ιδιοκτητών και διαχειριστών έργων (ISO 19650; Shillcock, 2019).

Η οργανωτική αυτή αλλαγή συμβάλλει στη βελτίωση του συντονισμού, στην ταχύτερη λήψη αποφάσεων και στην ανάπτυξη συνεργατικής κουλτούρας μεταξύ διαφορετικών ειδικοτήτων, στοιχείο που αποτελεί βασικό χαρακτηριστικό του Construction 4.0.

Περιβαλλοντικά και λειτουργικά οφέλη

Η αξιοποίηση του BIM επεκτείνεται πλέον πέρα από τη φάση της κατασκευής και καλύπτει ολόκληρο τον κύκλο ζωής των τεχνικών έργων. Η δυνατότητα ενσωμάτωσης ενεργειακών, περιβαλλοντικών και λειτουργικών δεδομένων επιτρέπει την αξιολόγηση εναλλακτικών σχεδιαστικών λύσεων, τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων και την αποτελεσματικότερη διαχείριση των υποδομών μετά την ολοκλήρωσή τους.

Η πρόσφατη βιβλιογραφία συνδέει το BIM με την ανάπτυξη των Ψηφιακών Διδύμων (Digital Twins), της Τεχνητής Νοημοσύνης και των τεχνολογιών ανάλυσης δεδομένων, δημιουργώντας ένα ολοκληρωμένο ψηφιακό οικοσύστημα που υποστηρίζει τη βιώσιμη λειτουργία των κατασκευών και την επίτευξη των στόχων της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας (Mitera-Kielbasa & Zima, 2024).

2.5.2 Εμπόδια στην υιοθέτηση του BIM

Παρά τα σημαντικά πλεονεκτήματα που παρουσιάζει το BIM, η βιβλιογραφία καταδεικνύει ότι η εφαρμογή του εξακολουθεί να αντιμετωπίζει σημαντικά εμπόδια, ιδιαίτερα σε χώρες και οργανισμούς που βρίσκονται σε χαμηλότερο επίπεδο ψηφιακής ωριμότητας.

Οικονομικοί περιορισμοί

Το υψηλό αρχικό κόστος προμήθειας εξειδικευμένου λογισμικού, αναβάθμισης του τεχνολογικού εξοπλισμού και εκπαίδευσης του προσωπικού αποτελεί έναν από τους βασικότερους αποτρεπτικούς παράγοντες για τις μικρομεσαίες επιχειρήσεις. Το πρόβλημα αυτό είναι εντονότερο σε χώρες όπου η δημόσια διοίκηση δεν παρέχει οικονομικά ή θεσμικά κίνητρα για την εφαρμογή του BIM (Safour et al., 2021).

Έλλειψη εξειδικευμένου ανθρώπινου δυναμικού

Η επιτυχής εφαρμογή του BIM απαιτεί εξειδικευμένες ψηφιακές δεξιότητες, οι οποίες συχνά δεν είναι διαθέσιμες στην αγορά εργασίας. Η ανεπαρκής εκπαίδευση, τόσο σε πανεπιστημιακό όσο και σε επαγγελματικό επίπεδο, περιορίζει τη δυνατότητα των επιχειρήσεων να αξιοποιήσουν πλήρως τις δυνατότητες της τεχνολογίας (Hasek, 2021).

Οργανωτική αντίσταση στην αλλαγή

Η μετάβαση από τις παραδοσιακές διαδικασίες CAD σε ένα συνεργατικό περιβάλλον BIM απαιτεί σημαντικές οργανωτικές αλλαγές. Η αντίσταση στην αλλαγή, η έλλειψη σαφούς στρατηγικής και η περιορισμένη υποστήριξη από τη διοίκηση αποτελούν συχνά σημαντικούς παράγοντες αποτυχίας της εφαρμογής (Succar & Kassem, 2016).

Θεσμικές και κανονιστικές αδυναμίες

Η απουσία εθνικών στρατηγικών, προτύπων και υποχρεωτικών απαιτήσεων στις δημόσιες συμβάσεις επιβραδύνει σημαντικά τη διάδοση του BIM. Αντίθετα, χώρες που έχουν αναπτύξει σαφές θεσμικό πλαίσιο και έχουν ενσωματώσει τα πρότυπα ISO 19650

παρουσιάζουν υψηλότερα ποσοστά υιοθέτησης και μεγαλύτερη οργανωτική ωριμότητα (EU BIM Task Group, 2016· European Commission, 2025).

Τεχνολογικές προκλήσεις

Η εφαρμογή του BIM προϋποθέτει αποτελεσματική διαλειτουργικότητα μεταξύ διαφορετικών λογισμικών, αξιόπιστη διαχείριση μεγάλου όγκου δεδομένων και ασφαλή ανταλλαγή πληροφοριών. Παρότι τα ανοικτά πρότυπα, όπως το IFC και το openBIM, έχουν βελτιώσει σημαντικά τη διαλειτουργικότητα, εξακολουθούν να υφίστανται τεχνικές δυσκολίες που επηρεάζουν την πλήρη αξιοποίηση της τεχνολογίας (buildingSMART International).

2.6 Ερευνητικό κενό (Research Gap) και θεωρητικό μοντέλο

Η διεθνής βιβλιογραφία σχετικά με το Building Information Modeling (BIM) έχει αναπτυχθεί σημαντικά κατά την τελευταία δεκαετία, καλύπτοντας ένα ευρύ φάσμα θεμάτων που αφορούν την τεχνολογική εξέλιξη του BIM, τα διεθνή πρότυπα, τις εφαρμογές του στον κύκλο ζωής των έργων, καθώς και τα οφέλη και τις προκλήσεις που συνοδεύουν την υιοθέτησή του. Παράλληλα, η ανάπτυξη του πλαισίου Construction 4.0 και η ενσωμάτωση τεχνολογιών όπως η Τεχνητή Νοημοσύνη (Artificial Intelligence – AI), τα Ψηφιακά Δίδυμα (Digital Twins - DT), η Εικονική και Επαυξημένη Πραγματικότητα (VR/AR) και το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) έχουν μεταβάλει ουσιαστικά τον τρόπο με τον οποίο προσεγγίζεται ο ψηφιακός μετασχηματισμός του κατασκευαστικού κλάδου.

Παρά τον μεγάλο αριθμό δημοσιεύσεων, η υφιστάμενη βιβλιογραφία παρουσιάζει ορισμένους περιορισμούς ως προς την αξιολόγηση της πραγματικής διάδοσης του BIM στις επιχειρήσεις. Οι περισσότερες εμπειρικές μελέτες βασίζονται σε ερωτηματολόγια, συνεντεύξεις ή μελέτες περίπτωσης, οι οποίες αποτυπώνουν κυρίως τις απόψεις, τις αντιλήψεις και τις προσδοκίες των συμμετεχόντων. Αν και οι προσεγγίσεις αυτές συμβάλλουν ουσιαστικά στην κατανόηση των παραγόντων που επηρεάζουν την υιοθέτηση του BIM, παρουσιάζουν περιορισμούς ως προς την αντικειμενική αποτύπωση του πραγματικού επιπέδου εφαρμογής του σε επίπεδο επιχειρήσεων και χωρών.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η πρόσφατη ελληνική μελέτη του Καρρόπουλου, η οποία διερεύνησε την εξοικείωση επαγγελματιών του Facility Management με το BIM μέσω δομημένου ερωτηματολογίου. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι σημαντικό ποσοστό των

συμμετεχόντων αντιλαμβάνεται το BIM κυρίως ως εργαλείο τρισδιάστατης σχεδίασης, ενώ παράλληλα αναγνωρίζει τα πλεονεκτήματα που προσφέρει στη διαχείριση εγκαταστάσεων και εκφράζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τη μελλοντική αξιοποίηση της Τεχνητής Νοημοσύνης και της διαλειτουργικότητας μεταξύ διαφορετικών ψηφιακών συστημάτων. Παράλληλα, ως σημαντικότερα εμπόδια αναδείχθηκαν η περιορισμένη εξοικείωση των επαγγελματιών και η παραδοσιακή προσέγγιση στη διαχείριση εγκαταστάσεων.

Αντίστοιχα, ευρωπαϊκές μελέτες, όπως εκείνες της EU BIM Task Group και της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, επικεντρώνονται κυρίως στην ανάλυση των εθνικών στρατηγικών, των θεσμικών πλαισίων και της ενσωμάτωσης του BIM στις δημόσιες συμβάσεις, χωρίς όμως να εξετάζουν σε μεγάλη κλίμακα την πραγματική παρουσία των τεχνολογιών BIM στις ίδιες τις επιχειρήσεις της αγοράς. Οι περισσότερες δημοσιεύσεις αξιολογούν την «ωριμότητα» μιας χώρας με βάση θεσμικούς δείκτες, ενώ σπανιότερα αξιοποιούνται δεδομένα που προέρχονται από την πραγματική επιχειρηματική δραστηριότητα.

Παράλληλα, η πρόσφατη βιβλιογραφία αναγνωρίζει ότι η εξέλιξη του BIM δεν μπορεί πλέον να εξεταστεί απομονωμένα από τις υπόλοιπες τεχνολογίες του Construction 4.0. Η ενσωμάτωση της Τεχνητής Νοημοσύνης, των Ψηφιακών Διδύμων, της Εικονικής Πραγματικότητας, της επαυξημένης ανάλυσης δεδομένων και των τεχνολογιών αυτοματοποίησης δημιουργεί ένα νέο ψηφιακό οικοσύστημα, στο οποίο η ωριμότητα των οργανισμών δεν εξαρτάται αποκλειστικά από την εφαρμογή του BIM αλλά από τη συνολική αξιοποίηση συμπληρωματικών ψηφιακών τεχνολογιών.

Το παραπάνω οδηγεί σε ένα σημαντικό ερευνητικό κενό. Παρά την ύπαρξη σημαντικού αριθμού θεωρητικών και εμπειρικών μελετών, απουσιάζουν έρευνες που να αξιολογούν συγκριτικά το επίπεδο υιοθέτησης του BIM σε επιχειρήσεις των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης χρησιμοποιώντας δεδομένα μεγάλης κλίμακας που προέρχονται από πραγματικές επαγγελματικές δραστηριότητες. Ειδικότερα, εντοπίζεται έλλειψη μελετών που να εξετάζουν ταυτόχρονα:

- το επίπεδο υιοθέτησης του BIM στις επιχειρήσεις,
- τη συνύπαρξη τεχνολογιών όπως AI, DT και VR,
- τις διαφοροποιήσεις μεταξύ των κρατών-μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης,
- και τη σχέση μεταξύ θεσμικής ωριμότητας και πραγματικής επιχειρηματικής εφαρμογής.

Η παρούσα εργασία επιχειρεί να καλύψει το παραπάνω ερευνητικό κενό μέσω μιας διαφορετικής μεθοδολογικής προσέγγισης, αξιοποιώντας δεδομένα που προέρχονται από την πλατφόρμα LinkedIn. Η έρευνα δεν βασίζεται σε αντιλήψεις ή αυτοαναφερόμενες απαντήσεις μέσω ερωτηματολογίων, αλλά στην καταγραφή εταιρικών προφίλ του κλάδου Architecture, Engineering and Construction (AEC) στις 27 χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης και στο Ηνωμένο Βασίλειο. Από το σύνολο των εταιρειών που εντοπίστηκαν μέσω συστηματικής αναζήτησης, καταγράφηκε ο αριθμός εκείνων που δηλώνουν δραστηριότητα σχετική με το BIM, καθώς και η παράλληλη αξιοποίηση τεχνολογιών όπως η Τεχνητή Νοημοσύνη (AI), τα Ψηφιακά Δίδυμα (DT) και η Εικονική Πραγματικότητα (VR). Με βάση τα δεδομένα αυτά υπολογίστηκαν δείκτες ανά χώρα, οι οποίοι παρουσιάζονται και αναλύονται στο Κεφάλαιο 4.

Πέραν της καταγραφής της υιοθέτησης του BIM, η παρούσα έρευνα διερευνά τη δημόσια παρουσία των συμπληρωματικών νέων τεχνολογιών, επιχειρώντας να αποτυπώσει συγκριτικά τη δημόσια ψηφιακή παρουσία των επιχειρήσεων του κατασκευαστικού κλάδου στην Ευρώπη. Η κύρια επιστημονική συνεισφορά της εργασίας συνίσταται στην ανάπτυξη ενός αναπαραγωγίμου συγκριτικού πλαισίου αξιολόγησης, βασισμένου σε δεδομένα πραγματικών επιχειρήσεων από το LinkedIn, το οποίο συνδέει τη θεωρία με εμπειρικά δεδομένα της αγοράς και συμπληρώνει την υφιστάμενη βιβλιογραφία, παρέχοντας ένα χρήσιμο εργαλείο για την παρακολούθηση της εξέλιξης της υιοθέτησης του BIM και του ψηφιακού μετασχηματισμού του ευρωπαϊκού κατασκευαστικού κλάδου (Πίνακας 2.2).

Πίνακας 2.2 : Τεκμηρίωση πρωτοτυπίας εργασίας

ΚΕΝΟ ΣΤΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	ΠΩΣ ΤΟ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΖΕΙ Η ΠΑΡΟΥΣΑ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΟΙ ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΒΑΣΙΖΟΝΤΑΙ ΣΕ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΑ Η ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΕΙΣ.	Αξιοποιούνται πραγματικά δεδομένα από εταιρικά προφίλ του LinkedIn.
Η ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΕΠΙΚΕΝΤΡΩΝΕΤΑΙ ΚΥΡΙΩΣ ΣΤΙΣ ΕΘΝΙΚΕΣ ΠΟΛΙΤΙΚΕΣ BIM.	Αναλύεται η επιχειρηματική υιοθέτηση στις χώρες της ΕΕ και του Ηνωμένου Βασιλείου.
ΤΟ BIM ΕΞΕΤΑΖΕΤΑΙ ΣΥΧΝΑ ΩΣ ΜΕΜΟΝΩΜΕΝΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ.	Εξετάζεται παράλληλα με AI, DT και VR στο πλαίσιο του AEC
ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΕΝΕΣ ΔΙΑΚΡΑΤΙΚΕΣ ΣΥΓΚΡΙΣΕΙΣ ΜΕ ΕΝΙΑΙΑ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.	Εφαρμόζεται κοινή μεθοδολογία συλλογής και ανάλυσης δεδομένων για όλες τις χώρες του δείγματος.
ΈΛΛΕΙΨΗ ΣΥΝΘΕΤΩΝ ΔΕΙΚΤΩΝ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΩΡΙΜΟΤΗΤΑΣ.	Αναπτύσσεται και εφαρμόζεται σύνθετος συγκριτικός δείκτης υιοθέτησης και ψηφιακής ωριμότητας.

3 Μεθοδολογία έρευνας

3.1 Μέθοδος συλλογής δεδομένων από το LinkedIn

Η παρούσα έρευνα σχεδιάστηκε ως ποσοτική, συγκριτική και διατομεακή (cross-sectional) μελέτη με σκοπό τη διερεύνηση του βαθμού υιοθέτησης του Building Information Modeling (BIM) από επιχειρήσεις του κλάδου Architecture, Engineering and Construction (AEC) στις 27 χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης και στο Ηνωμένο Βασίλειο. Η επιλογή της συγκεκριμένης ερευνητικής προσέγγισης κρίθηκε κατάλληλη, καθώς επιτρέπει τη συστηματική σύγκριση διαφορετικών γεωγραφικών περιοχών μέσω κοινών κριτηρίων καταγραφής και ανάλυσης, διευκολύνοντας την εξαγωγή συγκρίσιμων αποτελεσμάτων σχετικά με την υιοθέτηση ψηφιακών τεχνολογιών στον κατασκευαστικό κλάδο.

Σε αντίθεση με μεγάλο μέρος της διεθνούς βιβλιογραφίας, όπου η διερεύνηση της υιοθέτησης του BIM βασίζεται κυρίως σε ερωτηματολόγια, συνεντεύξεις ή μελέτες περίπτωσης, η παρούσα εργασία αξιοποιεί δεδομένα που προέρχονται από την καταγραφή εταιρικών προφίλ στην επαγγελματική πλατφόρμα LinkedIn. Η επιλογή αυτή επιτρέπει την αποτύπωση της παρουσίας και της δημόσια δηλωμένης αξιοποίησης του BIM και συναφών ψηφιακών τεχνολογιών σε πραγματικό επιχειρηματικό περιβάλλον, προσφέροντας μία συμπληρωματική προσέγγιση σε σχέση με τις παραδοσιακές μεθόδους συλλογής πρωτογενών δεδομένων.

