

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ “BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)”
ΣΤΑ ΕΡΓΑ ΠΟΛΙΤΙΚΟΥ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ

ΕΙΣΗΓΗΤΡΙΑ – ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ :
Δρ. Διονυσία - Πηνελόπη Κοντονή
Αναπληρώτρια Καθηγήτρια

ΦΟΙΤΗΤΡΙΑ :
Ιωάννα Ζερβού
ΑΜ: 7179

ΠΑΤΡΑ, ΙΟΥΝΙΟΣ 2024

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ολοκληρώνοντας την παρούσα Πτυχιακή Εργασία μου, θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα καθηγήτρια μου Δρ. Διονυσία - Πηνελόπη Κοντονή, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου, για την πολύτιμη καθοδήγησή της και την υποστήριξη που μου προσέφερε. Επίσης, την ευχαριστώ για την πίστη της προς εμένα, καθώς και την διορατικότητα της ώστε να με κατευθύνει κατάλληλα στο τόσο ενδιαφέρον θέμα που για τον κατασκευαστικό κλάδο αποτελεί το μέλλον.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την αμέριστη συμπαράσταση που μου προσφέρουν τόσο επαγγελματικά όσο και προσωπικά.

Πάτρα, Ιούνιος 2024

Ιωάννα Ζερβού.

ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΔΗΛΩΣΗ ΦΟΙΤΗΤΡΙΑΣ

Δηλώνω υπεύθυνα σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν.1599/1986, ότι είμαι η συγγραφέας αυτής της εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης έχω αναφέρει τις όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Επίσης βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά, ειδικά για την συγκεκριμένη εργασία. Θα υποβάλλω την εργασία μου σε ηλεκτρονική μορφή σύμφωνα με τις υποδείξεις του επιβλέποντα εκπαιδευτικού στην Βιβλιοθήκη του Πανεπιστημίου και συναινώ στον αυτόματο έλεγχο της εργασίας μου για λογοκλοπή και την επ' αόριστο καταχώρισή της σε βάση δεδομένων για το σκοπό αυτό. Γνωρίζω ότι η σκόπιμη χρήση μεθόδων απόκρυψης του κειμένου της εργασίας, - ώστε αυτό να μην αναγνωρίζεται από το σύστημα ελέγχου λογοκλοπής-, είναι πειθαρχικό παράπτωμα και τιμωρείται και αναλαμβάνω πλήρως τις συνέπειες εάν η εργασία αποδειχθεί ότι δεν μου ανήκει.

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΦΟΙΤΗΤΡΙΑΣ:

ΥΠΟΓΡΑΦΗ:

Ιωάννα Ζερβού



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η τεχνολογία BIM – Building Information Modeling (Μοντελοποίηση Κτιριακής Πληροφορίας) συνιστά πολύ σημαντικό εργαλείο όσον αφορά το σχεδιαστικό κομμάτι στον κατασκευαστικό κλάδο. Με τη βοήθεια του BIM μία κατασκευή μπορεί να αποδοθεί ψηφιακά με μεγάλη ακρίβεια διότι θα περιλαμβάνει όλες τις απαραίτητες πληροφορίες που αφορούν το εκάστοτε κατασκευαστικό έργο με τρόπο που εκσυγχρονίζει την κλασική αποτύπωση του σχεδίου σε φάκελο σχεδίου που περιλαμβάνει όλα τα επιμέρους στοιχεία του έργου. Η αναβάθμιση αυτή έχει ως αποτέλεσμα την ποιοτικότερη σχεδίαση, οργάνωση και πραγματοποίηση των κατασκευαστικών έργων μειώνοντας αισθητά το χρόνο και το κόστος.

Η μεθοδολογία Building Information Modeling (BIM) αποτελεί τον αντικειμενικό ερευνητικό σκοπό της εργασίας κυρίως όσον αφορά τη χρήση της στα έργα πολιτικού μηχανικού. Η τεχνολογία BIM χρησιμοποιείται με επιτυχία σε κτιριακά έργα αλλά και σε έργα υποδομής και αποτελεί το μέλλον για τον κατασκευαστικό κλάδο. Κατά τη διάρκεια σχεδίασης και υλοποίησης ενός έργου δημιουργείται μεγάλος όγκος πληροφοριών ο οποίος πρέπει να διαμοιράζεται και να ελέγχεται από όλα τα συμβαλλόμενα μέλη. Είναι απαραίτητη, λοιπόν, η σωστή επικοινωνία μεταξύ των συνεργαζόμενων κλάδων γεγονός που δυσχεραίνεται από μια σειρά πρακτικών προβλημάτων που προκύπτουν κατά την κατασκευή ενός έργου αλλά είναι δυνατόν να περιοριστούν σε σημαντικό βαθμό με τη χρήση της τεχνολογίας BIM. Επομένως, η συμβολή του BIM στα έργα είναι καθοριστική διότι συντελεί στην ποιοτική, λιγότερη κοστοβόρα και συντομότερη πραγματοποίηση του έργου.

Λέξεις Κλειδιά: Building Information Modeling, BIM, Πληροφοριακό Μοντέλο Έργου, Τρισδιάστατη (3D) Σχεδίαση, Revit, Βιωσιμότητα, Έξυπνες πόλεις - Έργα.

THE TECHNOLOGY OF "BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)" IN CIVIL ENGINEERING WORKS

ABSTRACT

BIM technology – Building Information Modeling (Building Information Modelling) is a very important tool in the design part of the construction industry. With the help of BIM, a construction can be rendered digitally with great accuracy because it will include all the necessary information regarding each construction project in a way that modernizes the classic drawing of the plan in a plan file that includes all the individual elements of the project. This upgrade results in better quality design, organization and implementation of construction projects, significantly reducing time and cost.

The Building Information Modeling (BIM) methodology is the objective research purpose of the work mainly regarding its use in civil engineering projects. BIM technology is successfully used in building projects as well as in infrastructure projects and is the future for the construction industry. During the design and implementation of a project, a large amount of information is generated that must be shared and controlled by all contracting parties. Therefore, proper communication between the cooperating branches is necessary, a fact that is made difficult by a series of practical problems that arise during the construction of a project, but which can be limited to a significant extent with the use of BIM technology. Therefore, the contribution of BIM to the projects is decisive because it contributes to the qualitative, less costly and shorter realization of the project.

Keywords: Building Information Modeling, BIM, Project Information Model, 3D Design, Revit, Sustainability, Smart Cities - Project.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	2
ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΔΗΛΩΣΗ	3
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	4
ABSTRACT	5
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ	8
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	8
1.2 ΕΡΓΑ ΠΟΛΙΤΙΚΟΥ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ	11
1.3 ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	13
1.4 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΡΓΩΝ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ BIM	16
2.1 ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ BIM	16
2.2 ΣΥΓΚΡΙΣΗ CAD ΚΑΙ BIM	17
2.3 ΔΙΕΘΝΕΙΣ ΦΟΡΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΩΘΗΣΗ BIM - ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ IFC	19
2.4 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ BIM	22
2.4.1 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ 3D	22
2.4.2 AUTOMATED 2D DRAWING ENGINE	23
2.4.3 GEOMETRY CHANGE MANAGEMENT DESIGN	23
2.4.4 ΜΗΧΑΝΗ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ CLASH	24
2.4.5 ΣΥΜΒΑΤΟΤΗΤΑ IFC	25
2.4.6 AUTOMATED SCHEDULE OF MATERIAL ENGINE	26
2.4.7 4D ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ	27
2.5 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΧΡΗΣΗΣ BIM	28
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ	32
3.1. 3D BIM	33
3.2 4D BIM – ΑΝΑΛΥΣΗ ΧΡΟΝΟΥ ΕΡΓΟΥ	34
3.3 5D BIM – ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΕΡΓΟΥ	36
3.4 6D BIM (ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑ ΚΤΗΡΙΩΝ)	38
3.5 7D BIM (ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ)	39
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΛΟΓΙΣΜΙΚΑ BIM	42
ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ	42

4.1. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΧΡΗΣΗΣ BIM	42
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΟΣ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΔΡΟΜΟΣ Μ25 ΤΟΥ ΛΟΝΔΙΝΟΥ	44
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ ΝΑΒΙ ΜΥΜΒΑΙ INTERNATIONAL AIRPORT	45
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ BIM ΣΤΟ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ	51
5.1 ΗΝΩΜΕΝΕΣ ΠΟΛΙΤΕΙΕΣ	51
5.2 ΗΝΩΜΕΝΟ ΒΑΣΙΛΕΙΟ	54
5.3 ΣΙΓΚΑΠΟΥΡΗ	55
5.4 ΦΙΝΛΑΝΔΙΑ	56
5.5 ΝΟΡΒΗΓΙΑ	57
5.6 ΑΥΣΤΡΑΛΙΑ	58
5.7 ΚΙΝΑ	59
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΕΦΑΡΜΟΓΗ BIM ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	61
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. ΤΕΧΝΙΚΑ ΕΡΓΑ ΚΑΙ BIM	65
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	67
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	70

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τεχνικά έργα αποσκοπούν στην εξυπηρέτηση των αναγκών του κοινωνικού συνόλου που διαρκώς μεταβάλλονται χάριν της εξέλιξης της τεχνολογίας. Σημαντικός παράγοντας που πρέπει να λαμβάνεται υπόψιν είναι ασφάλεια των υποδομών προς αποφυγή τυχόν αστοχιών που μπορεί να αποβούν μοιραίες για τον πληθυσμό που τις χρησιμοποιηθεί. Για την επίτευξη ενός τεχνικού έργου απαιτείται μια γκάμα μηχανικών (πχ. πολιτικοί, ηλεκτρολόγοι, μηχανολόγοι, τοπογράφοι) που επιφέρει αύξηση της πληροφορίας που φέρει ένα έργο, που βέβαια αυτό αποτελεί μια πρόκληση για την ορθολογική διαχείρισή του. Ευτυχώς, η τεχνολογία έχει οδηγήσει στην βελτιστοποίηση της διαχείρισης αυτού του μεγάλου όγκου πληροφοριών όπου νέες μέθοδοι και επιλύσεις μέσω προγραμμάτων προσομοίωσης εφαρμόζονται σήμερα τον σχεδιασμό των τεχνικών έργων με μοντελοποίηση της πληροφορίας (Jiang, 2011).

Το Building Information Modeling (BIM) έχει εξελιχθεί σημαντικά από την αρχή της δεκαετίας του 1970 μέχρι σήμερα. Οι πρώτες προσπάθειες για την ψηφιοποίηση του κατασκευαστικού τομέα επικεντρώθηκαν στη χρήση λογισμικών CAD (Computer-Aided Design), τα οποία επέτρεψαν τη δημιουργία δισδιάστατων και τρισδιάστατων σχεδίων με μεγαλύτερη ακρίβεια και ταχύτητα σε σύγκριση με τις παραδοσιακές μεθόδους σχεδίασης με το χέρι (Jiang, 2011).

Η ουσιαστική πρόοδος του BIM άρχισε στις αρχές της δεκαετίας του 2000, όταν οι δυνατότητες των υπολογιστών αυξήθηκαν και τα λογισμικά CAD εξελίχθηκαν σε πλήρως λειτουργικές πλατφόρμες BIM. Οι πρώτες τέτοιες πλατφόρμες επέτρεψαν τη δημιουργία ολοκληρωμένων ψηφιακών μοντέλων, τα οποία περιλάμβαναν όχι μόνο τη γεωμετρία των κτιρίων αλλά και πληροφορίες σχετικά με τα υλικά, τις διαδικασίες κατασκευής και τη διαχείριση των έργων (Chong et al., 2020).

Μετά το 2020, η εξέλιξη του BIM επιταχύνθηκε ακόμη περισσότερο λόγω της αυξανόμενης ανάγκης για αποδοτικότητα και διαφάνεια στον κατασκευαστικό τομέα. Η πανδημία COVID-19 ανάγκασε πολλές εταιρείες να υιοθετήσουν νέες τεχνολογίες για να διατηρήσουν την αποδοτικότητά τους εν μέσω των περιορισμών στις μετακινήσεις και στις προσωπικές επαφές. Οι ψηφιακές λύσεις όπως το BIM απέκτησαν σημαντικό ρόλο στην απομακρυσμένη διαχείριση και τον συντονισμό των έργων.

Η υιοθέτηση του BIM ενισχύθηκε επίσης από τις διεθνείς προδιαγραφές και πρωτοβουλίες που διασφαλίζουν τη διαλειτουργικότητα και την ποιότητα των πληροφοριών. Το πρότυπο ISO 19650, που δημοσιεύθηκε το 2020, προσφέρει ένα πλαίσιο για την οργάνωση και την ψηφιοποίηση των πληροφοριών σχετικά με τα κτίρια και τα τεχνικά έργα, εξασφαλίζοντας την

αποτελεσματική διαχείριση των πληροφοριών καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής των κατασκευαστικών έργων (ISO, 2020).

Σήμερα, το BIM αποτελεί αναπόσπαστο μέρος του σχεδιασμού, της κατασκευής και της διαχείρισης κτιρίων και υποδομών. Η συνεχής ανάπτυξη νέων λειτουργιών, όπως η ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης και της μηχανικής μάθησης, συμβάλλει στην περαιτέρω βελτίωση της τεχνολογίας BIM και στην αντιμετώπιση νέων προκλήσεων στον κατασκευαστικό κλάδο. Οι καινοτόμες τεχνολογίες όπως τα ψηφιακά δίδυμα (digital twins) και η χρήση της επαυξημένης πραγματικότητας (augmented reality) ενισχύουν την ακρίβεια και την αποτελεσματικότητα των έργων, επιτρέποντας την καλύτερη κατανόηση και διαχείριση των δεδομένων.

Η ανάπτυξη του BIM δεν περιορίζεται μόνο στις τεχνολογικές εξελίξεις, αλλά και στην ενσωμάτωση των διαδικασιών και των πολιτικών που ακολουθούνται σε διάφορες χώρες. Για παράδειγμα, η κυβέρνηση του Ηνωμένου Βασιλείου έχει θέσει το BIM ως υποχρεωτική προϋπόθεση για όλα τα δημόσια έργα κατασκευής από το 2016, γεγονός που έχει οδηγήσει σε σημαντική αύξηση της υιοθέτησης του BIM σε εθνικό επίπεδο (Chong et al., 2020).

Παράλληλα, η παγκόσμια αγορά του BIM αναπτύσσεται ραγδαία. Σύμφωνα με πρόσφατες μελέτες, η αγορά του BIM αναμένεται να φτάσει τα 10 δισεκατομμύρια δολάρια μέχρι το 2026, λόγω της αυξανόμενης ζήτησης για αποδοτικότητα και βιωσιμότητα στις κατασκευές. Οι εξελίξεις αυτές οδηγούν σε αυξημένες επενδύσεις και συνεργασίες μεταξύ των εταιρειών του κατασκευαστικού τομέα και των προμηθευτών τεχνολογίας, προωθώντας την καινοτομία και την ανταγωνιστικότητα.

Επιπλέον, η ενσωμάτωση του BIM στις ακαδημαϊκές και εκπαιδευτικές διαδικασίες αποτελεί ένα ακόμη βήμα προς την ενίσχυση της υιοθέτησής του. Τα πανεπιστήμια και τα εκπαιδευτικά ιδρύματα προσφέρουν πλέον εξειδικευμένα προγράμματα σπουδών και μαθήματα σχετικά με το BIM, εξοπλίζοντας τους μελλοντικούς επαγγελματίες με τις απαραίτητες γνώσεις και δεξιότητες (Λέτσιος, 2019).

Συνολικά, το BIM έχει μεταμορφώσει τον τρόπο με τον οποίο σχεδιάζονται, κατασκευάζονται και διαχειρίζονται τα έργα πολιτικού μηχανικού. Η τεχνολογία αυτή συνεχίζει να εξελίσσεται, προσφέροντας νέες δυνατότητες και προκλήσεις που απαιτούν συνεχή έρευνα και ανάπτυξη. Η υιοθέτηση του BIM αποτελεί πλέον στρατηγική προτεραιότητα για τις κατασκευαστικές εταιρείες και τους φορείς του δημοσίου τομέα, οδηγώντας σε ένα μέλλον όπου οι κατασκευές θα είναι πιο αποδοτικές, βιώσιμες και διαφανείς.

Η εν λόγω πτυχιακή εργασία αποσκοπεί κυρίως στην παρουσίαση της τεχνολογίας BIM καθώς και στο αντίκτυπο που έχει στα έργα του πολιτικού μηχανικού. Θα γίνει αρχικά ανάλυση του θεωρητικού πλαισίου σχετικά με την

τεχνολογία BIM και εν συνεχεία θα παρατεθούν παραδείγματα εφαρμογής της τόσο σε κτιριακά έργα όσο και σε έργα υποδομής.



Εικόνα 1.1 Building Information Modeling (BIM)

[Πηγή:

<https://eclass.upatras.gr/modules/document/file.php/CIV1529/Εργαστήριο%20BIM/Building%20Information%20Modeling.pdf>]

1.2 ΕΡΓΑ ΠΟΛΙΤΙΚΟΥ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ

Το Ινστιτούτο Διαχείρισης Έργων ορίζει ως έργο την από κοινού ενέργεια των διάφορων παραγόντων που εμπλέκονται στη διαδικασία παραγωγής ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας σε συγκεκριμένο χρονοδιάγραμμα με χρήση συγκεκριμένων πόρων, με δεδομένο κόστος και με συγκεκριμένες ποιοτικές προδιαγραφές (Γιαννοπούλου, 2020). Μπορεί να γίνει εύκολα αντιληπτό ότι τα έργα που αναλαμβάνει ένας πολιτικός μηχανικός χαρακτηρίζονται από πολυπλοκότητα σε αρκετά μεγάλο βαθμό, πράγμα που η διαχείρισή τους απαιτεί τεχνικές της Διαχείρισης Έργων, η οποία σύμφωνα με το Ινστιτούτο Διαχείρισης Έργων διατυπώνεται ως η εφαρμογή της διοίκησης και της γνώσης των μεθόδων και των δεξιοτήτων με βάση τους διαθέσιμους πόρους στις δραστηριότητες με απώτερο σκοπό την κάλυψη των απαιτήσεων του εκάστοτε έργου (Bakogiannis et al., 2020).

Η πολυπλοκότητα των έργων πολιτικού μηχανικού έγκειται στην ενσωμάτωση διάφορων κλάδων της μηχανικής, όπως η δομοστατική, η υδραυλική, η γεωτεχνική και η συγκοινωνιακή μηχανική. Ένας πολιτικός

μηχανικός καλείται να σχεδιάσει, να κατασκευάσει και να συντηρήσει έργα υποδομής που περιλαμβάνουν κτίρια, γέφυρες, δρόμους, σήραγγες, φράγματα, αεροδρόμια και λιμάνια (Λέτσιος, 2019). Κάθε ένα από αυτά τα έργα απαιτεί λεπτομερή σχεδιασμό, ακριβή υπολογισμό και αυστηρή παρακολούθηση κατά την υλοποίηση, για να εξασφαλιστεί η δομική ακεραιότητα και η ασφάλεια του έργου (Jiang, 2011).

Η ανάπτυξη και η εφαρμογή της τεχνολογίας BIM (Building Information Modeling) έχει φέρει σημαντικές αλλαγές στον τρόπο με τον οποίο διαχειρίζονται τα έργα πολιτικού μηχανικού. Η τεχνολογία αυτή επιτρέπει τη δημιουργία ψηφιακών αναπαραστάσεων των φυσικών και λειτουργικών χαρακτηριστικών ενός έργου, διευκολύνοντας την ολοκλήρωση των διαφόρων σταδίων του σχεδιασμού και της κατασκευής. Μέσω της χρήσης του BIM, οι πολιτικοί μηχανικοί μπορούν να ενσωματώνουν και να διαχειρίζονται μεγάλο όγκο δεδομένων, βελτιώνοντας την ακρίβεια και την αποδοτικότητα του έργου (Sacks et al., 2018).

Ένα από τα πιο αξιοσημείωτα πλεονεκτήματα της χρήσης του BIM είναι η δυνατότητα της τρισδιάστατης (3D) απεικόνισης των έργων. Αυτή η λειτουργία επιτρέπει στους μηχανικούς να προβλέπουν και να επιλύουν προβλήματα σχεδιασμού πριν την έναρξη της κατασκευής, μειώνοντας τον κίνδυνο λαθών και την ανάγκη για τροποποιήσεις κατά τη διάρκεια της κατασκευής. Επιπλέον, η τεχνολογία BIM υποστηρίζει και την ανάλυση του χρόνου (4D) και του κόστους (5D) των έργων, επιτρέποντας τον καλύτερο προγραμματισμό και την οικονομική διαχείριση των πόρων (Bakogiannis et al., 2020).

Η χρήση του BIM στα έργα πολιτικού μηχανικού έχει επίσης προωθήσει την καλύτερη συνεργασία μεταξύ των εμπλεκόμενων μερών. Η δυνατότητα κοινής χρήσης των πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο και η διαλειτουργικότητα των συστημάτων επιτρέπει την αποτελεσματικότερη επικοινωνία και το συντονισμό των εργασιών μεταξύ των διαφορετικών ειδικοτήτων μηχανικών. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την εξάλειψη των ασυνεπειών και των συγκρούσεων στο σχεδιασμό, οδηγώντας σε πιο ομαλές και αποδοτικές διαδικασίες κατασκευής (Jiang, 2011).

Πέρα από τα τεχνικά πλεονεκτήματα, η υιοθέτηση της τεχνολογίας BIM συμβάλλει και στην βιωσιμότητα των έργων πολιτικού μηχανικού. Η δυνατότητα ανάλυσης της ενεργειακής απόδοσης και της περιβαλλοντικής επίδρασης των κατασκευών επιτρέπει στους μηχανικούς να σχεδιάζουν πιο φιλικές προς το περιβάλλον υποδομές, μειώνοντας το αποτύπωμα άνθρακα και προωθώντας την αειφορία (Chong et al., 2017).

Η διαδικασία υλοποίησης ενός έργου πολιτικού μηχανικού περιλαμβάνει διάφορα στάδια, τα οποία απαιτούν εξειδικευμένη γνώση και εμπειρία. Αρχικά, το στάδιο του σχεδιασμού περιλαμβάνει τη δημιουργία των αρχικών σχεδίων και την ανάλυση των αναγκών του έργου. Σε αυτό το στάδιο, οι πολιτικοί μηχανικοί πρέπει να λάβουν υπόψη τους γεωλογικούς, περιβαλλοντικούς και

κοινωνικοοικονομικούς παράγοντες που μπορεί να επηρεάσουν την κατασκευή και λειτουργία του έργου (Sacks et al., 2018).

Στη συνέχεια, το στάδιο της κατασκευής απαιτεί την παρακολούθηση και διαχείριση των εργασιών στο εργοτάξιο. Οι πολιτικοί μηχανικοί πρέπει να διασφαλίσουν ότι οι εργασίες εκτελούνται σύμφωνα με τα σχέδια και τις προδιαγραφές, τηρώντας τα πρότυπα ασφαλείας και τις κανονιστικές απαιτήσεις. Η διαχείριση του κόστους και του χρόνου είναι κρίσιμη για την επιτυχή ολοκλήρωση του έργου, και οι τεχνικές του BIM παρέχουν τα απαραίτητα εργαλεία για τον έλεγχο αυτών των παραμέτρων (Bakogiannis et al., 2020).

Τέλος, το στάδιο της συντήρησης και λειτουργίας του έργου περιλαμβάνει τη διασφάλιση της μακροχρόνιας λειτουργικότητας και ασφάλειας της κατασκευής. Οι πολιτικοί μηχανικοί πρέπει να εκπονούν τακτικούς ελέγχους και επιθεωρήσεις, προκειμένου να εντοπίζουν και να αντιμετωπίζουν προβλήματα που μπορεί να προκύψουν κατά τη διάρκεια της ζωής του έργου. Η χρήση του BIM μπορεί να βοηθήσει στη διαχείριση των πληροφοριών συντήρησης, επιτρέποντας την εύκολη πρόσβαση στα δεδομένα και την αποτελεσματική διαχείριση των εργασιών συντήρησης (Sacks et al., 2018).

Συνοψίζοντας, τα έργα πολιτικού μηχανικού είναι ζωτικής σημασίας για την ανάπτυξη και την ευημερία των κοινωνιών. Η διαχείριση αυτών των έργων απαιτεί συνδυασμό επιστημονικής γνώσης, τεχνικών δεξιοτήτων και προηγμένων εργαλείων τεχνολογίας. Η εισαγωγή της τεχνολογίας BIM έχει φέρει επανάσταση στον τομέα, προσφέροντας νέες δυνατότητες για τον σχεδιασμό, την κατασκευή και τη συντήρηση των έργων πολιτικού μηχανικού με μεγαλύτερη ακρίβεια, αποδοτικότητα και βιωσιμότητα.



Εικόνα 1.2 Φάσεις έργου

[Πηγή: www.breakwithanarchitect.com/post/t%CE%BF-bim-or-not-bim]

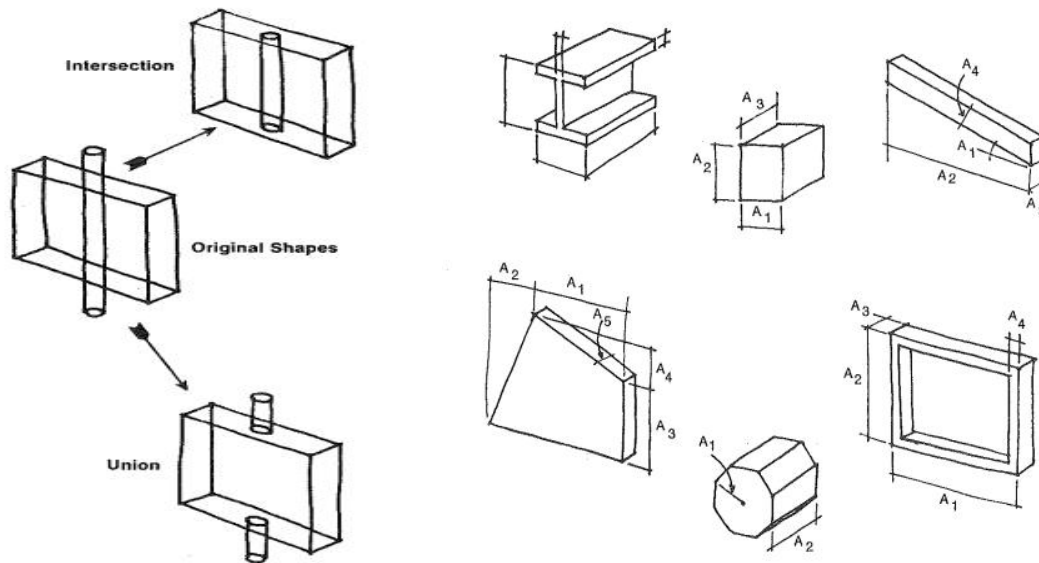
1.3 ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η φιλοσοφία του Building Information Modeling συναντάται αρκετά χρόνια πριν, μολονότι εξελίσσεται με αργούς ρυθμούς με το πέρασμα του χρόνου.

