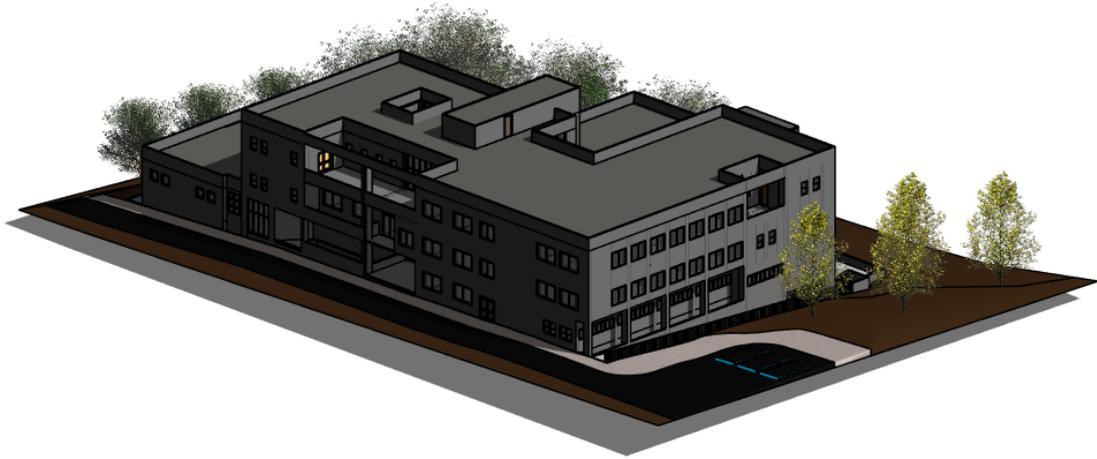




ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών

Τομέας Τοπογραφίας – Κτηματολόγιο



Διπλωματική Εργασία

*Μοντελοποίηση και διαχείριση κτηρίων με χρήση της τεχνολογίας BIM –
Το κτήριο ΒΕΗ*

Στεφανίδης Ελευθέριος

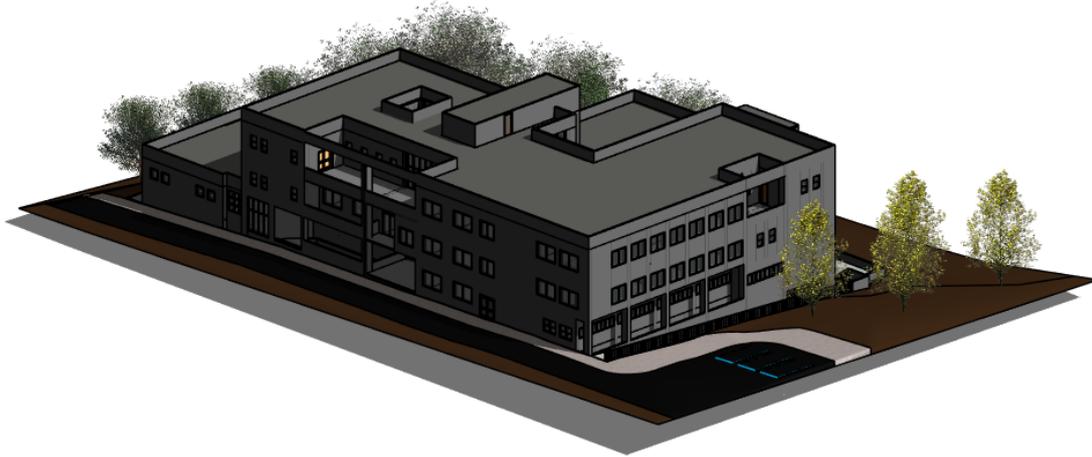
Επιβλέπουσα Καθηγήτρια : Δημοπούλου Έφη

Αθήνα, Μάρτιος 2019



NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS

School Of Rural And Survey Engineering



Diploma Thesis

*3D Modelling And Managing Using BIM Technology – The case of VEI
building*

Stefanidis Eleftherios

Supervision : Dimopoulou Efi

Athens, March 2019

Copyright @ Στεφανίδης Ελευθέριος

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ' ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία εκπονήθηκε στον Τομέα Τοπογραφίας της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου στο πλαίσιο της εμβάθυνσης στον τομέα του Κτηματολογίου υπό την επίβλεψη της καθηγήτριας κ. Έφης Δημοπούλου. Με την παρούσα εργασία ολοκληρώνονται οι προπτυχιακές μου σπουδές στη Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου και οφείλω να ευχαριστήσω θερμά τους ανθρώπους που συνέβαλλαν σε αυτή την πορεία μου.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την επιβλέπουσα καθηγήτριά μου κ. Έφη Δημοπούλου για την εμπιστοσύνη κατά την ανάθεση της εργασίας, τις συμβουλές, αλλά και την κατανόηση που μου έδειξε καθ' όλη τη διάρκεια της διπλωματικής εργασίας.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Τάσο Λαμπρόπουλο, για την πολύτιμη βοήθειά που μου παρείχε σε υλικό και την συνεχή υποστήριξη του με σκοπό την ολοκλήρωση της εργασίας.

Τέλος, νιώθω την ανάγκη να ευχαριστήσω πολύ την οικογένειά μου και τους φίλους μου που υπήρξαν πάντα δίπλα μου, μα ιδιαίτερα τη μητέρα μου, τον πατέρα μου και τον αδερφό μου για την στήριξη τους σε κάθε μου βήμα και την συνεχή μετάδοση της περηφάνειας τους για μένα.

Για τον κυρ. Λευτέρη και την Ρένα,

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	8
ABSTRACT.....	9
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	10
1. ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ.....	12
1.1 Βασικοί ορισμοί και γενικά στοιχεία.....	12
1.2 Στοιχεία καταγραφής.....	15
1.3 Το Εθνικό Κτηματολόγιο.....	16
1.4 Φάσεις του Εθνικού Κτηματολογίου.....	17
1.5 Πορεία Κτηματογράφησης.....	18
1.6 Οφέλη του Κτηματολογίου.....	22
1.7 Παραδείγματα προβλημάτων κτηματογραφήσεων.....	24
2. 3D ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ.....	27
2.1 Βασικές έννοιες και ορισμοί.....	28
2.2 Μοντελοποίηση.....	29
2.3 Νομικό, θεσμικό και τεχνικό πλαίσιο σύνταξης 3D Κτηματολογίων.....	29
2.4 Εννοιολογικά Μοντέλα.....	30
2.4.1 Πλήρες τρισδιάστατο Κτηματολόγιο.....	30
2.4.2 Υβριδική μορφή τρισδιάστατου Κτηματολογίου.....	31
2.4.3 Δισδιάστατο Κτηματολόγιο με τρισδιάστατες εξωτερικές συνδέσεις..	32
2.5 Οι φάσεις της μοντελοποίησης.....	33
2.5.1 Κτηματολογικό μοντέλο.....	33
2.5.2 Κτηματολογική βάση δεδομένων.....	34
2.6 Η ανάγκη για 3D καταγραφές.....	36
2.6.1 Επικάλυψη ιδιόκτητων και κοινόχρηστων χώρων.....	36
2.6.2 Επικάλυψη καθ' ύψος ιδιόκτητων ακινήτων.....	39
2.6.3 Μη συμβατική ανάπτυξη ακινήτων εντός γεωτεμαχίου.....	40
2.7 3D Καταγραφές σε διεθνές επίπεδο.....	41
2.7.1 Αυστρία.....	42
2.7.2 Κροατία.....	43
2.7.3 Πολωνία.....	44
2.7.4 Σουηδία.....	45
2.8 3D Καταγραφές στην Ελλάδα.....	47
2.8.1 Μη τυπικά τρισδιάστατα κτηματολογικά αντικείμενα.....	49
3. Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ «BUILDING INFORMATION MODEL».....	50
3.1 Ορισμός BIM.....	50
3.2 Γενικά στοιχεία της τεχνολογίας BIM.....	50
3.3 Διαστάσεις BIM.....	53

3.3.1	3D BIM.....	55
3.3.2	4D BIM.....	55
3.3.3	5D BIM.....	55
3.3.4	6D BIM.....	56
3.3.5	7D BIM.....	56
3.4	Εργαλεία BIM.....	57
3.4.1	Authoring Tools.....	57
3.4.2	Analysis Tools.....	57
3.4.3	Validation Tools.....	58
3.5	Φάσεις της διαδικασίας BIM.....	60
3.5.1	Φάση Σχεδιασμού.....	60
3.5.1.1	3D Απεικόνιση.....	60
3.5.1.2	Μοντελοποίηση Χώρου.....	61
3.5.1.3	Σχεδιασμός.....	61
3.5.1.4	Έλεγχος Σχεδιασμού.....	62
3.5.1.5	Αναλύσεις.....	62
3.5.1.6	Επικυρώσεις.....	62
3.5.1.7	Εκτιμήσεις Κόστους.....	62
3.5.2	Φάση Κατασκευής.....	63
3.5.3	Φάση Λειτουργίας.....	63
3.5.4	Επίπεδο λεπτομέρειας σχεδιασμού.....	64
3.5.5	Το ανοιχτό πρότυπο IFC.....	67
3.5.5.1	Διαλειτουργικότητα.....	67
3.5.5.2	Model View Definitions.....	68

4. 3D ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ BIM.....69

4.1	Εισαγωγή.....	69
4.1.1	Ποιότητα Δεδομένων.....	69
4.1.2	Επικύρωση Μοντέλου.....	69
4.1.3	Λεπτομέρεια Απεικόνισης.....	70
4.2	Η συμβολή της τεχνολογίας BIM.....	70
4.3	Η συμβολή του IFC προτύπου.....	71
4.4	Εφαρμογή.....	73
4.5	Το κτήριο Βέη.....	74
4.6	Λογισμικό και δεδομένα εισόδου.....	75
4.7	Μεθοδολογία 3D μοντελοποίησης.....	76
4.7.1	Βασικά Στάδια.....	76
4.7.1.1	Στάθμες – Επίπεδα.....	76
4.7.1.2	Εισαγωγή κατόψεων.....	78
4.7.1.3	Μοντελοποίηση.....	81
4.7.2	Μορφοποίηση Εδάφους.....	82
4.7.3	Γεωαναφορά.....	84
4.7.3.1	Σύνδεση με γεωαναφερόμενα σχέδια.....	84
4.7.3.2	Χειροκίνητη προσθήκη συντεταγμένων.....	84
4.8	Διαχείριση.....	87
4.8.1	Παραμετρική Αναζήτηση.....	89
4.8.1.1	Παραμετρική αναζήτηση χώρου και προσώπων.....	90

4.9	Δημιουργία χαρτών με χρήσεις χώρων.....	92
4.10	Εξαγωγή του μοντέλου σε μορφότυπο IFC	96
4.11	Διαλειτουργικότητα.....	99
4.11.1	Χρήση ανοιχτών προτύπων.....	99
4.11.2	BIM Server.....	103
4.11.2.1	Δημιουργία BIM Server.....	104
4.12	Συμπεράσματα.....	106
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....		107

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η γη αποτελεί ένα μοναδικό δώρο για τον άνθρωπο αλλά και εργαλείο καθώς χρησιμοποιείται σε πολλούς τομείς προσφέρει στέγαση, τροφή αλλά και βάση για τις ακίνητες ιδιοκτησίες παίζοντας έτσι σημαντικό ρόλο σε οικονομία και κοινωνία. Η έντονη αστικοποίηση έχει ως αποτέλεσμα τις κατασκευές επάνω και κάτω από την επιφάνεια της γης. Τα σύγχρονα συστήματα διαχείρισης γης χρησιμοποιούν κυρίως δισδιάστατα (2D) σχέδια για τον ορισμό και διασφάλιση δικαιωμάτων ιδιοκτησίας σε πολυώροφα κτήρια. Τα σχέδια αυτά όμως δεν μπορούν να διαχειριστούν αποτελεσματικά τη χωρική πολυπλοκότητα των στρωματοποιημένων ιδιοκτησιών που σχετίζονται με τα περίπλοκα πολυεπίπεδα κτήρια. Το Κτηματολόγιο αποτελεί τον πυρήνα κάθε συστήματος διαχείρισης γης παρέχοντας υπόβαθρο και μοναδικό προσδιορισμό κάθε γεωτεμαχίου. Επομένως, για να απεικονίσουμε τρισδιάστατους χώρους (3D) πρέπει να γίνει διερεύνηση προς μια τρισδιάστατη διαχείριση κτηματολογικών δεδομένων.

Η τεχνολογία BIM (Building Information Modeling) συνιστά μία συνεχώς αυξανόμενη και υποσχόμενη ανάπτυξη στον τομέα των κατασκευών η οποία επιτρέπει τη δημιουργία n-διαστάσεων (nD) εικονικών μοντέλων κάθε εγκατάστασης εμπλέκοντας πολλούς ειδικούς σε όλη τη διάρκεια ζωής της. Η χρήση BIM δεδομένων παραγόμενων κατά τη διάρκεια σχεδιασμού και κατασκευής του έργου συμβάλλει στη μείωση χρόνου και χρήματος και ταυτόχρονα στην ακριβή και με ασφάλεια διαχείρισή του. Παρόλα αυτά, δεν υπάρχει ακόμα η δυνατότητα για εγγραφή και αναπαράσταση πληροφοριών αναφερομένων σε ιδιοκτησίες και όρια, οι οποίες αποτελούν και τον πυρήνα των πληροφοριών για τη διαχείριση γης.

Η διπλωματική αυτή εργασία εξυπηρετεί την ανάπτυξη μιας διαλειτουργικής πλατφόρμας ενσωμάτωσης κτηριακών πληροφοριών σε BIM λογισμικό. Για το σκοπό αυτό, γίνεται αναφορά στην πιλοτική εφαρμογή BIM σε ένα κτήριο που εξυπηρετεί την σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου με διαλειτουργικά εργαλεία και μεθόδους με σκοπό να αναδείξει τη δυνατότητα χρήσης της τεχνολογίας BIM για μοντελοποίηση και διαχείριση 3D ιδιοκτησιών.

ABSTRACT

Land is a unique gift to man and a tool, as it is used in many areas to offer housing, food and a base for immovable property, thus playing an important role in the economy and society. Strong urbanization results in constructions above and below the surface of the earth. Modern land management systems mainly use 2D plans to define and secure property rights in multi-storey buildings. However, these plans can not effectively manage the spatial complexity of layered properties associated with complex multi-level buildings. The use of cadastre is the core of each land management system providing background and unique identification of each plot. Therefore, to visualize three-dimensional spaces (3D), we need to investigate a three-dimensional management of cadastral data.

Building Information Modeling (BIM) is a growing and promising development in the construction sector that allows the creation of n-dimensional (nD) virtual models of each installation by engaging many experts throughout its lifetime. The use of BIM data generated during the design and construction of the project contributes to the reduction of time and money and at the same time to its accurate and safe management. However, there is not yet the possibility to record and represent information about properties and boundaries, which are also the core of land management information.

This diploma thesis serves the development of an interoperable platform for the integration of building information into BIM software. For this purpose, reference is made to the pilot project BIM in a building that serves the School of Rural and Surveying Engineering of the National Technical University of Athens with interoperable tools and methods designed to highlight the possibility of using the BIM technology for modeling and managing 3D properties.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η αύξηση του πληθυσμού πραγματοποιείται με γεωμετρική πρόοδο γεγονός που συνεπάγεται την έντονη χρήση της γης. Πολύπλοκες κατασκευές επάνω και κάτω από την επιφάνεια της γης αποτελούν συνηθισμένο φαινόμενο πια σε όλα τα αστικά κέντρα λόγω του ολοένα αυξανόμενου πληθυσμού και ταυτόχρονα μειωμένου χώρου στην επιφάνεια αυτής. Οι ιδιοκτησίες πλέον πρέπει να αντιμετωπίζονται σε τρεις διαστάσεις καθώς ο κόσμος είναι τριών διαστάσεων. Το σύστημα που χρησιμοποιείται για την εμπειριστατωμένη καταγραφή των δικαιωμάτων και τη νομική προστασία τους είναι το Κτηματολόγιο.

Τα σύγχρονα συστήματα διαχείρισης της γης χρησιμοποιούν 2D μεθόδους για τη διαχείριση κτηματολογικών οντοτήτων όπως κτηματολογικούς χάρτες και διαγράμματα που έχουν ως βάση τους 2D γεωτεμάχια. Οι μέθοδοι αυτές όμως αδυνατούν να αναπαραστήσουν τον τρισδιάστατο χώρο. Τα τελευταία χρόνια έχουν πραγματοποιηθεί πολλές μελέτες και έρευνες σε διάφορες χώρες για την αντιμετώπιση του θέματος αυτού, δημιουργώντας διάφορα πιλοτικά 3D Κτηματολόγια, καμία χώρα όμως δεν έχει υιοθετήσει ακόμα πλήρες 3D Κτηματολόγιο. Λόγοι που οδηγούν στη μη εφαρμογή τους προσανατολίζονται κυρίως σε νομικές και θεσμικές πτυχές οι οποίες πρέπει να προσαρμόζονται κατάλληλα σε κάθε χώρα.

Η σύνταξη ενός 3D Κτηματολογίου απαιτεί την ύπαρξη μιας ενσωματωμένης λύσης η οποία συνιστά και τον βασικό στόχο της διπλωματικής εργασίας, ο οποίος προσανατολίζεται στον συνδυασμό 3D φυσικής και περιγραφικής πληροφορίας με την αντίστοιχη νομική με μία καινοτόμο τεχνική που μόλις τα τελευταία χρόνια έχει αποτελέσει αντικείμενο μελέτης για κτηματολογικούς σκοπούς, BIM.

Συγκεκριμένα, στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στα βασικά στοιχεία ενός Κτηματολογίου. Θα εξεταστεί η πορεία του, τα πλαίσια που το συνοδεύουν καθώς και οφέλη αλλά και προβλήματα που προκύπτουν.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, δίνεται έμφαση στο 3D Κτηματολόγιο. Βασικές έννοιες, πλαίσια, φάσεις 3D μοντελοποίησης αλλά και η αναγκαιότητα για ένα τέτοιο σύστημα σε συνδυασμό με αναφορές από την διεθνή κοινότητα.

Το τρίτο κεφάλαιο επικεντρώνεται στην τεχνολογία BIM η οποία αποτελεί και το αντικείμενο μελέτης της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Στη συνέχεια αναλύονται οι διαστάσεις και τα εργαλεία BIM καθώς και οι φάσεις που διαπερνά κάθε έργο για να φτάσει από τον αρχικό σχεδιασμό στην ολοκλήρωση και έπειτα στη λειτουργία του. Τέλος, ο τομέας της διαλειτουργικότητας ξετυλίγεται μέσω της υιοθέτησης ανοιχτών προτύπων.

Το τελευταίο κεφάλαιο φιλοξενεί το μεγαλύτερο μέρος της έρευνας καθώς πραγματεύεται την δυνατότητα της μοντελοποίησης κτηματολογικής πληροφορίας με τη χρήση BIM. Στην πρώτο μέρος διευκρινίζονται λεπτομέρειες που αφορούν τα

δεδομένα αλλά και την χρησιμότητα των BIM μοντέλων. Στο δεύτερο μέρος περιγράφεται η εφαρμογή που πραγματοποιήθηκε στο κτήριο Βέη της σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου με χρήση του λογισμικού BIM Revit, στόχος της οποίας αποτέλεσε η μοντελοποίηση και διαχείριση του κτηρίου βασισμένη σε διαλειτουργικά και ανοιχτά πρότυπα. Το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με την παράθεση συμπερασμάτων που προέκυψαν από τη συγκεκριμένη μελέτη.

1. ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

Ο ανθρώπινος πληθυσμός, η ραγδαία αύξηση του αλλά και το γεγονός ότι η γη είναι ένα πεπερασμένο μέγεθος, καθιστούν αναγκαία την επίλυση του ζητήματος της διαχείρισης της γης. Συγκεκριμένα, η γη αποτελεί για τον άνθρωπο ένα μοναδικό αγαθό καθώς δεν είναι ανανεώσιμη, του προσφέρει πρόσοδο ενώ κάθε τμήμα της είναι μοναδικό αφού, έχει μοναδική γεωγραφική θέση, μορφολογία και ανάγλυφο αλλά και ιδιοκτησιακά δικαιώματα που αφορούν τις ευθύνες και τους περιορισμούς που επιβάλλονται σε αυτό. Οι παραπάνω λόγοι καθιστούν αναγκαία την δημιουργία ενός συστήματος το οποίο θα αποσαφηνίζει πλήρως τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά αλλά και τα ιδιοκτησιακά δικαιώματα κάθε κομματιού γης. Το σύστημα αυτό ονομάζεται Κτηματολόγιο και βασικοί ορισμοί του παρουσιάζονται παρακάτω.

1.1 Βασικοί ορισμοί και γενικά στοιχεία Κτηματολογίου

Η Διεθνής Ομοσπονδία Τοπογράφων (FIG) έδωσε έναν ορισμό για το Κτηματολόγιο το 1995. Σύμφωνα με την FIG (1995), το Κτηματολόγιο:

‘Συνιστά τον πυρήνα του συστήματος διαχείρισης γης και ορίζεται ως ένα διαρκώς ενήμερο σύστημα πληροφοριών γης, με βάση το γεωτεμάχιο που περιέχει καταγραφές δικαιωμάτων, περιορισμών και ευθυνών. Συνήθως περιλαμβάνει γεωμετρική περιγραφή των γεωτεμαχίων η οποία συνδέεται με άλλες καταγραφές που περιγράφουν την φύση των εγγραφών, την κυριότητα ή τον έλεγχο αυτών και συχνά την αξία του γεωτεμαχίου και τις βελτιώσεις του.’

Ενώ, σύμφωνα με τον Π. Ζεντέλη (2011), ως Κτηματολόγιο ορίζεται :

‘Ένα γενικό, με αποδεικτική ισχύ και δημόσιου χαρακτήρα σύστημα χωρικών πληροφοριών, για την καταγραφή, την προστασία και τη διαχείριση των εμπραγμάτων δικαιωμάτων των εντός και εκτός συναλλαγής ακινήτων, των οποίων καταγράφει τις κτηματολογικές πληροφορίες.

Το Κτηματολόγιο κάθε χώρας πρέπει να είναι ικανό να δώσει απαντήσεις στις ερωτήσεις, ποιος διαχειρίζεται ένα ακίνητο, που βρίσκεται το ακίνητο αυτό και ποια δικαιώματα του αντιστοιχούν. Επομένως το Κτηματολόγιο έχει κάποια χαρακτηριστικά που το διακρίνουν, Π. Ζεντέλη (2011):

- ✓ Το Κτηματολόγιο καταγράφει με ενιαίες προδιαγραφές γεωτεμάχια ή γενικότερα ακίνητα:
 - Εντός ή εκτός συναλλαγής

- Στον αστικό, αγροτικό ή δασικό χώρο
 - Ιδιωτικά ή δημόσια
- ✓ Το Κτηματολόγιο έχοντας αναφερθεί ως δημόσιου χαρακτήρα, ενημερώνεται και λειτουργεί με ευθύνη και εγγύηση του δημοσίου.
 - ✓ Περιβάλλεται, από την αποδεικτική ισχύ των περιεχόμενων πληροφοριών.
 - ✓ Περιέχει ένα σύνολο από πληροφορίες:
 - Κατάλληλες, επαρκείς, ενήμερες, αξιόπιστες και στη σωστή κλίμακα.
 - Αναφερόμενες στα αναγνωρισμένα νομικά δικαιώματα και στα λοιπά εμπράγματα δικαιώματα που δημιουργούνται στα γεωτεμάχια ή στα ακίνητα γενικότερα.
 - Αναφερόμενες στα φυσικά ή νομικά πρόσωπα, στους φορείς της δημόσιας διοίκησης ή του δημοσίου στα οποία αντιστοιχίζονται αμφιμονοσήμαντα τα καταχωριζόμενα εμπράγματα δικαιώματα.
 - Για κάθε γεωτεμάχιο ή ακίνητο γενικότερα:
 - Γραφικές: π.χ. θέση, μορφή, μέγεθος
 - Μη γραφικές – Περιγραφικές: π.χ. εμπράγματα δικαιώματα
- ✓ Με την ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας, το Κτηματολόγιο αποκτά σύγχρονο χαρακτήρα, παρέχοντας πληροφορίες ελαστικές και διαθέσιμες σε κάθε χρόνο με αποτέλεσμα οι δυνατότητες του να φτάνουν υψηλά επίπεδα.

Το Κτηματολόγιο με τα προαναφερθέντα χαρακτηριστικά πρέπει να διέπεται από βασικές αρχές ώστε να διατηρείται η αποδεικτική ισχύς, όπως υποστήριξε ο Π. Ζεντέλης (2011). Συγκεκριμένα από:

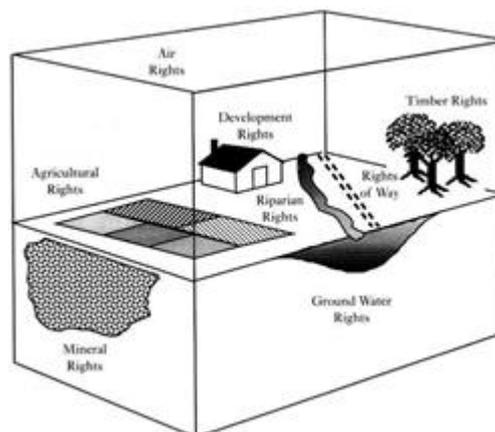
- ✓ *Αρχή της αποδεικτικής ισχύος.* Κάθε εγγραφή να θεωρείται ακριβής κατά νόμιμο τρόπο έναντι κάθε καλόπιστου τρίτου.
- ✓ *Αρχή της εγγραφής.* Κανένα εμπράγματο δικαίωμα δεν μπορεί να συσταθεί, να μεταβιβασθεί, να αλλοιωθεί ή να καταργηθεί χωρίς την καταχώρισή του στο Κτηματολογικό Βιβλίο.
- ✓ *Αρχή της χρονικής προτεραιότητας.* Τα νομικά αποτελέσματα κάθε καταχώρισης επέρχονται με το χρόνο ολοκλήρωσης αυτής. Η σειρά των καταχωρίσεων καθορίζεται μέσω ειδικών αλγορίθμων από τη χρονική σειρά υποβολής των σχετικών αιτήσεων.
- ✓ *Αρχή της ακρίβειας.* Με βάση την αρχή της αποδεικτικής ισχύος, στα Κτηματολογικά Βιβλία πρέπει να διασφαλίζεται η τυπική ακρίβεια των στοιχείων και η δημόσια πίστη, νομιμότητας.

- ✓ *Αρχή της νομιμότητας.* Διασφάλιση και ακρίβεια καταχωρίσεων.
- ✓ *Αρχή της δημόσιας πίστης.* Κάθε καλόπιστος συναλλασσόμενος που στηρίζεται στις κτηματολογικές καταχωρίσεις πρέπει να προστατεύεται.
- ✓ *Αρχή της ειδικότητας.* Η κατοχύρωση όσων συμμετέχουν ή πρόκειται να συμμετάσχουν στη σύσταση, μεταβίβαση, αλλοίωση ή κατάργηση ενός εμπράγματου δικαιώματος σε ένα ή περισσότερα ακίνητα ολοκληρώνεται και κατονομάζονται συγκεκριμένα.
- ✓ *Αρχή της δημοσιότητας.* Η δημοσιότητα χρησιμοποιείται ως αποδεικτικό μέσο των δικαιωμάτων μελλοντικού διεκδικητή.

Όπως προκύπτει από τους ορισμούς και τις αρχές, το μοναδιαίο στοιχείο του Κτηματολογίου είναι το γεωτεμάχιο. Το γεωτεμάχιο έχει μία συγκεκριμένη γεωγραφική θέση και πολλές φορές μπορεί να περιλαμβάνει περισσότερα του ενός ακίνητα.

Ως γεωτεμάχιο ορίζεται η συνεχόμενη έκταση γης, που ανήκει εξ αδιαιρέτου κατά κυριότητα σε έναν ή περισσότερους δικαιούχους. Το γεωτεμάχιο αποτελεί τη μοναδιαία επιφάνεια αναφοράς όλων των πληροφοριών του Κτηματολογίου. Στα κτηματολογικά διαγράμματα κάθε γεωτεμάχιο χαρακτηρίζεται από έναν μοναδικό Κτηματολογικό Αριθμό Εθνικού Κτηματολογίου (ΚΑΕΚ) σύμφωνα με το άρθρο 4 του Ν.2664/1998.

Κτηματολογικός Αριθμός (Κ.Α.) ή Κτηματολογικός Αριθμός Εθνικού Κτηματολογίου (ΚΑΕΚ) : πρόκειται για έναν αριθμό με δώδεκα ψηφία που είναι μοναδικός για κάθε γεωτεμάχιο και αναφερόμενος σε οριζόντια ιδιοκτησία αυξάνεται με επιπλέον τέσσερα ψηφία. Τα δώδεκα ψηφία ανά δύο αναφέρονται σε έναν συγκεκριμένο παράγοντα. Τα δύο πρώτα αναφέρονται στο Νομό, τα δύο επόμενα στον Δήμο ή Κοινότητα, στον τομέα του κάθε Δήμου, στο Οικοδομικό Τετράγωνο και τα τρία τελευταία στον αριθμό του οικοπέδου ή γεωτεμαχίου. Στην περίπτωση οριζόντιας ιδιοκτησίας προστίθενται δύο ακόμα ψηφία για τον αύξοντα αριθμό της πολυκατοικίας-κτηρίου και δύο ακόμα για τον όροφο και τη θέση της συγκεκριμένης ιδιοκτησίας.



Εικόνα 1.1: Η έννοια του γεωτεμαχίου κατά P. Dale (2003)

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, οι πληροφορίες που συγκροτούν το Κτηματολόγιο διακρίνονται σε γραφικές και περιγραφικές-μη γραφικές. Συγκεκριμένα, το Κτηματολόγιο αποτελείται από:

- ✓ Τα Κτηματολογικά Βιβλία (Κ.Β.), τα οποία εμπεριέχουν όλες τις περιγραφικές πληροφορίες για κάθε ακίνητο είτε σε αναλογικές μερίδες (π.χ. κυριολεκτικά βιβλία) είτε σε ψηφιακές μερίδες (π.χ. βάσεις δεδομένων). Σε κάθε μερίδα αντιστοιχεί ένας Κτηματολογικός Αριθμός για αμφιμονοσήμαντη αντιστοίχιση με τον Κτηματολογικό Χάρτη.
- ✓ Κτηματολογικούς Χάρτες (Κ.Χ.), οι οποίοι συνιστούν διαγράμματα που απεικονίζουν γεωμετρικά τα γεωτεμάχια με πληροφορίες εσωτερικές (π.χ. κτήριο) και εξωτερικές (π.χ. κοινόχρηστοι χώροι) σε ενιαίο σύστημα αναφοράς. Ο Κ.Χ. αποτελεί μέρος της φυσικής πραγματικότητας υπό κλίμακα. Τέλος, ο Κ.Χ. συνιστά την βάση πάνω στην οποία αντιστοιχίζονται τα εμπράγματα δικαιώματα.

Η κωδικοποίηση των γεωτεμαχίων και των ακινήτων γενικότερα αποτελεί τον τρόπο καταχώρισης και ανάκτησης των αντίστοιχων πληροφοριών.

Από έναν Κτηματολογικό Αριθμό (Κ.Α.) οδηγούμαστε στις πληροφορίες ακινήτων που βρίσκονται στο Κ.Β. και στον Κ.Χ.

- ✓ Από τον Κ.Χ. μέσω του Κ.Α. μπορούμε να οδηγηθούμε στις πληροφορίες του Κ.Β
- ✓ Από το Κ.Β. μέσω του Κ.Α. οδηγούμαστε στις αντίστοιχες πληροφορίες του Κ.Χ.

Πηγή: Π. Ζεντέλης, 2011

1.2 Στοιχεία καταγραφής

Το κτηματολόγιο αποτελεί ένα σύστημα καταγραφής και διαχείρισης πληροφοριών. Οι πληροφορίες αυτές χωρίζονται σε περιγραφικές, εντοπίζονται στα Κτηματολογικά Βιβλία και σε γραφικές, οι οποίες εντοπίζονται στους Κτηματολογικούς Χάρτες.

Οι περιγραφικές πληροφορίες περιλαμβάνουν τα εξής :

- ✓ Τα πλήρη στοιχεία του προσώπου ή των προσώπων, στα οποία αντιστοιχούν τα κάθε μορφής εμπράγματα δικαιώματα, που έχουν καταχωρηθεί για ένα συγκεκριμένο ακίνητο.

- ✓ Οι νομικές πληροφορίες, όπως οι πρώτες εγγραφές, τα οριστικά εμπράγματα δικαιώματα και οι μεταγενέστερες μεταβολές για κάθε ακίνητο, όπως το εμβαδό, τα ποσοστά τυχόν συνιδιοκτησίας, τα ποσοστά συμμετοχής του ακινήτου κ.τ.λ.
- ✓ Οι τεχνικές πληροφορίες, δηλαδή η χρήση της γης ή του ακινήτου γενικότερα και πληροφορίες σχετικές με την άδεια οικοδομής και το είδος των κατασκευών.
- ✓ Οι οικονομικές πληροφορίες, δηλαδή η αγοραία αξία κάθε ακινήτου σε ορισμένο χρόνο, η φορολογητέα αξία της τελευταίας μεταβίβασης κ.τ.λ.

Για τις παραπάνω πληροφορίες των Κτηματολογικών Βιβλίων, η ορθότητα τους ελέγχεται από την αρχή της ορθότητας και της αποδεικτικής ισχύος, που δημιουργούν οι αρχικές εγγραφές και άρα οι μεταγενέστερες καταγραφές.

Οι γραφικές πληροφορίες αφορούν το γεωτεμάχιο και περιλαμβάνονται στον Κτηματολογικό Χάρτη. Σε αυτόν τα αυτοτελή ακίνητα που δημιουργούνται σε κάθε γεωτεμάχιο εμφανίζονται σε πρόσθετα διαγράμματα, δηλαδή κατόψεις, τομές κ.τ.λ. Οι γραφικές πληροφορίες σε ένα σύστημα κτηματολογίου μπορούν να διαχωριστούν και να απεικονιστούν σε διάφορα επίπεδα πληροφοριών, με στόχο την καλύτερη λειτουργία του συστήματος. Οι γραφικές πληροφορίες που είναι σχετικές με το γεωτεμάχιο περιλαμβάνουν τον γεωμετρικό προσδιορισμό τους και πιο συγκεκριμένα, τα όρια μεταξύ των όμορων γεωτεμαχίων και των κοινόχρηστων χώρων, τα ορόσημα, τις συντεταγμένες των κορυφών, τα υψόμετρα, την αρίθμηση των γεωτεμαχίων, το περίγραμμα και την αρίθμηση των κτηρίων, το εμβαδό, τις χρήσεις γης και τις χρήσεις των κτηρίων κ.τ.λ. Ακόμα, απεικονίζονται και στοιχεία του περιβάλλοντα χώρου, όπως στοιχεία που αφορούν το οικοδομικό τετράγωνο (Ο.Τ.), τους κοινόχρηστους χώρους, τον προσανατολισμό, τα όρια των περιοχών, τα σημεία ελέγχου των αποτυπώσεων, τα ονόματα των οδών και άλλες τοπογραφικές λεπτομέρειες.

1.3 Το Εθνικό Κτηματολόγιο

Η εταιρία «Κτηματολόγιο Α.Ε.», που ιδρύθηκε με κοινή απόφαση των Υπουργών Εθνικής Οικονομίας, Οικονομικών και Π.Ε.ΧΩ.ΔΕ (Απόφαση 81706/6085/6-10-1995/ΦΕΚ 872Β/19-10-1995) είναι Νομικό Πρόσωπο Ιδιωτικού Δικαίου. Με τον νόμο 4164/2013 μετονομάστηκε σε «Εθνικό Κτηματολόγιο και Χαρτογράφηση Α.Ε.» (ΕΚΧΑ Α.Ε.). Σκοπός της εταιρίας είναι η μελέτη, σύνταξη και λειτουργία του Εθνικού Κτηματολογίου. Με τον προαναφερθέντα νόμο, ανέλαβε επίσης τις αρμοδιότητες που αφορούν στη γεωδαιτική κάλυψη και χαρτογράφηση της χώρας, την απογραφή και χαρτογράφηση των φυσικών διαθεσίμων της, τη δημιουργία και τήρηση ψηφιακών γεωχωρικών δεδομένων και δεδομένων περιβάλλοντος. Η εταιρία λειτουργεί σύμφωνα με τους κανόνες της ιδιωτικής οικονομίας και διέπεται από τις

διατάξεις του άρθρου 5 του Ν. 2229/1994, του κωδικοποιημένου Νόμου 2190/1920, του Ν. 2308/1995 και του Ν.2664/1998, όπως ισχύουν σήμερα. Με τον νόμο 3899/17-12-2010 εντάχθηκε στο πεδίο εφαρμογής του Κεφαλαίου Α΄ του ν. 3429/2005 "Δημόσιες Επιχειρήσεις και Οργανισμοί ΔΕΚΟ". Μοναδικός μέτοχος της ΕΚΧΑ Α.Ε. είναι το Ελληνικό Δημόσιο και η εταιρία εποπτεύεται από το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας. (Ε.Κ.Χ.Α. Α.Ε.)

1.4 Φάσεις του Εθνικού Κτηματολογίου

Ακολουθεί αναδρομή στο έργο του Κτηματολογίου και αναφορά στην σημερινή κατάσταση σύμφωνα με την Ε.Κ.Χ.Α. Α.Ε. Η σύνταξη του κτηματολογίου υλοποιείται μέσω της ανάθεσης προγραμμάτων έργων κτηματογράφησης που ξεκίνησαν να ανατίθενται από την αρχή του Κτηματολογίου στα μέσα της δεκαετίας του 1990.

Η πρώτη γενιά κτηματογραφήσεων (παλαιά προγράμματα) είχε κυρίως πιλοτικό χαρακτήρα με την έννοια ότι σκόπιμα συμπεριλάμβανε διάσπαρτες περιοχές με έντονες διαφορές μεταξύ τους (αστικές/αγροτικές, σε νησιά, σε ορεινές περιοχές, με ειδικά ιδιοκτησιακά καθεστάτα κ.α.) με σκοπό την απόκτηση εμπειρίας και την ανάδειξη όσο το δυνατόν περισσότερων ειδικών περιπτώσεων που διέπουν το ιδιοκτησιακό καθεστώς στη χώρα. Τα προγράμματα αυτά έχουν ολοκληρωθεί.

Στη δεύτερη γενιά κτηματογραφήσεων εντάσσεται η κτηματογράφηση των μεγάλων αστικών κέντρων της χώρας καθώς και των πυρόπληκτων περιοχών της Πάρνηθας. Η γενιά κτηματογραφήσεων αφορά στα προγράμματα κτηματογραφήσεων: *ΚΤΙΜΑ*, *ΚΤΙΜΑ Β-14* (αφορά την ανάθεση της κτηματογράφησης για τους Δήμους Αθηνών, Βόλου, Λαμίας & Λειβαδιάς για τους οποίους όλοι οι συμμετέχοντες στο διαγωνισμό *ΚΤΙΜΑ* ακυρώθηκαν βάσει σχετικών δικαστικών αποφάσεων) και *ΡΑΡΝΙΘΑ*.

Η τρίτη γενιά κτηματογράφησης, η οποία ξεκίνησε το 2011, αποτελείται από δύο βασικά προγράμματα κτηματογραφήσεων: *ΚΤΙΜΑ11Α*. Αφορά 268 περιστατικούς κατά βάση ΟΤΑ σε όλη την επικράτεια της χώρας. *ΚΤΙΜΑ11Β*. Αφορά 10 νομούς της χώρας με εκτεταμένες αγροτικές εκτάσεις με αναδασμούς και διανομές.

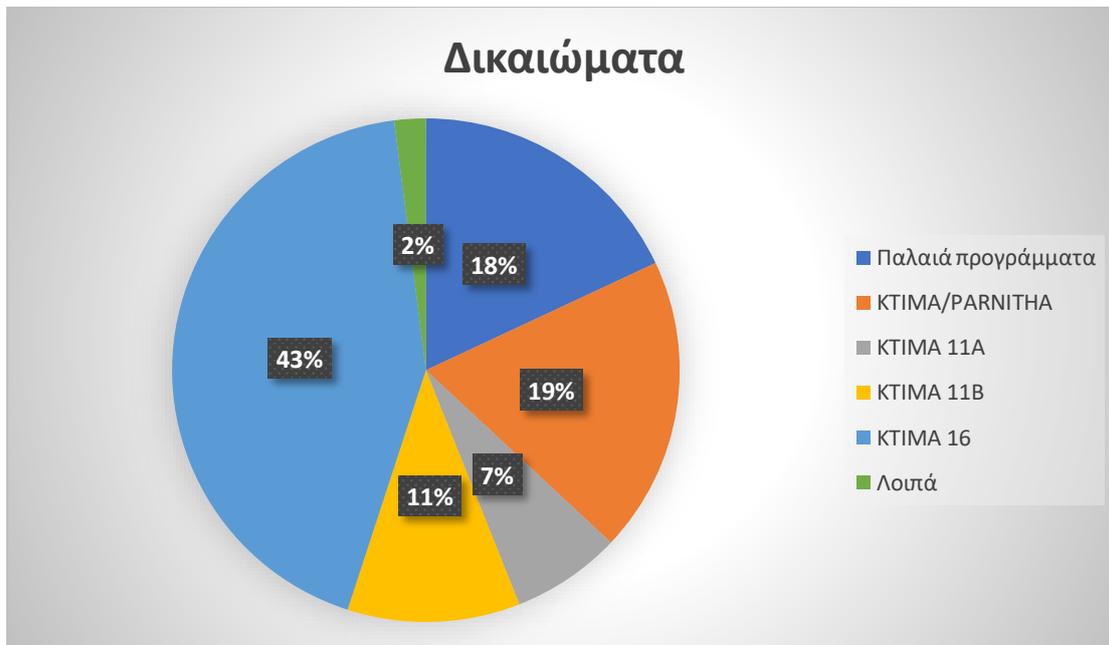
Η τέταρτη γενιά κτηματογράφησης αφορά στο σύνολο των υπολειπόμενων περιοχών της χώρας που δεν έχουν ενταχθεί σε προηγούμενα προγράμματα κτηματογράφησης.