Ως πληθυσμός της έρευνας θεωρήθηκαν οι επιχειρήσεις του κλάδου Architecture, Engineering and Construction (AEC) που διατηρούν ενεργό εταιρικό προφίλ στο LinkedIn. Η συλλογή των δεδομένων πραγματοποιήθηκε μέσω συστηματικής αναζήτησης εταιρειών, με χρήση τυποποιημένων κριτηρίων επιλογής για κάθε εξεταζόμενη χώρα. Στόχος της διαδικασίας ήταν η καταγραφή του συνολικού αριθμού των εταιρειών του κλάδου AEC και, στη συνέχεια, ο εντοπισμός εκείνων που δηλώνουν την αξιοποίηση του Building Information Modeling (BIM) καθώς και άλλων τεχνολογιών που συνδέονται με το οικοσύστημα του Construction 4.0, όπως η Τεχνητή Νοημοσύνη (Artificial Intelligence – AI), τα Ψηφιακά Δίδυμα (Digital Twins) και η Εικονική Πραγματικότητα (Virtual Reality – VR).

Για τη βελτίωση της ακρίβειας των αποτελεσμάτων αξιοποιήθηκαν οι δυνατότητες σύνθετης αναζήτησης που παρέχει το LinkedIn Sales Navigator, επιτρέποντας τον

περιορισμό των αποτελεσμάτων με βάση τη γεωγραφική περιοχή, τον επιχειρηματικό κλάδο και τα χαρακτηριστικά των εταιρειών. Η χρήση τυποποιημένων φίλτρων αναζήτησης συνέβαλε στην εφαρμογή ενιαίας διαδικασίας για όλες τις χώρες, ενισχύοντας τη συγκρισιμότητα των δεδομένων.

Η εξαγωγή και η αρχική οργάνωση των δεδομένων υποστηρίχθηκε από το λογισμικό Linked Helper, το οποίο διευκόλυνε τη συστηματική καταγραφή των εταιρικών στοιχείων και τη μεταφορά τους σε μορφή κατάλληλη για περαιτέρω επεξεργασία. Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε έλεγχος της ποιότητας των δεδομένων με στόχο την απομάκρυνση διπλότυπων εγγραφών, την αντιμετώπιση ελλειπών καταχωρίσεων και τη διασφάλιση της ομοιομορφίας των μεταβλητών που χρησιμοποιήθηκαν στην ανάλυση.

Η επεξεργασία των δεδομένων πραγματοποιήθηκε σε περιβάλλον Microsoft Excel, αξιοποιώντας εργαλεία όπως το Power Query για τον καθαρισμό και την τυποποίηση των δεδομένων και τους Pivot Tables για την ομαδοποίηση και την παραγωγή συγκεντρωτικών στατιστικών ανά χώρα και τεχνολογία. Η προσέγγιση αυτή επέτρεψε τον υπολογισμό δεικτών υιοθέτησης του BIM και των συναφών τεχνολογιών, οι οποίοι αποτέλεσαν τη βάση για τη συγκριτική ανάλυση που παρουσιάζεται στο Κεφάλαιο 4.

Η συνολική διαδικασία συλλογής και επεξεργασίας των δεδομένων οργάνωθηκε σε διακριτά και επαναλαμβανόμενα στάδια, ώστε να εφαρμόζεται με τον ίδιο τρόπο για όλες τις εξεταζόμενες χώρες. Η τυποποίηση της διαδικασίας ενισχύει τη συνέπεια της ανάλυσης και διευκολύνει την επαναληψιμότητα της μεθόδου σε μελλοντικές έρευνες, χωρίς να αποτελεί αντικείμενο αξιολόγησης στο παρόν κεφάλαιο.

Η ακολουθούμενη διαδικασία παρουσιάζεται συνοπτικά στο Πίνακα 3.1, το οποίο αποτυπώνει τα βασικά στάδια της ερευνητικής μεθοδολογίας, από τον σχεδιασμό της αναζήτησης έως την παραγωγή των τελικών δεικτών που χρησιμοποιήθηκαν για τη συγκριτική αξιολόγηση των χωρών.

Πίνακας 3.1 : Διαδικασία έρευνας - Research Workflow

	PROCESS STEP	DESCRIPTION
DATA ACQUISITION	Research Design	Boolean search strategy
	Search Term Definition and search Query in LinkedIn search engine	Define keywords for companies search e.g. AEC, BIM, EU, UK etc
	Text Mining from LinkedIn companies' online profiles – Sales Navigator	Run search using selected terms and filters containing the keyword(s) AEC, BIM with registered HQs in EU & UK etc.
	Linked helper Export to CSV	Save extracted data into CSV files for analysis.
DATA ANALYTICS	Import to Excel	Load CSV files into Excel for preliminary analytics and data cleaning
	Company Attributes Analysis in Excel & Power Query	Statistical analysis
	Data Visualization	Create maps, graphs, and tables for insights.

3.2 Πληθυσμός, δείγμα και μεταβλητές της έρευνας

Η παρούσα έρευνα επικεντρώνεται στη διερεύνηση του βαθμού υιοθέτησης του Building Information Modeling (BIM) από επιχειρήσεις του κλάδου Architecture, Engineering and Construction (AEC) στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης και στο Ηνωμένο Βασίλειο. Ως πληθυσμός της μελέτης ορίστηκαν οι επιχειρήσεις του κλάδου AEC που διατηρούσαν ενεργό εταιρικό προφίλ στην επαγγελματική πλατφόρμα LinkedIn κατά τη χρονική περίοδο συλλογής των δεδομένων.

Η επιλογή του συγκεκριμένου πληθυσμού βασίσθηκε στο γεγονός ότι οι εταιρικές σελίδες του LinkedIn αποτελούν δημόσια διαθέσιμη πηγή πληροφοριών σχετικά με τη δραστηριότητα, το αντικείμενο εργασιών, τις τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται και τα χαρακτηριστικά των επιχειρήσεων. Η αξιοποίηση των δεδομένων αυτών επέτρεψε τη συγκριτική αποτύπωση της παρουσίας ψηφιακών τεχνολογιών στις επιχειρήσεις των εξεταζόμενων χωρών, εφαρμόζοντας ενιαία διαδικασία συλλογής και αξιολόγησης.

Η διαδικασία δεν περιορίστηκε στον εντοπισμό επιχειρήσεων που εφαρμόζουν BIM. Αντίθετα, ως αφετηρία χρησιμοποιήθηκε το σύνολο των εταιρειών του κλάδου AEC που εντοπίστηκαν μέσω της διαδικασίας αναζήτησης στο LinkedIn. Από τον συνολικό αυτό πληθυσμό καταγράφηκε ο αριθμός των επιχειρήσεων που δήλωναν χρήση του BIM, καθώς και ο αριθμός εκείνων που αναφέρονταν σε τεχνολογίες όπως η Τεχνητή Νοημοσύνη (Artificial Intelligence – AI), τα Ψηφιακά Δίδυμα (Digital Twins) και η Εικονική Πραγματικότητα (Virtual Reality – VR). Η προσέγγιση αυτή επέτρεψε τον υπολογισμό συγκρίσιμων ποσοστών υιοθέτησης ανά χώρα, ανεξάρτητα από το μέγεθος της αγοράς κάθε κράτους.

Για την εξασφάλιση της ομοιομορφίας των αποτελεσμάτων εφαρμόστηκαν κοινά κριτήρια επιλογής για όλες τις χώρες. Ειδικότερα, συμπεριλήφθηκαν αποκλειστικά εταιρικά προφίλ που αντιστοιχούσαν σε επιχειρήσεις του κλάδου AEC, ενώ αποκλείστηκαν διπλότυπες εγγραφές, ανενεργά προφίλ και καταχωρίσεις που δεν παρείχαν επαρκείς πληροφορίες για την ταξινόμησή τους. Η διαδικασία καθαρισμού των δεδομένων περιγράφεται συνοπτικά στην προηγούμενη ενότητα και αποσκοπούσε στη βελτίωση της ποιότητας και της συγκρισιμότητας του τελικού συνόλου δεδομένων.

Η εμπειρική ανάλυση βασίσθηκε στη δημιουργία ενός δομημένου συνόλου μεταβλητών, οι οποίες προέκυψαν από τα δημόσια διαθέσιμα στοιχεία των εταιρικών προφίλ. Η επιλογή των μεταβλητών δεν έγινε τυχαία αλλά στηρίχθηκε στη σύγχρονη βιβλιογραφία σχετικά με τον ψηφιακό μετασχηματισμό του κατασκευαστικού κλάδου. Σύμφωνα με τους Tsironis et al. (2025), η αξιολόγηση της ψηφιακής ωριμότητας των επιχειρήσεων δεν μπορεί πλέον να περιορίζεται αποκλειστικά στην εφαρμογή του BIM, αλλά απαιτεί την παράλληλη εξέταση συμπληρωματικών τεχνολογιών που χαρακτηρίζουν το οικοσύστημα του Construction 4.0. Για τον λόγο αυτό, εκτός από το BIM, εξετάστηκαν και οι τεχνολογίες Τεχνητής Νοημοσύνης (AI), Ψηφιακών Διδύμων (Digital Twins) και Εικονικής Πραγματικότητας (VR), οι οποίες αποτελούν βασικούς πυλώνες της σύγχρονης ψηφιακής μετάβασης του κατασκευαστικού τομέα.

Ο Πίνακας 3.2 παρουσιάζει συνοπτικά τις βασικές μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα έρευνα.

Πίνακας 3.2 : Μεταβλητές της έρευνας

ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΠΗΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	ΤΥΠΟΣ
COUNTRY	Χώρα εγκατάστασης της εταιρείας	LinkedIn	Κατηγορική
AEC COMPANIES	Συνολικός αριθμός εταιρειών AEC	LinkedIn	Ποσοτική
BIM COMPANIES	Εταιρείες που δηλώνουν χρήση BIM	LinkedIn	Ποσοτική
AI COMPANIES	Εταιρείες που δηλώνουν χρήση AI	LinkedIn	Ποσοτική
DIGITAL TWIN COMPANIES	Εταιρείες που δηλώνουν χρήση Digital Twin	LinkedIn	Ποσοτική
VR COMPANIES	Εταιρείες που δηλώνουν χρήση Virtual Reality	LinkedIn	Ποσοτική
BIM ADOPTION (%)	Ποσοστό υιοθέτησης BIM ανά χώρα	Υπολογισμός από τα δεδομένα	Ποσοτική
AI ADOPTION (%)	Ποσοστό υιοθέτησης AI ανά χώρα	Υπολογισμός από τα δεδομένα	Ποσοτική
DIGITAL TWIN ADOPTION (%)	Ποσοστό υιοθέτησης Digital Twin ανά χώρα	Υπολογισμός από τα δεδομένα	Ποσοτική
VR ADOPTION (%)	Ποσοστό υιοθέτησης VR ανά χώρα	Υπολογισμός από τα δεδομένα	Ποσοτική

Οι μεταβλητές αυτές αποτέλεσαν τη βάση για την ανάπτυξη των δεικτών που χρησιμοποιήθηκαν στη συγκριτική αξιολόγηση των χωρών και στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων του Κεφαλαίου 4. Η χρήση ποσοστών υιοθέτησης, αντί απόλυτων μεγεθών, επέτρεψε την εξουδετέρωση των διαφορών που οφείλονται στο μέγεθος των εθνικών

αγορών και διευκόλυνε τη συγκρισιμότητα μεταξύ χωρών με διαφορετικό αριθμό επιχειρήσεων.

3.3 Αξιοπιστία, εγκυρότητα και περιορισμοί της μεθόδου

Η αξιοπιστία και η εγκυρότητα αποτελούν θεμελιώδεις προϋποθέσεις για την ποιότητα κάθε εμπειρικής έρευνας, καθώς επηρεάζουν άμεσα την ερμηνεία και τη δυνατότητα γενίκευσης των αποτελεσμάτων. Στην παρούσα μελέτη, η αξιολόγηση της μεθοδολογίας βασίσθηκε τόσο στα χαρακτηριστικά της πηγής δεδομένων όσο και στις διαδικασίες συλλογής, επεξεργασίας και ανάλυσης που εφαρμόστηκαν, με στόχο τη διασφάλιση της συνέπειας και της συγκρισιμότητας των αποτελεσμάτων μεταξύ των εξεταζόμενων χωρών.

Η συλλογή των δεδομένων πραγματοποιήθηκε αποκλειστικά μέσω δημόσια διαθέσιμων εταιρικών προφίλ της επαγγελματικής πλατφόρμας LinkedIn. Η επιλογή της συγκεκριμένης πλατφόρμας βασίσθηκε στη μεγάλη διεθνή της διείσδυση και στη δυνατότητα αναζήτησης εταιρικών πληροφοριών με χρήση τυποποιημένων φίλτρων και λέξεων-κλειδιών. Η χρήση μιας ενιαίας διαδικασίας αναζήτησης για όλες τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης και το Ηνωμένο Βασίλειο συνέβαλε στη διασφάλιση της μεθοδολογικής συνέπειας και της συγκρισιμότητας των αποτελεσμάτων.

Για τον εντοπισμό των επιχειρήσεων που αναφέρουν την αξιοποίηση συγκεκριμένων ψηφιακών τεχνολογιών χρησιμοποιήθηκαν τυποποιημένοι όροι αναζήτησης (Boolean keywords) όπου παρουσιάζεται στον Πίνακα 3.3. Ειδικότερα, για την τεχνολογία Building Information Modeling εφαρμόσθηκε ο συνδυασμός των όρων "Building Information Modeling" OR "BIM", καθώς κατά τη δοκιμαστική φάση της έρευνας διαπιστώθηκε ότι η παράλληλη χρήση του πλήρους όρου και του ακρωνυμίου οδηγούσε σε μεγαλύτερη ανάκτηση σχετικών εταιρικών προφίλ σε σύγκριση με τη χρήση ενός μόνο όρου. Αντίστοιχα, για τις υπόλοιπες τεχνολογίες χρησιμοποιήθηκαν οι συνδυασμοί "Artificial Intelligence" OR "AI", "Digital Twin" OR "DT" και "Virtual Reality" OR "VR". Η εφαρμογή των ίδιων όρων αναζήτησης σε όλες τις χώρες περιόρισε πιθανές διαφοροποιήσεις που θα μπορούσαν να προκύψουν από διαφορετικές διαδικασίες συλλογής δεδομένων.

Πίνακας 3.3 : Boolean Query

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ	ΌΡΟΙ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗΣ (BOOLEAN KEYWORDS)	ΣΚΟΠΟΣ
BIM	"Building Information Modeling" OR BIM	Εντοπισμός εταιρειών που δηλώνουν υιοθέτηση BIM
ARTIFICIAL INTELLIGENCE	"Artificial Intelligence" OR AI	Εντοπισμός εφαρμογών ΤΝ
DIGITAL TWIN	"Digital Twin" OR DT	Εντοπισμός εφαρμογών Ψηφιακών Διδύμων
VIRTUAL REALITY	"Virtual Reality" OR VR	Εντοπισμός εφαρμογών Εικονικής Πραγματικότητας

Ωστόσο, πρέπει να επισημανθεί ότι η παρούσα μελέτη δεν αποτυπώνει την πραγματική ή πλήρη εφαρμογή των εξεταζόμενων τεχνολογιών στις επιχειρήσεις, αλλά τη δημόσια δηλωμένη παρουσία τους στα εταιρικά προφίλ του LinkedIn κατά τον χρόνο συλλογής των δεδομένων. Η εμφάνιση ή μη ενός συγκεκριμένου όρου στο εταιρικό προφίλ εξαρτάται από τον τρόπο με τον οποίο κάθε επιχείρηση επιλέγει να παρουσιάσει τις υπηρεσίες, τις τεχνολογικές της δυνατότητες και το αντικείμενο δραστηριότητάς της. Κατά συνέπεια, είναι πιθανό ορισμένες επιχειρήσεις να εφαρμόζουν στην πράξη τεχνολογίες όπως το BIM ή η Τεχνητή Νοημοσύνη χωρίς να τις αναφέρουν ρητά στο προφίλ τους, ενώ άλλες να χρησιμοποιούν διαφορετική ορολογία ή να περιγράφουν τις υπηρεσίες τους με λιγότερο τυποποιημένο τρόπο.

Η παραπάνω ιδιαιτερότητα συνιστά έναν από τους βασικούς περιορισμούς της έρευνας και σχετίζεται με τη λεγόμενη μεροληψία κάλυψης (coverage bias). Η ποιότητα των αποτελεσμάτων εξαρτάται από την πληρότητα και την επικαιροποίηση των εταιρικών προφίλ, καθώς και από τον βαθμό στον οποίο οι επιχειρήσεις αξιοποιούν το LinkedIn ως εργαλείο επαγγελματικής προβολής. Επιχειρήσεις που δεν διαθέτουν ενεργό εταιρικό προφίλ ή δεν ενημερώνουν συστηματικά τις πληροφορίες τους ενδέχεται να υποεκπροσωπούνται στο τελικό σύνολο δεδομένων.

Ένας επιπλέον παράγοντας που μπορεί να επηρεάσει τα αποτελέσματα αφορά τη μεροληψία επιλογής (selection bias) (Πίνακας 3.4).