Ο Charles Eastman, Καθηγητής Αρχιτεκτονικής την δεκαετία του 1970, ήρθε για να προσφέρει σημαντικές αλλαγές στον έως τότε γνωστό τρόπο σχεδίασης σε κατασκευαστικά έργα, ορόσημο αποτέλεσε η εργασία του το 1975 "The Use of Computers instead of drawing in building design". Η παραπάνω εργασία είναι ιδιαίτερης σημασίας καθώς η σύνταξή της έγινε 7 χρόνια νωρίτερα από την ίδρυση της γνωστής σε όλους Autodesk, η οποία είναι κορυφαία εταιρεία παραγωγής λογισμικού σχεδίασης και 25 χρόνια νωρίτερα από την δημιουργία του λογισμικού Autodesk Revit που πραγματοποιήθηκε στις 5 Απριλίου του 2000. Η δημιουργία βάσεων δεδομένων και παραμετρικής αντικειμενοστραφούς σχεδίασης ως σημαντικό εργαλείο για την κοστολόγηση και τον προγραμματισμό των έργων, εισήχθη από τον Eastman ο οποίος πειραματίστηκε με τις έννοιες αυτές, παρόλο που τα τεχνολογικά μέσα για την δική του εποχή ήταν περιορισμένα.

Αξίζει να αναφερθούν ορισμένοι ακόμη άνθρωποι, εκτός του Eastman ο οποίος θεωρείται ως ο "Πατέρας του BIM", οι οποίοι προσέφεραν σημαντικά για να εξαπλωθεί η ιδέα αυτή κατά τα αρχικά χρόνια, όπως οι Αυστραλοί Robin Drogemuller και John Mitchell, ο Φιλανδός Arto Kiviniemi και ο Tom Maver.

Επίσης, παρατηρείται ότι η ιδέα δεν σταμάτησε αφού πραγματοποιήθηκαν σημαντικές εξελίξεις κατά τις δεκαετίες 1980 και 1990, όπου πιο συγκεκριμένα την χρονολογία 1986 εισήχθη ο όρος "Building Modeling" από τον Robert Aish, καθώς και το 1992 που εισήχθη για πρώτη φορά στην ιστορία ο όρος "Building Information Modeling" από τον Tolman και van Nederveen (Eastman 1975).



Εικόνα 1.3 οι πρώτες προσπάθειες του Eastman να απεικονίσει δομικά στοιχεία κτηρίων ως “έξυπνα” αντικείμενα με 3 διαστάσεις στο χώρο (Eastman, 1975)

[Πηγή: <https://www.slideshare.net/aGaabdelqawad/industry-foundation-classes>]

1.4 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΡΓΩΝ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ

Τη δεκαετία του 1980, με την εμφάνιση του ηλεκτρονικού υπολογιστή, ο παραδοσιακός τρόπος χειροποίητου σχεδιασμού αντικαταστάθηκε από την αυτοματοποιημένη σχεδίαση. Στις αρχές του 2000, η Μοντελοποίηση της Κατασκευαστικής Πληροφορίας (BIM) ξεκίνησε να διαδίδεται με ταχύτατους ρυθμούς από την Autodesk, παρά τις τυχόν αρχικές αμφιβολίες που υπήρχαν. Στο σημείο αυτό απαιτείται να καθοριστεί ο ορισμός της Μοντελοποίησης της Κατασκευαστικής Πληροφορίας (Building Information Modeling - BIM). Το BIM αναφέρεται σε μία ψηφιακή αναπαράσταση των λειτουργικών και φυσικών χαρακτηριστικών μίας τυπικής εγκατάστασης που συνδράμει στη σχεδίαση του κτιρίου σύμφωνα με το National Institute of Building Science. Αυτή η αναπαράσταση αποτελεί μία αξιόπιστη δεξαμενή πληροφοριών που βοηθούν στη λήψη ορθολογικών αποφάσεων σε όλα τα στάδια της ζωής του έργου, από την αρχική σύλληψη της κατασκευαστικής ιδέας έως την τελική κατεδάφισή του, καθώς φθάνει στο τέλος του κύκλου ζωής του, εξυπηρετώντας τόσο τον μηχανικό όσο και την εταιρία που επωφελείται από το έργο (National BIM Standard - United States, 2021). Οι αρχιτέκτονες δημιούργησαν σε πρώτη φάση ηλεκτρονικά κτιριακά μοντέλα, έπειτα οι μηχανικοί πρόσθεσαν τις πληροφορίες του έργου και με αυτόν τον τρόπο ολοκληρώθηκε η έννοια κτιριακό πληροφοριακό μοντέλο, ενισχύοντας την σημασία του και αποδίδοντας του μεγαλύτερη ακρίβεια (Sacks et al., 2018).

Η όλο και αυξανόμενη πληροφορία καθώς και η διαχείριση αυτής στον τομέα των κατασκευών την καθιστά να έχει τον πρωταρχικό ρόλο στο BIM και

το μοντέλο του κτηρίου έρχεται δεύτερο. Η χρήση πακέτων BIM οδηγεί σε αποτελεσματική χρησιμοποίηση των διατιθέμενων πόρων που χρησιμοποιούνται τόσο για την συντήρηση όσο και για την κατασκευή του, μετά την ολοκλήρωση του έργου, καθώς και χρησιμοποίηση του έργου μέσα από την εξακρίβωση όλων των πιθανών σεναρίων που ανακύπτουν από την ανάλυση των πληροφοριών που προσφέρει το ψηφιακό μοντέλο στους εμπλεκόμενους και τις ανάγκες αυτών. Προκειμένου να γίνει οποιαδήποτε μελέτη σωστά απαιτείται και σωστή λειτουργία των δεδομένων που λαμβάνονται από το μοντέλο του έργου. Συνεπώς, τα είδη αυτών απαιτείται να είναι ειδικά, να παρέχονται με ευκολία σε όσους ενδιαφέρονται αλλά και το πλήθος αυτών να είναι σε συνεχή επαφή όταν προστίθενται πληροφορίες η παρουσιάζονται αλλαγές (Γιαννοπούλου, 2020).



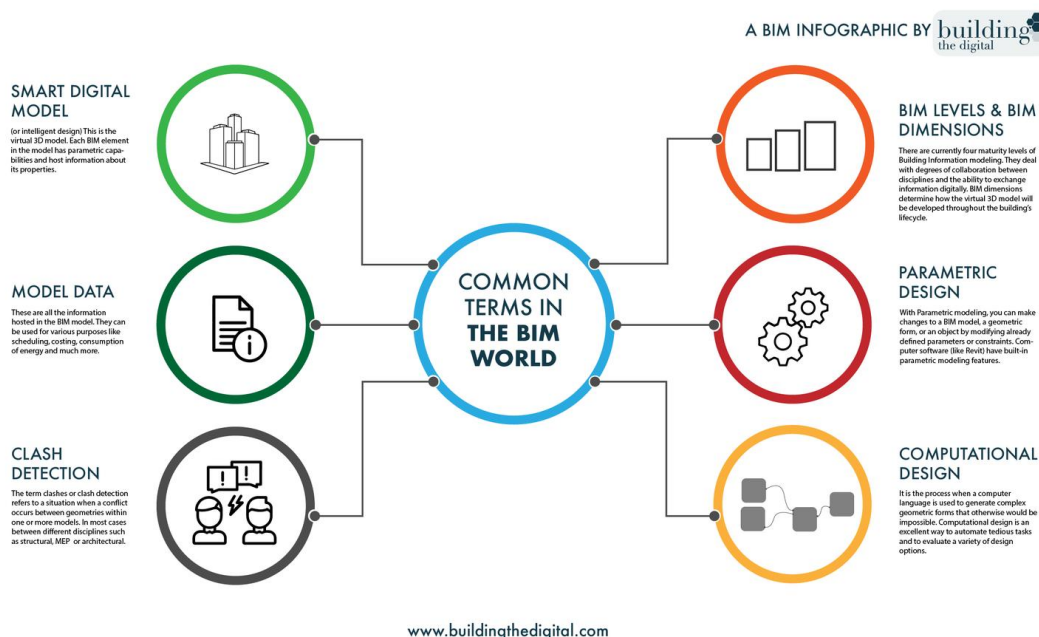
Εικόνα 1.4 Σχεδιαστήριο αρχιτεκτονικού γραφείου το 1950

[Πηγή: <https://www.newyorkbuildexpo.com>]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ BIM

2.1 ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ BIM

Η Τεχνολογία Πληροφοριακής Μοντελοποίησης Κτιρίων (BIM - Building Information Modeling) αποτελεί ένα καινοτόμο εργαλείο στον τομέα της αρχιτεκτονικής, μηχανικής και κατασκευής (AEC - Architecture, Engineering, and Construction). Η BIM επιτρέπει τη δημιουργία ψηφιακών αναπαραστάσεων των φυσικών και λειτουργικών χαρακτηριστικών ενός κτιρίου. Αυτό το σύστημα παρέχει μια κοινή βάση δεδομένων για όλες τις εμπλεκόμενες πλευρές, επιτρέποντας τη συνεργασία σε κάθε φάση του έργου, από τον αρχικό σχεδιασμό έως τη συντήρηση μετά την κατασκευή (Chong et al., 2017). Παρακάτω παρουσιάζεται το σχεδιάγραμμα που απεικονίζει τα στοιχεία που περιλαμβάνει η τεχνολογία του BIM (Εικόνα 2.1).



Εικόνα 2.1 Στοιχεία που απαρτίζουν τη τεχνολογία BIM

[Πηγή: <https://www.buildingthedigital.com/blog/bim-beginners/>]

Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά του BIM είναι η ακρίβεια των δεδομένων που προσφέρει. Τα ψηφιακά μοντέλα που δημιουργούνται μέσω του BIM περιλαμβάνουν λεπτομερείς πληροφορίες για κάθε στοιχείο του έργου, επιτρέποντας στους μηχανικούς και τους αρχιτέκτονες να κατανοήσουν καλύτερα τις διαστάσεις και τις ιδιότητες των υλικών που χρησιμοποιούνται. Αυτή η λεπτομέρεια μειώνει τον κίνδυνο σφαλμάτων και αποκλίσεων κατά τη διάρκεια της κατασκευής, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική μείωση του κόστους και του χρόνου ολοκλήρωσης του έργου (Bakogiannis et al., 2020).

Το BIM διευκολύνει τη διαχείριση των έργων μέσω της παροχής ολοκληρωμένων πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο. Οι διαχειριστές έργων

μπορούν να χρησιμοποιούν το BIM για να παρακολουθούν την πρόοδο του έργου, να εντοπίζουν προβλήματα πριν αυτά προκύψουν και να λαμβάνουν τεκμηριωμένες αποφάσεις. Επιπλέον, το BIM επιτρέπει την καλύτερη προσομοίωση των φάσεων κατασκευής, βοηθώντας στην πρόβλεψη και τον προγραμματισμό των απαιτούμενων πόρων (Sacks et al., 2018).

Ένα σημαντικό πλεονέκτημα του BIM είναι η δυνατότητα ενσωμάτωσης των αρχών της βιωσιμότητας στον σχεδιασμό και την κατασκευή των κτιρίων. Μέσω του BIM, οι σχεδιαστές μπορούν να αξιολογήσουν την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων, να εντοπίσουν ευκαιρίες για την χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και να προτείνουν λύσεις για την ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων (Charef et al., 2018).

Το BIM διευκολύνει την προσαρμογή στις αλλαγές κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής του έργου. Οποιαδήποτε τροποποίηση στο σχέδιο μπορεί να ενημερωθεί άμεσα στο ψηφιακό μοντέλο, επιτρέποντας σε όλες τις εμπλεκόμενες πλευρές να έχουν πρόσβαση στις πιο πρόσφατες πληροφορίες. Αυτό μειώνει τον κίνδυνο παρεξηγήσεων και καθυστερήσεων λόγω αλλαγών στον σχεδιασμό (Edirisinghe & London, 2015).

Μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής, το BIM συνεχίζει να παρέχει οφέλη κατά τη διάρκεια της φάσης λειτουργίας και συντήρησης του κτιρίου. Οι πληροφορίες που είναι αποθηκευμένες στο μοντέλο μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την διαχείριση της συντήρησης, την παρακολούθηση της απόδοσης του κτιρίου και τον προγραμματισμό των απαραίτητων επισκευών. Αυτό οδηγεί σε μεγαλύτερη διάρκεια ζωής του κτιρίου και μειώνει το συνολικό κόστος συντήρησης (Jiang, 2011).

Το BIM βασίζεται σε διεθνώς αναγνωρισμένα πρότυπα, όπως το Industry Foundation Classes (IFC), που διασφαλίζουν τη συμβατότητα μεταξύ διαφορετικών λογισμικών και πλατφορμών. Αυτό επιτρέπει την εύκολη ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ των εμπλεκόμενων μερών και την απρόσκοπτη συνεργασία κατά τη διάρκεια του έργου (National BIM Standard-United States, 2020).

2.2 ΣΥΓΚΡΙΣΗ CAD ΚΑΙ BIM

Ο όρος CAD (Computer Aided Design) παραπέμπει στην χρησιμοποίηση υπολογιστικών συστημάτων ψηφιακού χαρακτήρα, στοχεύοντας να σχεδιαστεί και να απεικονιστεί γραφικά ένα μοντέλο τα θεμέλια του οποίου στηρίζονται σε γεωμετρικές παραμέτρους. Η εμφάνιση των μοντέλων αυτών αναπαριστά ένα σύνολο εργαλείων στην οθόνη του ηλεκτρονικού υπολογιστή, τα οποία είναι εφικτό με την ανάλογη παράμετρο να μετασχηματιστούν. Τα λογισμικά CAD αντικατέστησαν σταδιακά τον παραδοσιακό τρόπο σχεδιασμού και χρησιμοποιούνται κυρίως για την βελτίωση της σχεδιαστικής παραγωγικότητας και πλουραλισμού, την ποιοτική αναβάθμιση του σχεδίου και την συνεργασία μεταξύ των εμπλεκόμενων μερών του κατασκευαστικού και σχεδιαστικού τομέα (Griffis et al., 1995).

Παρόλο που το CAD αποτέλεσε επανάσταση στις τεχνικές σχεδιασμού, δεν είναι τίποτα άλλο από μία ψηφιακή απεικόνιση των χειρόγραφων σχεδίων όπου απουσιάζει χαρακτηριστικά το στοιχείο της πληροφoρίας. Η κεντρική ιδέα της ψηφιακής προβολής ενός έργου μέσω της εφαρμογής CAD ενσαρκώνεται μέσω του σχεδιασμού διαφόρων δισδιάστατων αρχείων που δυστυχώς έως τώρα δεν υπάρχει έξυπνη ή καθολική αντιστοίχιση με αυτά. Ο δημιουργός καλείται να κατασκευάσει ένα υποσύνολο σχεδίων, ανεξάρτητα ως προς την φύση τους και τα οποία στην μετέπειτα πορεία του σχεδίου θα χρησιμοποιηθούν για την δημιουργία έτερων σχεδίων που θα περιλαμβάνουν τις όψεις, τις τομές και διάφορες άλλες πληροφορίες-λεπτομέρειες. Έτσι, το πλήθος των σχεδίων σχετίζεται άμεσα με τον αριθμό των δεδομένων που προσβλέπεται να μεταδοθούν από τον κατασκευαστή του σχεδίου, μια διαδικασία που είναι δυναμική σε περίπτωση τυχόν τροποποιήσεων ή αλλαγών όταν καθίσταται αναγκαίο. Οι μεταβολές αυτές γίνονται χειροκίνητα στα συστήματα CAD και αποτελούν βέβαια μια διαδικασία που απαιτεί χρόνο και ενέχει ο κίνδυνος δημιουργίας ανθρώπινων σφαλμάτων και ασυντόνιστων δεδομένων, που ενδεχομένως να θέσουν σε κίνδυνο την διαδικασία σχεδιασμού της υποδομής.

Η ανάπτυξη του BIM προήλθε έπειτα από την ανάγκη να δημιουργηθούν προγράμματα τα οποία να συμπεριλαμβάνουν πλήθος δεδομένων με σκοπό την οικονομία χρόνου στην επίλυση προβλημάτων, την κατασκευή και τον σχεδιασμό. Το BIM χρησιμοποιεί διαφορετική φιλοσοφία σε σύγκριση με το CAD όπου αφού μαζεύει τα απαιτούμενα δεδομένα σε ένα μέρος, αντιστοιχεί τελικώς τις πληροφορίες αυτές σε αλληλοσχετιζόμενες σταθερές (Czmoach & Ρεκαλα, 2014).

Καίριο στοιχείο της BIM τεχνολογίας αποτελεί η δυνατότητα να κατασκευασθούν και να μορφοποιηθούν τα πάντα σε ένα ενιαίο περιβάλλον σχεδιασμού και σε περίπτωση τυχόν ανάγκης για αλλαγή το σύστημα αυτόματα υλοποιεί κάθε απαιτούμενη αλλαγή στα εμπλεκόμενα μέρη και στοιχεία του έργου. Αυτόματα θα παραχθούν και αλλαγές σε όλες τις λεπτομέρειες, τις τομές και τις όψεις. Συνεπώς, ο χρήστης θα έχει περισσότερο χρόνο για να οριστικοποιήσει τις αποφάσεις του, να κάνει τους πειραματισμούς του και να σχεδιάσει, αφού ο υπολογιστής είναι υπεύθυνος για τις κατάλληλες αλληλεπιδράσεις και τους υπολογισμούς. Αν για παράδειγμα, τροποποιηθεί η όψη ενός κτιρίου, θα ακολουθήσει μια σειρά από αλλαγές σε προϋπολογισμούς, πίνακες χρονοδιαγραμμάτων, τομές και λεπτομέρειες, καθώς και σε προμετρήσεις (Baldwin et al., 2014).

Η βάση του BIM δεν είναι σε σχεδιαστικά επίπεδα αλλά στην αρχιτεκτονική συναρμολόγηση και σε ένα σύστημα κωδικοποίησης. Για παράδειγμα, τα κτιριακά μοντέλα είθισται να περιλαμβάνουν αρκετή πληροφορία που αφορά τόσο υλικά κατασκευής, όσο και απαιτούμενα

αντικείμενα προς τοποθέτηση. Δίνεται η δυνατότητα ταξινόμησης των πληροφοριών που σχετίζονται με τα κατασκευαστικά υλικά και να γίνει ο έλεγχος της γραφικής και οπτικής απεικόνισης αυτών, μέσω χρησιμοποίησης ορθολογικής λίστας κατηγοριών, που να είναι κατανοητή στον οποιοδήποτε χρήστη. Η παραπάνω δυνατότητα χαρακτηρίζεται ως μία από τις βασικές διαφορές από το σχεδιαστικό πρόγραμμα AutoCAD, το οποίο ως κύρια λειτουργία είναι η κάθε γραμμή να αντιστοιχίζεται με ένα συγκεκριμένο σχεδιαστικό επίπεδο που όμως ο χρήστης έχει ολοκληρωτικά την ευθύνη για την σωστή σύνδεση όλων αυτών. Από την άλλη, ο προγραμματισμός των λογισμικών BIM έχει κύρια λειτουργία να προσφέρει στον χρήστη την ικανότητα να αντιλαμβάνεται τόσο τον ρόλο των υλικών όσο και την θέση στο σύνολο της κατασκευής και να τον πληροφορεί για λανθασμένη θέση των κατασκευών ή αν πρόκειται να συγκρουστούν μεταξύ τους (Jiang, 2011).

2.3 ΔΙΕΘΝΕΙΣ ΦΟΡΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΩΘΗΣΗ BIM - ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ IFC

Η χρήση του Building Information Modeling (BIM) έχει γίνει κεντρικό θέμα συζήτησης σε πολλούς διεθνείς οργανισμούς και κλάδους κατασκευών, δεδομένων των πλεονεκτημάτων που προσφέρει σε θέματα απόδοσης, βιωσιμότητας και διαχείρισης κόστους. Ένα σημαντικό κομμάτι της παγκόσμιας υιοθέτησης του BIM είναι οι διεθνείς οργανισμοί που προωθούν την εφαρμογή του και το πρότυπο Industry Foundation Classes (IFC).

Οργανισμοί Προώθησης BIM

BuildingSMART International

Ο BuildingSMART International είναι ένας από τους πιο σημαντικούς οργανισμούς που ασχολούνται με την προώθηση του BIM παγκοσμίως. Ο οργανισμός αυτός έχει αναπτύξει το πρότυπο IFC, που είναι απαραίτητο για την διαλειτουργικότητα των διαφόρων συστημάτων λογισμικού BIM. Η BuildingSMART έχει καθιερώσει πρωτόκολλα και κατευθυντήριες γραμμές για την εφαρμογή του BIM, ενισχύοντας την αποτελεσματικότητα και την ακρίβεια των κατασκευαστικών έργων (Chong et al., 2017).

EU BIM Task Group

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει επίσης αναλάβει σημαντικό ρόλο στην προώθηση του BIM μέσω της ομάδας εργασίας EU BIM Task Group. Αυτή η ομάδα αποτελείται από εκπροσώπους των κρατών μελών της ΕΕ και έχει ως στόχο την ανάπτυξη κοινών προτύπων και στρατηγικών για την εφαρμογή του BIM στις δημόσιες κατασκευές. Το έργο αυτό βοηθά στη δημιουργία μιας συνεκτικής προσέγγισης για την υιοθέτηση του BIM στην Ευρώπη, προάγοντας τη συνεργασία και την καινοτομία στον κατασκευαστικό τομέα (Bakogiannis et al., 2020).

National Institute of Building Sciences (NIBS)

Στις Ηνωμένες Πολιτείες, το National Institute of Building Sciences (NIBS) εργάζεται για την προώθηση του BIM μέσω της ανάπτυξης προτύπων και κατευθυντήριων γραμμών που υποστηρίζουν τη χρήση του BIM σε δημόσια έργα. Ο NIBS έχει συνεισφέρει σημαντικά στην υιοθέτηση του BIM μέσω του National BIM Standard-United States (NBIMS-US), το οποίο παρέχει ένα πλαίσιο για την εφαρμογή του BIM σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής ενός κατασκευαστικού έργου (Sacks et al., 2018).

Το Πρότυπο IFC

Το πρότυπο IFC (Industry Foundation Classes) είναι ένα ανοιχτό και ουδέτερο μορφότυπο δεδομένων που επιτρέπει την ανταλλαγή και κοινή χρήση δεδομένων BIM μεταξύ διαφορετικών λογισμικών και συστημάτων. Το IFC αναπτύχθηκε από τον BuildingSMART International και αποτελεί το κλειδί για την διαλειτουργικότητα στον τομέα του BIM.

Η εξέλιξη του IFC ξεκίνησε τη δεκαετία του 1990 με σκοπό τη δημιουργία ενός κοινώς αποδεκτού προτύπου για την ανταλλαγή δεδομένων κατασκευής. Η ανάπτυξη και υιοθέτηση του IFC έχει επιταχυνθεί σημαντικά τις τελευταίες δεκαετίες, με πολλούς οργανισμούς και κυβερνήσεις να το αναγνωρίζουν ως πρότυπο για τις δημόσιες και ιδιωτικές κατασκευές. Το IFC παρέχει ένα ολοκληρωμένο μοντέλο δεδομένων που καλύπτει όλες τις πτυχές ενός κατασκευαστικού έργου, από την αρχιτεκτονική και τη μηχανική έως τη διαχείριση και τη συντήρηση (Mitchell, 2012).

Το πρότυπο IFC υποστηρίζεται από πολλά λογισμικά BIM, επιτρέποντας την απρόσκοπτη ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ διαφορετικών εργαλείων και πλατφορμών. Αυτή η διαλειτουργικότητα είναι κρίσιμη για τη συνεργασία μεταξύ των διάφορων εμπλεκόμενων φορέων σε ένα κατασκευαστικό έργο, εξασφαλίζοντας την ακρίβεια και τη συνέπεια των πληροφοριών καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του έργου (Singh et al., 2017).

Η υιοθέτηση του IFC προσφέρει σημαντικά οφέλη, όπως η βελτίωση της συνεργασίας, η μείωση των σφαλμάτων και η αύξηση της αποδοτικότητας. Ωστόσο, υπάρχουν και προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπιστούν, όπως η ανάγκη για εκπαίδευση και κατάρτιση των επαγγελματιών στον τομέα του BIM, καθώς και η αντιμετώπιση της αντίστασης στην αλλαγή από παραδοσιακές μεθόδους εργασίας (Czmoch & Pękala, 2014).

Η υιοθέτηση του IFC έχει δει σημαντική πρόοδο σε πολλές χώρες. Στη Σιγκαπούρη, για παράδειγμα, η κυβέρνηση έχει επιβάλει τη χρήση του BIM και του IFC για όλα τα δημόσια έργα, με αποτέλεσμα τη βελτίωση της αποδοτικότητας και τη μείωση των κατασκευαστικών κόστους (Charef et al.,

2018). Στη Φινλανδία, η χρήση του IFC είναι υποχρεωτική για όλα τα δημόσια έργα, εξασφαλίζοντας την ποιότητα και την ακρίβεια των κατασκευαστικών δεδομένων (McGraw Hill Construction Research and Analytics, 2014).

