

# Η διεύρυνση της χρήσης τεχνολογίας BIM, παγκόσμιας γλώσσας επικοινωνίας στο χώρο των κτιριακών κατασκευών, στην Ελλάδα

Χρυσάνθη Α. Μαυραγάνη

Αρχιτέκτων Μηχ. και Μεταπτ. Φοιτητής ΔΧΤ/ΣΘΕΤ, ΕΑΠ  
cmavragani@gmail.com

Γεώργιος Α. Παπαγιαννόπουλος

Αναπληρωτής Καθηγητής ΣΘΕΤ ΕΑΠ  
papagiannopoulos@eap.gr

**Περίληψη** – Σκοπός της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι η ανάδειξη των προκλήσεων για τη διεύρυνση της χρήσης τεχνολογίας BIM στην Ελλάδα. Μέσω μοντελοποίησης με χρήση λογισμικού BIM ενός μικρής κλίμακας κτιρίου, ως μελέτης περίπτωσης, παρουσιάζεται πρακτικά η διαδικασία μετάβασης από την εδώ και τρεις περίπου δεκαετίες παγιωμένη μελετητικά και διαχειριστικά διασδιάστατη μορφή της κτιριακής πληροφορίας στην πιο ολοκληρωμένη εποπτικά και από άποψη τεκμηρίωσης κτιριακή πληροφορία ενός πλήρους μοντέλου BIM. Τα αποτελέσματα της διαδικασίας αναδεικνύουν αφενός την εφικτότητα του εγχειρήματος παρά τις δυσκολίες, αφετέρου τις ελλείψεις των Ελληνικών υποδομών σε σχετική νομοθεσία, τεχνικές οδηγίες και πρότυπα, ώστε η μετάβαση αυτή να προάγει και να μην υποβαθμίσει ποιοτικά την διαδικασία κτιριακής παραγωγή και διαχείρισης. Διατυπώνονται καταληκτικά προτάσεις νομοθετικών παρεμβάσεων για τον αποδοτικό συγχρονισμό της Ελληνικής Κατασκευαστικής Βιομηχανίας (ΑΕΚ) με την αντίστοιχη διεθνή.

**Λέξεις-Κλειδιά:** BIM, ΑΕΚ, Ελλάδα

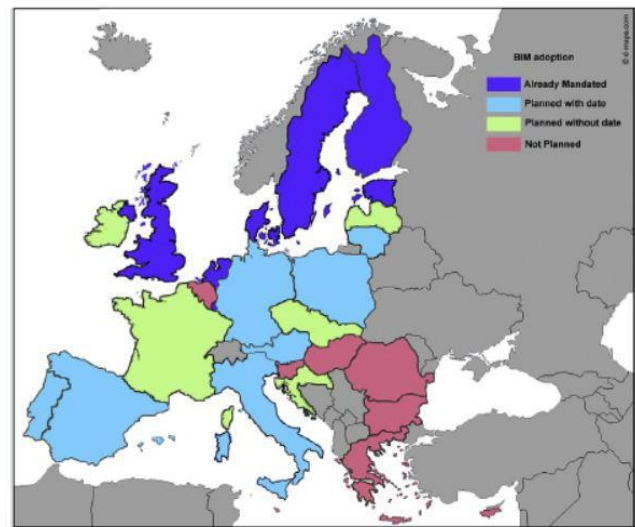
## Ι. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σύμφωνα με την Έκθεση παρακολούθησης του Κατασκευαστικού Κλάδου, της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (2019), ο κατασκευαστικός κλάδος αποτελεί το 9% της Ευρωπαϊκής Οικονομίας. Εκτιμάται πως η ψηφιοποίηση του κατασκευαστικού κλάδου θα εξοικονομήσει σε Ευρωπαϊκό επίπεδο 0,6 έως και 1 τρισεκατομμύριο Ευρώ κατά τις φάσεις σχεδιασμού και κατασκευής και 0,3 έως 0,4 τρισεκατομμύρια Ευρώ κατά τη φάση λειτουργίας. Είναι προφανές λοιπόν πως δεν μπορεί να αγνοηθεί η αναλογούσα εξοικονόμηση για την Ελληνική Οικονομία.

