



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

**ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΚΑΝΟΝΙΣΤΙΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΣΤΟ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΟ
ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΕ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΣ 3D
ΚΤΗΡΙΑΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΚΩΣΤΗ ΒΑΣΙΛΙΚΗ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ

ΔΗΜΟΠΟΥΛΟΥ ΕΦΗ, ΑΝ. ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ, Ε.Μ.Π.

ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2014



**NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF
ATHENS**

SCHOOL OF RURAL AND SURVEYING ENGINEERING

**PROCEDURAL MODELING TECHNIQUE FOR THREE-
DIMENSIONAL CADASTRE - CASE STUDY OF A 3D DETAILED
BUILDING MODEL**

DIPLOMA THESIS

KOSTI VASILIKI

SUPERVISOR:

DIMOPOULOU EFI, ASSOCIATE PROFESSOR, NTUA

ATHENS, JULY 2014

Copyright @ Βασιλική Δ. Κωστή

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 στα πλαίσια της εμβάθυνσης στον τομέα του Κτηματολογίου υπό την επίβλεψη της καθηγήτριας κ. Έφης Δημοπούλου. Με την παρούσα εργασία ολοκληρώνονται οι προπτυχιακές σπουδές μου 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 που έδειξε κατά την ανάθεση της εργασίας, αλλά και για την πολύτιμη υποστήριξη και καθοδήγησή της, καθώς η βοήθεια που μου προσέφερε είναι ανεκτίμητη καθ' όλη τη διάρκεια της εργασίας.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Τάσο Λαμπρόπουλο, Δρ. Α.Τ.Μ., για την πολύτιμη βοήθειά του στα πλαίσια της εκπόνησης αυτής της εργασίας.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω και στην συμφοιτήτριά μου Εύα Τσιλιάκου για τον πολύτιμο χρόνο που διέθεσε για να μου δώσει σημαντικά στοιχεία επί του θέματος.

Ευχαριστίες αρμόζουν στον φορέα Κτηματολόγιο Α.Ε. για τη βοήθεια που προσέφεραν, καθώς και τον Οργανισμό Κτηματογραφήσεων και Χαρτογραφήσεων Ελλάδας και την Πολεοδομική Υπηρεσία Αγίας Παρασκευής για το υλικό που διέθεσαν. Επιπλέον, ευχαριστώ ιδιαίτερα τον κ. Άδωνη Κοντό της Marathon Data Systems, για την εξασφάλιση της άδειας του προγράμματος CityEngine.

Τέλος, οφείλω να ευχαριστήσω πολύ την οικογένειά μου και τα αγαπημένα μου πρόσωπα, που υπήρξαν πάντα στήριγμα στο πλάι μου, ιδιαίτερα την μητέρα μου στην οποία οφείλω όλη τη διαδρομή των σπουδών μου, και τους φίλους μου για την υποστήριξή τους στην προσπάθειά μου αυτή.

| | |
|--|-----------|
| ΠΕΡΙΛΗΨΗ | 8 |
| ABSTRACT | 9 |
| ΕΙΣΑΓΩΓΗ..... | 10 |
| 1. ΠΟΡΕΙΑ ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ | 13 |
| 1.2. Πορεία Εθνικού Κτηματολογίου | 15 |
| 1.3.1. Οφέλη Εθνικού Κτηματολογίου..... | 19 |
| 1.3.2. Προβλήματα Εθνικού Κτηματολογίου | 20 |
| 1.4. Νομικό Πλαίσιο | 23 |
| 1.4.1. Ειδικές περιπτώσεις | 25 |
| 2. ΑΝΑΓΚΗ ΓΙΑ 3D ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ | 29 |
| 2.1. Επίπεδα Ανάπτυξης 3D Κτηματολογίου..... | 30 |
| 2.2. Περιπτώσεις που Απαιτούν 3D Κτηματολόγιο | 32 |
| 2.2.1. Επικαλυπτόμενοι δημόσιοι και ιδιωτικοί χώροι..... | 33 |
| 2.2.2. Επικαλυπτόμενα ιδιόκτητα γεωτεμάχια ή ακίνητα..... | 35 |
| 2.2.3. Μη συμβατική ανάπτυξη ακινήτων επί γεωτεμαχίου | 35 |
| 2.2.4. Ειδικά αντικείμενα ιδιοκτησίας..... | 36 |
| 2.3. Η Έννοια της Τρίτης Διάστασης..... | 37 |
| 3. ΔΙΕΘΝΗΣ ΕΜΠΕΙΡΙΑ ΣΤΟ 3D ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ | 39 |
| 3.1. 3D Κτηματολόγιο στην Αυστραλία..... | 39 |
| 3.1.1. Είδη γεωτεμαχίων και τοπογραφικών σχεδίων | 39 |
| 3.1.2. Παράδειγμα μελέτης στο Queensland | 40 |
| 3.1.3. Παράδειγμα μελέτης στη Victoria | 41 |
| 3.1.4. Σύστημα απεικόνισης 3D ePlan / LandXML | 44 |
| 3.2. 3D Κτηματολόγιο στην Ισπανία | 46 |
| 3.2.1. Επίπεδο πληροφορίας CONSTRU3D | 47 |
| 3.2.2. Επίπεδο πληροφορίας BUILDINGS (EDIFICIOS)..... | 47 |
| 3.2.3. Τρισδιάστατη μοντελοποίηση | 49 |
| 3.3. 3D ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΣΤΟ ΙΣΡΑΗΛ..... | 51 |
| 3.3.1. Νομικό Πλαίσιο στο Ισραήλ | 52 |
| 3.3.2. Χρήση των Spatial Sub-Parcels για χωρική καταγραφή ιδιοκτησιακών δικαιωμάτων | 52 |
| 3.4. 3D Κτηματολόγιο στην Ολλανδία..... | 55 |
| 3.4.1. Τρισδιάστατο περιεχόμενο ιδιοκτησιών σύμφωνα με το δίκαιο της Ολλανδίας..... | 56 |
| 3.4.2. Τρισδιάστατες εφαρμογές μελέτης στην Ολλανδία..... | 57 |

| | | |
|--------|--|-----|
| 3.4.3. | Εφαρμογή του 3D κτηματολογίου στην Ολλανδία σε δύο στάδια | 61 |
| 4. | ΔΙΕΘΝΗ ΠΡΟΤΥΠΑ | 65 |
| 4.1. | Σύστημα L.A.D.M. ISO 19152 (Land Administration Domain Model) | 65 |
| 4.1.1. | Περίληψη του L.A.D.M..... | 66 |
| 4.1.2. | Ομάδες και υποομάδες του L.A.D.M. (packages and subpackages) | 66 |
| 4.1.3. | Βασικές οντότητες του L.A.D.M. | 71 |
| 4.1.4. | Ειδικές περιπτώσεις οντοτήτων στο σύστημα L.A.D.M..... | 72 |
| 4.1.5. | Σχέσεις μεταξύ των οντοτήτων του συστήματος L.A.D.M..... | 74 |
| 4.1.6. | Δημιουργία και διατήρηση του συστήματος L.A.D.M..... | 75 |
| 4.1.7. | Διδιάστατη (2D) και τρισδιάστατη (3D) απεικόνιση των χωρικών μονάδων | 76 |
| 4.2. | Οδηγία INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in the European Community) | 78 |
| 4.2.1. | Γενικά στοιχεία | 78 |
| 4.2.2. | Προσαρμογή Κτηματολογίου στις προδιαγραφές της οδηγίας INSPIRE | 82 |
| 4.2.3. | Η τρίτη διάσταση στο διεθνές πρότυπο INSPIRE..... | 83 |
| 4.2.4. | Σύνδεση οδηγίας INSPIRE με σύστημα L.A.D.M..... | 85 |
| 4.3. | CityGML | 87 |
| 4.3.1. | Τρισδιάστατα σημασιολογικά μοντέλα πόλεων | 87 |
| 4.3.2. | Μοντελοποίηση με το CityGML | 88 |
| 4.3.3. | Επίπεδα λεπτομέρειας του CityGML (LoD) | 89 |
| 4.3.4. | Σημασιολογική μοντελοποίηση | 90 |
| 4.3.5. | Εφαρμογές..... | 91 |
| 5. | ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ (GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM) - ΜΕΤΑΒΑΣΗ ΑΠΟ ΤΑ 2D G.I.S. ΣΤΑ 3D G.I.S..... | 93 |
| 5.1. | Περιορισμοί στα 2D G.I.S..... | 94 |
| 5.1.1. | Περιορισμοί των 2D G.I.S. στο Κτηματολόγιο | 94 |
| 5.1.2. | Περιορισμοί των 2D G.I.S. σε άλλες εφαρμογές | 95 |
| 5.2. | 3D Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών | 96 |
| 5.2.1. | CAD versus GIS..... | 97 |
| 5.2.2. | Μοντελοποίηση σε τρεις διαστάσεις..... | 98 |
| 5.2.3. | Τεχνικές τρισδιάστατης μοντελοποίησης στερεών..... | 100 |
| 5.2.4. | Τεχνικές Συλλογής 3D Πληροφορίας..... | 103 |
| 5.2.5. | 3D Αναδόμηση Αντικειμένων (3D Object Reconstruction) | 105 |

| | | |
|--------|---|-----|
| 5.3. | Οργάνωση Δεδομένων με Geo - DBMS : Σύστημα Διαχείρισης Βάσεων Γεωχωρικών Δεδομένων | 106 |
| 5.3.1. | Γεωμετρικά Θεμελιικά Στοιχεία (Geometric Primitives) σε Geo-DBMSs 107 | |
| 5.3.2. | Τοπολογικά Θεμελιικά Στοιχεία (Topological Structure) σε Geo-DBMSs 108 | |
| 6. | ΚΑΝΟΝΙΣΤΙΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ (PROCEDURAL MODELING)..... | 110 |
| 6.1. | Εισαγωγή..... | 110 |
| 6.2. | Τεχνικές και Χαρακτηριστικά Κανονιστικής Μοντελοποίησης | 111 |
| 6.2.1. | Βασικές αρχές γραμματικής - Chomsky grammars | 114 |
| 6.3. | Κανονιστική Μοντελοποίηση Κτηρίων με Χρήση CGA Γραμματικής | 115 |
| 7. | CityEngine..... | 118 |
| 7.1. | Εισαγωγή στο CityEngine..... | 118 |
| 7.2. | Περιβάλλον Εργασίας Λογισμικού (User Interface)..... | 118 |
| 7.3. | Βασικά Χαρακτηριστικά Γνωρίσματα | 121 |
| 7.4. | Ροή Εργασίας στο CityEngine | 122 |
| 7.5. | Façade Wizard | 124 |
| 7.5.1. | Λεπτομερής περιγραφή της μεθόδου Façade Wizard | 124 |
| 7.6. | Rule-based Modeling (CGA Grammar) | 128 |
| 8. | ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ ΜΕ ΑΥΞΗΜΕΝΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΑΣ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΤΟΥ CITYENGINE..... | 136 |
| 8.1. | Δεδομένα Εισόδου & Λογισμικό | 136 |
| 8.2. | Μεθολογική Προσέγγιση | 137 |
| | <i>Εισαγωγή Ορθοφωτοχάρτη</i> | 137 |
| | <i>Δημιουργία Κελύφους Κτηρίων</i> | 137 |
| | <i>Δημιουργία Εσωτερικού Κτηρίου (Interior of the Building)</i> | 138 |
| | <i>Κατασκευή της Γεωμετρίας του Κτηρίου με CGA Κανόνες</i> | 141 |
| 8.2.1. | CGA κανόνας - facade modeling | 143 |
| 8.2.2. | CGA κανόνας - interior building modeling | 153 |
| 8.2.3. | Έλεγχος διαλειτουργικότητας παραγόμενου τρισδιάστατου μοντέλου με το CityGML | 166 |
| 8.3. | Συμπεράσματα | 168 |
| | ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ..... | 172 |

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Με το πέρασμα των χρόνων, η έρευνα επικεντρώνεται ολοένα και περισσότερο στην ενσωμάτωση της τρίτης διάστασης σε όλους τους τομείς. Ιδιαίτερα η έρευνα αυτή κρίνεται σκόπιμη και απαραίτητη όταν αφορά την απεικόνιση της περίπλοκης αστικής πραγματικότητας, με τις επικαλυπτόμενες χρήσεις γης και τα επικαλυπτόμενα εμπράγματα δικαιώματα, αλλά και τη διαχείριση της γης από ένα λειτουργικό κτηματολογικό σύστημα. Οι δυνατότητες εφαρμογής ενός τρισδιάστατου κτηματολογικού συστήματος έχουν μελετηθεί εκτενώς, με στόχο την επίλυση προβλημάτων τέτοιας φύσεως. Συνολικά, ένα ολοκληρωμένο τρισδιάστατο κτηματολογικό σύστημα πρέπει να περιλαμβάνει κτηματολογικά δεδομένα που απεικονίζονται στις τρεις διαστάσεις και να λαμβάνει υπόψη θεσμικές, νομικές και τεχνικές πτυχές ανάλογα τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της κάθε χώρας. Ωστόσο, μέχρι σήμερα δεν υπάρχει κάποιο ολοκληρωμένο τρισδιάστατο Κτηματολόγιο εν λειτουργία σε κάποια χώρα του κόσμου. Φυσικά οι τεχνικοί περιορισμοί τείνουν να ελαχιστοποιούνται, όσο προοδεύει η τεχνολογία, ιδιαίτερα όσον αφορά την απεικόνιση σε τρεις διαστάσεις, ενώ συνολικά υπάρχει δυναμική πρόοδος στο συγκεκριμένο αντικείμενο.

Στα πλαίσια της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας μελετώνται τα βασικά ζητήματα επί του τρισδιάστατου Κτηματολογίου και συγκεκριμένα η χρήση της κανονιστικής μοντελοποίησης για την τελική παραγωγή ενός μοντέλου κτηρίου με υψηλό επίπεδο λεπτομέρειας (τρειςδιάστατη μοντελοποίηση εσωτερικού χώρου και εξωτερικού κελύφους) στην περιοχή του Χαλανδρίου της Αθήνας. Το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε κατά βάση ήταν το CityEngine, που παρέχει τη δυνατότητα αξιοποίησης της κανονιστικής μοντελοποίησης.

ABSTRACT

Over the years, research has increasingly focused on the integration of the third dimension in all science areas. Particularly, this research is justified and necessary when it relates to the representation of the complex urban reality, with overlapping land uses and overlapping property rights, and the land management with the use of a sufficient and functional cadastral system. The potentials of applying a three-dimensional cadastral system have been extensively studied, in order to solve such problems. Overall, a three-dimensional integrated cadastral system should definitely include cadastral data depicted in three dimensions and take into account institutional, legal and technical aspects depending on the particular characteristics of each country. However, nowadays, there is no three-dimensional integrated Cadastre in operation all over the world. Certainly, the technical restrictions tend to be eliminated because of the advances on technology, especially regarding the visualization in three dimensions, while this topic shows dynamic progress.

Within the purposes of this thesis, the key issues for the three-dimensional Cadastre were studied and specifically the use of procedural modeling for the generation of a building model with high level of detail (three-dimensional modeling of the interior and the outer shell of the building) at Halandri of Athens. CityEngine was the software which was fundamentally used and enables utilization of procedural modeling.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία χρόνια, η αύξηση του πληθυσμού έχει οδηγήσει σε ολοένα και πιο πυκνοδομημένους αστικούς ιστούς, οι οποίοι χαρακτηρίζονται από αυξημένη πολυπλοκότητα. Αυτή η πολυπλοκότητα σχετίζεται τόσο με την ανάπτυξη των κατασκευών όσο και με την άσκηση των εμπραγμάτων δικαιωμάτων. Ως εκ τούτου, η γη έχει σημαντική αξία και απαιτεί ένα σύστημα διαχείρισης, το οποίο να υποστηρίζει σαφή και ολοκληρωμένη καταγραφή των ιδιοκτησιακών δικαιωμάτων. Το σύστημα που χρησιμοποιείται για την εμπεριστατωμένη καταγραφή των δικαιωμάτων και τη νομική προστασία τους είναι το Κτηματολόγιο.

Μέχρι σήμερα, ως επί το πλείστον, η καταγραφή των τεμαχίων της γης και των αναπτύξεων επί αυτά πραγματοποιείται με τη χρήση κτηματολογικών χαρτών και διαγραμμάτων με βάση αναφοράς το γεωτεμάχιο. Το μειονέκτημα αυτού του συστήματος είναι ότι αναπαριστά τον τρισδιάστατο κόσμο με διδιάστατο τρόπο, γεγονός το οποίο προκαλεί σε πολλές περιπτώσεις ασάφειες και προβλήματα. Επομένως, ένα διδιάστατο κτηματολογικό σύστημα είναι αδύνατο να απεικονίσει με λειτουργικότητα και σαφήνεια τη σύνθετη και πολυστρωματική πραγματικότητα. Ως εκ τούτου, οι εξελίξεις απαιτούν σύγχρονα κτηματολογικά συστήματα με τρισδιάστατα τοπολογικά μοντέλα με στόχο την ορθή και ξεκάθαρη καταγραφή της ιδιοκτησίας.

Δεδομένου ότι η ανάγκη για ένα πρότυπο τρισδιάστατο Κτηματολόγιο έχει γίνει επιτακτική, τα τελευταία χρόνια πραγματοποιούνται συντονισμένες μελέτες για την υλοποίηση του στόχου. Αξίζει να αναφερθεί ότι παρά τις εκτενείς προσπάθειες έρευνας και πρακτικής επί του θέματος, δεν υπάρχει ολοκληρωμένο τρισδιάστατο κτηματολογικό σύστημα εν λειτουργία στον κόσμο μέχρι σήμερα, καθώς η λειτουργικότητά του περιορίζεται με κάποιο τρόπο. Ωστόσο, η διεθνής εμπειρία έχει καταλήξει στην εφαρμογή ορισμένων πιλοτικών κτηματολογικών συστημάτων σε πολλές χώρες, με ραγδαίες εξελίξεις να λαμβάνουν χώρα ιδιαίτερα στην επίλυση της απεικόνισης σε τρεις διαστάσεις. Προβλήματα ενυπάρχουν βέβαια ακόμη σε νομικές και θεσμικές πτυχές, οι οποίες πρέπει να προσαρμοστούν κατάλληλα σε κάθε χώρα και να εναρμονιστούν με τις παρούσες διατάξεις που ισχύουν. Όμως, το γεγονός ότι έχει επιτευχθεί σημαντική πρόοδος στην οπτικοποίηση της ιδιοκτησιακής κατάστασης στη κάθετη συνιστώσα αποτελεί βασικό θεμελιακό στοιχείο για την ανάπτυξη του 3D Κτηματολογίου.

Επιπρόσθετα, πληθώρα λογισμικών προγραμμάτων είναι διαθέσιμα στο εμπόριο που επιτρέπουν την εφαρμογή τεχνικών τρισδιάστατης μοντελοποίησης και κρίνεται ουσιώδης η αύξηση της διαλειτουργικότητας μεταξύ τους. Πολλές εφαρμογές έχουν αξιοποιήσει μέχρι σήμερα τη χρησιμότητα αυτών των τεχνικών τρισδιάστατης μοντελοποίησης, όπως για παράδειγμα η βιομηχανία του κινηματογράφου, η βιομηχανία των ηλεκτρονικών παιχνιδιών και η αρχιτεκτονική. Η τάση, επομένως, είναι η δημιουργία ολοένα και πιο λεπτομερών τρισδιάστατων μοντέλων πόλης σε όλους τους τομείς της επιστήμης. Λαμβάνοντας υπόψη τη σημασία ενσωμάτωσης της τρίτης διάστασης στο τομέα του Κτηματολογίου και την αποσαφήνιση της

πολυστρωματικής πραγματικότητας, επιλέχθηκε ως βασικό αντικείμενο μελέτης της παρούσας διπλωματικής εργασίας η τρισδιάστατη μοντελοποίηση και απεικόνιση, με έμφαση σε μία ιδιαίτερη μέθοδο, τη κανονιστική μοντελοποίηση (procedural modeling technique). Αναλυτικότερα, η διπλωματική εργασία διαρθρώνεται σε οχτώ κεφάλαια ως ακολούθως:

Στο πρώτο κεφάλαιο της εργασίας, γίνεται μια συνοπτική επισκόπηση της πορείας του Κτηματολογίου στην Ελλάδα, τα οφέλη και τα προβλήματα του Εθνικού Κτηματολογίου, καθώς και ορισμένα βασικά σημεία του νομικού πλαισίου.

Στο δεύτερο κεφάλαιο της εργασίας μελετάται η ανάγκη για την εφαρμογή ενός τρισδιάστατου Κτηματολογίου, καθώς και τα επίπεδα ανάπτυξης του με τα βασικά χαρακτηριστικά τους. Επιπρόσθετα, γίνεται λεπτομερής αναφορά στις ιδιαίτερες περιπτώσεις που απαιτούν προσέγγιση μέσω ενός τρισδιάστατου Κτηματολογίου.