Πέρα από το πρότυπο IFC, έχουν αναπτυχθεί και άλλα πρότυπα που ενισχύουν την τεχνολογία BIM και την καθιστούν πιο αποτελεσματική και διαλειτουργική.

Το International Framework for Dictionaries (IFD) είναι ένα βασικό συστατικό της τεχνολογίας που προάγει ο BuildingSMART International (BSI). Το IFD παρέχει μια τυποποιημένη μέθοδο για τη δημιουργία και τη διαχείριση λεξικών δεδομένων που χρησιμοποιούνται στο BIM, διευκολύνοντας την ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ διαφορετικών λογισμικών και συστημάτων.

Το BuildingSMART Data Dictionary (BSDD) τυποποιεί κάθε είδος πληροφορίας που αφορά ιδιότητες, οντότητες και επίπεδα ταξινόμησης και παρέχει μια αξιόπιστη και ευέλικτη μέθοδο συσχετισμού διαφορετικών λογισμικών και βάσεων δεδομένων με τα δεδομένα κατασκευής σε ένα μοντέλο BIM. Το BSDD βοηθά στην επίτευξη υψηλού επιπέδου διαλειτουργικότητας και συνέπειας των δεδομένων (Skripkina et al., 2019).

Μια άλλη υποκατηγορία μοντέλου IFC είναι το Model View Definition (MVD), το οποίο χρησιμοποιείται για να παρουσιάσει συγκεκριμένα πεδία εφαρμογής και δεδομένων. Για παράδειγμα, υπάρχουν MVD για μηχανολογικά μοντέλα, αρχιτεκτονικά μοντέλα και μοντέλα θερμικής απόδοσης. Το MVD εξασφαλίζει ότι τα δεδομένα που περιλαμβάνονται σε ένα BIM μοντέλο είναι κατάλληλα για τις ανάγκες κάθε συγκεκριμένου έργου ή φάσης (Singh et al., 2017).

Το Information Delivery Manual (IDM) είναι ένα άλλο πρότυπο που βοηθάει στην καταγραφή και την προοδευτική ενσωμάτωση των βέλτιστων διαδικασιών ολοκλήρωσης ενός έργου. Το IDM παρέχει λεπτομερείς οδηγίες ως προς το είδος της πληροφορίας που ο χρήστης καλείται να αναπτύξει, βελτιώνοντας τη διαχείριση των δεδομένων και τη συνοχή του έργου (Chong et al., 2017).

Το BIM Collaboration Format (BCF) είναι ένα απλουστευμένο σχήμα ανοιχτού προτύπου που προάγει τον συντονισμό και την επικοινωνία μεταξύ διαφορετικών ομάδων και λογισμικών. Το BCF επιτρέπει στους χρήστες να ανταλλάσσουν πληροφορίες σχετικά με προβλήματα και θέματα του έργου σε μια μορφή που είναι κατανοητή από όλα τα εμπλεκόμενα μέρη. Με τη χρήση του BCF, οι επαγγελματίες μπορούν να αναφέρουν προβλήματα, να προτείνουν λύσεις και να επικοινωνούν αποτελεσματικά, βελτιώνοντας τη διαχείριση του έργου και την επίλυση των δυσκολιών (Sacks et al., 2018).

Το πρότυπο IFC και άλλα συναφή πρότυπα όπως το IFD, το BSDD, το MVD, το IDM και το BCF αποτελούν καίρια εργαλεία για την επιτυχή υλοποίηση και χρήση του BIM σε κατασκευαστικά έργα. Μέσω αυτών των προτύπων, οι φορείς στον κλάδο της κατασκευής μπορούν να επιτύχουν μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα, συνεργασία και ποιότητα στα έργα τους, ενώ αντιμετωπίζουν τις προκλήσεις που προκύπτουν από την υιοθέτηση νέων τεχνολογιών και προτύπων εργασίας. Η συνεχής ανάπτυξη και βελτίωση αυτών των προτύπων αποτελεί κρίσιμη πτυχή για την εξέλιξη του BIM και τη βελτίωση της απόδοσης του κατασκευαστικού τομέα σε παγκόσμιο επίπεδο.



Εικόνα 2.2 Λογότυπο διεθνή οργανισμού διαλειτουργικότητας buildingSMART

[Πηγή: <https://www.buildingsmart.de/kos/Wnetz?art=News.show&id=486>]

2.4 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ BIM

2.4.1 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ 3D

Η οπτικοποίηση των 3D πληροφοριών αποτελεί κρίσιμο στοιχείο στον σχεδιασμό υποδομών, καθώς παρέχει στους εμπλεκόμενους έναν ευκολότερο τρόπο να ερμηνεύσουν και να αναλύσουν τα σχέδια του έργου. Το 3D εικονικό περιβάλλον διευκολύνει την οπτικοποίηση των διαφόρων στοιχείων της υποδομής, επιτρέποντας στους σχεδιαστές και τους μηχανικούς να απεικονίσουν ρεαλιστικά τα σχέδια τους και να αξιολογήσουν τις πιθανές προκλήσεις και λύσεις για αυτές (Μανιώτη, 2015).

Η χρήση του 3D περιβάλλοντος στη σχεδίαση υποδομών επιτρέπει στους εμπλεκόμενους να εξετάσουν πολύπλοκες εργονομετρικές μορφές και να βελτιώσουν τις υπάρχουσες παραλλαγές. Μέσω της δυνατότητας παρουσίασης των σχεδίων κάτω από ρεαλιστικές συνθήκες, οι σχεδιαστές μπορούν να αξιολογήσουν την απόδοση και την εφαρμοσιμότητα των σχεδίων τους προτού ακόμη ξεκινήσει η διαδικασία κατασκευής (Singh et al., 2017).

Επιπλέον, η 3D προβολή διευκολύνει την κατασκευή, καθώς παρέχει μια πιο εποπτική εικόνα της εγκατάστασης (Mitchell, 2012). Μέσω αυτής της εικονικής αναπαράστασης, οι κατασκευαστές μπορούν να εντοπίσουν πιθανά λάθη και αντιφάσεις στο σχεδιασμό προτού αυτά να επηρεάσουν την πραγματική κατασκευή του έργου (Sacks et al., 2018).

Συνολικά, η οπτικοποίηση των 3D πληροφοριών μέσω του εικονικού περιβάλλοντος συμβάλλει στη βελτίωση της ποιότητας του σχεδιασμού και της κατασκευής υποδομών, επιτρέποντας στους εμπλεκόμενους να ερμηνεύσουν και να αξιολογήσουν τα σχέδια με μεγαλύτερη ακρίβεια και αποτελεσματικότητα (Chong et al., 2020).

2.4.2 AUTOMATED 2D DRAWING ENGINE

Η αυτοματοποίηση των σχεδίων 2D από μοντέλα 3D είναι μια σημαντική καινοτομία στον κλάδο του Building Information Modeling (BIM). Αυτή η δυνατότητα επιτρέπει τη δημιουργία αναλυτικών σχεδίων, όπως πρόσοψης και κατοπτρικές απεικονίσεις, αυτόματα από το μοντέλο 3D, με βάση τις προκαθορισμένες όψεις και τομές (Fischer et al., 2003). Αυτή η καινοτομία συνδυάζεται επίσης με την παραμετρική μοντελοποίηση, η οποία επιτρέπει την αυτόματη ενημέρωση των 2D σχεδίων με τυχόν αλλαγές στο μοντέλο 3D, με ελάχιστη δυνατή επιβάρυνση (Fischer et al., 2003).

Αυτή η τεχνολογία επιτρέπει την αυτόματη δημιουργία λεπτομερών σχεδίων με ακρίβεια και συνέπεια, εξοικονομώντας χρόνο και πόρους στο κατασκευαστικό έργο. Επιπλέον, η δυνατότητα αυτόματης ενημέρωσης των σχεδίων από το μοντέλο 3D εξαλείφει την ανάγκη για χειροκίνητη ενημέρωση και ελαχιστοποιεί τον κίνδυνο ασυνέπειας μεταξύ των σχεδίων και του μοντέλου (Sacks et al., 2018).

Η αυτοματοποίηση των σχεδίων 2D αποτελεί ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα της χρήσης του BIM στον κατασκευαστικό τομέα, παρέχοντας αποτελεσματικότητα, ακρίβεια και συνέπεια στη διαδικασία σχεδίασης και κατασκευής. Ωστόσο, είναι σημαντικό να ληφθούν υπόψη οι τεχνικές προκλήσεις και οι απαιτήσεις υποδομής για την αποτελεσματική υλοποίηση αυτής της καινοτομίας (Sacks et al., 2018).

2.4.3 GEOMETRY CHANGE MANAGEMENT DESIGN

Η παραμετρική μοντελοποίηση συνιστά μία από τις πρωτοποριακές δυνατότητες του BIM και του ενισχυμένου λογισμικού CAD. Αυτή η τεχνολογία διαχείρισης αλλαγών, η οποία βασίζεται σε παραμέτρους και περιορισμούς, επιτρέπει την καθορισμένη αλληλεπίδραση των στοιχείων μέσω του μοντέλου. Μέσω αυτών των παραμέτρων, κυρίως αυτών που ρυθμίζουν τη συμπεριφορά των γραφικών οντοτήτων, οι σχέσεις μεταξύ των χαρακτηριστικών του μοντέλου διαμορφώνονται με δομημένο τρόπο (Κούρος, 2021). Επιπλέον, αυτή η προσέγγιση διατηρεί τον αρχικό σκοπό του σχεδιασμού και απλοποιεί τη διαδικασία επεξεργασίας του μοντέλου, ενθαρρύνοντας τους σχεδιαστές να εστιάζουν στη δημιουργία αντί για τη διαχείριση αλλαγών (Τσακίρη, 2018). Με αυτόν τον τρόπο, επιτυγχάνεται η απόλυτη αφοσίωση στο έργο, ενώ παράλληλα διασφαλίζεται η συνέπεια του σχεδιασμού.

Η παραμετρική μοντελοποίηση αποτελεί μία προχωρημένη τεχνική που παρομοιάζεται με ένα υπολογιστικό φύλλο. Σε αυτήν την προσέγγιση, ένα

δίκτυο σχέσεων δημιουργείται, και κάθε αλλαγή στο λογιστικό φύλλο αντικατοπτρίζεται αυτόματα σε όλα τα στοιχεία (Παπαδοπούλου, 2019). Αυτή η δυνατότητα είναι κρίσιμη σε κτιριακές εφαρμογές, καθώς επιτρέπει την ευέλικτη προσαρμογή του μοντέλου σύμφωνα με τις νομοθετικές απαιτήσεις και τις ανάγκες του έργου.

Ανακεφαλαιώνοντας, η παραμετρική μοντελοποίηση αναδεικνύεται ως κρίσιμο εργαλείο στο πλαίσιο του BIM και του CAD, προσφέροντας δομημένη διαχείριση αλλαγών και ενισχύοντας τη συνολική συνέπεια του σχεδιασμού. Η εφαρμογή της παραμετρικής μοντελοποίησης επιτρέπει την ευέλικτη προσαρμογή του μοντέλου στις αλλαγές και τις απαιτήσεις του έργου, διασφαλίζοντας τη συμμόρφωση με τις νομοθετικές απαιτήσεις και την τήρηση της νομοθεσίας. Με τη συνεχή ενημέρωση και αυτόματη προσαρμογή των στοιχείων του μοντέλου, η παραμετρική μοντελοποίηση βελτιώνει την αποδοτικότητα του σχεδιαστικού διαδικαστικού (Κοκκινάκης, 2019). Τέλος, η συνέπεια και η ευελιξία που προσφέρει αυτή η τεχνολογία ενισχύουν τη συνολική διαδικασία κατασκευής, εξασφαλίζοντας την επιτυχή ολοκλήρωση του έργου (Παπαδούλης, 2021).

Συνολικά, η παραμετρική μοντελοποίηση αναδεικνύεται ως ένα εξαιρετικά χρήσιμο εργαλείο στον τομέα του BIM και του ενισχυμένου CAD, προσφέροντας δομημένη διαχείριση αλλαγών και επιτυγχάνοντας τη συνολική συνέπεια και αποδοτικότητα στο σχεδιαστικό διαδικαστικό και την κατασκευή. Η εφαρμογή της παραμετρικής μοντελοποίησης αναμένεται να συνεχίσει να αποτελεί κρίσιμο στοιχείο στο μέλλον, ενισχύοντας την ποιότητα και την αποδοτικότητα των κατασκευαστικών έργων (Βασιλείου, 2022).

2.4.4 ΜΗΧΑΝΗ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ CLASH

Το εργαλείο ανίχνευσης Clash αποτελεί ένα ουσιώδες εργαλείο στον κόσμο του Building Information Modeling (BIM), προσφέροντας στους επαγγελματίες τη δυνατότητα να ανιχνεύουν και να αναλύουν συγκρούσεις μεταξύ των στοιχείων του μοντέλου τους. Η συγκρουόμενη γεωμετρία είναι μία από τις πιο συχνές προκλήσεις στον τομέα της κατασκευής, και η αποτελεσματική ανίχνευση τέτοιων συγκρούσεων μπορεί να αποφύγει ακριβές λάθη και καθυστερήσεις στο έργο.

Ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα του εργαλείου Clash Detection είναι η δυνατότητα να εξετάζει δειγματοληπτικά πιθανές συγκρούσεις μεταξύ διαφορετικών συστατικών του έργου, όπως μηχανικά, ηλεκτρολογικά και δομικά συστήματα (Cegónsek, 2011). Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτού είναι η εντοπισμός μιας σύγκρουσης μεταξύ ενός δομικού μέλους και ενός ηλεκτρολογικού συστήματος, όπου η παραβίαση των χώρων ή η αντίφαση στις διαστάσεις μπορεί να οδηγήσει σε σοβαρά προβλήματα κατά την εκτέλεση του έργου.

Ένας σημαντικός παράγοντας που πρέπει να ληφθεί υπόψη κατά τη χρήση του εργαλείου Clash Detection είναι η προτεραιότητα των συγκρούσεων. Συγκεκριμένα, το εργαλείο τίθεται να επιλύει πρώτα τις

συγκρούσεις με δομικά μέλη που είναι στατικά και δυσκολότερα να προσαρμοστούν, σε σύγκριση με τα ηλεκτρολογικά ή μηχανικά στοιχεία που μπορούν να προσαρμοστούν ευκολότερα (Cerónsek, 2011). Αυτό βοηθά στην αποφυγή πιθανών καθυστερήσεων ή επιπλοκών στο έργο λόγω απρόοπτων συγκρούσεων.

Τέλος, η ενσωμάτωση της τεχνολογίας Clash Detection στη διαδικασία κατασκευής μπορεί να συμβάλει στη μείωση του κινδύνου λαθών και ανακοπών κατά την εκτέλεση του έργου, βελτιώνοντας έτσι την ποιότητα και την αποδοτικότητα της κατασκευής (Cerónsek, 2011).



Εικόνα 2.3 Εντοπισμός συγκρούσεων σε περιβάλλον BIM

[Πηγή: www.united-bim.com/what-is-clash-detection-in-bim-process-benefits-and-future-scope-in-modern-day-aec-industry/]

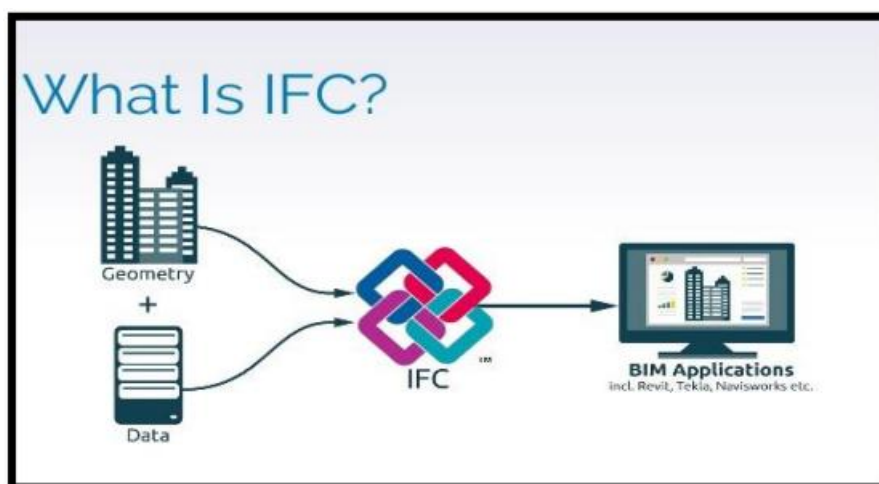
2.4.5 ΣΥΜΒΑΤΟΤΗΤΑ IFC

Το Industry Foundation Classes (IFC) αποτελεί ένα προηγμένο μοντέλο δεδομένων που αναπτύχθηκε από την Διεθνή Συμμαχία για τη διαλειτουργικότητα των εφαρμογών στον κλάδο της κατασκευής και της διαχείρισης κτιρίων. Η βασική αρχή του IFC είναι η συγκέντρωση και η ανταλλαγή πληροφοριών σχετικά με τα τεχνικά χαρακτηριστικά των κτιρίων, καθιστώντας δυνατή την αυτοματοποιημένη διαχείριση και επεξεργασία των δεδομένων για ολόκληρο τον κύκλο ζωής τους.

Η συμβατότητα μεταξύ των λογισμικών που χρησιμοποιούν το BIM και το IFC είναι απαραίτητη για την απρόσκοπτη ανταλλαγή δεδομένων και τη διαλειτουργικότητα. Τα BIM-ενισχυμένα λογισμικά είναι πλήρως συμβατά με το πρότυπο IFC, επιτρέποντας τη δημιουργία και την επεξεργασία κλειστών όγκων δεδομένων, καθώς και την ανταλλαγή πληροφοριών με άλλα λογισμικά και πλατφόρμες (Τσακίρη, 2018).

Η δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης των μοντέλων δεδομένων που συντίθενται με τη χρήση του IFC είναι ένα από τα βασικά πλεονεκτήματά του, καθώς επιτρέπει την αποτελεσματική και οικονομικά αποδοτική διαχείριση των πόρων και των δεδομένων στον κλάδο της κατασκευής και διαχείρισης κτιρίων.

Μία επιπλέον πτυχή που αξίζει να εξεταστεί είναι ο τρόπος με τον οποίο το IFC συμβάλλει στη βελτίωση της διαχείρισης του κύκλου ζωής των κτιρίων. Μέσω της αυτοματοποιημένης ανταλλαγής δεδομένων μεταξύ διαφορετικών συστημάτων και πλατφορμών, επιτυγχάνεται ομαλή μετάβαση από τον σχεδιασμό στην κατασκευή και την τελική λειτουργία των κτιρίων, μειώνοντας τον χρόνο και το κόστος των έργων και βελτιώνοντας την ποιότητα και την αποτελεσματικότητά τους (Βασιλείου, 2022).



Εικόνα 2.4 Δομή των δεδομένων σε ένα IFC αρχείο

[Πηγή: <https://www.slideshare.net/aGaabdelgawad/industry-foundation-classes>]

2.4.6 AUTOMATED SCHEDULE OF MATERIAL ENGINE

Η αυτοματοποίηση του προγράμματος υλικών μηχανικού αποτελεί ένα από τα κεντρικά πλεονεκτήματα της τεχνολογίας Building Information Modeling (BIM). Μέσω της χρήσης του BIM, η οργάνωση, η μέτρηση και η συγκέντρωση του εξοπλισμού γίνονται πιο αποτελεσματικές και ακριβείς. Αυτό συμβαίνει λόγω της δυνατότητας του BIM να δημιουργεί ένα ακριβές πρόγραμμα υλικών από τις κτιριακές πληροφορίες που περιέχονται σε μια βάση δεδομένων (Bakogiannis et al., 2020). Αυτό ανακουφίζει το έργο των κατασκευαστικών επαγγελματιών και επιτρέπει τη δημιουργία ενός προγράμματος υλικών σε ελάχιστο χρόνο, βελτιώνοντας την παραγωγικότητα και μειώνοντας τον κίνδυνο λαθών (Singh et al., 2017).

Επιπλέον, η αυτόματη απεικόνιση αλλαγών σε μια προβολή μεταφέρεται αυτόματα σε κάθε άλλη προβολή, εξασφαλίζοντας τη συνέπεια σε ολόκληρο το έγγραφο κατασκευής (Chong et al., 20120). Αυτό σημαίνει ότι οι αλλαγές που γίνονται στο μοντέλο αντανακλώνται αυτόματα σε όλες τις αντίστοιχες προβολές, εξαλείφοντας τον κίνδυνο αντικρουόμενων πληροφοριών και εξασφαλίζοντας τη συνέπεια των δεδομένων (Mitchell, 2012).

Το πλεονέκτημα της παραμετρικής μοντελοποίησης είναι επίσης σημαντικό στη διαδικασία αυτόματου προγραμματισμού υλικών μηχανικού. Αυτή η μέθοδος επιτρέπει στο μοντέλο να παρέχει όλες τις πλευρές των συστατικών και να διατηρεί τη σχέση τους με διαφορετικές προβολές (Sacks et al., 2018). Κάθε φορά που γίνεται μια αλλαγή στο συστατικό, η λίστα υλικών ενημερώνεται αυτόματα, μεταφέροντας τις αλλαγές σε όλες τις αντίστοιχες προβολές και διατηρώντας τη συνοχή στα δεδομένα (Czmoch & Pękala, 2014).

Το BIM επιτρέπει τη διατήρηση μιας αυτόματης συσχέτισης μεταξύ των διαφορετικών στοιχείων του μοντέλου και των διαφόρων προβολών τους (McGraw Hill Construction Research and Analytics, 2014). Αυτό διασφαλίζει ότι οποιαδήποτε αλλαγή σε ένα συστατικό αντικατοπτρίζεται αυτόματα και σε όλες τις προβολές του μοντέλου, εξαλείφοντας την ανάγκη για χειροκίνητη ενημέρωση και μειώνοντας τον κίνδυνο ανθρωπίνων λαθών (Sacks et al., 201).

Συνολικά, η τεχνολογία BIM αναδεικνύει τη σημασία της αυτοματοποίησης στον τομέα του προγραμματισμού υλικών μηχανικού, βελτιώνοντας την ακρίβεια, τη συνοχή και την αποτελεσματικότητα της διαδικασίας. Η ενσωμάτωση των πηγών αυτών στην ανάλυση επισημαίνει τη σημασία της έρευνας και της επιστημονικής προσέγγισης στην ανάπτυξη τεχνολογικών λύσεων για τον κλάδο της κατασκευής.

2.4.7 4D ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ

Η 4D προσομοίωση αντιπροσωπεύει μια σημαντική εξέλιξη στον τομέα του BIM, παρέχοντας μια ολοκληρωμένη προοπτική της κατασκευαστικής διαδικασίας. Σύμφωνα με Fischer και συνεργάτες (2003), η 4D προσομοίωση ενσωματώνει το χρονικό στοιχείο στο τρισδιάστατο μοντέλο, επιτρέποντας στους σχεδιαστές και τους μηχανικούς να οπτικοποιήσουν τον χρονικό προγραμματισμό του έργου. Αυτό επιτρέπει στην ομάδα του έργου να παρακολουθεί την πρόοδο του έργου και να προβλέπει πιθανά προβλήματα ή καθυστερήσεις.

Η ολοκληρωμένη προοπτική που παρέχει η 4D προσομοίωση μπορεί να επιτευχθεί μέσω του συνδυασμού ενός διαγράμματος Gantt, που προέρχεται από λογισμικό χρονικού προγραμματισμού, με ένα τρισδιάστατο κατασκευαστικό μοντέλο από λογισμικό CAD. Όπως αναφέρει ο Fischer και η ομάδα του (2003), αυτό το συνδυασμένο 4D μοντέλο επιτρέπει στους εμπλεκόμενους φορείς να οπτικοποιήσουν όχι μόνο τις ακολουθίες εργασιών αλλά και την αλληλεπίδραση μεταξύ διαφορετικών στοιχείων του έργου.

Η ευελιξία και η ακρίβεια που προσφέρει η 4D προσομοίωση είναι αναγκαίες για τη διαχείριση του έργου. Σύμφωνα με τον Fischer και τους συνεργάτες του (2003), η ανάλυση των δεδομένων και η επικύρωση των

πληροφοριών μέσω της προσομοίωσης επιτρέπει την αντιμετώπιση πιθανών ανασφαλειών ή κινδύνων που μπορεί να προκύψουν κατά την κατασκευή.

Ωστόσο, η χρήση της 4D προσομοίωσης απαιτεί επαρκή εκπαίδευση και συνεννόηση μεταξύ των μελών της ομάδας. Όπως αναφέρεται από τον Fischer και συνεργάτες του (2003), η επιτυχής υλοποίηση της 4D προσομοίωσης απαιτεί επίσης τη συνεργασία μεταξύ των μελών της ομάδας και την ανταλλαγή γνώσεων και εμπειριών.

Μια άλλη σημαντική πτυχή της 4D προσομοίωσης είναι η δυνατότητα εντοπισμού και αντιμετώπισης πιθανών συγκρούσεων και προβλημάτων στην κατασκευή. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μέσω της ακριβούς επίβλεψης και προσομοίωσης των διαφόρων φάσεων του έργου. Όπως προκύπτει από τη μελέτη του Fischer et al. (2003), η ανίχνευση συγκρούσεων και η λήψη μέτρων προληπτικής δράσης μπορεί να συμβάλει στην αποφυγή καθυστερήσεων και πρόσθετων εξόδων στο έργο.

Η 4D προσομοίωση μπορεί να συμβάλει στη βελτίωση της ασφάλειας στον χώρο εργασίας. Με τη δυνατότητα προσομοίωσης των διάφορων φάσεων του έργου, είναι δυνατόν να αναγνωριστούν πιθανοί κίνδυνοι και να ληφθούν μέτρα για την αποφυγή τραυματισμών και ατυχημάτων. Όπως αναφέρεται από τον Fischer και συνεργάτες του (2003), η ενσωμάτωση της πτυχής της ασφάλειας στην 4D προσομοίωση μπορεί να συμβάλει στη μείωση των ατυχημάτων και των εργατικών ατυχημάτων στον τομέα της κατασκευής.