Η Τεχνολογία BIM αποτελεί σημαντικό βήμα προς την κατεύθυνση της ψηφιοποίησης της Κατασκευαστικής Βιομηχανίας (ΑΕΚ). Μια εποπτική απεικόνιση της εφαρμογής του BIM στην Ευρώπη παρουσιάζεται στο Σχήμα 1 που ακολουθεί, σύμφωνα με το άρθρο των Charef et al. (2019).

Η Ελλάδα στον χάρτη του Σχήματος 1 παρουσιάζεται να ανήκει στις χώρες χωρίς Νομοθετική επιβολή του BIM, και χωρίς σχετικό προγραμματισμό σε αντίθεση με τις βόρειες χώρες της Ευρώπης, στις οποίες έχει επιβληθεί νομοθετικά η χρήση BIM. Αντίστοιχη διερεύνηση έχει γίνει από τους Metallinos and Pantounakis (2018), και

αφορά στην εφαρμογή του BIM στα Ελληνικά Δημόσια Κατασκευαστικά Έργα.



**Σχήμα 1.** Απεικόνιση αποτελεσμάτων έρευνας των Charef et al, 2019 για την υιοθέτηση του BIM στην Ευρωπαϊκή Ένωση.

Τα πλεονεκτήματα από τη χρήση BIM είναι ταυτόχρονα χρονικά, οικονομικά και ποιοτικά, στη μελέτη την κατασκευή αλλά και την παρακολούθηση ενός Δομικού έργου κατά τη διάρκεια της ζωής του (Borrmann et al. 2015, Hardin and McCool 2015). Ενδεικτικά, με το να αποφεύγεται η χειρωνακτική ενημέρωση όλων των σχεδίων:

- Ελαχιστοποιούνται τα λάθη
- Αυξάνεται η παραγωγικότητα
- Βελτιώνεται η ποιότητα των δομικών έργων

Οι δυσκολίες μετάβασης στην τεχνολογία BIM συνοψίζονται κυρίως στα παρακάτω σημεία (Czmoch & Pekala 2014 καθώς και Li et al. 2019):

- Υψηλό αρχικό κόστος εγκατάστασης
- Κόστος εκπαίδευσης προσωπικού
- Έλλειψη σχετικής νομοθεσίας

Σκοπός της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι η ανάδειξη των προκλήσεων για τη διεύρυνση της χρήσης τεχνολογίας BIM στην Ελλάδα, αξιοποιώντας τη διεθνή εμπειρία και στόχος η διατύπωση προτάσεων, για τον

συγχρονισμό της Ελληνικής Κατασκευαστικής Βιομηχανίας με τη διεθνή, στο πεδίο διαχείρισης της κτιριακής πληροφορίας. Για την επίτευξη των ανωτέρω αναπτύσσεται μελέτη περίπτωσης.

## II. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία: "Η Μοντελοποίηση Πληροφοριών Κτιρίων (BIM) είναι μια ψηφιακή αναπαράσταση φυσικών και λειτουργικών χαρακτηριστικών ενός δομικού έργου. Ως τέτοιο, αποτελεί πηγή γνώσης και διατίθεται σε κοινή χρήση, για άντληση πληροφοριών σχετικά με το έργο. Αποτελεί αξιόπιστη βάση για τη λήψη αποφάσεων κατά τη διάρκεια ολόκληρου του κύκλου ζωής του, από την πρώιμη φάση σύλληψης της ιδέας και εφεξής" (NBIMS-US™ V3, 2015 καθώς και Borgmann et al. 2018). Σημαντικά διαθέσιμα εργαλεία είναι τα διεθνή πρότυπα σε σχέση με το BIM, με πιο πρόσφατο το ISO 19650-1 & 19650-2. Το Μέρος 1 αφορά τις βασικές έννοιες και αρχές καθώς και κατευθυντήριες οδηγίες για την αποδοτικότερη συνεργασία μεταξύ των εμπλεκόμενων μερών και το Μέρος 2 αφορά την αναζήτηση εργοληπτών, την φάση παράδοσης, τη φάση σύνταξης συμβάσεων έργων κλπ. Η πρόταση είναι να δημιουργηθούν υποδείγματα (templates) ανάλογα με το είδος, την πολυπλοκότητα και το μέγεθος του έργου. Η πληθώρα οργανισμών που ασχολούνται εκτενώς με θέματα BIM όπως EU BIM TASKGROUP, UK BIM ALLIANCE, NATIONAL INSTITUTE OF BUILDING SCIENCES (US), ARCHITECTS' COUNCIL OF EUROPE, Building SMART International, WBDG αποκαλύπτουν τις διεθνείς στρατηγικές πρόωξης του BIM.