Το τρίτο κεφάλαιο επικεντρώνεται στη μελέτη της διεθνούς εμπειρίας σχετικά με τις εξελίξεις επί του τρισδιάστατου Κτηματολογίου. Οι χώρες που παρουσιάζονται είναι η Αυστραλία, η Ισπανία, το Ισραήλ και η Ολλανδία, των οποίων οι εξελίξεις στο 3D Κτηματολόγιο αξίζουν αναφοράς.

Στο τέταρτο κεφάλαιο μελετώνται σημαντικά και ισχυρά διεθνή πρότυπα, τα οποία παρουσιάζουν συσχέτιση με τα κτηματολογικά μοντέλα. Πιο συγκεκριμένα, γίνεται αναφορά στο σύστημα L.A.D.M. ISO 19152, στην ευρωπαϊκή οδηγία INSPIRE, καθώς και το CityGML πρότυπο.

Στο πέμπτο κεφάλαιο εξετάζονται τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών (GIS) και οι δυνατότητες μετάβασης από τα διδιάστατα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών σε τρισδιάστατα. Αναλύονται οι περιορισμοί που ενυπάρχουν στα διδιάστατα Γ.Σ.Π., αλλά και οι τεχνικές και μέθοδοι τρισδιάστατης μοντελοποίησης.

Στο έκτο κεφάλαιο περιγράφεται η μέθοδος της κανονιστικής μοντελοποίησης, η οποία είναι μία μορφή τρισδιάστατης μοντελοποίησης με χρήση κανόνων και η οποία επιλέχθηκε προς εφαρμογή στα πλαίσια της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας. Το κεφάλαιο περιγράφει λεπτομερώς τις τεχνικές και τα χαρακτηριστικά της συγκεκριμένης μεθόδου.

Στο έβδομο κεφάλαιο πραγματοποιείται μία εκτενής επισκόπηση του λογισμικού προγράμματος CityEngine, που προσφέρει τη δυνατότητα εφαρμογής της κανονιστικής μοντελοποίησης. Λεπτομέρειες σχετικά με το περιβάλλον εργασίας, αλλά και τους τρόπους δόμησης των κανόνων αναφέρονται σε αυτό το κεφάλαιο.

Στο όγδοο και τελευταίο κεφάλαιο περιγράφεται η μεθοδολογία τρισδιάστατης μοντελοποίησης για ένα κτήριο στη περιοχή του Χαλανδρίου. Πιο συγκεκριμένα, η μεθοδολογία εστιάζει στη λεπτομερή μοντελοποίηση τόσο του εσωτερικού χώρου, όσο και του εξωτερικού κελύφους του κτηρίου, χρησιμοποιώντας τη κανονιστική μοντελοποίηση και παρατίθενται με λεπτομέρειες οι κανόνες που δημιουργήθηκαν για το σκοπό αυτό. Τέλος, μελετήθηκε η διαλειτουργικότητα του παραγόμενου

μοντέλου με το CityGML πρότυπο και παρουσιάζεται ένας προτεινόμενος τρόπος για δημιουργία αρχείων συμβατά με το CityGML. Το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με την παράθεση των συμπερασμάτων που προέκυψαν από τη συγκεκριμένη μελέτη.

1. ΠΟΡΕΙΑ ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Η γη είναι το πιο πολύτιμο αγαθό για τον άνθρωπο και χαρακτηρίζεται ως μη ανανεώσιμη πηγή και ταυτόχρονα πλουτοπαραγωγική. Κάθε κομμάτι γης είναι μοναδικό και διακρίνεται από ειδικά χαρακτηριστικά, συμπεριλαμβανομένου της γεωγραφικής θέσης, της μορφολογίας του, αλλά και του νομικού καθεστώτος όσον αφορά τα ιδιοκτησιακά δικαιώματα, ευθύνες και περιορισμούς επί αυτού.

Δεδομένου αυτής της πραγματικότητας και επιπρόσθετα της ανάγκης χρήσης, αξιοποίησης και εκμετάλλευσης της γης, είναι απαραίτητη η χρήση ενός εργαλείου για τον έλεγχο της και τη νομική προστασία της. Αυτό το αναπτυξιακό εργαλείο είναι το Κτηματολόγιο που υπάρχει σε κάθε χώρα και για το οποίο υπάρχει συγκεκριμένος χειρισμός ανάλογα το θεσμικό, τεχνικό και νομικό πλαίσιο που ισχύει.

Το Κτηματολόγιο στην Ελλάδα μελετάται, συντάσσεται και λειτουργεί υπό την ευθύνη της εταιρίας "Εθνικό Κτηματολόγιο & Χαρτογράφηση Α.Ε." (Ε.Κ.Χ.Α. Α.Ε.), μετονομασία της εταιρίας "Κτηματολόγιο Α.Ε." έπειτα από την κατάργηση του Οργανισμού Κτηματολογίου και Χαρτογράφησης Ελλάδας (Ο.Κ.Χ.Ε.). Το παλαιό σύστημα των Υποθηκών και Μεταγραφών αναμένεται να αντικατασταθεί από το θεσμό του Κτηματολογίου. Μοναδικός μέτοχος της Ε.Κ.Χ.Α. Α.Ε. είναι το Ελληνικό Δημόσιο και η εταιρία εποπτεύεται από το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (Υ.Π.Ε.Κ.Α.).

Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναπτυχθεί το έργο του κτηματολογίου στην ελληνική επικράτεια, καθώς και η εξέλιξή του με το πέρασμα των χρόνων από την έναρξη εκπόνησής του. Επιπλέον, πρόκειται να αναφερθούν τα πλεονεκτήματα που απορρέουν από αυτόν τον θεσμό, αλλά και τα προβλήματα που συναντώνται κατά τη σύνταξη του Εθνικού Κτηματολογίου.

1.1. Έργο Εθνικού Κτηματολογίου

Το Εθνικό Κτηματολόγιο είναι ένα σύστημα πληροφοριών που καταγράφει όλες τις νομικές και τεχνικές πτυχές για την ακίνητη περιουσία της χώρας, αλλά και τα εμπράγματα δικαιώματα επ' αυτών. Η ολοκλήρωσή του είναι βασική προϋπόθεση για τη δημιουργία αξιόπιστης, σύγχρονης πληροφοριακής υποδομής για την ακίνητη ιδιοκτησία. Βασικό στοιχείο είναι η ενημερωμένη και αξιόπιστη πληροφορία σχετικά με το ακίνητο, που εξασφαλίζει ταυτόχρονα την προστασία και διαφάνεια των συναλλαγών, αλλά και την επιτάχυνση όλων των διαδικασιών.

Εντοπίζονται βασικές διαφορές μεταξύ του συστήματος Εθνικού Κτηματολογίου και του παλαιότερου συστήματος Υποθηκών και Μεταγραφών (Κτήσεως Λόγος 1, 2007). Ας αναφερθούν οι πιο σημαντικές για την κατανόηση της ανάγκης ολοκλήρωσης του Κτηματολογίου.

Διαφορές μεταξύ συστήματος Εθνικού Κτηματολογίου και συστήματος Υποθηκών και Μεταγραφών

Αρχικά, το Κτηματολόγιο είναι ένα αντικειμενοστραφές σύστημα καταγραφής πληροφοριών, δηλαδή καταγράφει με βάση αναφοράς το ακίνητο, σε αντίθεση με το σύστημα του Υποθηκοφυλακείου που είναι ένα προσωποκεντρικό σύστημα και καταγράφει με βάση το πρόσωπο. Το πλεονέκτημα που προσφέρει, επομένως, το Κτηματολόγιο είναι η άμεση πληροφόρηση για κάθε πράξη επί ακινήτου που μεταβάλλει τα δικαιώματα επ' αυτού. Για παράδειγμα, οποιαδήποτε πράξη μεταβίβασης καταγράφεται και οι πληροφορίες ενημερώνονται άμεσα. Αντίθετα, στο σύστημα Μεταγραφών και Υποθηκών, μια παρόμοια αναζήτηση, για την πληροφόρηση του συνόλου των δικαιωμάτων επί ακινήτου, καθίσταται αδύνατη και αυτό εμποδίζει την αξιόπιστη παροχή πληροφοριών προς τους άμεσα ενδιαφερόμενους.

Άλλο βασικό στοιχείο διαφοροποίησης είναι ότι το Κτηματολόγιο καταχωρεί τις πράξεις επί ακινήτου, έπειτα από ουσιαστικό έλεγχο της νομιμότητας. Αυτό σημαίνει ότι η πράξη δεν επιτρέπεται να καταχωρηθεί αν ο μεταβιβάζων δεν είναι ο φερόμενος ως δικαιούχος. Η αλλαγή έγκειται στο γεγονός ότι το σύστημα Υποθηκών και Μεταγραφών παρέμενε σε έναν τυπικό έλεγχο νομιμότητας, με αποτέλεσμα να μην εγγυάται πλήρως τις νομικές πληροφορίες και να μην προστατεύονται στον ίδιο βαθμό οι καλόπιστοι συναλλασσόμενοι. Για παράδειγμα, ήταν αποδεκτό αποδεικτικό η επισύναψη στο συμβόλαιο των αναγκαίων πιστοποιητικών, χωρίς όμως να ελέγχεται εάν ο μεταβιβάζων είναι ή όχι ο κύριος επί του ακινήτου.

Μία από τις σημαντικότερες προσθήκες είναι αυτή της γεωγραφικής περιγραφής του ακινήτου. Η μορφή, η θέση και το μέγεθος του κάθε ακινήτου περιγράφεται λεπτομερώς στο κτηματολογικό σύστημα, σε αντίθεση με το σύστημα Υποθηκών και Μεταγραφών, όπου η συνήθης περιγραφή ήταν λεκτική, με σπάνια συνοδεία από κάποιο τοπογραφικό διάγραμμα. Επομένως, η ακρίβεια στη θέση και τα όρια κάθε ακινήτου είναι προφανές πλεονέκτημα του Κτηματολογίου.

Το Κτηματολόγιο αποκαλύπτει για πρώτη φορά τη Δημόσια ακίνητη περιουσία. Αξίζει να σημειωθεί ότι το Ελληνικό Δημόσιο είναι ο μεγαλύτερος ιδιοκτήτης της ελληνικής επικράτειας. Η καταγραφή της Δημόσιας ακίνητης περιουσίας δεν υπήρχε στα Υποθηκοφυλακεία, γεγονός που εισήγαγε επιπρόσθετη ανασφάλεια και έλλειψη προστασίας στις συναλλαγές. Πολλοί ιδιώτες έχουν καταθέσει πράξεις στα Υποθηκοφυλακεία για περιοχές, οι οποίες επί χρόνια διεκδικούνταν από το Δημόσιο. Γίνεται φανερό, επομένως, ότι μια τέτοια καταγραφή περιουσίας είναι πολύ σημαντικό εγχείρημα για τη διαχείριση της γης.

Επίσης, καταγράφει τα δικαιώματα από χρησικτησία, που είναι ο συνηθέστερος τρόπος κτήσης κυριότητας, όσον αφορά την επαρχία, όπου επικρατεί ο θεσμός των άτυπων μεταβιβάσεων. Στα Υποθηκοφυλακεία, αυτό το είδος δικαιώματος δεν υπάρχει.

Συνολικά, παρατηρώντας αυτές τις βασικές διαφορές μεταξύ των δύο συστημάτων, είναι φανερό ότι το Κτηματολόγιο καθίσταται ένα θεμελιώδες έργο με υψηλή

λειτουργικότητα και σημαντικά οφέλη για την εθνική οικονομία, τον πολίτη, αλλά και την προστασία του περιβάλλοντος, στα πλαίσια της βιώσιμης ανάπτυξης. Επιπρόσθετα, είναι ένα σύστημα που παρέχει άμεση και αξιόπιστη πληροφορία, συνεχώς ενημερωμένη, δημιουργώντας ένα περιβάλλον εμπιστοσύνης μεταξύ των άμεσα ενδιαφερόμενων και συναλλασσόμενων πολιτών. Η διαφάνεια και η δημοσιότητα είναι νέα χαρακτηριστικά ενός συστήματος που αφορά την ακίνητη περιουσία, σε σύγκριση με το θεσμό των Υποθηκοφυλακείων που ίσχυε παλαιότερα, με έντονη την παρουσία της γραφειοκρατίας και των βραδυκίνητων διαδικασιών μεταβίβασης ακίνητης περιουσίας.

Σχετικά με την εθνική οικονομία, αξιοσημείωτο είναι ότι η κατοχύρωση της ακίνητης περιουσίας σε ένα σύστημα ενημερωμένο και αξιόπιστο αναβαθμίζει την αγορά ακινήτων προσελκύοντας νέες επενδύσεις. Επιπρόσθετα, η αξία των ακινήτων μεταβάλλεται με ανοδικούς ρυθμούς στα πλαίσια της ευημερίας και της οικονομικής ισορροπίας της χώρας.

1.2. Πορεία Εθνικού Κτηματολογίου

Σε αυτήν την ενότητα γίνεται μια σύντομη αναφορά στην πρόοδο του έργου του Κτηματολογίου, σύμφωνα με τα επίσημα στοιχεία που δημοσιεύει συστηματικά η ιστοσελίδα της Ε.Κ.Χ.Α. Α.Ε. Γίνεται αναδρομή από την ίδρυση του θεσμού του Κτηματολογίου και περιγράφεται η κατάσταση που επικρατεί σήμερα στην Ελλάδα.

Η Ελλάδα έχει έκταση 132.000 km² και πληθυσμό που ανέρχεται στους 10.815.917 κατοίκους σύμφωνα με την απογραφή του 2011 της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής (ΕΛ.ΣΤΑΤ.). Στην χώρα εκτιμάται ότι υπάρχουν περί τα 37.792.315 δικαιώματα σύμφωνα με στατιστικά μοντέλα της Ε.Κ.Χ.Α. Το πλήθος των δικαιωμάτων είναι ο πιο χρήσιμος δείκτης για την πορεία σύνταξης του έργου του Κτηματολογίου. Αυτό γίνεται καθώς τα περισσότερα δικαιώματα υπάρχουν σε αστικές περιοχές με μικρή έκταση και υψηλή συγκέντρωση ιδιοκτησιών και ιδιοκτητών. Επομένως, η χωρική κατανομή και ο βαθμός πυκνότητας των κτηματολογικών δεδομένων δεν είναι ανάλογα της έκτασης που καλύπτει μια περιοχή.

Το 1995 ψηφίζεται ο πρώτος νόμος Ν. 2308/1995 (Φ.Ε.Κ. τΑ'/114/15.6.1995) που αφορά το Κτηματολόγιο και ιδρύεται η αρμόδια εταιρία Κτηματολόγιο Α.Ε. Η ίδρυση της εταιρίας σηματοδοτεί την εκκίνηση του πρώτου πιλοτικού προγράμματος κτηματογράφησης, ενώ το 1997 ξεκινά το δεύτερο πιλοτικό πρόγραμμα κτηματογράφησης, με τροποποίηση του αρχικού νόμου από τον Ν.2508/1997 (Φ.Ε.Κ. τΑ'/124/13.6.1997). Ένα χρόνο μετά, το 1998, ψηφίζεται ο δεύτερος νόμος Ν. 2664/1998 (Φ.Ε.Κ. τΑ'/275/3.12.1998) για το Κτηματολόγιο και επέρχεται το πρώτο κύριο πρόγραμμα κτηματογράφησης. Ουσιαστικά, αυτά τα προγράμματα κτηματογράφησης, με έτος εκκίνησης το 1995, αφορούν την καταγραφή 8,5 εκατομμυρίων στρεμμάτων γης, 6,7 εκατομμυρίων δικαιωμάτων, σε 340 περιοχές της Ελλάδας (1^η γενιά κτηματογράφησης). Τα έργα αυτά ολοκληρώθηκαν και λειτουργούν 96 κτηματολογικά γραφεία. Χαρακτηριστικό γνώρισμα αυτών των

πιλοτικών προγραμμάτων κτηματογράφησης ήταν η γεωγραφική διασπορά των επιλεγθέντων Ο.Τ.Α. με σκοπό την απόκτηση εμπειρίας στην αντιμετώπιση διαφορετικών περιπτώσεων.

Βασικά προβλήματα στο πρόγραμμα είχαν κάνει την εμφάνισή τους από εκείνα τα χρόνια, εκ των οποίων βασικό ήταν η κοστολόγηση του έργου. Πιο συγκεκριμένα, ενώ το κόστος είχε υπολογιστεί στα 138 εκατομμύρια ευρώ για 19 εκατομμύρια δικαιώματα, το τελικό αποτέλεσμα έδειξε ότι χρειάστηκαν 350 εκατομμύρια για λιγότερα από τα μισά δικαιώματα. Αυτό κρίθηκε ως κακή διαχείριση του έργου εκ μέρους της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, η οποία ζήτησε επιστροφή χρημάτων με απόφαση να μην ξαναχρηματοδοτήσει τα προγράμματα κτηματογράφησης στην Ελλάδα.

Το 2006 ακολούθησε η ψήφιση του τρίτου νόμου για το Κτηματολόγιο (Ν. 3481/2006 με Φ.Ε.Κ. τΑ'/162/02.08.2006) που έθεσε σημαντικές αλλαγές και μεταρρυθμίσεις στο θεσμικό πλαίσιο του έργου. Το 2007, με υπουργική απόφαση (ΥΠΕΧΩΔΕ, νυν Υ.Π.Ε.Κ.Α.), κηρύχθηκαν υπό κτηματογράφηση 107 νέες περιοχές στα διοικητικά όρια όλων των Δήμων των Νομών Αττικής και Θεσσαλονίκης, αλλά και οι πρωτεύουσες των νομών, οι οποίες δεν είχαν κτηματογραφηθεί με τα προγράμματα που προηγήθηκαν. Αυτό θεωρείται και το σημαντικότερο πρόγραμμα έως τότε, καθώς επρόκειτο να κτηματογραφηθούν 3,1 εκατομμύρια στρέμματα και να καταγραφούν 8 εκατομμύρια δικαιώματα ιδιοκτησίας σε ακίνητα. Αυτά τα στοιχεία της νέας γενιάς κτηματογραφήσεων (2^η γενιά κτηματογράφησης), που αφορούν δήμους, τοπικά διαμερίσματα και κοινότητες της χώρας, αποτελούν τα 2/3 του πληθυσμού της.

Η 2^η γενιά κτηματογράφησης αναμενόταν να ολοκληρωθεί το 2010. Λόγω δυσμενών συνθηκών, όμως, η ολοκλήρωση της ανάρτησης στις 107 αστικές περιοχές δεν επιτεύχθει. Με ανακοίνωση η Ε.Κ.Χ.Α. Α.Ε. το 2012, γνωστοποίησε ότι στις 33 περιοχές καταγράφηκαν 1,4 εκατομμύρια δικαιώματα για 700.000 δικαιούχους και η ένταξή τους στο σύστημα του Εθνικού Κτηματολογίου επρόκειτο να γίνει στις αρχές του 2013. Επιπλέον, σε διαδικασία επεξεργασίας των δηλώσεων βρίσκονταν 22 περιοχές, ενώ στις υπόλοιπες 52 περιοχές η ανάρτηση επρόκειτο να γίνει εντός του έτους 2013. Τελικός στόχος τέθηκε η έναρξη λειτουργίας Κτηματολογίου στις 107 περιοχές μέχρι το 2015.

Σχετικά με τον τρόπο εκτέλεσης της κτηματογράφησης, το πρόγραμμα διαχωρίστηκε σε δύο φάσεις, γεγονός που πρόσθεσε περαιτέρω καθυστερήσεις για την ολοκλήρωση του έργου. Πρόκειται ουσιαστικά για την ανάδειξη αναδόχων, όπου αποτέλεσε χρονοβόρα διαδικασία ιδιαίτερα στο βήμα έκδοσης των δικαστικών αποφάσεων.

Αξίζει να σημειωθεί ότι το 2009 με υπουργική απόφαση προωθείται νέα νομοθετική ρύθμιση για τα αδήλωτα ακίνητα στις περιοχές όπου έχει ολοκληρωθεί το Κτηματολόγιο, με κύριο περιεχόμενο τον τρόπο διόρθωσης των εγγράφων των ακινήτων. Επιπλέον, το 2011, με το άρθρο 24 του Ν. 3983/2011, παρατείνεται η

προθεσμία διόρθωσης των αρχικών εγγραφών για όλες τις κτηματογραφημένες περιοχές. Στις αρχικές εγγραφές περιλαμβάνονται οι 21 περιοχές που κτηματογραφήθηκαν πρώτες και στις οποίες λειτουργεί Κτηματολόγιο από το 2003.

Το 2009 πραγματοποιήθηκε προκήρυξη για την κτηματογράφιση 11 περιοχών στο όρος Πάρνηθα. Αυτό ήταν το πρώτο βήμα για την προστασία των περιβαλλοντικά ευαίσθητων περιοχών, ιδίως αυτών που επλήγησαν από τις πυρκαγιές την τότε χρονική περίοδο.