Πίνακας 3.4 : Πιθανές πηγές μεροληψίας και μέτρα αντιμετώπισης

ΠΙΘΑΝΗ ΠΗΓΗ ΜΕΡΟΛΗΨΙΑΣ	ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΗΝ ΕΡΕΥΝΑ	ΜΕΤΡΟ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ
ΕΛΛΗΝΗ ΕΤΑΙΡΙΚΑ ΠΡΟΦΙΛ	Υποεκτίμηση της παρουσίας τεχνολογιών	Χρήση πολλαπλών λέξεων- κλειδιών
ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΗ ΟΡΟΛΟΓΙΑ	Μη εντοπισμός σχετικών εταιρειών	Συνδυασμός πλήρους όρου και ακρωνυμίου
ΑΝΕΝΕΡΓΑ Η ΠΑΡΩΧΗΜΕΝΑ ΠΡΟΦΙΛ	Ανακριβής αποτύπωση της αγοράς	Καθαρισμός δεδομένων και έλεγχος συνάφειας
ΔΙΠΛΟΤΥΠΕΣ ΕΓΓΡΑΦΕΣ	Υπερεκτίμηση του αριθμού εταιρειών	Data cleaning και απομάκρυνση διπλοτύπων
ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ LINKEDIN ΑΝΑ ΧΩΡΑ	Επηρεάζει τη συγκρισιμότητα	Ενιαία διαδικασία αναζήτησης και ίδια κριτήρια για όλες τις χώρες

Η έρευνα βασίστηκε αποκλειστικά σε επιχειρήσεις με δημόσια διαθέσιμο εταιρικό προφίλ στο LinkedIn, γεγονός που ενδέχεται να ευνοεί μεγαλύτερους ή περισσότερο ψηφιακά ώριμους οργανισμούς, οι οποίοι χρησιμοποιούν συστηματικά την πλατφόρμα για σκοπούς προβολής και ανάπτυξης του ανθρώπινου δυναμικού. Αντίθετα, μικρότερες επιχειρήσεις ή οργανισμοί με περιορισμένη ψηφιακή παρουσία ενδέχεται να εμφανίζονται λιγότερο συχνά στα αποτελέσματα της αναζήτησης.

Επιπλέον, κατά την αναζήτηση με λέξεις-κλειδιά είναι πιθανό να εμφανιστούν ψευδώς θετικά (false positives) ή ψευδώς αρνητικά (false negatives) αποτελέσματα. Για παράδειγμα, το ακρωνύμιο ΑΙ μπορεί σε ορισμένες περιπτώσεις να χρησιμοποιείται με διαφορετική σημασία από την Τεχνητή Νοημοσύνη, ενώ το DT μπορεί να αντιστοιχεί σε διαφορετικούς τεχνικούς όρους εκτός του Digital Twin. Για τον περιορισμό του συγκεκριμένου προβλήματος πραγματοποιήθηκε έλεγχος της συνάφειας των αποτελεσμάτων σε συνδυασμό με το αντικείμενο δραστηριότητας της κάθε επιχείρησης και τον κλάδο στον οποίο αυτή ανήκει.

Η ποιότητα του τελικού συνόλου δεδομένων ενισχύθηκε μέσω διαδικασιών καθαρισμού (data cleaning), οι οποίες περιλάμβαναν τον εντοπισμό και την απομάκρυνση διπλοτύπων εγγραφών, τον έλεγχο της πληρότητας των βασικών πεδίων και την ομογενοποίηση της ταξινόμησης των επιχειρήσεων. Οι διαδικασίες αυτές συνέβαλαν στη βελτίωση της

αξιοπιστίας της ανάλυσης και στη μείωση πιθανών σφαλμάτων που σχετίζονται με την καταχώριση των δεδομένων.

Παρά τους παραπάνω περιορισμούς, η εφαρμογή ενιαίας διαδικασίας αναζήτησης, κοινών λέξεων-κλειδιών και τυποποιημένων κριτηρίων επιλογής για όλες τις εξεταζόμενες χώρες ενισχύει σημαντικά την εσωτερική εγκυρότητα (internal validity) της μελέτης. Η χρήση των ίδιων διαδικασιών επιτρέπει τη συγκριτική αξιολόγηση των χωρών υπό κοινές συνθήκες συλλογής δεδομένων, περιορίζοντας την επίδραση μεθοδολογικών διαφορών στα αποτελέσματα.

Από την άλλη πλευρά, η εξωτερική εγκυρότητα (external validity) της έρευνας θα πρέπει να αξιολογηθεί με προσοχή. Τα αποτελέσματα αντανakλούν την εικόνα που παρουσιάζουν οι επιχειρήσεις στο LinkedIn κατά τη χρονική περίοδο συλλογής των δεδομένων και δεν μπορούν να θεωρηθούν απόλυτη αποτύπωση της πραγματικής χρήσης των εξεταζόμενων τεχνολογιών στο σύνολο του κατασκευαστικού κλάδου. Ωστόσο, η ευρεία γεωγραφική κάλυψη της έρευνας, η χρήση μεγάλου αριθμού εταιρικών προφίλ και η εφαρμογή ενιαίας μεθοδολογίας παρέχουν μια αξιόπιστη βάση για τη συγκριτική αξιολόγηση της δημόσια δηλωμένης ψηφιακής παρουσίας του BIM και των συναφών τεχνολογιών στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης και στο Ηνωμένο Βασίλειο.

Τέλος, η συστηματική περιγραφή των σταδίων συλλογής, επεξεργασίας και ανάλυσης των δεδομένων ενισχύει τη διαφάνεια της ερευνητικής διαδικασίας και διευκολύνει την εφαρμογή της ίδιας μεθοδολογίας σε μελλοντικές μελέτες που επιδιώκουν τη συγκριτική αξιολόγηση της υιοθέτησης ψηφιακών τεχνολογιών στον κατασκευαστικό κλάδο.

3.4 Στατιστική επεξεργασία των δεδομένων

Η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων σχεδιάστηκε με σκοπό την ποσοτική αποτύπωση και συγκριτική αξιολόγηση της δημόσια δηλωμένης παρουσίας του Building Information Modeling (BIM) στις επιχειρήσεις του κλάδου Architecture, Engineering and Construction (AEC) των κρατών-μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης και του Ηνωμένου Βασιλείου. Η ανάλυση οργανώθηκε σε διαδοχικά στάδια, τα οποία περιλάμβαναν την προετοιμασία των δεδομένων, τον υπολογισμό δεικτών υιοθέτησης, την εφαρμογή τεχνικών περιγραφικής και επαγωγικής στατιστικής, καθώς και τη χαρτογραφική απεικόνιση των αποτελεσμάτων.

Μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας συλλογής και του ποιοτικού ελέγχου των δεδομένων, το τελικό σύνολο εισήχθη στο περιβάλλον του Microsoft Excel, όπου πραγματοποιήθηκε η στατιστική επεξεργασία. Για την οργάνωση και τυποποίηση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το Power Query, μέσω του οποίου ελέγχθηκε η ομοιομορφία των εγγραφών, πραγματοποιήθηκε η ταξινόμηση των μεταβλητών και δημιουργήθηκε η τελική βάση δεδομένων προς ανάλυση.

Η αρχική επεξεργασία βασίσθηκε σε τεχνικές περιγραφικής στατιστικής, με στόχο τον υπολογισμό του συνολικού αριθμού επιχειρήσεων ανά χώρα και του πλήθους εκείνων που δήλωναν δημόσια την αξιοποίηση του Building Information Modeling (BIM). Επιπλέον, καταγράφηκε η παρουσία τεχνολογιών όπως η Τεχνητή Νοημοσύνη (Artificial Intelligence – AI), τα Ψηφιακά Δίδυμα (Digital Twin – DT) και η Εικονική Πραγματικότητα (Virtual Reality – VR), οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν ως συμπληρωματικές μεταβλητές για την αξιολόγηση της ευρύτερης ψηφιακής εικόνας των επιχειρήσεων.

Στη συνέχεια υπολογίσθηκαν οι αντίστοιχοι δείκτες υιοθέτησης (Adoption Rates), εκφρασμένοι ως ποσοστό επί του συνολικού αριθμού των επιχειρήσεων του κλάδου AEC κάθε χώρας. Η χρήση σχετικών δεικτών, αντί απόλυτων μεγεθών, επέτρεψε τη συγκριτική αξιολόγηση χωρών με διαφορετικό μέγεθος αγοράς και διαφορετικό αριθμό επιχειρήσεων, εξασφαλίζοντας μεγαλύτερη αντικειμενικότητα στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων.

Για την οργάνωση των δεδομένων και τον υπολογισμό των συχνοτήτων και ποσοστών χρησιμοποιήθηκαν Pivot Tables, τα οποία διευκόλυναν τη δημιουργία συγκεντρωτικών πινάκων ανά χώρα και τεχνολογία. Η συγκεκριμένη προσέγγιση επέτρεψε την εφαρμογή ενιαίας διαδικασίας υπολογισμού για όλες τις εξεταζόμενες χώρες, ενισχύοντας τη συγκρισιμότητα των αποτελεσμάτων.

Η οπτικοποίηση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με χρήση θεματικών χαρτών (Heat Maps) και διαγραμμάτων, προκειμένου να αποτυπωθεί η γεωγραφική κατανομή του βαθμού υιοθέτησης του BIM στην Ευρώπη. Η χαρτογραφική απεικόνιση συνέβαλε στην ευκολότερη αναγνώριση χωρικών προτύπων και διαφοροποιήσεων μεταξύ των κρατών, υποστηρίζοντας την ερμηνεία των αποτελεσμάτων που παρουσιάζονται στο επόμενο κεφάλαιο.

Πέραν της περιγραφικής στατιστικής, εφαρμόστηκε ανάλυση γραμμικής παλινδρόμησης (Linear Regression Analysis) με σκοπό τη διερεύνηση πιθανών σχέσεων μεταξύ

επιλεγμένων μεταβλητών της έρευνας. Η μέθοδος χρησιμοποιήθηκε για να εκτιμηθεί κατά πόσο υφίσταται γραμμική συσχέτιση μεταξύ του επιπέδου δημόσια δηλωμένης παρουσίας του BIM και άλλων χαρακτηριστικών του δείγματος που εξετάζονται στην παρούσα εργασία. Η αξιολόγηση των μοντέλων βασίστηκε στον συντελεστή προσδιορισμού (R^2), ο οποίος χρησιμοποιήθηκε ως μέτρο της ερμηνευτικής ικανότητας των μοντέλων παλινδρόμησης.

Στο πλαίσιο της συγκριτικής αξιολόγησης των χωρών αναπτύχθηκε επίσης ένας σύνθετος δείκτης αξιολόγησης, ο οποίος συνδυάζει το ποσοστό υιοθέτησης του BIM με συμπληρωματικές μεταβλητές που σχετίζονται με την παρουσία σύγχρονων ψηφιακών τεχνολογιών στις επιχειρήσεις του δείγματος. Ο δείκτης αυτός χρησιμοποιείται αποκλειστικά για τις ανάγκες της παρούσας έρευνας ως εργαλείο συγκριτικής αξιολόγησης των χωρών και δεν αποτελεί διεθνώς τυποποιημένο μοντέλο μέτρησης της ωριμότητας του BIM.

Η συνολική διαδικασία στατιστικής επεξεργασίας οργανώθηκε με τρόπο ώστε να εξασφαλίζεται η συνέπεια των υπολογισμών και η εφαρμογή κοινής μεθοδολογίας για όλες τις εξεταζόμενες χώρες. Η προσέγγιση αυτή διευκολύνει τη συγκριτική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων και συμβάλλει στη διαφάνεια της ερευνητικής διαδικασίας και απεικονίζεται στο Σχήμα 3.1.



Σχήμα 3.1 : Data Analysis Workflow

3.5 Δεοντολογικές παράμετροι και προστασία δεδομένων

Η παρούσα έρευνα βασίσθηκε αποκλειστικά στην επεξεργασία δημόσια διαθέσιμων πληροφοριών που προέρχονται από εταιρικά προφίλ της επαγγελματικής πλατφόρμας LinkedIn. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν αφορούν χαρακτηριστικά των επιχειρήσεων, όπως η χώρα δραστηριοποίησης, το αντικείμενο εργασιών, το μέγεθος του οργανισμού, ο αριθμός των ακολούθων και η δημόσια αναφορά τεχνολογιών σχετικών με το Building Information Modeling (BIM), χωρίς να πραγματοποιηθεί συλλογή ή επεξεργασία δεδομένων προσωπικού χαρακτήρα. Ως εκ τούτου, η έρευνα συμμορφώνεται με τις βασικές αρχές του Γενικού Κανονισμού για την Προστασία Δεδομένων (Κανονισμός (ΕΕ) 2016/679 – GDPR), καθώς δεν περιλαμβάνει την επεξεργασία προσωπικών δεδομένων φυσικών προσώπων. Η συλλογή των δεδομένων περιορίστηκε αποκλειστικά σε εταιρικές σελίδες (Company Pages) και δεν περιέλαβε προσωπικά προφίλ χρηστών ή άλλα στοιχεία που αφορούν φυσικά πρόσωπα.

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται κυρίως σε συγκεντρωτική μορφή, σε επίπεδο χώρας, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις γίνεται αναφορά σε συγκεκριμένες επιχειρήσεις αποκλειστικά για λόγους συγκριτικής ανάλυσης και παρουσίασης δεικτών που προέρχονται από δημόσια διαθέσιμες εταιρικές πληροφορίες, όπως ο αριθμός των ακολούθων ή το μέγεθος του οργανισμού. Η χρήση των στοιχείων αυτών πραγματοποιήθηκε αποκλειστικά για ερευνητικούς σκοπούς, χωρίς αξιολογικές κρίσεις ή επεξεργασία προσωπικών δεδομένων, τηρώντας τις αρχές της επιστημονικής δεοντολογίας και της αντικειμενικής παρουσίασης των αποτελεσμάτων.

4 Παρουσίαση κι ερμηνεία ευρημάτων

4.1 Δείκτες υιοθέτησης BIM

Η ενότητα αυτή παρουσιάζει τα αποτελέσματα της συγκριτικής ανάλυσης του βαθμού υιοθέτησης του Building Information Modeling (BIM) στις επιχειρήσεις του κλάδου Architecture, Engineering and Construction (AEC) των 27 κρατών-μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης και του Ηνωμένου Βασιλείου. Η ανάλυση βασίζεται στα δεδομένα που συλλέχθηκαν από δημόσια διαθέσιμα εταιρικά προφίλ του LinkedIn και αποσκοπεί στην αποτύπωση της δημόσια δηλωμένης παρουσίας του BIM στον ευρωπαϊκό κατασκευαστικό κλάδο.

Στο πλαίσιο της παρούσας έρευνας χρησιμοποιούνται οι όροι «δείκτης υιοθέτησης (BIM Adoption Rate)», «γεωγραφικό αποτύπωμα (BIM footprint)» και «σύνθετος δείκτης ψηφιακής ωριμότητας BIM (BIM Maturity Index)» για την περιγραφή των αντίστοιχων δεικτών που αναπτύχθηκαν με βάση τα δεδομένα της έρευνας. Οι όροι αυτοί χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης και δεν αντιστοιχούν σε τυποποιημένους διεθνείς δείκτες.

Αρχικά παρουσιάζονται οι δείκτες υιοθέτησης του BIM ανά χώρα, ακολουθεί η γεωγραφική τους κατανομή μέσω χαρτογραφικής απεικόνισης, ενώ στη συνέχεια διερευνάται η σχέση μεταξύ του μεγέθους της αγοράς AEC και του αριθμού των επιχειρήσεων που δηλώνουν χρήση BIM μέσω γραμμικής παλινδρόμησης. Επιπλέον, εξετάζεται η δημόσια δηλωμένη παρουσία συμπληρωματικών ψηφιακών τεχνολογιών (AI, DT και VR), προκειμένου να υποστηριχθεί η συγκριτική αξιολόγηση της ψηφιακής δραστηριότητας των επιχειρήσεων. Τέλος, παρουσιάζεται ένας σύνθετος συγκριτικός δείκτης που αναπτύχθηκε στο πλαίσιο της παρούσας έρευνας.

Στον Πίνακα 4.1 περιλαμβάνεται καταμέτρηση με αριθμητική καταγραφή του συνόλου των εταιρειών που προέκυψαν από αναζήτηση στον κλάδο των κατασκευών (AEC) καθώς κι εκείνες που δηλώνουν ενεργές στις σύγχρονες τεχνολογίες Building Information Modeling (BIM), Artificial Intelligence (AI), Virtual Reality (VR), Digital Twin (DT) και παράλληλη χρήση των τεχνολογιών BIM & AI.

Πίνακας 4.1 : Πλήθος Εταιρειών AEC και με χρήση νέων τεχνολογιών ανά χώρα.