Συνοψίζοντας, η 4D προσομοίωση προσφέρει μια ολοκληρωμένη και ευέλικτη προοπτική του κατασκευαστικού έργου, επιτρέποντας την οπτικοποίηση του χρονικού προγραμματισμού και την αντιμετώπιση πιθανών προβλημάτων. Με την ενσωμάτωση της ασφάλειας στη διαδικασία προσομοίωσης, μπορεί να επιτευχθεί μια πιο ασφαλής και αποτελεσματική κατασκευαστική διαδικασία.

2.5 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΧΡΗΣΗΣ BIM

Ένα εκ των πολλών εξεχόντων προνομίων του προγράμματος BIM αποτελεί η μείωση κόστους κατασκευής του έργου και ο χρόνος παράδοσης, η αύξηση της παραγωγικότητας και της ποιότητας, ο έλεγχος του κόστους και η διαχείριση του κύκλου ζωής του κτιρίου. Η BIM διατηρεί τα δεδομένα του κτιρίου σε μια βάση δεδομένων. Η ενεργειακή ανάλυση, η ανάλυση φωτισμού, ο σχεδιασμός και άλλες διαδικασίες διευκολύνονται από την προσβασιμότητα των δεδομένων. Επίσης, λόγω της πληθώρας εγγραφών δεδομένων, μειώνονται τα τυχαία λάθη του εκάστοτε χρήστη. Τα κύρια αποτελέσματα της χρήσης BIM είναι η μείωση των σφαλμάτων και η εξοικονόμηση χρόνου. Επιγραμματικά, τα πιο σημαντικά πλεονεκτήματα της BIM στην AEC βιομηχανία είναι τα παρακάτω (Skripkina et al., 2019):

1. Σημαντική μείωση του απαιτούμενου χρόνου σχεδιασμού

2. Δυνατότητα παροχής επιπρόσθετων αναλύσεων συνυπολογιζόμενης και της χρονικής παραμέτρου που υπό άλλες συνθήκες είναι μη πραγματοποιήσιμες, εξαιτίας της ανεπάρκειας σε απαιτούμενα ψηφιακά δεδομένα.

3. Επανεξέταση περισσότερων επιλογών σχεδιασμού.

4. Επίσπευση της παραγωγικής διαδικασίας.

5. Μείωση του κόστους και του μηχανολογικού σχεδιασμού κυρίως στα πρώτα στάδια εργασίας.

6. Μείωση του χρόνου που απαιτείται για την τέλεση των ανθρώπινων εργασιών εντός κι εκτός εργοταξίου.

7. Επίσπευση των διαδικασιών κατασκευής εντός και εκτός εργοταξίου.

8. Ποιοτικότερη κατασκευή με καλύτερη παραγωγή στοιχείων προκάτ.

9. Τα σχεδιαστικά λάθη περιορίζονται.

10. ο διαμοιρασμός και η χρήση των πληροφοριών γίνεται με μεγαλύτερη συνέπεια μειώνοντας τα κενά στις διαδικασίες.

11. οι διάφοροι μηχανικοί κλάδοι συνεργάζονται πιο αποδοτικά.

12. Η 3D απεικόνιση προάγει την καλύτερη επικοινωνία με τον πελάτη.

13. Τα έγγραφα κατασκευής είναι πιο τεκμηριωμένα.

Για πολλές δραστηριότητες ενός κατασκευαστικού έργου και από πολλούς διαφορετικούς κλάδους το BIM χρησιμοποιείται ως ένα πακέτο λογισμικού. Με την χρησιμοποίησή του, προσδοκάται η μείωση των σφαλμάτων και η εξοικονόμηση χρόνου. Με δεδομένο ότι κάθε δραστηριότητα επί του έργου επηρεάζει σε διαφορετικό βαθμό την ίδια αλυσίδα του έργου, η χρησιμοποίηση του BIM επιτυγχάνει την μείωση των σφαλμάτων αυτών των δραστηριοτήτων. Τα αποτελέσματα, παρόλα αυτά, του έργου σε συνάρτηση με τα αποτελέσματα των δυνατοτήτων του BIM δεν έχουν εξεταστεί (Μανιώτη, 2015).

Τα δίκτυα PERT/CPM, το διάγραμμα Gantt, το να σπάσει η εργασία σε επιμέρους δομές κ.α. είναι ανεπτυγμένα εργαλεία στην διάθεση του έργου και τα οποία βασίζονται σε δύο απλοποιητικές υποθέσεις. Πρώτον, γίνεται η υπόθεση ότι οι δραστηριότητες του προγράμματος είναι ανεξάρτητες. Δεύτερον, θεωρούν ότι τυχών επανεργασίες δεν δύναται να υλοποιηθούν καθώς το έργο εξελίσσεται όπως έχει σχεδιαστεί. Η επανάληψη της δραστηριότητας και οι μεταξύ των σχέσεις, που αποτελούν στοιχεία της δυναμικής φύσης τους έργου, αγνοούνται σημαντικά από τις παραπάνω

παραδοχές. Στην βιβλιογραφική ανασκόπηση της πληροφορικής προόδου στον κατασκευαστικό τομέα, υπάρχουν διάχυτες στατιστικές τεχνικές όπως η ανάλυση παλινδρόμησης, η πολυπαραγοντική ανάλυση και η ανάλυση της διακύμανσης. Παρόλα αυτά, οι τεχνικές αυτές δεν επαρκούν ώστε να μοντελοποιηθεί η εφοδιαστική αλυσίδα του έργου. Η χρονική καθυστέρηση του έργου, η ανατροφοδότηση και οι μη γραμμικές σχέσεις, που αποτελούν τα δυναμικά χαρακτηριστικά του έργου, δεν μπορούν να αξιολογηθούν και να ληφθούν υπόψη από τις προαναφερθέντες στατιστικές μεθόδους (Μανιώτη, 2015).

Ανάλογα σε ποιο ενδιαφερόμενο μέλος απευθύνονται, τα πλεονεκτήματα του BIM μπορούν να διαχωριστούν αντιστοίχως. Σύμφωνα με τους (Baldwin & Bordoli, 2014) τα πλεονεκτήματα του BIM για τον ανάδοχο, τους μελετητές (μηχανικοί) και τον πελάτη είναι τα εξής (Μπάκας, 2018):

Ανάδοχος

- Η ανάλυση των δομικών στοιχείων και η επεξεργασία των πληροφοριών μέσω εικονικής αναπαράστασης .
- Μέσω της εικονικής αναπαράστασης των διαδικασιών της κατασκευής και της χρονικής προσομοίωσης, αποφεύγεται η επικάλυψη των εργασιών και ελέγχεται καλύτερα η πρόοδος του έργου .
- Τα μέτρα ασφαλείας βελτιώνονται.
- Μειώνεται το ρίσκο και ελέγχεται η κατασκευασσιμότητα.

Μηχανικοί

- Απεικονίζεται άμεσα το σχέδιο
- Μέσω της χρήσης της διαδικτυακής πλατφόρμας δίνεται η δυνατότητα σε όλους τους μελετητές να συνεργαστούν πάνω σε ένα κοινό μοντέλο.
- Ανανεώνονται ακριβέστερα και αμεσότερα τα σχέδια.
- Αποφεύγονται τυχών ασυμβατότητες μεταξύ των διαφόρων μελετών.
- Στην φάση της μελέτης του έργου, το κόστος υπολογίζεται ταχύτερα και ευκολότερα.
- οι ενεργειακές ανάγκες αναλύονται καλύτερα.

Πελάτης

- Βελτιώνεται η ποιότητα και η απόδοση

- ο χρόνος παράδοσης του έργου επιταχύνεται.
- Το κόστος του έργου μειώνεται.
- Η λειτουργία και η διαχείριση της εγκατάστασης βελτιώνεται αισθητά.
- οι παρεχόμενες λειτουργίες βελτιώνονται μέσω πρόσθετων συστημάτων διαχείρισης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.

ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ

Το BIM είναι μία συνολική και συγκεντρωμένη τράπεζα δεδομένων για την κατασκευή από την σύλληψη της ιδέας και το σχεδιασμό της μέχρι το τέλος της διάρκειας ζωής του που σηματοδοτείται με την κατεδάφισή του. Ο τρόπος με τον οποίο διαφορετικής φύσης πληροφορίες συντίθενται ορθά και λειτουργικά σε ένα κατασκευαστικό μοντέλο έργου, υποδεικνύεται από τις διαστάσεις του BIM. ο χρόνος εκτέλεσης, το κόστος κατασκευής καθώς και οποιαδήποτε νέα προστιθέμενη στο μοντέλο πληροφορία δημιουργεί μια επιπλέον διάσταση BIM. Με την προσθήκη περισσότερων διαστάσεων στο έργο παρέχει το πλεονέκτημα μίας περισσότερο σφαιρικής άποψης του έργου σε κάθε επίπεδο, πράγμα που συνεισφέρει τόσο στον χρονικό όσο και στον οικονομικό προγραμματισμό αυτού όσο και για την πολιτική που θα ακολουθηθεί σχετικά με τον χρονικό ορίζοντα εκμετάλλευσης του έργου από τον πελάτη (Γιαννοπούλου, 2020).

Ένα ψηφιακό μοντέλο μπορεί να πάρει ποικίλες διαστάσεις ανάλογα με τον προϋπολογισμό του, το μέγεθος του και την λειτουργία για την οποία προορίζεται. Έτσι, είναι πιθανό έργα μικρότερης εμβέλειας να μην χρειάζονται την διάσταση του κόστους (5D) στο ψηφιακό τους μοντέλο (Γιαννοπούλου, 2020). Οι διαστάσεις των ψηφιακών μοντέλων είναι οι παρακάτω:

1. 3D BIM – Γεωμετρία
2. 4D BIM – Ανάλυση χρόνου έργου/ Αλληλουχία εργασιών
3. 5D BIM – Ανάλυση κόστους έργου
4. 6D BIM – Ανάλυση κύκλου ζωής του έργου/ Διαχείριση

Εγκαταστάσεων

5. 7D BIM – Ανάλυση Διαχείρισης Έργου/Αειφόρος ανάπτυξη

Η διάσταση 2D είναι η απλουστευμένη μορφή απεικόνισης της κατασκευής (σχέδια AutoCAD με x, y- μήκος, πλάτος) συνεπώς δε χρήζει περεταίρω ανάλυσης.



Εικόνα 3.1 Διαστάσεις του BIM

[Πηγή: <https://biblus.accasoftware.com/en/bim-dimensions/>]

3.1. 3D BIM

Η δυνατότητα μιας συνολικής αντίληψης της υπόστασης του έργου στον χώρο, δίνεται στους εμπλεκόμενους μέσω μιας τρισδιάστατης απεικόνισης (3 διαστάσεις - μήκος, πλάτος, ύψος). Μιλώντας για το 3D BIM, η συζήτηση και η μελέτη δεν περιορίζεται στις γεωμετρικές διαστάσεις του έργου. Οι Krzeminski, Prokocki και Jankowski (2015) αναφέρουν ότι ένα ολοκληρωμένο και ορθά δημιουργημένο 3D μοντέλο είναι της μορφής “.ifc” ή “.rvt” και παρέχει το σύνολο των πληροφοριών που απαιτούνται για την σχεδίαση και επιτυχή υλοποίηση του έργου και αφορούν τα εξής:

- ακριβή γεωτοποθεσία έργου
- την αρχιτεκτονική δομή και την στατική ικανότητα του έργου
- τις επιμέρους διαστάσεις και τα υλικά κάθε τμήματος

- τις υδραυλικές/ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις.

Μιας τέτοιου είδους μορφής αρχείο διαχέεται εντός ενός ενιαίου περιβάλλοντος πληροφοριών παρέχοντας την ευελιξία στους εμπλεκόμενους του έργου να βρουν επίλυση στα προβλήματα κατασκευαστικής και δομοστατικής φύσης .

Η 3D BIM χρησιμοποίηση διευκολύνει την διαδικασία κατασκευής ενός έργου αφού:

- ✓ αποτυπώνει με τον βέλτιστο τρόπο το υπό κατασκευή έργο δίνοντας διάφορες πληροφορίες
- ✓ δρα επικουρικά στην βέλτιστη εξασφάλιση των απαιτήσεων σχεδίασης.
- ✓ προσφέρει την δυνατότητα συνεργασίας ομάδων εργασίας που απασχολούνται στους διάφορους τομείς του έργου



Εικόνα 3.2 2D και 3D διάσταση

[Πηγή: www.breakwithanarchitect.com/post/t%CE%BF-bim-or-not-bim]

3.2 4D BIM – ΑΝΑΛΥΣΗ ΧΡΟΝΟΥ ΕΡΓΟΥ

Ζωτικής σημασίας παράγοντας είναι το χρονοδιάγραμμα υλοποίησης του έργου (Μάνεσης, 2017). Η μέθοδος Pert ή τα διαγράμματα Gannt αποτελούν κλασσικές μεθόδους χρονοπρογραμματισμού του έργου και χρησιμοποιήθηκαν κατά κόρον στον προγραμματισμό των επιμέρους εργασιών των έργων ως κλασσικές μέθοδοι. Παρόλα ταύτα, υπονομεύεται η σωστή επικοινωνία των συνεργαζόμενων μελών καθώς οι παραπάνω μέθοδοι δεν λειτουργούν με δυναμική μορφή στο θέμα της ανταλλαγής πληροφοριών ανάμεσα στα εμπλεκόμενα μέρη (π.χ. μελετητές, διαφορετικά συνεργεία κτλ). Έτσι ελλοχεύει ο κίνδυνος καθυστερήσεων απαραίτητων ως προς την

υλοποίησης της κατασκευής διαδικασιών λόγω εσφαλμένου διαμοιρασμού των πόρων του εργοταξίου (Sacks et al., 2018).

Το 4D BIM ως εργαλείο χρονικού προγραμματισμού λειτουργεί με μία επιπλέον διάσταση – πληροφορία στο ήδη υπάρχον 3D μοντέλο του έργου, αυτή του χρόνου που χρειάζεται για να ολοκληρωθεί κάθε εργασία καθώς και της αλληλουχίας πραγματοποίησης αυτών. Το εν λόγω μοντέλο έργου προσφέρει τον άμεσο υπολογισμό του χρόνου περάτωσής του και δίνει περιθώρια άμεσης παρέμβασης όταν υπάρχουν τυχόν αποκλίσεις από το αρχικό πρόγραμμα εργασιών στην δεδομένη στιγμή κατασκευής κάθε στοιχείου του έργου αλλά και την σειρά των εργασιών που ενδεχομένως να προκαλούν δυσλειτουργία στην ορθή χρονική πορεία διεξαγωγής τους. Τυχόν συγκρούσεις στην εκτέλεση του προγράμματος είναι δυνατόν να εμφανιστούν από την οπτικοποίηση του προγράμματος όπως επίσης και η εμφάνιση οποιασδήποτε παρέμβασης στον χρονικό προγραμματισμό των εργασιών (Κοκκινάκης, 2019).



Εικόνα 3.3 Προγραμματισμός Κατασκευών με 4D BIM

[Πηγή: www.united-bim.com/what-is-clash-detection-in-bim-processbenefits-and-future-scope-in-modern-day-aec-industry/]

Σύμφωνα με τον Μάνεση (2017), το 4D μοντέλο προσφέρει έναν τρόπο για την εκτίμηση του χρονοδιαγράμματος, παρέχοντας πληροφορίες που περιλαμβάνουν:

- Τους υπολογισμούς των απαιτούμενων πόρων και υλικών.
- Τη δυνατότητα να οργανωθεί αποτελεσματικά ο χώρος κατασκευής για μέγιστη λειτουργικότητα και ασφάλεια.
- Τους πιθανούς πόρους και εργατοώρες που απαιτούνται.

- Το χρονοδιάγραμμα εργασιών ανάλογα με τα εμπλεκόμενα μέρη και τις αλληλουχίες εκτέλεσης.
- Το κόστος των επιμέρους εργασιών και των τμημάτων του έργου.

Η μείωση της σπατάλης σε πόρους, η μείωση χρόνου κατασκευής και κατά συνέπεια η μείωση του ολικού κόστους του έργου, μεταφράζεται σε πιο ολοκληρωμένο προγραμματισμό του έργου που οφείλεται στην ενσωμάτωση του χρονικού παράγοντα στον ψηφιακό μοντέλο του έργου. Τα πλεονεκτήματα της χρήσης της τεχνολογίας 4D BIM είναι τα:

- Βελτιστοποιεί τον χρονικό προγραμματισμό και βελτιώνει την οργάνωση του εργοταξίου.
- Παρέχει συνεχή συνεργασία μεταξύ πολιτικών μηχανικών, αρχιτεκτόνων και συνεργείων κατασκευής.
- Προετοιμάζει καλύτερα τις επόμενες διαδικασίες στα στάδια κατασκευής του έργου.
- Βελτιώνει την ταξινόμηση και τον διαμοιρασμό των πληροφοριών σχετικά με τον χρονικό προγραμματισμό του έργου αποτρέποντας δαπανηρές καθυστερήσεις.
- Διασφαλίζει την εγκυρότητα του χρονοδιαγράμματος και την ασφάλεια του έργου αφού παρέχει συνεχώς ενημερωμένα χρονοδιαγράμματα των εργασιών.

3.3 5D BIM – ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΕΡΓΟΥ

Η εισαγωγή της 5D BIM στην κατασκευαστική διαδικασία αποτελεί ένα σημαντικό βήμα προς την προσεκτική και αποτελεσματική διαχείριση του κόστους έργου. Με την ενσωμάτωση της 5ης διάστασης στο ψηφιακό μοντέλο, το BIM αναβαθμίζεται ως εργαλείο για την ακριβέστερη εκτίμηση του κατασκευαστικού κόστους, συμβάλλοντας στη βελτίωση της διαδικασίας προϋπολογισμού και εκτέλεσης έργων (Δομουκτσής, 2019).

Το πλεονέκτημα της ακρίβειας που παρέχει η ανάλυση κόστους με βάση το BIM συνοδεύεται από τη δυνατότητα πλήρους ενσωμάτωσης όλων των αντίστοιχων πληροφοριών στο ψηφιακό μοντέλο. Αυτό επιτρέπει την καταγραφή και τον προσδιορισμό των διάφορων στοιχείων που επηρεάζουν το κόστος, όπως το ανθρώπινο δυναμικό, η προμήθεια υλικών και οι λειτουργικές δαπάνες, σε κάθε φάση του έργου.

Οι πηγές πληροφοριών εμπλουτίζονται με τη χρήση του BIM, παρέχοντας ένα πιο ρεαλιστικό και ολοκληρωμένο εικονικό μοντέλο του έργου. Σύμφωνα με τον Mitchell (2012), η αξιοποίηση λογισμικών 5D BIM επιτρέπει την πρόβλεψη της απόδοσης και του κόστους από τα πρώιμα στάδια του έργου, ενισχύοντας την επένδυση των εμπλεκόμενων μερών.

Τα πλεονεκτήματα της εφαρμογής σχεδίασης έργου 5D, όπως αναφέρει η εταιρεία United BIM (2019), περιλαμβάνουν:

- Αυτόματη ενημέρωση του 3D μοντέλου: Η ταυτόχρονη και αυτόματη ενημέρωση του τρισδιάστατου μοντέλου με τις αλλαγές που επηρεάζουν το κόστος του έργου εξ αιτίας ενδεχόμενων αλλαγών, παρέχοντας έτσι μια συνεχώς ενημερωμένη εικόνα του έργου και του σχετικού κόστους. Την αυτοματοποιημένη απαρίθμηση όλων των υλικών, εξοπλισμού και εξαρτημάτων που απαιτούνται για κάθε στάδιο κατασκευής του έργου.
- Αυτοματοποιημένη απαρίθμηση υλικών και εξοπλισμού: Η δυνατότητα αυτόματης απαρίθμησης όλων των υλικών, εξοπλισμού και εξαρτημάτων που απαιτούνται για κάθε στάδιο κατασκευής του έργου, εξασφαλίζοντας έτσι την ακρίβεια και την ενημέρωση στον υπολογισμό του κόστους.
- Απλούστευση οικονομικών αναλύσεων: Η δυνατότητα απλούστευσης των οικονομικών αναλύσεων περί προϋπολογισμού και κόστους μέσω συνεχών, ακριβών προβλέψεων ρεαλιστικών εξόδων μέσα στο χρόνο, προσφέροντας έτσι έναν σαφή και συνεκτικό τρόπο ανάλυσης του οικονομικού πλαισίου του έργου.
- Εύκολη εξαγωγή οικονομικών αναφορών: Η εύκολη εξαγωγή οικονομικών αναφορών ανά τακτά χρονικά διαστήματα, η οποία συμβάλλει στην αποτροπή υπέρβασης του προϋπολογισμού και τη διατήρηση της οικονομικής αποδοτικότητας του έργου.

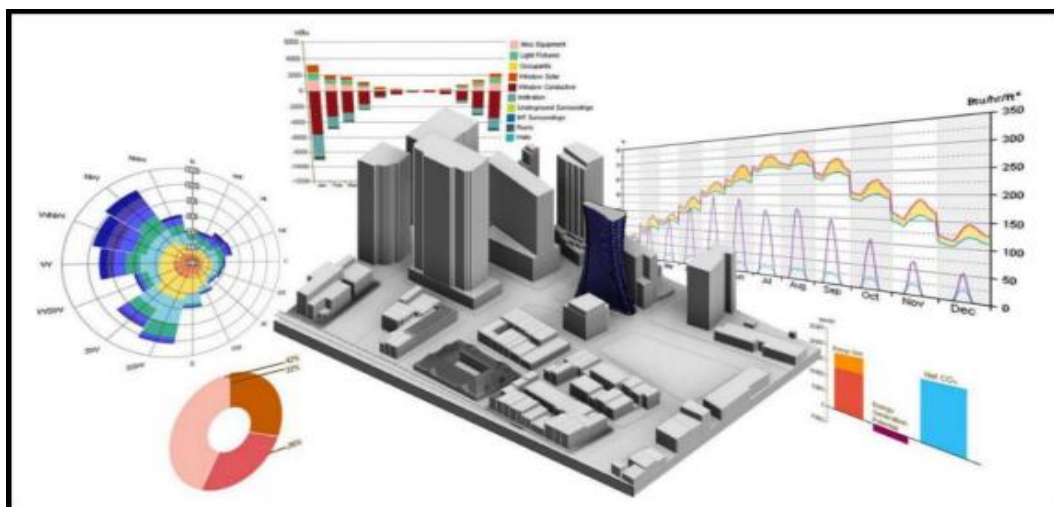
Με την χρήση της 5D BIM, η κατασκευαστική διαδικασία αποκτά έναν νέο διάσταση, που επιτρέπει την ακριβέστερη πρόβλεψη και διαχείριση του κόστους, την αποφυγή καθυστερήσεων και τη βελτίωση της ποιότητας του έργου.

3.4 6D BIM (ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑ ΚΤΗΡΙΩΝ)

Η έκτη διάσταση του BIM σχετίζεται άμεσα με την διαχείριση εγκαταστάσεων, ήτοι προστίθενται στο εν λόγω μοντέλο πληροφορίες όπως ο κατασκευαστής κάποιου μηχανήματος, η εγγύηση που παρέχεται για κάποιο μηχάνημα, η ημερομηνία εγκατάστασης ή επισκευής του και άλλες χρήσιμες πληροφορίες, αποσκοπώντας στην εξυπηρέτηση τόσο των επαγγελματιών συντηρητών των εγκαταστάσεων αυτών), όσο και του των χρηστών της εγκατάστασης.

Στην κατηγορία αυτή θεωρείται ότι ανήκει κι ένα ψηφιακό μοντέλο που περιλαμβάνει τα δεδομένα κόστους καθώς και τις πληροφορίες καθ όλη την περίοδο ζωής του που σχετίζονται με τη διαχείρισή του (Βραγγαλάς, 2016). Οι πληροφορίες ενός τέτοιου τύπου αρχείου σχετίζονται με:

- 1) Την ενεργειακή κλάση του κτηρίου (D - Profiler).
- 2) την βιωσιμότητα του κτηρίου.
- 3) την εφαρμογή συστημάτων και προτύπων αξιολόγησης πράσινων κτηρίων (Green Building Rating Systems – GBRS).



Εικόνα 3.4 Διάγραμμα Βιωσιμότητας Κτιρίων

[Πηγή: www.united-bim.com/what-is-clash-detection-in-bim-processbenefits-and-future-scope-in-modern-day-aec-industry/]

Στην ουσία, επιτρέπεται στο μελετητή με την τεχνολογία του 6D BIM να εκτιμήσει, από τα πρώτα κιόλας στάδια μελέτης, την μελλοντική ενεργειακή κατανάλωση της κατασκευής στον κύκλο ζωής της και παράλληλα τον βαθμό εναρμόνισης αυτής με τα διεθνή πιστοποιημένα πρότυπα. Συναφώς, δίνεται η

δυνατότητα, μέσω της κατασκευής ενός μοντέλου τέτοιου τύπου, αφενός της κατανομής αυτού για την μέγιστη βιωσιμότητα αφετέρου της πρόβλεψης του κόστους του έργου (Δομουκτσής, 2019). Οι πληροφορίες αφορούν :

- Τα χρησιμοποιούμενα εξαρτήματα και την προέλευσή τους.
- Την εγκατάσταση των εξοπλισμών και την ημερομηνία εγκατάστασης.
- Το χρονοδιάγραμμα συντήρησης τους για την βέλτιστη ενεργειακή απόδοση.
- Λεπτομέρειες σχετικές με την απόδοση του κτιρίου.
- Την ενεργειακή απόδοση που απαιτείται.
- Τις διαδικασίες απόσυρσης του έργου καθώς και το προσδόκιμο ζωής του.

Κατά γενική ομολογία, το κόστος για την κατασκευή ενός έργου επικεντρώνει το ενδιαφέρον και την βαρύτητα των οικονομικών αναλύσεων που πραγματοποιούνται κατά την μελέτη ενός έργου. Το 6D BIM είναι αυτό που παρουσιάζει σφαιρικά και καθ όλη την διάρκεια του έργου το κόστος λειτουργίας αυτού.