Η Μελέτη Περίπτωσης που αναπτύσσεται, αφορά ιδιωτικό κτιριακό έργο και συγκεκριμένα κτίριο σουίτας ξενοδοχειακού συγκροτήματος στη Μύκονο. Με χρήση τεχνολογίας BIM και συγκεκριμένα του λογισμικού Revit 2020 της εταιρείας Autodesk γίνεται ενσωμάτωση Αρχιτεκτονικών, Στατικών και Η/Μ στοιχείων σε ενιαίο μοντέλο. Εξάγονται προμετρήσεις των οικοδομικών εργασιών, συνδεδεμένες με τα άρθρα των Περιγραφικών Τιμολογίων Οικοδομικών Έργων της ΥΑ Αριθ. ΔΝΣγ/οικ.35577/ΦΝ 466, του Υπουργείου Υποδομών και Μεταφορών (ΦΕΚ1746 Β' / 19.05.2017). Αυτό γίνεται με χρήση του λογισμικού Navisworks Manage 2020. Τέλος ενσωματώνεται στο μοντέλο χρονικός προγραμματισμός της κατασκευής του έργου και παράγεται με χρήση του λογισμικού Navisworks κινούμενη οπτική εικόνα (βίντεο) αναπαράστασης των σταδίων κατασκευής.

## III. ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

### A. Αρχιτεκτονικό - Στατικό μοντέλο

Η μοντελοποίηση του κτιρίου γίνεται ανά επίπεδο (στάθμη) του κτιρίου, ξεκινώντας από κάτω προς τα επάνω.

Η βασικότερη διαδικασία μοντελοποίησης είναι η επιλογή – κατάλληλη τροποποίηση – καταχώρηση ιδιοτήτων των διάφορων δομικών στοιχείων που συνθέτουν το κτίριο. Αρχικά δημιουργούνται τα φέροντα στοιχεία από οπλισμένο σκυρόδεμα (θεμελίωση, υποστυλώματα, πλάκες και δοκοί). Η παραμετρική

προσέγγιση των δομικών στοιχείων, προσδίδει σε κάθε υλικό το οποίο συνθέτει το δομικό στοιχείο, ιδιότητες και χαρακτηριστικά τα οποία μπορούν ανά πάσα στιγμή να αντληθούν και να δώσουν αναλυτικές πληροφορίες, ποιοτικές και ποσοτικές για οποιοδήποτε επιλεγμένο στοιχείο. Δίνεται μεγάλη έμφαση στη δημιουργία των διάφορων, σύνθετων τύπων τοιχοποιίας με ανάλυση των υλικών κατασκευής τους αλλά και τις διαστάσεις τους (βλ. Σχήμα 2).



Σχήμα 2. Τοίχος Τύπου 1 (Πέτρα/μόνωση/τούβλο/σοβάς).

Με αναλυτικό τρόπο δημιουργήθηκαν σταδιακά όλα τα δομικά στοιχεία:

- Εξωτερικές τοιχοποιίες
- Εσωτερικές τοιχοποιίες
- Δάπεδα
- Κουφώματα
- Εσωτερική σκάλα
- Πέργολες – κιγκλιδώματα
- Περιβάλλον χώρος

Οι δυνατότητες εποπτικής παρακολούθησης αλλά και παρουσίας του μοντέλου μέσα από το λογισμικό Revit, είναι πολλές. Χαρακτηριστική είναι αυτή της φωτορεαλιστικής απεικόνισης του σχήματος 3, στην οποία έχουν δοθεί στα υλικά κατασκευής ιδιότητες ρεαλιστικής απεικόνισης (πέτρα, ξύλο κλπ.).