A/ A	Χώρα	Χώρα (ISO)	AEC	BIM	AI	VR	DT	BIM & AI
1	Ιταλία	IT	35000	676	2500	53	28	124
2	Γερμανία	DE	42000	610	135	57	16	16
3	Γαλλία	FR	140000	896	86	42	35	4
4	Ισπανία	ES	71000	712	65	34	11	6
5	Ην. Βασίλειο	UK	210000	1000	299	126	66	20
6	Πολωνία	PL	13000	228	32	31	7	3
7	Ολλανδία	NL	33000	668	74	31	18	6
8	Πορτογαλία	PT	8500	141	27	14	1	3
9	Αυστρία	AT	4000	76	21	5	6	2
10	Βέλγιο	BE	41000	150	30	19	6	1
11	Βουλγαρία	BG	1000	42	7	7	0	2
12	Ρουμανία	RO	3000	77	72	13	7	3
13	Ελλάδα	GR	2500	50	18	8	2	1
14	Δανία	DK	5500	65	37	6	3	3
15	Εσθονία	EE	594	51	8	3	0	2
16	Ουγγαρία	HU	1500	65	10	5	0	1
17	Τσεχία	CZ	2500	81	12	7	1	6
18	Σουηδία	SE	9500	152	29	12	1	3
19	Κροατία	HR	1000	39	4	1	1	2
20	Ιρλανδία	IE	5000	147	15	10	1	2
21	Φινλανδία	FI	2500	48	19	5	1	2
22	Λιθουανία	LT	1000	45	4	1	2	1
23	Σλοβενία	SI	568	22	7	2	0	1
24	Σλοβακία	SK	872	33	4	4	0	1
25	Λετονία	LV	636	39	1	4	1	3
26	Λουξεμβούργο	LU	752	24	3	0	0	1
27	Μάλτα	MT	248	2	2	0	0	0
28	Κύπρος	CY	650	29	4	2	0	1
	Σύνολο		636.820	6.168	3.525	502	214	220

(Πηγή : www.linkedin.com, Ιούνιος 2026)

4.1.1 Ποσοστό υιοθέτησης (BIM Adoption rate)

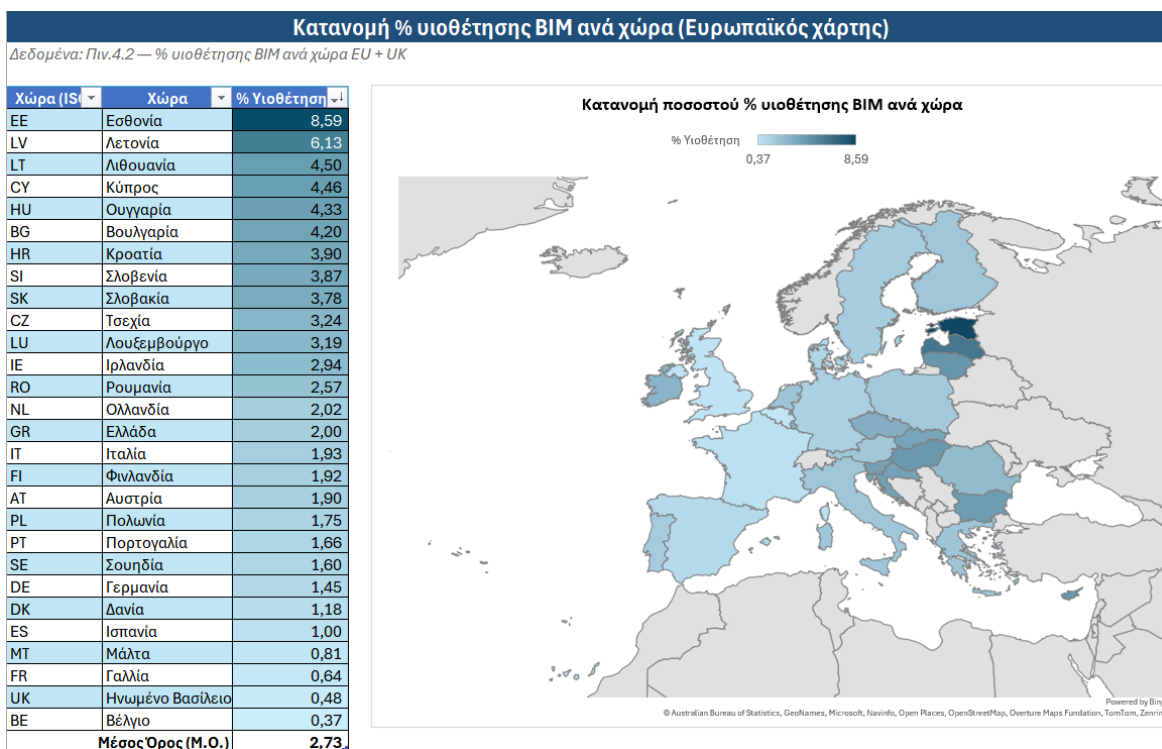
Ο δείκτης υιοθέτησης του Building Information Modeling (BIM Adoption Rate) χρησιμοποιείται για τη συγκριτική αξιολόγηση του βαθμού υιοθέτησης του BIM στις επιχειρήσεις του κλάδου Architecture, Engineering and Construction (AEC) των 27 κρατών-μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης και του Ηνωμένου Βασιλείου. Ο δείκτης εκφράζει το ποσοστό των επιχειρήσεων που δηλώνουν χρήση ή παροχή υπηρεσιών BIM σε σχέση με το σύνολο των επιχειρήσεων του κλάδου που εντοπίστηκαν στην πλατφόρμα LinkedIn και

αποτυπώνει τη δημόσια δηλωμένη υιοθέτηση της τεχνολογίας κατά τον χρόνο συλλογής των δεδομένων. Η χρήση σχετικού ποσοστού, αντί του απόλυτου αριθμού επιχειρήσεων, επιτρέπει τη συγκριτική αξιολόγηση χωρών με διαφορετικό μέγεθος αγοράς και διαφορετική ανάπτυξη του κατασκευαστικού τομέα.

Πίνακας 4.2 : Πλήθος εταιρειών AEC και BIM και δείκτης υιοθέτησης ανά χώρα

Χώρα	Χώρα (ISO)	AEC	BIM	% Υιοθέτησης
Ιταλία	IT	35000	676	1,93
Γερμανία	DE	42000	610	1,45
Γαλλία	FR	140000	896	0,64
Ισπανία	ES	71000	712	1,00
Ηνωμένο Βασίλειο	UK	210000	1000	0,48
Πολωνία	PL	13000	228	1,75
Ολλανδία	NL	33000	668	2,02
Πορτογαλία	PT	8500	141	1,66
Αυστρία	AT	4000	76	1,90
Βέλγιο	BE	41000	150	0,37
Βουλγαρία	BG	1000	42	4,20
Ρουμανία	RO	3000	77	2,57
Ελλάδα	GR	2500	50	2,00
Δανία	DK	5500	65	1,18
Εσθονία	EE	594	51	8,59
Ουγγαρία	HU	1500	65	4,33
Τσεχία	CZ	2500	81	3,24
Σουηδία	SE	9500	152	1,60
Κροατία	HR	1000	39	3,90
Ιρλανδία	IE	5000	147	2,94
Φινλανδία	FI	2500	48	1,92
Λιθουανία	LT	1000	45	4,50
Σλοβενία	SI	568	22	3,87
Σλοβακία	SK	872	33	3,78
Λετονία	LV	636	39	6,13
Λουξεμβούργο	LU	752	24	3,19
Μάλτα	MT	248	2	0,81
Κύπρος	CY	650	29	4,46
Σύνολο		636.820	6.168	0,97%

Από τα στοιχεία του Πίνακα 4.2 προκύπτει ότι στο σύνολο των 28 εξεταζόμενων χωρών εντοπίστηκαν **636.820** επιχειρήσεις του κλάδου AEC, εκ των οποίων **6.168** δήλωναν δημόσια παρουσία του BIM στα εταιρικά τους προφίλ, γεγονός που αντιστοιχεί σε συνολικό δείκτη υιοθέτησης **0,97%**



Σχήμα 4.1 : Ποσοστό υιοθέτησης BIM ανά χώρα (Ευρωπαϊκός Χάρτης, 2026)

Η γεωγραφική κατανομή των δεικτών υιοθέτησης απεικονίζεται στο Σχήμα 4.1, όπου η χρωματική διαβάθμιση υποδηλώνει με μεγαλύτερη σαφήνεια τη χωρική διαφοροποίηση μεταξύ των εξεταζόμενων χωρών.

Πίνακας 4.3 : Κατηγοριοποίηση χωρών σύμφωνα με τον δείκτη υιοθέτησης BIM

ΡΥΘΜΟΣ ΥΙΟΘΕΤΗΣΗΣ BIM	ΕΥΡΟΣ ΔΕΙΚΤΗ (%)	ΧΩΡΕΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΧΩΡΩΝ
ΠΟΛΥ ΥΨΗΛΟ	>7,50	Εσθονία	1
ΥΨΗΛΟ	4,50 - 7,50	Λετονία, Λιθουανία	2
ΜΕΤΡΙΟ	2,50 - 4,49	Κύπρος, Ουγγαρία, Βουλγαρία, Κροατία, Σλοβενία, Σλοβακία, Τσεχία, Λουξεμβούργο, Ιρλανδία, Ρουμανία	10
ΧΑΜΗΛΟ	<2,50	Ολλανδία, Ελλάδα, Ιταλία, Φινλανδία, Αυστρία, Πολωνία, Πορτογαλία, Σουηδία, Γερμανία, Δανία, Ισπανία, Μάλτα, Γαλλία, Ην. Βασίλειο, Βέλγιο	15

Προκειμένου να διευκολυνθεί η συγκριτική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων, οι χώρες ταξινομήθηκαν σε τέσσερα επίπεδα ρυθμού υιοθέτησης του BIM, σύμφωνα με τα όρια που χρησιμοποιούνται στη θεματική χαρτογράφηση του Σχήματος 4.1. Η κατηγοριοποίηση αυτή δεν αποτελεί νέα στατιστική επεξεργασία, αλλά συνοψίζει τη χωρική κατανομή των δεικτών υιοθέτησης και διευκολύνει την ερμηνεία των αποτελεσμάτων.

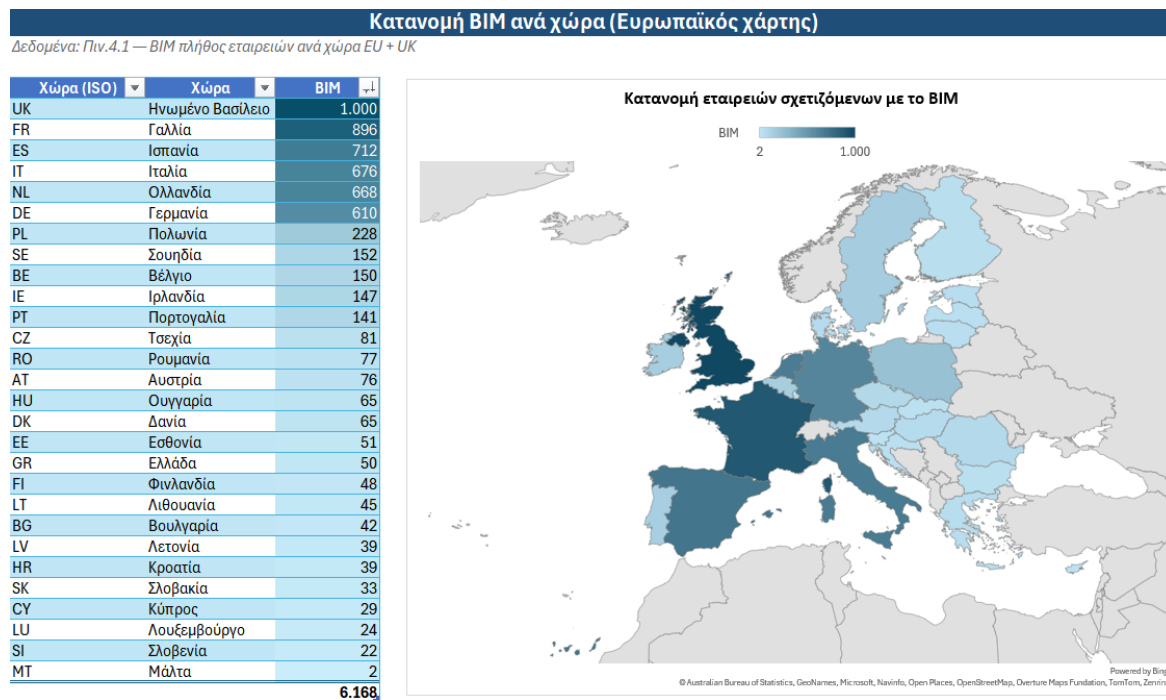
Η κατηγοριοποίηση των χωρών αναδεικνύει σημαντικές διαφοροποιήσεις ως προς τη δημόσια δηλωμένη υιοθέτηση του BIM. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι οι υψηλότεροι δείκτες καταγράφονται στις χώρες της Βαλτικής (Εσθονία, Λετονία και Λιθουανία), οι οποίες εμφανίζουν αναλογικά μεγαλύτερη δημόσια παρουσία του BIM σε σχέση με αρκετές μεγαλύτερες ευρωπαϊκές αγορές. Η εικόνα αυτή είναι συμβατή με τη γενικότερη ψηφιακή στρατηγική των χωρών αυτών, οι οποίες έχουν επενδύσει συστηματικά στον ψηφιακό μετασχηματισμό της δημόσιας διοίκησης και των επιχειρήσεων, δημιουργώντας ένα ευνοϊκό περιβάλλον για την υιοθέτηση καινοτόμων τεχνολογιών στον κατασκευαστικό κλάδο (EU BIM Task Group, 2017· Hasek, 2021).

Αντίθετα, αρκετές χώρες με μεγαλύτερο αριθμό επιχειρήσεων AEC εμφανίζουν χαμηλότερους δείκτες δημόσια δηλωμένης υιοθέτησης. Το εύρημα αυτό δεν θα πρέπει να ερμηνευθεί ως περιορισμένη εφαρμογή του BIM, καθώς η παρούσα έρευνα αποτυπώνει αποκλειστικά τη δημόσια παρουσία της τεχνολογίας στα εταιρικά προφίλ του LinkedIn. Μία πιθανή ερμηνεία είναι ότι σε περισσότερο ώριμες αγορές η χρήση του BIM αποτελεί πλέον καθιερωμένη επαγγελματική πρακτική και, ως εκ τούτου, δεν προβάλλεται πάντοτε ως διακριτό ανταγωνιστικό χαρακτηριστικό στις εταιρικές περιγραφές. Η υπόθεση αυτή χρήζει περαιτέρω διερεύνησης και δεν μπορεί να επιβεβαιωθεί αποκλειστικά από τα δεδομένα της παρούσας έρευνας.

Η Ελλάδα κατατάσσεται σε χαμηλή κατηγορία του Πίνακα 4.3, παρουσιάζοντας δείκτη δημόσια δηλωμένης υιοθέτησης αντίστοιχο με χώρες που βρίσκονται σε μεταβατικό στάδιο ενσωμάτωσης του BIM. Το αποτέλεσμα αυτό αντανakλά τη δημόσια εικόνα των επιχειρήσεων στο LinkedIn κατά τον χρόνο συλλογής των δεδομένων και δεν ταυτίζεται κατ' ανάγκη με τον πραγματικό βαθμό εφαρμογής της τεχνολογίας στην ελληνική αγορά. Ωστόσο, η θέση της Ελλάδας υποδηλώνει ότι εξακολουθούν να υπάρχουν περιθώρια περαιτέρω ενίσχυσης της προβολής και της διάδοσης του BIM, καθώς και της ευρύτερης ψηφιακής ωρίμανσης του κατασκευαστικού κλάδου.

4.1.2 Γεωγραφική κατανομή (BIM footprint)

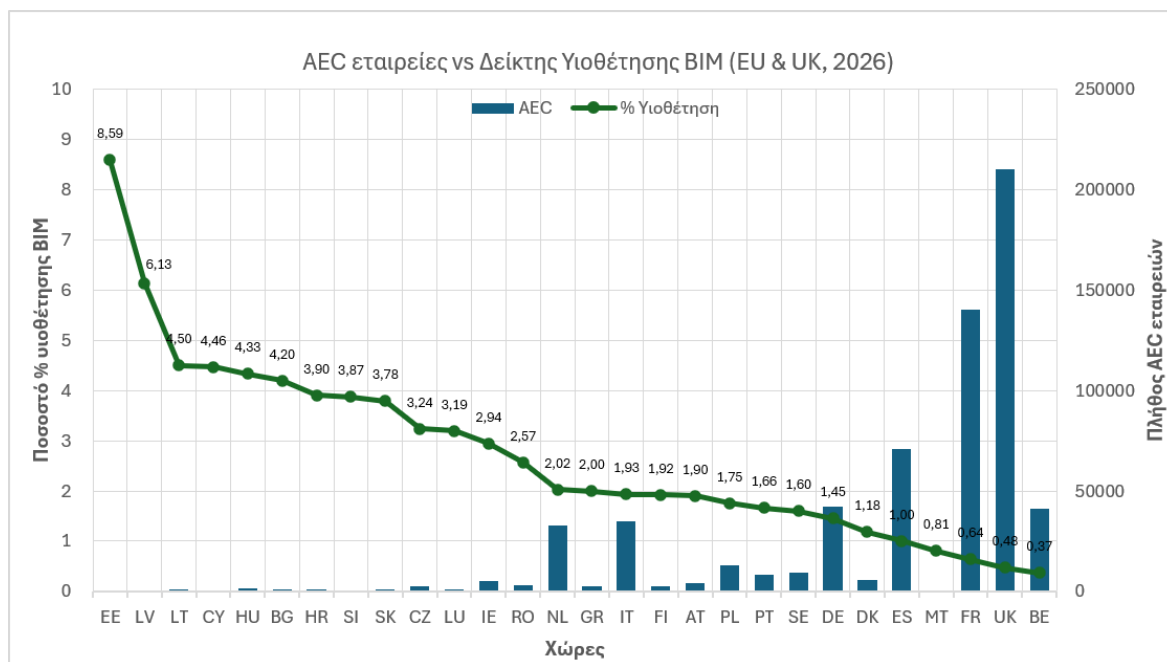
Το Σχήμα 4.2 παρουσιάζει τον ευρωπαϊκό χάρτη με γεωγραφική κατανομή του πλήθους των εταιρειών / οργανισμών που εμπλέκονται με την τεχνολογία BIM ανά εξεταζόμενη χώρα. Η χρωματική διαβάθμιση με το σκουρότερο χρώμα υποδεικνύει το μεγάλο αριθμό εταιρειών BIM και το ανοιχτότερο το μικρότερο αριθμό εταιρειών στον κατασκευαστικό κλάδο.