Η 3^η γενιά κτηματογράφισης προκυρήχθηκε το 2011 και αφορούσε δύο νέα προγράμματα κτηματογράφισης για συνολικά 7 εκατομμύρια δικαιώματα σε 1.292 περιοχές. Πιο συγκεκριμένα, το πρώτο πρόγραμμα περιελάμβανε 268 προ-Καποδιστριακούς Ο.Τ.Α. με 2,6 εκατομμύρια δικαιώματα ιδιοκτησίας και με την ολοκλήρωσή του όλα τα μεγάλα αστικά συγκροτήματα της χώρας και αναπτυσσόμενες παράκτιες περιοχές εντάσσονται στο Κτηματολόγιο. Το δεύτερο πρόγραμμα αυτής της γενιάς κτηματογράφισης περιλαμβάνει 1.024 προ-Καποδιστριακούς Ο.Τ.Α. και συγκεκριμένα 4,4 εκατομμύρια δικαιώματα και αποτελούνται στο μεγαλύτερο τμήμα τους από αγροτικές εκτάσεις με αναδασμούς και διανομές.

Το 2013 προκυρήχθηκε και η τελευταία και 4^η γενιά κτηματογραφήσεων για το υπόλοιπο της χώρας. Τα συγκεκριμένα έργα αφορούν την κτηματογράφιση του 65% της έκτασης της Ελλάδας και την καταγραφή των εναπομείναντων 16 εκατομμυρίων ιδιοκτησιακών δικαιωμάτων. Αποτελεί το μεγαλύτερο πρόγραμμα κτηματογράφισης, καθώς το δικαιώματα καλύπτουν το 42% των συνολικών δικαιωμάτων όλης της χώρας. Αναλυτικότερα, το πρόγραμμα αυτό πρόκειται να καλύψει αγροτικές, νησιωτικές και ορεινές περιοχές με μικρούς οικισμούς και δασικές εκτάσεις, αλλά και αστικές περιοχές που δεν περιλήφθηκαν σε προηγούμενα έργα κτηματογράφισης.

Επιπρόσθετα, εντός του 2013 πραγματοποιήθηκε ψήφιση του Νόμου 4164/2013 "Συμπλήρωση των διατάξεων περί Ε.Κ. και άλλες ρυθμίσεις" (Φ.Ε.Κ. τΑ'/156/09.07.2013) με σκοπό τη βελτίωση των συνθηκών λειτουργίας και εφαρμογής του θεσμού του Κτηματολογίου. Αφορά, δηλαδή, αλλαγές στη διαδικασία της κτηματογράφισης και την επιτάχυνση αυτής, αλλά και αλλαγές που αφορούν τον πολίτη, με περιορισμό της γραφειοκρατίας και την ευκολότερη εξυπηρέτησή του.

| ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΚΤΗΜΑΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ | | | |
|---|---|---|---|
| 1 ^η Γενιά Κτηματογραφής | 2 ^η Γενιά Κτηματογράφησης | 3 ^η Γενιά Κτηματογράφησης | 4 ^η Γενιά Κτηματογράφησης |
| 6, 7 εκατ. δικαιώματα Σε 340 περιοχές Έκτασης 8,5 εκατ. στρέμματα γης | 8 εκατ. δικαιώματα Σε 107 περιοχές Έκτασης 3,1 εκατ. στρέμματα γης | 7 εκατ. δικαιώματα Σε 1.292 περιοχές | Υπόλοιπο της χώρας (65% συνολικής έκτασης της χώρας) 16 εκατ. δικαιώματα (42% των συνολικών δικαιωμάτων της χώρας) |
| Ολοκλήρωση του έργου Λειτουργία 96 κτηματολογικών γραφείων | Αφορά αστικές περιοχές της χώρας Καλύπτουν τα 2/3 του συνολικού πληθυσμού | 298 προ-Καποδιστριακούς Ο.Τ.Α.(αστικά συγκροτήματα & αναπτυσσόμενες παράκτιες περιοχές) με 2,6 εκατ. δικαιώματα | Αφορά κυρίως αγροτικές, νησιωτικές & ορεινές περιοχές με μικρούς οικισμούς & δασικές εκτάσεις |
| | Για τις 33 περιοχές καταγράφηκαν 1,4 εκατ. δικαιώματα για 700.000 δικαιούχους | 1024 προ-Καποδιστριακούς Ο.Τ.Α. (αγροτικές περιοχές με αναδασμούς & διανομές) με 4,4 εκατ. δικαιώματα | |

Πίνακας 1.1: Στάδια προγράμματος κτηματογράφησης στην Ελλάδα

Ο στόχος που έχει τεθεί είναι η κτηματογράφηση όλης της χώρας και η ένταξή της σε εν λειτουργία Κτηματολόγιο έως το 2020. Με τις απαραίτητες αλλαγές που πραγματοποιούνται κατά χρονικά διαστήματα στο νομικό και θεσμικό πλαίσιο, αλλά και με την απόκτηση εμπειρίας από έργα του παρελθόντος, την νέα τεχνογνωσία και την επιτάχυνση του έργου, μπορεί να γίνει πραγματικότητα ο στόχος και ο σχεδιασμός του έργου στις νέες βάσεις.

1.3.Οφέλη και Προβλήματα του Θεσμού του Εθνικού Κτηματολογίου

Το Κτηματολόγιο ορίζεται ως ένα σύστημα ενιαίας, συστηματικής και ενημερωμένης καταγραφής των ιδιοκτησιακών αντικειμένων, αλλά και της γεωμετρικής περιγραφής τους, με στοιχείο αναφοράς το γεωτεμάχιο. Όλα τα στοιχεία που καταχωρούνται είναι νομικά ελεγμένα και το Δημόσιο εγγυάται την ορθότητά τους. Γενικά, το Κτηματολόγιο ως θεσμός προσφέρει πολλά οφέλη στην οργάνωση και διοίκηση της χώρας. Από την αντίθετη πλευρά, όμως, ελλοχεύουν και ορισμένα προβλήματα, τα

οποία πρέπει να επιλυθούν ώστε η λειτουργία του Ε.Κ. να είναι όσο το δυνατόν πιο αποδοτική γίνεται. Στη συνέχεια αναλύονται τα οφέλη, αλλά και τα προβλήματα που εντοπίζονται σχετικά με το Κτηματολόγιο της Ελλάδας.

1.3.1. Οφέλη Εθνικού Κτηματολογίου

Το Κτηματολόγιο είναι ένα κτηματοκεντρικό σύστημα, εάν ληφθεί υπόψη ο τρόπος ανάπτυξης και η μονάδα αναφοράς για την καταχώριση των πληροφοριών. Ένα σύστημα χαρακτηρίζεται κτηματοκεντρικό όταν η βάση για την καταχώριση των πληροφοριών είναι το τεμάχιο γης (κτήμα) με την έννοια μιας αυτοτελούς ιδιοκτησίας. Αυτό είναι χρήσιμο, καθώς απαιτείται η χωρική διάσταση των ιδιοκτησιών, η οποία εκφράζεται μέσω του Κ.Α.Ε.Κ. (Κωδικός Αριθμός Εθνικού Κτηματολογίου). Επιπλέον, δεν εκλείπει η δυνατότητα επέκτασης του κτηματολογικού συστήματος ως προσωποκεντρικό, για να γίνεται η αναζήτηση πληροφοριών με βάση το πρόσωπο - ιδιοκτήτη εμπράγματων δικαιωμάτων.

Ακόμη, το Κτηματολόγιο εγγράφει και καταγράφει όλα τα απαραίτητα στοιχεία που πρέπει να συνοδεύουν ένα δικαίωμα ιδιοκτησίας, με ταυτόχρονη εγγύηση της εγκυρότητάς τους. Το θεσμικό πλαίσιο που το διέπει αποτελείται από κανόνες και αρχές που συνάγουν την τεκμηρίωση της αποδεικτικότητας των καταγεγραμμένων εμπράγματων δικαιωμάτων, με ταυτόχρονη αμάχητη ισχύ έναντι τρίτων. Επομένως, η οριστική κατοχύρωση της ιδιοκτησίας των πολιτών χωρίς αμφισβητήσεις είναι ένα βασικό πλεονέκτημα που παρέχει το έργο του Κτηματολογίου. Αξίζει να σημειωθεί σε αυτό το σημείο, ότι πραγματοποιείται καταγραφή και της ακίνητης περιουσίας του Ελληνικού Δημοσίου, διασφαλίζοντας από οποιαδήποτε καταπάτηση από τρίτους.

Ένα από τα πρόσθετα οφέλη που δημιουργεί ένα ολοκληρωμένο και λειτουργικό Κτηματολόγιο είναι η λειτουργία της αγοράς ακινήτων και η βελτίωση της εθνικής οικονομίας. Όλες οι πληροφορίες σχετίζονται με τη γη, το πολυτιμότερο πλουτοπαραγωγικό αγαθό που έχει στη διάθεσή του ο άνθρωπος, το οποίο, όμως, είναι πεπερασμένο. Για το λόγο αυτό είναι απαραίτητο να λαμβάνονται και να εφαρμόζονται οι κατάλληλες πολιτικές γης για την ορθή διαχείριση και χρήση της. Σε αυτό συμβάλλει θετικά η ύπαρξη του Κτηματολογίου, παρέχοντας τη γνώση του «ποιός κατέχει τι και σε ποια θέση».

Επιπρόσθετα, ο περιορισμός της γραφειοκρατίας και η απλούστευση των διαδικασιών κατά τη μεταβίβαση των ακινήτων ωθεί τους πολίτες να κατανοήσουν τη σημασία και την αναγκαιότητα της ύπαρξής του ως θεσμό. Παρέχει και την ανάλογη διευκόλυνση για τους πολίτες, αλλά και ενισχύει τη διαφάνεια και την ασφάλεια στις μεταβιβάσεις. Ως εκ τούτου, εξαφανίζονται οι αμφισβητήσεις που υπάρχουν σε κάθε πολίτη για συναλλαγές με τα ακίνητα.

Η σημασία ύπαρξης του κτηματολογικού συστήματος επεκτείνεται και στην προστασία του περιβάλλοντος. Αυτό γίνεται καθώς προωθούνται έργα για την οριοθέτηση των δασών και του αιγιαλού ώστε να επιτευχθεί η αντιμετώπιση των καταπατήσεων και των αυθαιρεσιών. Επομένως, δεν πρέπει να παραλείπεται η

αναφορά σε αυτή την πτυχή του Κτηματολογίου, που πρόκειται να διευκολύνει τις ενέργειες της Πολιτείας ως προς την αντιμετώπιση του φαινομένου της αυθαίρετης δόμησης.

1.3.2. Προβλήματα Εθνικού Κτηματολογίου

Το Κτηματολόγιο είναι ένα θεμελιώδες αναπτυξιακό εργαλείο για την οργάνωση και την ανάπτυξη κάθε χώρας. Παρά τα πολλά πλεονεκτήματα που προσφέρει ως θεσμός, πρέπει να γίνει αναφορά και στα προβλήματα που υπήρχαν και ενυπάρχουν κατά τη σύνταξή του, αλλά και τα ειδικότερα θέματα που υπάρχουν και έχουν εντοπιστεί με το πέρασμα των χρόνων και την ολοκλήρωση των κτηματογραφήσεων.

Κατ' αρχάς, η σύνταξη του Εθνικού Κτηματολογίου σχετίζεται άμεσα με την οικονομική κατάσταση της χώρας. Τις περισσότερες φορές, όταν η οικονομία βρίσκεται σε πτωτική τάση, η πορεία του Κτηματολογίου παρουσιάζει μεγάλες δυσκολίες. Επομένως, είναι κρίσιμη η χρονική στιγμή που λαμβάνεται η απόφαση για την έναρξη δημιουργίας του. Είναι απαραίτητο να μελετηθεί η δημοσιονομική κατάσταση, αλλά και να πραγματοποιηθεί μία εκτίμηση για την μελλοντική κατάσταση της χώρας, έτσι ώστε να υπάρξουν όσο το δυνατόν λιγότερα προβλήματα κατά τη σύνταξη του Κτηματολογίου.

Ένα άλλο στοιχείο που είναι σκόπιμο να μελετηθεί είναι ο τρόπος σύνταξης του Κτηματολογίου, αλλά και η χρήση, η λειτουργία και τήρηση του συστήματος, έτσι ώστε να διαφανεί εάν τελικά το Κτηματολόγιο αποτελεί μοχλό ή εμπόδιο ανάπτυξης. Στην Ελλάδα η σύνταξη του Κτηματολογίου βασίζεται σε μια σύγχρονη πληροφοριακή βάση (Δημοπούλου Έ., 2012), εντός της οποίας καταχωρούνται όλα τα απαραίτητα στοιχεία επί των ακινήτων. Το Σύστημα Πληροφορικής Εθνικού Κτηματολογίου (Σ.Π.Ε.Κ.) είναι ένα σύγχρονο σύστημα του Ελληνικού Δημοσίου που έχει εκσυγχρονίσει, επιταχύνει και βελτιώσει τις κτηματογραφήσεις.

Παρά του καλά λειτουργούντος πληροφοριακού συστήματος Κτηματολογίου, οι άλλες πτυχές που αφορούν στη χρήση, τη λειτουργία και την τήρηση του Κτηματολογίου παρουσιάζουν προβλήματα. Ένα από τα πρωταρχικά προβλήματα ήταν η ελλειπής ενημέρωση των πολιτών σχετικά με τον συγκεκριμένο θεσμό, με αποτέλεσμα τη δημιουργία δυσλειτουργιών κατά τη ροή των εργασιών, οι οποίες συνεχίζονται μέχρι σήμερα. Επιπρόσθετα, οι πρώτες κτηματογραφήσεις παρουσίαζαν μεγάλη διασπορά στον ελλαδικό χώρο, κάτι το οποίο συνεπάγεται τη δημιουργία πολλών γραφείων κτηματογράφησης. Η έλλειψη μακρόχρονης εμπειρίας σε συνδυασμό με τα πολλά γραφεία κτηματογράφησης και τα πολλά λάθη που παρουσιάστηκαν είχε ως αποτέλεσμα μεγάλο κόστος λειτουργίας. Μεγάλος ήταν και ο χρόνος που απαιτήθηκε για την ολοκλήρωση της κτηματογράφησης σε αυτές τις πρώτες περιπτώσεις.

Στην πορεία του Κτηματολογίου ελήφθησαν ορθότερες αποφάσεις, οι νέες μελέτες ήταν καλύτερα προγραμματισμένες και τα προβλήματα που παρουσιάστηκαν ήταν μικρότερα. Όμως, η έλλειψη της συνολικής εικόνας της Ελλάδας αποτελεί βασικό

πρόβλημα για τη χρήση του Εθνικού Κτηματολογίου ως εργαλείο ανάπτυξης και ως μέσο για την άσκηση πολιτικών γης. Κρίνεται σκόπιμο, επομένως, να επιταχυνθούν οι διαδικασίες για την ολοκλήρωση του θεσμού εντός των προβλεπόμενων χρονικών ορίων.

Δυσχέρειες στην ανεμπόδιστη λειτουργία του θεσμού μπορεί να λεχθεί ότι δημιουργήθηκαν και από τη μακροχρόνια έλλειψή του και την ανάπτυξη υποκατάστατων μηχανισμών για την διαχείριση της ακίνητης περιουσίας (Δημοπούλου, 2012). Δημόσιοι φορείς και δημόσιες υπηρεσίες σε συνδυασμό με επαγγελματικές ομάδες είναι η βάση του υποκατάστατου μηχανισμού του Κτηματολογίου. Το πρόβλημα δημιουργείται στην μη αποδοχή του νέου θεσμού και την απουσία λήψης αποφάσεων για ανακατομή των αρμοδιοτήτων. Η παρουσία επιφυλάξεων προς το θεσμό του Κτηματολογίου ήταν έντονες από τους εμπλεκόμενους επαγγελματικούς φορείς, οι οποίοι αναλογίζονταν τις επιπτώσεις στο επάγγελμά τους.

Επιπλέον, η έναρξη του θεσμού του Κτηματολογίου με παράλληλη διατήρηση των ισχύοντων μηχανισμών μπορεί να θεωρηθεί λογική σαν επιλογή, για την ομαλή μετάβαση από το παλαιό σύστημα στο νέο, αλλά δημιουργεί σημαντικά προβλήματα όταν δεν υπάρχει ενιαία υποδομή για επικοινωνία μεταξύ των θεσμικών οργάνων (Δημοπούλου, 2012). Το Σ.Π.Ε.Κ. μπορεί και υποστηρίζει αρκετές διαδικτυακές υπηρεσίες, αλλά βασική είναι η έλλειψη της δυνατότητας αξιοποίησης των στοιχείων και των πληροφοριών από κάθε επίπεδο της διοίκησης. Ακόμη, ορίστηκε η μεταβατική λειτουργία όλων των υποθηκοφυλακείων ως κτηματολογικά γραφεία μετά το πέρας των κτηματογραφήσεων, χωρίς να αναλογιστούν οι δυνατότητες ανταπόκρισης στο έργο που τους αποδίδεται, αλλά και χωρίς να υπάρχει η παρουσία του απαραίτητου τεχνικού τμήματος για το χειρισμό των συστημάτων πληροφορικής.

Αξίζει να παρουσιαστούν και τα ειδικότερα προβλήματα (Δημοπούλου Έ. 2012) που απαντώνται κατά τη λειτουργία του Κτηματολογίου, με την ταυτόχρονη αναφορά ορισμένων παραδειγμάτων, και τα οποία είναι κυρίως προβλήματα αποδεικτικότητας και αναξιπιστίας. Στη συνέχεια γίνεται η παράθεση των πιο χαρακτηριστικών περιπτώσεων.

a. Ακίνητα "Αγνώστου Ιδιοκτήτη" ή "Ανευτόπιστα"

Σημαντικό είναι το ποσοστό ακινήτων που καταχωρείται με την ένδειξη "Αγνώστου Ιδιοκτήτη" ή ακόμα ως "Ανευτόπιστα". Ιδιαίτερα στα πρώτα πιλοτικά προγράμματα τα προβλήματα της αδυναμίας εντοπισμού είτε του ακινήτου είτε του ιδιοκτήτη ήταν συχνά. Σύμφωνα με πληροφορίες του Τεχνικού Επιμελητηρίου της Ελλάδας, για τα καταγεγραμμένα ακίνητα στα πιλοτικά προγράμματα κτηματογράφησης και στο πρώτο κύριο πρόγραμμα κτηματογράφησης, τα ακίνητα αγνώστου ιδιοκτήτη κατά ποσοστό 100% ανέρχονταν στο 6,41% των συνολικών και τα ακίνητα αγνώστου ιδιοκτήτη κατά ποσοστό μικρότερο του 100% ανέρχονταν στο 2,07%. Τα περισσότερα από αυτά αφορούσαν αγροτικά τεμάχια γης.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί ο Δήμος Ηρακλείου Κρήτης, όπου τα προβλήματα ήταν πολλά και σύνθετα. Τα ακίνητα που καταχωρήθηκαν με ένδειξη "Αγνώστου Ιδιοκτήτη" ήταν αρχικά 18,8% των συνολικών. Στην δεύτερη ανάρτηση των κτηματολογικών στοιχείων μειώθηκαν κατά 8,1% (στο 10,7%) και απαιτήθηκε και τρίτη ανάρτηση για να ανέλθει το ποσοστό στο 4,8% τελικά. Η διαδικασία αυτή, δεδομένου των τριών αναρτήσεων που απαιτήσε, ήταν υπερβολικά χρονοβόρα.

Πρόσφατα ανακοινώθηκε (13 Μαΐου 2013, Πηγή: Τ.Ε.Ε.) ότι ο αριθμός των ακινήτων όλων των κατηγοριών, τα οποία δεν έχουν δηλωθεί από τους ιδιοκτήτες τους στο Κτηματολόγιο, ή λόγω σφάλματος κατά την κτηματογράφηση έχουν καταχωρισθεί ως "Αγνώστου Ιδιοκτήτη", ανέρχεται τις 130.000 σε 340 περιοχές της χώρας που είναι εντός τους συστήματος του Κτηματολογίου. Μετά την παρέλευση δεκαετίας για τους κατοίκους του εσωτερικού και δωδεκαετίας για τους κατοίκους του εξωτερικού, χωρίς κάποια ενέργεια για την δήλωση των ιδιοκτησιών τους, αυτές περιέρχονται στο Ελληνικό Δημόσιο οριστικά.

b. Αποκλίσεις στο εμβαδόν

Πολλές φορές έχει παρατηρηθεί μία διαφορά στο καταμετρημένο εμβαδόν από το Κτηματολόγιο και του εμβαδού που έχει καταχωρηθεί στη δήλωση. Αυτή η διαφορά αναφέρεται ως απόκλιση στο εμβαδόν. Κατά περίπτωση ορίζεται το όριο αποδοχής των αποκλίσεων εμβαδού.