Σχήμα 3. Φωτορεαλιστική απεικόνιση (Render)

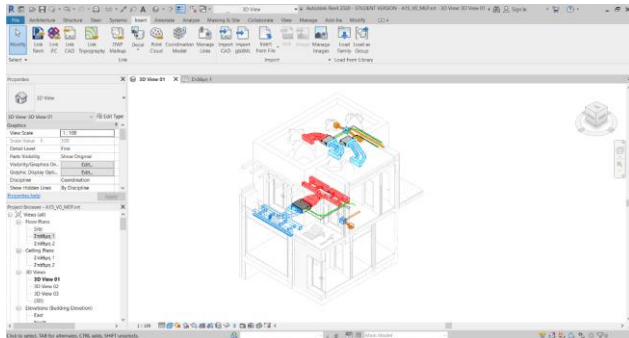
Σε σχέση με τον στατικό φορέα του κτιρίου, εκτός από την εξ αρχής δημιουργία του εντός της παραπάνω διαδικασίας, επιχειρήθηκε η εισαγωγή του ως μοντέλου ifc, το οποίο εξήχθη από το λογισμικό ETABS με το οποίο είχε γίνει η στατική μελέτη του έργου. Κατά την εισαγωγή του μοντέλου από το ETABS παρατηρήθηκαν κάποιες αποκλίσεις οι οποίες διορθώθηκαν ενώ αναζητήθηκαν ταυτόχρονα θέματα συμβατότητας των λογισμικών.

## B. Ηλεκτρομηχανολογικό μοντέλο

Από τις Η/Μ εγκαταστάσεις, μοντελοποιήθηκε ο κλιματισμός με τα κατάλληλα εργαλεία:

- Για τους αεραγωγούς: Systems / Ducts
- Για τους εύκαμπτους αεραγωγούς: Systems/ Flex Ducts
- Για τα κλιματιστικά μηχανήματα Systems / Mechanical Equipment κ.ο.κ.
- Για τις σωληνώσεις: Systems / Pipes

Στο σχήμα 4 που ακολουθεί παρουσιάζεται μοντελοποιημένο το σύστημα κλιματισμού και αερισμού των επιπέδων ισόγειου και ορόφου του κτιρίου.

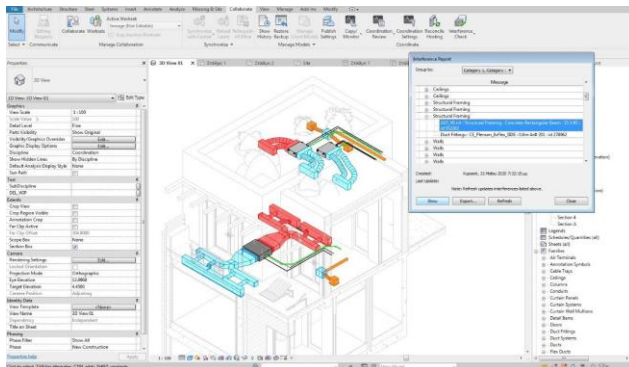


Σχήμα 4. Μοντελοποίηση συστήματος κλιματισμού και αερισμού (3D απεικόνιση)

## C. Εντοπισμός συγκρούσεων (Clash Detection)

Μια πολύ σημαντική δυνατότητα που δίνει το Revit είναι ο έλεγχος πιθανών συγκρούσεων (βλ. Σχήμα 5) ανάμεσα σε στοιχεία του μοντέλου. Χαρακτηριστικότερη περίπτωση είναι οι συγκρούσεις Η/Μ εγκαταστάσεων με στοιχεία του φέροντος οργανισμού του κτιρίου ή και μεταξύ τους. Διαπιστώνεται πχ τυχόν τοποθέτηση στο ίδιο σημείο φωτιστικών σωμάτων με στόμια κλιματισμού.