Σχήμα 4.2 : Πλήθος εταιρειών BIM ανά χώρα (Ευρωπαϊκός Χάρτης, 2026)

Η χαρτογραφική απεικόνιση δείχνει ότι η μεγαλύτερη συγκέντρωση εταιρειών BIM εντοπίζεται στο Ηνωμένο Βασίλειο, τη Γαλλία, την Ισπανία, την Ιταλία, τις Κάτω Χώρες και τη Γερμανία, γεγονός που αντανακλά κυρίως το μέγεθος των αντίστοιχων αγορών του κατασκευαστικού κλάδου. Αντίθετα, χώρες όπως η Εσθονία, η Λετονία και η Λιθουανία, οι οποίες εμφάνισαν ιδιαίτερα υψηλά ποσοστά υιοθέτησης στην προηγούμενη ενότητα, παρουσιάζουν μικρότερο απόλυτο αριθμό εταιρειών BIM λόγω του μικρότερου μεγέθους των αγορών τους. Η διαφοροποίηση αυτή αναδεικνύει τη σημασία της διάκρισης μεταξύ απόλυτων μεγεθών και αναλογικών δεικτών υιοθέτησης, η οποία διερευνάται περαιτέρω στις επόμενες αναλύσεις.

Το Σχήμα 4.3 συγκρίνει τον συνολικό αριθμό επιχειρήσεων του κλάδου AEC με τον αντίστοιχο δείκτη υιοθέτησης του BIM για κάθε εξεταζόμενη χώρα. Η παράλληλη απεικόνιση των δύο μεγεθών επιτρέπει την άμεση σύγκριση μεταξύ του μεγέθους της κατασκευαστικής αγοράς και της αναλογικής έντασης υιοθέτησης της τεχνολογίας.



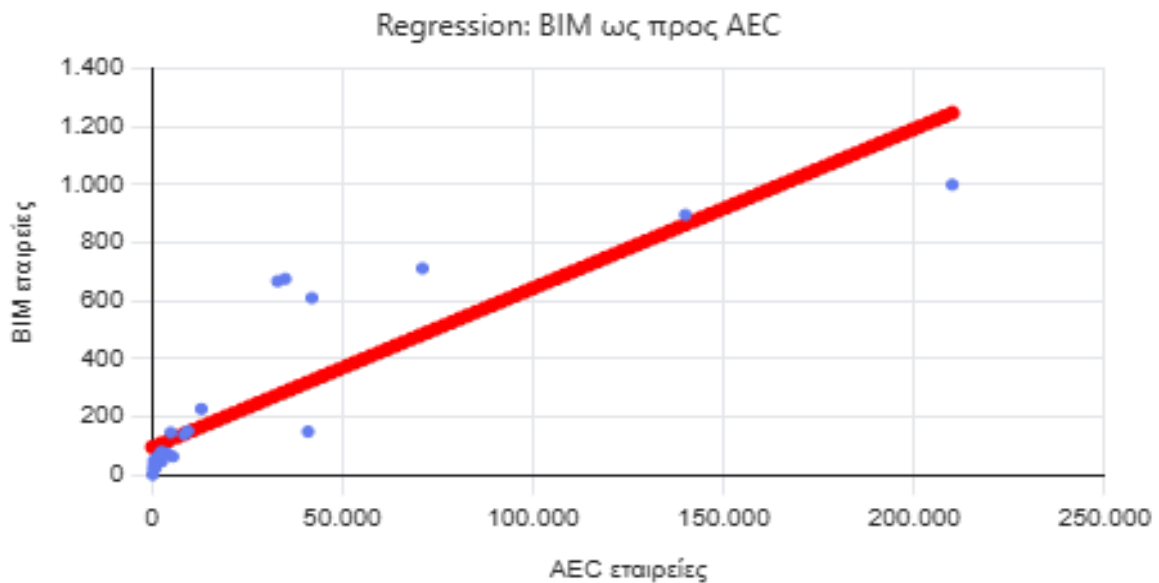
Σχήμα 4.3 : Σύνολο εταιρειών AEC vs ποσοστό υιοθέτησης BIM ανά χώρα

Από το διάγραμμα προκύπτει ότι οι χώρες με τον μεγαλύτερο αριθμό επιχειρήσεων AEC, όπως το Ηνωμένο Βασίλειο, η Γαλλία και η Γερμανία, δεν εμφανίζουν απαραίτητα και τους υψηλότερους δείκτες υιοθέτησης BIM. Αντίθετα, χώρες με σαφώς μικρότερη κατασκευαστική αγορά, όπως η Εσθονία, η Λετονία και η Λιθουανία, παρουσιάζουν ιδιαίτερα υψηλά ποσοστά υιοθέτησης. Το εύρημα αυτό αναδεικνύει ότι το μέγεθος της αγοράς και ο βαθμός υιοθέτησης του BIM αποτελούν δύο διαφορετικές διαστάσεις της ανάλυσης και θα πρέπει να εξετάζονται συμπληρωματικά.

Παράλληλα, η Ελλάδα εμφανίζει δείκτη υιοθέτησης 2%, ο οποίος υπερβαίνει τον μέσο όρο του συνόλου των χωρών της έρευνας (0,97%), ενώ το πλήθος των επιχειρήσεων AEC παραμένει σημαντικά χαμηλότερο σε σχέση με τις μεγαλύτερες ευρωπαϊκές αγορές. Η εικόνα αυτή υποδηλώνει ότι η σχετική ένταση υιοθέτησης του BIM δεν εξαρτάται αποκλειστικά από το μέγεθος της αγοράς και δικαιολογεί την περαιτέρω διερεύνηση της σχέσης μεταξύ των δύο μεταβλητών μέσω της ανάλυσης παλινδρόμησης που ακολουθεί στην επόμενη ενότητα.

4.1.3 Συσχέτιση μεγέθους αγοράς AEC και πλήθους εταιρειών BIM

Για τη διερεύνηση της σχέσης μεταξύ του συνολικού αριθμού επιχειρήσεων AEC και του πλήθους των επιχειρήσεων BIM εφαρμόστηκε γραμμική παλινδρόμηση με εξαρτημένη μεταβλητή τον αριθμό των εταιρειών BIM και ανεξάρτητη μεταβλητή τον συνολικό αριθμό εταιρειών AEC ανά χώρα. Η ανάλυση βασίστηκε στα στοιχεία του Πίνακα 4.1.



Σχήμα 4.4 : Γραμμική παλινδρόμηση του πλήθους εταιρειών BIM ως προς τον αριθμό εταιρειών AEC ανά χώρα.

Για τη διερεύνηση της σχέσης μεταξύ του πλήθους των εταιρειών BIM και του συνολικού αριθμού εταιρειών AEC, εφαρμόστηκαν δύο προσεγγίσεις γραμμικής παλινδρόμησης: μία με ελεύθερο σταθερό όρο και μία με εξαναγκασμό της ευθείας να διέρχεται από την αρχή των αξόνων (intercept = 0).

- Στην πρώτη περίπτωση, προέκυψε η σχέση :

$$\text{BIM} = 0.00548 \cdot \text{AEC} + 95.68 \text{ με } a = 0,00548, b = 95,68 \text{ και } R^2 = 0.753$$

Το αποτέλεσμα της παλινδρόμησης Σχήμα 4.4 δείχνει ισχυρή θετική γραμμική σχέση μεταξύ AEC και BIM, με κλίση $a = 0,00548$, σταθερό όρο $b = 95,68$, συντελεστή συσχέτισης $r = 0,868$ και συντελεστή προσδιορισμού $R^2 = 0,753$. Τα μεγέθη αυτά σημαίνουν ότι περίπου το 75,3% της διακύμανσης του πλήθους των εταιρειών BIM μπορεί να αποδοθεί από το μέγεθος της αγοράς AEC. Το υπόλοιπο ποσοστό οφείλεται σε άλλους παράγοντες που δεν περιλαμβάνονται στο συγκεκριμένο μοντέλο. Ο θετικός συντελεστής υποδηλώνει ότι όσο αυξάνεται η αγορά, αυξάνεται και το BIM.

- Στη δεύτερη περίπτωση, όπου επιβλήθηκε $\text{intercept}=0$, προέκυψε η σχέση :

$$\text{BIM}=0.0063 \cdot \text{AEC} \text{ με αποτελέσματα } a = 0.00629 \text{ και } R^2 \approx 0.667$$

Το μοντέλο αυτό επιβάλλει ότι όταν $\text{AEC} = 0$ τότε και $\text{BIM} = 0$ όπου ναι μεν είναι θεωρητικά συνεπές, αλλά έχει λίγο χαμηλότερη προσαρμογή στα δεδομένα.

Δεδομένου ότι και τα δύο μοντέλα παρουσιάζουν παρόμοια προσαρμογή στα δεδομένα, η περαιτέρω ερμηνεία βασίζεται κυρίως στη γενική σχέση μεταξύ του μεγέθους της αγοράς AEC και του πλήθους των επιχειρήσεων BIM και όχι στις επιμέρους διαφορές των δύο στατιστικών προσεγγίσεων.

Το διάγραμμα διασποράς δείχνει ότι υπάρχει σαφής θετική σχέση μεταξύ των δύο μεταβλητών. Γενικά, όσο αυξάνεται ο αριθμός των επιχειρήσεων του κλάδου AEC, αυξάνεται και ο αριθμός των επιχειρήσεων που δηλώνουν δραστηριότητα σχετική με το BIM. Ωστόσο, η διασπορά των σημείων γύρω από τη γραμμή παλινδρόμησης υποδηλώνει ότι το μέγεθος της αγοράς δεν αποτελεί τον μοναδικό παράγοντα που επηρεάζει τον αριθμό των επιχειρήσεων BIM.

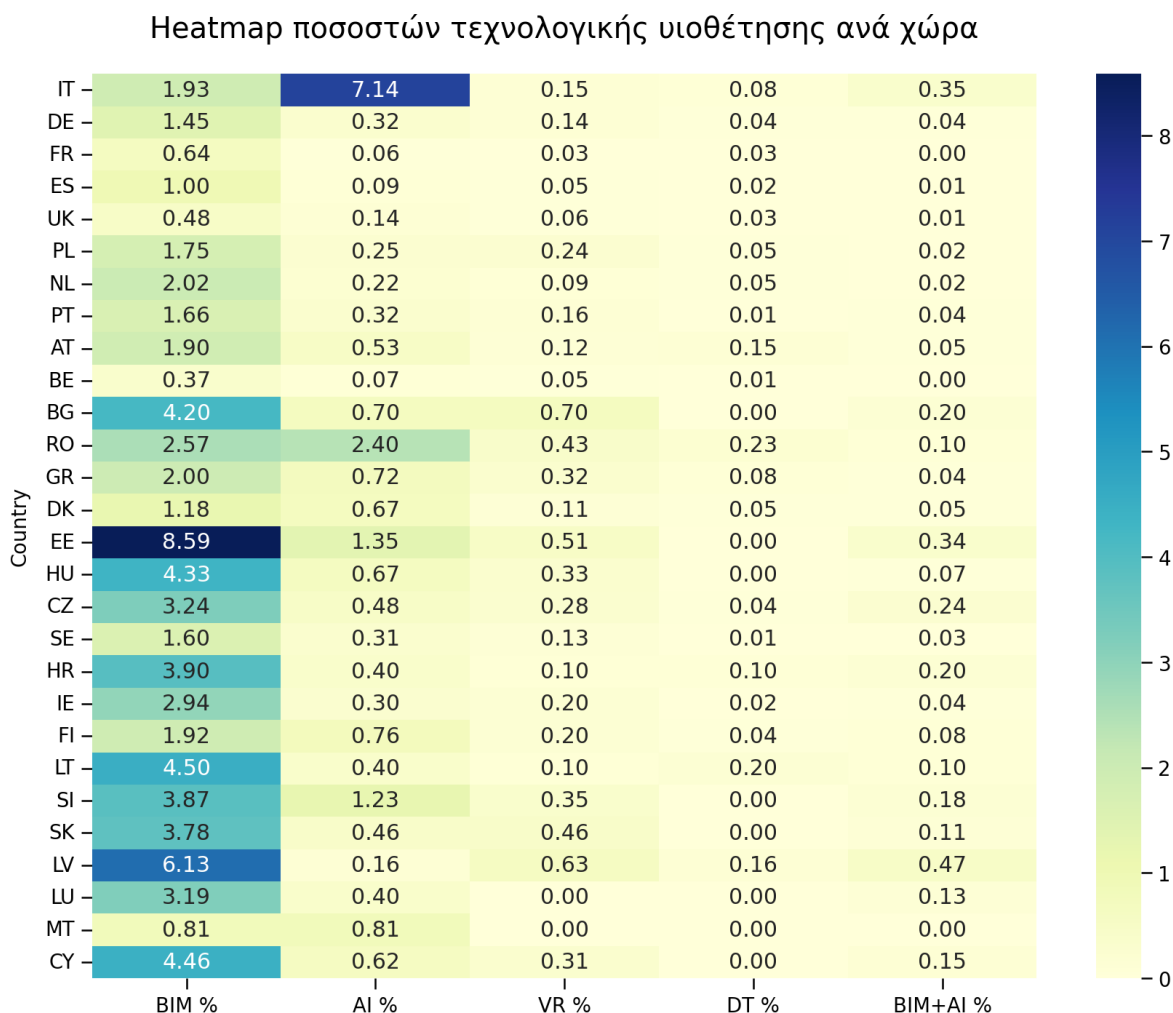
Τα αποτελέσματα της παλινδρόμησης ερμηνεύουν επίσης τις διαφοροποιήσεις που παρατηρήθηκαν στις προηγούμενες υποενότητες. Παρότι χώρες όπως η Γερμανία, η Γαλλία και το Ηνωμένο Βασίλειο διαθέτουν τις μεγαλύτερες αγορές AEC και συγκεντρώνουν τον μεγαλύτερο αριθμό επιχειρήσεων BIM, χώρες όπως η Εσθονία, η Λετονία και η Λιθουανία εμφανίζουν υψηλότερους δείκτες υιοθέτησης σε σχέση με το μέγεθος της αγοράς τους. Η παρατήρηση αυτή υποδηλώνει ότι ο αριθμός των επιχειρήσεων BIM και ο βαθμός υιοθέτησης του BIM αποτελούν διακριτές διαστάσεις της ανάλυσης.

Η Ελλάδα βρίσκεται κοντά στη γενική τάση που περιγράφει το μοντέλο παλινδρόμησης, γεγονός που υποδηλώνει ότι ο αριθμός των επιχειρήσεων BIM που καταγράφηκαν είναι συμβατός με το μέγεθος της ελληνικής αγοράς AEC, χωρίς να εμφανίζει έντονη απόκλιση από τη συνολική ευρωπαϊκή εικόνα.

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι το μέγεθος της αγοράς εξηγεί σημαντικό μέρος της διακύμανσης στον αριθμό των επιχειρήσεων BIM, χωρίς όμως να αποτυπώνει πλήρως τη συνολική εικόνα του ψηφιακού μετασχηματισμού. Για τον λόγο αυτό, στην επόμενη ενότητα εξετάζεται η δημόσια δηλωμένη παρουσία συμπληρωματικών ψηφιακών τεχνολογιών.