Κωδικός Διαγωνισμού	Περιγραφή	Πλήθος Συμβάσεων	Πλήθος Δικαιωμάτων (εκατ.)
Παλαιά Προγράμματα	Ολοκληρωμένες κτηματογραφήσεις	-	6.7

ΚΤΙΜΑ	Αστικά κέντρα (προκήρυξη 2009)	20	A
ΚΤΙΜΑ_14	Αστικά κέντρα (προκήρυξη 2014)	3	B, A + B = 7.2
ΡΑΡΝΙΤΗΑ	Περιοχές Πάρνηθας	1	0.1
ΚΤΙΜΑ_11Α	268 περιαστικοί ΟΤΑ	21	2.5
ΚΤΙΜΑ_11Β	10 αγροτικοί Νομοί Β.Ελλάδας	14	4.4
ΚΤΙΜΑ_16	Υπόλοιπο χώρας	32	16
	Σύνολα	91	36.9

Πίνακας 1.1 : Κύρια χαρακτηριστικά κάθε προγράμματος (Ε.Κ.Χ.Α. Α.Ε. – Έκθεση πεπραγμένων 2016)

Στο διάγραμμα που ακολουθεί φαίνεται η κατανομή των δικαιωμάτων ανά πρόγραμμα.



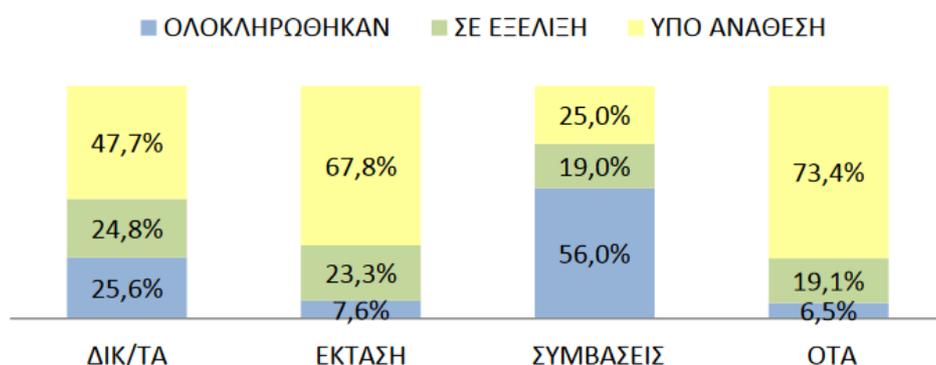
Διάγραμμα 1.1 : Ποσοστά δικαιωμάτων ανά πρόγραμμα (Ε.Κ.Χ.Α. Α.Ε. Έκθεση πεπραγμένων 2016)

1.5 Πορεία κτηματογράφησης

Η πορεία του έργου σύνταξης του Εθνικού Κτηματολογίου παρακολουθείται μέσω της έκτασης και του πλήθους των δικαιωμάτων που κτηματογραφούνται. Σημειώνεται ότι το πλήθος των δικαιωμάτων είναι πιο χρήσιμος αριθμοδείκτης απ' ό,τι η έκταση, καθώς η χωρική κατανομή και ο βαθμός πυκνότητας της κτηματολογικής πληροφορίας σε κάθε περιοχή δεν είναι ανάλογα της έκτασης που καλύπτεται.

Κατά συνέπεια, είναι προφανές ότι περισσότερα δικαιώματα απαντώνται σε αστικές περιοχές όπου σε μικρή έκταση υπάρχει υψηλότερη συγκέντρωση ιδιοκτησιών και ιδιοκτητών συγκρινόμενη με μια αγροτική περιοχή. Παράλληλα, σε δασικές εκτάσεις και σε μεγάλες εκτάσεις των ορεινών όγκων της χώρας υπάρχουν λίγα διακριτά δικαιώματα που κατά κανόνα ανήκουν στο Ελληνικό Δημόσιο. Οι παραπάνω αποκλίσεις φαίνονται καλύτερα και στα διάγραμμα που ακολουθεί.

ποσοστά



Διάγραμμα 1.2 : Πηγή Ε.Κ.Χ.Α. Α.Ε. (Έκθεση πεπραγμένων 2016)

Το έργο της κτηματογράφησης υλοποιείται μέσω διαδοχικών φάσεων. Στο πίνακα και στα γραφήματα που ακολουθούν φαίνεται η πορεία του έργου σύμφωνα με τους προαναφερόμενους δείκτες (έκταση και πλήθος δικαιωμάτων).

Γενιά κτη/σης	Πρόγραμμα	Κατάσταση	Πλήθος συμβάσεων	Πλήθος ΟΤΑ	Έκταση/ Km ²	Ποσοστό %	Πλήθος δικαιωμάτων	Ποσοστό %
1η γενιά κτηματογράφησης		Ολοκλήρωση	93	333	8.738.000	6.6%	6.700.000	17.1%

			93	333	8.738.000	6.6%	6.700.000	17.1%
2 ^η γενιά κτηματογράφησης	ΚΤΙΜΑ/ΡΑ ΡΝΙΠΗΑ	Σε εξέλιξη	11	67	1.995.247	1.5%	3.111.055	8.0%
		Ολοκλήρωση	10	45	1.274.962	1.0%	3.339.203	8.5%
	ΚΤΙΜΑ 14	Σε εξέλιξη	3	4	523.981	0.4%	1.704.626	4.4%
			24	116	3.794.190	2.9%	8.154.884	20.8%
3 ^η γενιά κτηματογράφησης	ΚΤΙΜΑ 11Α	Υπο ανάθεση	13	169	3.358.360	2.5%	1.807.496	4.6%
		Σε εξέλιξη	8	99	1.346.581	1.0%	767.623	2.0%
			21	268	4.704.941	3.6%	2.575.119	6.6%
	ΚΤΙΜΑ 11Β	Υπο ανάθεση	1	92	2.574.500	1.95%	283.780	0.7%
		Σε εξέλιξη	13	934	26.923.439	20.41%	4.063.100	10.4%
			14	1.026	29.497.939	22.4%	4.346.880	11.1%
4 ^η γενιά κτηματογράφησης	ΚΤΙΜΑ 16	Υπο ανάθεση	32	3.979	83.506.000	63.3%	16.573.517	42.4%
			32	3.979	83.506.000	63.3%	16.573.517	42.4%
ΛΟΙΠΑ				56	1.700.443	1.3%	775.627	2.0%
ΣΥΝΟΛΑ			184	5.775	131.941.513	100.0%	39.126.027	100.0%

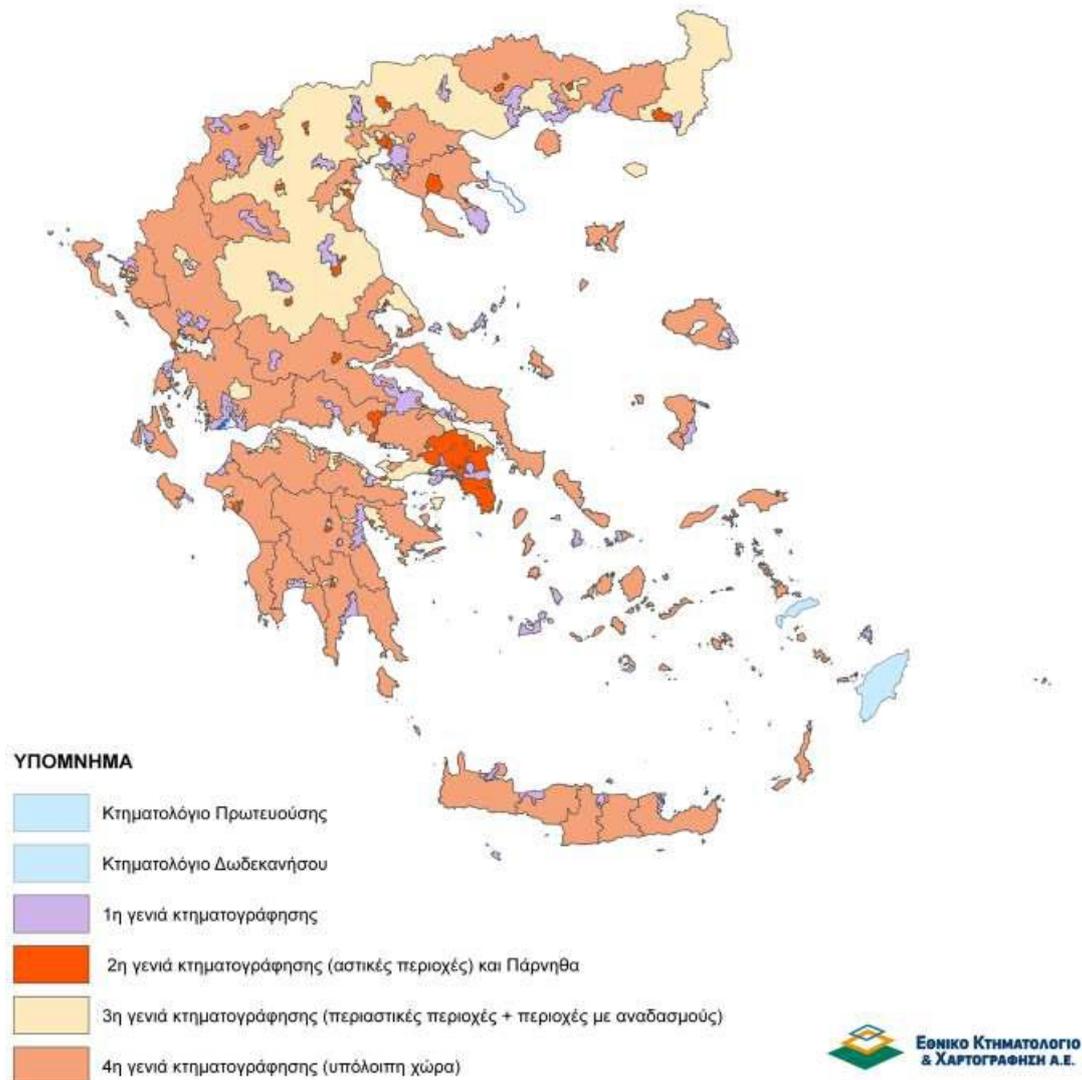
Πίνακας 1.2 : Αναλυτική πορεία της κτηματογράφησης (Ε.Κ.Χ.Α. Α.Ε. – Ημερομηνία σύνταξης, 2017)

Όπως προκύπτει από τα παραπάνω στοιχεία έχει ολοκληρωθεί η σύνταξη του Κτηματολογίου και βρίσκεται σε φάση λειτουργίας για 377 περιοχές (ΟΤΑ) της χώρας που αντιστοιχεί περίπου στο 26% των προεκτιμημένων δικαιωμάτων. Αντίστοιχα υλοποιείται η κτηματογράφηση σε περίπου 1.100 περιοχές της χώρας που αντιστοιχεί στο 25% των προεκτιμημένων δικαιωμάτων. Τέλος, υπολείπεται η συμβασιοποίηση έργων κτηματογράφησης για ένα ποσοστό περίπου 48%, το μεγαλύτερο μέρος του οποίου αφορά στις περιοχές του διαγωνισμού ΚΤΙΜΑ16.

Εντός του 2016, περαιώθηκε η κτηματογράφηση και ξεκίνησε η λειτουργία μεταβατικών κτηματολογικών γραφείων (ΚΓ) για 10 ΟΤΑ σε υφιστάμενα και σε 5 νέα ΚΓ.

Παράλληλα έλαβε χώρα η ενσωμάτωση του ΚΓ Ιτέας στο ΚΓ της Άμφισσας. Έτσι στο τέλος του 2016 λειτουργούν στη χώρα 109 μεταβατικά Κτηματολογικά Γραφεία (99 σε άμισθα και 10 σε έμμισθα Υποθηκοφυλακεία) που υπάγονται στο Υπουργείο Δικαιοσύνης και 2 Κτηματολογικά Γραφεία (Θεσσαλονίκης και Πειραιά) που υπάγονται απευθείας στο ΥΠΕΚΑ. , στα οποία εγγράφονται εμπράγματα συναλλαγές για 377 ΟΤΑ (προ Καποδίστρια) της χώρας, στους οποίους έχει ολοκληρωθεί η σύνταξη του Εθνικού Κτηματολογίου.

Το Σύστημα Πληροφορικής Εθνικού Κτηματολογίου (ΣΠΕΚ) περιλαμβάνει εγγραφές για 4.977.843 ακίνητα στο σύνολο των κτηματογραφημένων περιοχών της χώρας, τα οποία καταλαμβάνουν συνολική έκταση 9.976.971.664 στρεμμάτων και στα οποία αντιστοιχούν συνολικά 9.451.833 εμπράγματα δικαιώματα.



Εικόνα 1.2 : Γραφική αναπαράσταση της πορείας του Εθνικού Κτηματολογίου (Ε.Κ.Χ.Α. Α.Ε.)

1.6 Τα οφέλη του κτηματολογίου

Το Κτηματολόγιο ως το πλέον κατάλληλο Σύστημα Καταγραφής Χωρικών Πληροφοριών, συνιστά θεμελιώδη βάση για τη λήψη αποφάσεων και τη σωστή διακυβέρνηση. Στην Ελλάδα το Κτηματολόγιο αποτελεί ένα από τα πιο σημαντικά εν εξελίξει αναπτυξιακά έργα με σκοπό την αξιόπιστη καταγραφή της περιουσίας των πολιτών και του κράτους.

Οφέλη για τον πολίτη

Η συμβολή του Κτηματολογίου στον πολίτη γίνεται σαφής μέσω της εξοικονόμησης χρόνου, χρήματος που του εξασφαλίζει και παράλληλα μέσω της προστασίας και εξυπηρέτησής του. Το σύγχρονο Κτηματολόγιο μειώνει την γραφειοκρατία μετατρέποντας τις μεταβιβάσεις ακίνητης περιουσίας σε απλές και γρήγορες διαδικασίες, ωθώντας τους πολίτες να κατανοήσουν και να συνειδητοποιήσουν τη σημασία και την αναγκαιότητα του θεσμού αυτού. Οι μεταβιβάσεις εκτός από γρήγορες είναι και αξιόπιστες καθώς διακρίνονται από διαφάνεια και ακρίβεια, εξαλείφοντας την οποιαδήποτε αμφιβολία των πελατών. Η νέα Διαδικτυακή Πλατφόρμα Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών 'DLS PORTAL' που εντάσσεται στο πλαίσιο του 5 Στρατηγικού Σχεδίου 2014-2016 του Υπουργείου Εσωτερικών, αποτελεί σημαντικό βήμα για την παράκαμψη συνωστισμού στα Κτηματολογικά γραφεία καθώς ανοίγουν οι πόρτες για πρόσβαση από το σπίτι ή το γραφείο του καθενός.

Το θεσμικό πλαίσιο του Κτηματολογίου με κανόνες και αρχές που αναφέρθηκαν παραπάνω, συμβάλλει στην τεκμηρίωση της αποδεικτικότητας των καταγεγραμμένων εμπράγματων δικαιωμάτων. Οι τίτλοι ιδιοκτησίας κατοχυρώνονται οριστικά και η ακίνητη περιουσία του κάθε πολίτη είναι εξασφαλισμένη. Επιπλέον, οι διαδικασίες απαλλοτριώσεων και αποζημιώσεων πραγματοποιούνται με άμεσο και ασφαλή τρόπο. Αυτή η ανοιχτή και προσβάσιμη για κάθε πολίτη, πλήρη πληροφοριακή βάση για το περιβάλλον και τα ακίνητα αποτελεί σημαντικό εργαλείο στα χέρια της κοινωνίας.

Οφέλη για το κράτος

Το Κτηματολόγιο χαρακτηρίζεται ως απαραίτητο στοιχείο για να οργανωθεί κάθε χώρα. Η δημόσια περιουσία είναι διασφαλισμένη και οριοθετημένη. Με τον νέο νόμο, Ν.4164/2013, υποχρεώνεται το δημόσιο να υποβάλει δηλώσεις με αποτέλεσμα να καταγράφεται η δημόσια περιουσία με σκοπό την προστασία και την αξιοποίησή της. Ένας άλλος τομέας που καλύπτει το Κτηματολόγιο είναι το περιβάλλον. Ο Ν.4164/2013 προωθεί στο μέγιστο βαθμό την επιτάχυνση της ανάθεσης και της ολοκλήρωσης μελετών και υπηρεσιών, όπως η σύνταξη δασικών χαρτών. Αποτρέπονται έτσι, οι καταπατήσεις και αυθαιρεσίες σε δάση και αιγιαλούς με την ακριβή οριοθέτησή τους.

Τέλος, οφέλη που δημιουργεί ένα ολοκληρωμένο Κτηματολόγιο είναι η πρόσθεση αξιοπιστίας στην διαδικασία της αγοράς ακινήτων και η έμμεση βελτίωση της οικονομίας. Αναλυτικότερα, αναβαθμίζει την αγορά ακινήτων και αυξάνει την αξία της ακίνητης ιδιοκτησίας και με αυτό τον τρόπο προσελκύονται σημαντικότερες επενδύσεις. Ο ενδιαφερόμενος έχει τη δυνατότητα να ανατρέξει στο Κτηματολόγιο για να ελέγξει τα στοιχεία και τις πληροφορίες που περιγράφουν το εκάστοτε υποψήφιο ακίνητο (π.χ. υποθήκη, πτώχευση). Αυτή η αναλυτική και ακριβής εικόνα περί του

ακινήτου διευκολύνει την κάθε διαδικασία μεταβίβασης. Έτσι, οι αγορές ακινήτων γίνονται πιο αξιόπιστες και εύκολα προσβάσιμες για τον απλό και όχι μόνο πολίτη.

1.7 Παραδείγματα προβλημάτων κτηματογραφίσεων

Όπως προαναφέρθηκε παραπάνω, το Κτηματολόγιο συνιστά ένα πολύ χρήσιμο και αναγκαίο εργαλείο για την σωστή λειτουργία και ανάπτυξη μιας χώρας με άμεσα οφέλη για τον πολίτη. Είναι όμως αναγκαία η επισήμανση στοιχείων που αποτελούν ανασταλτικούς παράγοντες τόσο στη σύνταξη του Κτηματολογίου όσο και στη μετέπειτα λειτουργία του.

Το Κτηματολόγιο με μοναδιαίο στοιχείο αναφοράς το γεωτεμάχιο, αναπαριστά χωρική πληροφορία σε δύο διαστάσεις. Στην Ελλάδα, η οποία διακρίνεται για το έντονο ανάγλυφό της, αναπτύσσεται δόμηση του χώρου πάνω και κάτω από την ΦΓΕ(Φυσική Γήινη Επιφάνεια), με αποτέλεσμα να προκύπτουν επικαλυπτόμενα δικαιώματα τα οποία δεν μπορούν να περιγραφούν και να διαχειριστούν κατάλληλα σε στις δύο διαστάσεις. Συμπερασματικά, η απουσία πληρότητας και διαχείρισης 3D πληροφορίας σε περιπτώσεις που αυτό κρίνεται αναγκαίο αποτελεί τροχοπέδη ανάπτυξης.

Η σύνταξη του Κτηματολογίου στην Ελλάδα βασίζεται σε μια σύγχρονη πληροφοριακή βάση (Ε. Δημοπούλου, 2016), εντός της οποίας καταχωρούνται πληροφορίες σχετικές με τα ακίνητα. Το Σύστημα Πληροφορικής Εθνικού Κτηματολογίου (Σ.Π.Ε.Κ.) είναι ένα σύγχρονο σύστημα του Ελληνικού Δημοσίου που έχει επιταχύνει και βελτιώσει τις κτηματογραφίσεις. Οι πολίτες όμως δεν είναι καλά ενημερωμένοι για το θεσμό του Κτηματολογίου, με αποτέλεσμα να προκύπτουν προβλήματα στη ροή των εργασιών.

Επίσης, οι πρώτες κτηματογραφίσεις όπως αναφέρθηκε στην 1.4. ενότητα, είχαν χωρική διασπορά με στόχο την απόκτηση εμπειρίας σε διαφορετικές καταστάσεις, γεγονός το οποίο οδήγησε στη δημιουργία πολλών κτηματολογικών γραφείων. Συμπερασματικά, τα πολλά γραφεία σε συνδυασμό με τη περιορισμένη εμπειρία συνετέλεσαν στη σπατάλη χρήματος και χρόνου προκειμένου να επιτευχθεί η διόρθωση των επερχόμενων λαθών.

Ακολουθούν μερικά παραδείγματα ειδικότερων προβλημάτων που προκύπτουν κατά την λειτουργία του Κτηματολογίου :

✓ Αποκλίσεις στο Εμβαδόν

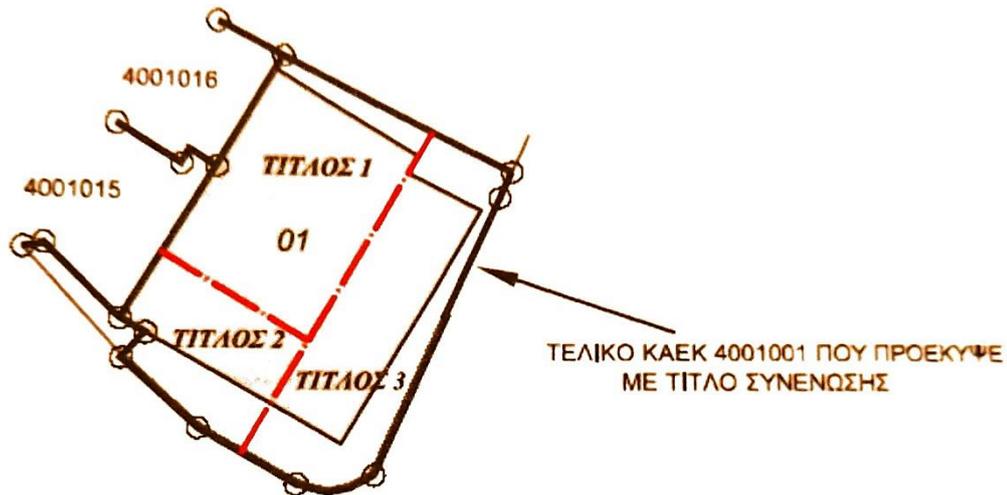
Πρόκειται για διαφορές στο εμβαδόν μεταξύ του καταμετρημένου εμβαδού από το Κτηματολόγιο και αυτού που έχει δηλωθεί. Οι διαφορές πρέπει να βρίσκονται εντός ορίων που προδιαγράφονται από το εκάστοτε νόμο

✓ *Ακίνητα 'Αγνώστου Ιδιοκτήτη' ή 'Ανετόπιστα'*

Πρόκειται για ακίνητα που για οποιοδήποτε λόγο δεν δηλώθηκαν κατά τη διαδικασία της κτηματογράφησης και εγγράφονται στην κτηματολογική βάση με την ένδειξη 'Αγνώστου Ιδιοκτήτη'. Πρόσφατα ανακοινώθηκε (Ιούλιος του 2015) ο κίνδυνος δήμευσης για 200.000 ακίνητα 'Αγνώστου Ιδιοκτήτη' σε περιοχές που είχαν ενταχθεί στο παλιό πρόγραμμα κτηματογράφησης της περιόδου 1997-1999.

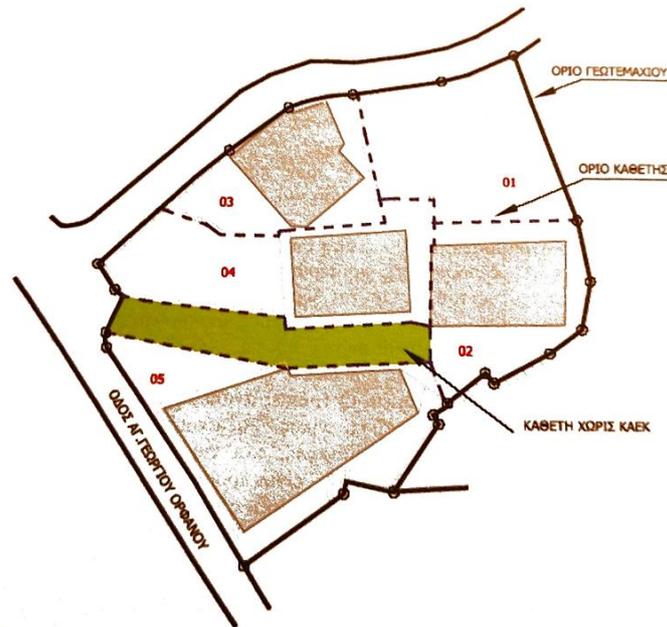
✓ *Φυσική συνένωση γεωτεμαχίων*

Τα όμορα γεωτεμάχια που έχουν αγοραστεί από τον ίδιο άτομο έχουν διαφορετικό ΚΑΕΚ. Στην περίπτωση όμως που ανεγερθεί οικοδομή και γεωτεμάχια συνενωθούν φυσικά, τότε πρέπει να χαρακτηριστεί από ένα ενιαίο ΚΑΕΚ.



Εικόνα 1.3 : Παράδειγμα φυσικής συνένωσης γεωτεμαχίων. (Κ. Δαραλιώτη 2006)

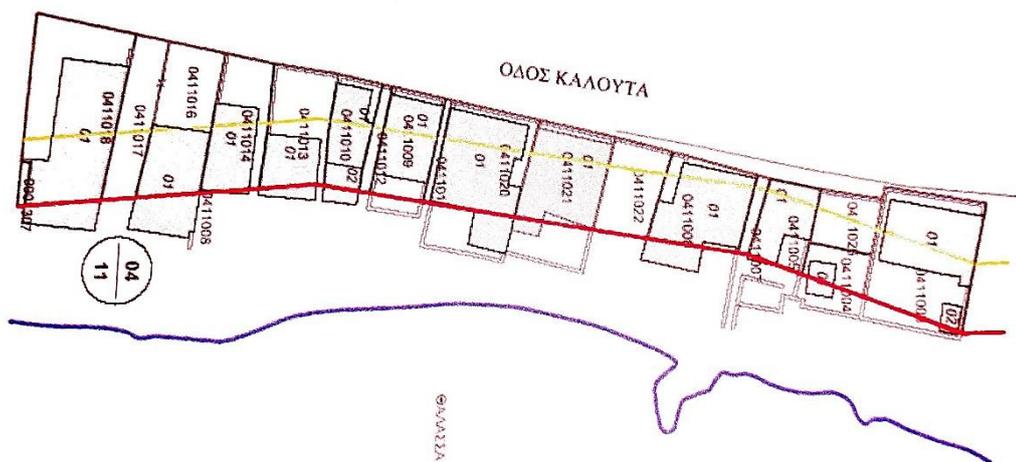
✓ *ΚΑΕΚ τμημάτων 'Κοινόχρηστων Χώρων' σε γεωτεμάχια με κάθετες ιδιοκτησίες*
Η σύσταση καθέτων ιδιοκτησιών δημιουργεί τμήματα που αποτελούν κοινόχρηστους χώρους και δεν πρέπει να έχουν ούτε ΚΑΕΚ κάθετης ιδιοκτησίας ούτε χλιοστά.



Εικόνα 1.4 : Παράδειγμα κοινόχρηστου τμήματος μεταξύ κάθετων ιδιοκτησιών οικοπέδου χωρίς Κ.Α.Ε.Κ. (Κ. Δαραλιώτη 2006)

✓ *Οριοθέτηση γραμμών αιγιαλού-παραλίας*

Η οριοθέτηση των γραμμών αιγιαλού-παραλίας πρέπει να γίνει με τους ίδιους κανόνες για όλη την επικράτεια, συμπεριλαμβανομένων και των περιοχών που έχει οριοθετηθεί η γραμμή αιγιαλού χωρίς εξάρτηση από το κρατικό γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς. Στην παρακάτω εικόνα, η γραμμή του αιγιαλού (κόκκινη) και παραλίας (κίτρινη) τέμνουν τα γεωτεμάχια και τα κτήρια της παραλιακής ζώνης.



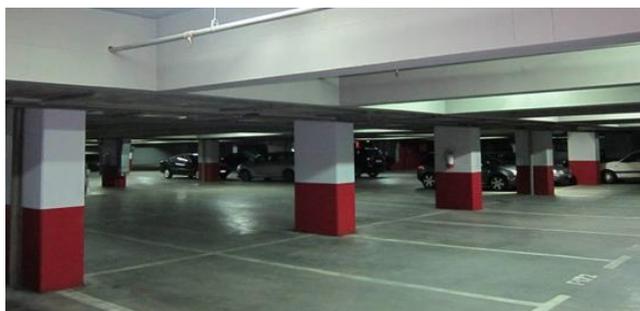
Εικόνα 1.5 : Παράδειγμα οριοθέτησης γραμμών αιγιαλού – παραλίας. (Κ. Δαραλιώτη 2006)

2. 3D ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

Τα τελευταία χρόνια, η μεγάλη αύξηση του πληθυσμού και η συγκέντρωσή του στα αστικά κέντρα, είχε ως φυσικό επακόλουθο τη έντονη δόμηση πολύ-επίπεδων κατασκευών σε ύψος αλλά και σε βάθος. Η εξέλιξη αυτή με την σειρά της οδηγεί μια πολυεπίπεδη κατανομή ιδιοκτησιακών και άλλων εμπράγματων δικαιωμάτων από διαφορετικούς δικαιούχους. Τα υπάρχοντα κτηματολογικά συστήματα δείχνουν να αδυνατούν να επεξεργαστούν τις πολυεπίπεδες πληροφορίες καθώς βασίζονται στις δύο διαστάσεις απεικόνισης. (B.Atazadeh 2016) Η δισδιάστατη απεικόνιση αδυνατεί να αποδώσει την ακριβή γεωμετρία του δομημένου χώρου, όπου συνυπάρχουν και αλληλεπικαλύπτονται δικαιώματα και χρήσεις.

Ένα δισδιάστατο (2D) Κτηματολόγιο με μοναδιαίο επίπεδο αναφοράς το γεωτεμάχιο, δε μπορεί να αντιμετωπίσει επιτυχώς τις περιπτώσεις πολλαπλής και σύνθετης διαχείρισης του χώρου. Επομένως, δημιουργείται αυτόματα η αναγκαιότητα ορισμού και σύλληψης μιας νέας φόρμας κτηματολογικής καταγραφής, που να διαχωρίζει τα δικαιώματα ανά επίπεδο, με κλειδί την τρίτη διάσταση του χώρου. (Π. Ζεντέλης, 2011)

Η ανάπτυξη των σύγχρονων πόλεων σε πολυπλοκότητα και των δικτύων αλλά και της δόμησης αποτελεί πρόκληση για τα υπάρχοντα συστήματα διαχείρισης γης δύο διαστάσεων. Η διεθνής κοινότητα προκειμένου να αντιμετωπίσει αυτές τις προκλήσεις έχει επενδύσει στην έρευνα της τρισδιάστατης διαχείρισης γης και ιδιοκτησιακής πληροφορίας σε πολυεπίπεδες καταστάσεις. (Rajabifard κ.α. 2012)



Εικόνες 2.1 και 2.2 : Χαρακτηριστικές περιπτώσεις που χρήζουν 3D απεικόνισης

2.1 Βασικές έννοιες και ορισμοί

Απαραίτητο στοιχείο για την ανάπτυξη των 3D Κτηματολογίων είναι η αποσαφήνιση βασικών εννοιών και ορισμών, ώστε να υπάρχει ένα κοινό λεξιλόγιο επικοινωνίας μεταξύ των ατόμων, φορέων και οργανισμών που σχετίζονται με τα θέματα διοίκησης και διαχείρισης γης.

- 3D Κτηματολόγιο ορίζεται ένα σύστημα το οποίο δίνει πληροφορίες και επεκτείνεται σε χρήσεις που στοχεύουν στην αξιοποίηση του υπόγειου και υπέργειου χώρου ενός γεωτεμαχίου, δηλαδή στη βέλτιστη αξιοποίηση του χώρου. Ένα τέτοιο σύστημα μπορεί να λειτουργήσει μόνο εάν εναρμονιστεί πλήρως με το υφιστάμενο νομικό καθεστώς κτηματογράφησης που ισχύει σε κάθε χώρα ή με ένα νέο νομικό πλαίσιο που θα διαμορφωθεί ειδικά για να υποστηρίξει μια τέτοια ανανεωτική προσπάθεια (Π. Ζεντέλης, 2011).
- Το 3D Κτηματολόγιο είναι ένα σύστημα πληροφοριών γης που καταγράφει και απεικονίζει τα δικαιώματα και τους περιορισμούς πάνω στα ακίνητα με βάση το μοναδιαίο τρισδιάστατο χώρο όπου ασκούνται. Το 3D Κτηματολόγιο καλείται να αντιμετωπίσει τις σύνθετες δομές του ανθρωπογενούς κυρίως περιβάλλοντος, με την καταγραφή και την προστασία των ασκούμενων εμπράγματων δικαιωμάτων και περιορισμών. Ένα τέτοιο σύστημα, καταγράφει και απεικονίζει τη φυσική και νομική πραγματικότητα, ακόμα και για τις μη συμβατικές περιπτώσεις του δομημένου περιβάλλοντος, συνιστώντας έτσι ένα εργαλείο ανάπτυξης για τη βέλτιστη αξιοποίηση του χώρου, σε εναρμόνιση με τους τεχνικούς, θεσμικούς και νομικούς κανόνες και τις διατάξεις που ισχύουν σε κάθε χώρα ή περιοχή εφαρμογής του (Ε. Δημοπούλου, 2015).
- Οι βασικοί όροι που ενυπάρχουν στην έννοια του 3D κτηματολογίου είναι η 3D ιδιοκτησιακή μονάδα και το 3D αντικείμενο (Stoter, 2001). Το 3D κτηματολόγιο είναι ένα κτηματολογικό σύστημα, το οποίο καταγράφει και δίνει την εικόνα των δικαιωμάτων και των περιορισμών όχι μόνο στις δύο διαστάσεις, αλλά σε τρισδιάστατες ιδιοκτησιακές μονάδες. Μία τρισδιάστατη μονάδα ιδιοκτησίας, ή αλλιώς 3D ιδιοκτησία, είναι ουσιαστικά η οριοθετημένη ποσότητα του χώρου μέσα στο οποίο το άτομο έχει εμπράγματα δικαιώματα. Οι 3D περιπτώσεις αναφέρονται επίσης ως διαστρωματωμένα ακίνητα (stratified properties).

2.2 Μοντελοποίηση

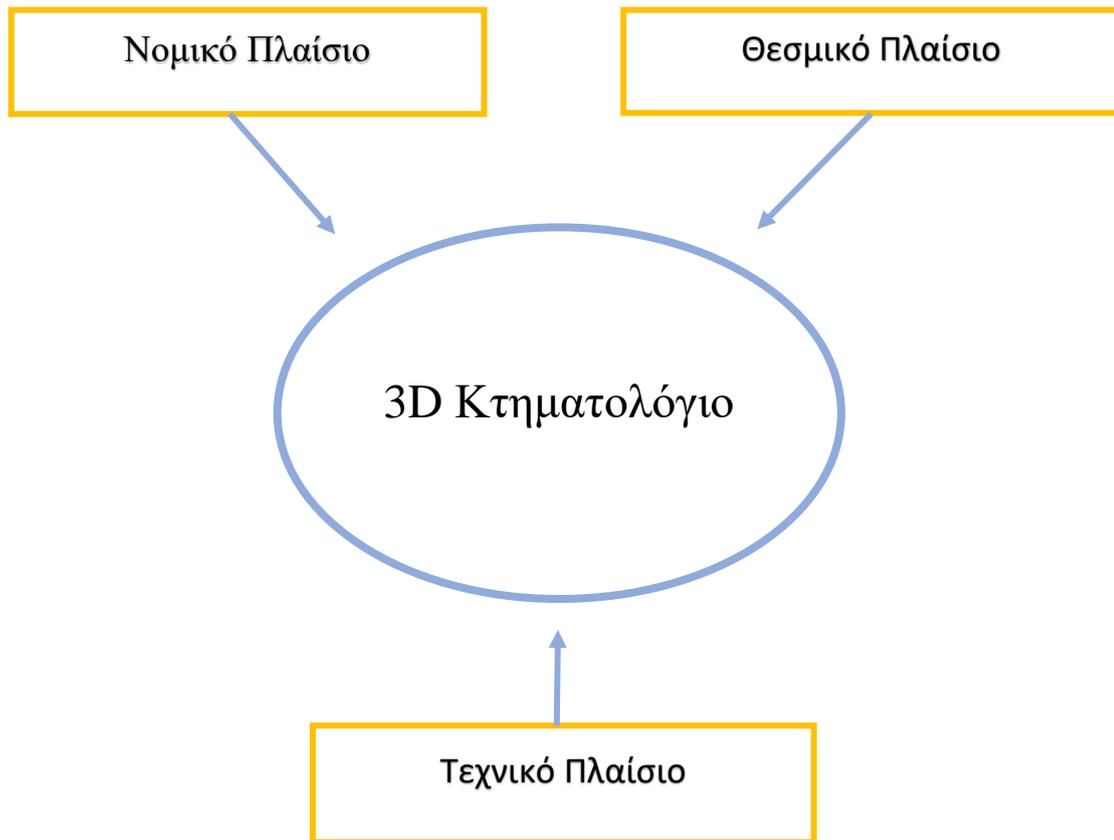
Η καταγραφή, αποθήκευση, επεξεργασία και διάθεση της κτηματολογικής πληροφορίας μπορεί να γίνει με τη χρήση διαφόρων μοντέλων, που βασίζονται σε συγκεκριμένα πρότυπα ή καθορίζονται από ομάδες εμπλεκόμενων διαχειριστών ή και χρηστών κάθε συστήματος. Βασικό ερώτημα στο θέμα της μοντελοποίησης των 3D Κτηματολογίων είναι το ποιες χωρικές πληροφορίες θα χρησιμοποιηθούν για την καταγραφή του τρισδιάστατου χώρου (π.χ. ύψος, συντεταγμένες), σε συνδυασμό με τα αναμενόμενα οφέλη από τη χρήση του συστήματος σε διάφορες εφαρμογές από αντίστοιχους χρήστες (όπως είναι οι δήμοι, πολεοδομικές υπηρεσίες, συμβολαιογράφοι, μεσίτες, φορείς αναπτυξιακών πρωτοβουλιών και πολιτικής γης).

Η συνεργασία μεταξύ των αρχείων των δεδομένων της φυσικής (εδαφοτεμάχια, κτήρια, κλπ.) και της νομικής (σχετικά ασκούμενα δικαιώματα) πραγματικότητας ενός 3D Κτηματολογίου, διευκολύνεται σημαντικά όταν σε μια χώρα λειτουργεί σύστημα Εθνικής Υποδομής Γεωχωρικών Πληροφοριών (ΕΥΓΕΠ), διεθνώς οριζόμενο ως Υποδομή Χωρικών Δεδομένων (Spatial Data Infrastructure, SDI) ή Υποδομή Χωρικών Πληροφοριών (Spatial Information Infrastructure, SII), που υποστηρίζει την άμεση πρόσβαση στα αρχεία των δεδομένων και διευκολύνει το σαφέστερο εντοπισμό της θέσης των νομικών αντικειμένων με βάση τα φυσικά σημεία αναφοράς τους, με χρήση λογισμικού που εκτελεί διεργασίες πάνω στα γεωδεδομένα και τα μεταδεδομένα τους (Ε. Δημοπούλου 2015).

2.3 Νομικό, θεσμικό και τεχνικό πλαίσιο ανάπτυξης 3D Κτηματολογίων

Η έρευνα γύρω από τα 3D Κτηματολογικά συστήματα βασίζεται σε κάποια βασικά πλαίσια που καθορίζουν τους περιορισμούς και τις δυνατότητες των 3D κτηματολογικών εγγραφών. Αυτά τα πλαίσια συνδέονται μεταξύ τους σε μια ιεραρχική σειρά. Σύμφωνα με τον Ali Aien, (2011), κάθε 3D μηχανή πρέπει να θεωρηθεί σε τρία πλαίσια:

- Νομικό (Legal), υποστηρίζει την εγγραφή των τρισδιάστατων ιδιοκτησιών.
- Θεσμικό (Institutional), εγκαθιστά σχέσεις μεταξύ των εμπλεκόμενων μερών.
- Τεχνικό (Technical), παρέχει πλατφόρμες για την απεικόνιση του τρισδιάστατου Κτηματολογίου.