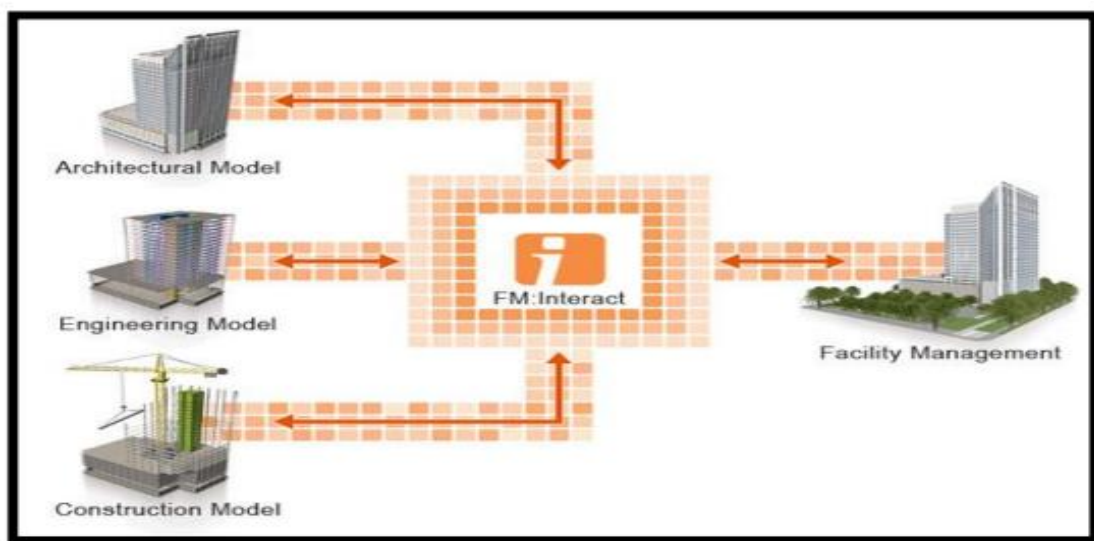
Σύμφωνα με τα παραπάνω, τα οφέλη που αποδίδει ένα τέτοιο ψηφιακό μοντέλο είναι :

- Να μειώνεται η ενεργειακή κατανάλωση.
- Να λαμβάνονται ορθώς και εγκαίρως οι αποφάσεις που αφορούν τον εξοπλισμό από την πρώιμη κιόλας φάση του έργου.
- Να παρέχει οικονομικές αναλύσεις για τον αντίκτυπο οποιαδήποτε τυχόν παρέμβασης επί του έργου.
- Να διαχειρίζεται το έργο με τον καλύτερο δυνατό τρόπο και μετά την παράδοση του.

3.5 7D BIM (ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ)

Προκειμένου να επιτευχθεί απλούστευση των διαδικασιών συντήρησης και διαχείρισης των κτιριακών εγκαταστάσεων σε κάθε φάση ζωής του έργου, χρειάζεται να ενσωματωθούν όλες οι απαραίτητες πληροφορίες που συνδέονται με την τελευταία διάσταση του εν λόγω ψηφιακού μοντέλου. Πληροφορίες-αισθητήρες, ρολόγια και αντίστοιχος εξοπλισμός απαντώνται σε συσκευές κατάλληλες για την μέτρηση της ενεργειακής κατανάλωσης. Ως αποτέλεσμα της διεργασίας αυτής, οι ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις

λειτουργούν με βέλτιστο τρόπο και ο κύκλος ζωής τους να μεγεθύνεται. Έτσι, οι κτιριακές δομές είναι λιγότερο ενεργοβόρες και περισσότερο βιώσιμες.



Εικόνα 3.5 Διαχείριση Εγκαταστάσεων

[Πηγή: <https://biblus.accasoftware.com/en/bim-dimensions/>]

Σύμφωνα με τη McArthur (2015), η αναγνώριση των πληροφοριών που πρέπει να περιλαμβάνει ένα μοντέλο που θα εξυπηρετεί την απαιτούμενη χρήση είναι το απαραίτητο στάδιο για την δημιουργία του. Σύμφωνα με την ίδια έρευνα, το μεγαλύτερο ποσοστό των πληροφοριών που παρέχονται από ένα ψηφιακό μοντέλο έργου BIM, δεν συνδέονται με τις καθημερινές λειτουργίες του κτιρίου. Συνεπώς, το πρώτο στάδιο για να δημιουργηθεί κατάλληλο μοντέλο είναι η κάλυψη των αποφάσεων που σχετίζονται με την διαχείριση του χώρου. Τα απαιτούμενα δεδομένα διαφέρουν, βέβαια, ως προς την χρήση, το είδος και την διάρκεια ζωής του έργου, παρ' όλ' αυτά, όλες οι απαιτούμενες πληροφορίες περικλείονται ανάμεσα σε 3 βασικούς άξονες :

- 1) Την ορθή χωρική διαχείριση.
- 2) Τις αναγκαίες για την συντήρηση του ενέργειες.
- 3) Τις απαιτούμενες δραστηριότητες για την κάλυψη των αναγκών των χρηστών.

Η χρήση των 7D BIM μοντέλων παρέχει τα εξής προνόμια :

- ✓ Να βελτιστοποιεί το έργο από την μελέτη ως την απόσυρση του.

✓ Να διευκολύνει την ανεφοδιαστική σε εξοπλισμό αλυσίδα όταν παραστεί η ανάγκη.

✓ Να βελτιστοποιεί την συντήρηση του έργου επικουρώντας τόσο του εργολάβους όσο και τους υπεργολάβους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.

ΛΟΓΙΣΜΙΚΑ BIM

Ο διαχωρισμός των εργαλείων σε τρία διακριτά και διαφορετικά σύνολα, είναι αναγκαίος για να περιγραφούν ορθώς τα λογισμικά BIM. Τα σύνολα αυτά είναι τα εξής :

1. Εργαλεία για να αναπτύσσονται τρισδιάστατα μοντέλα.
2. Εργαλεία για να προβάλλονται και να οπτικοποιούνται τα μοντέλα (Viewers/ Surface Modelers).
3. Εργαλεία για να αναλύονται υπολογιστικά τα εργαλεία (Analyzers).

Για να κατασκευαστεί εικονικά ένα κτίριο, απαιτείται η λεπτομερείς προβολή των στερεών και παραμετρικών αντικειμένων η οποία επιτυγχάνεται με την ορθή διαμόρφωση των εργαλείων εκείνων που είναι υπεύθυνα για την ανάπτυξη των τρισδιάστατων μοντέλων της BIM. Για να καταστεί δυνατή η εικονική παρουσίαση του έργου στον χρηματοδότη αυτού ή σε οποιονδήποτε άλλο ενδιαφερόμενο, χρειάζεται ένα μέσο για οπτικοποίηση των μοντέλων, έτσι ώστε όλα τα σχήματα να μετατραπούν σε επιφάνειες. Η εξωτερική επιφάνεια των σχημάτων, χρειάζεται να περάσει από ενδελεχή επεξεργασία ώστε να ανακλύσουν όλες οι πιθανές και μη λύσει και ασυμβατότητες στην κατασκευή (Singh et al., 2017).

Η υπολογιστική ανάλυση των μοντέλων πραγματοποιείται με εργαλεία που χρησιμοποιούν λογισμικά τρίτης κατηγορίας και τα οποία συνδέονται και επικοινωνούν με το κύριο λογισμικό της BIM. Δηλαδή, είναι αναγκαίο στο πρώτο στάδιο να εισαχθούν τα δεδομένα στα εργαλεία ανάπτυξης τρισδιάστατων μοντέλων και μετέπειτα να γίνει η ανάλυση των δεδομένων από την οποία θα προκύψει η φωτεινότητα, η ενεργειακή απόδοση και άλλοι υπολογισμοί του μοντέλου.

ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ

Το **Revit της Autodesk** (αυτή που αναπτύσσει το λογισμικό Autocad) είναι από τα πιο δημοφιλή και σημαντικά λογισμικά που κυκλοφορούν στην αγορά τα τελευταία χρόνια και παρόλο που είναι χρονικά το πιο νέο από τα λογισμικά της BIM, είναι το πιο σύνηθες στην ανάπτυξη των μοντέλων. Κλάδοι όπως αρχιτέκτονες, μηχανικοί, ηλεκτρολόγοι μηχανικοί, στατικοί μηχανικοί χρησιμοποιούν το Revit τόσο για την εύκολη μοντελοποίηση του έργου όσο και για την δημιουργία 2D σχεδίων. Χρησιμοποιώντας ως “Δούρειο Ίππο” το εξαιρετικό της marketing, η Autodesk, διαφημίζει στην αγορά το Revit ως την μετεξέλιξη του Autocad. Σε συνδυασμό με το φαινόμενο της ανεπαρκούς πληροφόρησης των χρηστών για τα πλεονεκτήματα των άλλων λογισμικών, οι

χρήστες οδηγούνται στην χρησιμοποίηση του Revit κάνοντας το ένα απαραίτητο εργαλείο BIM, το οποίο συνεχώς εξελίσσεται και αναβαθμίζεται μέσα από το μεγάλο πλήθος χρηστών που το χρησιμοποιούν. Παρά την προσπάθεια της Autodesk να προωθήσει το Revit ως ένα μέσο για τη δημιουργία μοντέλων με συγκεντρωτική βάση, δεν υπάρχουν αρκετά δεδομένα στην αγορά που να υποδεικνύουν ότι παρόμοια λογισμικά, όπως το Tri Forma ή το Constructor, είναι λιγότερο αποδοτικά ή ότι δεν χρησιμοποιούν, αντίστοιχα, συγκεντρωτική βάση.



Εικόνα 4.1 Πρόγραμμα Revit

[Πηγή: <https://biblus.accasoftware.com/en/bim-dimensions/>]

Συγκεντρωτικά δεδομένα δεν είναι δυνατό να δημιουργηθούν μόνα τους από τις συνδέσεις για διαφορετικές θέσεις του μοντέλου καθώς αυτός που ανταλλάσσει δεδομένα στο BIM πρέπει να διαχειρίζεται και ότι περιβάλλει το μοντέλο (Ξενίδης, 2019). Το Revit έχει παρεμφερή λειτουργικότητα με τα υπόλοιπα εργαλεία ανάπτυξης μοντέλων καθώς ο χρήστης κατέχει την δυνατότητα επεξεργασίας του μοντέλου και στα υπόλοιπα εργαλεία λογισμικού. Επίσης, ένα από τα πιο βασικά πλεονεκτήματα του λογισμικού είναι η ικανότητα διαχείρισης και οργάνωσης των πληροφοριών κατά την φάση συλλογής τους στην λειτουργία του BIM. Στο παραπάνω, το Revit αποτελεί το ιδανικό εργαλείο για την διαχείριση των δεδομένων αφού οι διαμορφωτές μοντέλων είναι πολυάριθμοι και απαιτείται πολύ μεγάλη γνώση κι εμπειρία στην επιλογή του κατάλληλου εργαλείου για το κατάλληλο έργο δυσκολεύοντας τις κατασκευαστικές - σχεδιαστικές εταιρείες (Skripkina et al., 2019).

Για να οργανωθούν τα στοιχεία του έργου, το Revit δεν χρησιμοποιεί στρώσεις (layers). Η ομαδοποίηση ορισμένων στοιχείων του έργου που είναι πολύπλοκο, αποτελεί πλεονέκτημα και είναι χαρακτηριστικό του Revit. Επίσης, το τελευταίο είναι σε θέση να ανταλλάσσει δεδομένα για το χρονοδιάγραμμα αμφίδρομα συνδεδεμένο με το MS Project. Δίνεται επίσης η δυνατότητα μέσω του συγκεκριμένου προγράμματος, τα στοιχεία του μοντέλου να συνδεθούν μέσω διαφόρων δραστηριοτήτων, όπως για παράδειγμα όταν ένα στοιχείο τοιχοποιίας απαιτείται να περιέχει δεδομένα σχετικά με την πέτρινη στρώση,

την τοποθέτηση του πλαισίου, των κουφωμάτων, της πόρτας και του χρόνου ολοκλήρωσης και όλες οι παραπάνω διεργασίες να τοποθετούνται πάνω σε ένα διάγραμμα χρόνου εικονικά. Επιπλέον, το εν λόγω λογισμικό δύναται να εξάγει τις μετρήσεις των απαιτούμενων ποσοτήτων ώστε να γίνει εκτίμηση του κόστους. Λόγω της φύσης του μοντέλου, οι υπολογισμοί πρέπει να είναι ακριβέστατοι ώστε να προσδίδουν στο έργο την μέγιστη αξιοπιστία. Έτσι, για να εκτιμηθεί το κόστος είναι απαραίτητο να συνδεθεί το λογισμικό με τις ποσοτικές πληροφορίες. Τέλος, η Autodesk με την ανάπτυξη των Revit Structures και Revit MEP, δίνει την δυνατότητα δημιουργίας εξειδικευμένων παραγόντων, απαραίτητων στην επίτευξη της προβολής αντικειμένων τα οποία κάνουν την εμφάνισή τους στις μελέτες και τα σχέδια των δομοστατικών μηχανικών, των ηλεκτρολόγων και των υδραυλικών μηχανικών (Singh et al., 2017).

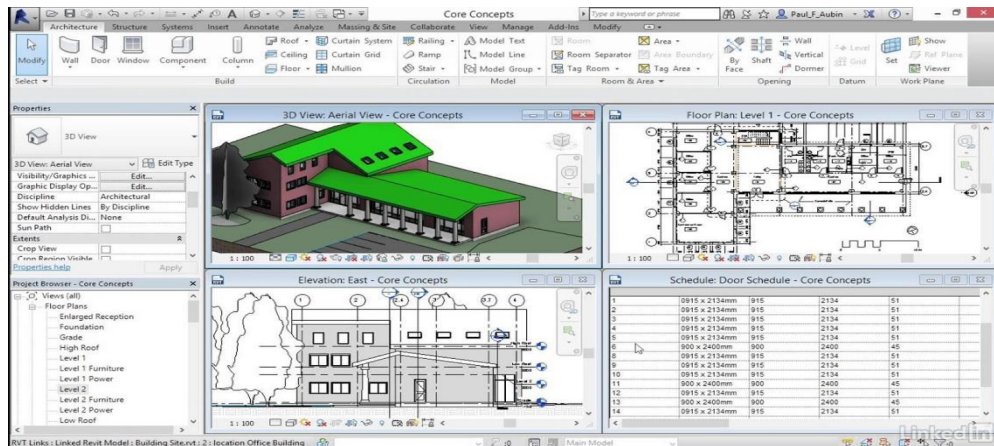
Το Revit συγκροτείται από μία ομάδα εφαρμογών οι οποίες απευθύνονται σε τρεις κλάδους του κατασκευαστικού τομέα. Οι τρεις αυτές κατηγορίες είναι (Γιαννοπούλου, 2020):

1) Revit Architecture : απευθύνεται σε αρχιτέκτονες μηχανικούς. Το κτιριακό μοντέλο που δημιουργείται από το πρόγραμμα αυτό περιλαμβάνει όλες τις απαραίτητες πληροφορίες του έργου από άποψης αρχιτεκτονικής.

2) Revit Structure : απευθύνεται κυρίως σε πολιτικούς μηχανικούς. Τα μοντέλα που δημιουργούνται στο εν λόγω περιβάλλον περιέχουν όλες τις απαιτούμενες δομοστατικές πληροφορίες του έργου. Η χρήση του ενδεικνύεται σε περιπτώσεις που για παράδειγμα επιθυμούμε να υπολογίσουμε τον σπλισμό τμημάτων κάποιας κατασκευής.

3) Revit MEP : το οποίο αναφέρεται στο ηλεκτρομηχανολογικό και υδραυλικό κομμάτι της κατασκευής. Η συγκέντρωση όλων των απαραίτητων εγγράφων και η ευκολότερη λήψη ολοκληρωμένης εικόνας του έργου είναι δύο από τα πιο βασικά πλεονεκτήματα του λογισμικού και πηγάζουν από την χρήση έξυπνων αντικειμένων που παρέχουν δεδομένα για τα πολυσύνθετα κομμάτια του έργου. Η κατασκευή και η χρησιμοποίηση αυτού του μοντέλου δίνει την δυνατότητα της αυτόματης ενημέρωσης όλων των δεδομένων σε περίπτωση ανάγκης ή επιθυμίας τροποποίησης.

Συμπερασματικά, το Revit είναι ένα ισχυρό και ταυτοχρόνως νέο εργαλείο στην διαχείριση και τον προγραμματισμό των τεχνικών. Η επόμενη πρόκληση της υπεύθυνης για το λογισμικό αυτό εταιρείας είναι η ανάπτυξη του σε τέτοιο βαθμό που θα καλύπτονται επαρκώς όλες οι απαιτήσεις που υπάρχουν στην κατασκευαστική βιομηχανία.



Εικόνα 4.2 Περιβάλλον λειτουργίας του λογισμικού Revit της Autodesk

[Πηγή: <https://knowledge.autodesk.com/search-result/caas/simplecontent/content/things-revit-and-bim-can-do-together.html>]

4.1. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΧΡΗΣΗΣ BIM

ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΟΣ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΔΡΟΜΟΣ M25 ΤΟΥ ΛΟΝΔΙΝΟΥ

Στην Ευρώπη, ένας από τους πιο κυκλοφοριακά επιβαρυσμένους αυτοκινητόδρομους, είναι ο αυτοκινητόδρομος M25. Περισσότερα από 200.000 οχήματα χρησιμοποιούν τμήματα του αυτοκινητόδρομου καθημερινά. Η διοργανώτρια αρχή των Ολυμπιακών Αγώνων, είχε προβλέψει ότι κατά την διάρκεια διεξαγωγής των αγώνων, το πλήθος των αυτοκινήτων τα οποία θα χρησιμοποιούσαν τον περιφερειακό θα αυξανόταν κατά ένα εκατομμύριο. Για τον λόγο αυτό και προκειμένου να επιτύχουν την μείωση των χρόνων ταξιδιού, της κυκλοφοριακής συμφόρησης του αυτοκινητόδρομου αλλά και να αυξήσουν τις παραμέτρους ασφαλείας, ο υπεύθυνος οργανισμός οδικών έργων και μεταφορών δημοπράτησε ένα έργο αρκετών δισεκατομμυρίων λιρών, τον επικείμενο αυτοκινητόδρομο M-25, σε όμιλο εταιριών. (Bakogiannis et al., 2020).

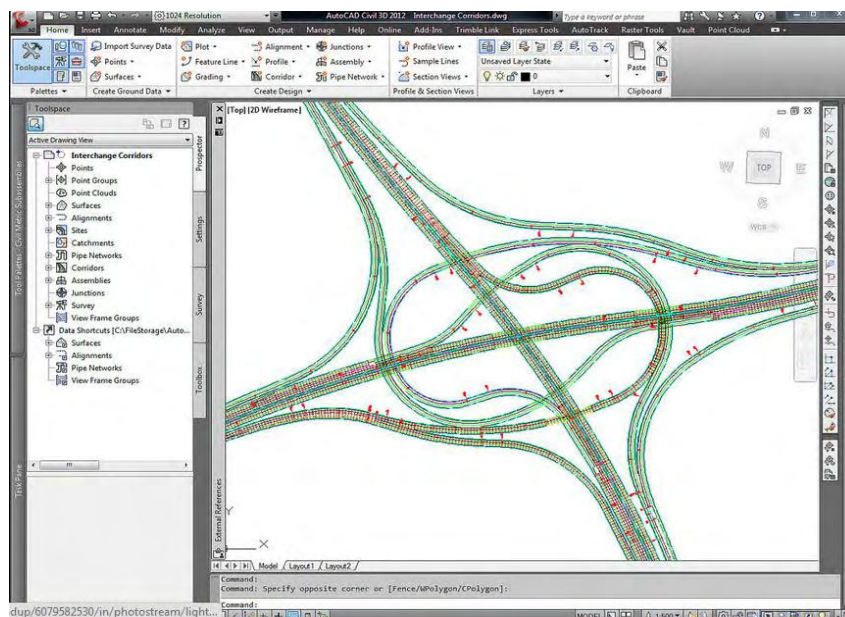
Ανάμεσα στις βελτιώσεις του δρόμου, ήταν η διαπλάτυση του από τρεις σε τέσσερις λωρίδες, σε τμήματα που εκτείνονταν 18 μίλια Βορειοανατολικά και 24 μίλια Βορειοδυτικά. Ο αρμόδιος οργανισμός αυτοκινητοδρόμων υπάγεται στο Υπουργείο Μεταφορών της Αγγλίας ως εκτελεστικό του όργανο, υπεύθυνο για την βελτίωση, λειτουργία και συντήρηση του συνόλου των αυτοκινητοδρόμων της χώρας. Η κοινοπραξία που τέθηκε επικεφαλής να φέρει εις πέρας αυτό το μεγάλο έργο αποτελούταν από σπουδαίες εταιρείες στον κατασκευαστικό χώρο όπως η Skanska, η Egis Road operation UK, η Balfour και η Atkins. Μάλιστα, η τελευταία θεωρείται από τις μεγαλύτερες κατασκευαστικές παγκοσμίως με πολυετή εμπειρία σε έργα κοινωφελούς φύσης (Charef et al., 2018).

Ο πρωταρχικός στόχος ήταν η υλοποίηση του έργου πριν τους Ολυμπιακούς του 2012 στην πόλη του Λονδίνου. Για την επίτευξη του αυστηρού αυτού χρονοδιαγράμματος, τόσο η κατασκευή όσο και ο σχεδιασμός έπρεπε να γίνει σε χρόνους υποδιπλάσιους προηγούμενων αντίστοιχων έργων. Το ήδη υπάρχον όριο του δρόμου αποτελούσε τον κύριο ανασταλτικό παράγοντα. Στις παρεμβάσεις επί του δρόμου, συμπεριλαμβανόταν, εκτός της μίας επιπλέον λωρίδας, νέα ενδιάμεση νησίδα, πρόσθετος φωτισμός και βάσεις για τοποθέτηση πινακίδων. Η υλοποίησή τους, στα ήδη υπάρχοντα όρια απαιτούσε λεπτομερή, ακριβή και συντονισμένο σχεδιασμό και εκτέλεση στην κατασκευή. Τέλος, θα έπρεπε το πλήθος των αυτοκινήτων που θα μετακινούνταν επί του αυτοκινητόδρομου κατά την διάρκεια των έργων, να εξυπηρετείται από τρεις λωρίδες ανά ρεύμα (Dakhil, 2017).

Από το σύνολο των 190 χλμ οδικού δικτύου, σχεδόν στα μισά διανοίχτηκε μία λωρίδα επιπλέον. Το κόστος άγγιζε το ιλιγγιώδες ποσό των 1,2 εκατομμυρίων ευρώ ανά ημέρα και αντιστοιχούσε κατασκευαστικά σε υλοποίηση 1,6 χλμ ανά μήνα. Όπως προαναφέρθηκε και παραπάνω, η αυστηρή διορία περάτωσης του έργου (Ολυμπιακοί Αγώνες Λονδίνου) και τα υπάρχοντα όρια του οδικού δικτύου, αποτέλεσαν εμπόδιο αλλά ταυτόχρονα και κίνητρο ώστε οι διαδικασίες να υλοποιούνται ταχύτερα και ακριβέστερα. Ειδικά όσον αφορά τα οδικά όρια, εκτός της περιορισμένης έκτασής τους από την νέα λωρίδα, “δέχονταν” πιέσεις και από την επιβαλλόμενη διάταξη ασφάλινων σκελετών που θα χρησιμοποιούνταν για βάση των πινακίδων αλλά και από τα φρεάτια αποχέτευσης, τον εξοπλισμό επικοινωνίας και τις λοιπές εγκαταστάσεις (Γεωργιάδη, 2014).

Σύμφωνα με τα παραπάνω, αμέσως διαπιστώθηκε από την κοινοπραξία πως ο μεγαλύτερος ανταγωνιστής τους για την έγκυρη και έγκαιρη υλοποίηση του έργου θα είναι το πλήθος των επιστημονικών πεδίων που έπρεπε να διαχειριστούν εντός των ήδη περιορισμένων ορίων του οδικού δικτύου. Έτσι, καθίσταντο υποχρεωτική η συνεργασία μεταξύ των εμπλεκόμενων ομάδων εργασίας των διαφόρων επιστημονικών τομέων για να αποφευχθεί σύγχυση και αντικρουόμενες εργασίες. Ήταν επιβεβλημένη η ανάγκη ανάπτυξης ενός μοντέλου τρισδιάστατης απεικόνισης του δρόμου όπου θα περικλείονταν όλες οι απαραίτητες πληροφορίες για όλες τις ομάδες εργασίας και σε υψηλό βαθμό ανάλυσης. Αν και μέχρι τότε δεν υπήρχαν διεθνή standards στα προγράμματα BIM σχετικά με τα απαραίτητα στοιχεία που χρειάζονται για τέτοιες κατασκευές αλλά και για την γεωμετρία των έργων, οι εταιρείες με δικά τους προγράμματα δημιούργησαν το πλαίσιο στο οποίο ήθελαν να κινηθούν και να αποτελέσει το standard για κάθε δραστηριότητα που θα λάμβανε χώρα προς την υλοποίηση του έργου. Οι εταιρείες Balfour Beatty και Skanska χρησιμοποίησαν το λογισμικό Autocad Civil 3D στην σχεδίαση του έργου ενώ η Atkins μέσω του λογισμικού Navisworks Manage

της Autodesk συνυπολόγισε το πλήθος πάσης φύσης πληροφοριών σχεδίασης (Bakogiannis et al., 2020).