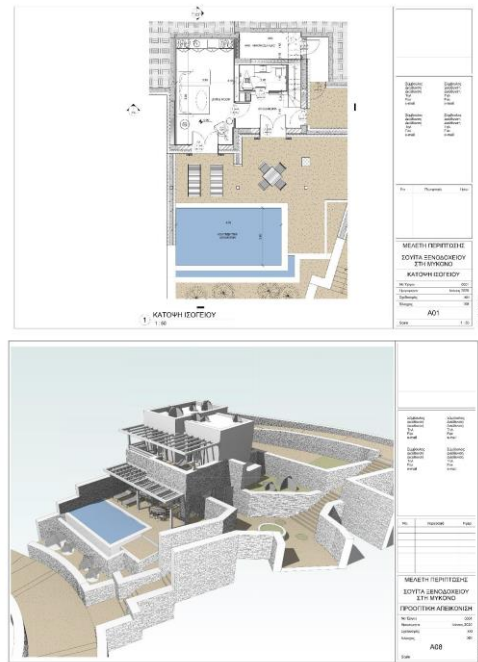
Αυτές οι συγκρούσεις πολλές φορές γίνονται αντιληπτές κατά τη διάρκεια της κατασκευής με αποτέλεσμα να δημιουργούνται καθυστερήσεις στο έργο, ανάγκη γρήγορης επίλυσης του προβλήματος είτε από τους μελετητές είτε και από τους τεχνικούς του εργοταξίου. Ο έγκαιρος εντοπισμός και η διόρθωση πιθανού προβλήματος κατά τη φάση μελέτης, μέσω του μοντέλου Revit, μπορεί να αποτρέψει τις δυσάρεστες συνέπειες μιας βιαστικής και μη δόκιμης επίλυσης υπό την πίεση των χρονοδιαγραμμάτων της κατασκευής.



Σχήμα 5. Clash detection: Προβολή σύγκρουσης προς επίλυση

## D. Τεκμηρίωση

Πριν την εξαγωγή από το μοντέλο όλων των απαραίτητων Τεχνικών Σχεδίων ή αλλιώς στη φάση Τεκμηρίωσης του έργου, απαιτείται η προσθήκη διαστάσεων, επεξηγηματικών κειμένων, συμβολισμών, καθώς και η κατάλληλη προετοιμασία, οργάνωση και κατάλληλη παρουσίαση των κατόψεων, όψεων, τομών, προοπτικών απεικονίσεων, πινάκων. Η τελική μορφή των σχεδίων είναι αυτή που παρουσιάζεται στο Σχήμα 6 που ακολουθεί.



Σχήμα 6. Κάτοψη Ισογείου - Προοπτική απεικόνιση

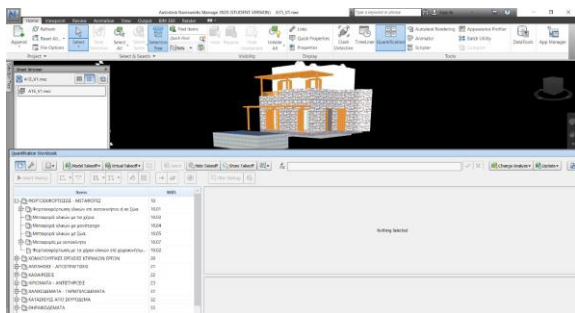
Οι πίνακες κουφωμάτων, τελειωμάτων κλπ. εξάγονται μετά από κατάλληλες ρυθμίσεις με ιδιαίτερη ευκολία, σε σχέση με τον 2D χειρισμό ο οποίος ενέχει επιπλέον αρκετές πιθανότητες λάθους.

## E. Εξαγωγή προμετρήσεων (Quantifications Take off)

Έχοντας δημιουργήσει ένα τρισδιάστατο μοντέλο στο οποίο μάλιστα το κάθε στοιχείο εμπεριέχει πληροφορίες και αναλυτικά χαρακτηριστικά, μας δίνεται η δυνατότητα αυτοματοποιημένης εξαγωγής των γεωμετρικών χαρακτηριστικών των αντικειμένων, είτε μέσα από το ίδιο το Revit, είτε από το συνεργαζόμενο λογισμικό Navisworks Manage επίσης της εταιρείας Autodesk.