Διάγραμμα 2.1 : Πλαίσια 3D Κτηματολογίου
 Πηγή : Ali Aien, 2011

2.4 Εννοιολογικά Μοντέλα

Για την ανάπτυξη ενός τρισδιάστατου κτηματολογίου υπάρχουν τρία εννοιολογικά σχήματα, καθένα από τα οποία μπορεί να έχει διαφορετικές παραλλαγές. Συγκεκριμένα, τα εννοιολογικά μοντέλα ανάπτυξης ενός 3D κτηματολογίου είναι τα εξής (Stoter, 2004).

- Πλήρες τρισδιάστατο κτηματολόγιο
- Υβριδική μορφή τρισδιάστατου κτηματολογίου
- Δισδιάστατο κτηματολόγιο με τρισδιάστατες εξωτερικές αναφορές

2.4.1 Πλήρες τρισδιάστατο Κτηματολόγιο

Ένα πλήρες τρισδιάστατο Κτηματολόγιο εισάγει πλήρως την έννοια των ιδιοκτησιακών δικαιωμάτων στον τρισδιάστατο χώρο. Σε αυτή την περίπτωση η βασική μονάδα αναφοράς και καταγραφής είναι το τρισδιάστατο τεμάχιο (3D parcel) και καταργείται η έννοια του γεωτεμαχίου (2D parcel) που αποτελεί τη βάση του

παραδοσιακού δισδιάστατου Κτηματολογίου. Ο τρισδιάστατος χώρος κατανέμεται σε ογκομετρικά τεμάχια χωρίς επικαλύψεις ή κενά που αντιστοιχούν πλέον σε ιδιοκτησίες και όλα τα εμπράγματα δικαιώματα αναφέρονται στον τρισδιάστατο χώρο. Για την ύπαρξη του πλήρους τρισδιάστατου Κτηματολογίου απαιτείται η ύπαρξη πληροφορίας τριών διαστάσεων και η συλλογή της όπου δεν υπάρχει. Ταυτόχρονα, απαιτείται η αλλαγή της δομής της Βάσης Δεδομένων ώστε να υποστηρίζονται 3D δεδομένα. Γενικά, η ύπαρξη ενός πλήρους τρισδιάστατου Κτηματολογίου αποτελεί δαπανηρή, πολύπλοκη και χρονοβόρα διαδικασία (Ζεντέλης, 2011).

Υπάρχουν δύο εναλλακτικές για την δημιουργία ενός πλήρους τρισδιάστατου Κτηματολογίου.

Η πρώτη περίπτωση αναφέρεται στην μετατροπή των υπαρχόντων δισδιάστατων γεωτεμαχίων σε τρισδιάστατα. Η λύση αυτή αποτελεί συχνά μεταβατικό στάδιο για τις χώρες στις οποίες το νομικό πλαίσιο έχει ενσωματώσει πλήρως την περίπτωση του τρισδιάστατου κτηματολογίου.

Η δεύτερη περίπτωση αναφέρεται σε προκαθορισμένους όγκους ιδιοκτησιών, με σαφή όρια και για τις τρεις διαστάσεις και ορίζονται εμπράγματα δικαιώματα για αυτά (Σπύρου-Σιούλα, 2011).

2.4.2 Υβριδική μορφή τρισδιάστατου Κτηματολογίου

Σε αυτή την περίπτωση διατηρείται το δισδιάστατο Κτηματολόγιο και ενσωματώνονται καταγραφές τρισδιάστατων περιπτώσεων σαν μέρος των δισδιάστατων κτηματολογικών γεωγραφικών δεδομένων. Κατά συνέπεια, διατηρείται το νομικό πλαίσιο που αναφέρεται στις δισδιάστατες ιδιοκτησίες και ταυτόχρονα καταγράφεται η τρισδιάστατη πληροφορία των κτηματολογικών αντικειμένων. Αποτελεί ένα σύστημα που είναι ευκολότερο στην εφαρμογή του, μιας και δεν απαιτεί την αλλαγή του νομικού πλαισίου. Γίνεται μόνον μια επέκταση της βάσης δεδομένων στην γεωμετρική περιγραφή των ιδιοκτησιών με την προσθήκη της τρίτης διάστασης.

Και σε αυτή την περίπτωση υπάρχουν δυο εναλλακτικές περιπτώσεις για την εφαρμογή της υβριδικής μορφής του τρισδιάστατου κτηματολογίου. Η πρώτη περίπτωση αναφέρεται στην τρισδιάστατη αναπαράσταση των δικαιωμάτων των δικαιούχων και αποτελεί έναν εύκολο τρόπο κατανόησης των δικαιωμάτων που έχουν οι δικαιούχοι στις ιδιοκτησίες τους. Σημειώνεται ότι η τρισδιάστατη αναπαράσταση των δικαιωμάτων με όγκους διαφέρει από την περίπτωση των δικαιωμάτων που αναφέρονται στον τρισδιάστατο χώρο στην περίπτωση του πλήρους τρισδιάστατου Κτηματολογίου.

Η βασική διαφορά έγκειται στο γεγονός ότι στην υβριδική μορφή δεν συντελείται αλλαγή του νομικού πλαισίου, πραγματοποιείται μόνο μια τρισδιάστατη αναπαράσταση των δικαιωμάτων που αναφέρονται στο δισδιάστατο επίπεδο, για λόγους κυρίως οπτικοποίησης και ενημέρωσης των δικαιούχων για τους χώρους που βρίσκονται πιθανώς πάνω και κάτω από τις ιδιοκτησίες τους. Μοναδική περίπτωση κατά την οποία ταυτίζονται τα δικαιώματα με την τρισδιάστατη αναπαράσταση είναι τα διαμερίσματα.

Η λύση αυτή μειονεκτεί στο γεγονός ότι οι όγκοι των δικαιωμάτων οριοθετούνται από το ανώτερο και κατώτερο όριο στο οποίο ισχύει το δικαίωμα. Έτσι λοιπόν, στις χώρες που αυτό δεν προσδιορίζεται στα συμβολαιογραφικά έγγραφα, η αναπαράσταση γίνεται προσεγγιστικά.

Η δεύτερη περίπτωση του υβριδικού τρισδιάστατου Κτηματολογίου αναφέρεται στην τρισδιάστατη αναπαράσταση των ιδιοκτησιών και απαιτεί την συλλογή και καταγραφή πρόσθετων πληροφοριών, ώστε οι ιδιοκτησίες να προσδιορίζονται στον τρισδιάστατο χώρο. Πραγματοποιείται αλλαγή στη βάση δεδομένων ή στα κτηματολογικά διαγράμματα και παρά το γεγονός ότι γίνεται τρισδιάστατη αναπαράσταση των ιδιοκτησιών, βασική μονάδα του συστήματος παραμένει το γεωτεμάχιο. Οι τοπολογικές σχέσεις αναφέρονται στο δισδιάστατο επίπεδο και τα χωρικά ερωτήματα μπορούν αν γίνουν είτε στον δισδιάστατο είτε στον τρισδιάστατο χώρο, ανάλογα με τον τρόπο αναπαράστασης των τρισδιάστατων αντικειμένων.

Το πλεονέκτημα αυτής της περίπτωσης είναι ότι στο υπάρχον δισδιάστατο σύστημα ενσωματώνονται οι υφιστάμενες εγγραφές με τις τρισδιάστατες αναπαραστάσεις τους. (Σπύρου-Σιούλα, 2011)

2.4.3 Δισδιάστατο Κτηματολόγιο με τρισδιάστατες εξωτερικές συνδέσεις

Αυτό το σχήμα προβλέπει την διατήρηση του δισδιάστατου Κτηματολογίου και παράλληλα πραγματοποιείται σύνδεση με εξωτερικές ψηφιακές ή αναλογικές αναπαραστάσεις της τρισδιάστατης κατάστασης.

Η βασική διαφορά αυτού του σχήματος σε σχέση με την υβριδική μορφή του Κτηματολογίου, είναι ότι σε αυτή την περίπτωση η τρισδιάστατη αναπαράσταση διατηρείται ξεχωριστά και δεν είναι ενσωματωμένη στο σύνολο των κτηματολογικών δεδομένων (Stoter, 2004). Αποτελεί την πιο απλή και λιγότερο παρεμβατική λύση για την ανάπτυξη ενός τρισδιάστατου μοντέλου Κτηματολογίου, συγκριτικά με τις υπόλοιπες εναλλακτικές και πολλές χώρες έχουν εφαρμόσει μέχρι σήμερα αυτή την λύση.

Ένα βασικό μειονέκτημα είναι ότι αφού η τρισδιάστατη αναπαράσταση δεν είναι ενσωματωμένη στις δισδιάστατες κτηματολογικές εγγραφές, δεν υπάρχει η δυνατότητα ταυτόχρονης παρακολούθησης και ελέγχου μεταξύ των διαφορετικών τρισδιάστατων

ιδιοκτησιών. Επιπλέον, δεν δίνεται η δυνατότητα πραγματοποίησης χωρικών ερωτημάτων σε τρισδιάστατο επίπεδο αφού η απαραίτητη πληροφορία δεν συνδέεται με την περιγραφική πληροφορία της βάσης δεδομένων (Σπύρου-Σιούλα, 2011).

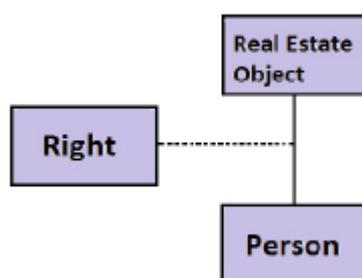
2.5 Οι φάσεις της μοντελοποίησης

Για την αποτελεσματική κατανόηση του Ελληνικού Κτηματολογίου, απαιτείται ανάλυση των δύο φάσεων της μοντελοποίησης δεδομένων, συγκεκριμένα του εννοιολογικού και λογικού σχεδιασμού του μοντέλου.

2.5.1 Κτηματολογικό Μοντέλο

Εννοιολογικό μοντέλο

Το εννοιολογικό μοντέλο δεδομένων του έργου Ελληνικό Κτηματολόγιο σχεδιάστηκε χρησιμοποιώντας το διάγραμμα Οντοτήτων - Συσχετίσεων (*Entity - Relationship, ER*), όπως φαίνεται στο 2.1 Διάγραμμα. Το μοντέλο αυτό οργανώνεται αναφορικά με το γεωτεμάχιο και περιλαμβάνει οντότητες (*entities*), συσχετίσεις (*relationships*) και ιδιότητες (*attributes*) των οντοτήτων αλλά και των συσχετίσεων. Το διάγραμμα ER απεικονίζεται σε ένα σχεσιακό σχήμα Βάσης Δεδομένων. Οι σχέσεις μεταξύ των οντοτήτων στην ελληνική κτηματολογική βάση περιγράφονται με κείμενο και εφαρμόζονται στη βάση δεδομένων.



Διάγραμμα 2.2: Μοντέλο κτηματολογικών δεδομένων (Ε. Δημοπούλου, 2011)

Λογικό μοντέλο

Κατά τη διάρκεια του λογικού σχεδιασμού, το εννοιολογικό μοντέλο μεταφέρεται στο λογικό μοντέλο ειδικότερα σε ένα μοντέλο δεδομένων συγκεκριμένου τύπου συστήματος διαχείρισης βάσης δεδομένων. Το Ελληνικό Κτηματολόγιο χρησιμοποιεί

σχεσιακό σύστημα διαχείρισης βάσης δεδομένων *Oracle 10g*. Επομένως, το λογικό μοντέλο είναι σχεσιακό αναφορικά με την βάση δεδομένων παρόλο που περιλαμβάνει επιπρόσθετες αντικειμενοστραφείς εφαρμογές.

2.5.2 Κτηματολογική Βάση δεδομένων

Στην κτηματολογική βάση τα δεδομένα οργανώνονται σε λογικά τμήματα:

- Ψηφιακή χωρική βάση: γεωτεμάχια, κτήρια, ορυχεία, δουλείες, όρια διοικητικών διαιρέσεων, πλατφόρμες (true-ορθοφωτογραφίες, ψηφιακά μοντέλα επιφάνειας, τοπογραφικά σχέδια).
- Ψηφιακή περιγραφική βάση: εγγεγραμμένα δικαιώματα και τίτλοι, δικαιούχοι, δραστηριότητες, αιτήσεις.

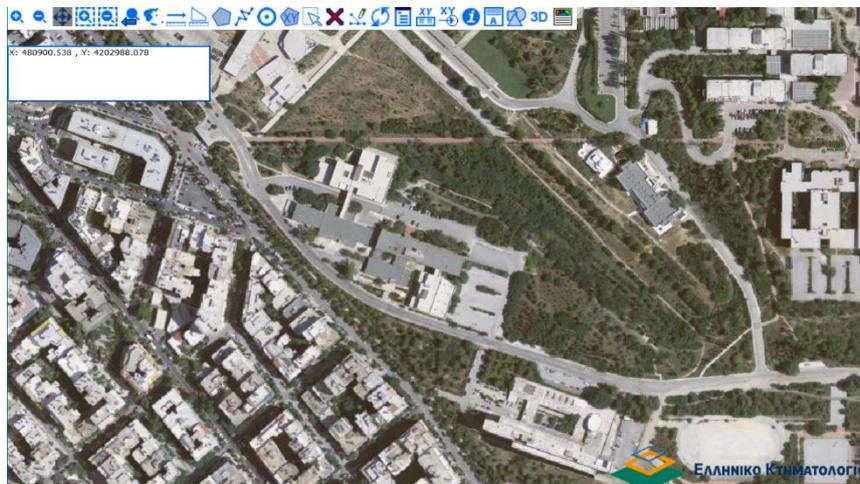
Τα χωρικά δεδομένα αποθηκεύονται στη βάση δεδομένων και απεικονίζονται με τον εξυπηρετητή *ArcGIS* της *ESRI*, *API (Application Programming Interface)* ή *WMS (Web Map Service)*, καθώς επίσης και με περιηγητές *javascript*. Επιπρόσθετα, εφαρμογές για χρήστες *CAD* είναι διαθέσιμες. Η περιγραφική πληροφορία διατηρείται στη βάση *Oracle 10g* και οπτικοποιείται αξιοποιώντας τεχνολογίες *Microsoft*.

Η Κτηματολόγιο έχει αναπτύξει τη δική της πλατφόρμα (KTGIS) χρησιμοποιώντας τεχνολογία *NET* και *C++*. Η σύνδεση της πλατφόρμας με το κεντρικό σύστημα γινόταν μέσω *'custom made web services'* βασισμένη στον *ArcGIS Server* για την αναζήτηση, γεωκωδικοποίηση, εισαγωγή και επεξεργασία δεδομένων. Για τον πολίτη το Ελληνικό Κτηματολόγιο παρέχει υπηρεσίες θέασης Ορθοφωτογραφιών, αναρτήσεις δασικών χαρτών και Κτηματογραφήσεων. Για τους επαγγελματίες παρέχει διαβαθμισμένη υπηρεσία θέασης, υπηρεσίες *WMS* και προγραμματιστικές διεπαφές *API*. Οι υπηρεσίες *WMS* συνιστούν ανοιχτό πρότυπο για την διαμεταγωγή χωρικών δεδομένων μέσω του διαδικτύου.



Εικόνα 2.1 : Υπηρεσία WMS

Πηγή : Ε.Κ.Χ.Α. Α.Ε.



Εικόνα 2.2 : Υπηρεσία API

Πηγή : Ε.Κ.Χ.Α. Α.Ε.



Εικόνα 2.4 : (Π. Ζεντέλης)

- Με την ύπαρξη κοινόχρηστων χώρων υπέρ ή επί ή υπό των επί της Φ.Γ.Ε. ιδιόκτητων γεωτεμαχίων.



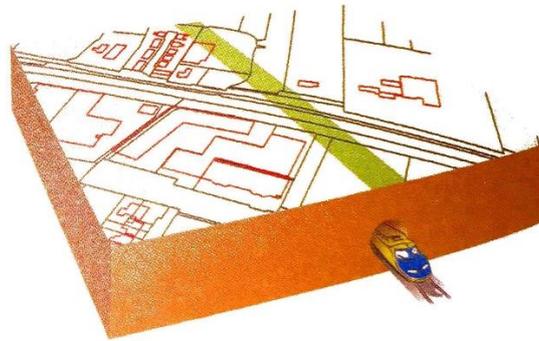
Εικόνα 2.5 : (Π. Ζεντέλης)



Εικόνα 2.6 και 2.7 : Κοινόχρηστες διαδρομές με υπερκείμενους ιδιόκτητους χώρους σε παλαιούς οικισμούς. (Πηγή : pinterest.com)



Εικόνα 2.8 : Στοά αστικής περιοχής επικείμενη ιδιόκτητων γεωτεμαχίων. (Πηγή : lifo.gr)



Εικόνα 2.9 : Γραμμή μετρό υποκείμενη ιδιόκτητων γεωτεμαχίων. (Πηγή : Stoter J., Van Oosterom P., 2006)

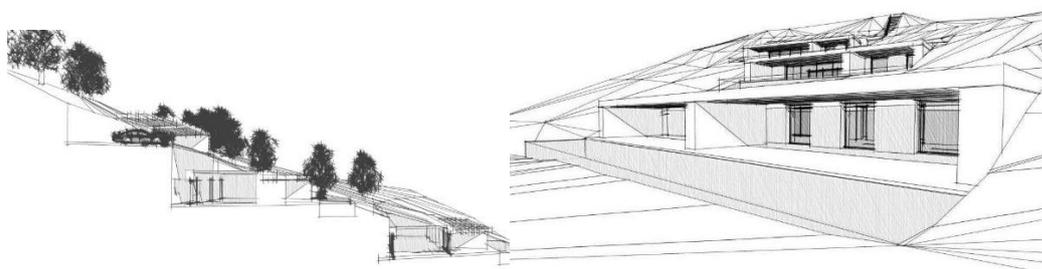


Εικόνα 2.10 : Ιδιόκτητοι χώροι αυτοτελούς λειτουργίας υποκείμενα γέφυρας οδικού άξονα. (Πηγή : travelstories.gt)

2.6.2 Επικάλυψη καθ' ύψος ιδιοκτητων ακινήτων

Από την ανάπτυξη παλαιών πόλεων, παραδοσιακών οικισμών και οικισμών του νησιωτικού χώρου προκύπτει, σε ορισμένες περιοχές συστηματική επικάλυψη καθ' ύψος γεωτεμαχίων ή των ακινήτων γενικότερα. Η σύνθετη αυτή ανάπτυξη του χώρου παρατηρείται στην πράξη κυρίως με τους κάτωθι τρόπους:

- Με την ύπαρξη αυτοτελών ιδιοκτητων γεωτεμαχίων ή ακινήτων γενικότερα επικαλυπτόμενων καθ' ύψος.
- Με την ύπαρξη κτισμάτων αυτοτελών ιδιοκτητων ακινήτων, η προβολή των οποίων δεν συμπίπτει εν όλω ή εν μέρει με το αντίστοιχο σ' αυτά γεωτεμάχιο.



Εικόνα 2.11 και 2.12 : Υπόσκαφες ιδιοκτησίες. (Πηγή : Δ. Σακελλαρίου)



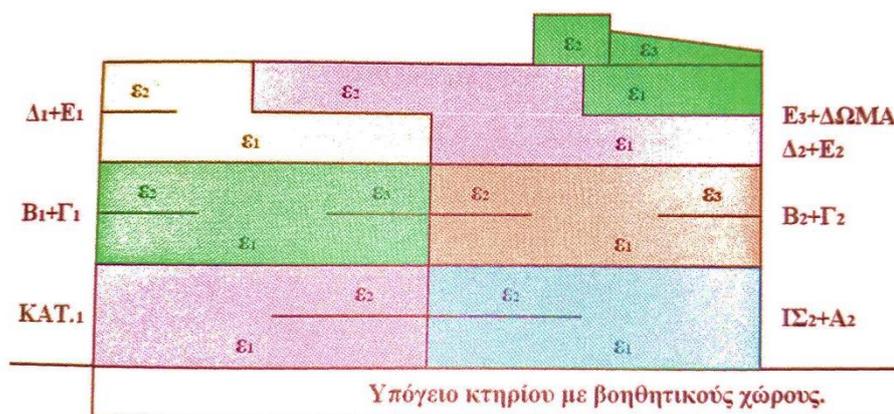
Εικόνα 2.13 : Επικαλυπτόμενα ακίνητα στην Σαντορίνη.

2.6.3 Μη συμβατική ανάπτυξη ακινήτων εντός γεωτεμαχίου

Με τον όρο μη συμβατική ανάπτυξη εννοούμε :

- Αρνητικά το ακίνητο, που δεν μπορεί να περιγραφεί μόνο από την κάτοψη (2D) και τον όγκο αυτού, ο οποίος προκύπτει από ένα σταθερό ύψος του ακινήτου.
- Θετικά το ακίνητο, που απαιτείται να περιγραφεί κατ' όγκο ή σε τρεις διαστάσεις (3D), λόγω του μεταβαλλόμενου ύψους του ακινήτου σε διάφορα τμήματα αυτού ή σε κάθε σημείο αυτού.

Στην παρακάτω εικόνα φαίνονται χαρακτηριστικές περιπτώσεις ακινήτων για τα οποία απαιτείται τρισδιάστατη περιγραφή. Τα ακίνητα αυτά αποτελούν ειδικές περιπτώσεις διαμερισμάτων τα οποία εκτείνονται σε δύο ορόφους, σε στέγες, σε πατάρια κ.τ.λ.



Εικόνα 2.14 : Χαρακτηριστικές περιπτώσεις μη συμβατικής ανάπτυξης ακινήτων εντός γεωτεμαχίου για τα οποία απαιτείται 3D περιγραφή (Ε. Δημοπούλου, Π. Ζεντέλης)

- Το κατάστημα ΚΑΤ.1 μπορεί να έχει νομική επιφάνεια ϵ_1 και πραγματική νόμιμη επιφάνεια $\epsilon_2 = \epsilon_1/2$, αν έχει δομηθεί προ του 1985. Δυνατότητα μη σύννομης επέκτασης.
- Το ΚΑΤ.1 μπορεί να έχει νομική επιφάνεια $\epsilon_1 + \epsilon_2$ και επιφάνεια εκ της κάτοψης του ισογείου ϵ_1 , αν έχει δομηθεί προ του 1985. Δυνατότητα μη σύννομης επέκτασης.
- Η κατοικία ΙΣ2+Α2, με ενιαία λειτουργία, έχει νομική και πραγματική επιφάνεια $\epsilon_1 + \epsilon_2$. Δυνατότητα μη σύννομης επέκτασης.
- Η κατοικία Β1+Γ1, με ενιαία λειτουργία, έχει νομική και πραγματική επιφάνεια $\epsilon_1 + \epsilon_2$, όταν η ϵ_3 αντιστοιχεί σε μη βατό εσωτερικό πρόβολο, Δυνατότητα μη σύννομης χρήσης του μη βατού χώρου και μη σύννομης επέκτασης.

- Η κατοικία $B_2+\Gamma_2$, με ενιαία λειτουργία, έχει νομική επιφάνεια $\varepsilon_1+\varepsilon_2+\varepsilon_3$. Δυνατότητα μη σύννομης επέκτασης.
- Η κατοικία Δ_1+E_1 , με ενιαία λειτουργία, έχει νομική και πραγματική επιφάνεια $\varepsilon_1+\varepsilon_2$. Δυνατότητα με σύννομης επέκτασης.
- Η κατοικία Δ_2+E_2 , με ενιαία λειτουργία, έχει την επιφάνεια ε_2 , που δεν υπέρκειται της ε_1 και έχει νομική και πραγματική επιφάνεια $\varepsilon_1+\varepsilon_2$. Δυνατότητα μη σύννομης επέκτασης.
- Η κατοικία $E_3+\Delta\Omega MA$, με ενιαία λειτουργία, έχει νομική και πραγματική επιφάνεια $\varepsilon_2+\varepsilon_3$, όπου η ε_3 αντιστοιχεί στο χώρο της μη βατής στέγης.

2.7 3D καταγραφές σε διεθνές επίπεδο

Το Κτηματολόγιο αναγνωρίζεται διεθνώς, ως ο πυρήνας των συστημάτων διαχείρισης γης. Ο κτηματολογικός χάρτης θα πρέπει να μπορεί να αντιπροσωπεύει πλήρεις και ολοκληρωμένες χωρικές πληροφορίες για την απεικόνιση των δικαιωμάτων γης, περιορισμούς και ευθύνες (RRRs) στα αγροτεμάχια (Kaufmann and Steudler, 1998).

Ωστόσο, μέχρι σήμερα οι περισσότερες χώρες σε όλο τον κόσμο χρησιμοποιούν 2D αγροτεμάχια ως βάση για τα συστήματα διαχείρισης της γης τους (Ho et al, 2015). Έτσι, η 2D προβολική παρουσίαση των RRR σε αγροτεμάχια δεν μπορεί να αντιμετωπίσει πολύπλοκη επικαλυπτόμενη πραγματική ιδιότητα, οπότε πρέπει να επεκταθεί σε τρισδιάστατο (3D) χώρο και ιδιότητες. Αυτό γίνεται όλο και πιο έντονο με την αυξανόμενη ανάπτυξη αστικών περιοχών με πολύπλοκες κατασκευές, πολυώροφα κτίρια και υπόγειες υποδομές.

Τα δικαιώματα των κτηματολογικών αντικειμένων μπορεί να σχετίζονται με χώρους πάνω ή κάτω από την επιφάνεια της Γης (Stoter et al, 2011). Οι πιο σύνθετες σχέσεις στο χώρο δεν μπορούν πλέον να χαρτογραφηθούν χωρίς αμφιβολία στην επιφάνεια της Γης σε 2D. Η εκτεταμένη χρήση της γης, ειδικά στα κέντρα των πόλεων, έχει οδηγήσει σε πυκνή δόμηση με αλληλένδετες σχέσεις.

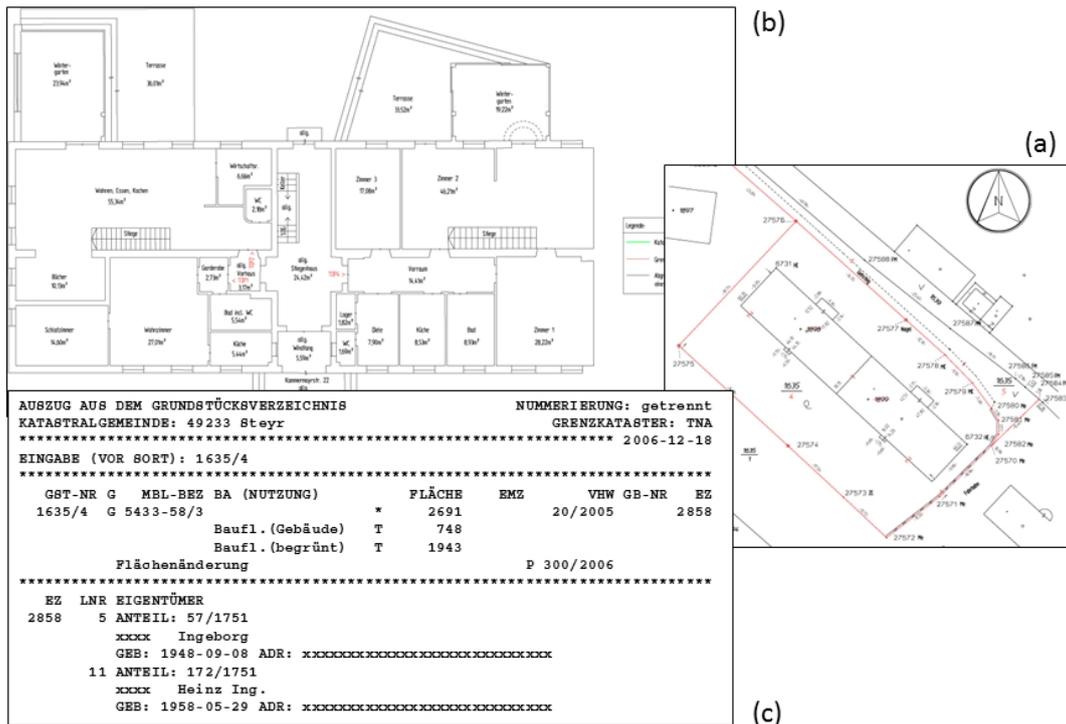
Γενικά, η καταχώρηση των δικαιωμάτων είναι δυνατή σε τμήματα του κτιρίου. Ωστόσο, η χωρική αναπαράσταση της επέκτασης των δικαιωμάτων συχνά δεν υπάρχει ή είναι πιθανώς διαστρωματωμένη σε δισδιάστατη αναπαράσταση. Επιπλέον, ένας αυξανόμενος αριθμός σηράγγων, υπόγειων έργων και αντικειμένων υποδομής (π.χ. νερό, φυσικό αέριο, ηλεκτρικό ρεύμα, τηλέφωνο, διαδίκτυο και άλλα δίκτυα) υπό ή πάνω από την γη δεν ανήκουν στον ιδιοκτήτη της γης πάνω ή κάτω (Roϊć, 2012). Η έννοια της τρισδιάστατης (3D) ακίνητης περιουσίας αποτέλεσε αντικείμενο αυξημένων συμφερόντων στη διαχείριση της χρήσης γης και την έρευνα κατά την τελευταία δεκαετία, ενώ ήταν επίκεντρο για περισσότερο από μιάμιση δεκαετία, μαζί με τη συζήτηση σχετικά με τον τρόπο εξασφάλισης δικαιώματα στο διάστημα.

Εξετάστηκαν ζητήματα όπως η καταχώρηση των ιδιοκτησιών στα στρώματα (δηλαδή σε layers). Το ερώτημα, ποιο "είδος 3D ιδιοκτησίας" εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το νομικό σύστημα και το πολιτισμικό υπόβαθρο (FIG, 2002). Έκτοτε, τα προβλήματα εύρεσης ορισμών έχουν αντιμετωπιστεί π.χ. Paulsson (2007) και Sherry (2009). Ο Paulsson (2007) καταλήγει στο συμπέρασμα ότι δεν φαίνεται να υπάρχει ένας απλός ορισμός στην έννοια της 3D ιδιοκτησίας. Υπάρχουν αρκετές χώρες που ήδη υλοποιούν Κτηματολόγια 3D. Ωστόσο, στις περισσότερες περιπτώσεις οι νομικές πτυχές της 3D πραγματικής περιουσίας και η ενσωμάτωσή της σε 3D κτηματολογικά συστήματα δεν έχουν εξεταστεί τόσο αυστηρά (βλ. Π.χ. Paulsson και Paasch, 2013). Παρακάτω, παρουσιάζονται παραδείγματα αντιμετώπισης της έννοιας της 3D ιδιοκτησίας σε διάφορες χώρες, και σε διάφορα στάδια της διαδικασίας καταγραφής.

2.7.1 Αυστρία

Το 2007 τέθηκε το ζήτημα, εάν η Αυστρία χρειάζεται ένα 3D κτηματολόγιο ή όχι, (Navratil and Hackl, 2007). Το Αυστριακό κτηματολογικό σύστημα δείχνει ότι είναι δυνατή η καταχώριση δικαιωμάτων σε τμήματα ενός αγροτεμαχίου. Ένα δικαίωμα διέλευσης, για παράδειγμα, μπορεί να περιοριστεί σε μια συγκεκριμένη διαδρομή. Ωστόσο, ο χωρικός περιορισμός μπορεί να οριστεί μόνο στο 2D. Αρκετοί τύποι πραγματικών αντικειμένων τριών διαστάσεων καταχωρούνται στο αυστριακό κτηματολόγιο: σήραγγες, παραδοσιακά κελάρια. Οι σήραγγες δεν εμφανίζονται στους κτηματολογικούς χάρτες αλλά μπορούν να καταχωρηθούν ως περιορισμοί. Τα κελάρια κρασιού συνδέονται με ένα μικρό κτίριο και στη συνέχεια ξεκινά μια σήραγγα όπου βρίσκονται τα βαρέλια. Ο κτηματολογικός χάρτης δείχνει το μικρό κτίριο και μια διακεκομμένη οριακή γραμμή όπου ξεκινά η σήραγγα. Η πραγματική γεωμετρία, το μήκος και το βάθος της σήραγγας είναι στοιχεία άγνωστα.

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται η επεξήγηση της διανομής δικαιωμάτων σε μια πολυκατοικία. Κάθε ιδιοκτήτης ενός διαμερίσματος είναι συνιδιοκτήτης της γης, έχει δικαίωμα αποκλειστικής χρήσης του διαμερίσματός του, έγγραφο (Εικόνα 2.15 c). Το μερίδιο καθορίζεται από το μέγεθος του διαμερίσματός του σε σχέση με τη συνολική έκταση όλων των διαμερισμάτων του αγροτεμαχίου. Ένα έγγραφο (Εικόνα 2.15 b), το "*Parifizierungsplan*", καταχωρημένο στο κτηματολόγιο, περιγράφει τη γεωμετρία ολόκληρης της κατασκευής και παρουσιάζει όλα τα διαμερίσματα και ορίζει την αξία για κάθε διαμέρισμα. Ο κτηματολογικός χάρτης (Εικόνα 2.15 a), ωστόσο, δεν δείχνει ούτε τη δομή του διαμερίσματος ούτε το είδος χρήσης. Δεδομένου ότι το "*Parifizierungsplan*" περιέχει όλα τα δάπεδα του κτιρίου, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως σημείο εκκίνησης για μια 3D απεικόνιση.

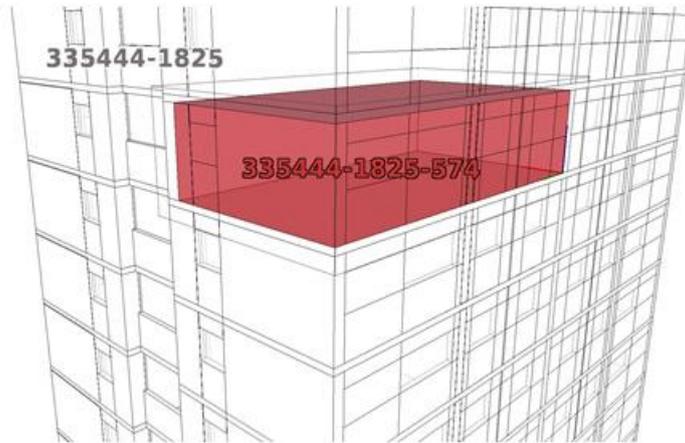


Εικόνα 2.15 : Απεικόνιση πολυκατοικίας στην Αυστρία

Πηγή : (Vermessungsbüro DI Mayrhofer)

2.7.2 Κροατία

Οι 3D περιγραφές των χαρακτηριστικών γης είναι επί του παρόντος μη ανεπτυγμένες στην Κροατία. Συγκεκριμένα τμήματα ακινήτων καταχωρούνται σε 2D διαγράμματα με ένδειξη του δαπέδου όπου βρίσκονται σαν μια επέκταση του 2D σε 2.5D (Εικόνα 2.16). Αυτή η προσέγγιση επιτρέπει προσωρινά την καταχώρηση των δικαιωμάτων σε στρώματα, αλλά δεν υποστηρίζει αλλαγές. Ως εκ τούτου, είναι απαραίτητο να αναπτυχθεί η συνιστώσα της χωρικής αναπαράστασης στην καταχώρηση των τρισδιάστατων αντικειμένων. Η καλύτερη λύση θα ήταν η προσθήκη τρισδιάστατων δεδομένων σε κτηματολογικά σχέδια (Vučić et al, 2011). Αυτό θα διευκόλυνε την καταγραφή και την καλύτερη περιγραφή συγκεκριμένων αντικειμένων, όπως γέφυρες, σήραγγες, οδογέφυρες, υπόγειες διαβάσεις, υπόγειες κατασκευές κλπ. Στόχος του νέου νόμου περί *Ακίνητης Περιουσίας και η Κρατική Έρευνας* που εκπονείται είναι η θέσπιση του νομικού πλαισίου για την δημιουργία ενός 3D Κτηματολογίου στη Δημοκρατία της Κροατίας.



Εικόνα 2.16 : Αναπαράσταση διαμερίσματος στο Κτηματολόγιο της Κροατίας.

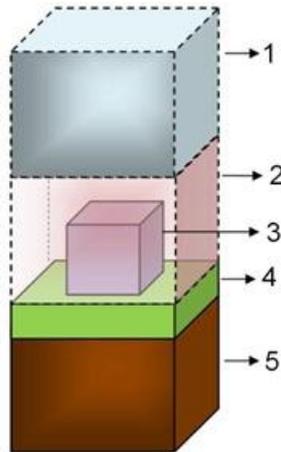
Πηγή : 5^ο διεθνές συνέδριο 3D Κτηματολογίου

2.7.3 Πολωνία

Στην Πολωνία, το κτηματολογικό σύστημα χρησιμοποιεί 2D αγροτεμάχια για την καταχώριση δικαιωμάτων στη γη. Σύμφωνα με τον κτηματολογικό νόμο στο πολωνικό κτηματολογικό σύστημα υπάρχουν καταχωρημένα τρία είδη κτηματολογικών αντικειμένων: *αγροτεμάχια, κτίρια και διαμερίσματα*. Η ιδιοκτησία διαμερισμάτων στην Πολωνία είναι ένα είδος 3D εγγραφής. Παρόλο που τα διαμερίσματα διαθέτουν χαρακτηριστικά 3D, η καταχώριση εξακολουθεί να βασίζεται σε 2D αγροτεμάχια.

Το μοντέλο σε 3D δεν έχει υλοποιηθεί. Όπως ανέφερε ο **Karabin** (2011), τα διαμερίσματα, επισημαίνονται στις προβολές των κατάλληλων ορόφων κτιρίων. σε περίπτωση που τα βοηθητικά δωμάτια βρίσκονται έξω από ένα κτίριο κατοικίας, επισημαίνονται επίσης σε ένα αντίγραφο του κτηματολογικού χάρτη. Τα προαναφερθέντα έγγραφα αποτελούν παράρτημα μιας πράξης που καθιερώνει χωριστή ιδιοκτησία διαμερίσματος. Τα έγγραφα αυτά αποθηκεύονται σε βιβλίο γης και σε κτηματολόγιο σε αναλογική μορφή.

Δεν υπάρχει 3D κτηματολόγιο στην Πολωνία. Μόνο ορισμένες προτάσεις από ακαδημαϊκά κέντρα υπάρχουν. Σύνθετο μοντέλο για την Πολωνία εκπονήθηκε από τον Karabin (2013, 2014), ο οποίος πρότεινε νέα κτηματολογικά αντικείμενα, δηλαδή 2D και 3D, ως αποτέλεσμα της προτεινόμενης καταχώρισης των ελάχιστων (Z^-) και μέγιστων (Z^+) επιπέδων, τα οποία καθορίζουν την κατακόρυφη επέκταση της ιδιοκτησίας σε ένα μετρικό σύστημα. Επιτρέπει την εφαρμογή μιας προσέγγισης "στρώματος" στα δικαιώματα και τους περιορισμούς του κτηματολογίου (Εικόνα 2.17).



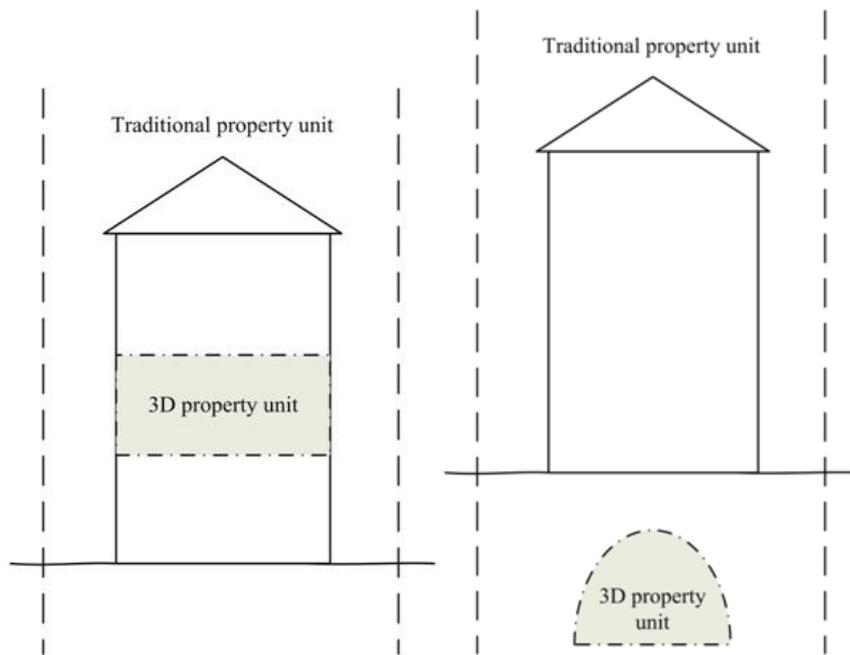
Εικόνα 2.17 : Δικαιώματα και περιορισμοί κατά στρώματα (layers) ως εναλλακτική λύση για την επίτευξη ενός 3D Κτηματολογίου (Ε. Δημοπούλου, 2012).