Όταν η απόκλιση του καταμετρημένου εμβαδού από το Κτηματολόγιο είναι εντός του ορίου ανοχής σε σχέση με το δηλωθέν εμβαδόν (το οποίο λαμβάνεται συνήθως είτε από τον τίτλο ιδιοκτησίας είτε από ένα πρόσφατο τοπογραφικό διάγραμμα), τότε γίνεται δεκτό το εμβαδόν που εκχωρείται από το Κτηματολόγιο.

c. Φυσική συνένωση γεωτεμαχίων

Η αγορά δύο όμορων γεωτεμαχίων με διαφορετικά συμβόλαια από το ίδιο πρόσωπο έχει ως αποτέλεσμα την καταχώριση δύο διαφορετικών ιδιοκτησιών, με απόκτηση μοναδικού κωδικού αριθμού (Κ.Α.Ε.Κ.) η κάθε μία. Μόνο στην περίπτωση που έχει ανεγερθεί νόμιμη οικοδομή επί του συνολικού γεωτεμαχίου επέρχεται φυσική συνένωση των δύο γεωτεμαχίων. Τότε θεωρείται ως ένα ενιαίο γεωτεμάχιο (ενιαίο πολεοδομικά γεωτεμάχιο), το οποίο καταχωρείται στο Εθνικό Κτηματολόγιο με ένα μοναδικό κτηματολογικό αριθμό (Κ.Α.Ε.Κ.), χωρίς την απαίτηση πράξης συνένωσης.

d. Δίοδοι μεταξύ δύο γεωτεμαχίων

Δίοδοι που εξυπηρετούν δύο ή και περισσότερα γεωτεμάχια και τα οποία δεν αποτελούν δημοτικές εκτάσεις δηλώθηκαν από τους ιδιοκτήτες των όμορων

γεωτεμαχίων με διαφορετικούς τρόπους και τους εκχωρήθηκαν ξεχωριστοί Κ.Α.Ε.Κ. Η απόδοση σε αυτές τις περιπτώσεις κτηματολογικού αριθμού είχε ως αποτέλεσμα την εμφάνιση αυτών των χώρων ως γεωτεμάχια, χωρίς, όμως, να πληρούν τα χαρακτηριστικά τέτοιου ακινήτου. Οι περιπτώσεις που είχαν απαντηθεί ήταν να αποδίδεται στον κοινόχρηστο χώρο μεταξύ των ιδιοκτησιών είτε ο Κ.Α.Ε.Κ. της κτηματολογικής ενότητας είτε ο Κ.Α.Ε.Κ. δρόμου. Για να αντιμετωπιστεί το ζήτημα, εκχωρήθηκε διαφορετικός κτηματολογικός αριθμός με αλλαγή στη θέση του διψήφιου αριθμού του τομέα για την κατανόηση του είδους τέτοιων εκτάσεων.

- e. Τμήμα κοινόχρηστων χώρων σε γεωτεμάχιο με κάθετες ιδιοκτησίες
Έχει παρατηρηθεί η περίπτωση, όπου σε γεωτεμάχιο με σύσταση καθέτων ιδιοκτησιών, στις οποίες αναλογούν τα 1.000‰, υπάρχει τμήμα, το οποίο δεν διαθέτει χιλιοστά επί του οικοπέδου. Αυτό το τμήμα χαρακτηρίζεται ως κοινόχρηστος χώρος για όλες ή μερικές από τις κάθετες ιδιοκτησίες και δεν λαμβάνει Κ.Α.Ε.Κ. Για το λόγο αυτό, στο κτηματολογικό διάγραμμα εμφανίζονται ως ειδικές εκτάσεις και υπάρχει η πληροφορία στη βάση δεδομένων ότι αποτελούν κάθετη ιδιοκτησία χωρίς χιλιοστά επί του οικοπέδου.
- f. Οριοθέτηση γραμμών αιγιαλού - παραλίας
Είναι σημαντικό να καθοριστούν οι γραμμές αιγιαλού και παραλίας σε όλο το μήκος των ακτών της ελληνικής επικράτειας. Το σημαντικότερο, όμως, είναι οι γραμμές αυτές να καθοριστούν με βάση τους ίδιους κανόνες, συμπεριλαμβανομένου τις ήδη οριοθετημένες ζώνες. Με αυτόν τον τρόπο θα εντοπιστούν όλες οι αυθαίρετες κατασκευές που έχουν ανεγερθεί σε αυτό το τμήμα παρανόμως.
- g. Παράνομες κατατμήσεις
Με τις διαδικασίες που ακολουθούνται κατά την εγγραφή ιδιοκτησιών στο Εθνικό Κτηματολόγιο, με τον έλεγχο των απαιτούμενων υποβαλλόμενων δικαιολογητικών για την αναγνώριση του δικαιούχου αλλά και την βεβαίωση πράξης μεταγραφής, έχουν εγγραφεί και παράνομες δικαιοπραξίες, οι οποίες θεωρούνται άκυρες. Χαρακτηριστική είναι η περίπτωση γεωτεμαχίων, τα οποία κατατμούνται παρανόμως και καταχωρούνται κατ' αυτόν τον τρόπο στο Κτηματολόγιο.

1.4.Νομικό Πλαίσιο

Αυτό το κεφάλαιο σκοπεύει στην παρουσίαση των βασικών νομικών αρχών που αναφέρονται στην ιδιοκτησία επί της γης και τα οποία σχετίζονται με το Κτηματολόγιο. Επιπροσθέτως, γίνεται παράθεση ορισμένων ειδικών περιπτώσεων ιδιοκτησίας, όπως ορίζονται από την ελληνική νομοθεσία. Ο βασικός κανόνας που ένας άνθρωπος αντιλαμβάνεται ότι ισχύει για την ιδιοκτησία επί της γης είναι ότι ο

κύριος επί του γεωτεμαχίου έχει, επίσης την κυριότητα σε συγκεκριμένο ύψος και βάθος από την επιφάνεια του εδάφους. Αξίζει να γίνει η αναδρομή για την απαρχή αυτού του γενικού κανόνα.

Το ρωμαϊκό δίκαιο είναι το νομικό σύστημα που ίσχυε σε μεγάλο μέρος της Ευρώπης με αρκετές μεταγενέστερες τροποποιήσεις. Αυτό εφαρμόστηκε στο Βυζάντιο ακόμα και επί τουρκοκρατίας, ενώ ως ιδιωτικό δίκαιο στην Ελλάδα συνδέθηκε με την δίκαιη συνείδηση του ελληνικού λαού. Με την ίδρυση του ελληνικού κράτους ίσχυε ως αστικό δίκαιο και με ορισμένες τροποποιήσεις έως την 23^η Φεβρουαρίου του 1946. Από αυτό το έτος και έπειτα άρχισε να ισχύει ο Αστικός Κώδικας (Α.Ν. 2250/1940), ο οποίος είχε γερές βάσεις στο ρωμαϊκό δίκαιο.

Αξίζει να σημειωθεί μία έννοια από το Αρχαίο Ρωμαϊκό εμπράγματο δίκαιο, η οποία ονομάζεται "Accessio", η οποία ορίζει ότι όταν η ιδιοκτησία ενός αντικειμένου ή εργασίας σχετίζεται κατά κάποιον τρόπο με ένα άλλο αντικείμενο ή εργασία, τότε το ένα αντικείμενο θεωρείται ο κύριος, ενώ το άλλο θεωρείται μία προσθήκη σε αυτό. Σε γενικές γραμμές ο ιδιοκτήτης του κύριου πράγματος, όποιο και αν είναι αυτό, γίνεται και ο ιδιοκτήτης της προσθήκης. "Accessio" δεν ήταν ένας συγκεκριμένος κανόνας, αλλά ήταν μία αρχή, με μία σειρά από ειδικές περιπτώσεις, οι οποίες είχαν τις δικές τους κατευθυντήριες γραμμές για τον καθορισμό της ιδιοκτησίας.

Το πιο αδιαμφισβήτητο είδος τέτοιας αρχής προκύπτει από την ένωση ενός πράγματος με το έδαφος. Όταν η ένωση μεταξύ του εδάφους και του πράγματος είναι πλήρης, τότε το πράγμα ανήκει σε όποιον κατέχει το έδαφος. Με άλλα λόγια, εάν κάποιος ανεγείρει ένα κτίσμα σε έδαφος που ανήκει σε κάποιον άλλο, τότε την κυριότητα του κτηρίου κατέχει ο ιδιοκτήτης του εδάφους, εκτός εάν πρόκειται για κινητή κατασκευή. Ο κανόνας αυτός αναφέρεται σύμφωνα με το Ρωμαϊκό δίκαιο ως "*superficies solo cedit*" ("the surface yields to the ground").

Αυτό το είδος ιδιοκτησίας παρουσιάζεται στην Ελληνική Νομοθεσία το έτος 1985 και αναγνωρίζεται από τον Αστικό Κώδικα το 1946. Βασικά άρθρα του Α.Κ. που σχετίζονται με αυτή την αρχή είναι τα εξής: 948, 953, 955, 1001, 1057, 1058, 1282, από τα οποία το άρθρο 1001 καθορίζει ότι η κυριότητα ιδιοκτησίας επί ενός γεωτεμαχίου εκτείνεται πάνω από την επιφάνεια της γης και κάτω από αυτή, εφόσον ο νόμος δεν ορίζει διαφορετικά. Περιορισμός τίθεται, ωστόσο, στον ιδιοκτήτη, όσον αφορά δραστηριότητες οι οποίες λαμβάνουν χώρα σε τέτοιο ύψος ή βάθος από την ιδιοκτησία του, ώστε να μην τον θίγουν ιδιοκτησιακά (Papaefthymiou et al, 2004).

Ωστόσο, ο θεσμός του Κτηματολογίου δεν αντιμετωπίστηκε συνολικά και οργανωμένα με συγκροτημένη θέσπιση του νομικού και θεσμικού πλαισίου από τη σύσταση του ελληνικού κράτους. Το γεγονός ότι εκδίδονταν διαχρονικά πληθώρα νόμων, διαταγμάτων, υπουργικών αποφάσεων και εγκυκλίων, οδήγησε στην παρεμπόδιση της εδραίωσης του θεσμού του Κτηματολογίου, καθώς πολλοί από αυτοί ήταν αλληλοσυγκρουόμενοι στο περιεχόμενό τους. Μια συστηματική προσπάθεια για την εισαγωγή του θεσμού πραγματοποιήθηκε από το έτος 1986 με το

νόμο 1647/86 που αφορούσε τις βασικές ρυθμίσεις για τον φορέα υλοποίησης και τήρησης του Εθνικού Κτηματολογίου.

Πραγματικότητα αποτέλεσε τελικά ο θεσμός έπειτα από λίγα έτη, όποτε και ψηφίστηκε ο αντίστοιχος νόμος, το 1995. Η σύνταξη και τήρηση του Εθνικού Κτηματολογίου διέπεται από δύο βασικούς νόμους, από τους οποίους ο ένας αναφέρει τα σχετικά με την κτηματογράφηση και ο άλλος αναφέρει οτιδήποτε αφορά την τήρηση και λειτουργία του Κτηματολογίου (Ε.Κ.Χ.Α.).

Πιο συγκεκριμένα, ο νόμος 2308/1995 ("Κτηματογράφηση για τη δημιουργία του Εθνικού Κτηματολογίου και λοιπές διατάξεις") περιέχει τις διατάξεις που σχετίζονται με τη διοικητική διαδικασία της κτηματογράφησης και καθορίζει αυτή τη διαδικασία, ενώ η λειτουργία και η τήρηση του Κτηματολογίου διέπεται από το νόμο 2664/1998 ("Εθνικό Κτηματολόγιο και άλλες διατάξεις"). Ο ν.2664/1998 περιέχει, επιπλέον, τις απαραίτητες διατάξεις για τη λειτουργία των κτηματολογικών γραφείων (μετά το πέρας της κτηματογράφησης τα αντίστοιχα γραφεία κτηματογράφησης γίνονται κτηματολογικά γραφεία), αλλά και αυτές για τις ενέργειες που απαιτούνται κατά τη μετάβαση από το σύστημα των μεταγραφών και υποθηκών στο σύστημα του Ε.Κ. Αυτοί οι δύο νόμοι αποτελούν τη ραχοκοκκαλιά του Εθνικού Κτηματολογίου.

Τροποποιήσεις, καταργήσεις, αλλά και συμπληρώσεις στους παραπάνω νόμους έλαβαν χώρα διαδοχικά από τους νόμους 2508/1997, 3208/2003, 3127/2003, 3212/2003, 3481/2006, 4164/2013 (Ε.Κ.Χ.Α.). Επίσης, κατά καιρούς εκδίδονταν πρόσθετες υπουργικές αποφάσεις ή αποφάσεις του διοικητικού συμβουλίου του Ο.Κ.Χ.Ε., ο οποίος πλέον έχει καταργηθεί. Με αυτόν τον τρόπο πραγματοποιήθηκαν προσπάθειες για την βελτίωση διεκπεραίωσης των διαδικασιών του Εθνικού Κτηματολογίου, με βάση την αποκτώμενη εμπειρία στα χρόνια εφαρμογής του θεσμού. Ένας πρόσθετος νόμος που σχετίζεται με την καταγραφή των δικαιωμάτων στο Ε.Κ. είναι ο κτηματολογικός νόμος των νησιών της Δωδεκανήσου (Ιταλικό Διάταγμα Κυβέρνησης 132/01-09-1929).

1.4.1. Ειδικές περιπτώσεις

Υπάρχουν ορισμένες ειδικές περιπτώσεις ιδιοκτησίας, οι οποίες αποτελούν εξαίρεση στη ρωμαϊκή αρχή "*superficies solo cedit*". Αντίθετα, με αυτό που ορίζει αυτή η αρχή, σε αυτές τις περιπτώσεις δεν ισχύει ότι ο κάτοχος ενός γεωτεμαχίου έχει την κυριότητα σε ό,τι βρίσκεται πάνω ή κάτω από την επιφάνεια του εδάφους. Αναλυτικότερα, αναφέρονται οι νόμοι και τι αναφέρεται στον καθένα που καταρρίπτει αυτήν την αρχή (Dimoroulou et al, 2006).

- i. Νόμος 3741/1929 "Περί της ιδιοκτησίας κατ' ορόφους"
Σύμφωνα με αυτόν τον νόμο αναγνωρίζεται η διηρημένη ιδιοκτησία κατ' ορόφους ή μέρη αυτών επί οικοδομήματος. Ως όροφοι θεωρούνται και τα υπόγεια και τα δωμάτια που βρίσκονται αμέσως κάτω από τη στέγη του κτίσματος. Σύμφωνα και με τον Αστικό Κώδικα, το άρθρο 1002 αναφέρει ότι η σύσταση κυριότητας σε έναν όροφο οικοδομής ή σε ένα διαμέρισμα

ορόφου πραγματοποιείται μόνο με δικαιοπραξία του κυρίου όλου του ακινήτου. Επιπλέον, το άρθρο 1117 του Α.Κ. ορίζει την αναγκαία συγκυριότητα σε περίπτωση ιδιοκτησίας ορόφου. Αυτό σημαίνει ότι σε περίπτωση μιας οικοδομής, ο κύριος ενός ορόφου ή διαμερίσματος είναι αυτοδικαίως συγκύριος εξ αδιαιρέτου πάνω στα μέρη του ακινήτου, που χρησιμεύουν ως κοινόχρηστοι χώροι, σε ανάλογη μερίδα. Το έδαφος, τα θεμέλια, η στέγη, οι ανελκυστήρες, οι εγκαταστάσεις κεντρικής θέρμανσης, οι κλίμακες και η αυλή είναι μερικοί από αυτούς τους κοινόχρηστους χώρους.

Πρακτικά αυτός ο νόμος έχει θέσει τις θεμελιώδεις αρχές για την "*οριζόντια ιδιοκτησία*". Ως οριζόντια ιδιοκτησία, επομένως, ορίζεται η αποκλειστική κυριότητα ορόφου ή διαμερίσματος ορόφου μιας οικοδομής, με συγκεκριμένο ποσοστό αναγκαστικής συγκυριότητας επί του εδάφους που έχει ανεγερθεί η οικοδομή, καθώς και στα κοινόχρηστα μέρη αυτής.

Επίσης, ο θεσμός της οριζόντιας ιδιοκτησίας ισχύει με βάση το νομοθετικό διάταγμα 1024/1971 "Περί διηρημένης ιδιοκτησίας επί οικοδομημάτων ανεγειρόμενων επί ενιαίου οικοπέδου".

Επομένως, είναι πασιφανές ότι η οριζόντια ιδιοκτησία αποτέλεσε έναν από τους λόγους της διάσπασης του γενικού κανόνα περί ιδιοκτησίας "*superficies solo cedit*". Ειδικότερα, όμως, η εμφάνιση ενός τέτοιου τύπου ιδιοκτησίας βασίστηκε στην ανάγκη εξοικονόμησης γης, η οποία είναι πεπερασμένη, λειτουργικότητας των πόλεων, καθώς και εύρεσης φθηνότερης στέγης.

ii. Άρθρο 1010 του Αστικού Κώδικα

Μια ειδική περίπτωση ιδιοκτησιακού δικαιώματος αποτελεί αυτό που περιγράφεται στο άρθρο 1010 του Α.Κ. Όταν ο κύριος ακινήτου, ανεγείροντας οικοδομή επί του γεωτεμαχίου και την επεκτείνει καλόπιστα επί του γειτονικού γηπέδου, χωρίς ο κύριος του γηπέδου να διαμαρτυρηθεί πριν την ανέγερση της οικοδομής κατά μεγάλο μέρος, τότε το δικαστήριο μπορεί κατά εύλογη κρίση να επιδικάσει την κυριότητα του γηπέδου που καλύφθηκε από την οικοδομή στον κύριο του ακινήτου που την ανέγειρε. Απαραίτητη κρίνεται η καταβολή της αξίας του γηπέδου που καταλήφθηκε.

iii. Άρθρα 1118 έως 1141 του Αστικού Κώδικα

Τα άρθρα αυτά καλύπτουν τα θέματα που σχετίζονται με συμφέροντα επί της γης. Πιο συγκεκριμένα, αναφέρονται στις δουλείες, όπου σύμφωνα με τον ορισμό αυτών μπορεί να αποκτηθεί εμπράγματο δικαίωμα πάνω σε ένα ακίνητο υπέρ του κυρίου ενός άλλου ακινήτου, παρέχοντας σε αυτόν κάποια ωφέλεια (πραγματική δουλεία). Παραδείγματα πραγματικής δουλείας αποτελούν η δουλεία διόδου, η δουλεία άντλησης νερού και η δουλεία εκπομπής στο δουλεύον του νερού της στέγης του δεσπόζοντος. Στην περίπτωση σύστασης πραγματικής δουλείας, ο κύριος του δουλεύοντος

ακινήτου φέρει το βάρος της ανοχής χρήσης του ακινήτου του από τον κύριο του δεσπόζοντος (που ωφελείται από τη δουλεία) και της υποχρέωσης παράληψης ορισμένων πράξεων, που σε άλλη περίπτωση θα είχε το δικαίωμα ως κύριος.

Γίνεται κατανοητό, επομένως, από τον ορισμό της έννοιας της δουλείας ότι καταρρίπτεται η αρχή της κυριότητας όλων των αντικειμένων που βρίσκονται σε ορισμένο ύψος ή βάθος ή επί του εδάφους ενός γεωτεμαχίου.

iv. Νόμος σχετικά με την ιδιοκτησία των μεταλλείων

Στην ελληνική νομοθεσία έχουν θεσπιστεί ειδικοί νόμοι, οι οποίοι ρυθμίζουν τα απαραίτητα για την ιδιοκτησία επό μεταλλείων, ορυχείων, αλλά και αρχαιολογικών χώρων και υπόγειων υδάτων. Το 1973 εκδόθηκε το Νομοθετικό Διάταγμα 210 "Περί Μεταλλευτικού Κώδικος", το οποίο τροποποιήθηκε από το Ν.Δ. 274/76.

Γενικά η νομοθεσία περί των μεταλλευμάτων περιέχει ειδικούς τρόπους χορήγησης του δικαιώματος έρευνας και εκμετάλλευσης αυτών. Πιο συγκεκριμένα, υπάρχει συγκεκριμένη νομική διάκριση για τα ορυκτά σε λατομικά ορυκτά και μεταλλεύματα, με βάση επιστημονικά, αλλά και οικονομικά κριτήρια. Με αυτόν τον διαχωρισμό ορίζεται ότι το λατομικά ορυκτά ανήκουν στον ιδιοκτήτη του εδάφους. Το δικαίωμα αυτό επιτρέπει την έρευνα και την εκμετάλλευση με προϋποθέσεις και περιορισμούς.

Αντίθετα, το δικαίωμα έρευνας και εκμετάλλευσης για τα μεταλλεύματα περιέρχεται στο δημόσιο και όχι στον ιδιοκτήτη της γης. Διαφορετικά είτε εκμισθώνεται είτε παραχωρείται με την έκδοση Προεδρικού διατάγματος, το οποίο συνεπάγεται το δικαίωμα κυριότητα επί μεταλλείου ή το δικαίωμα μεταλλειοκτησίας.

Με όσα αναφέρθηκαν ανωτέρω για τη μεταλλειοκτησία, γίνεται φανερό ότι αυτό το δικαίωμα είναι ένα αυτοτελές εμπράγματο δικαίωμα, που διακρίνεται ολοκληρωτικά από την εδαφοκτησία. Πολλές φορές υπάρχει και χρονικός περιορισμός επί του δικαιώματος αυτού (παραχώρηση για συγκεκριμένη χρονική διάρκεια), γεγονός το οποίο δεν ισχύει σε άλλα εμπράγματα δικαιώματα.

v. Εθνικό Δίκαιο σε περιοχές της ελληνικής επικράτειας

Σε ορισμένες περιοχές της Ελλάδας έχουν επικρατήσει οι κανόνες εθνικού δικαίου για τη ρύθμιση των έννομων σχέσεων σχετικά με τα δικαιώματα ιδιοκτησίας. Χαρακτηριστική περίπτωση αποτελούν τα νησιά των Κυκλάδων, αλλά και πληθώρα νησιών στο Αιγίο πέλαγος.