Για λόγους διερεύνησης και προσπάθειας προσαρμογής στα Ελληνικά δεδομένα, επιχειρήθηκε με επιτυχία η δημιουργία Καταλόγου, αναγνωρίσιμου εντός του λογισμικού Navisworks, ο οποίος περιλαμβάνει τα άρθρα των Περιγραφικών Τιμολογίων Οικοδομικών Έργων. Έγινε εισαγωγή του καταλόγου στο λογισμικό Navisworks Manage και εμφανίστηκε ως λίστα πολλαπλών επιπέδων στο κάτω αριστερό τμήμα της οθόνης (βλ. Σχήμα 7) εντός του περιβάλλοντος “Quantification Workbook”.





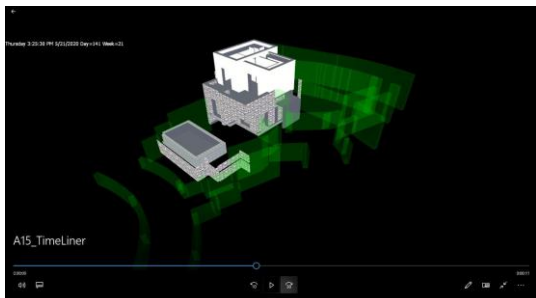
Σχήμα 7. Κατάλογος Άρθρων ΑΤΟΕ

Το επόμενο βήμα ήταν η αντιστοίχιση των αντικειμένων του μοντέλου με τα συγκεκριμένα άρθρα. Τέλος έγινε εξαγωγή των αποτελεσμάτων σε αρχείο Excel.

#### F. Δημιουργία προσομοίωσης χρονικού προγραμματισμού (Timeliner Simulation)

Δημιουργήθηκε χρονοδιάγραμμα κατασκευής του έργου με το λογισμικό MS Project, και στη συνέχεια χρησιμοποιώντας και πάλι το λογισμικό Navisworks Manage και συγκεκριμένα την εντολή Timeliner δημιουργήθηκε προσομοίωση των φάσεων κατασκευής του κτιρίου βάση του παραπάνω χρονοδιαγράμματος. Αφού εισήχθη το μοντέλο Revit, στο λογισμικό Navisworks, συσχέτιστηκαν οι εργασίες του χρονικού προγραμματισμού με αντικείμενα του μοντέλου.

Μετά από κατάλληλες ρυθμίσεις εξήχθη το βίντεο προσομοίωσης της ανέγερσης του κτιρίου με ένδειξη της προόδου ανά εβδομάδα κατασκευής. Εικόνα από το τελικό video παρουσιάζεται στο Σχήμα 8.



Σχήμα 8. Εικόνα από το τελικό βίντεο.

## IV. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Επιτεύχθηκε η δημιουργία ενός συντονισμένου μοντέλου BIM μικρού κτιρίου, στο οποίο έχουν ενσωματωθεί η τρισδιάστατη απεικόνιση του κτιρίου και των εγκαταστάσεών του μαζί με τις πληροφορίες των υλικών αλλά και τον χρονικό προγραμματισμό της κατασκευής του. Το σύνολο των αρχιτεκτονικών σχεδίων εξήχθη με επιτυχία από αυτό το μοντέλο ενώ η εύκολη και γρήγορη εξαγωγή προμετρήσεων οικοδομικών υλικών και η επιτυχής προσομοίωση της ανέγερσης του κτιρίου η οποία βασίστηκε στον χρονικό προγραμματισμό, αποδεικνύουν τα επιπλέον πλεονεκτήματα του BIM σε σχέση με τη 2D σχεδίαση CAD.

Κατά την επεξεργασία της Μελέτης περίπτωσης τα κενά – δυσκολίες που παρουσιάστηκαν ήταν η έλλειψη σχετικής εκπαίδευσης, η έλλειψη οποιασδήποτε Ελληνικής Οδηγίας – Προτύπου οποιουδήποτε οικείου

λεξιλογίου ή βιβλιοθήκης προσαρμοσμένης στα Ελληνικά Δεδομένα.

Αξιοποιώντας τη διεθνή εμπειρία καταλήγουμε στο συμπέρασμα πως η κρατική παρέμβαση αποτελεί το μοχλό προώθησης του BIM. Καταλήγοντας λοιπόν διατυπώνονται προτάσεις κεντρικών παρεμβάσεων, για τον αποδοτικό συγχρονισμό της Ελληνικής Κατασκευαστικής Βιομηχανίας (ΑΕΚ) με την αντίστοιχη διεθνή.