4.1.4 Ποσοστά υιοθέτησης ψηφιακών τεχνολογιών

Προκειμένου να διερευνηθεί εάν η δημόσια δηλωμένη υιοθέτηση του BIM συνοδεύεται και από ευρύτερη παρουσία άλλων τεχνολογιών του Construction 4.0, δημιουργήθηκε θερμικός χάρτης (heatmap) που απεικονίζει τα ποσοστά υιοθέτησης των τεχνολογιών BIM, Artificial Intelligence (AI), Virtual Reality (VR), Digital Twin (DT) και του συνδυασμού BIM & AI ως προς το συνολικό πλήθος επιχειρήσεων AEC ανά χώρα. Η χρήση αναλογικών δεικτών επιτρέπει τη συγκριτική αξιολόγηση χωρών διαφορετικού μεγέθους, χωρίς να επηρεάζεται η ερμηνεία από τον συνολικό αριθμό επιχειρήσεων.



Σχήμα 4.5 : Θερμικός χάρτης ποσοστών υιοθέτησης BIM, AI, VR, DT και BIM+AI ανά χώρα.

Ο θερμικός χάρτης Σχήμα 4.5 δείχνει ότι οι χώρες δεν παρουσιάζουν ενιαίο προφίλ ως προς την υιοθέτηση των επιμέρους ψηφιακών τεχνολογιών. Ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις η

υψηλή αναλογική υιοθέτηση του BIM συνοδεύεται και από αυξημένη δημόσια παρουσία τεχνολογιών όπως η AI ή ο συνδυασμός BIM & AI, σε άλλες χώρες παρατηρούνται διαφοροποιήσεις μεταξύ των επιμέρους τεχνολογιών. Το εύρημα αυτό υποδηλώνει ότι η υιοθέτηση του BIM δεν συνεπάγεται κατ' ανάγκη αντίστοιχο επίπεδο αξιοποίησης όλων των τεχνολογιών του Construction 4.0.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η Εσθονία, η οποία εμφανίζει ιδιαίτερα υψηλή αναλογική επίδοση ως προς το BIM, ενώ η Λετονία καταγράφει υψηλή συνολική επίδοση όταν συνεκτιμώνται όλες οι εξεταζόμενες τεχνολογίες. Αντίστοιχα, η Ιταλία και η Ρουμανία εμφανίζουν ενισχυμένη παρουσία σε περισσότερους από έναν δείκτες, γεγονός που υποδηλώνει ευρύτερη υιοθέτηση ψηφιακών τεχνολογιών στον κατασκευαστικό κλάδο.

Τα αποτελέσματα του θερμικού χάρτη αναδεικνύουν ότι η αξιολόγηση της ψηφιακής δραστηριότητας των επιχειρήσεων δεν μπορεί να βασίζεται αποκλειστικά στον δείκτη υιοθέτησης του BIM, καθώς κάθε χώρα εμφανίζει διαφορετικό συνδυασμό τεχνολογιών. Για τον λόγο αυτό, στην επόμενη ενότητα αναπτύσσεται ένας σύνθετος δείκτης, ο οποίος συνδυάζει τις επιμέρους τεχνολογίες σε μία ενιαία συγκριτική μέτρηση της ψηφιακής παρουσίας των επιχειρήσεων.

4.1.5 Σύνθετος δείκτης ψηφιακής ωριμότητας (BIM maturity index)

Για τη συγκριτική αποτίμηση της συνολικής δημόσιας παρουσίας των εξεταζόμενων ψηφιακών τεχνολογιών αναπτύχθηκε ένας σύνθετος δείκτης ψηφιακής ωριμότητας (BIM Maturity Index), ο οποίος συνδυάζει τα ποσοστά BIM, AI, VR, DT και BIM & AI ανά χώρα.

Ο δείκτης υπολογίσθηκε ως μέσος όρος των κανονικοποιημένων (min-max normalization) τιμών των επιμέρους ποσοστών και χρησιμοποιείται αποκλειστικά ως συγκριτικό εργαλείο για τις ανάγκες της παρούσας έρευνας και δεν αποτελεί θεσμοθετημένο δείκτη ψηφιακής ωριμότητας, αλλά μία υποκατάστατη μεταβλητή (proxy) που διευκολύνει τη συνολική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων.

Πίνακας 4.4 : Σύνθετος δείκτης ψηφιακής ωριμότητας (BIM Maturity index)

<i>Maturity index_0_100</i>	<i>Maturity_Band</i>		
<i>Χώρα (ISO)</i>	Μεσαία	Χαμηλή	Γενικό Σύνολο
AT		23,6	23,6
BE		2,7	2,7
BG	39,6		39,6
CY		26,8	26,8
CZ		29,8	29,8
DE		12,1	12,1
DK		13,8	13,8
EE	52,3		52,3
ES		4,7	4,7
FI		18,3	18,3
FR		3,8	3,8
GR		23,5	23,5
HR		29,5	29,5
HU		23,7	23,7
IE		16,1	16,1
IT	50		50
LT	35,3		35,3
LU		13,5	13,5
LV	65,7		65,7
MT		3,2	3,2
NL		12,6	12,6
PL		16,3	16,3
PT		11,1	11,1
RO	48,6		48,6
SE		9,5	9,5
SI		29,4	29,4
SK		27,4	27,4
UK		5,3	5,3
Γενικό Σύνολο	291,5	356,7	648,2

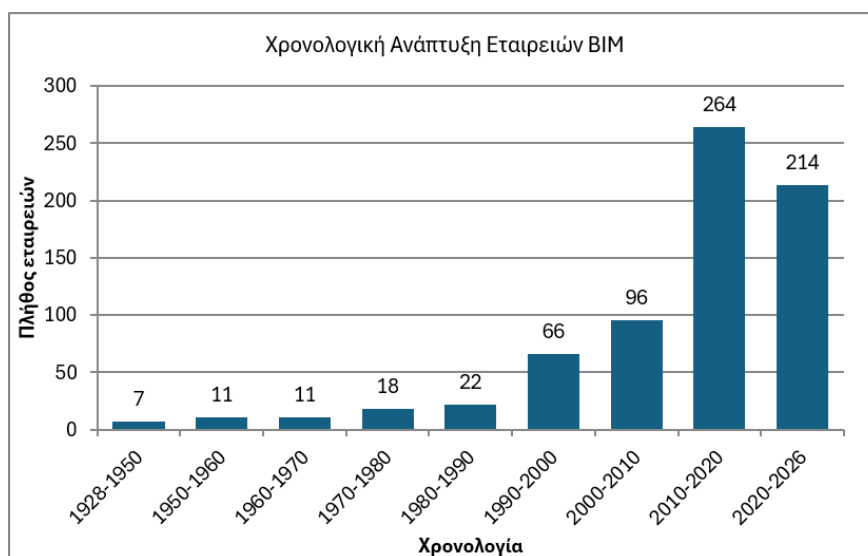
Τα αποτελέσματα του Πίνακα 4.4 δείχνουν ότι οι υψηλότερες τιμές του δείκτη καταγράφονται στη Λετονία (65,7), στη Εσθονία (52,3), στην Ιταλία (50,0) και στη Ρουμανία (48,6), γεγονός που υποδηλώνει ισχυρότερη δημόσια παρουσία των εξεταζόμενων ψηφιακών τεχνολογιών στα εταιρικά προφίλ των επιχειρήσεων. Αντίθετα, χώρες με χαμηλότερες τιμές του δείκτη εμφανίζουν περιορισμένη δημόσια αναφορά στις τεχνολογίες αυτές, χωρίς αυτό να συνεπάγεται κατ' ανάγκη αντίστοιχα χαμηλό επίπεδο πραγματικής εφαρμογής τους.

Ο σύνθετος δείκτης επιβεβαιώνει ότι η αξιολόγηση της ψηφιακής παρουσίας των επιχειρήσεων δεν μπορεί να βασίζεται αποκλειστικά στον δείκτη υιοθέτησης του BIM. Αντίθετα, η συνεκτίμηση συμπληρωματικών τεχνολογιών, όπως η Τεχνητή Νοημοσύνη (AI), το Digital Twin (DT) και η Εικονική Πραγματικότητα (VR), προσφέρει μία περισσότερο ολοκληρωμένη εικόνα του βαθμού ψηφιακού μετασχηματισμού των επιχειρήσεων του κατασκευαστικού κλάδου και αναδεικνύει διαφοροποιήσεις που δεν είναι εμφανείς όταν εξετάζεται μόνο η υιοθέτηση του BIM.

4.2 Δομή της αγοράς του BIM οικοσυστήματος

Μετά την ανάλυση της υιοθέτησης του BIM σε επίπεδο χωρών, η παρούσα ενότητα εξετάζει τα δομικά χαρακτηριστικά του ευρωπαϊκού οικοσυστήματος των επιχειρήσεων που δραστηριοποιούνται στον χώρο του Building Information Modeling. Η ανάλυση βασίζεται σε περισσότερα από 700 εταιρικά προφίλ που ανακτήθηκαν από το LinkedIn Sales Navigator και περιλαμβάνει στοιχεία σχετικά με το έτος ίδρυσης, τον κλάδο δραστηριότητας, το μέγεθος των επιχειρήσεων και την ψηφιακή τους απήχηση μέσω του αριθμού ακολούθων. Στόχος είναι η κατανόηση της δομής και των χαρακτηριστικών του οικοσυστήματος BIM στην Ευρωπαϊκή Ένωση και το Ηνωμένο Βασίλειο.

4.2.1 Χρονολογική ανάπτυξη (BIM Growth)



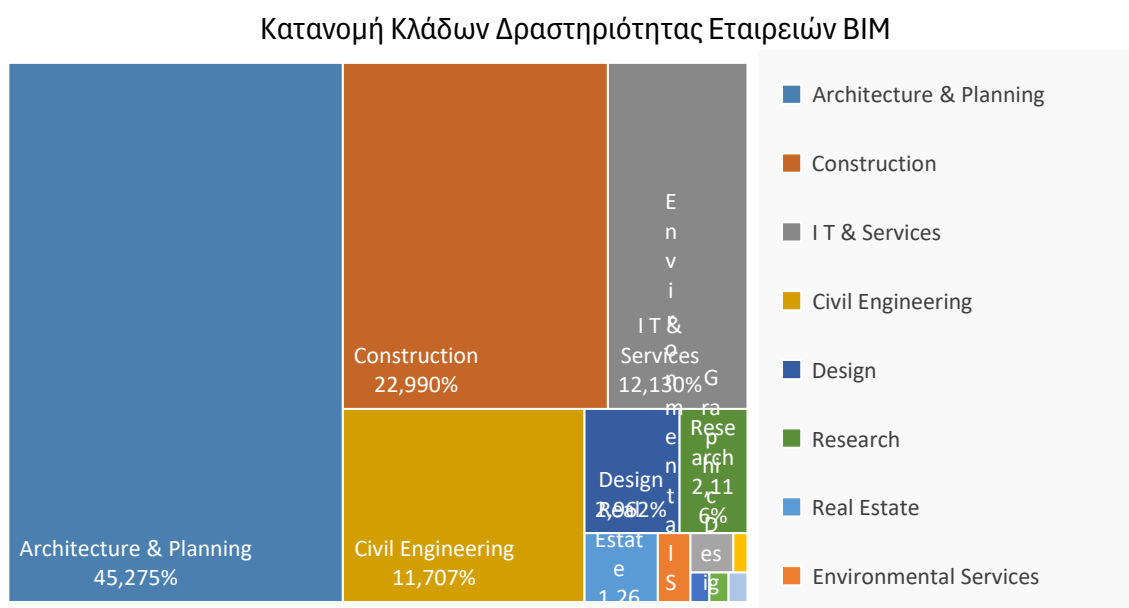
Σχήμα 4.6 : Χρονολογική κατανομή ίδρυσης εταιρειών BIM (EU & UK)

Η χρονολογική κατανομή από το Σχήμα 4.6 δείχνει τρεις διακριτές φάσεις ανάπτυξης του οικοσυστήματος BIM. Η πρώτη (έως το 1990) χαρακτηρίζεται από περιορισμένο αριθμό επιχειρήσεων. Η δεύτερη (1990–2010) παρουσιάζει σταδιακή αύξηση, η οποία συμπίπτει χρονικά με τη διάδοση των ψηφιακών εργαλείων σχεδιασμού και την εμφάνιση των πρώτων εφαρμογών BIM. Η τρίτη περίοδος (2010–2020) χαρακτηρίζεται από έντονη αύξηση του αριθμού των επιχειρήσεων, γεγονός που αντανακλά τη σημαντική διεύρυνση του οικοσυστήματος BIM στην Ευρώπη.

Μετά το 2020 παρατηρείται ηπιότερος ρυθμός ίδρυσης νέων επιχειρήσεων. Η εικόνα αυτή ενδέχεται να υποδηλώνει ότι το οικοσύστημα εισέρχεται σε φάση σχετικής ωρίμανσης, χωρίς όμως το εύρημα αυτό να επιτρέπει από μόνο του την εξαγωγή συμπερασμάτων για την πορεία της συνολικής αγοράς BIM. Γενικά, η τάση του διαγράμματος ακολουθεί την τυπική καμπύλη υιοθέτησης τεχνολογικής καινοτομίας.

4.2.2 Κατανομή κλάδων (BIM Industry mix)

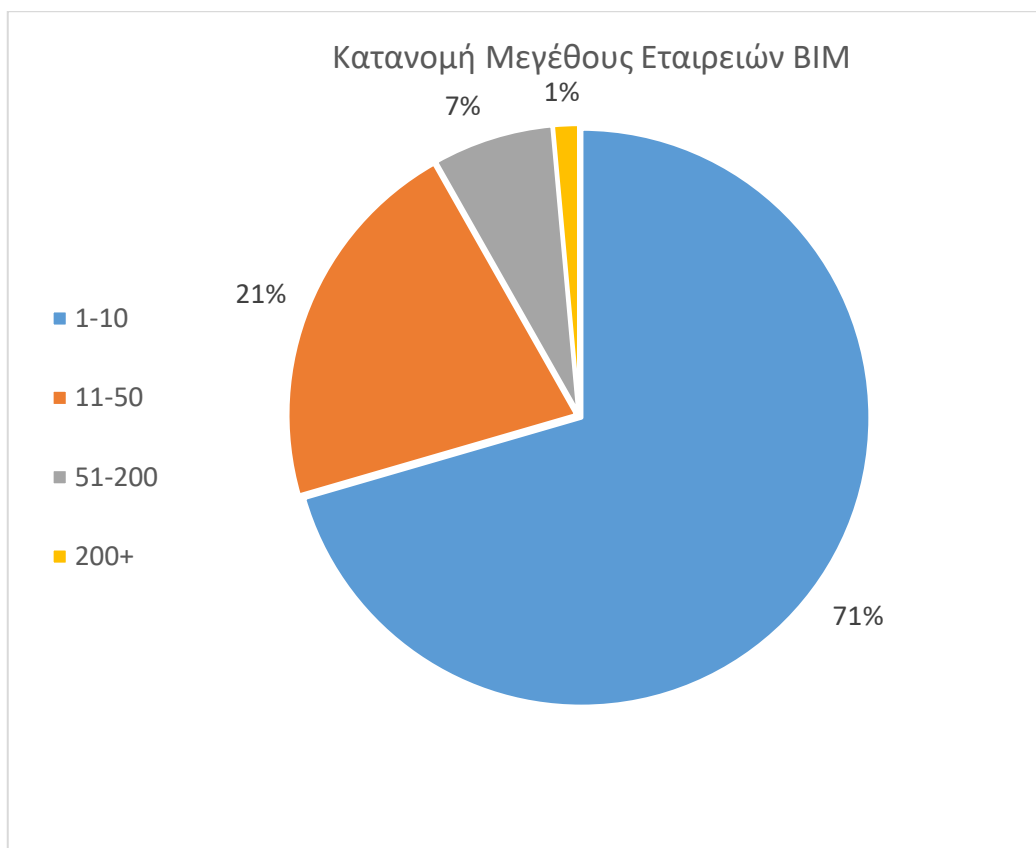
Εξετάζοντας τις επιμέρους δραστηριότητες του κλάδου όπως ανακτήθηκαν από τη βάση δεδομένων των αναλυτικών προφίλ, προέκυψε το παρακάτω διάγραμμα σχετικά με το BIM οικοσύστημα.



Σχήμα 4.7 : Κατανομή εταιρειών BIM ανά κλάδο δραστηριότητας

Η κυριαρχία του κλάδου Architecture & Planning (45,3%) επιβεβαιώνει ότι το BIM εξακολουθεί να χρησιμοποιείται κυρίως ως εργαλείο σχεδιασμού και διαχείρισης μελετών. Παράλληλα, η σημαντική παρουσία των κλάδων Construction, Civil Engineering και Information Technology & Services υποδηλώνει ότι η τεχνολογία εκτός από τον κλάδο σχεδιασμού και υλοποίησης έργων επεκτείνεται πλέον και προς τη διαχείριση πληροφοριών και την ανάπτυξη ψηφιακών υπηρεσιών.