Σχετικά με τη μεταβίβαση των ακινήτων, ο πιο σύνηθες τρόπος ήταν η μεταβίβαση μέσω προικοδότησης και κληρονομιάς, ενώ ακόμα ένα ακίνητο μπορούσε να μεταβιβαστεί μέσω αγοράς και του μέσου της προτίμησης συγκεκριμένων προσώπων ή ανταλλαγής με άλλα ακίνητο ή περιουσιακό στοιχείο. Με αυτόν τον τρόπο διαιώνιζεται η δομή του είδους των ακινήτων και το εθιμικό δίκαιο αποτελεί τη βασική αρχή για τη μετάδοση της περιουσίας από τη μία γενιά στην επόμενη.

Το καθεστώς της οριζόντιας ιδιοκτησίας αποτελούσε σημαντικό κανόνα στον τρόπο δόμησης νησιωτικών οικισμών. Για το λόγο αυτό, ο ιδιοκτήτης της γης δεν ήταν αυτομάτως και ο ιδιοκτήτης του συνόλου της ανεγειρόμενης οικοδομής. Ως επί το πλείστον αυτός ο θεσμός επικράτησε στις Κυκλάδες, τα Δωδεκάνησα, αλλά και σε πολλά μέρη της ηπειρωτικής Ελλάδας.

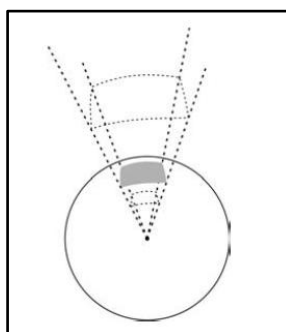
Αναλυτικότερα, έχουν εντοπιστεί οι εξής περιπτώσεις σχετικά με τα εμπράγματα δικαιώματα σε τέτοιες περιοχές:

- Ο ιδιοκτήτης του ανωγίου και του κατωγίου είναι συνήθως διαφορετικά πρόσωπα
- Ο ιδιοκτήτης ενός ορόφου ή μέρους ορόφου δεν έχει ποσοστό ιδιοκτησίας επί του γεωτεμαχίου (μηδενικά χιλιοστά επί του τεμαχίου γης)
- Ο ιδιοκτήτης του ισογείου έχει την πλήρη κυριότητα επί του γεωτεμαχίου και του υπεδάφους (1000‰ επί του τεμαχίου γης)
- Ο ιδιοκτήτης του ανώτερου ορόφου να είναι ο μοναδικός ιδιοκτήτης του "αέρα", δηλαδή της δυνατότητας ανέγερσης οικοδομήματος, με εξαίρεση της περίπτωσης που αυτό έχει ήδη μεταφερθεί σε άλλο πρόσωπο

Συχνά απαντώνται και δικαιώματα εμφύτευσης ή κατασκευής σε γεωτεμάχιο το οποίο ανήκει σε άλλο ιδιοκτήτη. Αυτό είναι ένα ακόμα παράδειγμα του εθιμικού δικαίου που ισχύει σε πολλές περιοχές.

2. ΑΝΑΓΚΗ ΓΙΑ 3D ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

Ο χώρος στη σημερινή σύγχρονη εποχή χαρακτηρίζεται από αυξημένη πολυπλοκότητα, σε σχέση με την ανάπτυξη των υποδομών και την άσκηση δικαιωμάτων επί αυτών. Ένα κτηματολογικό σύστημα απαιτείται να χρησιμοποιείται για την καταγραφή και τη διαχείριση της πληροφορίας που σχετίζεται με τη γη και την ιδιοκτησία επ' αυτής, τόσο της ιδιωτικής όσο και της δημόσιας. Ο βασικός σκοπός αυτού του συστήματος είναι η εξασφάλιση και η προστασία των εγγραπτών ιδιοκτησιακών δικαιωμάτων. Μέχρι σήμερα αυτό επιτυγχάνεται με την καταγραφή του τεμαχίου της γης και των αναπτύξεων πάνω σε αυτό σε κτηματολογικούς χάρτες και διαγράμματα. Αυτά τα μέσα προσφέρουν τη δυνατότητα αναπαράστασης του επιπέδου της επιφάνειας της γης. Με άλλα λόγια, η πραγματικότητα των τριών διαστάσεων (3D) αναπαρίσταται με διδιάστατο τρόπο (2D).



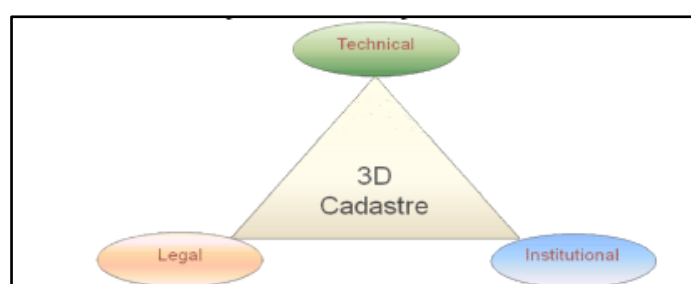
Εικόνα 2.1: Απεικόνιση της χωρικής έκτασης του ιδιοκτησιακού δικαιώματος σε ένα γεωτεμάχιο (Πηγή: Stoter, 2004)

Η αυξανόμενη πολυπλοκότητα των υποδομών και οι ολοένα και περισσότερες πυκνοδομημένες περιοχές απαιτούν μια πιο ρεαλιστική αναπαράσταση της πραγματικότητας. Οι διδιάστατες κτηματολογικές εγγραφές παρέχουν σε περιορισμένο βαθμό την ορθή καταγραφή και αναπαράσταση του νομικού καθεστώτος των ιδιοκτησιών. Ως εκ τούτου οι εξελίξεις απαιτούν σύγχρονα κτηματολογικά συστήματα με τρισδιάστατα τοπολογικά μοντέλα για την ορθή καταγραφή της ιδιοκτησίας και της περιγραφής της. Η βασική διαφορά μεταξύ ενός διδιάστατου και ενός τρισδιάστατου συστήματος Κτηματολογίου είναι ότι στο πρώτο σύστημα η τρίτη διάσταση αποτελούσε μόνο ένα περιγραφικό στοιχείο σε ένα πίνακα δεδομένων, ενώ στο δεύτερο σύστημα αποτελεί μια γεωμετρική πραγματικότητα.

Ας αναφερθεί ότι παρά τις προσπάθειες έρευνας και πρακτικής, δεν υπάρχει κάποια χώρα μέχρι σήμερα που να έχει ένα πραγματικό ολοκληρωμένο 3D Κτηματολόγιο. Προσπάθειες ανάπτυξης τρισδιάστατων συστημάτων έχουν γίνει, με τη λειτουργικότητα, όμως, να περιορίζεται πάντα με κάποιο τρόπο. Αυτό δεν σημαίνει ότι το 2D Κτηματολόγιο της κάθε χώρας δεν είναι αρκετό για την καταγραφή των χωρικών πληροφοριών, αλλά ότι πολλές φορές δεν αντιμετωπίζει με επιτυχία περιπτώσεις σύνθετης χρήσης του χώρου. Πιο συγκεκριμένα, η μη συμβατική ανάπτυξη του χώρου, με ταυτόχρονη πολυεπίπεδη κατανομή δικαιωμάτων, δεν μπορεί να περιγραφεί με ακρίβεια και να αποδοθεί ικανοποιητικά με τη χρήση ενός

2D κτηματολογικού συστήματος. Σε αυτό ακριβώς το σημείο εισέρχεται το 3D Κτηματολόγιο να δώσει λύσεις στις σύνθετες δομές του χώρου και την προστασία των αντίστοιχων ιδιοκτησιακών δικαιωμάτων.

Επομένως, ένα 3D Κτηματολόγιο που απεικονίζει την πραγματικότητα με τον καλύτερο δυνατό τρόπο και για τις μη συμβατικές περιπτώσεις του δομούμενου περιβάλλοντος αποτελεί ένα εργαλείο ανάπτυξης για τα θέματα που σχετίζονται με τη γη και την ιδιοκτησία. Αυτό γίνεται καλύτερα κατανοητό εάν αναλογιστεί κανείς την δυνατότητα παροχής πληροφοριών για τις ιδιοκτησίες τόσο στην επιφάνεια της γης, όσο και για ιδιοκτησίες υπό της επιφάνειας της γης και υπέρ αυτής. Επιτυγχάνεται με αυτόν τον τρόπο η βέλτιστη αξιοποίηση του χώρου με την εναρμόνιση των τεχνικών, θεσμικών και νομικών πτυχών της κάθε χώρας.



Εικόνα 2.2: Βασικές πτυχές αλληλοσυνδεόμενες με το 3D Κτηματολόγιο (Πηγή: Google)

Σε αυτό το κεφάλαιο περιγράφονται τα επίπεδα ανάπτυξης ενός τρισδιάστατου Κτηματολογίου. Επίσης, αναφέρονται οι κύριες περιπτώσεις που απαιτούν την τρίτη διάσταση για την ολοκληρωμένη τεκμηρίωσή τους.

2.1.Επίπεδα Ανάπτυξης 3D Κτηματολογίου

Όταν γίνεται αναφορά σε ένα τρισδιάστατο κτηματολογικό σύστημα πολλοί αναλογίζονται ένα ολοκληρωτικό σύστημα καταγραφής βασισμένο στις τρεις διαστάσεις. Ωστόσο, ένα 3D Κτηματολόγιο μπορεί να αναπτυχθεί σε διάφορα επίπεδα ανάλογα την προσέγγιση της τρίτης διάστασης. Επομένως, υπάρχει το 2.5D Κτηματολόγιο, το 2D Κτηματολόγιο με 3D εξωτερικές αναφορές, το υβριδικό 3D Κτηματολόγιο και το πλήρες τρισδιάστατο Κτηματολόγιο. Στη συνέχεια αναλύεται κάθε επίπεδο ανάπτυξης (Ζεντέλης, 2011).

i. Πλήρες 3D Κτηματολόγιο

Σε αντίθεση με το παραδοσιακό Κτηματολόγιο που η βασική μονάδα αναφοράς και καταγραφής είναι το διδιάστατο γεωτεμάχιο, σε ένα πλήρες 3D Κτηματολόγιο η μονάδα αυτή μετατρέπεται σε ένα τρισδιάστατο τεμάχιο (3D parcel). Επομένως, ο τρισδιάστατος χώρος κατανέμεται σε ογκομετρικά τεμάχια χωρίς επικαλύψεις ή κενά και όλα τα εμπράγματα δικαιώματα αναφέρονται πλέον στον τρισδιάστατο χώρο. Ως εκ τούτου το νομικό πλαίσιο, η κτηματολογική εγγραφή και τα πρωτόκολλα συναλλαγής επί των ακινήτων πρέπει να υποστηρίζουν τα 3D δικαιώματα και επομένως να γίνουν οι απαραίτητες προσαρμογές.

Πιο συγκεκριμένα, απαιτείται αναθεώρηση του νομικού πλαισίου που σχετίζεται με το Κτηματολόγιο, κάτι το οποίο απαιτεί πολύ χρόνο, κόπο και κόστος. Ο τρόπος καταγραφής κάθε εμπράγματος ιδιοκτησιακού δικαιώματος απαιτεί την χρήση του τρισδιάστατου τεμαχίου ως μονάδα αναφοράς και την κατάργηση του διδιάστατου τεμαχίου. Βασική προϋπόθεση, όμως, είναι και η ύπαρξη πληροφορίας τριών διαστάσεων (x, y, z Coordinates), η οποία όπου εκλείπει πρέπει να συλλεχθεί. Ταυτόχρονα είναι απαραίτητη η αλλαγή της δομής της Βάσης Δεδομένων ώστε να υποστηρίζονται τα 3D δεδομένα, όσον αφορά τη γεωμετρία, αλλά και την τοπολογία. Από πρακτικής πλευράς υποστηρίζεται ότι η εναλλαγή σε ένα πλήρες 3D Κτηματολόγιο είναι αρκετά δαπανηρή, πολύπλοκη και χρονοβόρα και απαιτεί γνώση και εναρμόνιση όλων των πλαισίων (τεχνικών, θεσμικών και νομικών).

ii. Υβριδικό 3D Κτηματολόγιο

Σε αυτή τη μορφή πραγματοποιείται διατήρηση του 2D κτηματολογίου και καταγράφεται η 3D κατάσταση των φυσικών αντικειμένων μόνο όταν υπάρχει λόγος νομικού περιεχομένου. Επομένως, η υβριδική λύση αποτελείται από την καταγραφή των διδιάστατων τεμαχίων (2D parcels) και την καταγραφή των τρισδιάστατων πραγματικών αντικειμένων. Αξίζει να σημειωθεί ότι διατηρούνται οι σχέσεις μεταξύ αυτών των εγγραφών και επιπλέον είναι διαθέσιμες όλες οι χωρικές και περιγραφικές πληροφορίες από τη βάση δεδομένων. Άρα, η βελτίωση του συστήματος διαχείρισης δεδομένων είναι επιτακτική ανάγκη για την υποστήριξη τόσο 2D όσο και 3D δεδομένων. Βασικό μειονέκτημα του συγκεκριμένου επιπέδου ανάπτυξης του τρισδιάστατου κτηματολογίου είναι η απουσία τοπολογικών σχέσεων μεταξύ των τρισδιάστων αντικειμένων, αλλά και μεταξύ ενός τρισδιάστατου αντικειμένου και ενός διδιάστατου γεωτεμαχίου.

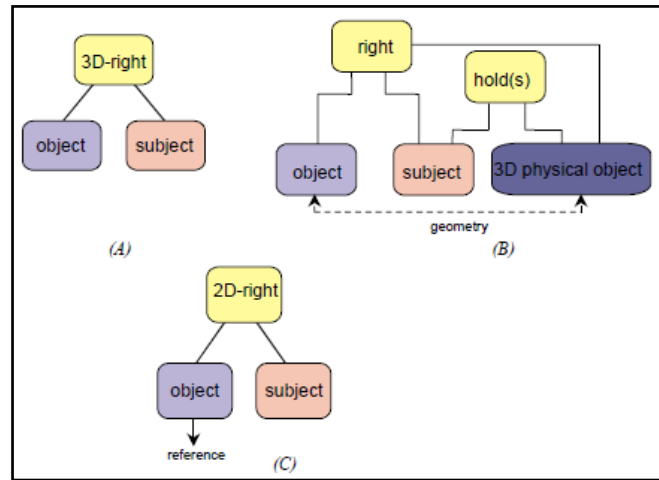
iii. Κλασσικό 2D Κτηματολόγιο με 3D εξωτερικές αναφορές

Αυτή η περίπτωση ανάπτυξης διατηρεί το παραδοσιακό διδιάστατο κτηματολόγιο με χρήση εξωτερικών αναφορών για την αναπαράσταση πολύπλοκων 3D καταστάσεων. Η αναφορά μπορεί να εφαρμοστεί με διάφορους τρόπους, όπως για παράδειγμα με την επισήμανση της τρισδιάστατης κατάστασης μέσω ενός ψηφιακού αρχείου (όπως για παράδειγμα ενός ψηφιακού σχεδίου CAD). Ακόμη μπορεί να επιτευχθεί με την προσθήκη μιας αναφοράς σε μια τρισδιάστατη περιγραφή του αντικειμένου.

iv. 2.5D Κτηματολόγιο

Είναι το πιο απλό επίπεδο ανάπτυξης του τρισδιάστατου κτηματολογικού συστήματος με την τρίτη διάσταση να ενυπάρχει για την πλειονότητα των αντικειμένων του χώρου. Όμως το στοιχείο του ύψους περιλαμβάνεται μόνο ως περιγραφικό συστατικό εντός μίας βάσης δεδομένων με περιγραφικές

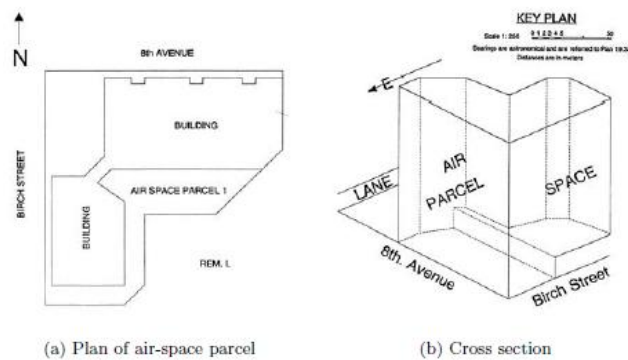
πληροφορίες για κάθε ιδιοκτησία. Ένας τρόπος για να αναπαρασταθεί χωρικά η τρίτη διάσταση σε αυτήν την περίπτωση είναι με τη δημιουργία του Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους.



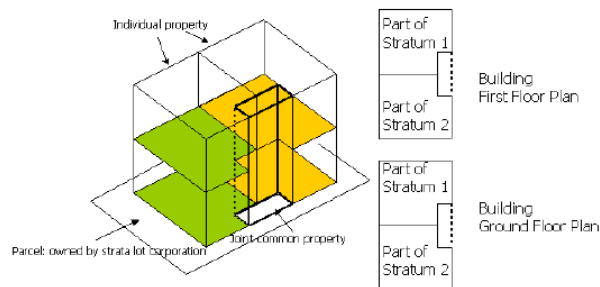
Εικόνα 2.3: Α) Πλήρες 3D Κτηματολόγιο Β) Υβριδική μορφή 3D Κτηματολογίου Γ) 2D Κτηματολόγιο με εξωτερικές τρισδιάστατες αναφορές (Πηγή: Παπαευθυμίου Μ., 2003)

2.2. Περιπτώσεις που Απαιτούν 3D Κτηματολόγιο

Σε αυτήν την ενότητα παρουσιάζονται οι κύριες περιπτώσεις που απαιτούν αντιμετώπιση με χρήση της τρίτης διάστασης ως το κύριο χαρακτηριστικό γνώρισμα. Γενικά οι 3D περιπτώσεις είναι σύνθετες καταγραφές του νομικού καθεστώτος και των εμπράγματων δικαιωμάτων, όπου σε ένα τεμάχιο (parcel) αντιστοιχούν πολλοί χρήστες (users), ο καθένας εκ των οποίων κατέχει ένα χωρικό δικαίωμα που περιορίζεται στο χώρο και βρίσκεται σε διαφορετικά συνήθως επίπεδα (each right on top of each other).



Εικόνα 2.4: α) Σχέδιο κάλυψης του γεωτεμαχίου β) Όψη του τρισδιάστατου όγκου κτηρίου (Πηγή: Stoter, 2004)



Εικόνα 2.5: Παράδειγμα διαγράμματος πολυστρωματικού τίτλου ιδιοκτησίας κτηρίου (Πηγή: Stoter, 2004)

Η τρίτη διάσταση σε αυτές τις περιπτώσεις είναι το κοινό χαρακτηριστικό, απαραίτητο για την εγγραφή του νομικού καθεστώτος, καθώς και για την τεκμηριωμένη προστασία της ιδιοκτησίας. Οι βασικές κατηγορίες που απαιτούν τρισδιάστατη καταγραφή συνοψίζονται με τον εξής τρόπο (Ζεντέλης, 2011):

- Επικαλυπτόμενοι δημόσιοι και ιδιωτικοί χώροι
- Επικαλυπτόμενα ιδιόκτητα γεωτεμάχια ή ακίνητα
- Μη συμβατική ανάπτυξη ακινήτων επί γεωτεμαχίου
- Ειδικά αντικείμενα ιδιοκτησίας

2.2.1. Επικαλυπτόμενοι δημόσιοι και ιδιωτικοί χώροι

Το φαινόμενο της επικάλυψης δημόσιων και ιδιωτικών είναι συχνό, ιδίως όταν η σύνθεση του ιστού μιας περιοχής είναι αρκετά πολύπλοκη, αλλά και όταν αυτή η περιοχή είναι πυκνοδομημένη. Από τα παλιά χρόνια διαπιστώνεται τέτοιου είδους δόμηση, όπου οι στενοί δρόμοι (δημόσιος χώρος) επικαλύπτονται από υπερκείμενες κατασκευές (ιδιωτικός χώρος). Με το πέρασμα των χρόνων, οι απαιτήσεις της σύγχρονης εποχής και ο επιταχυνόμενος ρυθμός δόμησης, αύξησαν την εμφάνιση αυτής της κατάστασης.

Οι κατηγορίες επικάλυψης δημόσιων και ιδιόκτητων χώρων είναι οι εξής:

- Ιδιόκτητοι χώροι υπέρ ή επί ή υπό των κοινόχρηστων γεωτεμαχίων της Φ.Γ.Ε.
- Κοινόχρηστοι χώροι υπέρ ή επί ή υπό των ιδιωτικών γεωτεμαχίων της Φ.Γ.Ε.

Σε κάθε κατηγορία περιέχονται διάφορες περιπτώσεις, οι οποίες αναλύονται στη συνέχεια.

Ιδιόκτητοι χώροι υπέρ ή επί ή υπό των κοινόχρηστων γεωτεμαχίων της Φ.Γ.Ε.