2.7.4 Σουηδία

Η έννοια της ιδιοκτησίας 3D εισήχθη στη Σουηδική νομοθεσία το 2004 και επεκτάθηκε το 2009 με την προσθήκη ιδιοκτησίας σε πολυκατοικία (διαμέρισμα). Είναι, ωστόσο, ένα νέο μέσο διαχείρισης της γης. Έχει αυξηθεί το ενδιαφέρον για τρισδιάστατα διαμερίσματα ιδιοκτησίας τα επόμενα χρόνια, αν και η ζήτηση δεν κατάφερε να ανταποκριθεί στις προσδοκίες πριν από την εφαρμογή της νομοθεσίας 3D ιδιοκτησίας και της ιδιοκτησίας (El-Mekawy et al, 2014).

Η ιδιότητα 3D ορίζεται ως μια ιδιότητα ιδιοκτησίας, η οποία οριοθετείται στο σύνολό της τόσο οριζόντια όσο και κατακόρυφα (*Σουηδικός Κώδικας Γης, Κεφάλαιο 1, Τμήμα 1α*). Μπορεί να χωρίσει και να περιέχει διαφορετικές λειτουργίες όπως μονάδες που αποτελούνται από αρκετά διαμερίσματα ή γραφεία, εμπορικές εγκαταστάσεις κλπ. Συχνά επίσης αποτελείται από αντικείμενα υποδομής, π.χ. σηράγγων ή άλλων μεγάλων υπόγειων εγκαταστάσεων. Η 3D ιδιοκτησία πρέπει να σχετίζεται με (ολόκληρη ή μέρος της) δομημένη κατασκευή ή άλλη φυσική εγκατάσταση (Εικόνα 2.18).

Μια σουηδική ιδιότητα 3D μπορεί να εκτείνεται κάτω από ή πάνω από ένα ή περισσότερα αγροτεμάχια. Επομένως δεν δεσμεύεται να βρίσκεται εντός των ορίων μιας ιδιότητας 2D. Τα διαμερίσματα δημιουργούνται αποκλειστικά για οικιστικούς σκοπούς και ισχύουν ειδικοί όροι και περιορισμοί σχετικά με τη δημιουργία 3D ιδιοκτησίας (Paulsson, 2012).



Εικόνα 2.19 : Μια 3D καταγραφή πρέπει να σχετίζεται με μία κατασκευή ή φυσική εγκατάσταση, μπορεί όμως να βρίσκεται κάτω από ή πάνω από ένα ή περισσότερα αγροτεμάχια (Paulsson, 2012)

Χώρα	3D κτηματολογικά αντικείμενα (καταγεγραμμένα ή όχι)	3D κτηματολογικά αντικείμενα (καταγεγραμμένα)	Διαστάσεις παρουσίασης των 3D αντικειμένων στους κτηματολογικούς χάρτες	Διαστάσεις ορισμού του γεωτεμαχίου (2D/3D)
Αυστρία	Τούνελ, πολυκατοικίες, κελάρια	Τούνελ, πολυκατοικίες, κελάρια ⁽¹⁾	2D	2D
Κροατία	Διαμερίσματα, κτήρια γραφείων, κατασκευές κοινής ωφέλειας	Διαμερίσματα, κτήρια γραφείων	2.5D	2D
Πολωνία	Τούνελ, υπόγεια τούνελ, διαμερίσματα	Γεωτεμάχια, πολυκατοικίες	2D	2D

Σουηδία	Γραφεία, εμπορικοί χώροι, αντικείμενα υποδομής, π.χ. σήραγγες ή άλλες μεγάλες υπόγειες εγκαταστάσεις	Χωρίς περιορισμούς	2D ⁽³⁾	3D
---------	--	--------------------	-------------------	----

- (1) Δεν εμφανίζονται στους κτηματολογικούς χάρτες αλλά μπορούν να καταχωρηθούν ως περιορισμοί στο κτηματολόγιο
- (2) Χρησιμοποιείται ειδικό στρώμα για ορυχεία και SRPO
- (3) Ειδική συμβολοσειρά τρισδιάστατης ιδιοκτησίας

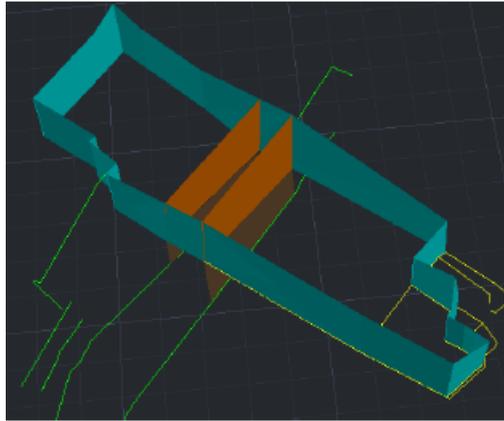
Πίνακας 2.1 : 3D αντικείμενα, παρουσίαση τους στους κτηματολογικούς χάρτες και διαστάσεις ορισμού του γεωτεμαχίου ανα χώρα.

Πηγή : 5^ο διεθνές συνέδριο 3D Κτηματολογίου

2.8 3D καταγραφές στην Ελλάδα

Στην Ελληνική νομοθεσία δεν υπάρχει ακόμα αντίστοιχο πλαίσιο για να υποστηρίξει τις τρισδιάστατες ιδιοκτησίες. Παρόλα αυτά, το άρθρο 1001 του Αστικού Κώδικα ορίζει ότι η κυριότητα πάνω σε ένα ακίνητο εκτείνεται στο χώρο πάνω και κάτω από το έδαφος, εφόσον δεν ορίζει κάτι διαφορετικό ο νόμος. Σημειώνει βέβαια ότι ο κύριος δεν μπορεί να απαγορεύσει ενέργεια που επιχειρείται σε τέτοιο ύψος ή βάθος ώστε να μην εξαρτά κανένα συμφέρον από την απαγόρευση. (Αστικός_Κώδικας)

Οι Δημοπούλου Ε. και Κιτσάκης Δ. έχουν εξετάσει την δημιουργία τρισδιάστατων μοντέλων σε διάφορες περιπτώσεις. Συγκεκριμένα, σε μια ειδική κατηγορία δικαιώματος, όπου η ακίνητη ιδιωτική περιουσία βρίσκεται πάνω από έναν δημόσιο δρόμο στο νησί της Σικίνου. Χρησιμοποιούνται περιγραφικά χαρακτηριστικά του ακινήτου από συμβολαιογραφική πράξη αποδοχής κληρονομίας, όπου περιγράφεται η επιφάνεια του οικοπέδου και ότι το οικόπεδο «είναι χωρισμένο από ένα δημοτικό δρόμο». Γίνεται επιπλέον χρήση τοπογραφικής αποτύπωσης και μιας ορθοφωτογραφίας μεγάλης κλίμακας. Αρχικά δημιουργείται το τρισδιάστατο μοντέλο του ακινήτου σε περιβάλλον *AutoCAD*. Σημειώνεται ότι σε πολλές περιπτώσεις απαιτείται εκτίμηση της τρίτης διάστασης με βάσει τα γειτονικά σημεία ή με προσαρμογή στο εκτιμώμενο ύψος, λόγω ελλιπούς αντίστοιχης πληροφορίας. Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται το αποτέλεσμα αυτής της εφαρμογής.



Εικόνα 2.18 : Στιγμιότυπο της 3D μοντελοποίησης σε «ειδικής κατηγορίας ακίνητο» στο νησί της **Σικίνου**.

Μια άλλη εφαρμογή έχει πραγματοποιηθεί σε μια πολυώροφη ιδιοκτησία με διαμερίσματα σε αστική περιοχή και συγκεκριμένα στην περιοχή του Χαλανδρίου. Χρησιμοποιούνται τα αρχιτεκτονικά σχέδια των ορόφων (κατόψεις, όψεις και τομές) από την αρμόδια υπηρεσία πολεοδομίας, καθώς και Ψηφιακές Ορθοφωτογραφίες πολύ μεγάλης ακρίβειας (VLSO) που παρέχονται από την ιστοσελίδα του Εθνικού Κτηματολογίου. Μετά την ψηφιοποίηση των σχεδίων σε περιβάλλον *AutoCAD*, αναπτύσσονται οι όγκοι των ακινήτων με εξώθηση σύμφωνα με τα ύψη. Κατόπιν, το μοντέλο τοποθετείται στους ορθοφωτοχάρτες και γεωαναφέρεται βάσει των συντεταγμένων των γωνιών των ορίων και του κτιρίου, ώστε να μετασχηματιστεί στο ΕΓΣΑ '87. Οι συντεταγμένες των γωνιών στο ΕΓΣΑ '87 εντοπίζονται από την ιστοσελίδα του Εθνικού Κτηματολογίου μέσα από τους ορθοφωτοχάρτες που προσφέρει. Η ίδια διαδικασία ακολουθείται για όλους τους ορόφους του κτιρίου.



Εικόνα 2.19 : Τρισδιάστατο μοντέλο πολυώροφης ιδιοκτησίας στο Χαλάνδρι (Ε. Δημοπούλου, Δ. Κιτσάκης, Ε. Ανδριανέση)

3. Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ «BUILDING INFORMATION MODEL»

Η τεχνολογία Building Information Modeling (BIM) αποτελεί μια από τις πιο υποσχόμενες αναπτύξεις στην βιομηχανία της αρχιτεκτονικής, των μηχανικών και των κατασκευών (Architecture, Engineering and Construction – AEC). Με τη χρήση της επιτυγχάνεται μια ακριβής εικονική πραγματικότητα του κτιρίου σε ψηφιακή μορφή. Απευθύνεται σε ποικίλους χρήστες και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εξάγει και να αναλύσει πληροφορίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για λήψη αποφάσεων και βελτίωση των διαδικασιών σε πολλά επίπεδα.

3.1 Ορισμός BIM

Έχουν αναπτυχθεί διάφοροι ορισμοί για τον όρο «BIM», χωρίς να έχει υιοθετηθεί κάποιος επίσημα. Ακολουθούν μερικοί χαρακτηριστικοί :

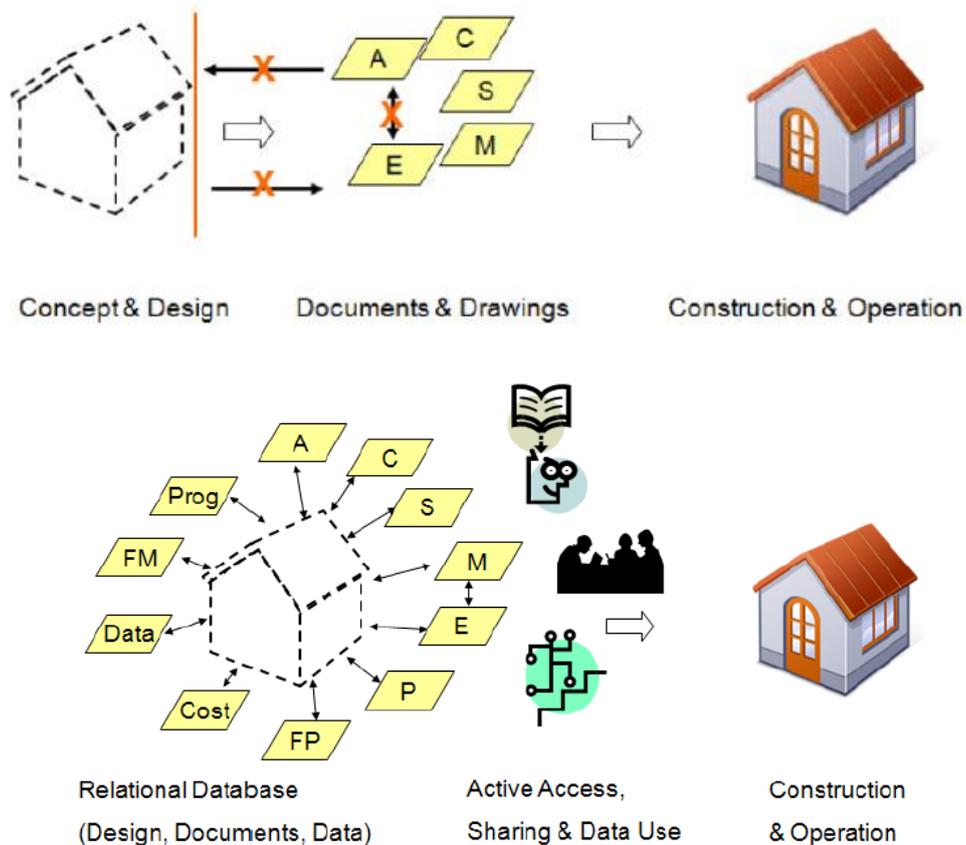
- ✓ BIM συνιστά μία από τις πιο υποσχόμενες εξελίξεις, επιτρέποντας τη δημιουργία ενός ή περισσότερων εικονικών ψηφιακά κατασκευασμένων μοντέλων με υψηλή ακρίβεια που υποστηρίζουν τον σχεδιασμό, κατασκευή και δραστηριότητες ανάκτησης δεδομένων, μέσω των οποίων το κτήριο μπορεί να γίνει αντιληπτό (Chuck Eastman, 2011).
- ✓ BIM συνιστά την ψηφιακή αναπαράσταση των ψηφιακών και λειτουργικών χαρακτηριστικών μίας εγκατάστασης, δημιουργώντας μία κοινή πηγή πληροφοριών σχετικά με αυτή και διαμορφώνοντας μία αξιόπιστη βάση για αποφάσεις που πρόκειται να ληφθούν κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής τους, από την αρχική ιδέα μέχρι την κατεδάφισή του (NBIMS, 2014).
- ✓ BIM αντιλαμβάνεται ως μοντέλο πληροφοριών για ένα κατασκευασμένο κτήριο, το οποίο αποτελεί μία από κοινού ψηφιακή αναπαράσταση των φυσικών και λειτουργικών χαρακτηριστικών οποιουδήποτε κατασκευασμένου αντικειμένου (περιλαμβάνονται κτήρια, γέφυρες, δρόμοι κ.τ.λ.) και διαμορφώνει μία αξιόπιστη βάση για ορθότερες λήψεις αποφάσεων (BSI, 2010).

3.2 Γενικά στοιχεία της τεχνολογίας BIM

Ο όρος Building Information Modeling (BIM) χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά από τον Αμερικάνο αρχιτέκτονα Phil Bernstein ενώ η κοινοποίησή του έγινε αργότερα από τον Jerry Laiserin. Σκοπός ήταν η διευκόλυνση της ανταλλαγής των πληροφοριών και της επίτευξης διαλειτουργικότητας σε ψηφιακή μορφή. Σύμφωνα με την Διεθνή

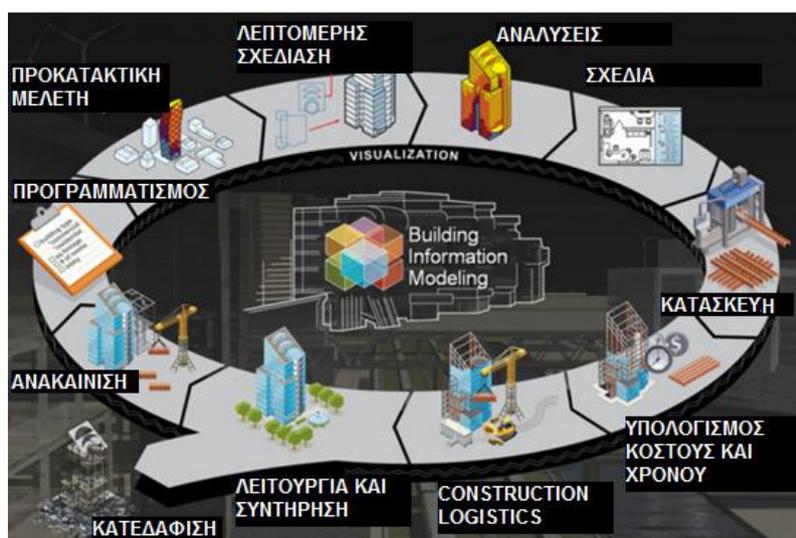
Επιτροπή Προτύπων BIM (National BIM Standards Committee – NBIMS), ένα Building Information Model (BIM) αποτελεί μια ψηφιακή αναπαράσταση των φυσικών και τεχνικών χαρακτηριστικών μιας υποδομής. Ως εκ τούτου λειτουργεί σαν μια κοινή πηγή γνώσης για πληροφορίες σχετικά με μια εγκατάσταση, δημιουργώντας εξ αρχής μια αξιόπιστη βάση για λήψη αποφάσεων κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής της. (National BIM Standard, 2015)

Ουσιαστικά, αποτελεί μια πρακτική και μια μεθοδολογία λειτουργιών που σκοπό έχουν την λήψη καλά πληροφορημένων αποφάσεων. Διαφέρει από ένα λογισμικό CAD αφού είναι πιο «έξυπνο». Συγκεκριμένα, ένα τρισδιάστατο CAD περιγράφει ένα κτίριο από ανεξάρτητες τρισδιάστατες προβολές όπως είναι τα σχέδια, οι τομές και οι όψεις. Αλλάζοντας μια από αυτές τις προβολές, απαιτείται η ανανέωση και των υπολοίπων προβολών, κάτι που αυξάνει την πιθανότητα λάθους. Επιπλέον, στα τρισδιάστατα σχέδια, όλα τα αντικείμενα είναι γραμμές, τόξα και κύκλοι, ενώ σε ένα μοντέλο BIM τα αντικείμενα είναι τοίχοι, δοκοί και υποστυλώματα. (Azhar et al, 2008) Παρακάτω μπορούμε να δούμε μια γραφική σύγκριση των παραδοσιακών τρισδιάστατων CAD και του BIM.



Εικόνες 3.1 και 3.2 - Πάνω: Παραδοσιακό τρισδιάστατο CAD, Κάτω: Προσέγγιση με το μοντέλο BIM (Azhar et al, 2008)

Το πεδίο εφαρμογής του BIM δεν περιορίζεται στο σχεδιασμό και τη μελέτη αλλά επεκτείνεται και σε άλλες εφαρμογές. Υποστηρίζει υπηρεσίες όπως είναι η διαχείριση κόστους (cost management) και έργου (project management), κατασκευαστικά θέματα και διαχείριση λειτουργιών (operations management). Το αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας είναι ένα πλήθος πληροφοριών αρμονικά συνυφασμένες με το δομημένο αποτέλεσμα οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για όποια μελλοντική χρήση. (Φαρμάκης, 2013)



Εικόνα 3.3 : Παρουσιάζονται συνοπτικά οι δυνατότητες ενός BIM στον κύκλο ζωής ενός έργου.

Πηγή: Γωνιανάκης (2014) και Sawhney (RICS, 2014)

Το κύριο πλεονέκτημα ενός BIM είναι η γεωμετρική ακρίβεια στην αναπαράσταση των διάφορων μερών του κτιρίου σε ένα προηγμένο περιβάλλον. Αποτελεί πιο γρήγορη και αποτελεσματική διαδικασία, αφού οι πληροφορίες μπορούν να διαδοθούν πιο γρήγορα και να επαναχρησιμοποιηθούν. Επιπλέον, δίνεται η δυνατότητα καλύτερης σχεδίασης, αλλαγών και πειραματισμών με σκοπό την επίτευξη του βέλτιστου αποτελέσματος και την αποφυγή αστοχιών. Αναφορικά με το κόστος, παρέχεται η δυνατότητα πλήρους ελέγχου και εκτίμησης του τελικού οικονομικού τιμήματος, ενώ παράλληλα τα προτεινόμενα μπορούν πιο εύκολα να γίνουν αντιληπτά από τον πελάτη μέσω της ακριβούς οπτικοποίησης.

Τέλος, μπορεί πιο εύκολα να προβλεφθούν οι επιπτώσεις στο περιβάλλον και να ληφθούν αντίστοιχα μέτρα ή να περιοριστούν. (Azhar et al, 2008)

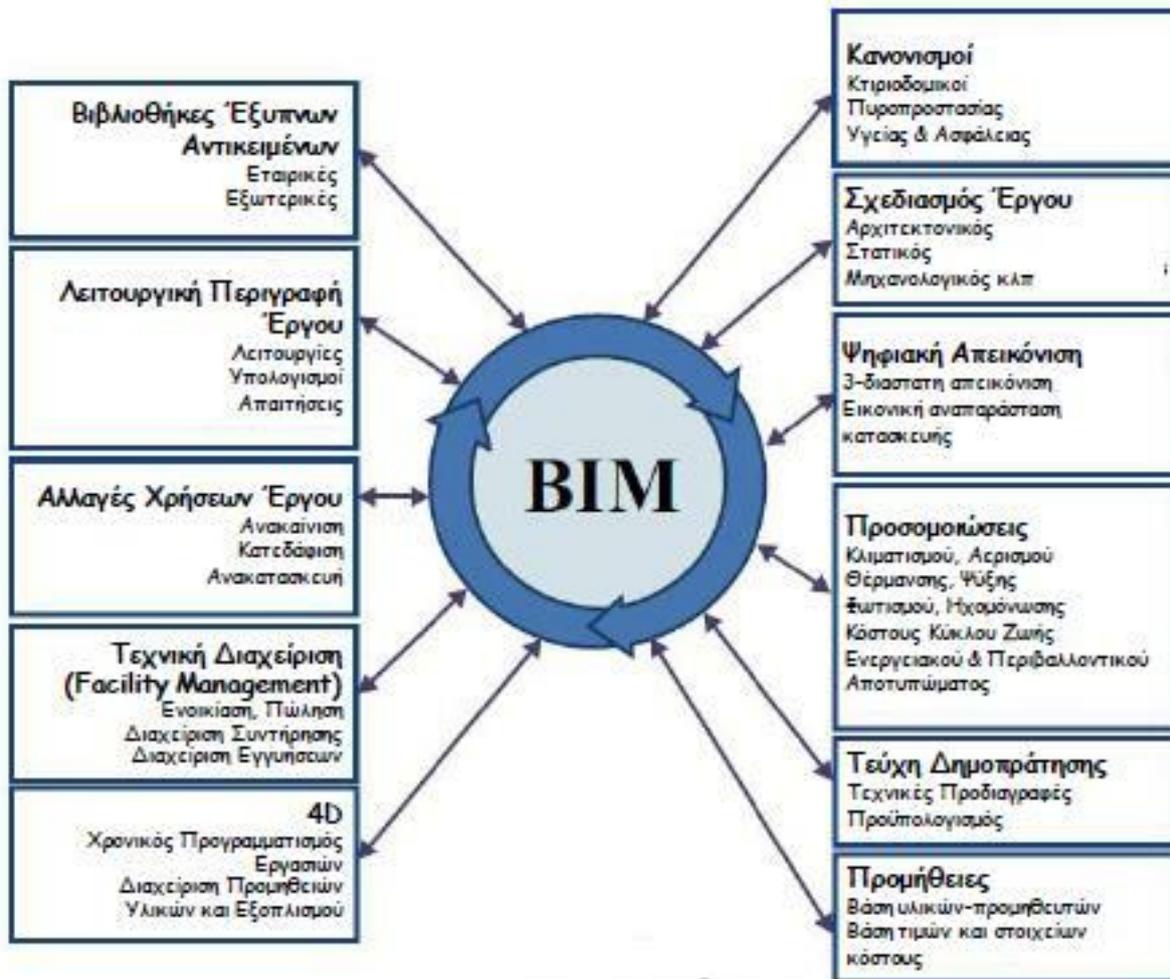
Σύμφωνα με το Πανεπιστήμιο Stanford, μέσα από έναν αριθμό εφαρμογών που έχουν γίνει με BIM, συμπεραίνονται τα εξής σχετικά με την αποδοτικότητα του BIM (Azhar et al, 2008):

- ✓ Μέχρι 40% μείωση των απρόβλεπτων αλλαγών που είναι εκτός προϋπολογισμού
- ✓ Ακρίβεια στην πρόβλεψη του κόστους μέχρι 3%
- ✓ Έως 80% μείωση του απαιτούμενου χρόνου για την δημιουργία μιας εκτίμησης κόστους
- ✓ Εξοικονόμηση έως και 7% του χρόνου του έργου

Από την άλλη, το BIM παρουσιάζει μειονεκτήματα. Ένα σημαντικό θέμα είναι αυτό των πνευματικών δικαιωμάτων, καθώς εμπλέκονται συνήθως πολλοί και διαφορετικοί χρήστες. Προκύπτει λοιπόν το ερώτημα σε ποιόν ανήκει το μοντέλο που αναπτύσσεται. Επιπλέον, λόγω ακριβώς της ενασχόλησης πολλών και διαφορετικών χρηστών, στην περίπτωση λάθους από κάποιον χρήστη, μπορεί να είναι δύσκολο να διορθωθεί. Τέλος, συχνά τα αρχεία BIM είναι αρκετά μεγάλα, μιας και διαθέτουν πολυεπίπεδη πληροφορία. Κατά συνέπεια, μπορεί να γίνουν δύσκολα διαχειρίσιμα. (Bregianni, 2013)

3.3 Διαστάσεις BIM

Η τεχνολογία BIM δεν συνιστά ούτε προϊόν ούτε κάποιο είδος λογισμικό. Πρόκειται για μία ολοκληρωμένη διαδικασία, βασισμένη σε συντονισμένη και αξιόπιστη πληροφόρηση για ένα έργο, σε όλο τον κύκλο ζωής του, από τα πιο πρώιμα στάδια της σχεδιαστικής σύλληψης έως την καθαίρεσή του. Το BIM εκτείνεται σε όλη την διάρκεια ζωής ενός κτηρίου κατά την οποία ο σχεδιαστής χρησιμοποιεί το BIM για την ανάπτυξη και ανάλυση του έργου, ο πελάτης για να αποκτήσει μία πλήρης εικόνα για τις ανάγκες και τις απαιτήσεις ενός έργου και ο εργολάβος για να διαχειρίζεται το κατασκευαστικό έργο. Τέλος, ο υπεύθυνος του έργου μπορεί να χρησιμοποιεί εργαλεία BIM για όλη τη διάρκεια λειτουργίας και αδρανοποίησής του. Από τα παραπάνω συνάγεται εύκολα το συμπέρασμα ότι το BIM αντιλαμβάνεται διαφορετικά από τον κάθε χρήστη εξαιτίας της διαφορετικής χρήσης που του αποδίδει. Στο διάγραμμα που φαίνεται παρακάτω περιγράφονται οι τομείς στους οποίους δραστηριοποιείται η τεχνολογία BIM.



Διάγραμμα 3.1 : Τομείς στους οποίους είναι δυνατή η χρήση της τεχνολογίας BIM (BSI 2010)

Σύμφωνα με την Sawhney (RICS, 2014), η μέθοδος BIM μπορεί να διερευνηθεί σε πολλές διαστάσεις που η καθεμία θέτει και μία διαφορετική οπτική του. Αναλύοντας όλες τις διαστάσεις τους είμαστε σε θέση να κατανοήσουμε την πλήρη έννοια αυτού.

- ✓ 3D BIM: Παραμετρικά δεδομένα σε ένα συλλογικό μοντέλο.
- ✓ 4D BIM: 3D BIM+ Χρόνος
- ✓ 5D BIM: 4D BIM +Εκτίμηση κόστους.
- ✓ 6D BIM: 5D BIM +Βιωσιμότητα.
- ✓ 7D BIM: 6D BIM +Διαχείριση κατασκευής

3.3.1 3D BIM

Το BIM περιστρέφεται γύρω από ένα ενσωματωμένο μοντέλο δεδομένων στο οποίο έχουν πρόσβαση διάφοροι ειδικοί όπως Αρχιτέκτονες, Πολιτικοί Μηχανικοί και Ηλεκτρολόγοι Μηχανικοί, οι οποίοι μπορούν να δημιουργούν και να εξάγουν πληροφορίες και σχέδια από αυτό σύμφωνα με τις ανάγκες τους. Επομένως, οι δυνατότητες του BIM σε τρεις διαστάσεις δεν δίνει μόνο τη δυνατότητα στους συμμετέχοντες να βλέπουν το κτήριο σε τρεις διαστάσεις αλλά ταυτόχρονα να επιδρούν σε αυτό, ενημερώνοντας τα δεδομένα σε όλη τη διάρκεια ζωής του έργου. Το 3D BIM ενισχύει το ομαδικό και συντονισμένο έργο, αποδίδοντας σε αυτό διαλειτουργικό χαρακτήρα.

3.3.2 4D BIM

Το BIM σε τέσσερις διαστάσεις συνδυάζει την γεωμετρία με τον χρόνο. Συγκεκριμένα, δίνονται οι εξής δυνατότητες:

1. Χρονικός προγραμματισμός (scheduling)
2. Ακολουθία δραστηριοτήτων (sequencing)
3. Επί τόπου έλεγχος της προόδου του έργου (on-site production control)
4. Ενσωμάτωση του υπολογισμού των ποσοτήτων (quantity takeoff), των ποσοτήτων στην κάθε θέση του έργου, των μέσων παραγωγής, των αποδόσεων των συνεργείων και της ενασχόλησης των συντελεστών παραγωγής.

Ένα μοντέλο 4D BIM μοιάζει με ένα 3D μοντέλο, αλλά είναι δυναμικό. Δηλαδή, κάθε στοιχείο του κτηρίου έχει επιπρόσθετα στοιχεία και πληροφορίες σε σχέση με τον χρονικό προγραμματισμό όπως για παράδειγμα, χρόνο έναρξης, χρονική διάρκεια και χρόνο ολοκλήρωσης. Τα οφέλη είναι φανερά καθώς η ενσωμάτωση του χρόνου σε ένα 3D μοντέλο δίνει τη δυνατότητα στους συμμετέχοντες να πετύχουν τον βέλτιστο προγραμματισμό, τη βέλτιστη κατασκευή και τον βέλτιστο συντονισμό και οργάνωσή τους.

3.3.3 5D BIM

Το BIM σε πέντε διαστάσεις χρησιμοποιείται για την παρακολούθηση του προϋπολογισμού και των αναλύσεων κόστους. Η πέμπτη διάσταση επιτρέπει στους εμπλεκόμενους στο έργο να παρακολουθούν την πρόοδο των δραστηριοτήτων τους και τα σχετιζόμενα κόστη σε σχέση με το χρόνο. Η χρήση της 5D BIM τεχνολογίας έχει ως αποτέλεσμα ακριβείς και προβλεπόμενες εκτιμήσεις όσο αφορά το έργο και κατά

συνέπεια προτείνονται αλλαγές σε υλικά, διάφορα είδη εξοπλισμού κλπ. Συμπερασματικά, η χρήση της τεχνολογίας BIM σε πέντε διαστάσεις συμβάλλει σε περισσότερο αποτελεσματικές, οικονομικά αποδοτικές και βιώσιμες κατασκευές.

3.3.4 6D BIM

Η τεχνολογία BIM σε έξι διαστάσεις συμβάλλει στην πραγματοποίηση ενεργειακών αναλύσεων. Πρόκειται για μία τεχνολογία που οδηγεί σε περισσότερο ολοκληρωμένες και ακριβείς ενεργειακές εκτιμήσεις από τα πρώιμα στάδια του σχεδιασμού του έργου. Ο έλεγχος και η βελτίωση στην ενεργειακή κατάσταση των κτηρίων από τα αρχικά στάδια παράγει βιώσιμα αποτελέσματα. Οι βιώσιμες λύσεις είναι πολύ σημαντικές για την πρόοδο και την διατήρηση κάθε κοινωνίας, οικονομίας και περιβάλλοντος. Κατασκευές βιώσιμα σχεδιασμένες δημιουργούν συνθήκες υψηλής ποιότητας ζωής. Επομένως, η ενσωμάτωση των BIM σε έξι διαστάσεις οδηγεί σε μία συνολική μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης

3.3.5 7D BIM

Η έβδομη διάσταση αναφέρεται στην διαχείριση της λειτουργίας και στη διατήρηση του έργου σε όλη τη διάρκειά του από τους υπεύθυνους που έχουν οριστεί. Επίσης, η έβδομη διάσταση επιτρέπει στους συμμετέχοντες να εξάγουν και να παρακολουθούν δεδομένα σχετικά με το έργο όπως για παράδειγμα, την κατάσταση στην οποία βρίσκονται κάποια αντικείμενα, ειδικές προδιαγραφές και εγγυήσεις. Η χρήση της τεχνολογίας αυτής προσφέρει εύκολες και γρήγορες αντικαταστάσεις κάποιων τμημάτων της κατασκευής που θεωρούνται απαραίτητα, συντελώντας στη βέλτιστη προσαρμοστικότητα και ορθολογικότερη διαχείριση του έργου σε όλη τη διάρκεια ζωής του.

3.4 Εργαλεία BIM

Η τεχνολογία BIM είναι μία διαδικασία που ενημερώνεται και επικοινωνεί με πολλά λογισμικά που το καθένα έχει διαφορετικές δυνατότητες και συμβάλλει με ξεχωριστό τρόπο στην ολοκλήρωση του έργου.

Η χρήση του κάθε λογισμικού πραγματοποιείται σε διαφορετικά στάδια του κάθε έργου προκειμένου να παραχθεί ένα συγκεκριμένο και επιθυμητό αποτέλεσμα όπως για παράδειγμα, σχέδια, ενεργειακές αναλύσεις, εντοπισμός συγκρούσεων και ασυμβατοτήτων. Επίσης, δεν υπάρχει κάποιο εργαλείο BIM που να είναι ικανό να

καλύπτει όλα τα στάδια ενός έργου και να παρέχει λύσεις για όλα τα προβλήματα και θέματα που θα προκύψουν είτε πριν είτε μετά την κατασκευή του. Κάθε εργαλείο BIM έχει τις δικές του λειτουργίες οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη διεξαγωγή διαφόρων εφαρμογών.

Η προηγμένη εξέλιξη της τεχνολογίας τα τελευταία χρόνια έχει αποφέρει σημαντική αύξηση στον αριθμό των διαθέσιμων λογισμικών στο κλάδο των κατασκευών (AECO), που το καθένα από αυτά μπορεί να χρησιμοποιηθεί από διαφορετικούς συμμετέχοντες στο έργο. Βάση της έρευνας “McGraw-Hill Construction,2008”, τα πιο διαδεδομένα εργαλεία BIM είναι της εταιρείας Autodesk, κατά 67% το Revit και 71% Navisworks. Ακολουθούν τα εργαλεία Bentley με ποσοστό 36% ενώ της ArchiCAD και Tekla χρησιμοποιούνται κατά 34% και 10% αντίστοιχα. Άλλα λογισμικά όπως Vectorworks χρησιμοποιούνται σε μικρά ποσοστά. Έρευνα σύμφωνα με τους Azhar 2008, Arayici 2009, Lucas 2009 και Liu 2011 έδειξε επίσης ότι τα εργαλεία Revit,ArchiCAD και Tekla αποτελούν τα πιο δημοφιλή λογισμικά στον κατασκευαστικό τομέα.

Σύμφωνα με τον Siddiqui (2010), τα εργαλεία BIM μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με την κύρια λειτουργία τους:

- ✓ *Εργαλεία για δημιουργία τρισδιάστατων μοντέλων (Authoring tools)*
- ✓ *Εργαλεία για αναλύσεις (Analysis tools)*
- ✓ *Εργαλεία για επικυρώσεις (Validation tools)*

3.4.1 Authoring tools

Λογισμικά όπως το Revit και το ArchiCAD θεωρούνται “Authoring tools” επειδή η κύρια λειτουργία τους είναι η δημιουργία τρισδιάστατων μοντέλων τα οποία στη συνέχεια μπορούν να χρησιμοποιηθούν για διαφορετικούς σκοπούς. Κάποια από τα λογισμικά που ανήκουν σε αυτή την κατηγορία και φαίνονται στον Πίνακα 3.1 έχουν και επιπρόσθετες λειτουργίες, όπως δυνατότητες για εκτιμήσεις και προγραμματισμούς (scheduling), (Hergunsel, 2011).

3.4.2 Analysis tools

Την ολοκλήρωση της δημιουργίας του 3D μοντέλου σε ένα από τα “Authoring tools” που θα επιλεγθεί διαδέχεται η μεταφορά του σε λογισμικό, που η κύρια λειτουργία του είναι οι αναλύσεις, ενεργειακές και θερμικές (Siddiqui,2010). Σύμφωνα με την έρευνα “McGraw-Hill Construction 2008”, τα εργαλεία αυτά έχουν την δυνατότητα να

εξάγουν πληροφορίες από ένα BIM μοντέλο και να πραγματοποιούν σημαντικές και αξιόπιστες αναλύσεις.

Αποτέλεσμα αυτών συνιστά η ενίσχυση της αποτελεσματικότητας και της απόδοσης του έργου, φτάνοντας σε υψηλά επίπεδα, επιδρώντας με τον βέλτιστο τρόπο στο περιβάλλον που διατρέχει υψηλό κίνδυνο τα τελευταία χρόνια (Gaudin, 2013).

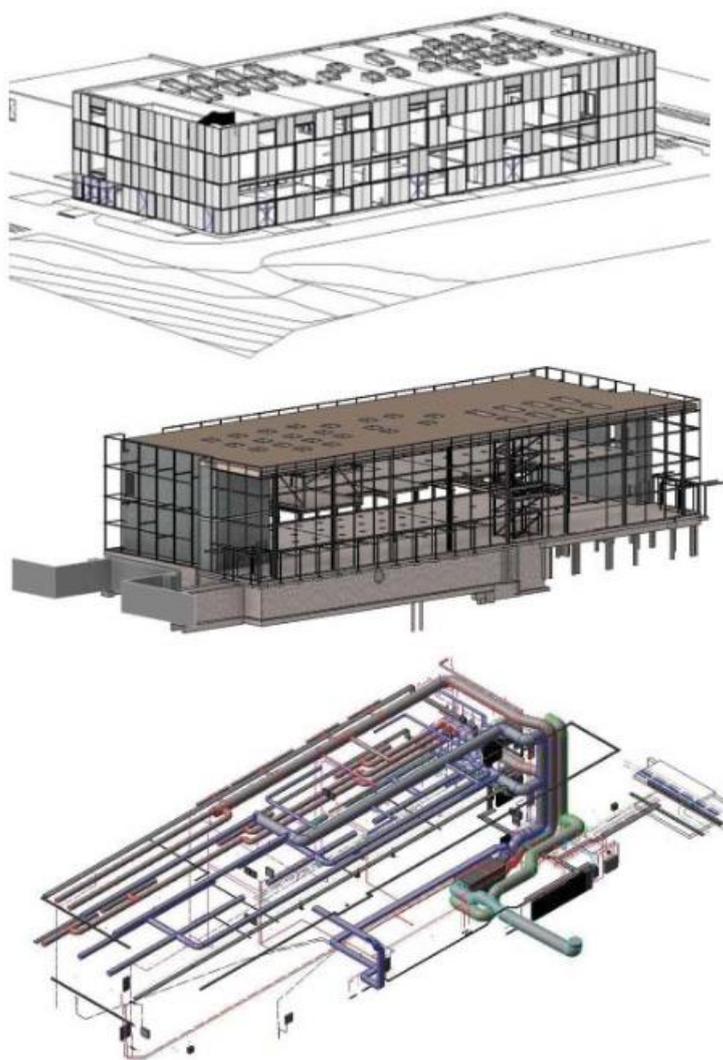
3.4.3 Validation tools

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν προγράμματα όπως το “Solibri Model Checker” και “Navisworks” τα οποία αποτελούν πολύ σημαντικό τμήμα της τεχνολογίας BIM. Τα προγράμματα αυτά έχουν όλες τις λειτουργίες προκειμένου να παρέχουν αξιοπιστία και ακρίβεια στα 3D μοντέλα. Τα εργαλεία τους μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο διαφορετικών θεμάτων σε διαφορετικά στάδια ενός έργου, όπως για εντοπισμό συγκρούσεων και ασυμβατοτήτων (Siddiqui, 2010).

Λογισμικό	Εταιρεία	Λειτουργία
Revit Architecture Revit Structure Revit MEP	Autodesk	3D αρχιτεκτονική μοντελοποίηση 3D δομική μοντελοποίηση 3D λειτουργική μοντελοποίηση
ArchiCAD	Graphisoft	3D αρχιτεκτονική μοντελοποίηση
AutoCAD Architecture AutoCAD MEP AutoCAD Civil 3D	Autodesk	3D αρχιτεκτονική μοντελοποίηση 3D λειτουργική μοντελοποίηση
Cadpipe Commercial Cadpipe HVAC	AEC Design Group	3D μοντελοποίηση αγωγών
Bentley BIM Suite	Bentley System	3D αρχιτεκτονική, δομική, ηλεκτρολογική/μηχανολογική μοντελοποίηση

Vectorworks Designer	Nemetschek	3D αρχιτεκτονική μοντελοποίηση
Fastrak	CSC(UK)	3D δομική μοντελοποίηση

Πίνακας 3.1 : Εργαλεία δημιουργίας τρισδιάστατων μοντέλων
Πηγή: Arayici, 2015



Εικόνα 3.4 : Μοντέλα κατά σειρά, αρχιτεκτονικής, δομικής και ηλεκτρολογικής/μηχανολογικής λειτουργίας για το ίδιο κτήριο
Πηγή : Michelle Lindlar 2016

3.5 Φάσεις της διαδικασίας BIM

Η τεχνολογία BIM χαρακτηρίζεται ως μία Διαδικασία Ολοκληρωμένου Σχεδιασμού, *IPD (Integrated Design Process)*. Με το όρο “*Integrated*” ορίζεται η προσέγγιση του κτηρίου στο οποίο δουλεύουν όλοι οι συμμετέχοντες στο έργο με συλλογικό τρόπο, σε όλη τη διάρκεια ζωής του, με σκοπό να πετύχουν υψηλότερες αποδόσεις σε λιγότερο χρόνο και με χαμηλότερο κόστος (*Elvin, AIA*).