Οι προτάσεις αυτές αφορούν:

1. Τον Νομοθετικό εμπλουτισμό της ηλεκτρονικής διαδικασίας Έκδοσης Οικοδομικών αδειών με χρήση μοντέλων BIM (Προσαρμογή του Νόμου 4495/2017).

2. Την Νομοθετική πρόβλεψη για ενσωμάτωση μοντέλων BIM στις βάσεις δεδομένων κατά την εφαρμογή της Ηλεκτρονικής Ταυτότητας κτιρίων (Νόμος 4495/2017) και της δημιουργίας ηλεκτρονικού μητρώου κτιρίων.

3. Την δημιουργία Τεύχους Τεχνικών Οδηγιών από το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας (ΤΕΕ) για τη συντονισμένη εκμάθηση και ομαλή μετάβαση του Ελληνικού Κατασκευαστικού κλάδου στην τεχνολογία BIM.

4. Την παροχή κινήτρων για την εγχώρια ανάπτυξη λογισμικών BIM, προσιτών οικονομικά και προσαρμοσμένων σε υπάρχοντα σχετικά Ελληνικά δεδομένα.

## ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Autodesk Navisworks (2014). Quantification Release Notes.
- Borrmann, A., König, M., Koch, C. & Beetz, J. (2018). *Building Information Modeling*. Switzerland: Springer
- 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*, 19 (2018) 242-257. UK: Elsevier.
- Charef R., Emmitt S., Alaka H. & Fouchal F. (2019). Building Information Modeling adoption in the European Union: An overview. *Journal of Building Engineering*, 25 (2019) 100777. UK: Elsevier.
- Czmoch I. & Pekala A. (2014). Traditional Design versus BIM Based Design. *Procedia Engineering*, 91 (2014) 210-215. Poland: Elsevier. <https://www.elsevier.com/locate/procedia>
- EUBIM TASKGROUP. (2017). *Εγχειρίδιο για την υιοθέτηση της μοντελοποίησης κατασκευαστικών πληροφοριών από τον ευρωπαϊκό δημόσιο τομέα*. Ανακτήθηκε 3 Ιανουαρίου 2020 από <http://www.eubim.eu/handbook-selection/greek-handbook/>
- European Construction Sector Observatory. *Building Information Modelling in the EU construction sector*. EUROPEAN COMMISSION (2019). Ανακτήθηκε 29-01-2020 από [https://ec.europa.eu/growth/sectors/construction/observatory\\_en](https://ec.europa.eu/growth/sectors/construction/observatory_en)
- Hardin, B. & McCool, D. (2015). *BIM and Construction Management. Proven Tools, Methods, and Workflows*. USA: Wiley
- Li P., Zheng S., Si H. & Xu k. (2019). Critical Challenges for BIM adoption in Small and Medium-Sized Enterprises: Evidence from China. *Hindawi*, vol.2019, ArticleID 948230.

- Metallinos P., Pantouvakis J. P. (2018). BIM Implementation in GreekPublic Construction Projects. 4<sup>th</sup> SENET – IPMA Regional Conference on Project Management
- National Institute of Building Sciences building SMART alliance® (2015). *National BIM Standard – United States® Version 3*
- Sacks, R., Eastman, C., Lee, G. & Teicholz, P. (2018). BIM Handbook. *A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers*. USA: Wiley
- Νόμος 4495/2017 (ΦΕΚ 167<sup>Α</sup> 3.11.2017) “Έλεγχος και προστασία του Δομημένου Περιβάλλοντος και άλλες διατάξεις”
- ΥΠΠΕΝ/ΥΠΠΡΓ/48123/6983 (ΦΕΚ 3136<sup>Β</sup> 31.07.2018) “Διαδικασίες ηλεκτρονικής υποβολής, ελέγχου και έκδοσης των διοικητικών πράξεων του άρθρου 29 του ν.4495/2017 και καθορισμός ηλεκτρονικών υπηρεσιών σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 33 του ν.4495/2017”.