Σε αυτήν την κατηγορία, όπου ιδιόκτητοι χώροι βρίσκονται σε συσχέτιση με κοινόχρηστο γεωτεμάχιο, οι πρώτοι μπορεί να έχουν δημιουργηθεί είτε προγενέστερα είτε μεταγενέστερα της διαμόρφωσης του δεύτερου.

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η περίπτωση κατασκευών πάνω από δημόσιο δρόμο. Ο δημόσιος δρόμος μπορεί να είναι είτε μία μεγάλη εθνική οδός είτε μικροί διάδρομοι (καλντερίμια στους οικισμούς νησιών). Αμφότερες των περιπτώσεων ο δημόσιος χώρος έχει κατασκευαστεί για το δημόσιο συμφέρον, ανήκει στο κράτος και θεωρείται περιοχή κοινόχρηστη. Αντίθετα, η κατασκευή ανήκει σε ιδιώτη και για αυτόν το λόγο πρέπει το κτηματολογικό σύστημα να αναγνωρίζει διαφορετικούς ιδιοκτήτες και να καταχωρεί δύο διαφορετικούς κτηματολογικούς αριθμούς (Κ.Α.Ε.Κ.), ο καθένας μοναδικός για κάθε ιδιοκτησία.

Άλλο παράδειγμα είναι η δημιουργία κατασκευής που εξυπηρετεί τη σύνδεση δύο κτηρίων υπέρ δρόμου ή άλλου κοινόχρηστου γεωτεμαχίου. Υπάρχει, όμως, και η περίπτωση που απαιτείται η διαμόρφωση κοινόχρηστου χώρου μέσω υφιστάμενων ιδιόκτητων κατασκευών. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η διάνοιξη οδού για διευκόλυνση της κυκλοφορίας εν όψη απουσίας εναλλακτικών λύσεων.

Όσον αφορά ιδιόκτητες κατασκευές επί κοινόχρηστων γεωτεμαχίων, μπορεί να γίνει αναφορά είτε για νόμιμες, είτε για ημινόμιμες ή αυθαίρετες κατασκευές επί της ζώνης αιγιαλού και παραλίας. Στις νόμιμες κατασκευές υπάγονται περιοχές εκχώρησης εκ μέρους του δημοσίου σε ιδιώτες με μακροχρόνιο δικαίωμα χρήσης. Στην κατηγορία των ιδιόκτητων κατασκευών που βρίσκονται υπόγεια κοινόχρηστων γεωτεμαχίων, μπορούν να υπαχθούν αυτοτελή ακίνητα που λειτουργούν ως αποθηκευτικοί χώροι, ξενοδοχεία, καταστήματα εμπορικής χρήσης σε υπόγειους σταθμούς μέσω μαζικής μεταφοράς, χώροι στάθμευσης και υπόσκαφα.

Σε όλες τις παραπάνω περιπτώσεις το γεωτεμάχιο είναι κοινόχρηστο και οι υποκείμενες, επικείμενες και υπερκείμενες κατασκευές ανήκουν σε ιδιώτη. Για αυτόν το λόγο απαιτείται στο αντίστοιχο κτηματολογικό σύστημα να αναφέρονται ως ξεχωριστές ιδιοκτησίες με μοναδικούς αριθμούς ταυτότητας, να υπάρχει σαφής αναπαράσταση της τρίτης διάστατης και επομένως να υπάρχει νομική κάλυψη και προστασία της κάθε ιδιοκτησίας.

Κοινόχρηστοι χώροι υπέρ ή επί ή υπό των ιδιωτικών γεωτεμαχίων της Φ.Γ.Ε.

Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει ιδιοκτησίες οι οποίες είναι επικαλυπτόμενες και συγκεκριμένα περιγράφει περιπτώσεις κοινόχρηστων χώρων σε σχέση με ιδιόκτητο γεωτεμάχιο. Οι υπαρκτές περιπτώσεις είναι λιγότερες σε σύγκριση με την παραπάνω κατηγορία και η δημιουργία των κοινόχρηστων χώρων μπορεί να προηγήθηκε ή να ακολουθήσε των κατασκευών του ιδιόκτητου γεωτεμαχίου.

Αλλόκοτη περίπτωση είναι η ύπαρξη αυτοκινητόδρομου υπέρ ιδιόκτητου γεωτεμαχίου. Η διέλευση αυτού δια μέσου τμήματος ανωδομής κτηρίου καθιστά την περίπτωση ακόμα πιο σπάνια. Ακόμα και η δημιουργία της οδού επί ιδιόκτητης κατασκευής σπάνια απαντάνται.

Μια άλλη περίπτωση που χρησιμοποιείται συχνά στις χώρες του εξωτερικού είναι τα δημόσια δίκτυα πεζόδρομων (skyway) που βρίσκονται σε ορισμένη απόσταση από τη

φυσική γήινη επιφάνεια (π.χ. στο ύψος του πρώτου ορόφου κτηρίων), τα οποία είναι κλειστά για την προστασία των πεζών από τον καιρό. Πολλές φορές τέτοια δίκτυα καλύπτουν πολλά χιλιόμετρα μεταξύ πολλών οικοδομικών τετραγώνων, με την πρώτη θέση να κατέχει το δίκτυο στην πόλη Calgary της καναδικής επαρχίας Alberta.

Επικείμενοι κοινόχρηστοι χώροι σε ιδιότητα γεωτεμάχια έχουν συνήθως δημιουργηθεί ταυτόχρονα με τις κατασκευές ανωδομής του γεωτεμαχίου και η πιο χαρακτηριστική περίπτωση είναι αυτή της στοάς, η οποία εξυπηρετεί τη διέλευση των πεζών και προσαυξάνει το κοινόχρηστο χώρο επί του ισογείου.

Τέλος, υπόγειοι κοινόχρηστοι χώροι δημιουργούνται είτε προγενέστερα είτε μεταγενέστερα των αντίστοιχων κατασκευών επί ιδιόκτητων γεωτεμαχίων. Ένα παράδειγμα είναι αυτό των υπόγειων δικτύων metro ή ακόμα και αυτοκινητόδρομων, αλλά και υπόγειων αρχαιολογικών χώρων που διαμορφώνονται με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι προσβάσιμοι από το κοινό.

2.2.2. Επικαλυπτόμενα ιδιότητα γεωτεμάχια ή ακίνητα

Όπως έχει προαναφερθεί, υπάρχουν περιπτώσεις ακινήτων που πρέπει να αντιμετωπιστούν με τη χρήση τρισδιάστατου κτηματολογίου. Σε αυτές υπάγονται και οι ιδιωτικές ιδιοκτησίες που έχουν αναπτυχθεί με τέτοιο τρόπο και οι επικαλύψεις καθ' ύψος είναι συχνό φαινόμενο. Τα οικόπεδα και τα κτήρια είναι είτε μερικώς είτε ολικώς επικαλυπτόμενα μεταξύ τους.

Τυπικά παραδείγματα τέτοια φύσεως συναντώνται συχνά στα ελληνικά νησιά και τους παραδοσιακούς οικισμούς, όπου το έντονο ανάγλυφο οδηγεί σε τέτοιους σχηματισμούς. Τα λεγόμενα υπόσκαφα είναι κατασκευές που έχουν σκαφτεί ή λαξευτεί μέσα στη γη. Το γεωτεμάχιο ενός υπόσκαφου υπόκειται του υπερκείμενου γεωτεμαχίου. Οι ιδιοκτήτες των υποκείμενων ιδιοκτησιών είναι διαφορετικοί από τους ιδιοκτήτες των επικείμενων ιδιοκτησιών, γεγονός που απαιτεί κατάλληλη διαχείριση από το κτηματολογικό σύστημα.

Υπάρχουν, όμως, και οι περιπτώσεις ιδιόκτητων ακινήτων, των οποίων οι προβολές εμπίπτουν σε ένα ή περισσότερα διαφορετικά γεωτεμάχια. Αυτή η μορφή οικισμού είναι, επίσης, συχνή στους παραδοσιακούς οικισμούς της ελληνικής επικράτειας με έντονο ανάγλυφο και μεγάλες κλίσεις εδάφους.

2.2.3. Μη συμβατική ανάπτυξη ακινήτων επί γεωτεμαχίου

Η αυξανόμενη πολυπλοκότητα των υποδομών οδηγεί στη μη συμβατική ανάπτυξη κτηρίων. Ο όρος αυτός υποδηλώνει ακίνητα που απαιτούν μια περιγραφή με βάση τον όγκο, δηλαδή μια τρισδιάστατη περιγραφή, καθώς δεν είναι δυνατή η ακριβής περιγραφή τους από μια διδιάστατη κάτοψη. Βασικό χαρακτηριστικό αυτών των ακινήτων είναι τα μεταβαλλόμενα ύψη που οφείλονται τις περισσότερες φορές σε ειδικές κατασκευές, όπως μια σοφίτα, ένα πατάρι ή μια στέγη.

2.2.4. Ειδικά αντικείμενα ιδιοκτησίας

Μία διαφορετική κατηγορία που απαιτεί τη χρήση τρισδιάστατων εγγραφών είναι αυτή των ειδικών αντικειμένων ιδιοκτησίας (Special Real Property Objects), η οποία περιλαμβάνει περιπτώσεις ακινήτων που δεν έχουν δικαίωμα ιδιοκτησίας επί του γεωτεμαχίου και θεωρείται μία νέα έννοια αντικειμένων ιδιοκτησίας που πρέπει να ληφθεί υπόψη για το κτηματολογικό μοντέλο.

Στα ειδικά αντικείμενα ακίνητης ιδιοκτησίας περιλαμβάνονται τα κάτωθι:

- ❖ Ανώγεια που πρόκειται για κατασκευές υπερκείμενες μιας κοινόχρηστης οδού ή στοάς, συνήθως είναι επεκτάσεις της κατασκευής δίπλα στην οδό/στοά και συναντώνται συχνά στους παραδοσιακούς οικισμούς των ελληνικών νησιών. Είναι απαραίτητο να καταχωρούνται δύο κτηματολογικοί αριθμοί, ένας για την οδό/στοά και ένας για την ιδιοκτησία.
- ❖ Κατώγεια που πρόκειται για κατασκευές, οι οποίες βρίσκονται κάτω από την επιφάνεια της γης.
- ❖ Υπόσκαφα που πρόκειται για σπίτια σκαμμένα ή λαξευμένα μέσα στη γη.
- ❖ Σύρματα τα οποία είναι μικρές κατασκευές που έχουν έναν ειδικό μηχανισμό για να σύρουν τα σκάφη στο εσωτερικό τους κατά τη διάρκεια του χειμώνα και συναντώνται στο νησί της Μήλου, αλλά και σε άλλα νησιά των Κυκλάδων.
- ❖ Μεταλλεία/Ορυχεία που εκτείνονται συνήθως κάτω από την επιφάνεια της γης.
- ❖ Πηγάδια
- ❖ Στοές
- ❖ Καμάρες που είναι δομές σε σχήμα τόξου, εκτεινόμενες πάνω από ένα χώρο με βασικό σκοπό την υποστήριξη του βάρους.



Εικόνα 2.6: Μη συμβατική ανάπτυξη ακινήτων στη Σαντορίνη (πάνω αριστερά), Σύρματα στη Μήλο (πάνω δεξιά), Αυτοκινητόδρομος διερχόμενος κτηρίου στη Κίνα (κάτω αριστερά), Αυτοκινητόδρομος με υπερκείμενους ιδιόκτητους χώρους (κάτω δεξιά) (Πηγή: Google)

Μερικά από αυτά έχουν αναφερθεί και στις προηγούμενες κατηγορίες, σχετικά με τις επικαλύψεις μεταξύ ιδιοκτητών και δημόσιων χώρων. Πάραυτα πρόκειται για σπάνιες κατασκευές με περίπλοκη δομή με άμεση συνέπεια την ανάγκη χρήσης της τρίτης διάστασης, όχι μόνο ως περιγραφικό στοιχείο, αλλά και ως γεωμετρική πραγματικότητα, για την ολοκληρωμένη τεκμηρίωσή τους.

2.3. Η Έννοια της Τρίτης Διάστασης

Μέχρι σήμερα το Εθνικό Κτηματολόγιο της χώρας συλλέγει πληροφορία που σχετίζεται με τα αντικείμενα ιδιοκτησίας, με βασική μονάδα αναφοράς το τεμάχιο γης (γεωτεμάχιο) και βασικό χαρακτηριστικό την απεικόνιση και τεκμηρίωση σε δύο διαστάσεις. Η πραγματικότητα, όμως, και η δομή του σύνθετου περιβάλλοντος στον τρισδιάστατο χώρο, απαιτεί την εισαγωγή της έννοιας της τρίτης διάστασης, ώστε να πραγματοποιηθεί η βέλτιστη καταγραφή και αναπαράσταση των ιδιοκτησιακών αντικειμένων. Επιπρόσθετα, οι εξελίξεις στο διεθνή χώρο οδηγούν στην έρευνα λύσης για ενσωμάτωση της τρίτης διάστασης στο κτηματολογικό σύστημα, με πολλές εφαρμογές να έχουν υλοποιηθεί ως εναλλακτικά σενάρια. Επιτακτική ανάγκη είναι επομένως η καταγραφή των ιδιοκτησιακών αντικειμένων στον τρισδιάστατο χώρο.

Είναι απαραίτητο να αναλογιστεί ο καθένας την έννοια της τρίτης διάστασης. Σε ποιες πτυχές της καθημερινής ζωής είναι εμφανής, πού είναι αναγκαία η απεικόνιση του 3D χώρου, ποιοι είναι οι λόγοι που οδηγούν εκεί, αλλά και ποιοι είναι οι λόγοι που επιδρούν ανασταλτικά με τον όποιον τρόπο στην εφαρμογή ενός τρισδιάστατου μοντέλου. Είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι ένα τρισδιάστατο κτηματολογικό σύστημα δεν περιλαμβάνει απαραίτητα ένα ολοκληρωτικό τρισδιάστατο σύστημα καταγραφής, με αυτό να συνεπάγεται μια υβριδική λύση κτηματολογίου που συνδυάζει 2D και 3D στοιχεία.

Για να γίνει αντιληπτή η έννοια της τρίτης διάστασης, αρκεί η επεξεργασία του περιβάλλοντος χώρου και για παράδειγμα το διαμέρισμα όπου κατοικεί κάποιος. Η ιδιοκτησία εκτείνεται από ένα συγκεκριμένο υψόμετρο από την επιφάνεια του εδάφους έως το αντίστοιχο ύψος όπου ξεκινάει η ιδιοκτησία του άλλου και αυτό ορίζεται ως ο όροφος του κτηρίου. Τα δύο αυτά χαρακτηριστικά, το υψόμετρο από την επιφάνεια του εδάφους και το ύψος του ορόφου, στο σημερινό κτηματολογικό σύστημα καταγράφονται ως περιγραφική ιδιότητα σε μια βάση δεδομένων. Μπορεί να γίνει αντιληπτό, από αυτό το απλό παράδειγμα, πως όταν οι ιδιοκτησίες γίνονται πιο πολύπλοκες, η τεκμηριωμένη περιγραφή τους σε ένα τέτοιο σύστημα δυσκολεύει.

Επιπρόσθετα, οι ιδιαιτερότητες της ελληνικής γης καθιστούν αναγκαία τη χρήση της τρίτης διάστασης. Σε αυτές τις ιδιαιτερότητες περιλαμβάνεται το έντονο ανάγλυφο της γης και οι μεγάλες κλίσεις του εδάφους, αλλά και η πληθώρα των αρχαίων ευρημάτων υπόγεια κατά την εκτέλεση ανασκαφών.

Μία χαρακτηριστική περίπτωση του ελλαδικού χώρου που απαιτεί χρήση της τρίτης διάστασης είναι το νησί της Σαντορίνης. Συνδυασμός πολύπλοκων ιδιοκτησιών με εμφάνιση αυτών υπό, επί και υπέρ της επιφάνειας του εδάφους (ανώγεια, κατώγεια)

και επιπλέον αλληλοεπικάλυψη διαφορετικών ιδιοκτησιών (π.χ. υπόσκαφα) δημιουργούν ένα περιβάλλον δύσκολο να περιγραφεί ορθά από το διδιάστατο σύστημα καταγραφής που επικρατεί. Η αναπαράστασή τους στους κτηματολογικούς χάρτες είναι δύσκολη και δυσνόητη και η ενσωμάτωσή σε ένα τρισδιάστατο γεωμετρικό και τοπολογικό μοντέλο είναι επιτακτική ανάγκη.

Ο σχεδιασμός ενός τρισδιάστατου κτηματολογίου, όμως, πρέπει να συνοδεύεται από αναπροσαρμογή των νομικών, των τεχνικών και θεσμικών πτυχών. Ο ορισμός, επομένως, βασικών κατευθυντήριων γραμμών και η αντιμετώπιση τέτοιων θεμάτων είναι αναγκαία βήματα στην πορεία για την δημιουργία ενός 3D κτηματολογίου. Ένα τέτοιο εγχείρημα έχει ως συνέπεια μεγάλο κόστος και χρόνο. Αυτό σχετίζεται άμεσα με την ανάγκη συλλογής πληροφορίας, όπου εκλείπει, την αναπροσαρμογή του νομικού πλαισίου για να συμβαδίζει με τις ανάγκες του έργου, αλλά και την αντιμετώπιση τεχνικών προβλημάτων και την παροχή της απαραίτητης τεχνογνωσίας.

Κατά συνέπεια, όλες οι πτυχές που προκύπτουν πρέπει να ληφθούν σοβαρά υπόψη από τις αρμόδιες αρχές ώστε η μετάβαση από ένα διδιάστατο σύστημα καταγραφή των ιδιοκτησιακών δικαιωμάτων σε ένα λειτουργικό τρισδιάστατο σύστημα να είναι ομαλή, αποτελεσματική και όσο το δυνατόν λιγότερο χρονοβόρα και δαπανηρή.

3. ΔΙΕΘΝΗΣ ΕΜΠΕΙΡΙΑ ΣΤΟ 3D ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

3.1. 3D Κτηματολόγιο στην Αυστραλία

Μία από τις χώρες, στις οποίες έχει πραγματοποιηθεί πρόοδος σχετικά το θέμα του τρισδιάστατου Κτηματολογίου, είναι η Αυστραλία. Είναι σημαντικό να γίνεται ορθή διαχείριση των ιδιοκτησιών που αποτελούν πολύπλοκες και πολυεπίπεδες δομές και οι οποίες έχουν αναπτυχθεί στα αστικά κέντρα με αυξανόμενο ρυθμό. Στην Αυστραλία, οι πληροφορίες που σχετίζονται με μία ιδιοκτησία και ένα τεμάχιο γης, καταγράφονται και απεικονίζονται σε σχέδια που ονομάζονται *subdivision plans*. Αν και αυτός ο τρόπος καταγραφής είναι συνήθως σχέδια δύο διαστάσεων, συχνά χρησιμοποιούνται για την αναπαράσταση τρισδιάστατων ιδιοκτησιών με τα συνοδευόμενα δικαιώματα επί αυτών. Στη συνέχεια αυτής της ενότητας αναλύονται τα διαφορετικά τεμάχια γης που έχουν εισαχθεί ως έννοιες στο νομικό πλαίσιο της Αυστραλίας, αλλά και η εξέλιξη των συστημάτων κτηματολογίου όσον αφορά την ενσωμάτωση της τρίτης διάστασης σε δύο μεγάλες πολιτείες της Αυστραλίας, την Victoria και το Queensland.

3.1.1. Είδη γεωτεμαχίων και τοπογραφικών σχεδίων

Σύμφωνα με το νομικό πλαίσιο που ισχύει στην Αυστραλία, ένα τυπικό τεμάχιο γης (parcel) επεκτείνεται απεριόριστα τόσο σε βάθος όσο και σε ύψος από την επιφάνεια της γης, εκτός εάν ισχύουν ορισμένοι περιορισμοί. Γενικά, έχουν οριστεί τέσσερις τύποι τεμαχίων γης που παρουσιάζουν τρισδιάστατο περιεχόμενο και οι οποίοι παρατίθενται στη συνέχεια με την ορολογία τους στα αγγλικά (Stoter, 2004):

- Building Parcels
Σε αυτήν την περίπτωση περιγράφεται το κτήριο, το οποίο ορίζεται από τους τοίχους, τους ορόφους που έχει και το ανώτερο επίπεδο ή στέγη (walls, floors, ceiling/roof).
- Restricted Parcels
Αυτή η κατηγορία περιλαμβάνει τα τεμάχια, στα οποία ασκείται περιορισμός ιδιοκτησίας σε ορισμένη απόσταση είτε σε ύψος είτε σε βάθος από την επιφάνεια του εδάφους ή ακόμη συνδυασμό αυτών των δύο. Τα όρια του συγκεκριμένου είδους γεωτεμαχίου πρέπει να συμπίπτουν με τα όρια του επιφανειακού τεμαχίου γης.
- Volumetric Parcels
Τα συγκεκριμένα γεωτεμάχια ορίζονται αποκλειστικά από επιφάνειες, για αυτόν τον λόγο ονομάζονται και ογκομετρικά, καθώς αναπαριστούν τον όγκο επί του οποίου ασκείται το εμπράγματο δικαίωμα.
- Remainder Parcels
Αυτά τα γεωτεμάχια είναι το απομένον μέρος αφού αποκοπεί ένα ογκομετρικό τεμάχιο (volumetric parcel) ή το δομημένο μέρος (building parcels).