Σύμφωνα με τον *Arayici (2015)*, τα κατασκευαστικά έργα περνούν μέσα από τρεις κύριες φάσεις κατά τη διάρκεια της ζωής τους, οι οποίες αναλύονται στις παρακάτω υποενότητες.

1. Φάση σχεδιασμού (Design Phase)
2. Φάση κατασκευής (Construction Phase)
3. Φάση λειτουργίας (Operation Phase)

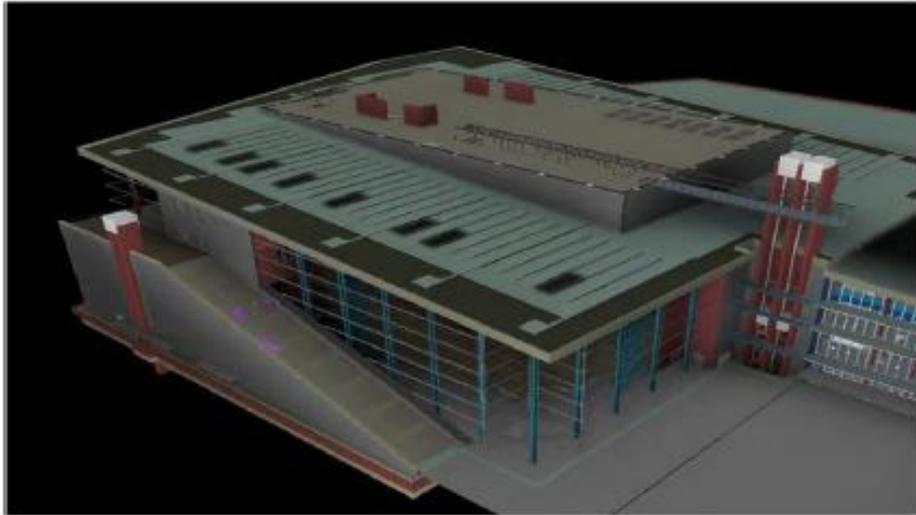
3.5.1 Φάση Σχεδιασμού

Στην φάση σχεδιασμού ορίζονται οι περισσότερες κτηριακές πληροφορίες, οι οποίες διαφοροποιούνται ανάλογα με τις απαιτήσεις και τις ανάγκες του έργου. Η τεχνολογία BIM επηρεάζει την φάση αυτή πιο πολύ από κάθε άλλη φάση, διότι σε αυτή την φάση θα ληφθούν οι περισσότερες αποφάσεις και πρέπει να είναι όσο πιο ακριβείς και αξιόπιστες γίνεται, καθώς στα μετέπειτα στάδια του έργου η κάθε αλλαγή θα κοστίζει πιο πολύ σε χρόνο και χρήμα. Το BIM αντιλαμβάνεται πιο έντονα στη φάση σχεδιασμού από ότι στη φάση κατασκευής και λειτουργίας, διότι οι δραστηριότητες που λαμβάνουν μέρος σε αυτή καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα τομέων:

A) 3D Απεικόνιση, B) Μοντελοποίηση χώρου, Γ) Σχεδιασμός, Δ) Έλεγχος σχεδιασμού, E) Αναλύσεις, Z) Επικυρώσεις, Η) Εκτιμήσεις κόστους

3.5.1.1 3D Απεικόνιση

Ένα 3D μοντέλο μπορεί να σχεδιαστεί και να παραχθεί αυτόματα από μία εφαρμογή BIM, συμβάλλοντας στην καλύτερη κατανόηση και απεικόνιση της κατασκευής από τους χρήστες. Εξαιτίας της εύληπτης φύσης της, η 3D απεικόνιση παρέχει γρήγορη και με ακρίβεια, εκτίμηση του έργου από εξειδικευμένο ή μη προσωπικό (*Underwood&Isikdag,2010*).



Εικόνα 3.4 : BIM μοντέλο από το Ίδρυμα Σταύρος Νιάρχος.

(Πηγή : www.snf.org)

3.5.1.2 Μοντελοποίηση χώρου

Ένα μοντέλο BIM με γεωγραφικές πληροφορίες μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αναδείξει τη βέλτιστη θέση για τη χωροθέτηση ενός έργου. Για παράδειγμα, το λογισμικό Revit παρέχει εργαλεία που δίνουν την δυνατότητα στον χρήστη να δημιουργήσει την μορφολογία του εδάφους. Γενικότερα, το 3D μοντέλο ενός χώρου μπορεί να αναδείξει την καλύτερη θέση βασισμένο σε κριτήρια όπως πρόσβαση, διαθεσιμότητα φωτός, θέση σε σχέση με τον ήλιο και άλλους παράγοντες.

3.5.1.3 Σχεδιασμός

Ο σχεδιασμός μπορεί να θεωρηθεί ως μία διαδικασία που χρησιμοποιεί εργαλεία BIM για την ανάπτυξη ενός μοντέλου BIM, βασισμένη στις απαιτήσεις σχεδιασμού που έχουν ζητηθεί και μεταφέρονται ακόλουθα στο σχεδιασμό του κτηρίου (CICRP, 2010). Το σύνολο των 3D μοντέλων που παράγονται περιλαμβάνουν την αναπαράσταση του αρχιτεκτονικού και δομικού σχεδιασμού καθώς και ηλεκτρολογικά και μηχανολογικά μοντέλα (MEP). Όπως αναφέρθηκε και στην προηγούμενη ενότητα, έχουν αναπτυχθεί ένα σύνολο από εργαλεία BIM, ειδικά για σχεδιασμό (“authoring tools”), παρέχοντας σημαντικές πληροφορίες, για ειδικές προδιαγραφές, πίνακες, κόστη και υλικά (Bloomberg,2012).

3.5.1.4 Έλεγχος σχεδιασμού

Ο έλεγχος σχεδιασμού επίσης συνιστά μία διαδικασία στην οποία ένα μοντέλο BIM χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση ενός έργου με βάση ένα σύνολο από κριτήρια όπως για παράδειγμα, τη διάταξη, την ασφάλεια, την ακουστική και την εργονομία (Bloomberg,2012). Αυτοί οι έλεγχοι θα οδηγήσουν στην ελαχιστοποίηση ή ακόμα και στην εξαφάνιση πιθανών προβλημάτων κατά την φάση της κατασκευής καθώς και στη μείωση των απαιτήσεων για πρόσθετες πληροφορίες, διορθώσεις και συγκρούσεις μέσα στην ομάδα του έργου (NRC, 2011).

3.5.1.5 Αναλύσεις

Η μηχανική ανάλυση συνιστά διαδικασία κατά την οποία γίνεται χρήση ‘έξυπνων’ εργαλείων μοντελοποίησης και επιλέγεται ένα BIM μοντέλο για να ορίσει την πιο αποδοτική μηχανική μέθοδο, βασισμένη σε προδιαγραφές σχεδιασμού (CICRP,2010). Στα BIM υπάρχουν εξειδικευμένα εργαλεία που έχουν την δυνατότητα να κάνουν αναλύσεις μηχανολογικές, ενεργειακές, ακουστικές κλπ. Η ικανότητα για διεξαγωγή αναλύσεων σε ένα ψηφιακό μοντέλο μπορεί να βοηθήσει στη μείωση κόστους και να συμβάλει στο βέλτιστη μορφή του κτηρίου για όλη τη διάρκεια ζωής του (NRC,2011).

3.5.1.6 Επικυρώσεις

Η επικύρωση συνιστά διαδικασία πολύ σημαντική για κάθε BIM μοντέλο καθώς ελέγχει σύμφωνα με κανόνες εάν έχουν εκπληρωθεί οι απαιτήσεις και αν έχουν εμφανιστεί λάθη στο BIM μοντέλο. Συγκεκριμένα, ο έλεγχος για τις απαιτήσεις επικεντρώνεται στη σύγκριση των απαιτήσεων των πελατών με την τρέχουσα πρόοδο του σχεδιασμού, αφορώντας διάφορα θέματα όπως χωρικές απαιτήσεις, απαιτήσεις για ύψος ή αποστάσεων για συγκεκριμένους όγκους ή μεταξύ αυτών. Τέλος, η επικύρωση των BIM μοντέλων προσανατολίζεται σε παραμετρικούς κανόνες που εφαρμόζονται για ανίχνευση λαθών και ασυμβατοτήτων. Χαρακτηριστικό BIM λογισμικό, ειδικό για επικύρωση συνιστά το “Solibri Model Checker”.

3.5.1.7 Εκτιμήσεις κόστους

Η διαδικασία του υπολογισμού ποσοτήτων δηλώνει το πλήθος των υλικών και των στοιχείων που χρησιμοποιούνται σε ένα συγκεκριμένο έργο, συνιστώντας σημαντικό εργαλείο στον τομέα των εκτιμήσεων κόστους. Το BIM στη συγκεκριμένη δραστηριότητα χρησιμοποιείται για την εξαγωγή με αυτοματοποιημένο τρόπο

δεδομένων από ένα μοντέλο, παραγόμενο με εργαλεία BIM για σχεδιασμό, για σκοπούς εκτίμησης κόστους του έργου.

Επιπρόσθετα, η διαδικασία αυτή μέσω της χρήσης BIM, μπορεί να πραγματοποιήσει συγκρίσεις στα κόστη από τους διάφορους σχεδιασμούς που έχουν γίνει, με σκοπό να γίνουν αλλαγές οι οποίες θα κριθούν σκόπιμες, με την εφαρμογή τους στα πρώτα στάδια του σχεδιασμού ώστε να αποφευχθούν υπερβάσεις στον προϋπολογισμό. Παραδείγματα εργαλείων BIM που έχουν την δυνατότητα να εισάγονται σε BIM μοντέλα και να εξάγουν τα απαραίτητα στοιχεία είναι : *Autodesk QTO, Vico Takeoff Manager, Innovaya, Exactal, CostX*.

Πηγή: Arayici 2015

3.5.2 Φάση Κατασκευής

Η τεχνολογία BIM επηρεάζει τη φάση κατασκευής σε σημαντικό βαθμό καθώς παρέχει μία ομαλή και με κατάλληλο τρόπο σχεδιασμένη διαδικασία, η οποία ελαχιστοποιεί τα λάθη και τις συγκρούσεις, εξοικονομώντας χρόνο και χρήμα (*Eastman, 2011*). Συγκεκριμένα, η χρήση BIM στην κατασκευαστική φάση έχει αποδειχθεί ωφέλιμη στον συντονισμό των δραστηριοτήτων, του προσωπικού και των υλικών, για την ελαχιστοποίηση των πιθανών συγκρούσεων και τη μείωση των καθυστερήσεων, αποδίδοντας στο μέγιστο βαθμό ένα έργο.

Η ψηφιακή κατασκευή αποτελεί δραστηριότητα βασισμένη σε τεχνολογίες μηχανών για προκατασκευή αντικειμένων σε άμεσα από ένα 3D μοντέλο. Οι μηχανές αυτές χρησιμοποιούνται για την δημιουργία διαφορετικών τομών σε αγωγούς και σε άλλα στοιχεία κτηρίων, μέσα σε ένα πλήρως ελεγμένο περιβάλλον (*Forbes&Ahmed, 2010*).

Το επίπεδο των πληροφοριών που αφορούν το κατασκευαστικό τμήμα σε ένα μοντέλο BIM σχηματίζει τη βάση για την κατασκευή αντικειμένων (*Sistani, 2013*). Επομένως, το μοντέλο BIM ολοκληρωμένο από την φάση σχεδιασμού μπορεί να συνδεθεί με κατασκευαστικά εργαλεία συμβατά με BIM για να αποφέρουν το κατάλληλο αποτέλεσμα όπως για παράδειγμα, ένα σύνολο από σχέδια και τομές (*Eastman, 2011*). Η εργασία αυτή, εκτός των εγκαταστάσεων, συνιστά πολύ σημαντική και αποφέρει μειωμένα κόστη και χρόνο (*Forbes & Ahmed, 2010*).

3.5.3 Φάση λειτουργίας

Στα περασμένα χρόνια, οι πληροφορίες που αφορούσαν ένα έργο ήταν με την μορφή αναλογικών εγγράφων, τα οποία φυλάσσονταν σε ειδικούς φακέλους και χώρους. Σε περίπτωση αλλαγών, η διαδικασία που έπρεπε να ακολουθηθεί ήταν χρονοβόρα και μη αποτελεσματική. Παρόλα αυτά, η τεχνολογία BIM παρέχει μία

κεντρική αποθήκη, στην οποία διατηρούνται όλα τα δεδομένα που αφορούν ένα κτήριο και τα συστήματά που το απαρτίζουν. Η φάση που έπεται του σχεδιασμού και της κατασκευής ονομάζεται φάση λειτουργίας, στην οποία διατίθενται όλες τις πληροφορίες τις οποίες ο διαχειριστής είναι σε θέση να χρησιμοποιεί και να επεξεργάζεται για την συντήρηση του κτηρίου και την εκτέλεση ειδικών λειτουργιών που θα συμβάλουν στην αποδοτικότητά του. Υπάρχουν διάφορα εμπορικά συστήματα τα οποία προσφέρουν αυτοματοποιημένη μεταφορά των δεδομένων από ένα BIM σε ένα σύστημα διαχείρισης και συντήρησης, π.χ. *CMMS (Computerized Maintenance Management)* και *CAFM (Computer Aided Facility Management (Akcamete, 2010))*.

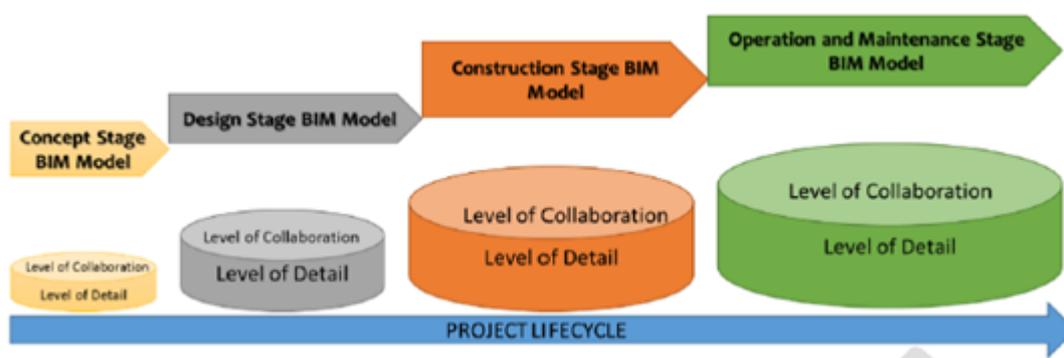
3.5.4 Επίπεδο λεπτομέρειας σχεδιασμού

Σε όλη την διάρκεια του κύκλου ζωής ενός έργου, το σχετιζόμενο με αυτό μοντέλο BIM επίσης μεταβάλλεται και προοδεύει. Σύμφωνα με την Sawhney, οι λειτουργίες ενός BIM μοντέλου κατατάσσονται σε τέσσερα στάδια:

1. Στο εννοιολογικό στάδιο του BIM μοντέλου.
2. Στο στάδιο σχεδιασμού, στην περίπτωση που το έργο είναι ένα κτήριο έχουμε αναφορές σε αρχιτεκτονικό μοντέλο, δομικό μοντέλο, MEP μοντέλο κλπ.
3. Το στάδιο κατασκευής.
4. Το στάδιο λειτουργίας και συντήρησης.

Δύο είναι τα κύρια κριτήρια τα οποία ορίζουν την πρόοδο του μοντέλου κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής του έργου, ακόλουθα με την Sawhney (RICS,2014).

- ✓ Το επίπεδο λεπτομέρειας ή ανάπτυξης σχεδιασμού (Level Of Detail or Level Of Development).
- ✓ Η συμμετοχή των μελών της ομάδας του έργου (Level Of Collaboration).



Εικόνα 3.5 : Γραφική αναπαράσταση της αύξησης του επιπέδου λεπτομέρειας και συμμετοχής με την πρόοδο ενός έργου, (Πηγή: Sawhney (RICS), 2014)

Η παραπάνω εικόνα αντιπροσωπεύει την πρόοδο του μοντέλου του εκάστοτε έργου στην πορεία του κύκλου ζωής του. Καθώς το έργο μεταβαίνει από το εννοιολογικό στάδιο (κίτρινο σχήμα), στο στάδιο σχεδιασμού (γκρι σχήμα), κατασκευής (πορτοκαλί σχήμα) και τέλος λειτουργίας και συντήρησης (πράσινο σχήμα), παρατηρούμε όπως είναι λογικό το μέγεθος του επιπέδου λεπτομέρειας και συμμετοχής να αυξάνεται καθώς αυξάνονται και οι εμπλεκόμενοι.

Το επίπεδο λεπτομέρειας ή ανάπτυξης σχεδιασμού (Level Of Detail or Level Of Development)

Οι έννοιες «επίπεδο λεπτομέρειας» και «επίπεδο ανάπτυξης σχεδιασμού» έχουν σημαντικές διαφορές:

- ✓ Το επίπεδο λεπτομέρειας απαντά στο ερώτημα «πόση λεπτομέρεια περιλαμβάνεται σε ένα στοιχείο του μοντέλου».
- ✓ Το επίπεδο ανάπτυξης σχεδιασμού αναφέρεται στο βαθμό που μπορούν τα μέλη της ομάδας του έργου να αντλούν πληροφορίες ενώ χρησιμοποιούν το μοντέλο.

Ουσιαστικά, το επίπεδο λεπτομέρειας συνιστά μονάδα εισόδου στο στοιχείο ενώ το επίπεδο ανάπτυξης σχεδιασμού αξιόπιστη μονάδα εξόδου (BIM Forum, 2015).

Τα επίπεδα ανάπτυξης σχεδιασμού είναι πέντε όπως φαίνονται στον Πίνακα 3.2:
LOD 100, LOD 200, LOD 300, LOD 400, LOD 500.

Αυτοί οι κωδικοί συμβαδίζουν με τα στάδια κάθε έργου:

- 100 - σχηματική απεικόνιση
- 200 - γεωμετρική απεικόνιση
- 300 – τεχνική απεικόνιση
- 400 – κατασκευαστική απεικόνιση
- 500 – απεικόνιση κατασκευασμένου έργου

(Jaing, 2011 - Velasco, 2013)

Αυτά τα επίπεδα απαιτούν συνεργασία όλων των εμπλεκόμενων μερών στο έργο για να προσδιορίσουν ποιος θα είναι υπεύθυνος για την ανάπτυξη κάθε στοιχείου και σε ποιο βαθμό το μοντέλο BIM θα αναλυθεί (Brewer, 2012).

Σύμφωνα με το πρωτόκολλο *AIA Document G202-2013, Building Information Modeling Protocol Form*, τα LODs ερμηνεύονται ως εξής:

Επίπεδα Ανάπτυξης Σχεδιασμού (LOD)	Στοιχεία που μοντελοποιούνται
100	Γραφική αναπαράσταση στοιχείων μοντέλου με ένα σύμβολο ή άλλη γενική αναπαράσταση, χωρίς να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις του επιπέδου LOD 200. Πληροφορίες σχετικές με τα στοιχεία του μοντέλου (π.χ. κόστος ανά τετραγωνικό μέτρο) μπορούν να προέρχονται από στοιχεία άλλου μοντέλου.
200	Γραφική αναπαράσταση ως ένα γενικό σχήμα, αντικείμενο ή σύνθεση από προσεγγιστικές ποσότητες όπως μέγεθος, σχήμα, τοποθεσία και προσανατολισμός. Περιλαμβάνονται και μη γραφικές πληροφορίες.
300	Γραφική αναπαράσταση ως ένα συγκεκριμένο σύστημα, αντικείμενο ή σύνθεση από συγκεκριμένες ποσότητες όπως μέγεθος, σχήμα, τοποθεσία και προσανατολισμός. Περιλαμβάνονται και μη γραφικές πληροφορίες.
400	Γραφική αναπαράσταση ως ένα συγκεκριμένο σύστημα, αντικείμενο ή σύνθεση από συγκεκριμένες ποσότητες όπως μέγεθος, σχήμα, τοποθεσία και προσανατολισμός και λεπτομερείς κατασκευαστικές πληροφορίες και πληροφορίες συναρμολόγησης και εγκατάστασης. Περιλαμβάνονται και μη γραφικές πληροφορίες.
500	Τα στοιχεία του μοντέλου απεικονίζονται όπως είναι στην πραγματικότητα όσο αφορά το μέγεθος, το σχήμα, τη θέση, την ποσότητα και τον προσανατολισμό. Περιλαμβάνονται και μη γραφικές πληροφορίες

Πίνακας 3.2 : Επίπεδα ανάπτυξης σχεδιασμού (LOD)

Πηγή : www.aia.org

3.5.5 Το ανοιχτό πρότυπο IFC

3.5.5.1 Διαλειτουργικότητα

Η υιοθέτηση ανοιχτών προτύπων στο κλάδο των κατασκευών είναι πολύ σημαντική, καθώς οι συμμετέχοντες δεν είναι υποχρεωμένοι να χρησιμοποιούν συγκεκριμένες πλατφόρμες. Τα ανοιχτά πρότυπα είναι το βασικό και αναγκαίο στοιχείο για την επίτευξη της διαλειτουργικότητας, εφόσον κάθε λογισμικό δεν θα πρέπει να αναπτύσσει μεταφραστές για όλα τα διαφορετικά λογισμικά που χρειάζεται να επικοινωνήσει.

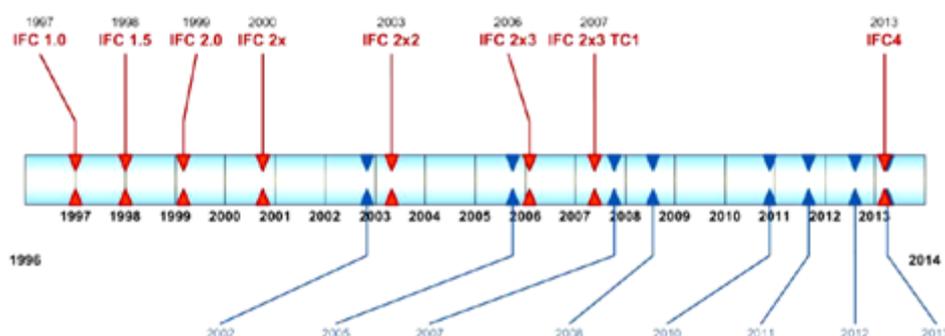
Η έρευνα “*McGraw-Hill Construction, 2007*” έδειξε ότι η έλλειψη διαλειτουργικότητας μπορεί να επιδράσει αρνητικά στην ροή των εργασιών και στον προϋπολογισμό του έργου. Συγκεκριμένα, περίπου 3,1% του κόστους ενός έργου σχετίζεται με την έλλειψη διαλειτουργικότητας μεταξύ των λογισμικών. Ακόμα, η έρευνα έδειξε ότι η χειροκίνητη εισαγωγή δεδομένων από το ένα λογισμικό στο άλλο οδηγεί σε υψηλές πιθανότητες σπατάλης χρόνου και χρήματος. Τέλος, η έλλειψη διαλειτουργικότητας μπορεί να οδηγήσει σε καθυστερήσεις έργων, παρανοήσεις και λάθη (Forbes and Ahmed, 2011).

Οι μορφότευποι για την αναπαράσταση και ανταλλαγή δεδομένων έχουν αναπτυχθεί από την ένωση *buildingSMART International (bSI)* και την *Construction Operations Building Information Exchange (COBie)*, έχοντας γίνει αποδεκτοί στον κλάδο των κατασκευών στη σημερινή εποχή, καλύπτοντας μεγάλα ποσοστά χρήσης στο διεθνή χώρο (Bolpagni, 2013).

IFC

Το πρωτόκολλο Industry Foundation Classes (IFC) ορίζεται χρησιμοποιώντας τη μέθοδο περιγραφής STEP (ISO 10303). Τα IFC συνιστούν ένα από τα πιο δημοφιλή ανοιχτά πρότυπα στον κατασκευαστικό τομέα, τα οποία δημιουργήθηκαν ως αποτέλεσμα της προσπάθειας της ένωσης *bSI* να αναπτύξει μια κοινή γλώσσα, ικανή να βελτιώσει την επικοινωνία, την παραγωγικότητα, τον χρόνο παράδοσης, το κόστος και την ποιότητα κατά τη διάρκεια σχεδιασμού, κατασκευής και διατήρησης του κτηρίου. Το IFC συνιστά ανοιχτό, ουδέτερο και μη-ιδιόκτητο μορφότευπο και ο τρόπος με τον οποίο δομούνται οι πληροφορίες ακολουθούν το σχήμα γλώσσας *EXPRESS*. Το 2005, το IFC έγινε ISO (ISO Publicly Available Specification, ISO 16739). Η πρώτη γενιά των IFCs, IFC 1.0, δημοσιεύτηκε το 1997 ενώ σήμερα όλες οι μεγάλες εταιρείες λογισμικών περιλαμβάνουν το περιβάλλον 2x3. Το 2013, εμφανίστηκε μία καινούργια έκδοση, IFC4., ενώ η τελευταία έκδοση εντοπίζεται τον Ιούλιο του 2016 και είναι η IFC4 Add2 σαν αναβάθμιση της ήδη υπάρχουσας 4.

Στο πρωτυποποιημένο IFC μοντέλο, κάθε κλάση χρησιμοποιείται για να περιγράψει μια σειρά από οντότητες που έχουν κοινά χαρακτηριστικά. Τα μοντέλα που πρωτυποποιούνται σύμφωνα με το IFC έχουν στόχο να επιτρέπουν στους επαγγελματίες να μοιράζονται το μοντέλο αυτό ενώ ταυτόχρονα επιτρέπουν σε κάθε επαγγελματία να ορίσει την δική του οπτική των αντικειμένων που υπάρχουν στο μοντέλο. Τα περισσότερα λογισμικά σήμερα είναι δυνατά να εισάγουν και να εξάγουν τα μοντέλα τους σε IFC και κάποια από αυτά είναι επίσης δυνατά να αποκτούν πληροφορίες από ένα μοντέλο IFC μέσω της χρήσης μιας κοινής πηγής, όπως για παράδειγμα από έναν εξυπηρετητή μοντέλων *BIM (BIMserver)*.



Εικόνα 3.6: Το IFC πρότυπο από το 1997 έως σήμερα

Πηγή: BuildingSMART, 2013

3.5.5.2 Model View Definitions (MVD)

Το IFC δεν περιέχει μόνο το μοντέλο κτηρίου που σχηματίζεται αλλά και πληροφορίες σχετικά με τη γεωμετρία και τα περιγραφικά του χαρακτηριστικά. Τα περισσότερα BIM λογισμικά δίνουν την δυνατότητα για εισαγωγή, εξαγωγή και αποθήκευση σε μορφότυπο IFC. Παρόλα αυτά, αυτές οι επιλογές δεν είναι αποτελεσματικές για μία αποδοτική ανταλλαγή, επειδή το IFC περιέχει πολλά στοιχεία και προσφέρει διάφορους τρόπους ορισμού των αντικειμένων, των σχέσεων και των ιδιοτήτων. Επομένως, πρέπει να ορίζονται προδιαγραφές επιλογής για κάθε ξεχωριστό σκοπό και έργο. Αυτές οι προδιαγραφές ονομάζονται Model View Definitions και παίζουν καταλυτικό ρόλο στο να γίνει η ανταλλαγή των IFC μοντέλων μεταξύ των εφαρμογών επιτυχημένα.

Η ενίσχυση της διαλειτουργικότητας επέρχεται μέσα από την ύπαρξη ενός κοινού κώδικα κατανόησης των διαδικασιών και των δεδομένων που απαιτούνται κάθε φορά. Η απουσία μιας σαφής εικόνας του μοντέλου που πρόκειται να υποστεί ανταλλαγή οδηγεί με υψηλή πιθανότητα στην παρουσία λαθών, παραλείψεων και παρεξηγήσεων στο IFC μοντέλο. Οι προδιαγραφές MVDs ορίζονται ως ένα υποσύνολο του σχήματος

IFC το οποίο χρειάζεται να ικανοποιήσει μία ή περισσότερες απαιτήσεις κατά την ανταλλαγή στον κλάδο κατασκευών.

4. 3D ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ BIM

4.1 Εισαγωγή

Η επιτυχημένη δημιουργία και διαχείριση ενός τρισδιάστατου μοντέλου υπόκειται σε κάποιες βασικές προϋποθέσεις. Απαραίτητο είναι ένα ενιαίο αξιόπιστο τρισδιάστατο τεχνικό πλαίσιο το οποίο εξασφαλίζει η ύπαρξη κατάλληλων πρωτογενών πηγών δεδομένων, διαδικασιών επικύρωσης των 3D μοντέλων και η χρήση διεθνών προτύπων.

4.1.1 Ποιότητα Δεδομένων

Η αναζήτηση των κατάλληλων δεδομένων αποτελεί κρίσιμο κομμάτι στην σύνταξη ενός 3D μοντέλου αλλά και την μετέπειτα χρήση του, είτε αυτή αφορά την διαχείριση των χώρων και των λειτουργιών του, είτε την ένταξη του σε ένα 3D Κτηματολόγιο. Τα στοιχεία που είναι αναγκαία ως φυσικές και νομικές οντότητες, εισάγουν διαφορετικές ανάγκες.

Οι φυσικές οντότητες περιλαμβάνουν τα συστατικά μέρη μιας εγκατάστασης όπως τοίχοι, παράθυρα, πόρτες, τα οποία είναι ορατά. Όσο αφορά τα νομικά στοιχεία, δηλαδή στοιχεία που αφορούν τα ιδιοκτησιακά δικαιώματα που αναπτύσσονται και τα οποία υπόκεινται σε περιορισμούς και ευθύνες είναι εννοιολογικές και μη απτές οντότητες. Τα φυσικά αντικείμενα μπορεί να αντιστοιχούν πλήρως στα νομικά ή να αποτελούν βοηθητικά αυτών. Επομένως, τα δεδομένα που θα συλλεχθούν πρέπει να είναι κατάλληλα και ακριβή ώστε τα όρια των φυσικών/νομικών οντοτήτων να προσδιορίζονται με ακρίβεια, σαφήνεια και πληρότητα.

4.1.2 Επικύρωση Μοντέλου

Ο όρος επικύρωση μοντέλων και δεδομένων αφορά στις διαδικασίες ελέγχου δεδομένων και μοντέλων βάσει κάποιων καθορισμένων κανόνων. Η επικύρωση κατηγοριοποιείται σε:

1) γεωμετρική επικύρωση, η οποία στοχεύει στην εσωτερική εγκυρότητα των 3D γεωτεμαχίων,

- 2) επικύρωση των 3D ιδιοκτησιακών χώρων πάνω και κάτω από την επιφάνεια του γεωτεμαχίου,
- 3) επικύρωση των μεταξύ αυτών αναπτυσσόμενων σχέσεων,
- 4) επικύρωση πολυστρωματικών αντικειμένων και δικτύων και
- 5) επικύρωση των αποτελεσμάτων της περαιτέρω επεξεργασίας της γεωμετρίας.

4.1.3 Λεπτομέρεια Απεικόνισης

Η 3D απεικόνιση συνιστά έναν τελευταίο παράγοντα που αξίζει να σημειωθεί, ο οποίος αποτελεί μέτρο διαφοροποίησης μεταξύ ενός 3D Κτηματολογίου, ενός σχεδίου πόλης και μιας αστικής προσομοίωσης/εικονική πόλη.

Η απεικόνιση ενός σχεδίου πόλης εστιάζει στην πραγματική μορφή των αρχιτεκτονικών οντοτήτων και των λειτουργιών της.

Στις αστικές προσομοιώσεις και εικονικές πόλεις δίνεται έμφαση στα πρόσωπα των μοντέλων των κτηρίων δίνοντας υφές μέσω εικόνων χωρίς να γίνεται κάποια αναφορά στις εσωτερικές μονάδες πίσω από το εξωτερικό περίβλημα κάθε εγκατάστασης.

Στο Κτηματολόγιο όμως η ακριβής περιγραφή των ορίων των ιδιοκτησιακών μονάδων σε σχέση με τα υποκείμενα ή τα υπερκείμενα αυτών γεωτεμάχια αποτελεί το κέντρο μελέτης και ενδιαφέροντος για την απεικόνιση. Τα όρια για την καλύτερη κατανόηση των 3D κτηματολογικών αντικειμένων υλοποιούνται μέσω των φυσικών οντοτήτων κάθε κτηρίου. Επομένως, η 3D απεικόνιση των κτηματολογικών αντικειμένων δεν στοχεύει σε λεπτομερείς αναφορές αλλά στην παρουσίαση του καταμερισμού του γεωχώρου και του αστικού χώρου με όρους δικαιωμάτων.

Πηγή: nD Κτηματολόγιο, Δημοπούλου

Μια ακριβής περιγραφή ενός 3D γεωτεμαχίου περιλαμβάνει ακόμα και σημασιολογική πληροφορία, δηλαδή πέρα από την γεωμετρία και τοπολογία μίας ιδιοκτησίας, λεπτομέρειες χωρικές, χρήσεις των χώρων και σχέσεις μεταξύ των φυσικών ή νομικών προσώπων. Στα επόμενα κεφάλαια θα εξετάσουμε σε θεωρητικό και πρακτικό επίπεδο την δυνατότητα ενσωμάτωσης της κτηματολογικής πληροφορίας σε 3D μοντέλα κάνοντας χρήση της τεχνολογίας BIM.

4.2 Η συμβολή της τεχνολογίας BIM

Η τεχνολογία BIM σαν μια διαδικασία μοντελοποίησης αποτελείται από αναπαραστάσεις των φυσικών και λειτουργικών χαρακτηριστικών των κτηρίων αλλά και του περιβάλλοντος χώρου. Τα μοντέλα BIM είναι κατάλληλα για την τρισδιάστατη διαχείριση δεδομένων που αφορούν πολύπλοκους χώρους καθώς αποτελούν βάσεις 3D

πληροφοριών διευκολύνοντας την επικοινωνία, τη συνεργασία και την λήψη αποφάσεων.

Επομένως, η τεχνολογία BIM εμφανίζεται σαν μια αξιόπιστη επιλογή για την διευκόλυνση της συνεργασίας μεταξύ των εμπλεκόμενων ειδικοτήτων (Isikdag, 2015) και τη παροχή 3D ψηφιακών δεδομένων σχετικά με τα φυσικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά ενός κτηρίου σε όλη τη διάρκεια ζωής του (NBIMS, 2007).

4.3 Η συμβολή του IFC προτύπου

Το πιο διαδεδομένο ανοιχτό πρότυπο στον τομέα των BIMs είναι το IFC το οποίο κυρίως αντιμετωπίζει θέματα που σχετίζονται με την ανταλλαγή δεδομένων BIM και συμβάλλει στην επικοινωνία και συνεργασία πολλών πλατφόρμων BIM με στόχο την επίτευξη της διαλειτουργικότητας (ISO 16739 2013).

Το πρότυπο IFC αποτελείται από απλές και κατανοητές οντότητες για τη διαχείριση χωρικών και σημασιολογικών πληροφοριών σχετικά με τις οντότητες ενός κτηρίου καθώς επίσης και για τη μοντελοποίηση των χωρικών σχέσεων που δημιουργούνται μεταξύ αυτών (Daum and Bormann, 2014). Επομένως, το ανοιχτό αυτό πρότυπο θα μπορούσε να θεωρηθεί ως ένα σημαντικό και αξιόπιστο μοντέλο δεδομένων για την 3D ψηφιακή διαχείριση δεδομένων σχετικών με περίπλοκους χώρους ιδιοκτησίας (IJGIS-2015-0604.R2,Atazadeh).

Η επικείμενη χρήση του προτύπου IFC πρόκειται να αποτελέσει βάση για τη διαχείριση, αποθήκευση και απεικόνιση των φυσικών, χωρικών και νομικών πληροφοριών μέσα σε ένα διαλειτουργικό περιβάλλον BIM. Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε περιλαμβάνει τρία βασικά στάδια:

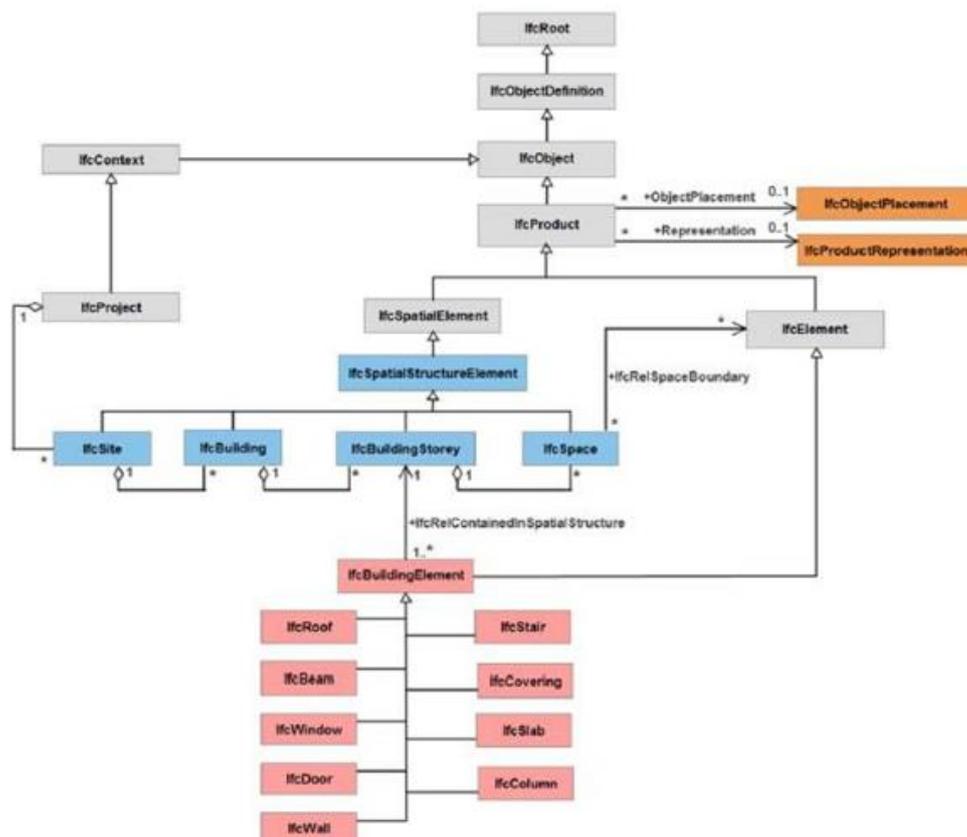
1. *Ανάλυση απαιτήσεων σε στοιχεία για τη σωστή διαχείριση 3D πληροφοριών.*
2. *Σωστή διαμόρφωση της επέκτασης του IFC, όλες οι οντότητες που χρειαζόμαστε προστίθενται και στην συνέχεια επεκτείνονται μαζί με τα απαραίτητα 3D δεδομένα. Χρησιμοποιήθηκε η γλώσσα μοντελοποίησης δεδομένων EXPRESS για την μοντελοποίηση των αναφερόμενων οντοτήτων εφόσον το πρότυπο αναπτύσσεται στην προγραμματιστική γλώσσα EXPRESS (Schenck and Wilson 1994).*
3. *Ανάπτυξη πρωτότυπου BIM μοντέλου σε πραγματικό πολυώροφο κτήριο για την εφαρμογή της επέκτασης αυτής, για διαχείριση και οπτικοποίηση σύνθετων χώρων ιδιοκτησίας.*

Τα στοιχεία για την διαχείριση 3D δεδομένων κατηγοριοποιούνται σε δυο κύριες κατηγορίες, χωρικά και φυσικά.