Εικόνα 4.3. Μοντελοποίηση του M25 στο AutoCAD Civil 3D

[Πηγή: (<http://www.ebah.com.br>)]

Στο πρόγραμμα Civil3D, η εισαγωγή των τοπογραφικών δεδομένων επιτυγχάνεται πλέον με πιο σύγχρονες και ακριβείς μεθόδους όπως η χρήση λέιζερ κατά την μοντελοποίηση μιας επιφάνειας και η εξάρτηση σε παγκόσμιο σύστημα συντεταγμένων. Επομένως, η κατασκευαστική ομάδα είχε στην “φαρέτρα” της ένα πολύ ακριβές και σύγχρονο “όπλο” που βοήθησε τα μέγιστα στην αποφυγή αποκλίσεων. Η καθολική χρήση BIM στην υλοποίηση ολόκληρου έργου, παρείχε σπουδαία αποτελέσματα τόσο στην κατασκευή όσο και στον σχεδιασμό, καθώς έπρεπε να αντιμετωπιστεί ολοκληρωτικά η χρονική διορία και οι κίνδυνοι που ελλόχευαν σε όλο το εγχείρημα. Με την δημιουργία ενός ολοκληρωμένου μοντέλου τρισδιάστατης απεικόνισης του έργου από τις ομάδες εργασίας, όχι μόνο επιτεύχθηκε η ακριβής απεικόνιση των φυσικών στοιχείων αλλά εισήχθησαν επιπλέον παράμετροι όπως ζώνες πρόσβασης και μέτρα ασφαλείας τα οποία έδωσαν την δυνατότητα στα τεχνικά επιτελεία να διορθώσουν τεχνικά σφάλματα εν τη γενέσει τους και να κερδίσουν πολύτιμο χρόνο (Dakhil, 2017). Από τη χρήση του BIM στον αυτοκινητόδρομο M25 συνολικά προέκυψαν τα εξής οφέλη:

- Ελαχιστοποιήθηκαν οι περιττές εργασίες και επιτράπη στις ομάδες εργασίας να ολοκληρώνουν τις εργασίες τους, προχωρώντας στα επόμενα βήματα με αυτοπεποίθηση.

- Μέσω του Navisworks αναγνωρίστηκαν και επιλύθηκαν πιθανές αντικρουόμενες εργασίες διαφορετικών ομάδων εργασίας που δεν θα μπορούσε να προνοηθεί με σχέδια 2D.
- Το Navisworks αφενός έδωσε την δυνατότητα να γίνει αναπαραγωγή της παραγωγικής διαδικασίας αφετέρου βοήθησε τόσο στην επίσπευση της κατασκευής του έργου, όσο και στη ασφαλή διατήρηση του κυκλοφοριακού ρυθμού στις υπάρχουσες λωρίδες του δρόμους.

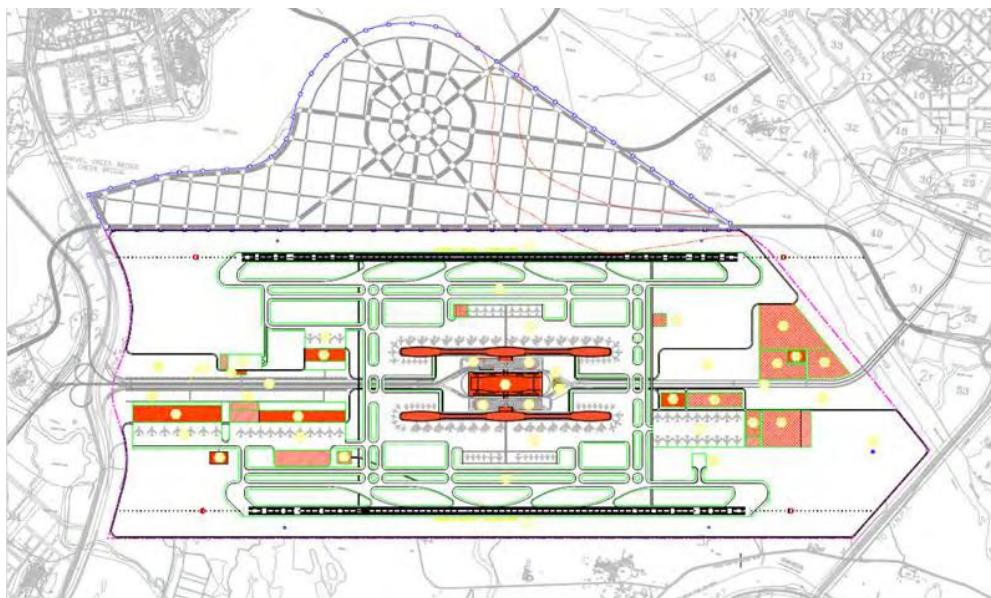
Το έργο, εν τέλει, παραδόθηκε νωρίτερα από τους Ολυμπιακούς Αγώνες του Λονδίνου όπου ήταν και ο αντικειμενικός σκοπός της κοινοπραξίας. Επίσης, η χρησιμοποίηση BIM ήδη από τα πρώιμα στάδια της εργασίας είχε ως αποτέλεσμα να μην υπερβεί τον προϋπολογισμό του έργου και να εξοικονομηθούν αρκετά εκατομμύρια ευρώ. Οι εταιρείες της κοινοπραξίας βλέποντας τα εντυπωσιακά αποτελέσματα του BIM, υιοθέτησαν τον συγκεκριμένο τρόπο εργασίας και στις μελλοντικές αναβαθμίσεις και βελτιώσεις του αυτοκινητόδρομου (Charef et al., 2018).

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΈΡΓΟΥ NAVI MUMBAI INTERNATIONAL AIRPORT

Το Navi Mumbai International Airport είναι ένα εθνικό αεροδρόμιο προς κατασκευή στην Ινδία. Το αεροδρόμιο είναι υπό κατασκευή μέσω σύμπραξης δημόσιου και ιδιωτικού τομέα. Η κυβέρνηση της Maharashtra και η Αρχή Αεροδρομίων Ινδίας θα κατέχουν από 13 % ενώ ο ιδιωτικός τομέας θα κατέχει το 74 % του μετοχικού κεφαλαίου. Το αεροδρόμιο θα παρέχει σύγχρονες ανέσεις και εγκαταστάσεις σε διεθνείς και μη επιβάτες, καθώς και τη δυνατότητα μεταφοράς φορτίων. Επίσης θα στοχεύει στην αποσυμφόρηση της εναέριας κυκλοφορίας της Mumbai. Η κατασκευή του έχει καθυστερήσει λόγω διαφωνιών που έγκεινται ως προς την περιοχή που θα κατασκευαστεί ο αερολιμένας. Η έκταση που απαιτείται για την κατασκευή του είναι περίπου 42.000 m². Το κόστος για την κατασκευή του αεροδρομίου αναμένεται στα 1,4 δισεκατομμύρια δολάρια (Cheng & Ma., 2013).

Ο όμιλος Louis Berger Asia Pacific κατέθεσε προσφορά για το σπουδαίο αυτό έργο υποδομής που τράβηξε την προσοχή παγκοσμίως, το Navi Mumbai International Airport. Με την ανάγκη για ένα επιπλέον διεθνές αεροδρόμιο στην Mumbai να είναι περισσότερο από εμφανής, η κυβέρνηση της Ινδίας ζητά την άμεση υποβολή των μελετών του αερολιμένα. Το νέο αεροδρόμιο, στην πρώτη από τις τέσσερις φάσεις, αναμένεται να τεθεί σε λειτουργία το 2025, ενώ η ολοκλήρωση και των τεσσάρων φάσεων εκτιμάται να υλοποιείται το 2030. Το χρονικό περιθώριο που δόθηκε στον όμιλο Louis Berger ήταν μόλις τριών μηνών για την οριστική υποβολή της προσφοράς/πρότασής του, η οποία περιελάμβανε την οριστική μορφή του

σχεδίου του νέου αεροδρομίου, με λεπτομερή 3D μοντέλα των κτιρίων και τις ακριβείς ποσότητες των υλικών που θα χρειαστούν (Γεωργιάδη, 2014).



Εικόνα 4.4 Σχέδιο κάτοψης του μοντέλου αεροδρομίου Navi Mumbai

[Πηγή: (<http://usa.autodesk.com>)]

Οι διαγωνιζόμενοι ήταν υποχρεωτικό να αποκτήσουν πρόσβαση σε ερευνητικά δεδομένα της πόλης της Mumbai και της Industrial Development Corporation της Maharashtra (CIDCO). Επίσης, έπρεπε μέσω των ρυθμιστικών απαιτήσεων να υποστηρίζονται τόσο οι περιβαλλοντικές όσο και οι πολιτικές προκλήσεις καθώς και να τηρούνται τα απαιτητικά και αυστηρά διεθνή πρότυπα ναυσιπλοΐας. Η κατάσταση συχνά παρουσίαζε διακυμάνσεις, αφού η θέση καθώς οι διαπραγματεύσεις γύρω από εξαγορές γης ήταν ακόμα σε εξέλιξη και η θέση που προοριζόταν να γίνει το αεροδρόμιο είναι σε πεδινές περιοχές, σε μια οικολογικά ευαίσθητη ζώνη. Στόιχημα για τους διαγωνιζόμενους ήταν η εξεύρεση μίας ευέλικτης λύσης για τον σχεδιασμό που δεν θα υπόκεινται στις αλλαγές που θα επέφεραν τυχόν διακυμάνσεις. Η λύση αυτή απαντήθηκε στο “πρόσωπο” του BIM, με το οποίο κατόρθωσαν να εργαστούν πάνω σε συνεχώς μεταβαλλόμενες παραμέτρους. Επιπλέον το BIM παρείχε ενδελεχή ανάλυση των εκάστοτε αλλαγών καθώς και πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο. Επιβαλλόταν, οπότε, η χρησιμοποίηση του εργαλείου αυτού ώστε να αντιμετωπιστεί η ανάγκη εξεύρεσης λύσης στα προβλήματα σχεδιασμού (Charef et al., 2018).

Όλα τα δεδομένα ενός ολοκληρωμένου μοντέλου της CIDCO, ο όμιλος Louis Berger τα εισήγαγε και τα έβαλε σε σειρά, χρησιμοποιώντας το Civil3D. Η ομάδα εργασίας εισήγαγε αεροφωτογραφίες και τοπογραφικά δεδομένα δουλεύοντας με διάφορες πηγές δεδομένων. Οι δυνατότητες που παρείχε στις γεωγραφικές αναλύσεις το Civil3D, έπαιξε καίριο ρόλο στο σχεδιασμό. Χρησιμοποιώντας επίσης το Google Earth, η ομάδα σχεδιασμού προχώρησε

στην τοπογραφική ανάλυση του έργου. Έτσι, τα δύο αυτά προγράμματα σε συνδυασμό, έδωσαν την δυνατότητα στην σχεδιαστική ομάδα να παραμείνει στον σχεδιασμό της χωρίς καμία αλλαγή και έχοντας αντλήσει όσα δεδομένα χρειαζόντουσαν από το Google Earth (Cheng & Ma., 2013).

Το Civil3D διετέλεσε τα μέγιστα αφενός στον σχεδιασμό των πολλών κόμβων του αεροδρομίου αφετέρου στη αποτελεσματική διαχείριση και παρουσίαση των τοπογραφικών στοιχείων του έργου. Αναλυτικότερα, με το πρόγραμμα αυτό, υπολογίστηκαν σχεδιαστικά άνω των 40 κόμβων παρόλο που αποτελεί πολύπλοκη διαδικασία. Η λειτουργία σχεδίασης κόμβων του Civil3D, βοήθησε την σχεδιαστική ομάδα να αναπτύξει αποτελεσματικά κι εύκολα τα μοντέλα των κόμβων. Ο όμιλος Louis Berger μπορούσε, πλέον, ενώπιον της αρμόδιας αρχής να παρουσιάσει κάθε δυνατή λύση για το σύνολο του έργου συμπεριλαμβανομένων διαδρόμων αεροπλάνων, όρμων επιβατών, κτιρίων, υπόστεγων κ.α. (Γεωργιάδη, 2014).

Ο όμιλος Louis Berger, από τον Μάιο του 2010, είχε ολοκληρώσει τον σχεδιασμό και την έρευνά του γύρω από τον απαιτούμενο χρόνο και προσωπικό ώστε να καταθέσει προσφορά-πρότασή του. Ενώ αρχικά είχε σχεδιαστεί να αναπτυχθεί μία ομάδα δέκα ατόμων οι οποίοι θα δούλευαν επί έξι μήνες ώστε να στοιχειοθετήσουν την πρόταση, τελικά με την χρησιμοποίηση BIM, ο χρόνος υποδιπλασιάστηκε και το απαιτούμενο προσωπικό μειώθηκε στα τέσσερα άτομα. Τελικό αποτέλεσμα ήταν ο όμιλος να κερδίσει τον διαγωνισμό ανάληψης του έργου και να είναι πρωτοστάτης της κατασκευής του Navi Mumbai International Airport (Dakhil, 2017).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ BIM ΣΤΟ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ

Στην παρακάτω ενότητα, πραγματοποιείται μια προσπάθεια ανάδειξης των πρωτοβουλιών πολιτικής εφαρμογής των συστημάτων BIM από επιλεγμένες χώρες καθώς και τις διαδικασίες μοντελοποίησης των πρακτικών από τις χώρες αυτές. Οι τελευταίες προωθήθηκαν με κριτήριο την ηγεσία του BIM σε συνδυασμό με την προσπάθεια κάλυψης όσο το δυνατόν μεγαλύτερου γεωγραφικού εύρους με τις ιδιαιτερότητες κάθε περιοχής.

5.1 ΗΝΩΜΕΝΕΣ ΠΟΛΙΤΕΪΕΣ

Η Η Γενική Διοίκηση των Ηνωμένων Πολιτειών (U.S. General Administration - GSA) έχει την ευθύνη για την κατασκευή των εθνικών κτιρίων. Το 2003, μέσω της Υπηρεσίας Δημόσιων Κτιρίων (Public Buildings Service - PBS), εκκίνησε το Εθνικό Πρόγραμμα 3D-4DBIM. Από το 2007 και στο εξής, η GSA έχει θεσπίσει ως ελάχιστο κριτήριο για την υποβολή σχεδίων για έγκριση τη χρήση BIM για τον χωροταξικό σχεδιασμό σε όλα τα μεγάλα χρηματοδοτούμενα έργα. Παράλληλα, η Διοίκηση προωθεί την ανάπτυξη 3D και 4D BIM στα στρατηγικά σχέδια για να αντιμετωπίσει ειδικές ανάγκες και προκλήσεις (GSA, 2014). Επίσης, η GSA κοινοποίησε μια λίστα αποτελούμενη από οκτώ οδηγίες- κατευθύνσεις λεγόμενη ως GSA BIM Guides. Οι παραπάνω κατευθύνσεις είναι: 3D σάρωση λέιζερ, χωροταξικός σχεδιασμός, επισκόπηση 3D-4D-BIM, ενεργειακή απόδοση, 4D προγραμματισμός και λειτουργίες, διαχείριση εγκαταστάσεων και δομικά στοιχεία και επικύρωση ασφάλειας και κυκλοφορίας.



Εικόνα 5.1 Ηνωμένες Πολιτείες και BIM

[Πηγή:

<https://eclass.upatras.gr/modules/document/file.php/CIV1529/Εργαστήριο%20BIM/Building%20Information%20Modeling.pdf>

To National Institute of Building Sciences (NIBS) αποτελεί τον συνδετικό κρίκο του ιδιωτικού τομέα και των κυβερνήσεων ως μια δεξαμενή καινοτόμων

λύσεων για το δομημένο περιβάλλον. Το National BIM Standard-United States (NBIMS-US) εμφανίσθηκε έπειτα από ανάληψη πρωτοβουλίας από την NIBS με στόχο την ίδρυση της buildingSMART συμμαχίας. Η NBIMSUS βασιζόμενη σε παραπομπές υπαρχόντων προτύπων, παρέχει συναφή πρότυπα με τις καλύτερες επιχειρηματικές πρακτικές στο σύνολο του δομημένου περιβάλλοντος μέσω της τεκμηρίωσης της ανταλλαγής πληροφοριών (NBS, 2019).

Ωστόσο, για την καθολική χρησιμοποίηση του BIM και των δυνατοτήτων του όπως ο συντονισμός, η οπτικοποίηση και η προσομοίωση, πιέζει τόσο το Σώμα των Μηχανικών του Στρατού των Ηνωμένων Πολιτειών όσο και η κυβέρνηση. Το τελευταίο, ειδικά, κοινοποίησε οδηγίες πάνω στην χρήση της τεχνολογίας BIM σε πολιτικού μηχανικού έργα αλλά και στρατιωτικών κατασκευών έργα. Επίσης, το Σώμα ως χορηγός υποστήριξε ένα Κέντρο Τεχνολογίας CAD / BIM, με αντικειμενικό σκοπό την παροχή εκπαίδευσης BIM στα στελέχη του Υπουργείου Άμυνας των ΗΠΑ καθώς και την ανακάλυψη νέων τεχνολογιών BIM και CAD. Το Υπουργείο Υποθέσεων Βετεράνων των Ηνωμένων Πολιτειών (VA) έχει θέσει ως υποχρεωτική τη χρήση του BIM για όλα τα έργα ανακαίνισης και κατασκευής που υπερβαίνουν τα 10 εκατομμύρια δολάρια, από το 2009 και μετά (VA, 2010).

Επίσης, αρκετοί οργανισμοί σε διάφορες πολιτείες των ΗΠΑ προωθούν ανάγκη για χρησιμοποίηση προτύπων BIM υψηλότερων προδιαγραφών. Το 2009, το Architect's office κοινοποίησε κατάλογο απαιτήσεων παράδοσης έργου και πρότυπα IU BIM. Το ίδιο έτος, οι ιδιοκτήτες των εγκαταστάσεων του Penn State University πρωτοστάτησαν πάνω στην υιοθέτηση του BIM στις κατασκευές τους. Το 2010, η πρώτη πολιτεία των ΗΠΑ που έθεσε σε εφαρμογή την απαίτηση όλες οι νέες κατασκευές τουλάχιστον 2,5 εκατομμυρίων και όλα τα κοστολογούμενα άνω των 5 εκατομμυρίων δολαρίων δημόσια έργα να συμπεριλάβουν στο project την χρήση BIM, ήταν το Ουισκόνσιν (National Institute of Building Sciences, 2012).

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΡΕΥΝΩΝ ΧΡΗΣΗΣ ΤΟΥ BIM ΣΤΙΣ ΗΝΩΜΕΝΕΣ ΠΟΛΙΤΕΙΕΣ

Σύμφωνα με πρόσφατες έρευνες που επικαιροποιήθηκαν το 2014, η χρήση του BIM στις Ηνωμένες Πολιτείες έχει καταγράψει εντυπωσιακή ανάπτυξη και επιδεικνύει σημαντικά αποτελέσματα. Η έρευνα προβάλλει το γεγονός ότι οι ΗΠΑ διαθέτουν τον μεγαλύτερο αριθμό χρηστών υψηλού επιπέδου του BIM, με ποσοστό που φτάνει το 22%, σε σύγκριση με άλλες χώρες (McGraw Hill, 2014). Αυτό αποτελεί μία απόδοση της ευρείας χρήσης του BIM, του ενεργού θεσμικού πλαισίου και της ταχείας ανάπτυξης που σημειώνεται στον τομέα, καθώς και της ενεργητικής υιοθέτησης του BIM μετά από πολιτικές παρεμβάσεις.

Επίσης, η έρευνα αναδεικνύει το γεγονός ότι στη Βόρεια Αμερική, οι εργολάβοι είναι πιο εξοικειωμένοι με τη χρήση του BIM σε σύγκριση με άλλες περιοχές του κόσμου και έχουν την πρόθεση να αυξήσουν τη χρήση του μέσω επενδύσεων (Singh et al., 2017). Η συντονισμένη διαχείριση των διαφόρων δραστηριοτήτων πριν την κατασκευή, σύμφωνα με το 82% των εργολάβων στις ΗΠΑ, αποτελεί την ουσία των οφελών του BIM. Αυτό επιβεβαιώνει την ανάγκη για ενίσχυση της χρήσης του BIM και σε άλλους τομείς εκτός από τη σχεδίαση.

Επιπλέον, η έρευνα αναδεικνύει ότι κατά το 2012 σχεδόν ένας στους δέκα ιδιοκτήτες επιχειρήσεων είχε συμμετάσχει σε υψηλό επίπεδο χρήσης BIM και περίπου το 40% των χρηστών εκείνη την περίοδο εκτιμούσε ότι θα έφτανε αυτό το επίπεδο μέχρι το 2016. Σήμερα, τρεις στις τέσσερις κατασκευαστικές εταιρείες στις ΗΠΑ χρησιμοποιούν τεχνολογίες BIM για τη σημαντική εξοικονόμηση κόστους στα έργα τους (Singh et al., 2017).

Συνεπώς, τα ερευνητικές δεδομένα υποδεικνύουν μια σαφή τάση αύξησης της χρήσης του BIM στις Ηνωμένες Πολιτείες, με την τεχνολογία αυτή να γίνεται ολοένα και πιο ολοκληρωμένη στον τομέα της κατασκευής και συνοδεύοντας την αύξηση αυτή με επενδύσεις και ανάπτυξη υποδομών. Οι επιχειρήσεις και οι εργολάβοι στις ΗΠΑ αντιλαμβάνονται τα οφέλη που προσφέρει η χρήση του BIM, ειδικά σε θέματα συντονισμού και εξοικονόμησης κόστους. Η παραπάνω έρευνα δείχνει πως οι εταιρείες κατασκευών προσαρμόζονται ολοένα και περισσότερο στη χρήση του BIM ως ένα βασικό εργαλείο για τη βελτίωση της απόδοσης και της αποτελεσματικότητας στα έργα τους.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η αύξηση αυτή δεν είναι απλώς αποτέλεσμα των τεχνολογικών προόδων, αλλά και της αντίληψης ότι η εφαρμογή του BIM μπορεί να επιφέρει πραγματικές αλλαγές στον τρόπο με τον οποίο διεξάγονται οι κατασκευές και διαχειρίζονται οι έργοι. Οι επενδύσεις σε εκπαίδευση και κατάρτιση προσωπικού, σε συνδυασμό με την ανάπτυξη της τεχνολογίας, έχουν καθοριστικό ρόλο στη διασφάλιση της βέλτιστης χρήσης του BIM και την αποδοχή του από τον κλάδο.

Τα δεδομένα αυτά αποτελούν σημαντική ένδειξη για την πορεία που ακολουθεί ο τομέας της κατασκευής στις Ηνωμένες Πολιτείες και δείχνουν ότι η τεχνολογία του BIM είναι πλέον αναπόσπαστο μέρος της κατασκευαστικής διαδικασίας, προσφέροντας ταυτόχρονα νέες ευκαιρίες και προοπτικές για τον κλάδο. Η συνεχής εξέλιξη και εφαρμογή του BIM αναμένεται να συμβάλει σημαντικά στη βελτίωση της παραγωγικότητας, τη μείωση των κόστων και την αύξηση της αποδοτικότητας στον τομέα της κατασκευής.

5.2 ΗΝΩΜΕΝΟ ΒΑΣΙΛΕΙΟ

Το Ηνωμένο Βασίλειο, μέσω της κυβερνητικής υποστήριξης και της σαφούς εθνικής στρατηγικής “βαδίζει” γοργά στο να γίνει ο αδιαμφισβήτητος παγκόσμιος πρωταθλητής BIM. Από τον Μάιο του 2011 που καταρτίστηκε Εθνική Στρατηγική (UK Government Construction Strategy - GCS) στον κατασκευαστικό τομέα, η εφαρμογή του BIM προωθείται στο Ηνωμένο Βασίλειο ραγδαίως (Θεοτοκάτος, 2020).



Εικόνα 5.2 BIM και Ηνωμένο Βασίλειο

Πηγή:

<https://eclass.upatras.gr/modules/document/file.php/CIV1529/Εργαστήριο%20BIM/Building%20Information%20Modeling.pdf>

Έως τις 4 Απριλίου του 2016, όσοι εμπλέκονταν στην κατασκευή δημοσίων έργων, έπρεπε να συμμορφωθούν στην χρησιμοποίηση BIM επιπέδου 2 σύμφωνα με τις εντολές της κυβέρνησης. Η δημιουργία καθόλα διαλειτουργικού ψηφιακού μοντέλου 3D, με το σύνολο των δεδομένων που αφορούσαν το έργο, ορίστηκε ως η ελάχιστη απαιτούμενη απαίτηση.

Η μείωση κατά 20% των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και του κόστους κεφαλαίου που προέρχονταν από την λειτουργία και την κατασκευή του δομημένου περιβάλλοντος, αποτέλεσε τον πρωταρχικό στόχο του BIM στην κυβερνητική ατζέντα. Η κυβέρνηση του Ηνωμένου Βασιλείου οργάνωσε ένα ακόμη φορέα, την BIM Task Group για να συνδράμει στη μετάβαση στη νέα εποχή BIM βοηθώντας μη κυβερνητικούς όσο και κυβερνητικούς εργολάβους. Επίσης μέσω της ιστοσελίδας Level2BIM που ίδρυσε, μπορούν όλοι τα εμπλεκόμενα μέρη να ζητήσουν κατευθυντήριες συμβουλές και διευκρινίσεις, αλλά και να αποκτήσουν δωρεάν είσοδο σε προδιαγραφές και πρότυπα σχετιζόμενα με το BIM (Ανδρουτσοπούλου, 2015).

Το 2013, η Βρετανική Εταιρεία Προτύπων (British Standards Institution - BSI) εισήγαγε τα πρότυπα ανταλλαγής πληροφοριών με την ονομασία PAS 1192:2.

Αυτά τα πρότυπα παρέχουν τεχνολογία επιπέδου 2 που είναι εφαρμόσιμη στην πράξη.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΡΕΥΝΩΝ ΧΡΗΣΗΣ ΤΟΥ BIM ΣΤΟ ΗΝΩΜΕΝΟ ΒΑΣΙΛΕΙΟ

Λαμβάνοντας υπόψιν τα ευρήματα της έκθεσης National BIM Report (NBS) του 2019, σχετικά με τη χρήση του BIM στο Ηνωμένο Βασίλειο, φαίνεται ότι η τεχνολογία αυτή καθιερώνεται ολοένα και περισσότερο στον κατασκευαστικό τομέα. Συγκεκριμένα, το 69% των εταιρειών στο δείγμα χρησιμοποιούν το BIM, ποσοστό που αυξήθηκε κατά 56% σε σχέση με το 2011, προβάλλοντας μια σαφή τάση αύξησης της υιοθέτησής της. Επιπλέον, το 26% των εταιρειών δηλώνει ότι χρησιμοποιεί το BIM σε περισσότερα από το 75% των έργων τους, ενώ το 15% εφαρμόζει την τεχνολογία αυτή σε όλα τα έργα τους. Επιπλέον, ένα ενδιαφέρον εύρημα είναι ότι το 48% των χρηστών BIM έχει διευκολυνθεί στην εκτός συνόρων εργασία τους και έχει αυξήσει την κερδοφορία τους, κάτι που αποτελεί κίνητρο για περαιτέρω υιοθέτηση της τεχνολογίας (Τσεμπεκίδης, 2019).