Τα τοπογραφικά σχέδια (survey plans) που χρησιμοποιούνται για την αναπαράσταση των γεωτεμαχίων και τυχόν ανωδομής επί αυτών ποικίλουν και οι προδιαγραφές για τη σύνταξή τους αναφέρονται εντός σχετικού εγγράφου (Registrar of titles, directions for the preparation of plans). Άρα, οι τύποι σχεδίων που χρησιμοποιούνται είναι οι εξής (Stoter, 2004):

- **Standard Format Plan**
Η επιφάνεια του εδάφους ορίζεται με ένα οριζόντιο επίπεδο και συντεταγμένες σημείων επί του εδάφους.
- **Building Format Plan**
Αυτό το είδος σχεδίου περιλαμβάνει την περιγραφή των δομικών στοιχείων του κτηρίου (τοίχους, ορόφους, στέγη).
- **Volumetric Format Plan**
Αυτό είναι ένα ιδιαίτερο είδος σχεδίου, όπου χρησιμοποιούνται 3D σημεία για να οριστεί η θέση, το σχήμα και η κατεύθυνση κάθε επιφάνειας ορίου, ώστε να περιγραφεί ορθά το ογκομετρικό τεμάχιο με τρισδιάστατο τρόπο.

Από την περιγραφή των ανωτέρω είναι φανερό ότι στην Αυστραλία έχουν εισάγει την έννοια της τρίτης διάστασης και την έχουν ενσωματώσει στις νομικές πτυχές. Για την εδραίωση ενός 3D Κτηματολογίου είναι απαραίτητο να ληφθούν υπόψη θέματα σχετικά με τη νομοθεσία, τα θεσμικά όργανα και τα τεχνικά μέσα. Επομένως, στην Αυστραλία παραμένουν εμπόδια τεχνικού περιεχομένου για την ανάπτυξη ενός τρισδιάστατου κτηματολογικού συστήματος, αλλά είναι ζωτικής σημασίας ότι έχουν γίνει ορισμένα βήματα προς αυτόν τον ορίζοντα.

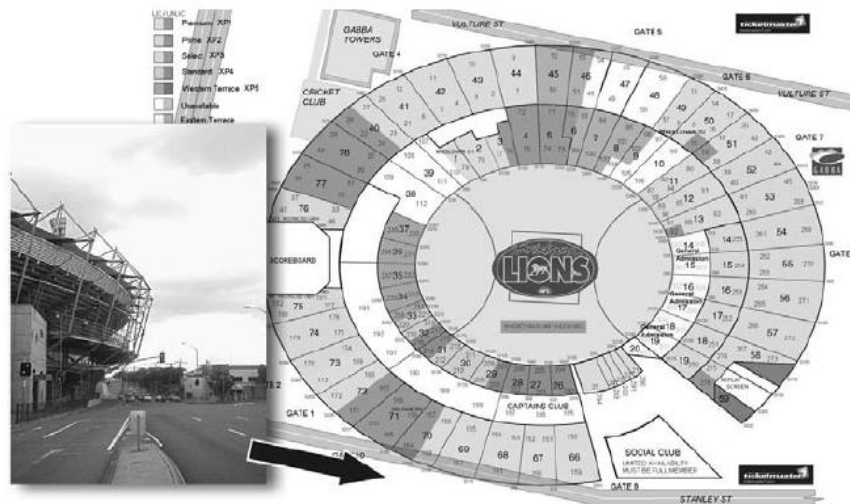
3.1.2. Παράδειγμα μελέτης στο Queensland

Η επικάλυψη ιδιοκτησιών είναι συχνό φαινόμενο στις ανεπτυγμένες πόλεις και ως εκ τούτου είναι σημαντικό να μπορούν να περιγραφούν επαρκώς για την προστασία του ιδιοκτησιακού καθεστώτος. Όπως αναφέρθηκε στην Αυστραλία χρησιμοποιούνται διαφορετικοί τρόποι απεικόνισης και αποθήκευσης των ιδιοκτησιών, οι οποίοι αναδεικνύουν τη χρήση της τρίτης διάστασης. Το στάδιο του κρίκετ στο Brisbane του Queensland (Gabba Cricket Stadium) χρησιμοποιείται ως παράδειγμα για την παρουσίαση αυτού του τρόπου αναπαράστασης των τρισδιάστατων μονάδων ιδιοκτησίας.

Το συγκεκριμένο στάδιο έχει την ιδιαιτερότητα ότι επικαλύπτει δύο δημόσιους δρόμους, στη βόρεια πλευρά επικαλύπτει τη οδό Vulture και στη νότια πλευρά επικαλύπτει την οδό Stanley. Κρίνεται σκόπιμο, επομένως, να πραγματοποιηθεί κατάλληλη τεκμηρίωση των ιδιοκτησιακών μονάδων, αλλά και απεικόνιση αυτών σε τρεις διαστάσεις για την ορθότερη κατανόηση της πραγματικής κατάστασης. Ως εκ τούτου, δημιουργήθηκαν τρεις τρισδιάστατες ιδιοκτησίες με μοναδικό κωδικό γεωτεμαχίου: για την επικάλυψη με την οδό Vulture ορίστηκε ο αριθμός γεωτεμαχίου 100 και ένα ογκομετρικό τεμάχιο με κωδικό αριθμό 101, ενώ για την επικάλυψη με

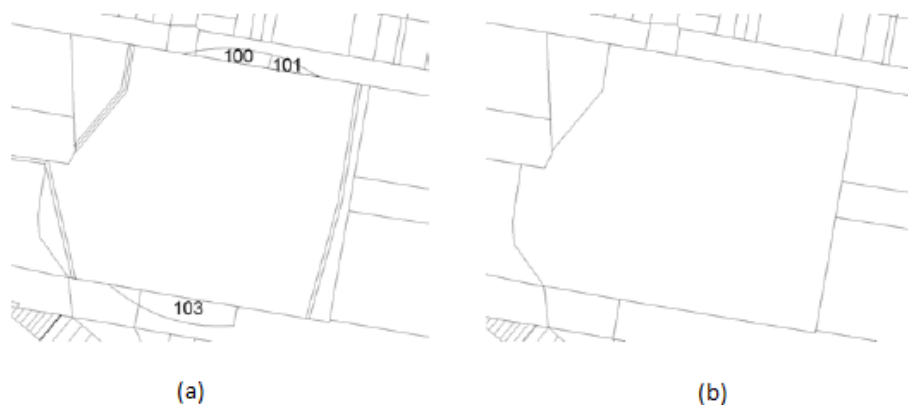
την οδό Stanley ορίστηκε ένα ογκομετρικό τεμάχιο με κωδικό αριθμό 103 (Stoter, 2004).

Στους τίτλους των ιδιοκτησιών περιλαμβάνονται όλες οι απαραίτητες πληροφορίες για την περιγραφή των τρισδιάστατων στοιχείων, όπως για παράδειγμα τα τρισδιάστατα διαγράμματα και οι συντεταγμένες που περιγράφουν την ιδιοκτησία.



Εικόνα 3.1: Το στάδιο Gabba στο Brisbane του Queensland, Australia (Πηγή: Stoter, 2004)

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται δύο περιπτώσεις κτηματολογικού χάρτη, εκ των οποίων στη μία περίπτωση περιλαμβάνονται τα αποτυπώματα των τρισδιάστατων τεμαχίων, ενώ στην άλλη όχι. Επομένως, τα ογκομετρικά διαγράμματα που απεικονίζουν την ακριβή τρισδιάστατη μορφή κάθε ιδιοκτησίας πρέπει να συνοδεύουν τον κτηματολογικό χάρτη.

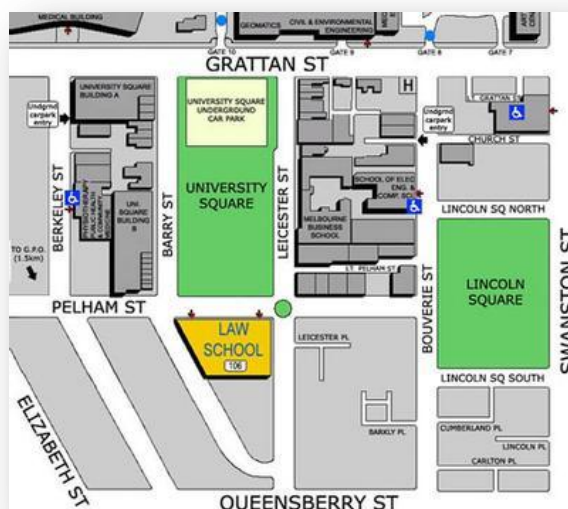


Εικόνα 3.2: Κτηματολογικός χάρτης α) με το αποτύπωμα των τρισδιάστατων τεμαχίων β) χωρίς το αποτύπωμα των τρισδιάστατων τεμαχίων (Πηγή: Stoter, 2004)

3.1.3. Παράδειγμα μελέτης στη Victoria

Ένα άλλο παράδειγμα, σχετικό με την ανάδειξη της απαίτησης του 3D Κτηματολογίου, αναλύεται σε αυτήν την ενότητα, το οποίο λαμβάνει χώρα στην

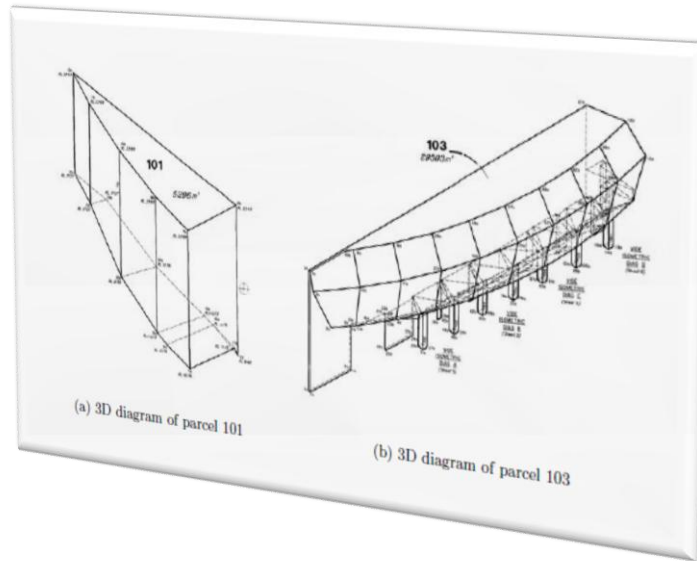
πολιτεία Victoria της Αυστραλίας. Η προσέγγιση που γίνεται αφορά κυρίως τις τεχνικές πτυχές για την τρισδιάστατη καταγραφή, ώστε να αναδειχθούν οι ελλείψεις που υπάρχουν. Αξίζει να γίνει η υπενθύμιση ότι στη νομοθεσία της Αυστραλίας έχει εισαχθεί η έννοια της τρισδιάστατης εγγραφής, γεγονός που αυξάνει τις δυνατότητες εδραίωσης ενός πλήρους 3D Κτηματολογίου. Η εφαρμογή μελέτης αφορά τον υπόγειο χώρο στάθμευσης που βρίσκεται στο Πανεπιστήμιο της Μελβούρνης (University of Melbourne city campus, University Square).



Εικόνα 3.3: Υπόγειος χώρος στάθμευσης στη Victoria, Αυστραλία (πηγή: <http://unimelb.edu.au/>)

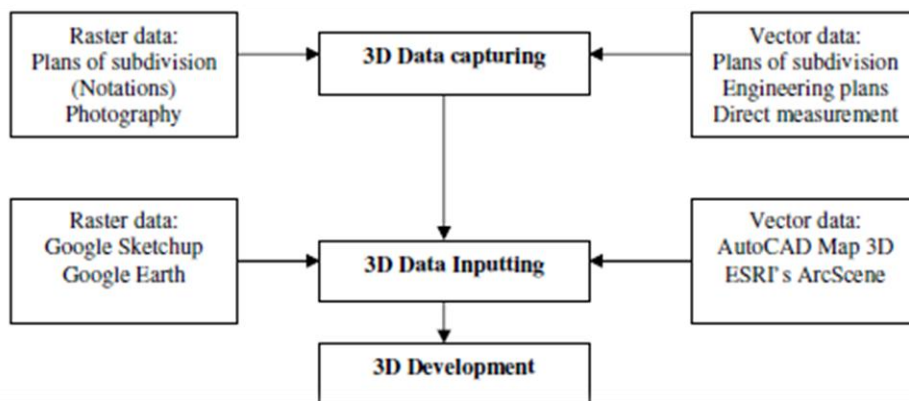
Για την περιγραφή και απεικόνιση των ιδιοκτησιών χρησιμοποιούνται ευρέως τα σχέδια, που στη νομοθεσία της Αυστραλίας ονομάζονται subdivision plans, για το λόγο αυτό θα χρησιμοποιηθεί ο αγγλικός όρος. Σε αυτά περιλαμβάνονται οι απαραίτητες τομές, όψεις και κατόψεις, αλλά και όλη η αναγκαία περιγραφική πληροφορία. Επίσης, να σημειωθεί ότι οι ψηφιακοί κτηματολογικοί χάρτες στη Victoria βασίζονται σε διδιάστατα τεμάχια γης, γεγονός το οποίο συνεπάγεται την απουσία υπόγειων ή υπέργειων επικαλυπτόμενων ιδιοκτησιών σε ένα τέτοιο χάρτη.

Σχετικά με το Πανεπιστήμιο της Μελβούρνης και συγκεκριμένα με τον υπόγειο χώρο στάθμευσης που μελετήθηκε, αυτός διέρχεται δυτικά υπό του κτηρίου Allan Gilbert που ανήκει στο πανεπιστήμιο και ανατολικά υπό ενός δημόσιου δρόμου. Η διαφορά έγκειται στο γεγονός ότι η δυτική πλευρά έχει σχέδιο τύπου PC (plan of consolidation) και περιλαμβάνει μόνο διδιάστατη πληροφορία, ενώ για την ανατολική πλευρά υπάρχει σχέδιο τύπου PS (plan of subdivision), το οποίο αναπαριστά και την τρισδιάστατη πληροφορία περιορισμένη σε συγκεκριμένα μέρη (Aien et al, 2011).

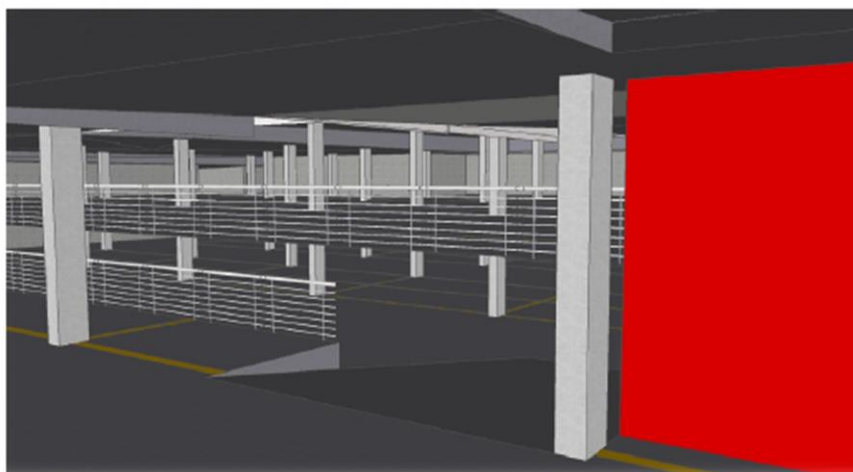


Εικόνα 3.4: Παραδείγματα τρισδιάστατων διαγραμμάτων (Πηγή: Stoter, 2004)

Συνολικά, τα subdivision plans περιλαμβάνουν ορισμένη 3D πληροφορία και αναπαράσταση, αλλά απαιτούνται ορισμένες βελτιώσεις για την απεικόνιση της πραγματικότητας. Με σκοπό την παρουσίαση της πολυπλοκότητας της 3D καταγραφής, αναπτύχθηκε ένα πλάνο για τα αναγκαία βήματα προς ένα τρισδιάστατο Κτηματολόγιο για τη συγκεκριμένη περιοχή μελέτης. Συλλέχθει, αρχικά, η απαραίτητη πληροφορία διανυσματική και πλεγματική (raster and vector data). Μεταξύ άλλων περιλαμβάνονται τα subdivision plans και αρχιτεκτονικά σχέδια, αλλά δεδομένου της μειωμένης τρισδιάστατης πληροφορίας, πραγματοποιήθηκαν και πρόσθετες μετρήσεις στο ύπαιθρο. Επιπλέον, ψηφιακές φωτογραφίες απαιτήθηκαν για να δοθεί η υφή και το χρώμα των κτηριακών μονάδων επακριβώς. Τέλος, χρησιμοποιήθηκαν διάφορα εργαλεία λογισμικού (Google SketchUp, Google Earth, AutoCAD Map 3D, ESRI's ArcScene) για την επεξεργασία της διανυσματικής και πλεγματικής πληροφορίας, αλλά και την ολοκλήρωση της εφαρμογής (Aien et al, 2011). Στη συνέχεια παρουσιάζονται αυτά τα βήματα σχηματικά, καθώς και το τελικό αποτέλεσμα που προέκυψε.



Εικόνα 3.5: Βασικά βήματα για την ανάπτυξη τρισδιάστατου Κτηματολογίου (πηγή: Aien et Al, 2011)



Εικόνα 3.6: Τρισδιάστατη αναπαράσταση του υπόγειου χώρου στάθμευσης στη Βικτώρια της Αυστραλίας (πηγή: Aien et Al, 2011)

3.1.4. Σύστημα απεικόνισης 3D ePlan / LandXML

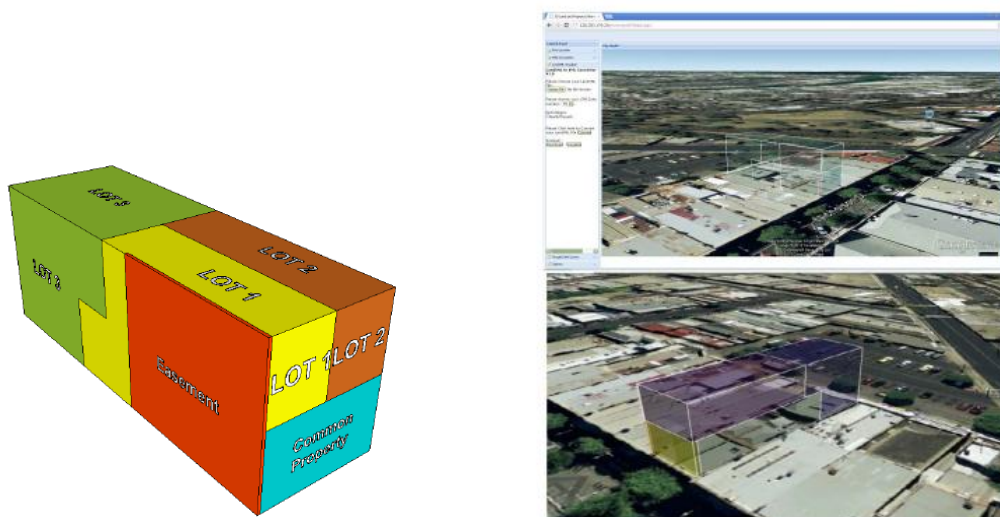
Το σύστημα 3D ePlan είναι ένα πρωτότυπο σύστημα που βασίζεται σε διαδικτυακές τεχνολογίες και απεικονίζει τις ιδιοκτησίες με τα εμπράγματα δικαιώματα που ασκούνται επί αυτών σε τρεις διαστάσεις (3D). Η λογική της δημιουργίας αυτού του συστήματος περιλαμβάνει την πρόσβαση σε δεδομένα, την επεξεργασία τους, αλλά και την απεικόνιση τους, ιδίως όσον αφορά τα δικαιώματα, τους περιορισμούς και τις ευθύνες (RRRs) που ασκούνται επί των ιδιοκτησιών. Ένα μειονέκτημά του είναι ότι δεν μπορεί να υποστηρίξει την απεικόνιση υπόγειων εμπράγματων δικαιωμάτων. Ωστόσο, είναι ένα λειτουργικό σύστημα που επιτρέπει σε ικανοποιητικό βαθμό την ενσωμάτωση 3D αντικειμένων ιδιοκτησίας και καθιστά δυνατή την πρόσβαση σε αυτές τις πληροφορίες από ένα μεγάλο αριθμό χρηστών.

Για τη μετάβαση από το διδιάστατο σύστημα στο τρισδιάστατο απαιτήθηκε να προηγηθούν ορισμένες ενέργειες. Όλα τα δεδομένα που είναι σε αναλογική μορφή και αυτά αφορούν τα subdivision plans, τα οποία χρησιμοποιούνται στην Αυστραλία, καταγράφονται σε μορφή αρχείου 3D ePlan / LandXML (Shojaei et al, 2012). Όπως έχει αναφερθεί ανωτέρω, ένα subdivision plan περιέχει όλα τα σχέδια σχετικά με τα γεωτεμάχια και τις ιδιοκτησίες επί αυτών (κατόψεις, διατομές), συνοδευόμενα από όλες τις απαραίτητες πληροφορίες (π.χ. θέση ακινήτου, δουλείες).