4.2.3 Κατανομή εργαζομένων (BIM headcount_staff)



Σχήμα 4.8 : Μέγεθος εταιρειών BIM βάσει πλήθους εργαζομένων

Η απεικόνιση του Σχήματος 4.8 δείχνει ότι το οικοσύστημα BIM στην Ευρώπη αποτελείται σχεδόν αποκλειστικά από μικρές και μεσαίες επιχειρήσεις, καθώς το 99% περίπου των καταγεγραμμένων εταιρειών απασχολεί έως 200 εργαζομένους. Το εύρημα αυτό υποδηλώνει ότι η ανάπτυξη του BIM δεν περιορίζεται σε μεγάλους οργανισμούς αλλά υποστηρίζεται κυρίως από ένα εκτεταμένο δίκτυο μικρών εξειδικευμένων επιχειρήσεων.

4.2.4 Κατανομή ακολούθων (BIM followers)

Ο Πίνακας 4.5 παρουσιάζει τις είκοσι επιχειρήσεις που συγκεντρώνουν τον μεγαλύτερο αριθμό ακολούθων στο LinkedIn μεταξύ του εξεταζόμενου δείγματος των εταιρειών που δραστηριοποιούνται στον τομέα του BIM. Ο αριθμός των ακολούθων χρησιμοποιείται ως ένδειξη της δημόσιας ψηφιακής απήχησης και της εξωστρέφειας των οργανισμών και δεν αποτελεί άμεσο δείκτη του οικονομικού τους μεγέθους ή της τεχνολογικής τους υπεροχής.

Πίνακας 4.5 : Top 20 επιχειρήσεων BIM με τον μεγαλύτερο αριθμό ακολούθων στο LinkedIn

Κατάταξη	Εταιρεία / Οργανισμός	Χώρα	Κλάδος	Ακόλουθοι
1	BIMCommunity	ES	Construction	43.452
2	Viacelere	ES	Real Estate	39.683
3	RIMOND	IT	Construction	36.425
4	Manens S.p.A.	IT	Civil Engineering	22.320
5	ATLAS WARD	PL	Construction	19.354
6	PICHLER projects	IT	Construction	16.979
7	Modelical	ES	I T & Services	16.592
8	HABAU G m.b.H	AT	Construction	16.120
9	Schuessler-Plan	DE	I T & Services	13.980
10	Marlegno	IT	Construction	11.636
11	EDC - Engineering Design Consultants	IE	Construction	11.235
12	BIM Deutschland	DE	Construction	11.230
13	GROUPE PARERA	FR	Research	10.641
14	THOST Projektmanagement GmbH	DE	I T & Services	10.531
15	gbc engineers	DE	I T & Services	9.958
16	pde Integrale Planung	AT	Architecture & Planning	9.866
17	Art Graphique & Patrimoine	FR	Graphic Design	9.178
18	Deerns Italia	IT	I T & Services	8.868
19	AS+P Albert Speer + Partner	DE	Architecture & Planning	8.559
20	Mpartner S.r.l.	IT	Architecture & Planning	8.118

Η κατάταξη του Πίνακα 4.5 αναδεικνύει την έντονη παρουσία επιχειρήσεων από την Ιταλία (6 εταιρείες), τη Γερμανία (5) και την Ισπανία (3), οι οποίες συγκεντρώνουν το μεγαλύτερο μέρος των κορυφαίων θέσεων. Ιδιαίτερα αξιοσημείωτο είναι ότι οι δύο πρώτες θέσεις καταλαμβάνονται από ισπανικούς οργανισμούς, ενώ σημαντική εκπροσώπηση παρουσιάζουν επίσης η Αυστρία, η Γαλλία, η Πολωνία και η Ιρλανδία. Το εύρημα αυτό διαφοροποιείται από τα αποτελέσματα της ενότητας 4.1, όπου οι χώρες της Βαλτικής εμφάνιζαν τους υψηλότερους δείκτες υιοθέτησης του BIM, γεγονός που υποδηλώνει ότι η δημόσια ψηφιακή επιρροή των επιχειρήσεων δεν ταυτίζεται απαραίτητα με τον βαθμό υιοθέτησης της τεχνολογίας σε εθνικό επίπεδο.

Ως προς τον κλάδο δραστηριότητας, κυριαρχούν οι επιχειρήσεις του τομέα Construction, ενώ σημαντική είναι και η παρουσία οργανισμών των κλάδων Information Technology & Services, Architecture & Planning και Civil Engineering. Η σύνθεση αυτή υποδηλώνει ότι το οικοσύστημα του BIM δεν περιορίζεται αποκλειστικά στον σχεδιασμό και τις μελέτες, αλλά περιλαμβάνει επιχειρήσεις που δραστηριοποιούνται σε ολόκληρη την αλυσίδα αξίας των κατασκευών, καθώς και οργανισμούς που υποστηρίζουν την ανάπτυξη και διάχυση ψηφιακών τεχνολογιών.

Πίνακας 4.6 : Ποσοστό ακολούθων ανά κλάδο δραστηριότητας

Κλάδοι	Ποσοστό ακολούθων	Πλήθος εταιρειών
Construction	33,90%	163
Architecture & Planning	28,08%	321
Information Technology & Services	15,29%	86
Civil Engineering	10,67%	83
Real Estate	5,41%	9
Research	2,72%	15
Design	1,92%	21
Graphic Design	1,16%	3
Public Relations & Communications	0,56%	1
Environmental Services	0,18%	4
Law Practice	0,05%	1
Transportation/Trucking/Railroad	0,05%	1
Photography	0,02%	1
Γενικό Άθροισμα	100,00%	709

Στον παραπάνω Πίνακα 4.6 ο κλάδος Architecture & Planning συγκεντρώνει το μεγαλύτερο πλήθος εταιρειών του δείγματος (321 επιχειρήσεις), γεγονός που επιβεβαιώνει ότι το BIM εξακολουθεί να εφαρμόζεται κυρίως κατά τα στάδια του αρχιτεκτονικού και τεχνικού σχεδιασμού. Αντίθετα, ο κλάδος των Κατασκευών (Construction), παρότι περιλαμβάνει σημαντικά μικρότερο αριθμό επιχειρήσεων (163), συγκεντρώνει το υψηλότερο ποσοστό ακολούθων στο LinkedIn (33,90%). Το εύρημα αυτό υποδηλώνει ότι οι επιχειρήσεις του κατασκευαστικού τομέα εμφανίζουν, κατά μέσο όρο, μεγαλύτερη ψηφιακή απήχηση και εξωστρέφεια, πιθανώς λόγω του μεγαλύτερου μεγέθους τους, της ευρύτερης διεθνούς δραστηριότητάς τους ή της αυξημένης προβολής των έργων και των υπηρεσιών τους μέσω της πλατφόρμας LinkedIn.

Εξετάζοντας συνδυαστικά τους κλάδους Architecture & Planning και Civil Engineering, προκύπτει ότι συγκεντρώνουν συνολικά 404 επιχειρήσεις, δηλαδή περισσότερο από το ήμισυ του συνόλου των εταιρειών του δείγματος. Η παρατήρηση αυτή επιβεβαιώνει ότι το ευρωπαϊκό οικοσύστημα του BIM εξακολουθεί να έχει ως βασικό πυρήνα τις δραστηριότητες μελέτης, σχεδιασμού και υπηρεσίες μηχανικού, ενώ παράλληλα η σημαντική παρουσία των κλάδων Construction και Information Technology & Services αναδεικνύει τη σταδιακή διεύρυνση της εφαρμογής του BIM προς την κατασκευή, τη διαχείριση έργων και την ανάπτυξη ψηφιακών λύσεων. Επίσης, η ευρεία διασπορά υπογραμμίζει τον ρόλο του BIM ως οριζόντιας τεχνολογίας που υποστηρίζει τη συνεργασία και τον ψηφιακό μετασχηματισμό σε πολλούς κλάδους της αγοράς.

5 Συμπεράσματα

5.1 Σύνοψη των βασικών ευρημάτων

Η παρούσα διπλωματική εργασία διερεύνησε τον βαθμό υιοθέτησης του Building Information Modeling (BIM) στις επιχειρήσεις του κλάδου Architecture, Engineering and Construction (AEC) των 27 κρατών-μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης και του Ηνωμένου Βασιλείου, αξιοποιώντας δεδομένα που συλλέχθηκαν από την πλατφόρμα LinkedIn μέσω του Sales Navigator. Σε αντίθεση με μεγάλο μέρος της υφιστάμενης βιβλιογραφίας, η οποία βασίζεται κυρίως σε ερωτηματολόγια, συνεντεύξεις ή εθνικές εκθέσεις, η παρούσα έρευνα αξιοποίησε δεδομένα πραγματικών επιχειρήσεων μεγάλης κλίμακας, επιτρέποντας μία συγκριτική αποτύπωση της δημόσιας παρουσίας του BIM σε ευρωπαϊκό επίπεδο.

Τα αποτελέσματα ανέδειξαν σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ των εξεταζόμενων χωρών ως προς τον δείκτη υιοθέτησης του BIM. Οι χώρες της Βαλτικής (Εσθονία, Λετονία και Λιθουανία) παρουσίασαν τους υψηλότερους αναλογικούς δείκτες υιοθέτησης, ενώ οι μεγαλύτερες ευρωπαϊκές αγορές συγκέντρωσαν τον μεγαλύτερο απόλυτο αριθμό επιχειρήσεων BIM. Το εύρημα αυτό καταδεικνύει ότι το μέγεθος της αγοράς δεν ταυτίζεται με τον βαθμό υιοθέτησης της τεχνολογίας και ότι η αξιολόγηση της εξέλιξης του BIM απαιτεί τη συνεκτίμηση τόσο απόλυτων όσο και αναλογικών δεικτών.

Η ανάλυση του ευρωπαϊκού οικοσυστήματος BIM έδειξε ότι αυτό συγκροτείται κυρίως από μικρές και μεσαίες επιχειρήσεις, με ισχυρή παρουσία των κλάδων Architecture & Planning, Construction και Civil Engineering. Παράλληλα, η ανάλυση της ψηφιακής απήχησης μέσω του αριθμού ακολούθων στο LinkedIn έδειξε ότι χώρες όπως η Ισπανία και η Ιταλία εμφανίζουν ιδιαίτερα υψηλή εξωστρέφεια των επιχειρήσεων τους, ενώ η ψηφιακή επιρροή δεν είναι πάντοτε ανάλογη του πλήθους των επιχειρήσεων ή του βαθμού υιοθέτησης του BIM.

Η ανάλυση παλινδρόμησης επιβεβαίωσε την ύπαρξη ισχυρής θετικής σχέσης μεταξύ του συνολικού αριθμού επιχειρήσεων του κλάδου AEC και του πλήθους των επιχειρήσεων που δηλώνουν δραστηριότητα σχετική με το BIM. Παράλληλα, η εξέταση της δημόσιας παρουσίας τεχνολογιών όπως η Τεχνητή Νοημοσύνη (AI), το Digital Twin (DT) και η Εικονική Πραγματικότητα (VR) έδειξε ότι η υιοθέτηση του BIM δεν συνοδεύεται πάντοτε

από αντίστοιχη αξιοποίηση όλων των τεχνολογιών, αναδεικνύοντας διαφορετικά επίπεδα ψηφιακής εξέλιξης μεταξύ των χωρών.

Συνολικά, τα αποτελέσματα της έρευνας επιβεβαιώνουν ότι η υιοθέτηση του BIM στην Ευρώπη παρουσιάζει έντονες διαφοροποιήσεις και ότι η συγκριτική αξιολόγηση των χωρών απαιτεί πολυπαραμετρική προσέγγιση, η οποία να λαμβάνει υπόψη όχι μόνο το ποσοστό υιοθέτησης αλλά και το μέγεθος της αγοράς, τα χαρακτηριστικά του οικοσυστήματος των επιχειρήσεων και τη δημόσια ψηφιακή παρουσία συμπληρωματικών τεχνολογιών.

5.2 Απαντήσεις στα ερευνητικά ερωτήματα

Η παρούσα έρευνα απάντησε στα ερευνητικά ερωτήματα που διατυπώθηκαν στο Κεφάλαιο 1, οδηγώντας στα ακόλουθα βασικά συμπεράσματα:

- Ο βαθμός υιοθέτησης του BIM παρουσιάζει σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης και του Ηνωμένου Βασιλείου. Οι υψηλότεροι αναλογικοί δείκτες καταγράφηκαν στις χώρες της Βαλτικής, ενώ οι μεγαλύτερες ευρωπαϊκές αγορές συγκέντρωσαν τον μεγαλύτερο αριθμό επιχειρήσεων BIM. Το εύρημα αυτό επιβεβαιώνει ότι η αξιολόγηση της υιοθέτησης απαιτεί τη χρήση αναλογικών δεικτών και όχι μόνο απόλυτων μεγεθών.
- Το ευρωπαϊκό οικοσύστημα του BIM αποτελείται κυρίως από μικρές και μεσαίες επιχειρήσεις, με σημαντική παρουσία των κλάδων Architecture & Planning, Construction και Civil Engineering, γεγονός που αναδεικνύει τον διεπιστημονικό χαρακτήρα της τεχνολογίας και τη σταδιακή διεύρυνση της εφαρμογής της σε ολόκληρη την αλυσίδα αξίας του κατασκευαστικού κλάδου.
- Υπάρχει ισχυρή θετική σχέση μεταξύ του μεγέθους της αγοράς AEC και του πλήθους των επιχειρήσεων BIM, όπως προέκυψε από την ανάλυση παλινδρόμησης. Ωστόσο, το μέγεθος της αγοράς δεν εξηγεί από μόνο του τον βαθμό υιοθέτησης της τεχνολογίας, γεγονός που υποδηλώνει την επίδραση και άλλων παραγόντων, όπως το θεσμικό πλαίσιο, η ψηφιακή στρατηγική και η ωριμότητα της αγοράς.
- Η παρουσία του BIM δεν συνοδεύεται πάντοτε από αντίστοιχη παρουσία των υπόλοιπων τεχνολογιών του Construction 4.0, όπως η Τεχνητή Νοημοσύνη (AI), το Digital Twin (DT) και η Εικονική Πραγματικότητα (VR). Η παρατήρηση αυτή

επιβεβαιώνει ότι ο ψηφιακός μετασχηματισμός των επιχειρήσεων εξελίσσεται με διαφορετικό ρυθμό και ένταση μεταξύ των χωρών.

- Η περίπτωση της Ελλάδας παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον, καθώς ο δείκτης υιοθέτησης του BIM διαμορφώνεται σε επίπεδο υψηλότερο από τον μέσο όρο του δείγματος, γεγονός που υποδηλώνει τη σταδιακή ενσωμάτωση της τεχνολογίας στον εγχώριο κατασκευαστικό κλάδο. Παράλληλα, η σχετικά περιορισμένη ψηφιακή απήχηση των ελληνικών επιχειρήσεων στο LinkedIn αναδεικνύει περιθώρια περαιτέρω ενίσχυσης της διεθνούς προβολής και της εξωστρέφειας του ελληνικού οικοσυστήματος BIM.
- Η αξιοποίηση δεδομένων από την πλατφόρμα LinkedIn αποδείχθηκε κατάλληλη για τη συγκριτική αποτύπωση της υιοθέτησης του BIM σε ευρωπαϊκό επίπεδο, παρέχοντας μια αναπαραγωγίμη μεθοδολογία που μπορεί να αξιοποιηθεί για τη διαχρονική παρακολούθηση της εξέλιξης του BIM και του ψηφιακού μετασχηματισμού του κατασκευαστικού κλάδου.

5.3 Περιορισμοί της έρευνας

Παρά τη συστηματική μεθοδολογία που ακολουθήθηκε, η παρούσα έρευνα υπόκειται σε ορισμένους περιορισμούς, οι οποίοι πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την ερμηνεία των αποτελεσμάτων.

Πρώτον, η συλλογή των δεδομένων βασίστηκε αποκλειστικά στα δημόσια διαθέσιμα εταιρικά προφίλ της πλατφόρμας LinkedIn Sales Navigator. Κατά συνέπεια, τα αποτελέσματα αποτυπώνουν τη δημόσια παρουσία και τον τρόπο με τον οποίο οι επιχειρήσεις περιγράφουν τις δραστηριότητές τους στην πλατφόρμα και όχι κατ' ανάγκη τον πραγματικό βαθμό εφαρμογής του BIM στο σύνολο των έργων ή των επιχειρησιακών διαδικασιών τους.

Δεύτερον, η αναζήτηση των επιχειρήσεων πραγματοποιήθηκε με συγκεκριμένους όρους (όπως *Building Information Modeling* και *BIM*). Επομένως, επιχειρήσεις που χρησιμοποιούν την τεχνολογία αλλά δεν την αναφέρουν ρητά στα εταιρικά τους προφίλ ή χρησιμοποιούν διαφορετική ορολογία ενδέχεται να μην καταγράφηκαν. Αντίστοιχα, η ποιότητα και η πληρότητα των αποτελεσμάτων εξαρτώνται σε κάποιο βαθμό από την

ακρίβεια και την ενημέρωση των πληροφοριών που έχουν καταχωριστεί από τις ίδιες τις επιχειρήσεις.