A. Χωρικά στοιχεία: Η ανώτερη οντότητα στο πρότυπο IFC για τα χωρικά στοιχεία είναι η 'IfcSpatialElement'. Τα στοιχεία αυτά χρησιμοποιούνται για τη μοντελοποίηση διαφόρων χωρικών δομών για ένα έργο. Για ιεραρχικές χωρικές δομές υπάρχουν δύο κύριες γενικές οντότητες:

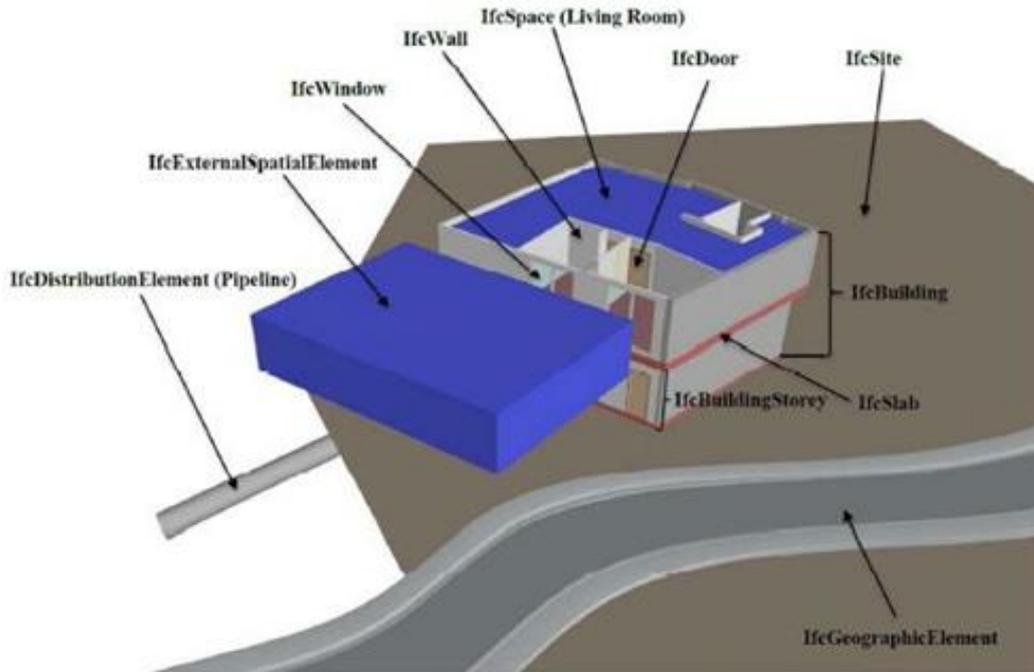
- 1) 'IfcSpatialStructureElement': συνιστά τη γενική ανώτερη κλάση για τις οντότητες ορίζοντας τον εξωτερικό χώρο (IfcSite), το κτήριο (IfcBuilding), τους ορόφους κτηρίων (IfcBuildingStorey) και εσωτερικούς χώρους (IfcSpace).
- 2) 'IfcExternalSpatialStructureElement': συνιστά τη γενική ανώτερη κλάση για την 'IfcSpatialStructureElement' οντότητα που χρησιμοποιείται για τη μοντελοποίηση εξωτερικών περιοχών και εναέριων χώρων γύρω από τον χώρο του κτηρίου.

Β. Φυσικά στοιχεία: Η κλάση 'IfcElement' αποτελεί τη γενική ανώτερη κλάση για τις οντότητες που μοντελοποιούν φυσικά υπάρχοντα αντικείμενα όπως: στοιχεία κτηρίων (IfcBuildingElement), διανομή στοιχείων (IfcDistributionElement) και γεωγραφικά στοιχεία (IfcGeographicalElement). Τα στοιχεία των κτηρίων ορίζουν την αρχιτεκτονική δομή των κτηρίων (τοιχοί, παράθυρα, πόρτες, οροφή, δάπεδο). Τα στοιχεία διανομής αναπαριστούν διαφορετικούς τύπους δικτύων μέσα και γύρω από το κτήριο όπως για παράδειγμα αγωγοί και καλώδια. Τέλος, τα γεωγραφικά στοιχεία αναπαριστούν γεωχωρικά χαρακτηριστικά όπως δρόμοι, δέντρα, γέφυρες και μονοπάτια.



Εικόνα 4.1 : Φυσικές και χωρικές οντότητες στο IFC μοντέλο.

Πηγή : Atazadeh 2016



Εικόνα 4.2 : Απεικόνιση χωρικών και φυσικών στοιχείων απαραίτητων για την διαχείριση 3D δεδομένων

Πηγή: IJGIS-2015-0604.R2, Atazadeh

Η δημιουργία IFC μοντέλου δεδομένων και η μετέπειτα επέκτασή του συνιστά την ύπαρξη BIM μοντέλου. Για την δημιουργία του BIM μοντέλου έγινε χρήση του λογισμικού Revit. Στην συνέχεια ακολούθησε η μετατροπή αυτού σε IFC μορφότυπο. Η οπτικοποίηση του IFC με ενσωματωμένες τρεις διαθέσιμες φυσικές, χωρικές και νομικές πληροφορίες πραγματοποιήθηκε μέσω ανοιχτών λογισμικών όπως είναι τα IFC Viewer, BIM Vision, usBIM Viewer, Tekla BIMsight, ακόμα και μέσω του διαδικτυακού ανοιχτού σέρβερ BIMserver που δημιουργήσαμε για στο πλαίσιο της διαλειτουργικότητας.

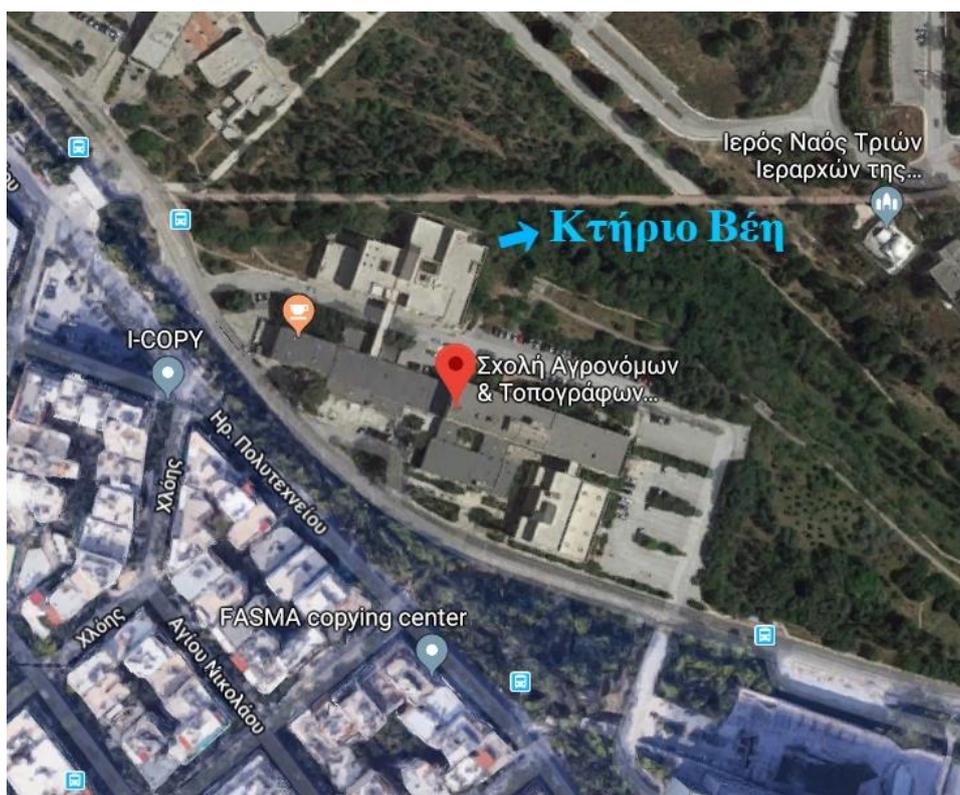
4.4 Εφαρμογή

Στην διάρκεια της έρευνας και αξιολόγησης της τεχνολογίας BIM, εξετάζεται η παραγωγή ενός τρισδιάστατου μοντέλου με υψηλό επίπεδο λεπτομέρειας σε συνδυασμό με τις δυνατότητες καταγραφής και διαχείρισης πολλαπλών κτηριακών και χωρικών πληροφοριών. Αξιολογείται η μεθοδολογία αυτή ως προς τις δυνατότητες που προσφέρει για την παραγωγή 3D μοντέλων γρήγορα και λειτουργικά.

4.5 Το Κτήριο Βέη

Το κτήριο της μελέτης είναι το γνώριμο κτήριο «Βέη» της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου και συγκεκριμένα λειτουργικό κομμάτι της σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών. Χαρακτηριστικά η επίσημη ιστοσελίδα της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών σημειώνει ότι, «Το 2001 η ΣΑΤΜ σε αναγνώριση του συνόλου της προσφοράς του Ομότιμου Καθηγητή κ. Γ. Βέη στη Σχολή και στο ΕΜΠ, μετά από ομόφωνη απόφαση της Σχολής και επικύρωσή της από την Σύγκλητο ονόμασε το ΒΔ κτήριο του συγκροτήματος της ΣΑΤΜ σε κτήριο Βέη.»

Το κτήριο αποτελείται από υπόγειο, ισόγειο χώρο καθώς και δυο ορόφους. Στον χώρο του ισογείου θα βρει κανείς τα δύο από τα τρία αμφιθέατρα της σχολής (Αμφιθέατρα Β1 και Β2) στα οποία πραγματοποιούνται διαλέξεις αλλά και φοιτητικές συνελεύσεις, όπως επίσης και την κεντρική Γραμματεία της σχολής. Το υπόγειο φιλοξενεί κυρίως μηχανολογικές εγκαταστάσεις ενώ οι δυο όροφοι περιέχουν γραφεία καθηγητών και εργαστήρια διαφόρων τομέων.



Εικόνα 4.3 : Το ΒΔ κτήριο του συγκροτήματος ΣΑΤΜ ή αλλιώς κτήριο Βέη

Πηγή: Google Maps

4.6 Λογισμικό και Δεδομένα Εισόδου

Καθοριστικής σημασίας για την εξέλιξη της μελέτης ήταν η επιλογή του κατάλληλου λογισμικού για τη μοντελοποίηση του κτιρίου. Θα πρέπει να αναφερθεί ότι κανένα πακέτο δεν υπερτερεί πλήρως έναντι ενός άλλου, ενώ υπάρχουν και επιπρόσθετα εργαλεία ανάλυσης τα οποία επιτρέπουν για παράδειγμα θερμική και ενεργειακή προσομοίωση, εκτίμηση κόστους, προγραμματισμό της κατασκευής, κ.ά. Έτσι, η επιλογή του κατάλληλου λογισμικού εξαρτάται από τις απαιτήσεις του χρήστη και τη σωστή ενημέρωσή του σχετικά με τις δυνατότητες και τους περιορισμούς του κάθε λογισμικού. Τα βασικά σημεία επιλογής του κατάλληλου πακέτου λογισμικού είναι (Langdon, 2012):

- ✓ Εύρος υποστήριξης στην αγορά
- ✓ Μέγεθος και δυνατότητα διαχείρισης των βιβλιοθηκών (συμπεριλαμβανομένης της υποστήριξης για τα IFC συμβατά αντικείμενα)
- ✓ Εύρος των διαθέσιμων εργαλείων μοντελοποίησης (π.χ. μοντελοποίηση της κατασκευαστικής αλληλουχίας)
- ✓ Οπτική απεικόνιση και δυνατότητα εικονικών περιηγήσεων
- ✓ Απαιτούμενο λειτουργικό σύστημα (π.χ. Windows, Mac OS X) και υλικό (hardware)
- ✓ Η διαλειτουργικότητα με άλλα συστήματα και υποστηρικτικά εργαλεία ανάλυσης
- ✓ Το κόστος και η ευκολία εγκατάστασης

Η μοντελοποίηση πραγματοποιήθηκε σε λογισμικό Revit Architecture. Το Revit Architecture αποτελεί ένα πακέτο μοντελοποίησης κτιριακών δεδομένων με χρήση της παραμετρικής τεχνολογίας και ως εκ τούτου τα αντικείμενα ορίζονται με βάση τις παραμέτρους. Επιπλέον, κάθε αντικείμενο ταξινομείται με βάση τη λειτουργία του στο κτίριο (π.χ. πόρτες, παράθυρα, δομικά στοιχεία, στοιχεία επίπλωσης, κ.λπ.), ενώ η σχέση μεταξύ τους βασίζεται επίσης στην αρχιτεκτονική τους λειτουργία (π.χ. οι τοίχοι μπορούν να φιλοξενήσουν ανοίγματα).

Ακόμη, η θέση, το μέγεθος και άλλες ιδιότητες των αντικειμένων μπορούν να προσδιοριστούν έμμεσα μέσω περιορισμών και σχέσεων με άλλα αντικείμενα (π.χ. μία πόρτα πρέπει να βρίσκεται στο μέσο ενός τοίχου, ανεξαρτήτως του μήκους του τοίχου ή ένα παράθυρο θα βρίσκεται σε σταθερή απόσταση από ένα άλλο).

Με τον τρόπο αυτό αποφεύγεται ο συνεχής έλεγχος των διαστάσεων και της θέσης των αντικειμένων κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού (Fox and Balding, 2009).

Όσο αφορά την διαλειτουργικότητα του εγχειρήματος, αυτή επιτεύχθηκε με την χρήση του ανοιχτού προτύπου IFC και του ανοιχτού εξυπηρετητή BIMServer.

Τα αναγκαία αρχιτεκτονικά σχέδια για κάθε όροφο και συγκεκριμένα τις κατόψεις αλλά και τα διαγράμματα χρήσεων των χώρων μου παραχωρήθηκαν με την βοήθεια του κ. Λαμπρόπουλου, ενώ στοιχεία όπως διαστάσεις παραθύρων, πορτών και όψεις αντλήθηκαν από προσωπικές μετρήσεις, καταγραφές και φωτογραφίες.

Κύριος στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι, η αξιοποίηση των δυνατοτήτων της μοντελοποίησης της τεχνολογίας BIM με χρήση του λογισμικού Revit, αρχικά για την τρισδιάστατη απεικόνιση του κτηρίου με σημασιολογικό περιεχόμενο, έπειτα για την διαχείριση των χώρων και των διαθέσιμων κτηριακών πληροφοριών και τελικά για την δυνατότητα διαλειτουργικότητας του μοντέλου μέσω ανοιχτών προτύπων και λογισμικών.

4.7 Μεθοδολογία 3D Μοντελοποίησης

4.7.1 Βασικά στάδια

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, το κτήριο μελέτης αποτελείται από υπόγειο χώρο, δύο ορόφους και περιβάλλοντα χώρο. Τα βασικά βήματα που ακολουθήθηκαν αλλά και προτείνονται στο διεθνή χώρο μοντελοποίησης με το συγκεκριμένο λογισμικό είναι τα εξής:

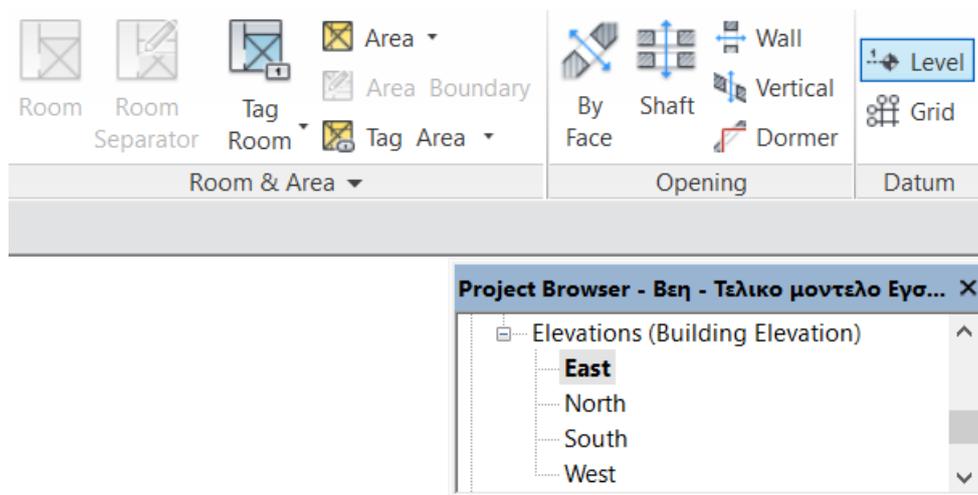
4.7.1.1 Στάθμες - Επίπεδα

Σε πρώτο στάδιο, δημιουργήθηκαν τα απαραίτητα επίπεδα του κτηρίου. Τα επίπεδα εκτείνονται στο άπειρο και λειτουργούν ως επίπεδα αναφοράς για τη διευκόλυνση της τοποθέτησης των διαφόρων αντικειμένων όπως τα δάπεδα, οι στέγες και οι οροφές. Ο αριθμός τους συνήθως ταυτίζεται με τον αριθμό των επιπέδων ενός κτιρίου, ωστόσο στάθμες μπορούν να δημιουργηθούν για κάθε επίπεδο που χρειάζεται αναφορά, π.χ. το κατώτερο επίπεδο σε ένα αμφιθέατρο, επίπεδα του περιβάλλοντα χώρου. Οι στάθμες των επιπέδων κάθε κτιρίου απεικονίζονται στον πίνακα 5.1. Όπως προκύπτει από τον πίνακα, συνολικά το κτήριο αναπτύσσεται σε πέντε βασικές στάθμες και επιπλέον δυο που βοηθούν στην αναπαράσταση του περιβάλλοντα χώρου και των αμφιθεάτρων.

Στάθμη	Ύψος(+/-m)
Υπόγειο	-6.72
Περιβάλλοντας Χώρος	-5.35
Αμφιθέατρα	-4.72
Ισόγειο	-3.22
Πρώτος Όροφος	0.28
Δεύτερος Όροφος	4.08
Ταράτσα	7.88

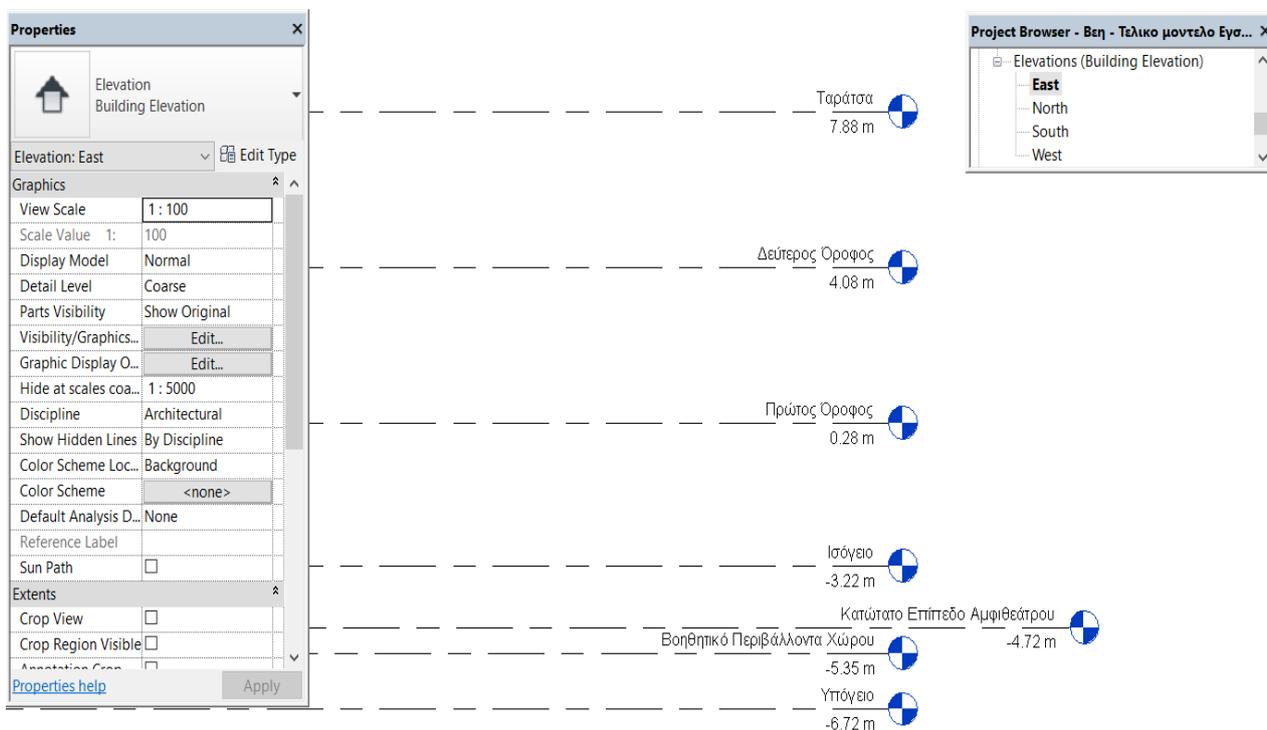
Πίνακας 4.1 : Βασικές επιφάνειες του κτηρίου Βέη

Η διαδικασία στο λογισμικό πραγματοποιείται ως εξής: Αφού έχει επιλεγεί η προβολή μιας όψης π.χ. Βόρεια, Νότια, Δυτική ή Ανατολική, εισάγουμε το επίπεδο από την εντολή Level καθώς και το ύψος του, θετικό ή αρνητικό. Αυτό γίνεται για όλα τα επίπεδα ή στάθμες που έχουμε σύμφωνα πάντα με τις διαθέσιμες κατόψεις των εγκαταστάσεων.



Εικόνα 4.4 : Στιγμιότυπο από το λογισμικό όπου φαίνεται η επιλογή τυχαίας όψης και η εντολή δημιουργίας νέου επιπέδου Level. (Λογισμικό Revit Architecture)

Παρακάτω παρουσιάζεται το επιθυμητό αποτέλεσμα, με ύψη και ονόματα για κάθε επίπεδο.

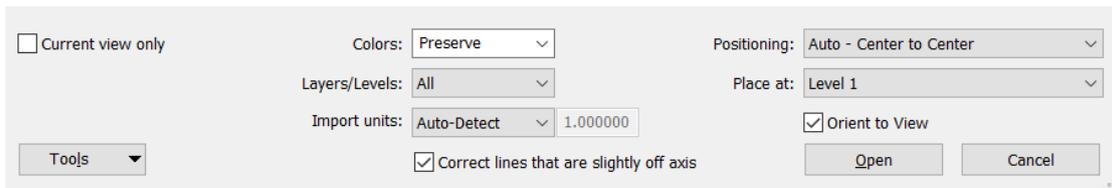
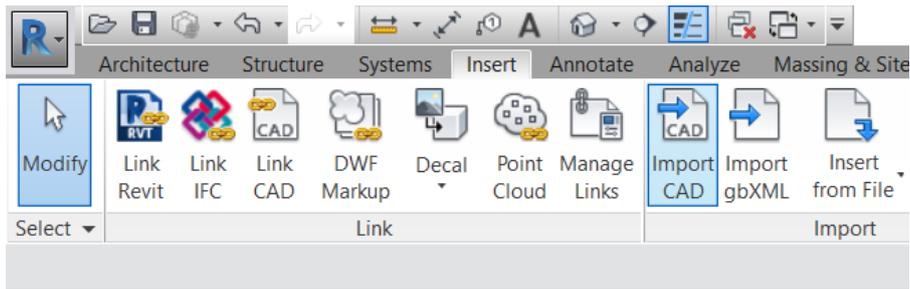


Εικόνα 4.5 : Όλα τα απαραίτητα επίπεδα για την κατασκευή του μοντέλου όπως φαίνονται σε οποιαδήποτε όψη. (Λογισμικό Revit Architecture)

4.7.1.2 Εισαγωγή Κατόψεων

Τα δυο πρώτα βήματα είναι πολύ σημαντικά καθώς από αυτά θα ληφθεί αργότερα η πληροφορία του υσομέτρου για την τρισδιάστατη απεικόνιση. Την δημιουργία των επιπέδων της απεικόνισης ακολουθεί η εισαγωγή των κατόψεων σε κάθε αντίστοιχο επίπεδο και έπειτα τοποθέτηση αυτών σε συγκεκριμένη και ίδια θέση με χρήση των βοηθητικών σημείων του λογισμικού (survey point και project base point).

Με την εντολή Import CAD γίνεται η εισαγωγή κάτοψης σε επίπεδο της επιλογής μας.

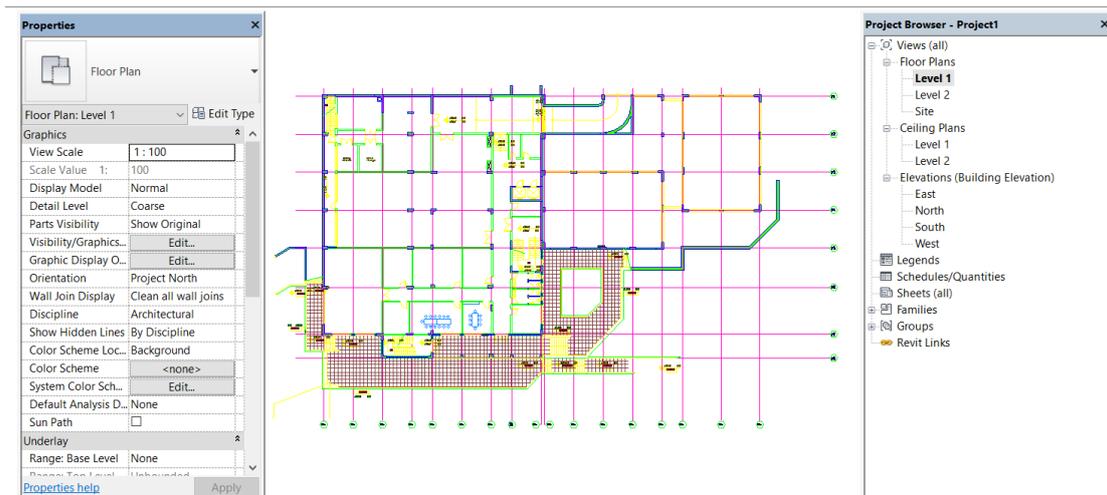


Εικόνες 4.6 και 4.7 : Αναπαράσταση των απαραίτητων βημάτων με την βοήθεια του λογισμικού Revit Architecture

Import Units: Μονάδες του εισαγόμενου σχεδίου, επιλέγονται αυτόματα

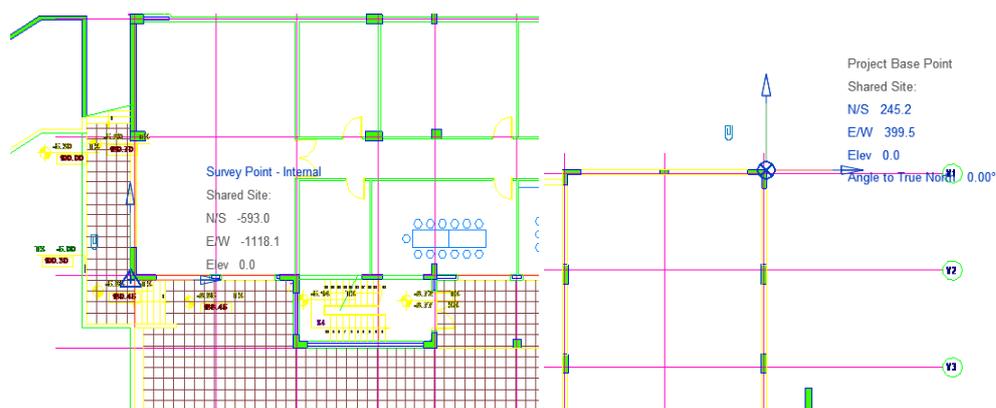
Positioning: Auto – Center to Center, τοποθετεί την κάτοψη στο κέντρο του προβαλλόμενου επιπέδου

Place at: Επιλογή επιπέδου εισαγωγής της κάτοψης



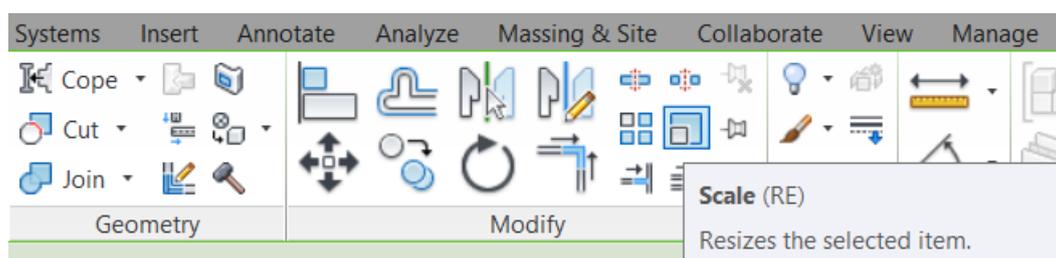
Εικόνα 4.8: Επιτυχημένη εισαγωγή κάτοψης

Σημαντική έπειτα είναι η τοποθέτηση όλων των κατόψεων στο ίδιο σημείο σε κάθε επίπεδο ώστε να επιτευχθεί στην συνέχεια η τρισδιάστατη απεικόνιση Αυτό θα πετύχουμε με την τοποθέτηση των σημείων project base point και survey point σε ακραίες θέσεις των κατόψεων και με την μετέπειτα μετακίνηση κάθε κάτοψης στις προκαθορισμένες αυτές θέσεις.



Εικόνες 4.9 και 4.10 : Τοποθέτηση των σημείων pbr και sp σε αντιδιαμετρικά σημεία του κτηρίου για την «σταθεροποίηση» των κατόψεων

Με το τέλος της εισαγωγής όλων των κατόψεων είναι σημαντικό να διορθώσουμε την κλίμακα, στην επιθυμητή. Αυτό θα πετύχουμε με την εντολή Scale και την υποεπιλογή Graphical, επιλέγοντας ένα αντικείμενο γνωστών διαστάσεων και διορθώνοντας το προς τις πραγματικές διαστάσεις.



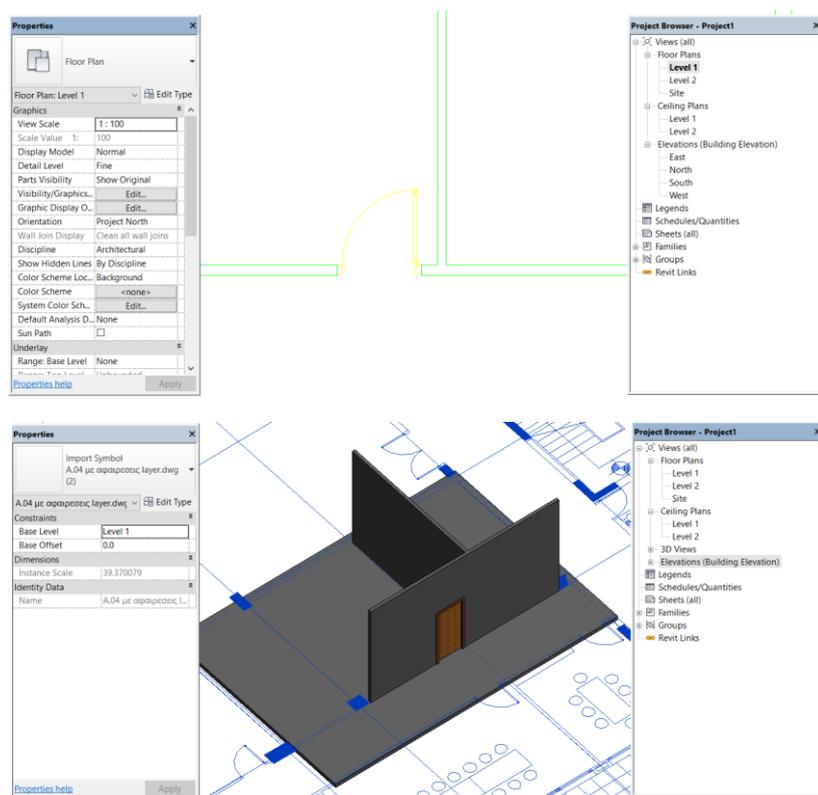
Εικόνα 4.11 : Η εντολή Scale

4.7.1.3 Μοντελοποίηση

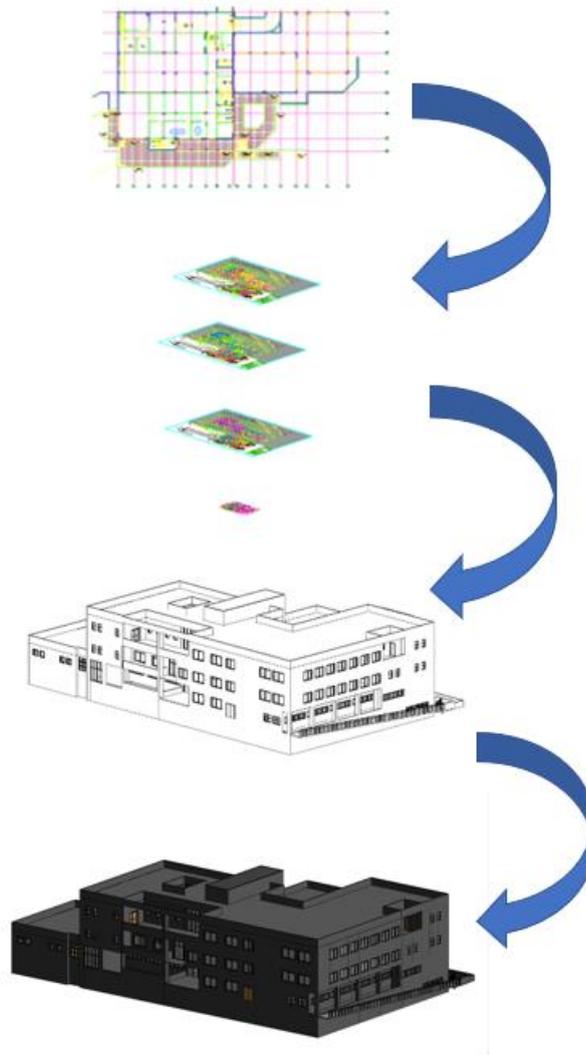
Η μοντελοποίηση των διαφόρων αντικειμένων ακολούθησε την ίδια λογική με την εισαγωγή των κατόψεων, πραγματοποιήθηκε δηλαδή ανάλογα με τη στάθμη στην οποία άνηκε το κάθε αντικείμενο, με οδηγό το «ίχνος» της δυσδιάστατης κάτοψης. Οι κατηγορίες των αντικειμένων μοντελοποίησης που χρησιμοποιήθηκαν ήταν τοιχοποιίες, υποστυλώματα, πλάκες, στέγες, πόρτες, παράθυρα, κλίμακες, κιγκλιδώματα, ράμπες, επιφάνεια εδάφους. Στοιχεία που επαναλαμβάνονται σε παραπάνω από μία στάθμες όπως υποστυλώματα και εξωτερικοί τοίχοι επιλέγουμε να υψώνονται αυτόματα αντί να τα παράγουμε κάθε φορά.

Η σειρά της μοντελοποίησης που προτείνεται είναι από το γενικό προς το ειδικό, δηλαδή πρώτα δημιουργούμε τους εξωτερικούς τοίχους ώστε το μοντέλο να αποκτήσει μια γενική εικόνα, έπειτα προσθέτουμε τα πατώματα σε κάθε επίπεδο και στην πορεία εσωτερικούς τοίχους, παράθυρα, πόρτες κλπ.

Παρακάτω ακολουθεί ένα παράδειγμα μοντελοποίησης εσωτερικού τοίχου, δαπέδου και πόρτας σε ένα μικρό τμήμα του υπογείου.



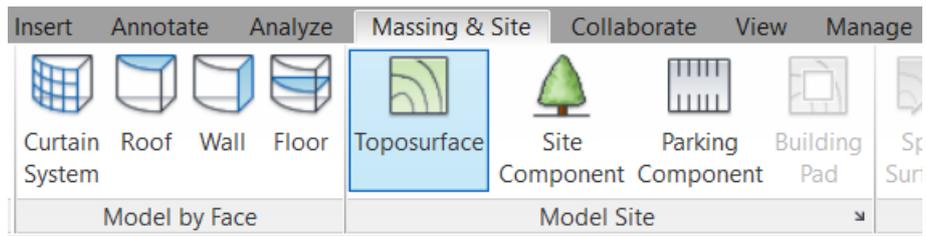
Εικόνες 4.12 και 4.13 : Με οδηγό την κάτοψη τοποθετήθηκε ο μετρημένος από την κάτοψη τοίχος πάχους 100mm, η πόρτα στο σημείο που υποδεικνύεται και ένα δείγμα δαπέδου.



Εικόνα 4.14 : Γραφική απεικόνιση των βημάτων μοντελοποίησης μέσα από το λογισμικό Revit Architecture

4.7.2 Μορφοποίηση εδάφους

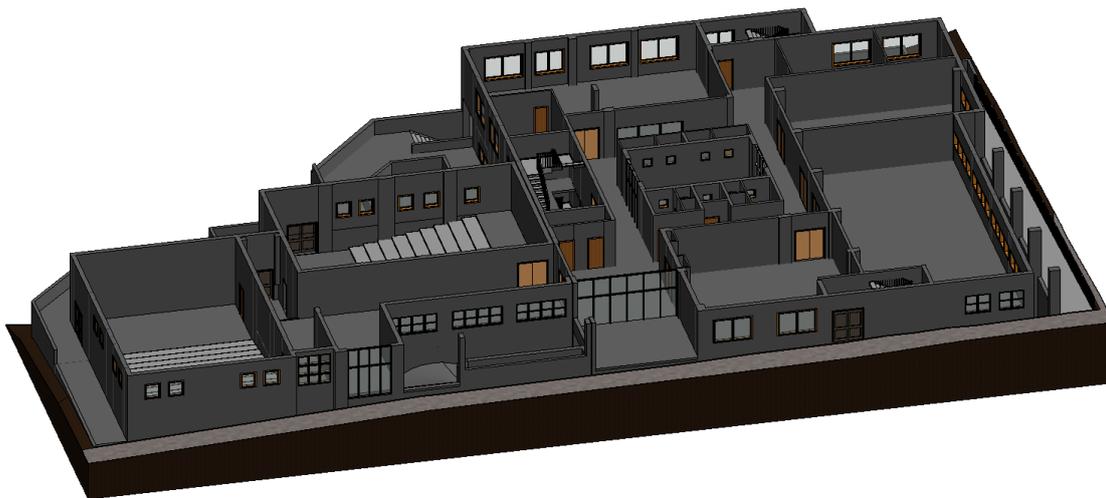
Το λογισμικό δίνει την δυνατότητα της πιστής αναπαράστασης της μορφολογίας του εδάφους γύρω από το κτήριο μελέτης. Η εντολή Toposurface σε συνδυασμό με τα υψομετρικά σημεία που εμπεριέχονται στα σχέδια μας δίνουν ένα πολύ ρεαλιστικό αποτέλεσμα.



Εικόνα 4.15 : Η εντολή μορφολογίας εδάφους Toposurface.
(Revit Architecture)



Εικόνα 4.16 : Το τελικό τρισδιάστατο μοντέλο και η μορφολογία του εδάφους (Revit Architecture – Toposurface)



Εικόνα 4.17 : Άποψη του ισογείου του τρισδιάστατου μοντέλου. (Revit Architecture)

4.7.3 Γεωαναφορά

Για λόγους ευκολίας προτιμάται η μοντελοποίηση να γίνεται χωρίς τον πραγματικό προσανατολισμό του μοντέλου και με ένα σύστημα συντεταγμένων τοπικό, του λογισμικού. Όταν ολοκληρωθεί όμως η μοντελοποίηση μπορούμε εύκολα να δώσουμε συντεταγμένες ΕΓΣΑ στο μοντέλο και αυτό να αποκτήσει τον πραγματικό του προσανατολισμό. Η γεωαναφορά μπορεί να γίνει με δυο τρόπους.

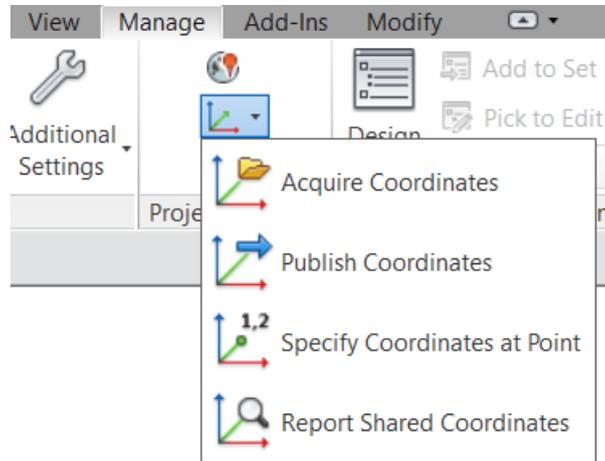
4.7.3.1 Σύνδεση με γεωαναφερμένα σχέδια

Αν τα σχέδια που έχουμε στην διάθεση μας εμπεριέχουν συντεταγμένες ΕΓΣΑ τότε μπορούμε με την εντολή *Acquire Coordinates* να συνδέσουμε το μοντέλο μας με το σχέδιο συντεταγμένων ΕΓΣΑ και αυτομάτως το μοντέλο μας να αποκτήσει τον πραγματικό προσανατολισμό.