Παρά την προώθηση της κυβέρνησης του Ηνωμένου Βασιλείου για την ενσωμάτωση του BIM στον κλάδο, η έρευνα αποκαλύπτει ότι υπάρχουν προκλήσεις και περιορισμοί. Συγκεκριμένα, μόνο το 32% θεωρεί επιτυχή την πολιτική της κυβέρνησης, ενώ το 48% κρίνει θετικά την επιρροή της κρατικής εντολής εναρμόνισης με το επίπεδο ωριμότητας Level 2 (NBS, 2019).

Αυτά τα ευρήματα αναδεικνύουν τη σημασία της συνεχούς προώθησης και υποστήριξης της τεχνολογίας BIM από την κυβέρνηση, καθώς και την ανάγκη για συνεχή προσαρμογή και βελτίωση των πολιτικών που αφορούν την εφαρμογή της.

5.3 ΣΙΓΚΑΠΟΪΡΗ

Στη Σιγκαπούρη, την περίοδο 2007-2008, διεξήχθη από την Αρχή Κτιρίων και Κατασκευών μια μεγάλης κλίμακας προσπάθεια διάφορων φορέων για την πραγματοποίηση της πρώτης ηλεκτρονικής υποβολής BIM παγκοσμίως. Η παραπάνω πρωτοβουλία πήρε την επωνομασία Δίκτυο Κατασκευών και Ακινήτων (Construction and Real Estate Network - CORENET) και παγιώθηκε το 2011. Τα εμπλεκόμενα μέρη μιας κατασκευής οφείλουν να προσκομίσουν ένα και μοναδικό κατασκευαστικό μοντέλο, που όφειλε να συμπεριλαμβάνει όλα τα απαραίτητα δεδομένα για την πλήρωση των αναγκών ενός κανονιστικού φορέα. Το CORENET αποτελεί μια κεντρική αρχειοθήκη κανονισμών, κτιρίων και εγκυκλίων που κοινοποιούνται και δημοσιεύονται στη Σιγκαπούρη.

Η BCA είχε ως στόχο να χρησιμοποιεί BIM το 80% του κατασκευαστικού κλάδου της Σιγκαπούρης καθώς και ηλεκτρονικές υποβολές για κάθε νέο

οικοδομικό έργο έως το 2015. Τα σπουδαιότερα σημεία του προγράμματος υιοθέτησης BIM και των κανονιστικών απαιτήσεων είναι τα κάτωθι (Edirisinghe & London, 2015):

- Στον δημόσιο τομέα, απαραίτητο στοιχείο των οικοδομικών έργων, το 2012, ήταν το BIM .

- Το 2013, για κάθε νέο οικοδομικό έργο που ξεπερνούσε τα 20.000 τ.μ. όφειλε να υποβληθεί ταυτοχρόνως και σε ηλεκτρονική μορφή από τον αρμόδιο κατασκευαστικό φορέα τα σχέδια BIM.

- Το 2014, κατέστη υποχρεωτική η υποβολή BIM ηλεκτρονικώς για μηχανολογικά σχέδια έργων που ξεπερνούσαν τα 20.000 μ².

- Το δεύτερο μισό της δεκαετίας, καθιερώθηκε η ηλεκτρονική υποβολή, για άνω των 5.000 τ.μ. , αρχιτεκτονικών και στατικών σχεδίων έργων BIM.

Το αντίστοιχο εγχειρίδιο οδηγιών περιγράφει τις ευθύνες και τον ρόλο των εμπλεκόμενων μερών στην περίπτωση χρήσης BIM σε κάθε στάδιο ενός έργου. Απαρτίζεται αφενός με διαδικασίες μοντελοποίησης συνεργασίας BIM αφετέρου με προδιαγραφές BIM και πρωτοεμφανίστηκε στον κλάδο το 2012.

5.4 ΦΙΛΑΝΔΙΑ

Οι χώρες της Σκανδιναβικής Χερσονήσου ήταν ανάμεσα στις πρώτες χώρες που εισήγαγαν τις τεχνολογίες του BIM στον κατασκευαστικό τομέα, με πρότυπα και απαιτήσεις.

Στην Φινλανδία, συγκεκριμένα, υπό το φινλανδικό υπουργείο οικονομικών υπάγεται μια επιχείρηση που λειτουργεί ως κρατικός εμπειρογνώμονας στα θέματα εγκαταστάσεων εργασίας και εργασιακού περιβάλλοντος γενικότερα. Η επιχείρηση αυτή ονομάζεται Senate Properties και μία από τις μεταρρυθμίσεις που απαίτησε ήταν η καθολική χρήση μοντέλων συμβατών με τα πρότυπα IFC (Industry Foundation Classes) στα έργα της με αποτέλεσμα την κατακόρυφη αύξηση ενδιαφέροντος για την χρήση BIM και IFC στην κατασκευαστική κοινότητα από τους εμπλεκόμενους φορείς (Singh et al., 2017).

Επιπροσθέτως, δόθηκαν στην δημοσιότητα και μία λίστα απαιτήσεων με λεπτομερείς οδηγίες για την απαιτούμενη μοντελοποίηση. Η λίστα BIM ονομάστηκε σε Common BIM Requirements. Οι παραπάνω απαιτήσεις CoBIM συνθέτονται από 13 δημοσιεύσεις καλύπτοντας όλα τα στάδια ενός έργου και αναφέρονται ως εξής:

1. Γενική εικόνα.
2. Τυποποίηση πρωταρχικής κατάστασης

3. Αρχιτεκτονική σχεδίαση
4. MEP σχεδίαση
5. Στατικός σχεδιασμός
6. Εξασφάλιση επιπέδου ποιότητας
7. Υπολογισμός ποσοτήτων
8. Χρησιμοποίηση προτύπων για οπτικοποίηση
9. Χρησιμοποίηση προτύπων σε MEP αναλύσεις
10. Ανάλυση ενεργειακών μεταβλητών
11. Χρησιμοποίηση BIM για την διαχείριση του έργου
12. Διαχείριση εγκαταστάσεων με χρήση BIM
13. Χρησιμοποίηση BIM στην υλοποίηση της κατασκευής

5.5 ΝΟΡΒΗΓΙΑ

Στην Νορβηγία, ο όμιλος Statsbygg κατέστησε υποχρεωτική την χρήση BIM σε κάθε στάδιο ζωής των κτιρίων τους. Κάθε έργο του Statsbygg χρησιμοποιεί μοντέλα BIM με βάση IFC και International Framework for Dictionaries (IFD), από το 2010.

Η εφαρμογή του BIM στην Νορβηγία πραγματοποιείται με την υιοθέτηση συγκεκριμένων κατευθυντήριων γραμμών οι οποίες ονομάζονται BIM manual. Η τρέχουσα έκδοσή του είναι 1.2.1.9 ενώ η πρώτη έκδοση του κυκλοφόρησε το 2007 (BIM Manual, 2013). Αν και αρχικά το εγχειρίδιο δημιουργήθηκε για τα έργα του Statsbygg, τώρα έχει καθιερωθεί ως το βασικό πακέτο οδηγιών BIM και χρησιμοποιείται ευρέως στη Νορβηγία και από άλλους φορείς.

Η SINTEF, ένας πρωτοπόρος οργανισμός στον κατασκευαστικό τομέα, επιδιώκει να προωθήσει την έρευνα πάνω στο BIM μέσω του εθνικού προγράμματος έρευνας και ανάπτυξης Erabuild. Ο στόχος αυτού του προγράμματος είναι η ανάπτυξη βιώσιμων εργαλείων που θα βελτιώσουν τη λειτουργία και την κατασκευή κτιρίων. Η Νορβηγία, μια από τις πρωτοπόρες χώρες στην υιοθέτηση του προτύπου IFD για την κατασκευή κτιρίων (ISO 12006-3), σημειώνει σημαντική πρόοδο σε αυτόν τον τομέα. Περίπου το 22% των κατασκευαστικών εταιριών στη Νορβηγία εφαρμόζουν ή χρησιμοποιούν BIM ή IFC με δυνατότητα BIM (Edirisinghe & London, 2015).

5.6 ΑΥΣΤΡΑΛΙΑ

Το Built Environment Industry Innovation Council (BEIIC), ως συμβουλευτικό όργανο της αυστραλιανής κυβέρνησης, ανέλαβε την πρωτοβουλία για το National Building Information Modeling. Τρεις κύριες πτυχές αυτής της πρωτοβουλίας περιλαμβάνουν: πρώτον, την εφαρμογή του National BIM Initiative Plan, δεύτερον, την απαίτηση πλήρους τρισδιάστατης συνεργασίας με χρήση του BIM για όλες τις δημόσιες συμβάσεις της Αυστραλίας και, τρίτον, την ενθάρρυνση των αυστραλιανών πολιτειών να απαιτούν πλήρη εφαρμογή του 3D open BIM (BEIIC, 2012).



Εικόνα 5.3

[Πηγή:

<https://eclass.upatras.gr/modules/document/file.php/CIV1529/Εργαστήριο%20BIM/Building%20Information%20Modeling.pdf>

Από το 2012 ήδη, πελάτες, εργολάβοι, εκπρόσωποι της κυβέρνησης και λοιπά εμπλεκόμενα μέρη της κατασκευαστικής βιομηχανίας, συμφώνησαν ομόφωνα σε ένα κοινό σχέδιο εθνικής δράσης το οποίο θα βασιζόταν σε έξι πυλώνες (buildingSMART Australasia, 2012):

- Οδηγίες χρήσης του BIM
- Προμήθειες και νομικά ζητήματα
- Βιβλιοθήκες πληροφοριών προϊόντος
- Θέματα συμμόρφωσης και πιστοποίησης κατά προτεραιότητα
- Εκπαίδευση BIM
- Αλλαγή επιχειρηματικής διαδικασίας

Στα αξιοσημείωτα των πρωτοβουλιών της αυστραλιανής κυβέρνησης περιλαμβάνεται ο Εθνικός Οδηγός BIM NATSPEC που αναπτύχθηκε το 2011 για την καθιέρωση ενός μοτίβου ψηφιακής ανταλλαγής πληροφοριών κτιρίων

στην χώρα. Στον οδηγό αυτό περιλαμβάνονται οδηγοί χρήσης της εφαρμογής BIM στο έργο, εργαλεία τυποποίησης των ιδιοτήτων ενός αντικειμένου και ανοιχτό πρότυπο αντικειμένου BIM (Open BIM Object Standard - OBOS). Οι εθνικές πολιτικές και τα πρότυπα διαδραμάτισαν σημαντικό ρόλο στην υιοθέτηση του BIM στην κατασκευαστική βιομηχανία της Αυστραλίας, προωθήθηκε και επιτεύχθηκε μέσω των εθνικών πολιτικής και των προτύπων που διαδραμάτισαν σημαντικό ρόλο στο κατασκευαστικό γίγνεσθαι της χώρας (Singh et al., 2017).

Στη συνέχεια, με την κυκλοφορία του ACIF-APPC BIM το 2014, το Υπουργείο Υγείας της Νέας Νότιας Ουαλίας κατέστησε υποχρεωτική τη χρήση BIM σε όλα τα έργα άνω των 30 εκατομμυρίων δολαρίων. Με την απόφαση αυτή, αυξήθηκε αισθητά ο βαθμός υιοθέτησης του BIM στην Αυστραλία, παρόλο που ακόμα δεν έχει καταστεί υποχρεωτική η χρήση BIM και στο επίπεδο της κεντρικής κυβέρνησης (Ανδρουτσοπούλου, 2015).

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΡΕΥΝΩΝ ΧΡΗΣΗΣ ΤΟΥ BIM ΣΤΗΝ ΑΥΣΤΡΑΛΙΑ

Η χρήση του BIM στην Αυστραλία και τη Νέα Ζηλανδία αναδεικνύεται ως ένας σημαντικός παράγοντας στον τομέα της κατασκευής, σύμφωνα με την έρευνα της McGraw Hill (2014). Το υψηλό ποσοστό χρήσης BIM (67%) σε αυτές τις περιοχές αποδεικνύει την αυξανόμενη διάδοση και αποδοχή της τεχνολογίας αυτής στον κλάδο. Παρόλα αυτά, παρατηρείται μια χαμηλότερη αφοσίωση από τους εργολάβους σε σύγκριση με άλλες χώρες, καθώς είναι ακόμη σε φάση προσαρμογής στη νέα τεχνολογία.

Ένα ενδιαφέρον στοιχείο είναι η διάρκεια χρήσης του BIM από τους κατασκευαστές στην Αυστραλία, καθώς το 78% αυτών αναφέρουν χρήση της τεχνολογίας αυτής τα τελευταία πέντε χρόνια. Αυτό μαρτυρά όχι μόνο την ενσωμάτωση του BIM στις διαδικασίες τους αλλά και τη θετική επίδραση που έχει στην απόδοση των επενδύσεών τους (ROI).

Ωστόσο, η πρόοδος της χρήσης του BIM σε αυτές τις περιοχές αντιμετωπίζει προκλήσεις λόγω της σχετικής νεότητάς της. Είναι σημαντικό να υποστηρίξουν οι αρμόδιοι φορείς την εκπαίδευση και ενημέρωση των εργαζομένων του κλάδου, καθώς και τη δημιουργία κατάλληλου περιβάλλοντος που θα προωθή την εφαρμογή του BIM σε ευρύτερη κλίμακα.

5.7 ΚΊΝΑ

Το Μάιο του 2011, προκειμένου να συνεχιστεί η εφαρμογή του BIM μέσω της καθιέρωσης νορμών και προτύπων, να επιτευχθεί η ψηφιοποίηση των εταιριών του κατασκευαστικού κλάδου και να διαμορφωθεί μια ομάδα από τις παραπάνω, εξοπλισμένες με ψηφιακές τεχνολογίες παγκοσμίου επιπέδου, η κινεζική κυβέρνηση δημοσίευσε το 12ο Εθνικό Πενταετές Σχέδιο (2011–2015).

Αντίστοιχα, τον Ιανουάριο του 2012 κοινοποιήθηκαν τα πρότυπα Engineering and Construction Standards τα οποία βασίζονται σε πέντε αρχές: εφαρμογή BIM, εναλλαγή αρχείων BIM, αποθήκευση ψηφιακών δεδομένων BIM, πρότυπα βιομηχανικής ψηφιακής μοντελοποίησης πληροφοριών καθώς και κατηγοριοποίηση μοντέλων και κωδικών.

Επίσης, καθορίστηκαν αντικειμενικοί στόχοι για την εφαρμογή BIM σε δημόσια έργα. Έργα που έλαβαν κρατική επένδυση άνω των 20.000 τετραγωνικών μέτρων, καθώς και βιώσιμης ανάπτυξης επαρχιακά κτίρια έπρεπε να χρησιμοποιήσουν το BIM τόσο στα στάδια κατασκευής όσο και στον σχεδιασμό (Τατατζικίδη, 2023). Έως τα μέσα της τρέχουσας δεκαετίας, οι κατευθυντήριες γραμμές των βιομηχανιών σχετικά με τα συστήματα εφαρμογής BIM και των κυβερνητικών πολιτικών πάνω σε αυτά θα πρέπει να έχουν τεκμηριωθεί (Τσεμπεκίδη, 2019).

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΡΕΥΝΩΝ ΧΡΗΣΗΣ ΤΟΥ BIM ΣΤΗΝ ΚΪΝΑ

Σύμφωνα με έρευνα που διενεργήθηκε από τον Κινέζικο Σύνδεσμο Κατασκευαστικής Βιομηχανίας (CCIA) το 2012, μόλις το 15% των 388 Κινέζων κατασκευαστών δήλωσαν ότι χρησιμοποιούν τη μεθοδολογία BIM στις κατασκευαστικές τους διαδικασίες, με μόνο το 55% να έχει ακούσει γενικότερα για το BIM. Ωστόσο, πρόσφατη έρευνα από το Σαγκάη Σύνδεσμο Εμπορίου Κατασκευών (SCTA) ανέδειξε ότι προς το τέλος του 2014, δύο στις τρεις εθνικές κατασκευαστικές εταιρείες είχαν ήδη ξεκινήσει να χρησιμοποιούν το BIM, ενώ περισσότερο από το 10% των πελατών τους είχαν εφαρμόσει το BIM σε πάνω από τα μισά των έργων τους. Η αύξηση αυτή στην υιοθέτηση του BIM στην κινεζική κατασκευαστική βιομηχανία μπορεί να αποδοθεί εν μέρει στις απαιτήσεις και τα κίνητρα που καθορίζονται από τα πρότυπα της κινεζικής βιομηχανίας και τις κυβερνητικές πολιτικές, σύμφωνα με τον (Dakhil, 2017).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ BIM ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Ο κατασκευαστικός τομέας στην Ελλάδα παρουσιάζει κάποιες ιδιαιτερότητες που δεν απαντώνται στις υπόλοιπες ευρωπαϊκές χώρες. Συνοπτικά οι ιδιαιτερότητες αυτές είναι οι παρακάτω:

Η ιδιωτική πρωτοβουλία αντικατέστησε την οργανωμένη κρατική κατασκευή, η οποία επί χρόνια αποτελούσε τον πυλώνα της κοινωνικής κατοικίας στις ανεπτυγμένες βιομηχανικά χώρες. Το βασικό μέσο κατασκευής κι ανάπτυξης στα αστικά κέντρα είναι το φαινόμενο της συμβατικής αντιπαροχής. Το 1950 η παραγωγή κατοικίας από κρατική δραστηριότητα ανερχόταν στο 9,3%, δέκα χρόνια αργότερα συρρικνώθηκε στο 1,8% και το 1970 σταθεροποιήθηκε σε χαμηλές τιμές (1,5%) (Bakogiannis et al., 2020). Ο μη κρατικός τρόπος οικοδόμησης των πόλεων σε συνδυασμό με την αυθαίρετη κατασκευαστική δραστηριότητα, που έκανε την εμφάνισή της το 1950, οδήγησε εξακριβωμένα και με μαθηματικούς υπολογισμούς στην ανέγερση ολόκληρων αυθαίρετων οικισμών. Παράλληλα, η πολιτεία ενσωμάτωσε τις αυθαίρετες κατασκευές στον αστικό της ιστό αποδεχόμενη έτσι την κατά δεκαετίες, εκτός των καθορισμένων συμβατών πλαισίων, κατασκευαστική δραστηριότητα.

Με το φαινόμενο της αυτεπιστάσας, που φτάνει ως τις μέρες μας, έχει οδηγήσει στη δημιουργία πλήθους μικρών εργολάβων που συμμετέχουν στην κατασκευαστική δραστηριότητα. Το γεγονός αυτό εμποδίζει την καθιέρωση ενός κανονιστικού πλαισίου προς όφελος της τυποποίησης της κατασκευής, αλλά προάγει την ατομική κατασκευαστική δραστηριότητα.

Ο κατασκευαστικός κλάδος αποτελούσε πάντα έναν από τους κύριους παράγοντες της ελληνικής οικονομίας, λειτουργώντας ως σημαντικός κινητήριος μοχλός για την ανάπτυξη και την ανασυγκρότηση της χώρας μετά την οικονομική κρίση. Πριν από την κρίση του 2008, το ποσοστό συμβολής του κατασκευαστικού κλάδου στο ελληνικό Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν (ΑΕΠ) ήταν παρόμοιο με τον μέσο όρο της Ευρωπαϊκής Ένωσης, με ελαφρά υψηλότερα ποσοστά από αυτά της Ιταλίας, της Γερμανίας και της Γαλλίας. Κατά την πρώτη πενταετία της κρίσης, όμως, παρατηρήθηκε σημαντική μείωση της κατασκευαστικής δραστηριότητας, με τον κατασκευαστικό κλάδο να συνεισφέρει στο ΑΕΠ κατά 3,5 ποσοστιαίες μονάδες χαμηλότερα από το μέσο όρο της ΕΕ το 2013. Ωστόσο, από το 2017 παρατηρείται σταδιακή αύξηση της κατασκευαστικής δραστηριότητας, κάτι που αντικατοπτρίζεται στον αριθμό των εκδιδόμενων αδειών κατασκευής ετησίως (Ελληνική Στατιστική Αρχή, Φεβρουάριος 2020).

Μέχρι τώρα, στην Ελλάδα, τόσο στον ιδιωτικό όσο και στον δημόσιο τομέα, δεν έχει προωθηθεί σημαντικά η φιλοσοφία BIM. Ο ελληνικός κατασκευαστικός κλάδος, σε αντιστοιχία με τα επίπεδα ωριμότητας του BIM, κατηγοριοποιείται στο Επίπεδο 0. Τα εμπλεκόμενα μέρη ανταποκρίνονται καλύτερα στην χρησιμοποίηση και εκμετάλλευση παλαιότερων ψηφιακών εργαλείων δύο διαστάσεων όπως τα λογισμικά CAD (Computer Aided Design).

Πράγματι, το Κέντρο Πολιτισμού του Ιδρύματος Σταύρος Νιάρχος ήταν η μοναδική κατασκευή έως τώρα για την οποία χρησιμοποιήθηκε η λειτουργία BIM. Μάλιστα, ενώ η σχεδίαση της αναπτύχθηκε σε μοντέλο 3D πριν ξεκινήσει η διαδικασία κατασκευής, στη συνέχεια προτιμήθηκε η συμβατική προσέγγιση παραμερίζοντας τα εργαλεία του BIM.

Σύμφωνα με τους (Metallinos & Pantounakis, 2018) ο μεγάλος αριθμός μηχανικών και εργολάβων που ενεργούν ως ελεύθεροι επαγγελματίες ευθύνεται για την μειωμένη υιοθέτηση της φιλοσοφίας του BIM στην Ελλάδα. Η συνεργασία μεταξύ των ειδικών μηχανικών αποτελεί την βασική αρχή του BIM και σ αυτή έγκειται και η δυσκολία εναρμόνισης της. Μόνο στην περίπτωση που μια ενδεχόμενη επένδυση μπορεί να αποφέρει κέρδη, οι ελεύθεροι επαγγελματίες θα επενδύσουν σε λογισμικό BIM (Metallinos & Pantounakis, 2018).

Αξιοσημείωτο είναι ότι η μέθοδος κόστους-οφέλους δεν έχει απαντηθεί σε μεγάλο ποσοστό στα κατασκευαστικά έργα του ελλαδικού χώρου και έχει σχεδόν παραγκωνισθεί τα τελευταία δέκα έτη. Για την χρησιμοποίηση του λογισμικού BIM απαιτείται η διάθεση πόρων για την ανάπτυξη του μοντέλου καθώς και η αύξηση των δαπανών στα πρώτα στάδια της κατασκευαστικής διαδικασίας, η διάρθρωση αναλυτικής δομής δραστηριοτήτων και πόρων και η εισαγωγή πληροφοριών. Αντιθέτως, ο διαθέσιμος προϋπολογισμός εγκρίνεται πριν τα τελικά σχέδια και σύμφωνα με την ελληνική πρακτική, πάνω σε αυτόν βασίζονται οι απαιτούμενες ποσότητες κατασκευής και όχι στα κατασκευαστικά σχέδια. Έτσι, σε αυτή την πρακτική οφείλεται κάθε προσπάθεια εξισορρόπησης του προϋπολογισμού και χρηματοδότησης του έργου καθώς και η παράλληλη απόδειξη της βιωσιμότητας αυτού (Metallinos & Pantounakis, 2018).

Σε πολλά έργα, οι ακαθάριστες εκτιμήσεις σε πρώιμο επίπεδο επηρεάζουν τις χρηματοοικονομικές αποφάσεις και μπορούν να οδηγήσουν σε αύξηση των δαπανών του έργου ακόμα και 50% παραπάνω του αρχικού προϋπολογισμού. Σε άλλες περιπτώσεις, το έργο ως αντικείμενο, αυξάνεται σε μέγεθος ώστε να καλυφθούν οι προβλεπόμενες βάσει προϋπολογισμού δαπάνες όταν στην πραγματικότητα οι απαιτούμενες για την ολοκλήρωση δαπάνες είναι σημαντικά χαμηλότερες. Οι κατασκευαστές βελτίωσαν τα κέρδη τους, μέσω της εκούσιας αδυναμίας συμπερίληψης όλων των παραμέτρων ολοκλήρωσης της κατασκευαστικής διαδικασίας κυρίως με την χρησιμοποίηση

ενός ποσού απρόβλεπτων δαπανών που συνήθως προκύπτει εν μέσω διαδικασιών κατασκευής. Σύμφωνα με έρευνα που διενεργήθηκε από τους Metallinos και Pantounakis το 2018, συχνά συμβαίνει να υπογράφονται πρόσθετες συμβάσεις για την ολοκλήρωση ενός έργου, οι οποίες έχουν προϋπολογισμό περίπου το ήμισυ της αρχικής τους αξίας.

Πλέον βάσει της παρ.4 του άρθρου 22 του Ν.4412/2016 προβλέπεται ότι: *«Όσον αφορά τις δημόσιες συμβάσεις έργων και τους διαγωνισμούς μελετών, οι αναθέτουσες αρχές μπορούν να απαιτούν τη χρήση συγκεκριμένων ηλεκτρονικών μέσων, όπως ηλεκτρονικών εργαλείων μοντελοποίησης κτιριοδομικών πληροφοριών ή παρόμοιων μέσων».*

Ταυτόχρονα, το θέμα της χρήσης του BIM στην Ελλάδα, εκπροσωπείται περιορισμένα στο EUBIM Task Group από δύο εκπροσώπους, έναν του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος (ΤΕΕ) και έναν του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας. Για να αυξηθεί η αίσθηση ενδιαφέροντος για τη χρήση του BIM, το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας πρωτοστάτησε με τη δημιουργία μιας "Διυπουργικής Ομάδας για την Προώθηση της Μοντελοποίησης των Πληροφοριών Κατασκευής BIM". Στόχος αυτής της πρωτοβουλίας είναι να ενισχυθεί η παρουσία της Ελλάδας στην EUBIM Task Group, με τη δημιουργία της "Ομάδας Προώθησης BIM" και την από κοινού δράση.