Τρίτον, η έρευνα αποτυπώνει την κατάσταση σε συγκεκριμένη χρονική στιγμή και, ως εκ τούτου, τα αποτελέσματα αντανakλούν τη δημόσια ψηφιακή παρουσία των επιχειρήσεων κατά την περίοδο συλλογής των δεδομένων. Δεδομένου ότι τα εταιρικά προφίλ στο LinkedIn ενημερώνονται διαρκώς, οι σχετικοί δείκτες ενδέχεται να μεταβληθούν με την πάροδο του χρόνου.

Παρά τους παραπάνω περιορισμούς, η εφαρμογή ενιαίας διαδικασίας συλλογής και ανάλυσης δεδομένων για όλες τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης και το Ηνωμένο Βασίλειο διασφαλίζει τη συγκρισιμότητα των αποτελεσμάτων και καθιστά τη μεθοδολογία κατάλληλη για συγκριτικές και διαχρονικές αναλύσεις της υιοθέτησης του BIM.

Τέλος, η αξιολόγηση της δημόσιας παρουσίας τεχνολογιών όπως η Τεχνητή Νοημοσύνη (AI), το Digital Twin (DT) και η Εικονική Πραγματικότητα (VR) βασίστηκε στην αναφορά των αντίστοιχων όρων στα εταιρικά προφίλ και δεν τεκμηριώνει τον βαθμό πραγματικής επιχειρησιακής αξιοποίησής τους. Ωστόσο, η προσέγγιση αυτή επιτρέπει τη συγκριτική αξιολόγηση της δημόσιας ψηφιακής παρουσίας των τεχνολογιών αυτών με ενιαία μεθοδολογία για όλες τις εξεταζόμενες χώρες.

5.4 Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Η παρούσα έρευνα δημιουργεί ένα πλαίσιο συγκριτικής αξιολόγησης της υιοθέτησης του Building Information Modeling (BIM) στην Ευρώπη, το οποίο μπορεί να αποτελέσει αφετηρία για περαιτέρω ερευνητική διερεύνηση. Με βάση τα ευρήματα και τους περιορισμούς της μελέτης, προτείνονται οι ακόλουθες κατευθύνσεις για μελλοντική έρευνα:

- **Διαχρονική παρακολούθηση της υιοθέτησης του BIM**, με επανάληψη της ίδιας μεθοδολογίας σε τακτά χρονικά διαστήματα, ώστε να αποτυπωθεί η εξέλιξη του οικοσυστήματος BIM και του ψηφιακού μετασχηματισμού του κατασκευαστικού κλάδου στην Ευρώπη.
- **Διεύρυνση της γεωγραφικής εμβέλειας της έρευνας**, με εφαρμογή της μεθοδολογίας σε χώρες εκτός Ευρωπαϊκής Ένωσης, όπως οι Ηνωμένες Πολιτείες, ο

Καναδάς, η Αυστραλία και χώρες της Ασίας ή της Μέσης Ανατολής, όπου το BIM παρουσιάζει διαφορετικά επίπεδα θεσμικής και τεχνολογικής ωριμότητας.

- **Συνδυασμός δεδομένων από πολλαπλές πηγές**, όπως επαγγελματικά μητρώα, εθνικές βάσεις δεδομένων επιχειρήσεων, δημόσιες συμβάσεις ή στοιχεία επαγγελματικών οργανισμών, ώστε να ενισχυθεί η πληρότητα και η αξιοπιστία της αποτύπωσης της υιοθέτησης του BIM.
- **Συσχέτιση της υιοθέτησης του BIM με πρόσθετους δείκτες**, όπως ο βαθμός υποχρεωτικής εφαρμογής του BIM (BIM mandates), οι εθνικές στρατηγικές ψηφιακού μετασχηματισμού, η οικονομική ανάπτυξη, η καινοτομία και οι επενδύσεις στην έρευνα και ανάπτυξη, προκειμένου να διερευνηθούν πληρέστερα οι παράγοντες που επηρεάζουν την εξάπλωση της τεχνολογίας.
- **Περαιτέρω διερεύνηση της ενσωμάτωσης τεχνολογιών του Construction 4.0**, όπως η Τεχνητή Νοημοσύνη (AI), το Digital Twin (DT), η Εικονική και Επαυξημένη Πραγματικότητα (VR/AR), το Internet of Things (IoT) και η ρομποτική, με στόχο την κατανόηση του τρόπου με τον οποίο οι τεχνολογίες αυτές αλληλεπιδρούν με το BIM και συμβάλλουν στον ψηφιακό μετασχηματισμό του κατασκευαστικού κλάδου.

Η περαιτέρω ανάπτυξη των παραπάνω ερευνητικών κατευθύνσεων μπορεί να συμβάλει στη βαθύτερη κατανόηση των παραγόντων που επηρεάζουν την υιοθέτηση του BIM και να υποστηρίξει τη διαμόρφωση αποτελεσματικότερων στρατηγικών για την επιτάχυνση του ψηφιακού μετασχηματισμού του ευρωπαϊκού κατασκευαστικού κλάδου.

5.5 Επίλογος

Η μετάβαση του κατασκευαστικού κλάδου προς ένα περισσότερο ψηφιακό και συνεργατικό περιβάλλον αποτελεί μία από τις σημαντικότερες προκλήσεις αλλά και ευκαιρίες της σύγχρονης εποχής. Το Building Information Modeling (BIM) έχει πλέον καθιερωθεί ως βασικός πυλώνας του ψηφιακού μετασχηματισμού, συμβάλλοντας στη βελτίωση της συνεργασίας μεταξύ των εμπλεκόμενων φορέων, στη βέλτιστη διαχείριση της πληροφορίας και στην αύξηση της αποδοτικότητας καθ' όλο τον κύκλο ζωής των τεχνικών έργων.

Η παρούσα έρευνα κατέδειξε ότι η υιοθέτηση του BIM στην Ευρώπη παρουσιάζει σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ των χωρών και ότι η αποτίμησή της απαιτεί πολυδιάστατη προσέγγιση, η οποία λαμβάνει υπόψη όχι μόνο τον αριθμό των επιχειρήσεων που δραστηριοποιούνται στον τομέα, αλλά και το μέγεθος της αγοράς, τα χαρακτηριστικά του οικοσυστήματος και την παρουσία συμπληρωματικών ψηφιακών τεχνολογιών. Παράλληλα, ανέδειξε τις δυνατότητες αξιοποίησης δεδομένων από επαγγελματικές ψηφιακές πλατφόρμες, όπως το LinkedIn, για την ανάπτυξη αναπαραγωγικών μεθοδολογιών συγκριτικής αξιολόγησης.

Καθώς ο ψηφιακός μετασχηματισμός του κατασκευαστικού κλάδου επιταχύνεται, η συστηματική παρακολούθηση της εξέλιξης του BIM και των συναφών τεχνολογιών αποκτά ολοένα και μεγαλύτερη σημασία για την ερευνητική κοινότητα, τις επιχειρήσεις και τους φορείς χάραξης πολιτικής. Η ανάπτυξη αξιόπιστων δεικτών και συγκρίσιμων μεθοδολογιών μπορεί να συμβάλει ουσιαστικά στην κατανόηση των τάσεων της αγοράς και στη διαμόρφωση αποτελεσματικότερων στρατηγικών για την επιτάχυνση της ψηφιακής μετάβασης του ευρωπαϊκού κατασκευαστικού κλάδου.

Βιβλιογραφία

- Abolghasem, S., Hosseini, M. R., Martek, I., & Zavadskas, E. K. (2022). Barriers to BIM implementation in construction: A systematic review. *Automation in Construction*, 136, 104166.
- Architek-R LTD. (2022). Who's winning the BIM adoption game in Europe? *BIMplus*.
- Azhar, S., Khalfan, M., & Maqsood, T. (2015). Building information modelling (BIM): Now and beyond. *Construction Economics and Building*, 12(4), 15–28.
<https://doi.org/10.5130/AJCEB.v12i4.3032>
- BuildingSMART International. (n.d.). BIM Collaboration Format (BCF). *BuildingSMART Technical*. <https://technical.buildingsmart.org/standards/bcf/>
- BuildingSMART International. (n.d.). openBIM.
<https://www.buildingsmart.org/about/openbim/>
- EU BIM Task Group. (2016). *Handbook for the introduction of BIM by the European public sector*.
- European Commission. (2019). *Building Information Modelling in the EU construction sector*. European Construction Sector Observatory.
<https://ec.europa.eu/docsroom/documents/34518>
- European Commission. (2025). *An analysis for the adoption of Building Information Modelling (BIM) across the EU27 for public sector*.
- Garber, R. (2014). *BIM design: Realising the creative potential of Building Information Modelling*. John Wiley & Sons.
- Hasek, A. (2021). BIM adoption in Europe: 7 countries compared. *PlanRadar*.
- ISO. (2019). Better building with new International Standards for BIM.
<https://www.iso.org/news/ref2364.html>
- ISO. (2018). *ISO 19650-1:2018: Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM)—Information management using building information modelling—Part 1: Concepts and principles*.
- Jaiswal, S.V., Hunt, D.V.L., Davies, R.J. (2024). *Construction 4.0: A Systematic Review of Its Application in Developing Countries*. Appl. Sci., 14, 6197. <https://doi.org/10.3390/app14146197>

- Krawczyk, E. (2020). From parchment to BIM, standards and example of use. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 869, 022040.
- Mitera-Kiełbasa, E., & Zima, K. (2024). BIM policy trends in Europe: Insights from a multi-stage analysis. *Applied Sciences*, 14(11), 4363.
<https://doi.org/10.3390/app14114363>
- Safour, R., Ahmed, S., & Zaarour, B. (2021). BIM adoption around the world. *International Journal of BIM and Engineering Science*, 31–44.
<https://doi.org/10.54216/IJBES.040203>
- Shillcock, P. (2019, January 15). From BS 1192 to ISO 19650 and everything in between. *NBS*. <https://www.thenbs.com/knowledge/from-bs-1192-to-iso-19650-and-everything-in-between>
- Shojaei, R. S., Oti-Sarpong, K., & Burgess, G. (2023). Enablers for the adoption and use of BIM in main contractor companies in the UK. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 30(4), 1726–1745. <https://doi.org/10.1108/ECAM-07-2021-0650>
- Succar, B., & Kassem, M. (2016). Building Information Modelling: Point of adoption. In *CIB World Congress*, Tampere, Finland.
- Tsironis, G., Cox, R., Jolly, M., Salonitis, K., & Tsagarakis, K. (2025). Exploring circular economy in the United Kingdom based on LinkedIn data from company profiles. *Journal of Cleaner Production*, 503, 145355.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2025.145355>
- Varghese, P. (2019). *Influence and adoption of BIM within the AEC industry*.
- Zawada, K., Rybak-Niedziółka, K., Donderewicz, M., & Starzyk, A. (2024). Digitization of AEC industries based on BIM and 4.0 technologies. *Buildings*, 14, 1350.
<https://doi.org/10.3390/buildings14051350>
- ΕΑΠ. (2024). Σημειώσεις σεμιναρίου 2ου κύκλου προγράμματος «Σχεδιάζοντας έργα με BIM: Αρχές και πρακτική κτιριακών έργων». Κέντρο Επιμόρφωσης & Δια Βίου Μάθησης, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.
- Καρρόπουλος Ι. (2024). *Η χρήση του Building Information Modeling (BIM) στην καταγραφή και διαχείριση κτιρίων* [Διπλωματική εργασία, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο].

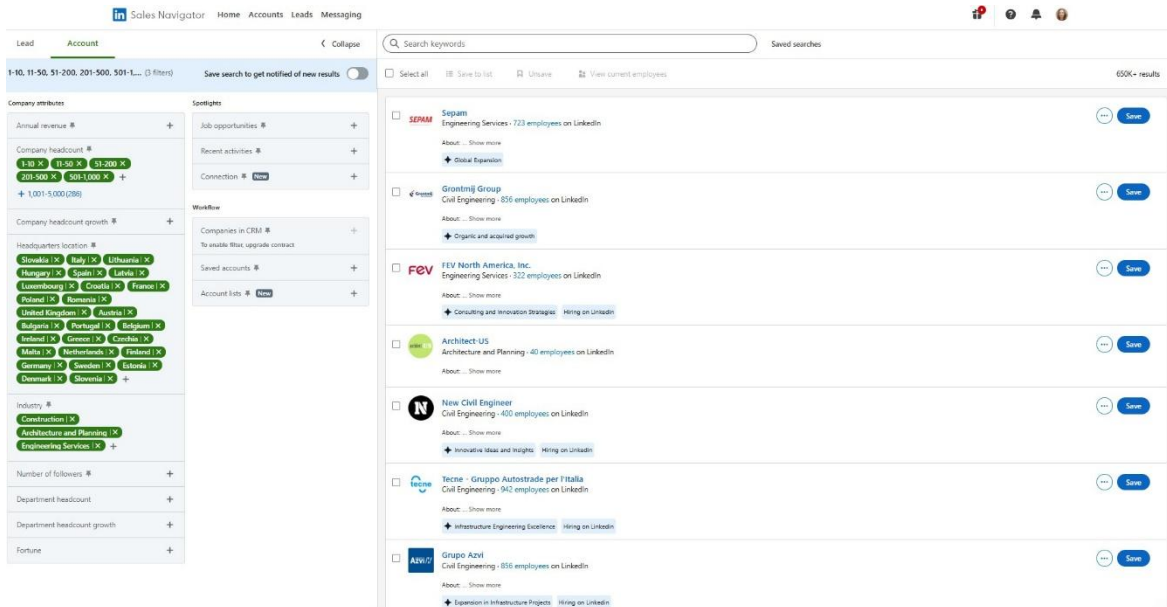
Σερδάρη, Θ. (2023). *Υιοθέτηση της τεχνολογίας Building Information Modelling (BIM) στην ελληνική αγορά* [Διπλωματική εργασία, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο]. Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας. (n.d.). *Κατευθυντήριες οδηγίες για την υιοθέτηση BIM στην Ελλάδα*.

Παράρτημα Α:

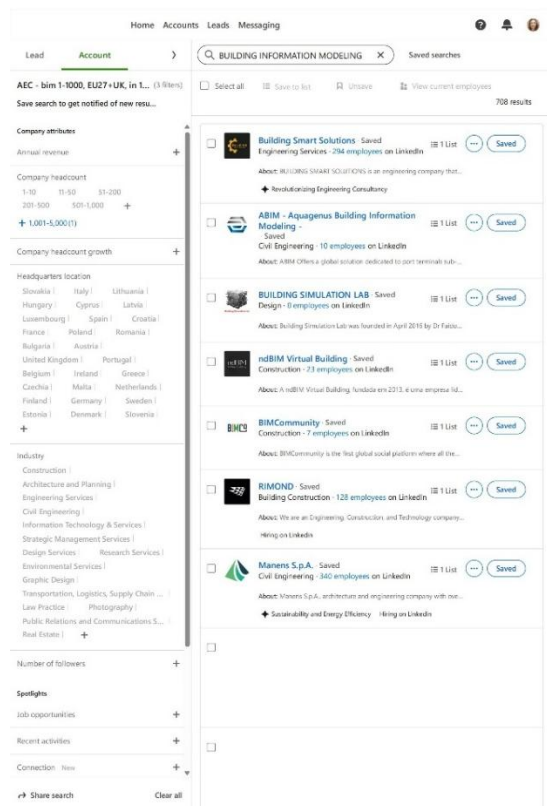
Πίνακας Π.Α.1 : Χώρες ΕU & UK με αντιστοίχιση ακρόνυμου

	Χώρα	Χώρα (ISO)
1	Ιταλία	IT
2	Γερμανία	DE
3	Γαλλία	FR
4	Ισπανία	ES
5	Ηνωμένο Βασίλειο	UK
6	Πολωνία	PL
7	Ολλανδία	NL
8	Πορτογαλία	PT
9	Αυστρία	AT
10	Βέλγιο	BE
11	Βουλγαρία	BG
12	Ρουμανία	RO
13	Ελλάδα	GR
14	Δανία	DK
15	Εσθονία	EE
16	Ουγγαρία	HU
17	Τσεχία	CZ
18	Σουηδία	SE
19	Κροατία	HR
20	Ιρλανδία	IE
21	Φινλανδία	FI
22	Λιθουανία	LT
23	Σλοβενία	SI
24	Σλοβακία	SK
25	Λετονία	LV
26	Λουξεμβούργο	LU
27	Μάλτα	MT
28	Κύπρος	CY

Παράρτημα Β:



Εικόνα Π.Β.1 : Ενδεικτικό Sales navigator Boolean search for BIM AEC



Εικόνα Π.Β.2 : Ενδεικτικό Sales navigator Boolean search for BIM ecosystem

Υπεύθυνη Δήλωση Συγγραφέα:

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν.1599/1986, η παρούσα εργασία αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής μου εργασίας, δεν προσβάλλει κάθε μορφής δικαιώματα διανοητικής ιδιοκτησίας, προσωπικότητας και προσωπικών δεδομένων τρίτων, δεν περιέχει έργα/εισφορές τρίτων για τα οποία απαιτείται άδεια των δημιουργών/δικαιούχων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον και πληρούν τους κανόνες της επιστημονικής παράθεσης.