4.7.3.2 Χειροκίνητη προσθήκη συντεταγμένων

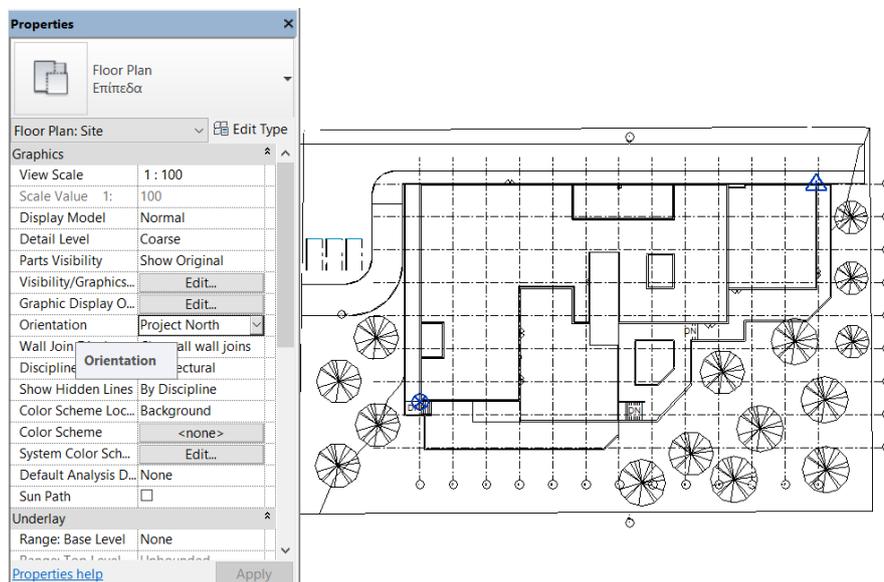
Σε περίπτωση που δεν διαθέτουμε σχέδια με συντεταγμένες ΕΓΣΑ αλλά παρόλα αυτά μπορούμε να βρούμε συντεταγμένες τουλάχιστον δύο σημείων του μοντέλου μας είτε

με τοπογραφικές μετρήσεις, μετρήσεις GPS, είτε από την υπηρεσία θέασης ορθοφωτογραφιών της ΕΚΧΑ ΑΕ (μικρότερη ακρίβεια), τότε μπορούμε να τις προσθέσουμε στο μοντέλο με την εντολή *Specify Coordinates At Point*

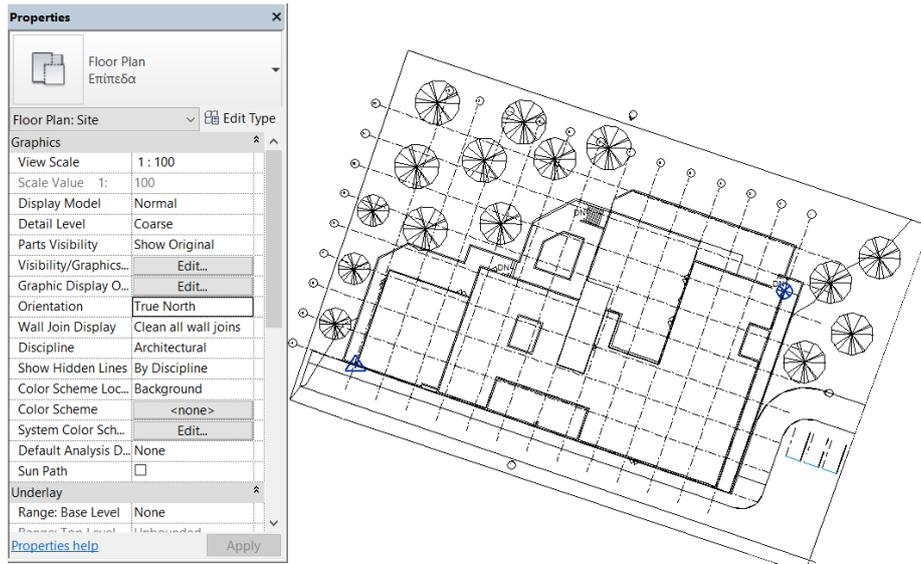


Εικόνα 4.18 : Εντολές γεωαναφοράς (Revit Architecture)

Παρακάτω παρουσιάζεται το μοντέλο πριν την γεωαναφορά με Βορρά του λογισμικού (Project North) και μετά την γεωαναφορά με πραγματικό προσανατολισμό (True North)



Εικόνα 4.19 : Μοντέλο χωρίς προσανατολισμό (Project North)



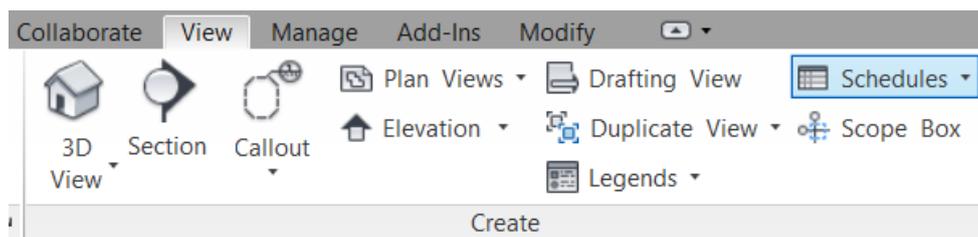
Εικόνα 4.20 : Η θέση του μοντέλου μετά τον προσανατολισμό (True North)



Εικόνα 4.21 : Το κτήριο Βέη στην υπηρεσία θέασης ορθοφωτογραφιών της ΕΚΧΑ ΑΕ

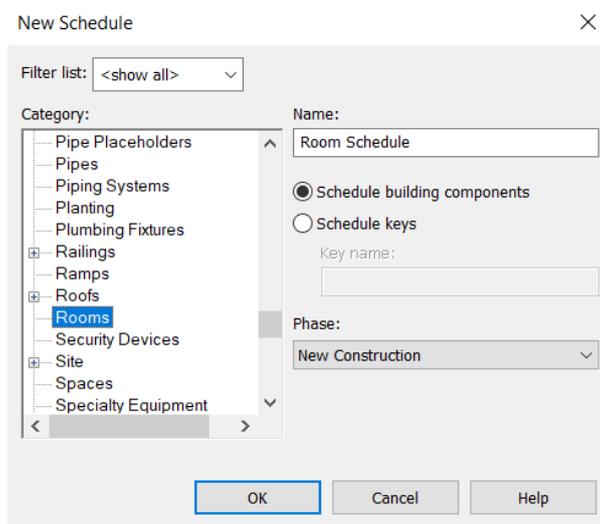
4.8 Διαχείριση

Το λογισμικό Revit δίνει την δυνατότητα άντλησης πληροφοριών όπως είναι π.χ. τα εμβαδά και οι όγκοι όλων των κλειστών χώρων αλλά και την δυνατότητα ενημέρωσης του μοντέλου με διαθέσιμες πληροφορίες όπως, χρήσεις χώρων, τοποθέτηση προσωπικού σε κάθε χώρο κλπ. Οι πληροφορίες αυτές οργανώνονται σε αντίστοιχους πίνακες, το περιεχόμενο των οποίων ορίζει ο χρήστης και ονομάζονται “Schedules”.

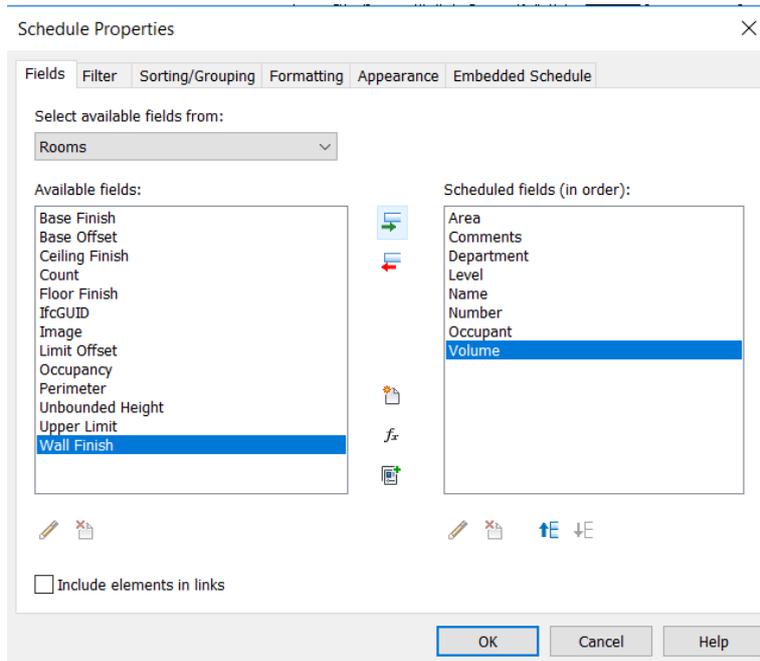


Εικόνα 4.22 : Η εντολή για την δημιουργία πίνακα πληροφοριών ή αλλιώς Schedule στο περιβάλλον του λογισμικού

Καθώς στόχος μας ήταν η διαχείριση πληροφοριών όσο αφορά τους χώρους, το είδος της χρήσης του καθενός αλλά και το την τοποθέτηση του προσωπικού σε αυτούς επικεντρωθήκαμε στην δημιουργία ενός συγκεντρωτικού πίνακα με βάση τα δωμάτια όπως ονομάζει το λογισμικό κάθε λογής κλειστό χώρο. Τέλος, έγινε επιλογή των εξής δεδομένων για εισαγωγή στον πίνακα: Όνομα δωματίου, Αριθμός δωματίου, Εμβαδό, Όγκος, Χρήση δωματίου, Απευθυνόμενος τομέας και Προσωπικό απασχόλησης.



Εικόνα 4.23 : Δημιουργία Πίνακα Πληροφοριών Δωματίων.



Εικόνα 4.24 : Εισαγωγή πληροφοριών στον πίνακα

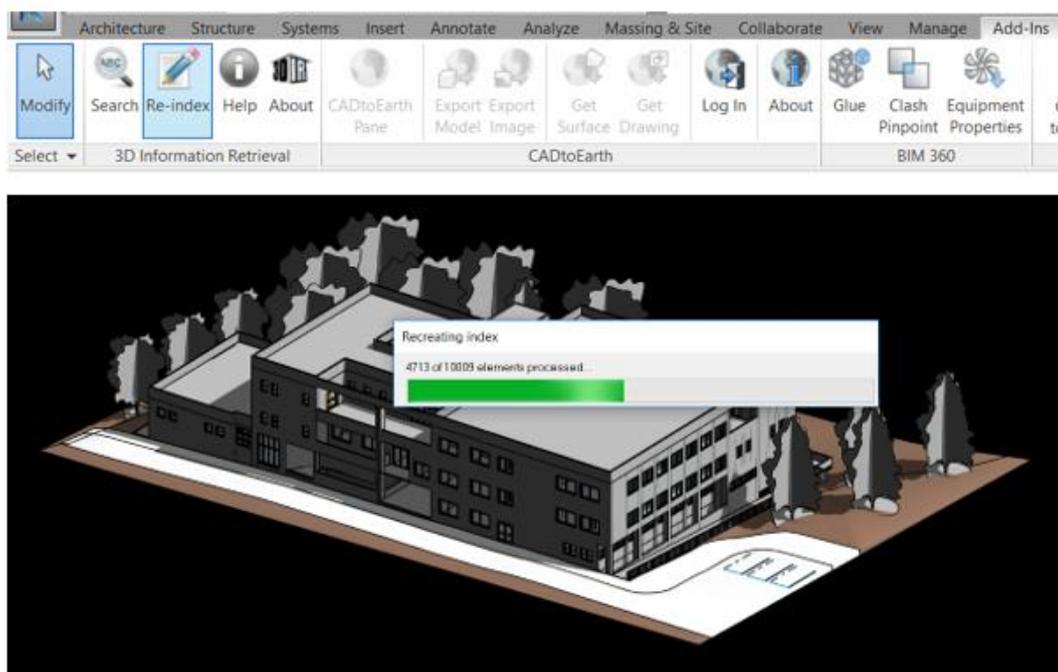
ΧΡΗΣΕΙΣ ΧΩΡΩΝ						
A	B	C	D	E	F	G
ΕΠΙΠΕΔΟ	ΑΡΙΘΜΟΣ Χ	ΧΡΗΣΗ	ΕΙΔΙΚΑ	ΠΡΟΣΩΠΙΚΟ	ΕΜΒΑΔΟΝ	ΟΓΚΟΣ
Υπόγειο	-101	Γραφεία	Αποθήκη Αρχείου		15 m²	60.84 m³
Υπόγειο	-102	Γραφεία	Γραφεία		17 m²	66.76 m³
Υπόγειο	-103	Γραφεία	Γραφεία		30 m²	122.00 m³
Υπόγειο	-104	Γραφεία	Γραφεία		15 m²	60.82 m³
Υπόγειο	-107	Φωτοτυπική Μονάδα	Φωτοτυπική - Εκτυπωτική Μονάδα	Κωστωρρίζος Βασίλης	90 m²	360.93 m³
Υπόγειο	-108	Γραφεία	Πολυδύναμη Μονάδα 8		20 m²	81.84 m³
Υπόγειο	-109	Αρχείο	Αρχείο		35 m²	141.26 m³
Υπόγειο	-110	Κοινόχρηστοι Χώροι			20 m²	81.93 m³
Υπόγειο	-111	Μηχανολογικοί Χώροι			253 m²	1010.41 m³
Υπόγειο	-112	Μηχανολογικοί Χώροι			5 m²	19.20 m³
Υπόγειο	-113	Μηχανολογικοί Χώροι			8 m²	32.64 m³
Υπόγειο	-114	Μηχανολογικοί Χώροι			8 m²	30.80 m³
Υπόγειο	-115	Μηχανολογικοί Χώροι			77 m²	308.38 m³
Υπόγειο	-115α	Μηχανολογικοί Χώροι			10 m²	41.04 m³
Υπόγειο	-115β	Μηχανολογικοί Χώροι			11 m²	43.92 m³
Υπόγειο	-115γ	Μηχανολογικοί Χώροι			27 m²	106.91 m³
Υπόγειο	-116	Κοινόχρηστοι Χώροι	WC Ανδρών		5 m²	18.48 m³
Υπόγειο	-117	Κοινόχρηστοι Χώροι	WC Γυναϊκών		5 m²	18.48 m³
Υπόγειο	-118	Ανεκυστήρας			7 m²	26.52 m³
Υπόγειο	-119	Σκάλες			29 m²	116.20 m³
Υπόγειο	-120	Σκάλες			28 m²	113.19 m³
Ισόγειο	001	Αίθουσα Υποδοχής			101 m²	403.46 m³
Ισόγειο	002	Βιβλιοθήκη			199 m²	794.81 m³
Ισόγειο	003	Αίθουσες Συνελεύσεων - Συνεδρία	Αίθουσα Γενικής Συνέλευσης		80 m²	321.27 m³
Ισόγειο	004	Γραφεία	Γραφείο Προέδρου ΣΑΤΜ	Καρλατήρα Θεοδώρα(ΙΔΑΧ)	28 m²	112.24 m³
Ισόγειο	004α	Γραφεία	Γραφείο Προέδρου ΣΑΤΜ	Ιωαννίδης Χαράλαμπος(Καθηγ)	19 m²	75.44 m³
Ισόγειο	005	Γραμματείες	Γραμματεία ΣΑΤΜ	Δονά Αθηνά, Μπεζεριανού Μ	125 m²	499.46 m³
Ισόγειο	005α	Γραμματείες	Γραμματεία ΣΑΤΜ	Κρεμζή Θεοφανή	20 m²	79.56 m³
Ισόγειο	006	Αμφιθέατρα	Αμφιθέατρο Β1		161 m²	644.64 m³
Ισόγειο	007	Αμφιθέατρα	Αμφιθέατρο Β2		157 m²	629.86 m³
Ισόγειο	008	Ανεκυστήρας			7 m²	26.52 m³
Ισόγειο	009	Κοινόχρηστοι Χώροι	WC Γυναϊκών		5 m²	20.99 m³
Ισόγειο	010	Κοινόχρηστοι Χώροι	WC ΑΜΕΑ		3 m²	13.59 m³
Ισόγειο	011	Κοινόχρηστοι Χώροι	WC Ανδρών		5 m²	20.77 m³
Ισόγειο	012	Κοινόχρηστοι Χώροι	WC Ανδρών		3 m²	10.78 m³
Ισόγειο	013	Κοινόχρηστοι Χώροι	WC Γυναϊκών		3 m²	10.78 m³
Ισόγειο	014	Σκάλες			13 m²	52.00 m³
Ισόγειο	015	Σκάλες			37 m²	147.07 m³
Ισόγειο	016	Σκάλες			18 m²	73.56 m³
Πρώτος Όροφος	101	Γραμματείες	Γραμματεία Τομέα ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ	Κώση Βιβή(ΙΔΑΧ)	15 m²	59.64 m³
Πρώτος Όροφος	102	Γραφεία	Γραφείο Τομέα ΕΡΓΩΝ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ		18 m²	70.38 m³
Πρώτος Όροφος	103	Αίθουσες Συνελεύσεων - Συνεδρία	Αίθουσα Συνεδριάσεων Τομέα		76 m²	302.05 m³
Πρώτος Όροφος	104	Εργαστήρια	Εργαστήριο Δομικής Μηχανικής και Στοιχείων Τεχνικών Έργων	Σακελλαρίου Μιχάλης(Καθηγ)	30 m²	121.70 m³

Πίνακας 4.2 : Αναλυτικός πίνακας δωματίων "Room Schedule"

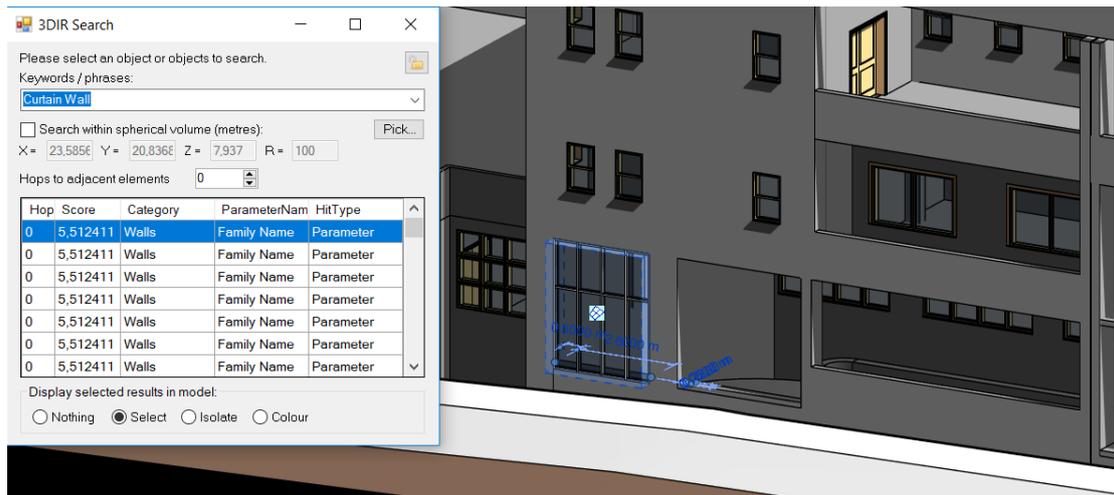
Ο πίνακας 5.2 περιέχει πληροφορίες που αφορούν το επίπεδο, τον αριθμό, την γενική χρήση, την ειδική χρήση, το προσωπικό, το εμβαδόν και τον όγκο για κάθε δωμάτιο-χώρο του κτηρίου.

4.8.1 Παραμετρική αναζήτηση

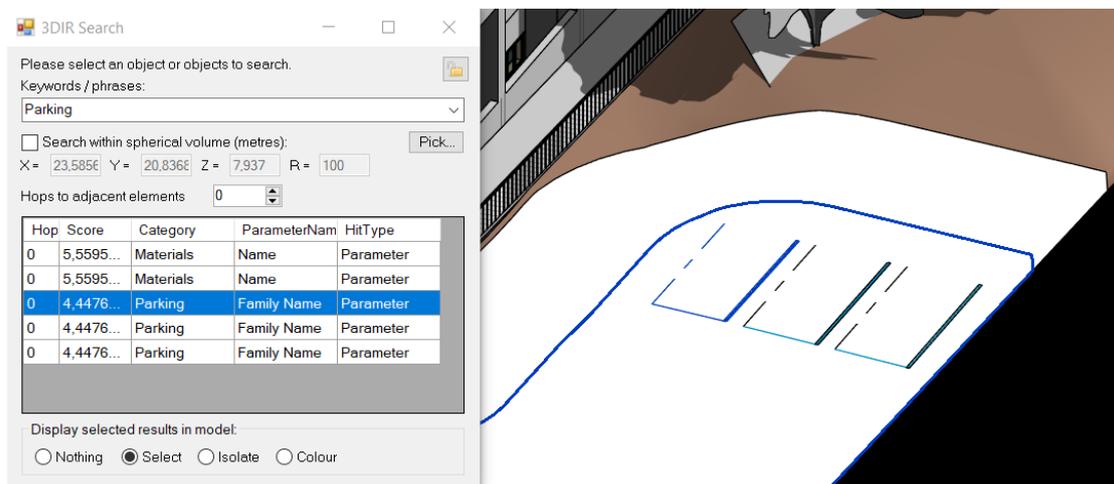
Το λογισμικό δίνει την δυνατότητα στον χρήστη να επεκτείνει τις δυνατότητες του συνδέοντας το με επεκτάσεις (Add-Ins). Στα πλαίσια της διαχείρισης του πλήθους των πληροφοριών, της ευκολίας χειρισμού, του μηδενικού κόστους (δωρεάν επέκταση) αλλά και της χρησιμότητας της επιλέχθηκε η επέκταση 3DIR (μηχανή αναζήτησης). Η εφαρμογή 3DIR λειτουργεί σε δύο στάδια. Αρχικά πραγματοποιεί ανάγνωση του μοντέλου, καταγράφοντας όλες τις παραμέτρους του, δομικές και περιγραφικές και στην συνέχεια δίνει την δυνατότητα στον χρήστη να αναζητήσει καταγραφές π.χ. τις πόρτες του μοντέλου, τα παράθυρα, υποστυλώματα κλπ.



Εικόνα 4.25 : Καταγραφή των παραμέτρων του μοντέλου (Revit Architecture, 3DIR)



Εικόνα 4.26 : Αποτελέσματα αναζήτησης για την παράμετρο τζαμαρία (Curtain Wall), (Revit Architecture, 3DIR)

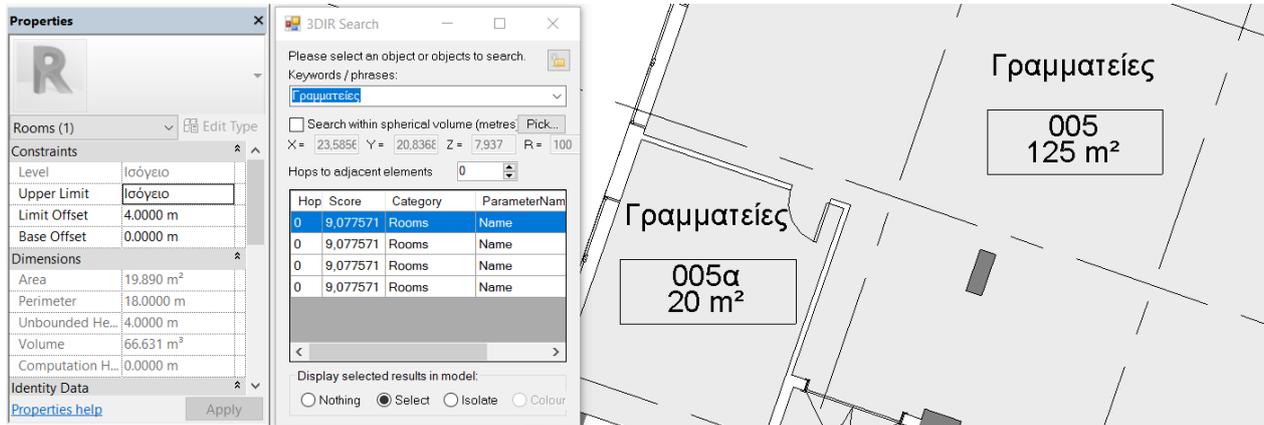


Εικόνα 4.27 : Αποτελέσματα αναζήτησης του όρου θέσεις στάθμευσης (parking), (Revit Architecture, 3DIR)

4.8.1.1 Παραμετρική αναζήτηση χώρων και προσώπων

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την διαχείριση του κτηρίου δίνει η δυνατότητα για αναζήτηση μέσω της επέκτασης 3DIR παραμέτρων που αφορούν τα δωμάτια όπως τον αριθμό, την γενική χρήση, την ειδική χρήση, το προσωπικό, στοιχεία που εμείς προσθέσαμε στο μοντέλο μέσω πίνακα (Schedule).

Η αναζήτηση μπορεί να γίνει με βάση την χρήση ενός δωματίου π.χ. Γραμματεία, Εργαστήριο ή Γραφείο.

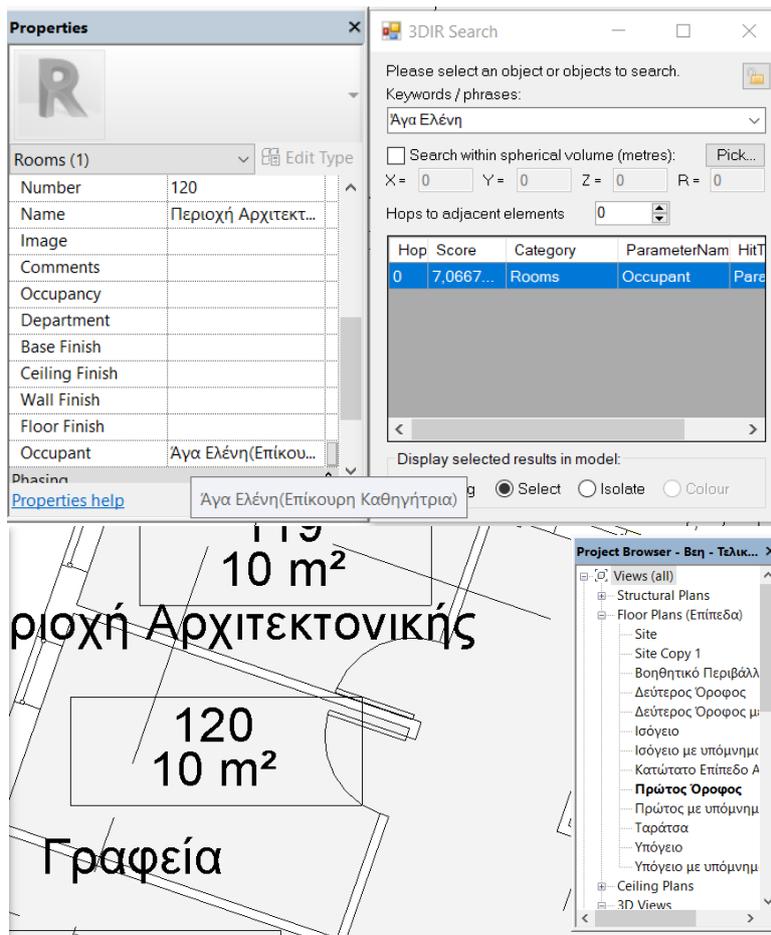


Εικόνα 4.28 : Αναζήτηση με βάση τον όρο Γραμματείες (Revit Architecture, 3DIR)

Το αποτέλεσμα της αναζήτησης με όρο την λέξη Γραμματείες ήταν η εμφάνιση όλων των δωματίων με την συγκεκριμένη χρήση. Επιλέγοντας κάποιο από αυτά, το λογισμικό εμφανίζει το δωμάτιο στην κάτοψη που απεικονίζεται ενώ ο το παράθυρο ιδιοτήτων (Properties) δίνει περαιτέρω πληροφορίες για τον χώρο όπως εμβαδό, όγκο, επίπεδο δωματίου, αριθμός δωματίου ακόμα και το προσωπικό που εργάζεται σ αυτό τον χώρο.

Η αναζήτηση μπορεί να γίνει με βάση το όνομα κάποιου προσώπου

Σε περίπτωση που η αναζήτηση γίνει με βάση συγκεκριμένο όνομα προσωπικού τότε το λογισμικό θα εμφανίσει το δωμάτιο στο οποίο το άτομο εντοπίζεται καθώς και τον όροφο, τον αριθμό και την χρήση του δωματίου.



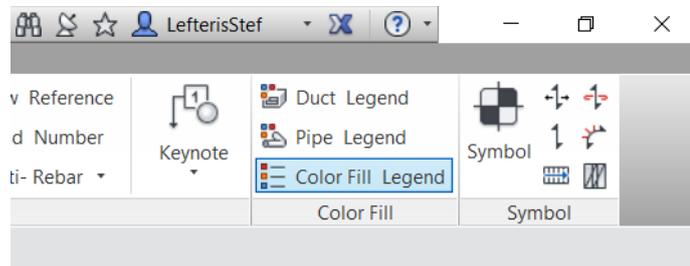
Εικόνες 4.29 και 4.30: Αποτελέσματα αναζήτησης με βάση το όνομα. (Revit Architecture, 3DIR)

4.9 Δημιουργία Χαρτών με Χρήσεις Χώρων

Η αποτελεσματική διαχείριση μια κτηριακής εγκατάστασης πέρα από την υλοποίηση και τρισδιάστατη μοντελοποίηση της η οποία θα συνεισφέρει στην συντήρηση, στον έλεγχο και την επικοινωνία μεταξύ των εμπλεκομένων καθώς το μοντέλο πραγματοποιήθηκε σε ανοιχτό πρότυπο, πρέπει να εξασφαλίζει και την λειτουργικότητα της ως προς το κοινό που εξυπηρετεί. Η δημιουργία ενός χάρτη για κάθε επίπεδο με ενημερωμένο υπόμνημα όσο αφορά τις χρήσεις των χώρων θα διευκολύνει στην περιήγηση και αναζήτηση συγκεκριμένων χώρων, ελαχιστοποιώντας τον χρόνο που απαιτείται για αυτό στο πλαίσιο της αποδοτικής λειτουργίας.

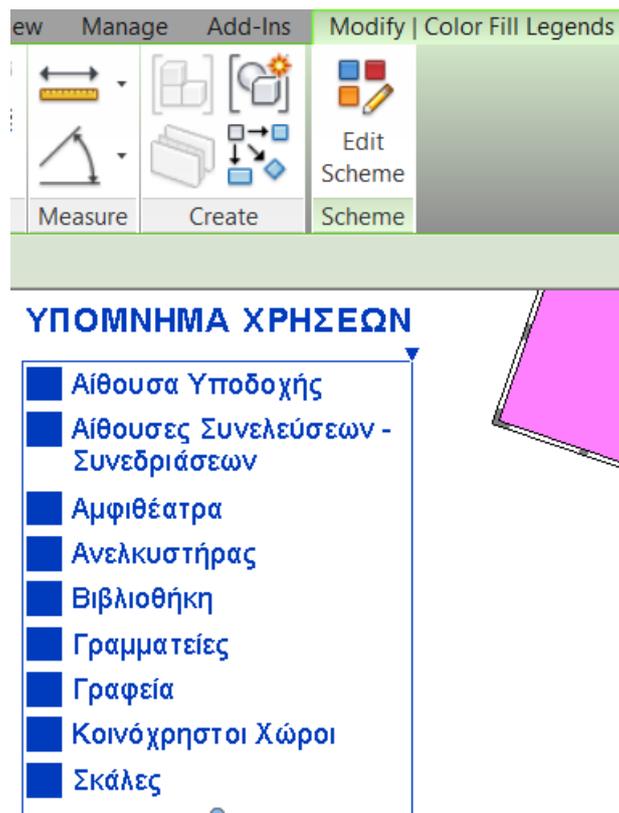
Το λογισμικό Revit Architecture με προϋπόθεση την επαρκής ενημέρωση των χώρων με τις αντίστοιχες χρήσεις τους δίνει την δυνατότητα στον χρήστη για δημιουργία χάρτη κάτοψης με τα εξής βήματα :

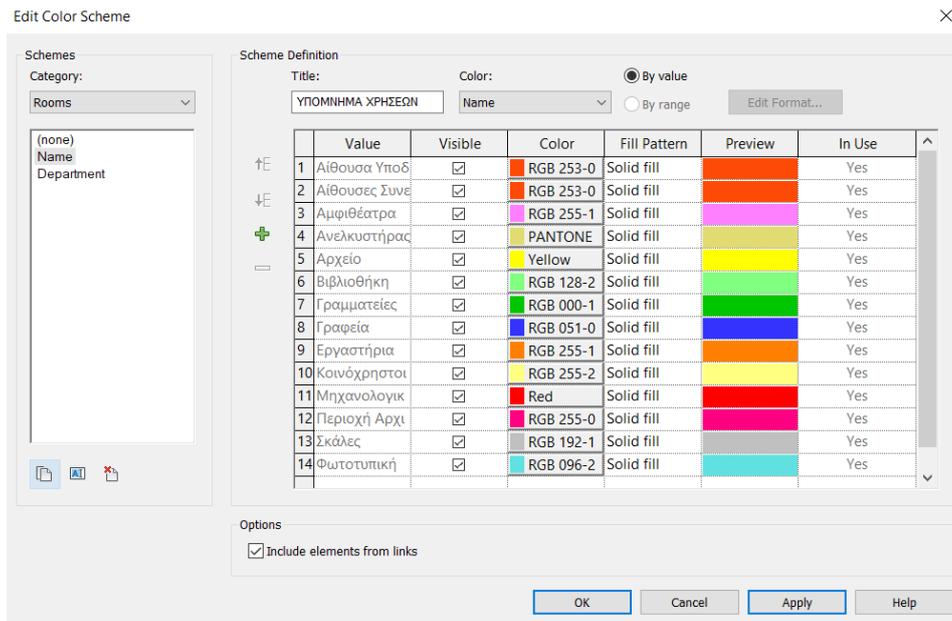
1. Για κάθε επίπεδο πραγματοποιείται η εντολή Color Fill Legend



Εικόνα 4.31 : Η εντολή Color Fill Legend στο λογισμικό (Revit Architecture)

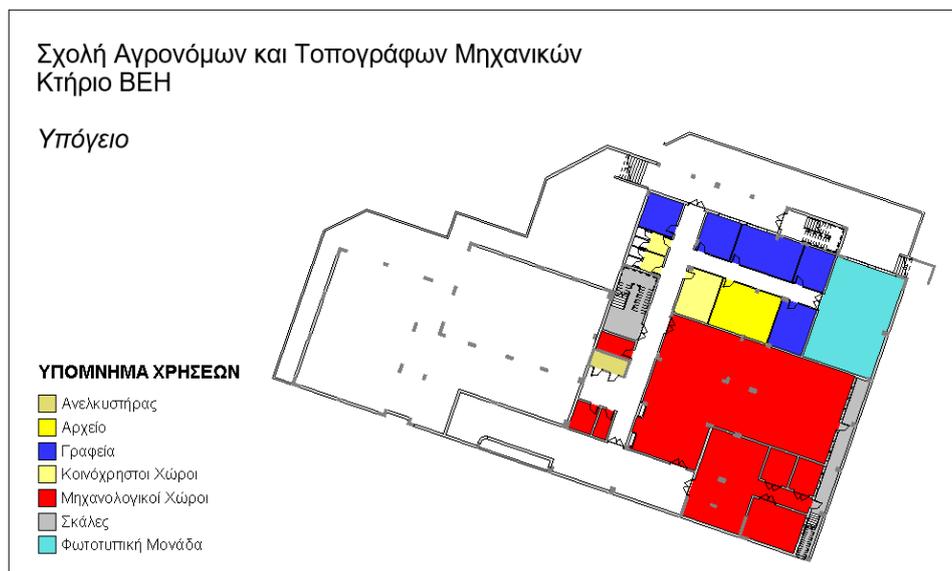
2. Το λογισμικό εντοπίζει τις χρήσεις που εμφανίζονται σε κάθε επίπεδο ο χρήστης όμως επιλέγει τα χρώματα της απεικόνισης





Εικόνες 4.32 και 4.33 : Επιλογή χρωμάτων απεικόνισης της κάθε χρήσης. (Revit Architecture)

Τα αποτελέσματα για κάθε επίπεδο παρουσιάζονται παρακάτω:

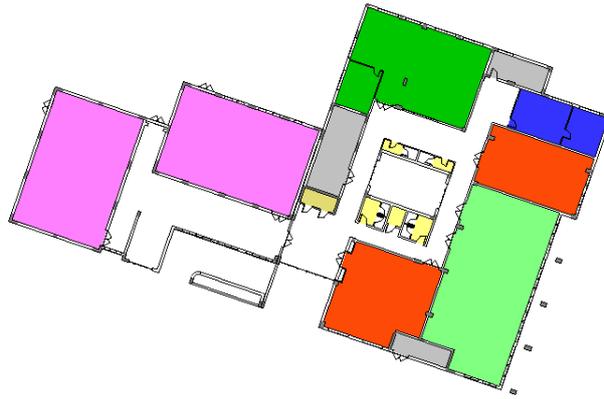


Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών
Κτήριο ΒΕΗ

Ισόγειο

ΥΠΟΜΝΗΜΑ ΧΡΗΣΕΩΝ

- Αίθουσα Υποδοχής
- Αίθουσες Συνελεύσεων - Συνεδριάσεων
- Αμφιθέατρο
- Ανελκυστήρας
- Βιβλιοθήκη
- Γραμματείες
- Γραφεία
- Κοινόχρηστοι Χώροι
- Σκάλες

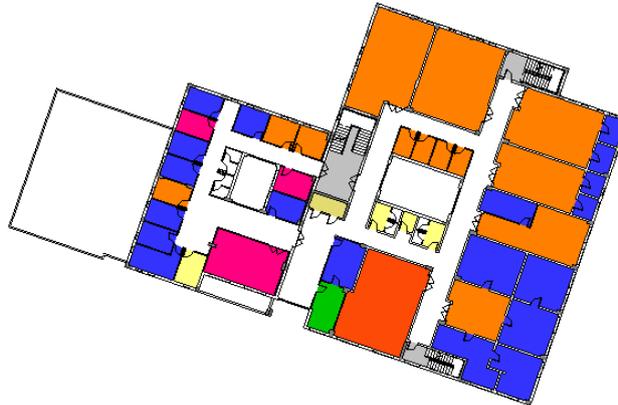


Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών
Κτήριο ΒΕΗ

Πρώτος Όροφος

ΥΠΟΜΝΗΜΑ ΧΡΗΣΕΩΝ

- Αίθουσες Συνελεύσεων - Συνεδριάσεων
- Ανελκυστήρας
- Γραμματείες
- Γραφεία
- Εργαστήρια
- Κοινόχρηστοι Χώροι
- Περιοχή Αρχιτεκτονικής
- Σκάλες



Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών
Κτήριο ΒΕΗ

Δεύτερος Όροφος

ΥΠΟΜΝΗΜΑ ΧΡΗΣΕΩΝ

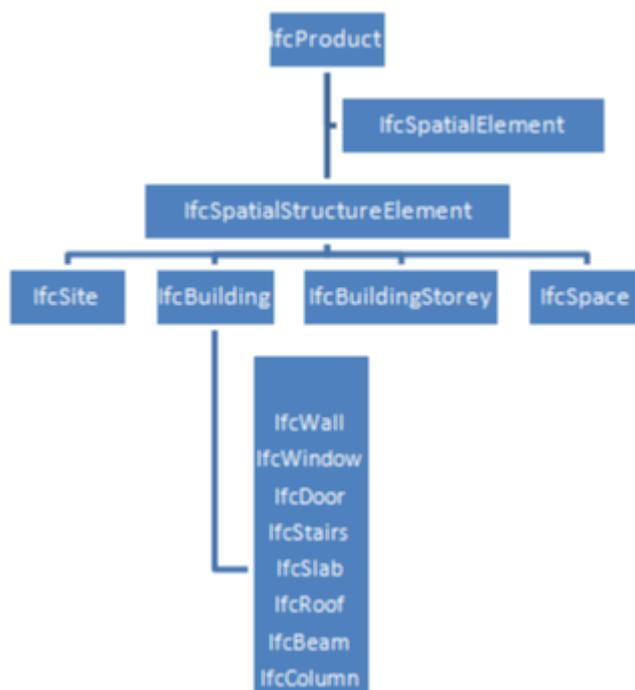
- Αίθουσες Συνελεύσεων - Συνεδριάσεων
- Ανελκυστήρας
- Γραμματείες
- Γραφεία
- Εργαστήρια
- Κοινόχρηστοι Χώροι
- Σκάλες



Εικόνες 4.34 έως και 4.37: Παραγόμενοι χάρτες για κάθε επίπεδο.

4.10 Εξαγωγή του μοντέλου σε μορφότυπο IFC

Με την εξαγωγή του μοντέλου σε πρότυπο IFC όλα τα στοιχεία που έχουν εισαχθεί και δημιουργηθεί στο Revit θα προτυποποιηθούν με βάση τη δομή του IFC.