Αυτή η ομάδα εργασίας, που απαρτίζεται από τον εκπρόσωπο του ΤΕΕ και από τους γενικούς γραμματείς των υπουργείων, είναι υπεύθυνη για ενσωμάτωση και την προώθηση του BIM. Συνεχίζοντας, το σχέδιο δράσης προβλέπει την δημιουργία υποομάδων εργασίας αποτελούμενες με στελέχη υπόλοιπων υπουργείων, τις αρχές και τις επαγγελματικές ενώσεις, προκειμένου όλα τα εμπλεκόμενα μέρη του κατασκευαστικού τομέα να τυγχάνουν εκπροσώπησης. Το σύνολο του εγχειρήματος θα υποστηρίζεται επίσης από φορείς καινοτομίας, ακαδημαϊκά ιδρύματα και ινστιτούτα.

Σήμερα, η ομάδα εργασίας έχει στόχο τη δημιουργία ενός σχεδίου δράσης που να ακολουθεί τα ευρωπαϊκά πρωτόκολλα, συμπεριλαμβανομένων των κατευθυντήριων γραμμών της EUBIM Task Group και των στρατηγικών παραδειγμάτων σχεδιασμού από άλλες ευρωπαϊκές χώρες. Αυτό το πρόγραμμα στοχεύει στην ενσωμάτωση και χρησιμοποίηση του BIM τόσο από τον ιδιωτικό όσο και από τον δημόσιο τομέα, καθώς και στους εκπαιδευτικούς κύκλους.

- Οι βασικές προτεραιότητες του προγράμματος περιλαμβάνουν την ανάπτυξη ενός σχεδίου δράσης με στρατηγικό χαρακτήρα, το οποίο θα καθορίζει τις 3-5 φάσεις ωριμότητας του BIM και θα συντονίζει τις ομάδες εργασίας από διάφορα υπουργεία (Bakogiannis et al., 2020).

- Βελτίωση του νομικού πλαισίου, το οποίο θα συνδυάζει τις στρατηγικές και το ευρωπαϊκό πλαίσιο και θα παρέχει ρύθμιση νομικών θεμάτων, ανοιχτά πρότυπα ταξινόμησης και δεδομένων, δημιουργία εθνικής πιστοποίησης BIM, καθώς και κατευθύνσεις για ενημέρωση των μελλοντικών μοντέλων που θα παραχθούν.

- Ενημέρωση δεδομένων και ανάθεση διαχείρισης ανά κατηγορία έργου.

- Ίδρυση προγράμματος αξιολόγησης σε επίπεδο προμηθειών, κανονισμών και συμβάσεων, με στόχο την ετοιμότητα ενημέρωσης κι αναθεώρησης σχετικά με τη νομοθεσία της ΕΕ και τις πολιτικές της.

- Αξιολόγηση της χρησιμοποίησης του BIM μέσω την διεξαγωγής πιλοτικών έργων (case studies), την διεκπεραίωση πιλοτικών έργων όπου η αξιολόγηση και η συλλογή θα πραγματοποιούνται ταυτόχρονα.

- Δημιουργία δικτύου μάρκετινγκ με σκοπό την διάδοση πληροφοριών και την ενημέρωση όλων των ενδιαφερομένων μελών.

- Προώθηση χρηματοδοτικών εργαλείων.

- Ενσωμάτωση του BIM στον εκπαιδευτικό τομέα, μέσω της εισαγωγής του στο ακαδημαϊκό πρόγραμμα σχετικών σχολών καθώς και σε διάφορα σεμινάρια μηχανικών σε συνεργασία με τα επιμελητήρια, το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας και τις επαγγελματικές εταιρείες.

Για την υλοποίηση των παραπάνω στόχων, αποφασίστηκε από την ομάδα εργασίας η πραγματοποίηση τριών πρώτων δράσεων. Η πρώτη περιγράφει την ανάπτυξη ενός στρατηγικού μοντέλου οργάνωσης μιας μεθόδου κατάλληλη για την υλοποίηση όλων όσων αναγράφονται στους παραπάνω βασικούς στόχους. Η δεύτερη στοχεύει στην επικαιροποίηση της ισχύουσας νομοθεσίας που διέπει τον κλάδο των κατασκευών, την ενημέρωση των μητρώων των επαγγελματιών, την καταγραφή των προτεινόμενων νομικών ενεργειών και τη έκδοση ανάλογων πιστοποιητικών κατάλληλα για κάθε αρχή. Η παραπάνω δράση αποτελεί στην ουσία την πιο κομβική δράση για την ενίσχυση του BIM στον τομέα των κατασκευαστικών έργων στην Ελλάδα. Τέλος, η τελευταία δράση αφορά την κοινοποίηση της γνώσης σχετικά με το BIM και τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζονται με τη χρήση του. Το κρίσιμο ζήτημα, πλέον, είναι η ενημέρωση των ενδιαφερόμενων μερών για την οποία χρειάζεται χρόνο για την επίτευξη των επιθυμητών αποτελεσμάτων. Γι αυτόν τον λόγο, προτείνεται μια σειρά από δράσεις όπως ανάπτυξη καινοτόμων εργαλείων, εργαστηρίων κατάλληλων ιστοσελίδων ακόμα και διαδικτυακών πλατφορμών διαβούλευσης (Metallinos & Pantounakis, 2018).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7.

ΤΕΧΝΙΚΑ ΕΡΓΑ ΚΑΙ BIM

Η επίδραση της τεχνολογίας πληροφορικής στην απόδοση των τεχνικών έργων, και συγκεκριμένα η εφαρμογή του Μοντέλου Πληροφοριών του Κτιρίου (BIM), έχει απασχολήσει την προσοχή της έρευνας σε διάφορες περιπτώσεις. Αν και υπάρχει περιορισμένη έρευνα σε αυτόν τον τομέα, ορισμένες μελέτες έχουν αποτυπώσει τα οφέλη και τις προκλήσεις της χρήσης του BIM στον τομέα της κατασκευής.

Οι Griffis κ.ά. (1995) μελέτησαν τον αντίκτυπο της εφαρμογής των τρισδιάστατων σχεδίων CAD στον κατασκευαστικό κλάδο. Η έρευνά τους εστίασε στην ανάλυση του τρόπου με τον οποίο οι εταιρείες στον κλάδο χρησιμοποιούν αυτές τις τεχνολογίες και τα οφέλη που προκύπτουν από αυτή τη χρήση. Η έρευνα τους ανέδειξε ότι οι πιο συνηθισμένες χρήσεις των τρισδιάστατων σχεδίων CAD στον κλάδο είναι η οπτικοποίηση του σχεδιασμού, η μείωση των επαναλήψεων και η βελτίωση της ακρίβειας στους υπολογισμούς του μηχανικού. Επιπλέον, τονίζεται ότι η χρήση των τρισδιάστατων σχεδίων επιτρέπει την εύκολη πρόσβαση και έλεγχο του έργου και συμβάλλει στην αποφυγή μη τυποποιημένων απόψεων και λεπτομερειών κατά τη διαδικασία κατασκευής.

Η ίδια έρευνα αναδεικνύει επίσης τα οικονομικά οφέλη που προκύπτουν από τη χρήση των τρισδιάστατων σχεδίων. Μέσω της ανάλυσης 93 έργων, διαπιστώθηκε μείωση κατά 5% στο κόστος κατασκευής, μείωση κατά 4% στις καθυστερήσεις του χρονοδιαγράμματος και μείωση κατά 65% στις επαναλήψεις, όπως αναφέρεται από τους Griffis κ.ά. (1995).

Επιπλέον, η μελέτη περίπτωσης που πραγματοποιήθηκε για την επιβεβαίωση του κόστους ως μέρος των αποτελεσμάτων της έρευνας δείχνει ότι η χρήση των τρισδιάστατων σχεδίων οδηγεί σε μείωση των εξόδων κατά περίπου 12%.

Συνοψίζοντας, η έρευνα των Griffis κ.ά. (1995) αποτυπώνει τα σημαντικά οφέλη που προκύπτουν από τη χρήση των τρισδιάστατων σχεδίων CAD στον κατασκευαστικό κλάδο, όπως η βελτίωση της ακρίβειας στους υπολογισμούς, η μείωση των επαναλήψεων και η ευκολότερη πρόσβαση και έλεγχος του έργου. Αυτά τα οφέλη είναι κρίσιμα για τη βελτίωση της απόδοσης των κατασκευαστικών έργων, μειώνοντας το κόστος και το χρόνο εκτέλεσης.

Πέραν των Griffis κ.ά. (1995), πολλές άλλες μελέτες έχουν εξετάσει τη σχέση μεταξύ της τεχνολογίας πληροφορικής και της απόδοσης των κατασκευαστικών έργων. Η έρευνα των Ko και Fischer (2000) εξέτασε τον τρόπο με τον οποίο η χρήση του BIM επηρέασε την απόδοση των έργων και την κατανομή των κόστων και των πόρων. Επίσης, η έρευνα των Back και Bell

(1995) εστίασε στην εξέταση των οφελών που προκύπτουν από τη χρήση του BIM σε σχέση με την οικονομία και τη βιωσιμότητα των κατασκευαστικών έργων.

Αν και η έρευνα στον τομέα αυτό είναι ακόμα σε ανάπτυξη, τα αποτελέσματα αυτών των μελετών καταδεικνύουν ομόφωνα τα θετικά αποτελέσματα της εφαρμογής του BIM στη βελτίωση της απόδοσης των τεχνικών έργων. Η αποδοτική χρήση της τεχνολογίας πληροφορικής, και ειδικότερα του BIM, αποτελεί κρίσιμο παράγοντα για την επίτευξη των στόχων απόδοσης, οικονομίας και βιωσιμότητας στον κατασκευαστικό κλάδο.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Λαμβάνοντας υπόψιν την εξέλιξη της τεχνολογίας με το πέρασμα των χρόνων, τις αλλαγές που έχει επιφέρει η νέα εποχή στην οποία ζούμε, στην οικονομία και πιο συγκεκριμένα στον κατασκευαστικό κλάδο, δημιουργώντας μεγαλύτερες απαιτήσεις τόσο στα χρονοδιαγράμματα όσο και στους προϋπολογισμούς που καλούνται να αντιμετωπίσουν, πλέον είναι σοβαρό ζήτημα το γεγονός εκπλήρωσης των εργασιών και όλου του έργου εντός προκαθορισμένου χρονοδιαγράμματος, προδιαγραφών και προϋπολογισμού σύμφωνα με αυτά που έχει ορίσει ο κύριος του έργου υποδομής και μεταφορών, μέσω εργαλείων που μας προσφέρει με ευκολία η τεχνολογία.

Στα έργα μεταφορών και υποδομής συναντάται λίγο περισσότερο από άλλους τομείς μία παράκληση για υπευθυνότητα και διαφάνεια. Υπάρχει πληθώρα πληροφοριών κατά την εκτέλεση σχεδιασμού ενός έργου που πρέπει να είναι συνεχώς ενημερωμένοι όλοι οι εμπλεκόμενοι προς κατασκευή του έργου αλλά και όσοι συμμετέχουν για την ομαλή και επιτυχημένη ολοκλήρωση του πρέπει να επικοινωνούν μεταξύ τους. Ωστόσο, υπάρχουν παράγοντες που δυσκολεύουν την αποτελεσματική και άμεση υλοποίηση του έργου, όπως η πολυπλοκότητα που παρατηρείται σε κάθε έργο ξεχωριστά, η απόσταση σε επικοινωνιακό επίπεδο που αντιμετωπίζουν οι υπάλληλοι του γραφείου με τους ανθρώπους που βρίσκονται έξω στο πεδίο κατασκευής του έργου, ο μεγάλος όγκος δεδομένων, οι ανομοιότητες αυτών. Προς επίλυση των παραπάνω προβλημάτων είναι σημαντική η ένταξη καινούργιων τεχνολογικών εφαρμογών οι οποίες θα αποφέρουν καλύτερη ποιότητα στα έργα κατασκευής, θα μειώσουν τον χρόνο ολοκλήρωσης του έργου και θα αυξήσουν έτσι το κέρδος της εταιρείας. Η νέα τεχνολογία δεν είναι άλλη από το BIM. Η βασική ιδέα που ξεχωρίζει την συγκεκριμένη τεχνολογία της BIM είναι ότι ουσιαστικά παρέχει μία κοινή βάση δεδομένων προς όλους όσους εμπλέκονται στο έργο προσφέροντας τους πρόσβαση στα δεδομένα όλων των στοιχείων, στο ψηφιακό μοντέλο, στα αρχεία του, και όλα αυτά συγχρονίζονται σε οποιαδήποτε αλλαγή με το εργαλείο της παραμετροποίησης δίνοντας τον τελικό χρόνο και κόστος του έργου. Σε έργα υποδομής και κτιριακά έργα βρίσκει εφαρμογή η μεθοδολογία ή τεχνολογία BIM, στα πρώτα συναντώνται πολύπλοκες διαδικασίες και αρκετοί παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η ολοκλήρωση του έργου. Το γεγονός αυτό όμως δεν σημαίνει ότι μπορεί να υστερεί ποιοτικά, καθώς η σωστή ολοκλήρωση τους εξυπηρετεί την κοινωνία γενικότερα. Για να επιτευχθεί η καλή ποιότητα, οι ανάδοχοι της κατασκευής λειτουργούν με βασικό γνώμονα τον χρόνο και το κόστος. Επίσης, υπάρχουν και άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την καλή ποιότητα ενός έργου, όπως οι λεπτομέρειες και ο τρόπος αρχειοθέτησης και συγκέντρωσης των δεδομένων κατά την κατασκευή, καθώς και ο τρόπος διοίκησης και οργάνωσης του έργου. Το παραπάνω πραγματοποιούταν με έγγραφα και σχέδια CAD δυο διευθύνσεων μέχρι σήμερα (Μπάκας, 2018).

Καταλήγοντας, διαπιστώνεται η μέγιστη ανάγκη εισχώρησης νέων καινοτόμων τεχνολογιών στα έργα κυρίως του δημοσίου συμφέροντος ώστε να επιτευχθούν στόχοι όπως παρακάτω:

- Βελτίωση της κατασκευαστικής ποιότητας τους και της διαδικασίας υλοποίησής τους,
- Μείωση του απαιτούμενου κόστους σε συνδυασμό με την ελαχιστοποίηση των λαθών τα οποία προκύπτουν από πλημμελή οργάνωση ή αδυναμία ανταπόκρισης σε μεγάλο όγκο εργασιών και πρόληψης ή επίλυσής των παραλείψεων αυτών σε αρχικό στάδιο,
- Τήρηση αυστηρού χρονικού πλαισίου περιορίζοντας πιθανές καθυστερήσεις,
- Τήρηση των διαδικασιών και των όρων που προβλέπονται από το αντίστοιχο νομοθετικό πλαίσιο που συγκαταλέγονται τα δημόσια έργα.

Αντικειμενικός σκοπός της παρούσας εργασίας αποτελεί η παρουσίαση και η ανάλυση στον βαθμό που δύναται, της τεχνολογίας BIM και της εισαγωγής στον κατασκευαστικό κλάδο. Πιο συγκεκριμένα αναπτύσσει τα παρακάτω ζητήματα:

- την ανάλυση της BIM στα κατασκευαστικά έργα.
- Την προβολή και την περιγραφή των χρησιμοποιούμενων προγραμμάτων BIM στον κλάδο.
- Την εκτενής ανάλυση της μεθοδολογίας που έχει υιοθετηθεί στην μελέτη και υλοποίηση των δημόσιων έργων.
- Η αναδυόμενη τεχνολογία του BIM επιφέρει διακριτικές διαφορές σε σχέση με τις παραδοσιακές πρακτικές στον τομέα.
- Την αναφορά σε έργα υποδομής ανά τον κόσμο για τα οποία υιοθετήθηκε η τεχνολογία BIM.

Η μοντελοποίηση δεδομένων είναι μια σύγχρονη τομή που έχει υιοθετηθεί μέχρι σήμερα στα κτίρια. Παρ' όλ' αυτά, λογισμικά έχουν ήδη αναπτυχθεί και συνεχίζουν να αναπτύσσονται, τα οποία είναι κατάλληλα και για τα έργα υποδομής, τόσο στον οικονομικό και χρονικό προγραμματισμό τους όσο και στον σχεδιασμό τους.

Άρα, με την κατασκευή ενός τέτοιου προτύπου προκύπτει ο πλήρης σχεδιασμός πέντε διαστάσεων, ο οποίος δύναται να υιοθετηθεί σε κάθε στάδιο υλοποίησης του έργου ακόμα και δημοσίου συμφέροντος, έχοντας, ταυτόχρονα λάβει κατά νου αφενός κάθε πιθανή παράμετρο που δύναται να

επηρεάσει την κατασκευή αφετέρου τις προσκείμενες νομοθεσίες στις οποίες υπάγονται τα δημόσια έργα. Ωστόσο, η εκπαίδευση του προσωπικού σε προγράμματα BIM, το κόστος απόκτησής τους και η γραφειοκρατία αποτελούν κάποιες από τις δυσχέρειες εφαρμογής της μεθόδου που όμως σε σύγκριση με τα πλεονεκτήματα που προσφέρει η μέθοδος στα δημόσια έργα εξισορροπούνται και εν τέλει καταλήγουμε στο συμπέρασμα της πλεονεκτικής εισαγωγής και χρήσης των προγραμμάτων BIM (Γεωργιάδη, 2014).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική

Ανδρουτσοπούλου, Α. (2015). Δράσεις και πολιτικές για την υιοθέτηση του Building Information Modeling (BIM) σε εθνικό και υπερεθνικό επίπεδο. Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία. Αθήνα: Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

Βασιλείου, Α. (2022). "Εφαρμογές Παραμετρικής Μοντελοποίησης στον BIM." Περιοδικό Τεχνολογία Κατασκευών, Vol. 10(2), pp. 45-58.

Βραγγαλάς, Κ., (2016), «Building Information Modeling (B.I.M.): Περιγραφή, Δυνατότητες και Προοπτικές στην Κατασκευαστική Βιομηχανία». Διπλωματική Εργασία. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Γεωργιάδη, Α. (2014). Εισαγωγή προγραμμάτων μοντελοποίησης πληροφοριών κατασκευής στη διαχείριση έργων υποδομής. Διπλωματική Εργασία. Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών.

Γιαννοπούλου, Χ. (2020). Η μοντελοποίηση της κατασκευαστικής πληροφορίας (BIM) και ο διαμοιρασμός της πληροφορίας σε έργα Πολιτικού Μηχανικού που κατασκευάζονται μέσω εξωτερικής ανάθεσης (outsourcing). Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

Δομουκτής, Δ. (2019). Η χρήση του Building Information Modeling (BIM) στον αρχικό σχεδιασμό και στις μελλοντικές ανακαινίσεις κτηρίων. Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

Θεοτοκάτος, Φ. (2020). Η χρήση του Building Information Modelling (BIM) στον σχεδιασμό και την κατασκευή κτιρίων στη Μεγάλη Βρετανία. Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

Κοκκινάκης, Γ. (2019). "Παραμετρική Μοντελοποίηση και Διαχείριση Αλλαγών στο BIM." Διπλωματική Εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης.

Κούρος, Σ. (2021). "Συνέπεια και Ευελιξία στην Παραμετρική Μοντελοποίηση." Ημερίδα Τεχνολογίας Κατασκευών, Αθήνα.

Λέτσιος, Σ. (2019). Εφαρμογή του Building Information Modeling (BIM) στην Επισκευή και Ενίσχυση Γεφυρών. Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

Μάνεσης Φ. (2017). Οι περιπτώσεις των 3D, 4D, 5D και 6D μοντέλων του Building.

Μανιώτη, Β. (2015). Διαχείριση ασφάλειας τεχνικών έργων με χρήση μοντέλων πληροφοριών κατασκευής. Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία. Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών.

Μπάκας, Κ. (2018). Η εφαρμογή της μοντελοποίησης των κτιριακών πληροφοριών (BIM) σε μικρής κλίμακας έργα. Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

Ξενίδης, Γ. (2019). Μοντελοποίηση της κτιριακής πληροφορίας. Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

Παπαδάκη, Μ.-Χ. (2022). Η χρήση του BIM στον σχεδιασμό και την κατασκευή έργων στην Σουηδία. Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

Παπαδοπούλου, Ε. (2019). "Εφαρμογές της Παραμετρικής Μοντελοποίησης στην Αρχιτεκτονική." Περιοδικό Αρχιτεκτονικής, Vol. 25(3), pp. 78-91.

Παπαδούλης, Δ. (2021). "Παραμετρική Μοντελοποίηση και Αλλαγές στο BIM." Διδακτορική Διατριβή. Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Ταταζικίδης, Π. (2023). Εφαρμογή του BIM στον σχεδιασμό οικιστικού συγκροτήματος πράσινων κτηρίων. Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

Τσακίρης, Ν. (2018). "Παραμετρική Μοντελοποίηση και Ανάπτυξη BIM Εφαρμογών." Ημερίδα Κατασκευαστικής Τεχνολογίας, Θεσσαλονίκη.

Τσεμπεκίδης, Γ. (2019). Χρήση του BIM σε έργα υποδομής στην Ελλάδα. Ερευνητική ανάλυση της πρόθεσης των εμπλεκόμενων παραγόντων. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

Αγγλική

Bakogiannis, E., Kyriakidis, C., Siti, M., & Karavatzis, D. (2020). How to Adopt BIM in the Building Construction Sector across Greece? Applied Sciences, Vol. 90, pp. 1371. <https://doi.org/10.3390/app10041371>

Baldwin, A., & Bordoli, D. (2014). A Handbook for Construction Planning and Scheduling. West Sussex, UK: WILEY

"BuildingSMART". Available at: <https://www.buildingsmart.org/>

"BuildingSMART". Available at: <https://en.wikipedia.org/wiki/BuildingSMART>

Charef, R., Alaka, H., & Emmitt, S. (2018). Beyond the third dimension of BIM: A systematic review of literature and assessment of professional views. Journal of Building Engineering, Vol. 19, pp. 242-257. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2018.04.028>

Cheng, J. C. P., & Ma, L. Y. H. (2013). A BIM-based system for demolition and renovation waste estimation and planning. *Waste Management*, Vol. 33(6), pp. 1539-1551. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2013.01.001>

Chong, O. W., Baker, C., Afsari, K., Zhang, J., & Roach, M. (2020). Integration of BIM processes in architectural design, structural analysis, and detailing: current status and limitations. In *Construction Research Congress 2020* (pp. 1203-1212). Reston, VA: American Society of Civil Engineers.

Chong, H. Y., Lee, C. Y., & Wang, X. (2017). A mixed review of the adoption of Building Information Modelling (BIM) for sustainability. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 142, pp. 4114-4126. <https://doi.org/10.1016/j.jobpe.2018.04.028>
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.09.222>

Czmoch, I., & Pękala, A. (2014). Traditional design versus BIM based design. In *Procedia Engineering* Vol. 91, pp. 210–215. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.048>

Dakhil, A. J. (2017). Building Information Modelling (BIM) maturity - benefits assessment relationship framework for UK construction clients (Issue June, pp. 16–28). [http://usir.salford.ac.uk/42554/1/E__Ammar Thesis final version2.pdf](http://usir.salford.ac.uk/42554/1/E__Ammar%20Thesis%20final%20version2.pdf)

Edirisinghe, R., & London, K. (2015). Comparative Analysis of International and National Level BIM Standardization Efforts and BIM adoption.

EU BIM TASK GROUP (2018). "Handbook for the introduction of Building Information Modelling by the European Public Sector", EU, p.2, Available at: <http://www.eubim.eu/handbook/>

Fischer, M., Haymaker, J., and Liston, K. (2003). "Benefits of 3D and 4D models for facility owners and AEC service providers", In *4D CAD and visualization in construction: developments and applications*, R. Issa, I. Flood, and W. O'Brien, eds., A.A. Balkema, Lisse, The Netherlands, pp. 1-33.

Griffis, F., Hogan, D. and Li, W. (1995). "An analysis of the impacts of using three-dimensional computer models in the management of construction", Research report 106-11. Construction Industry Institute, University of Texas at Austin.

Jiang, X., (2011). Developments in cost estimating and scheduling in BIM technology. Civil Engineering Thesis, Northeastern University, Department of Civil and Environmental Engineering.

McArthur, J., (2015). "A Building Information Management (BIM) Framework and Supporting Case Study for Existing Building Operations, Maintenance and Sustainability." *Procedia Engineering*, pp. 118.

McGraw Hill Construction Research and Analytics. (2014). *Smart Market Report: The Business Value of BIM for Construction in Major Global Markets*. McGraw Hill Construction.

Metallinos, P., & Pantouvakis, J.-P. (2018). *BIM Implementation in Greek Public Construction Projects*.

Mitchell, D.L. (2012). *5D BIM: Creating cost certainty and better buildings*.

NATIONAL BIM STANDARD-UNITED STATES:
<https://www.nationalbimstandard.org/faqs>

NBS (2019), *National BIM Report 2019*, Royal Institute of British Architects IBA, Enterprises Ltd, London.

National Institute of Building Sciences. (2012). *Identifying and overcoming Industry Challenges to Reach the BIM FM Vision*. *Journal of Building Information Modeling*, pp. 18–19.

Project Management Institute, (2017). *"Project Management Body of Knowledge", Sixth Edition*. Project Management Institute.

Sacks, R., Eastman, C., Lee, G., & Teicholz, P. (2018). *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, designers, engineers, constructors, and facility managers*. John Wiley & Sons.
<https://doi.org/10.1002/9781119287568>

Singh, M. M., Sawhney, A., & Sharma, V. (2017). Utilizing building component data from BIM for formwork planning. *Construction Economics and Building*, Vol. 17(4), pp. 20-36.
<https://doi.org/10.5130/AJCEB.v17i4.5546>

Skripkina, J., Mishchenko, O., & Velikanov, A. (2019). Development of building information modeling technologies and their implementation in the field of modern Russian design. *Journal of Applied Engineering Science*, Vol. 17, pp. 181–199.