Διάγραμμα 4.1 : Απεικόνιση απλοποιημένης δομής του προτύπου IFC

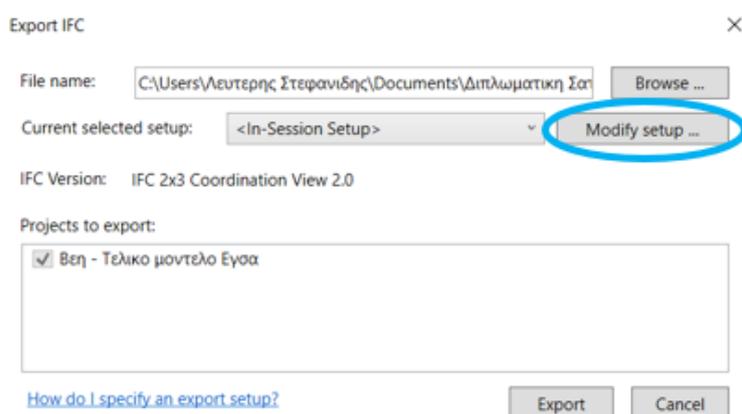
Πηγή: Atazadeh 2016

Η ανώτερη οντότητα για τα χωρικά στοιχεία είναι η 'IfcSpatialElement', η οποία ιεραρχικά χωρίζεται στην τάξη 'IfcSpatialStructureElement'. Η τάξη αυτή συνιστά την γενική ανώτερη κλάση για τις οντότητες ορίζοντας τον εξωτερικό χώρο - έδαφος (IfcSite), το κτήριο (IfcBuilding), τους ορόφους των κτηρίων (IfcBuildingStorey) και τους εσωτερικούς χώρους αυτών – δωμάτια (IfcSpace). Τα στοιχεία της κλάσης IfcBuilding χωρίζονται επίσης ιεραρχικά σε υποκλάσεις οι οποίες ορίζουν την αρχιτεκτονική δομή των κτηρίων, IfcWall (τοιίχοι), IfcWindow (παράθυρα), IfcDoor (πόρτες), IfcStair (σκάλες), IfcSlab (δάπεδα), IfcRoof (οροφές), IfcBeam (δοκάρια), IfcColumn (υποστυλώματα). Με την εξαγωγή του μοντέλου σε πρότυπο IFC όλα τα στοιχεία που έχουν εισαχθεί και δημιουργηθεί στο Revit θα προτυποποιηθούν με βάση τη δομή του IFC.

Επειδή όμως το IFC περιέχει πολλά στοιχεία, δημιουργείται η ανάγκη για έναν σαφή προσδιορισμό αυτών που είναι απαραίτητα για κάθε σκοπό. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω των προδιαγραφών *Model View Definitions (MVDs)* που ορίζονται ως ένα

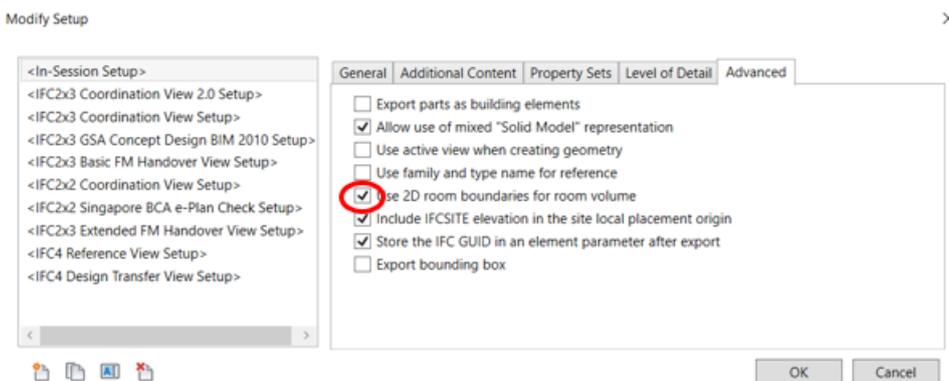
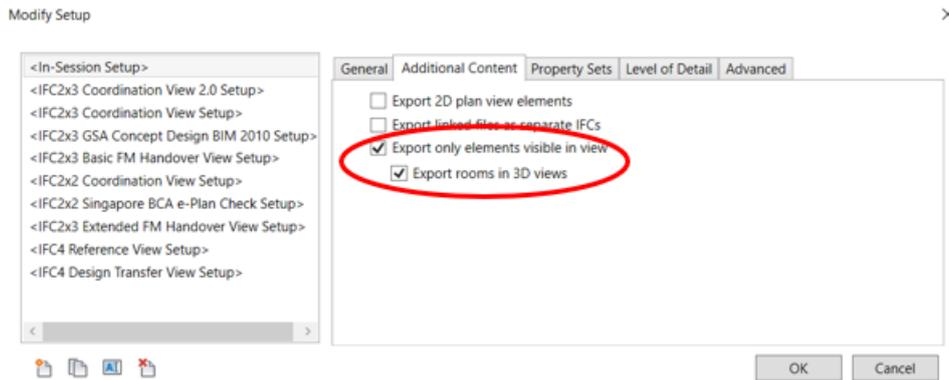
υποσύνολο του σχήματος IFC, το οποίο χρειάζεται να ικανοποιήσει μία ή περισσότερες συνθήκες κατά την ανταλλαγή στον κλάδο των κατασκευών.

Οι προδιαγραφές αυτές προσδιορίζονται μέσα από επιλογές που δίνονται στον χρήστη τη στιγμή της εξαγωγής του μοντέλου (Εικόνα 5.35). Συγκεκριμένα, ότι ορίστηκε στο περιβάλλον του Revit με το εργαλείο ‘Room’ μέσω των MVDs συνδέθηκε με την οντότητα ‘IfcSpace’ του προτύπου IFC και ότι ορίστηκε από το εργαλείο ‘Toposurface’ συνδέθηκε με την οντότητα ‘IfcSite’.

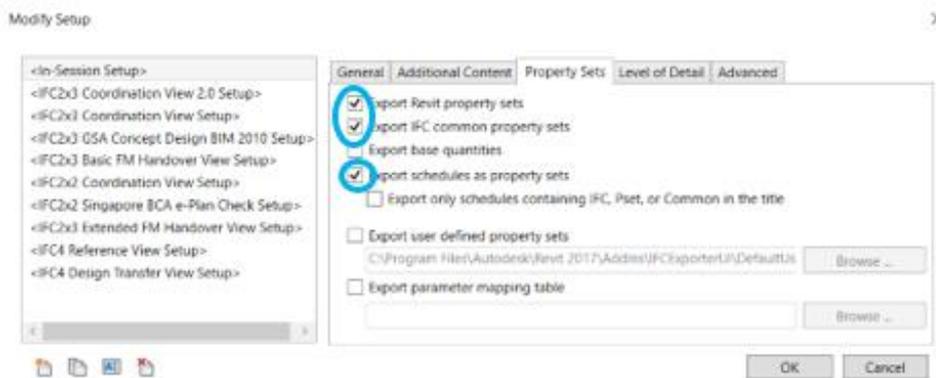


Εικόνα 4.38 : Προσδιορισμός προδιαγραφών MVDs (Revit Architecture – Export IFC)

Με τις κατάλληλες επιλογές εξασφαλίζεται η τρισδιάστατη απεικόνιση των οριοθετημένων χώρων (κόκκινη επισήμανση). Ακόμα, οι πίνακες πληροφοριών που ορίστηκαν και περιγράφουν με διάφορες παραμέτρους τα δωμάτια “Room Schedules” θα παραμείνουν συνδεδεμένοι με το μοντέλο υπό τις αντίστοιχες επιλογές (μπλέ επισήμανση). Οι επιλογές αυτές υποδεικνύονται παρακάτω.

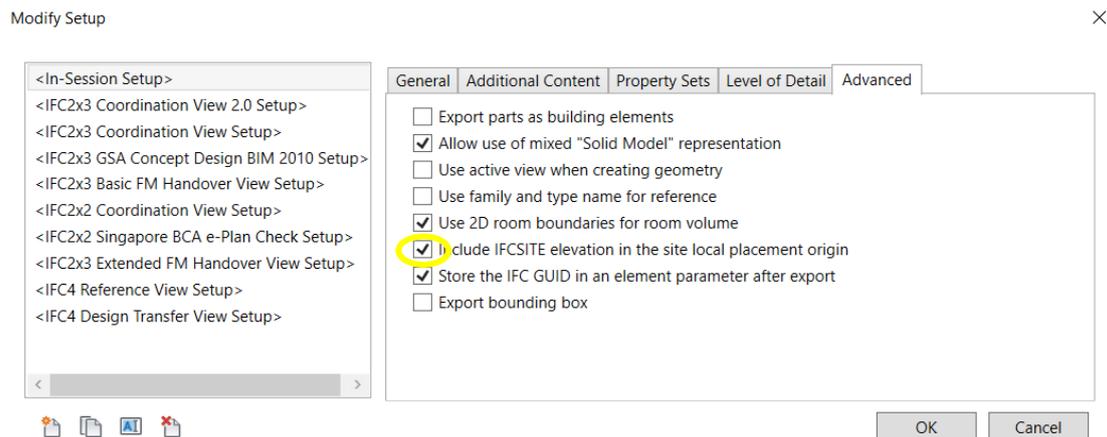


Εικόνα 4.39 : Εξασφάλιση τρισδιάστατης απεικόνισης των δωματίων (Revit Architecture – Export IFC)



Εικόνα 4.40 : Σύνδεση του IFC αρχείου με τις περιγραφικές πληροφορίες “Schedules” (Revit Architecture – Export IFC)

Τέλος, η εξαγωγή του IFC μορφότυπου θα συνοδευτεί με τον περιβάλλοντα χώρο (Toposurface), όπως τον διαμορφώσαμε σε προηγούμενο κεφάλαιο, με την επιλογή σε κίτρινη επισήμανση και θα αποθηκευτεί στην οντότητα IFCSITE της ιεραρχικής μορφής του μοντέλου IFC.



Εικόνα 4.41 : Διατήρηση του εδάφους με την εξαγωγή του μοντέλου σε IFC πρότυπο.
(Revit Architecture – Export IFC)

4.11 Διαλειτουργικότητα

Η φιλοσοφία γύρω από ένα επιτυχημένο BIM δεν είναι η γεωμετρία αλλά οι πληροφορίες που συνδέονται με αυτό. Το κλειδί για ένα επιτυχημένο BIM βρίσκεται στον τρόπο με τον οποίο οι χρήστες έρχονται σε επαφή με τις πληροφορίες ώστε να δημιουργηθεί το πλαίσιο επικοινωνίας και συνεργασίας και οι πληροφορίες να διαχειρίζονται με τον βέλτιστο τρόπο.

Επομένως, στο σημείο αυτό εισέρχεται η έννοια της διαλειτουργικότητας της οποίας κύριο στόχο συνιστά η παροχή κατάλληλων δεδομένων, στον κατάλληλο μορφότυπο και στην κατάλληλη στιγμή που απαιτούνται, προσπαθώντας να αναιρέσει όλες τις διαδικασίες σπατάλης χρόνου και χρήματος για την αναδημιουργία, διόρθωση και μετατροπή κτηριακών δεδομένων σε όλη την διάρκεια της διαδικασίας όπου δημιουργείται ένας μεγάλος όγκος πληροφοριών (Eastman, 2011).

4.11.1 Χρήση ανοιχτών προτύπων

Όπως έχει αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο, το πιο διαδεδομένο ανοιχτό πρότυπο στον τομέα των BIMs είναι το IFC το οποίο κυρίως αντιμετωπίζει θέματα που σχετίζονται με την ανταλλαγή δεδομένων BIM και συμβάλλει στην ενεργοποίηση πολλών πλατφόρμων BIM να αλληλεπιδρούν με διαλειτουργικό τρόπο (ISO16739 2013). Το Revit χαρακτηριζόμενο ως ανοιχτό BIM έχει τη δυνατότητα εισαγωγής και εξαγωγής IFC μοντέλων.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα της διαλειτουργικότητας του μοντέλου IFC αποτελεί η δυνατότητα που δίνει να είναι αναγνώσιμο από διάφορα ελεύθερα λογισμικά όπως είναι τα: BIM Vision, Tekla BIMsight, usBIM.viewer κλπ

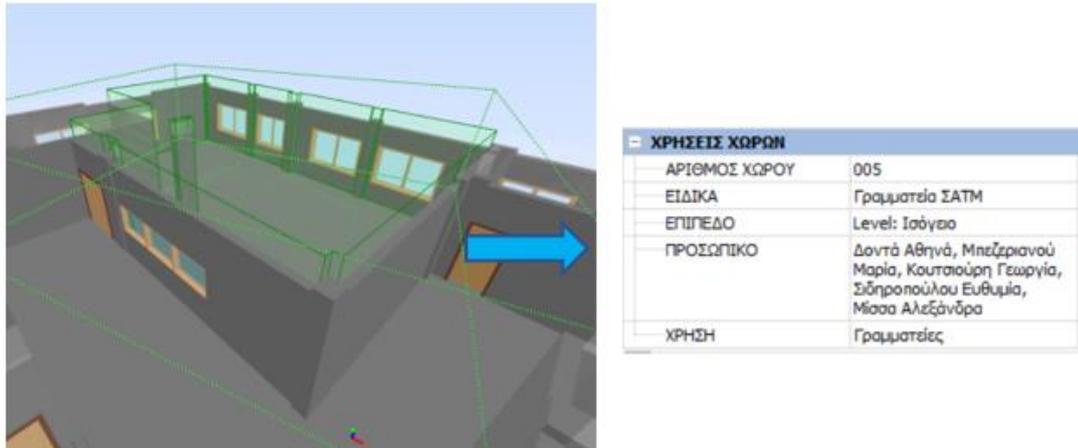
Η ιεραρχική δομή του IFC προτύπου μέσα από το λογισμικό BIM Vision

Active	Type	Name
<input checked="" type="checkbox"/>	Project	0001
<input checked="" type="checkbox"/>	Site	Surface: 733782
<input checked="" type="checkbox"/>	Site	
<input checked="" type="checkbox"/>	Building	
<input checked="" type="checkbox"/>	Building Storey	Υπόγειο
<input checked="" type="checkbox"/>	Building Storey	Βοηθητικό Περιβάλλο...
<input checked="" type="checkbox"/>	Building Storey	Κατώτατο Επίπεδο Αμ...
<input checked="" type="checkbox"/>	Building Storey	Ισόγειο
<input checked="" type="checkbox"/>	Walls	
<input checked="" type="checkbox"/>	Curtain Walls	
<input checked="" type="checkbox"/>	Windows	
<input checked="" type="checkbox"/>	Doors	
<input checked="" type="checkbox"/>	Stairs	
<input checked="" type="checkbox"/>	Slabs	
<input checked="" type="checkbox"/>	Building El...	
<input checked="" type="checkbox"/>	Spaces	
<input checked="" type="checkbox"/>	Building Storey	Πρώτος Όροφος
<input checked="" type="checkbox"/>	Building Storey	Δεύτερος Όροφος
<input checked="" type="checkbox"/>	Building Storey	Ταράτσα

Εικόνα 4.42 : Η ιεραρχική δομή του IFC προτύπου με χρήση του λογισμικού BIM Vision

Προβολή περιγραφικών χαρακτηριστικών για κάθε χώρο με χρήση του λογισμικού BIM Vision

Το IFC μοντέλο πλέον εμπεριέχει όλες τις πληροφορίες που ορίσαμε στον κεφάλαιο 5.7. Με την επιλογή οποιουδήποτε χώρου εμφανίζονται αυτόματα οι πληροφορίες που τον περιγράφουν όπως ο αριθμός του, η χρήση του, το επίπεδο στο οποίο εντοπίζεται καθώς και το προσωπικό που εργάζεται σε αυτόν.

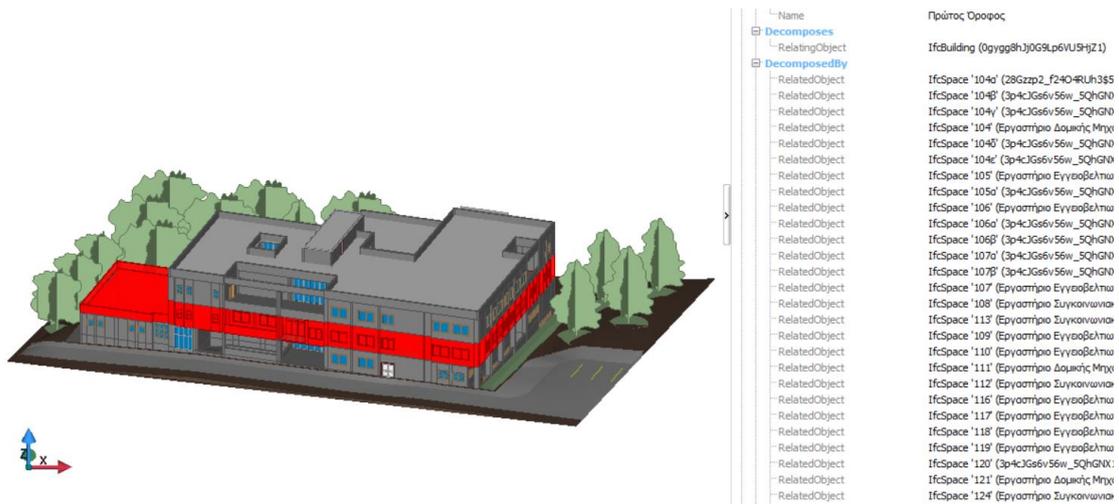


Εικόνα 4.43 : Περιγραφικές πληροφορίες για κάθε χώρο (BIM Vision)

Θέαση τρισδιάστατου μοντέλου με χρήση των Tekla BIMsight και usBIM.viewer



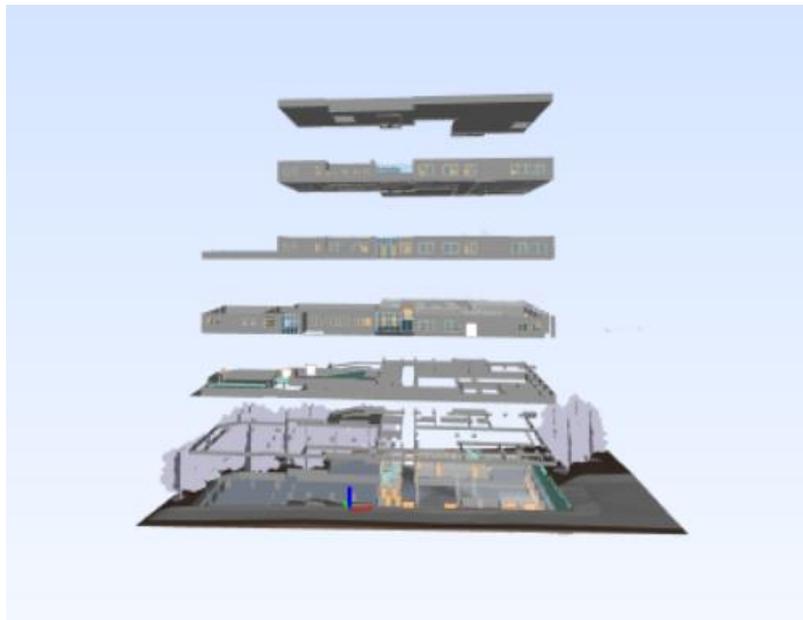
Εικόνα 4.44 : Θέαση του μοντέλου (Tekla BIMsight)



Εικόνα 4.45 : Ο πρώτος όροφος, usBIM.viewer

Διαφορετικές δυνατότητες προβολής τρισδιάστατου μοντέλου με BIM Vision

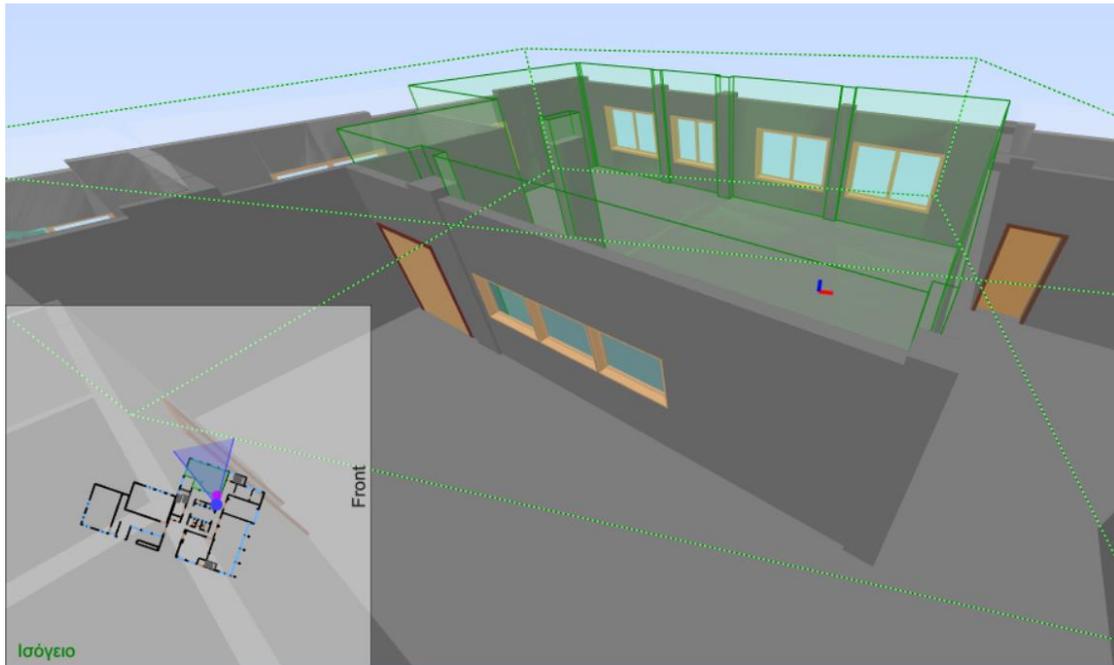
Το ανοιχτό λογισμικό BIM Vision δίνει την δυνατότητα θέασης του μοντέλου με διάσπαση των ορόφων, προσφέροντας μια ταυτόχρονη εποπτεία όλων των ορόφων.



Εικόνα 4.46 : Διάσπαση του μοντέλου σε ορόφους, BIM Vision

Πλοήγηση – περιήγηση, *BIM Vision*

Επιπλέον, με την ενεργοποίηση της εντολής Minimap ο χρήστης έχει την δυνατότητα κάθε φορά που επιλέγει έναν χώρο να τον εντοπίζει στην αντίστοιχη κάτοψη με υπόδειξη του οπτικού του πεδίου.



Εικόνα 4.47 : Αποτέλεσμα της εντολής Minimap, BIM Vision

4.11.2 BIM Server

Όπως έχουμε αναφέρει παραπάνω, το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε είναι το Revit Architecture καθώς σκοπός της εργασίας είναι μια επιτυχημένη και ακριβής απεικόνιση του κτηρίου μελέτης με πληροφορίες για τους χώρους και τις χρήσεις που εκτυλίσσονται σε αυτό. Παρόλα αυτά, στα πλαίσια της διαλειτουργικότητας το μοντέλο πρέπει να είναι προσβάσιμο και από άλλους χρήστες είτε για θέαση, είτε ακόμα και για προσθήκη πληροφοριών με απώτερο σκοπό το ολοκληρωμένο BIM (περιέχει κάθε λογής σχέδια μηχανολογικά, ηλεκτρολογικά κλπ).

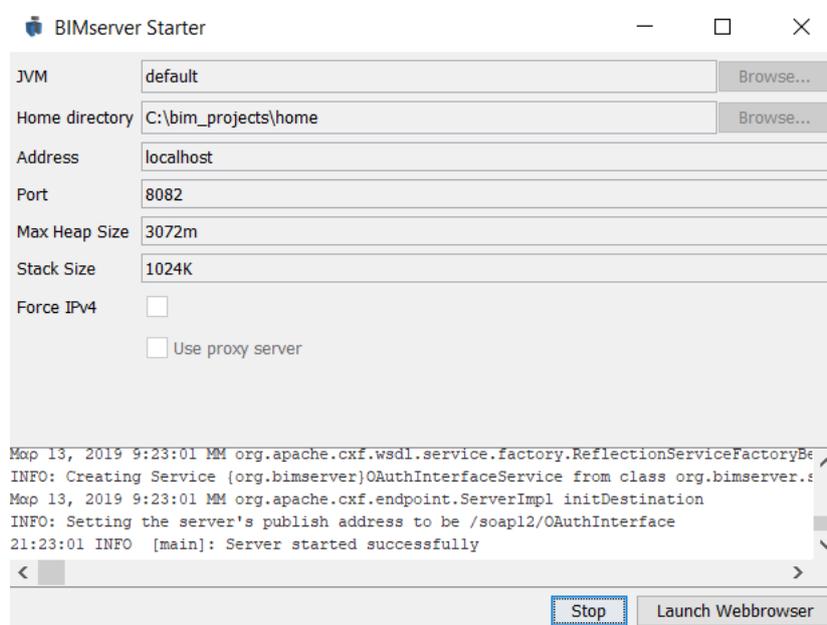
Δημιουργείται λοιπόν η ανάγκη για μία ηλεκτρονική πλατφόρμα διαθέσιμη μέσω διαδικτύου από όλα τα μέλη της ομάδας του έργου. Πρέπει να σημειωθεί ότι η χρήση κοινής πλατφόρμας από μόνη της δεν αποτελεί εγγύηση για μία αποτελεσματική ανταλλαγή πληροφοριών. Συνιστά απλά ένα εργαλείο το οποίο επιτρέπει την

αποθήκευση, διαχείριση και ανταλλαγή δεδομένων. Η χρήση ενός εξυπηρετητή μοντέλου BIM , BIM Server, θα φιλοξενήσει το BIM μοντέλο κεντρικά δίνοντας την δυνατότητα σε όλα τα μέλη να εργάζονται σε ένα ενσωματωμένο και ομαδικό κλίμα και σε πραγματικό χρόνο.

Η διαδικασία αυτή στηρίζεται στο γεγονός ότι ο εξυπηρετητής είναι συμβατός με ανοιχτά πρότυπα όπως είναι το μοντέλο IFC.

4.11.2 Δημιουργία BIM Server

Η διαδικασία είναι απλή και αρκετά αυτοματοποιημένη αφού η εφαρμογή BIM Server Starter θα δημιουργήσει με τις κατάλληλες ρυθμίσεις τον εξυπηρετητή.



Εικόνα 4.48 : BIM Server Starter

Οι ρυθμίσεις στις οποίες γίνονται παραλλαγές είναι όσο αφορά την μνήμη *Max Heap* και την *Stack* . Η πρώτη έχει να κάνει με την μνήμη που δεσμεύει η εφαρμογή από την μνήμη ram του υπολογιστή που εκτελεί το πρόγραμμα για να την διαθέσει στον εξυπηρετητή. Μεγαλύτερη *Max Heap* σημαίνει ότι ο εξυπηρετητής μπορεί να φιλοξενήσει «μεγαλύτερα» μοντέλα. Όριο πάντα στην τιμή που μπορεί να εισαχθεί αποτελεί η μνήμη ram του υπολογιστή που φιλοξενεί τον εξυπηρετητή με δεδομένο ότι πρέπει να υπάρχει πάντα διαθέσιμη μνήμη ram 3-4 gb. Ακόμα, να σημειωθεί ότι ένας εξυπηρετητής χρειάζεται τουλάχιστον 2 gb μνήμη για να λειτουργήσει.

Όσο αφορά την μνήμη *Stack*, είναι η μνήμη που δεσμεύει ο εξυπηρετητής για να εκτελέσει οποιαδήποτε εντολή, η τιμή της αρκεί να είναι έως 512 kb.

Όταν η εκτέλεση είναι επιτυχημένη τότε η διεύθυνση <http://localhost:8082> (εμφανίζεται στις ρυθμίσεις, Εικόνα 5.45) είναι ενεργή.

localhost:8082/

Server Info	
Status	RUNNING
Version	1.5.125

Εικόνα 4.49 : Ο εξυπηρετητής είναι ενεργός

Στην συνέχεια θέτουμε τα στοιχεία εισόδου, την ηλεκτρονική διεύθυνση και κωδικό της επιλογής μας ο οποίος ισχύει και για τα υπόλοιπα μέλη.

localhost:8082/apps/bimviews/?page=Login

BIM Views

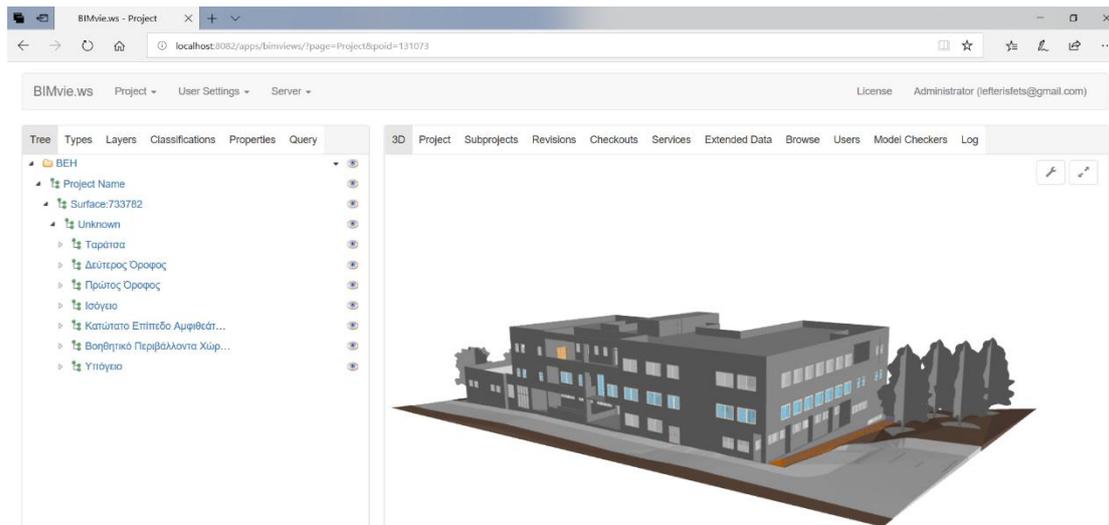
Login

Username	<input type="text" value="@ Username (e-mail address)"/>
Password	<input type="password" value="Password"/>

Remember me

Εικόνα 4.50 : Είσοδος στην πλατφόρμα BIM Server

Πλέον το μοντέλο είναι ορατό από όλα τα μέλη, ο εξυπηρετητής θα επιτρέψει την πρόσβαση στα μοντέλα και στα έγγραφα από πολλούς χρήστες και σε πολλές τοποθεσίες ταυτόχρονα και ειδικότερα στο πιο τελευταίο ενημερωμένο αρχείο. Ακόμα, παρέχεται η δυνατότητα υποβολής χωρικών ερωτημάτων με χρήση των γλωσσών BIMQL και Java τα οποία μπορούν να εξαχθούν σε μία ποικιλία μορφότυπων και να εισαχθούν σε συμβατό με αυτά λογισμικά για περαιτέρω ανάλυση και επεξεργασία.



Εικόνα 4.51 : Το περιβάλλον του εξυπηρετητή BIM Server

4.12 Συμπεράσματα

Το μοντέλο που δημιουργήθηκε με την τεχνολογία BIM και συγκεκριμένα με το λογισμικό Revit Architecture υπογραμμίζει τα οφέλη που προσφέρει αυτή η τεχνολογία στην μοντελοποίηση και μετέπειτα διαχείριση των πολυεπίπεδων δικαιωμάτων σε πολυώροφα κτήρια. Σημαντική συμβολή σε αυτή την προσπάθεια είχε το ανοιχτό πρότυπο IFC το οποίο έχει την δυνατότητα να υποστηρίζει γεωμετρικές και σημασιολογικές πληροφορίες. Το πρότυπο IFC αποτελεί αναγκαίο εργαλείο διαλειτουργικότητας και το μέσο για την ασφαλή και άμεση ανταλλαγή δεδομένων σε συμβατά με αυτό συστήματα εξασφαλίζοντας συνεργασία, επικοινωνία και ταχύτητα στις εργασίες. Παράλληλα, η ένταξη στα BIM κτηματολογικών πληροφοριών βελτιώνει την διαχείριση του αστικού περιβάλλοντος και η διαλειτουργικότητα του μοντέλου διευκολύνει την συνεργασία μεταξύ των συστημάτων διαχείρισης γης και του κλάδου των κατασκευών (AECO).

Η πρώτη γνωριμία με την τεχνολογία BIM και η μετέπειτα διερεύνηση των δυνατοτήτων και αξιοποίησης της προς όφελος του Κτηματολογίου έδωσε ελπιδοφόρα αποτελέσματα, παρόλα αυτά εμφανίστηκαν και ζητήματα που χρίζουν μελέτης

Τα μοντέλα BIM εμπεριέχουν ένα μεγάλο όγκο πληροφοριών και οντοτήτων που κάποια από αυτά δεν είναι απαραίτητα για την διαχείριση κτηματολογικών όγκων, για σκοπούς δηλαδή του Κτηματολογίου. Επομένως, απλοποίηση ακόμα και αφαίρεση πολλών στοιχείων στο πλαίσιο της αύξησης της απόδοσης της οπτικοποίησης αλλά της μείωσης του όγκου των δεδομένων. Μέρος του προβλήματος μπορεί να επιλυθεί με την χρήση των MVD (Model View Definitions) που καθορίζουν εν μέρει ποια στοιχεία μας είναι χρήσιμα και κατά την εξαγωγή σε IFC τα διατηρούν.

Ένας άλλος προβληματισμός είναι ότι η παραγωγή ενός τρισδιάστατου μοντέλου ξεκινά όπως αναφέραμε σε προηγούμενα κεφάλαια από τις κατόψεις, δηλαδή τα αρχιτεκτονικά σχέδια. Αυτομάτως τα σχέδια αυτά αποκτούν μεγάλη βαρύτητα αφού το μοντέλο στηρίζεται σε αυτά και άρα ο έλεγχος αυτών καθίσταται αναγκαίος. Η επιτυχημένη διαλειτουργικότητα αλλά και λογισμικά επικύρωσης σχεδίων και μοντέλων μπορούν να συνεισφέρουν στην ελαχιστοποίηση παρερμηνειών και λαθών.

Η τρισδιάστατη απεικόνιση παρουσιάζει συνεχή εξέλιξη, καθώς πολλές μέθοδοι, λογισμικά και τεχνικές τρισδιάστατης μοντελοποίησης για τη δημιουργία 3D μοντέλων. Η μοντελοποίηση μέσω της τεχνολογίας BIM, παρουσιάζει αξιοσημείωτη χρησιμότητα στην παραγωγή και απεικόνιση τρισδιάστατων μοντέλων και πλέον μέσω της εξαγωγής αυτού στο αντίστοιχο IFC παραμετρικό μοντέλο στην εγγραφή και οπτικοποίηση πολυεπίπεδων δικαιωμάτων. Ο χρόνος που απαιτείται για την μοντελοποίηση ενός κτηρίου δεν θεωρείται μεγάλος και εξαρτάται από την περιπλοκότητα του κάθε κτηρίου, για τον σκοπό για τον οποίο δημιουργείται αλλά και την εξοικείωση με τις τρεις διαστάσεις.

Ακόμα, το πρότυπο IFC δεν μπορεί να συνδεθεί με συστήματα αναφοράς, επομένως δεν είναι δυνατή ακόμα η γεωαναφορά του η οποία είναι μείζονος σημασίας για την επέκταση των δυνατοτήτων της τεχνολογίας προς ένα Κτηματολόγιο τριών διαστάσεων. Το πεδίο εφαρμογής του IFC περιορίζεται σε κτήρια και χώρους, δεν περιλαμβάνει τοπογραφικά χαρακτηριστικά, όπως είναι το έδαφος, η βλάστηση και τα υδάτινα συστήματα. Αυτά μοντελοποιούνται και συμπεριλαμβάνονται στο IFC μόνο ως αντικείμενα.

Καταλήγοντας, η χρήση BIM τεχνολογίας για κτηματολογικούς σκοπούς είναι πολλά υποσχόμενη. Ο ακριβής προσδιορισμός των φυσικών ορίων κρίνεται επιτυχημένος καθώς επίσης και η διαχείριση, συντήρηση και εποπτεία κτηριακών μονάδων. Ωστόσο, είναι αναγκαία η περαιτέρω έρευνα για ανανεωμένη έκδοση του IFC για κτηματολογική χρήση με μειωμένο όγκο πληροφοριών για το μοντέλο, δυνατότητα γεωαναφοράς και μεταφοράς δικαιωμάτων σε επίπεδο εδάφους σε συνδυασμό με την επέκταση του Κτηματολογίου σε σύστημα διαχείρισης γής.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Διεθνής Βιβλιογραφία

- Aien A., 2013, 3D Cadastral Data Modeling, pp.474, University of Melbourne, Victoria, Australia.
- Atazadeh B., Kalantari M., Rajabifard A., Ho S. and Tuan Duc Ngo, 2016, Building Information Modelling for High-rise Land Administration, Article in Transactions in GIS March 2016, Melbourne, Australia.

- Atazadeh B., Kalantari M., Rajabifard A., Champion T., and HO S., 2016, Harnessing BIM for 3D Digital Management of Stratified Ownership Rights in Buildings, in Proceedings of 'FIG Working Week 2016 Recovery from Disaster', Christchurch, New Zealand 2-6 May, Australia.
- Atazadeh B., Kalantari M., Rajabifard A., Ho S., 2016, Extending a BIM-based data model to support 3D digital management of complex ownership spaces.
- Atazadeh B., Kalantari M., Rajabifard A., Assessing Performance of Three BIM-Based Views of Buildings for Communication and Management of Vertically Stratified Legal Interests
- Dimopoulou E., Tsiliakou E., Kosti V, Floros G., Labropoulos T., 2014, Investigating the integration possibilities between 3D modelling techniques in Proceedings of Ninth International 3DGeoInfo 2014, At Dubai, UAE, researchgate.net.
- El-Mekawy M., Paasch J. and Paulsson J., 2014, Integration of 3D cadastre, 3D property formation and BIM in Sweden, in Proceedings of Fourth International Workshop on 3D Cadastre, Dubai, United Arab Emirates.
- Kitsakis, D., Paasch, J M., Paulsson, J., Navratil, G., Vučić, N. et al. (2016) 3D Real Property Legal Concepts and Cadastre: A Comparative Study of Selected Countries to Propose a Way Forward - 5th International Workshop on 3D Cadastres (pp. 1-24)
- Kitsakis. D. and Dimopoulou.E., 2014, 3D cadastres: legal approaches and necessary reforms, Survey Review Ltd, vol46, NO 338, School of Rural & Surveying Engineering National Technical University of Athens, Athens, Greece.
- Paasch J.M., Paulsson J., Nauratil G., Vucic N., Kitsakis D., Karabin M. and El-Mekawy M., 2016, Building a modern cadastre: Legal issues in describing real property in 3D [256-268], Geodetski vestnik.
- Papaefthymiou M., Labropoulos T. and Zentelis P., 2004, 3D Cadastre in Greece-Legal, Physical and Practical Issues- Application on Santorini Island, in Proceedings of FIG Working Week 2004, Athens, Greece.
- Shojaei D, Kalantari M, Bishop I D, Rajabifard A, and Aien A, 2013, Visualization requirements for 3D cadastral systems. Computers, Environment and Urban Systems, V41, pp.39-54, Journal Homepage: elsevier.com.

- Stoter J.E., 2014, 3D Cadastre, pp.344, publications on Geodesy 57, Delft, the Netherlands.
- Tsiliakou E. and Dimopoulou E.i, 2011, Adjusting the 2D Hellenic Cadastre to the Complex 3D World-Possibilities and Constraints, in Proceedings of Second International Workshop on 3D Cadastres 16-18 November 2011, Delft, the Netherlands.
- Van Oosterom P., 2015, 3D Cadastres, pp.107, JIGC 2015, Kuala Lumpur, Malaysia.

Ελληνική Βιβλιογραφία

- Ανδριανέση Δήμητρα-Ευσταθία, 2016, Διερεύνηση των δυνατοτήτων διαχείρισης 3D κτηματολογικών δεδομένων με τεχνολογία BIM.
- Γωνιανάκης Π. Β., 2014, Παρουσίαση της μεθόδου ΠΟΚ (BIM) και πρακτική εφαρμογή της για τον προγραμματισμό έργου, με χρήση του προγράμματος Synchro, pp.129, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο- Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Αθήνα, Ελλάδα.
- Δημοπούλου Ε. 2015 nD ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ, Σχεδιασμός – Ανάπτυξη – Πρότυπα - Μοντελοποίηση, pp.191, Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράμματα και Βοηθήματα, kallipos.gr.
- ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ & ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ Α.Ε., 2016 Τεύχος Τεχνικών Προδιαγραφών Μελετών Κτηματογράφησης για τη δημιουργία Εθνικού Κτηματολογίου στο υπόλοιπο της χώρας, pp.79.
- ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ & ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ Α.Ε., 2016 Έκθεση Πεπραγμένων
- Ζεντέλης Π., 2011, ‘Περί Κτημάτων Λόγος και Κτηματολόγιο’, Εκδόσεις Παπασωτηρίου
- Κώστη Β., 2014, Κανονιστική Μοντελοποίηση στο Τρισδιάστατο Κτηματολόγιο με εφαρμογή σε λεπτομερές 3D κτηριακό μοντέλο, pp.176, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο- Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Αθήνα, Ελλάδα.

- Λαλαγιάννη Α.,2014, Νομικό Πλαίσιο 3D Κτηματολογικών Καταγραφών, pp.140, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο- Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Αθήνα, Ελλάδα.
- Ράμφου Βασιλική, 2017, Η συμβολή της Μοντελοποίησης της Κτιριακής Πληροφορίας στην παρακολούθηση της ενεργειακής συμπεριφοράς των κτιρίων: η περίπτωση του κτιριακού συγκροτήματος του ΜΕ.Κ.Δ.Ε. στο Μέτσοβο
- Τσιλιάκου Εύα, 2013, Κανονιστική μοντελοποίηση στο 3D Κτηματολόγιο – Εφαρμογή στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου

Διαδίκτυο

- Autodesk Community, Revit Architecture – Steps for a 3D Model
- Bimserver.org
- BuildingSMART.org
- FIG.net
- Openbim.org