Το αρχείο LandXML είναι μία μορφή αρχείου δεδομένων που βασίζεται στη γλώσσα XML (Extensible Markup Language), δημιουργείται από αντίστοιχο λογισμικό και περιλαμβάνει όλες τις απαραίτητες πληροφορίες σχετικά με μία ιδιοκτησία (τρόπος δημιουργίας του αρχείου από το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε, μεταδεδομένα, γεωμετρία και τοπογραφικά δεδομένα). Το μοντέλο δεδομένων ePlan δημιουργήθηκε για την ανταλλαγή κτηματολογικών δεδομένων και υιοθετήθηκε ως πρότυπο στην Αυστραλία. Επιπρόσθετα, στη Victoria της Αυστραλίας υπάρχει μία αυτόματη ψηφιακή διαδικασία για τον έλεγχο των σχεδίων που ονομάζεται SPEAR

(Streamlined Planning through Electronic Applications and Referrals), με στόχο την ελαχιστοποίηση σφαλμάτων και την ενίσχυση της ακρίβειας της βάσης δεδομένων (DCDB) (Shojaei et al, 2012).

Σύμφωνα, λοιπόν, με τις προδιαγραφές του μοντέλου δεδομένων ePlan, το οποίο επιτρέπει την αποθήκευση τρισδιάστατων γεωμετρικών αντικειμένων (μέσω της οντότητας VolumeGeom), είναι δυνατή η απεικόνιση αυτών με τη χρήση διαδικτυακών εργαλείων. Πιο συγκεκριμένα, τα αρχεία 3D LandXML μετατρέπονται σε αρχεία μορφής KML και στη συνέχεια μπορούν να απεικονιστούν μέσω του Google Earth. Επομένως, όλη η πληροφορία σχετικά με τα ακίνητα και τα δικαιώματα που περιέχεται στο αρχικό αρχείο τύπου 3D ePlan / LandXML μπορούν να απεικονιστούν με αυτόν τον τρόπο. Μία αδυναμία αυτού του συστήματος εντοπίζεται στα χαρακτηριστικά απεικόνισης, τα οποία ωστόσο καθορίζονται με συγκεκριμένους κανόνες από το μοντέλο δεδομένων. Για παράδειγμα, οι δουλείες απεικονίζονται με συγκεκριμένο χρώμα, διαφάνεια και πάχος γραμμών για να ξεχωρίζουν από άλλα αντικείμενα. Τέλος, να αναφερθεί ότι τα αντικείμενα συνοδεύονται από την απαραίτητη περιγραφική πληροφορία (Shojaei et al, 2012).



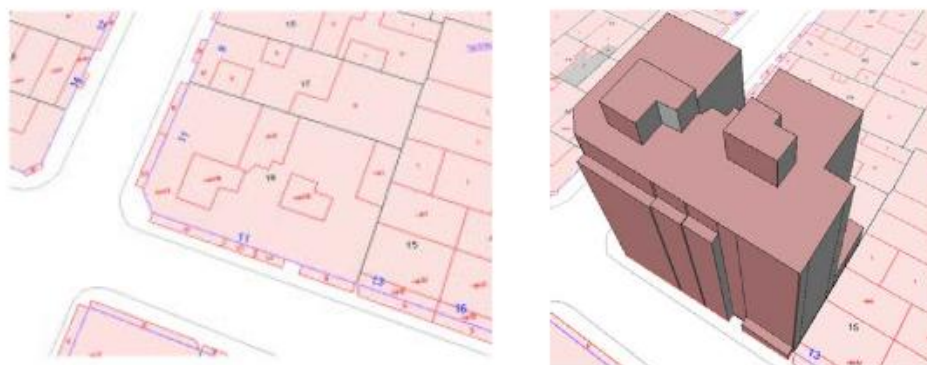
Εικόνα 3.7: (αριστερά) Τρισδιάστατο μοντέλο για μία ιδιοκτησία (δεξιά) Απεικόνιση με το αρχείο ePlan/LandXML σε διαδικτυακό σύστημα (πηγή: Shojaei et al, 2012)

Συγκεντρωτικά, τα στοιχεία που μελετήθηκαν σχετικά με τα συστήματα καταγραφής κτηματολογικών πληροφοριών στην Αυστραλία αποδεικνύουν την πρόοδο της χώρας σε αυτόν τον τομέα. Τόσο η περίπτωση μελέτης της πολιτείας Victoria, όσο και της πολιτείας Queensland, παρουσιάζουν την ενσωμάτωση της τρίτης διάστασης στα δεδομένα, τόσο περιγραφικά όσο και απεικονιστικά. Επιπλέον, βασικό πλεονέκτημα αποτελεί η μεταρρύθμιση του νομικού καθεστώτος όσον αφορά την καταγραφή τρισδιάστατων ιδιοκτησιακών αντικειμένων. Άρα, οι νομικές πτυχές σε συνδυασμό με την πρόοδο της τεχνολογίας και των διαθέσιμων τεχνικών μέσων οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η Αυστραλία παρουσιάζει όλες τις προϋποθέσεις για την εγκαθίδρυση ενός πλήρους τρισδιάστατου Κτηματολογίου.

3.2. 3D Κτηματολόγιο στην Ισπανία

Το Ισπανικό Κτηματολόγιο είναι ένα σύστημα, το οποίο καταγράφει όλες τις απαραίτητες πληροφορίες σχετικά με τις αστικές και τις αγροτικές ακίνητες ιδιοκτησίες, και κατά βάση είναι ένα φορολογικό κτηματολογικό σύστημα, χωρίς να αποκλείεται η χρήση του και για άλλους σκοπούς. Όταν γίνεται αναφορά στις απαραίτητες πληροφορίες που καταγράφονται, σε αυτές περιλαμβάνονται οι εξής: φυσικά χαρακτηριστικά, νομικό καθεστώς, οικονομικά χαρακτηριστικά, θέση ακινήτου, κτηματολογική αναφορά, τίτλοι ιδιοκτησίας, γραφική αναπαράσταση και οποιαδήποτε άλλη πληροφορία που θεωρείται κρίσιμο να καταγραφεί.

Το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό του Ισπανικού Κτηματολογίου είναι ότι υπάρχει η πληροφορία που σχετίζεται με την τρίτη διάσταση των κτηρίων οργανωμένη σε χάρτες. Επιπλέον, διατίθεται διαδικτυακή υπηρεσία που ονομάζεται Web Map Service (WMS), μέσω της οποίας υπάρχει πρόσβαση στα κτηματολογικά στοιχεία. Για να επιτευχθεί η εκπροσώπηση της τρίτης διάστασης προστέθηκαν δύο καινοτόμα επίπεδα, σε συνδυασμό, με τα υπάρχοντα, στην Map Service (WMS). Το ένα επίπεδο περιλαμβάνει την αναπαράσταση της προοπτικής των κτηρίων με βάση των αριθμό των μερών τους, ενώ το δεύτερο επίπεδο δημιουργεί, με βάση τα κατασκευαστικά στοιχεία και την ογκομετρική αναπαράσταση, τη σκιά της κατασκευής.



Εικόνα 3.8: (αριστερά) Επίπεδο αναπαράστασης της προοπτικής των κτηρίων (δεξιά) Επίπεδο αναπαράστασης των κατασκευαστικών στοιχείων στην WMS (πηγή: Garcia et al, 2011)

Η υπηρεσία WMS παρέχει τη δυνατότητα της δημιουργίας χάρτη με διάφορες τεχνικές και η αναπαράσταση μπορεί να γίνει με διάφορα επίπεδα λεπτομέρειας, αξιοποιώντας τη γεωγραφική και κτηματολογική πληροφορία που είναι αποθηκευμένη στις βάσεις δεδομένων. Η βασική μονάδα αναφοράς του κτηματολογίου στην Ισπανία είναι το κτηματολογικό τεμάχιο, το οποίο μπορεί να περιέχει διάφορες εγκαταστάσεις, με συνοδευόμενη γεωμετρία και τοπολογία σε δύο διαστάσεις.

Ένα πρόσθετο επίπεδο πληροφορίας που υπάρχει στο κτηματολογικό μοντέλο της Ισπανίας είναι το "CONSTRU", το οποίο περιέχει ιδιαίτερα χαρακτηριστικά. Πιο συγκεκριμένα, η γεωμετρία του ορίζει τους όγκους των κτηρίων και τις διάφορες χρήσεις (π.χ. πισίνα, κήπος κ.τ.λ.) που έχουν τα τεμάχια γης στην αστική περιοχή

(García, J. M. O. et al, 2011). Ως εκ τούτου, το συγκεκριμένο επίπεδο πληροφορίας είναι αυτό που χρησιμοποιείται για την τρισδιάστατη απεικόνιση, σε συνδυασμό με τα δύο καινοτόμα επίπεδα πληροφορίας για την προοπτική κάθε κατασκευαστικού στοιχείου και τη χρήση σκιάς για την ανάδειξη κάθε κτηρίου. Με αυτόν τον τρόπο γίνεται πραγματικότητα η ενσωμάτωση της τρίτης διάστασης στα υπάρχοντα διδιάστατα δεδομένα ενός κτηματολογικού συστήματος.

3.2.1. Επίπεδο πληροφορίας CONSTRU3D

Το επίπεδο πληροφορίας CONSTRU3D λαμβάνει την απαραίτητη πληροφορία από το επίπεδο "CONSTRU" και αφορά την απόδοση σκίασης στα τεμάχια γης που έχουν ογκομετρική πληροφορία. Επομένως, γίνεται επιλογή των τεμαχίων γης που έχουν κατασκευές με ορόφους, έτσι ώστε να χρησιμοποιηθεί σκίαση για την ανάδειξη της ογκομετρικής διάστασης. Ο συμβολισμός που χρησιμοποιείται είναι η πλήρωση με ημιδιάφανο χρώμα γκρι χωρίς περίγραμμα για να μην αποκρύπτονται πληροφορίες στον υπόλοιπο χάρτη. Να σημειωθεί ότι δεν γίνεται διαφοροποίηση των κατασκευών ανάλογα το ύψος τους, αλλά όλα τα τεμάχια γης που περιλαμβάνουν κάποια κατασκευή με ορόφους πέραν του ισόγειου πρόκειται να λάβουν σκίαση, για να προκύψει μία αίσθηση της τρίτης διάστασης. Με αυτόν τον τρόπο προκύπτει μία εικόνα, στην οποία οι κατασκευές με παραπάνω από έναν ορόφο έχουν σκίαση και αναδεικνύεται ο όγκος τους, σαν να φωτίζονται με προσανατολισμό βορειοδυτικό.

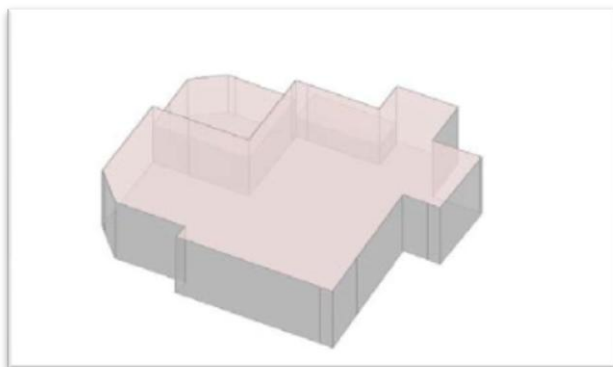


Εικόνα 3.9: Επίπεδο πληροφορίας CONSTRU3D (πηγή: Garcia et al, 2011)

3.2.2. Επίπεδο πληροφορίας BUILDINGS (EDIFICIOS)

Το συγκεκριμένο επίπεδο πληροφορίας, που ονομάζεται EDIFICIOS στα ισπανικά, αφορά δεδομένα, με τη χρήση των οποίων παράγεται μία εικόνα του επιπέδου CONSTRU με προοπτική Cavalier, λαμβάνοντας υπόψη το ύψος των μερών κάθε αντικειμένου. Το αποτέλεσμα μιας τέτοιας αναπαράστασης παρουσιάζεται στην ακόλουθη εικόνα.

Ο αλγόριθμος που χρησιμοποιείται για την παραγωγή αυτού του αποτελέσματος βασίζεται στα ακόλουθα στάδια (García, J. M. O. et al, 2011):



Εικόνα 3.10: 3D Κτήριο (πηγή: Garcia et al, 2011)

- Τα προκύπτοντα τεμάχια (sub parcel) διατάσσονται σε φθίνουσα σειρά από το Βορρά προς το Νότο της εικόνας
- Κάθε επιμέρους τεμάχιο σχεδιάζεται στη πραγματική του θέση, ορίζοντας με αυτόν τον τρόπο τη βάση για την κατασκευή που θα προκύψει και θα πληρωθεί με ημιδιαφανές κόκκινο χρώμα
- Στη συνέχεια, για κάθε ζεύγος διαδοχικών συντεταγμένων που συνθέτουν τα τεμάχια κατασκευάζεται ένα παραλληλόγραμμο με κατεύθυνση Βορρά - Νότου και κλίμακα που διαφοροποιείται ανάλογα τον αριθμό των ορόφων πάνω από το ισόγειο. Αυτά τα παραλληλόγραμμα είναι ημιδιαφανή σε πιο σκούρο κόκκινο, δίνοντας την αίσθηση του βάθους
- Τέλος, σχεδιάζεται το κέλυφος του παραγόμενου πρίσματος και προκύπτει ένα αντικείμενο με την ίδια γεωμετρία της βάσης, αλλά με μία μετατόπιση προς το Βορρά της εικόνας

Το πρακτικό μέρος της χρήσης της ημιδιαφάνειας είναι ότι δεν αποκρύπτει άλλες πληροφορίες που απεικονίζονται στον χάρτη. Για παράδειγμα, οι κτηματολογικοί αριθμοί μπορούν να φαίνονται παράλληλα με τα τρισδιάστατα αντικείμενα.



Εικόνα 3.11: Προοπτική του επιπέδου πληροφορίας BUILDINGS (πηγή: Garcia et al, 2011)

3.2.3. Τρισδιάστατη μοντελοποίηση

Το SDGC (Spanish Directorate General for Cadastre) έχει αναπτύξει τρισδιάστατη μοντελοποίηση των τεμαχίων με βάση KML format και δεν αποθηκεύεται σε βάση δεδομένων, αλλά σε πραγματικό χρόνο στις πληροφορίες της γεωμετρίας για κάθε αντικείμενο (García, J. M. O. et al, 2011). Η χρήση τύπου KML αρχείων γίνεται καθώς προσφέρουν πολλά πλεονεκτήματα, μεταξύ των οποίων είναι η δυνατότητα τρισδιάστατης πλοήγησης στο Google Earth, και επιπλέον είναι πρότυπο για την κοινοπραξία Open Geospatial Consortium (OGC).



Εικόνα 3.12: Χρήση του συστήματος SDGC με βάση KML αρχεία (πηγή: García et al, 2011)

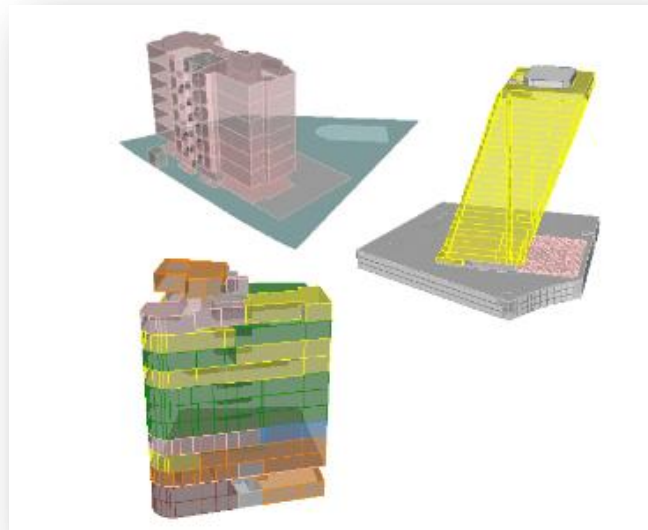
Με την τρισδιάστατη μοντελοποίηση δημιουργούνται δύο είδη μοντέλων, τα οποία διαφοροποιούνται στη δημιουργία τους. Το ένα μοντέλο βασίζεται στην μοντελοποίηση της εξώθησης του κτηματολογικού χάρτη σύμφωνα με το μέγεθος του συνολικού ύψους που αποτελεί σημαντικό χαρακτηριστικό κάθε κατασκευής. Το δεύτερο μοντέλο βασίζεται στην παραγωγή ανεξάρτητων μοντέλων μονάδων (unit models) με την κατακόρυφη πληροφορία από τα μέρη του κτηρίου στο κτηματολογικό υπόβαθρο, που είναι σε μορφή FXCC, δηλαδή μία γραφική αναπαράσταση των ιδιοκτησιών σε κατάλληλη κλίμακα (García, J. M. O. et al, 2011). Επίσης, σε ένα τέτοιου είδους αρχείο περιλαμβάνεται μία ψηφιακή φωτογραφία του κτηρίου, αλλά και κατόψεις όλων των ορόφων. Η ουσιαστική διαφορά αυτών των δύο μοντέλων απεικονιστικά παρουσιάζεται στη παρακάτω εικόνα.

Το αρχείο που προκύπτει από τη μοντελοποίηση με εξώθηση γενικών ορόφων περιέχει τη γεωμετρία, αλλά και τη διεύθυνση κάθε κτηρίου, με ταυτόχρονη σύνδεση στην κτηματολογική βάση του Ισπανικού Κτηματολογίου (SEC) για την πρόσβαση σε πληροφορίες, όπως το ύψος της φορολογίας, αλλά και της αξίας ενός τεμαχίου γης.



Εικόνα 3.13: (αριστερά) Μοντέλο κτηρίου με εξώθηση του όγκου (δεξιά) Μοντέλο κτηρίου με παραγωγή των ανεξάρτητων μονάδων (πηγή: Garcia et al, 2011)

Σε αντίθεση, η μοντελοποίηση σε επιμέρους ορόφους περιλαμβάνει τη χρήση δεδομένων γεωμετρίας από FXCC αρχεία για κάθε κτηριακή μονάδα. Με αυτή τη μέθοδο προκύπτει κάθε μέρος κτηρίου σε τρεις διαστάσεις στο φυσικό χώρο του αντικειμένου. Τα συστατικά μέρη του προκύπτοντος μοντέλου είναι το οριζόντιο επίπεδο, που εξωθείται σε ύψος τριών μέτρων (3 μέτρα είναι το πρότυπο μέγεθος ύψους ενός ορόφου), οι τοίχοι περιμετρικά του τεμαχίου και η οροφή. Επιπλέον, για να γίνει πιο αντιπροσωπευτική η τρισδιάστατη μοντελοποίηση με την πραγματικότητα, χρησιμοποιούνται διαφορετικά χρώματα σε κάθε κτηριακή μονάδα ανάλογα με τη χρήση (García, J. M. O. et al, 2011).



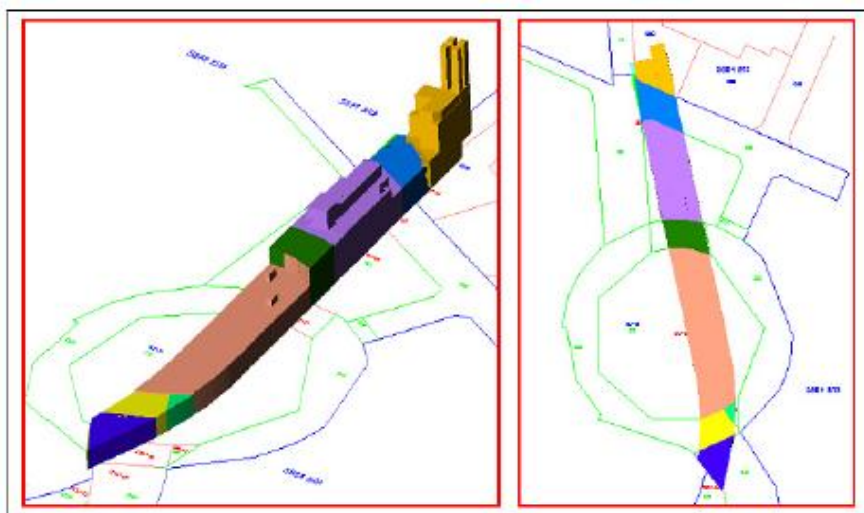
Εικόνα 3.14: Χρήση διαφορετικού χρώματος για την ανάδειξη της ξεχωριστής ιδιοκτησίας (πηγή: Garcia et al, 2011)

3.3.3D ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΣΤΟ ΙΣΡΑΗΛ

Στο Ισραήλ έχουν γίνει αρκετά βήματα για τη μετάβαση από ένα διδιάστατο κτηματολογικό σύστημα καταγραφής σε ένα τρισδιάστατο σύστημα, μεταξύ των οποίων ένα σημαντικό και πρωτότυπο πρόγραμμα έρευνας και ανάπτυξης (Research and Development Project, R&D). Το συγκεκριμένο πρόγραμμα έχει αφετηρία το έτος 2002 και ολοκληρώθηκε με επιτυχία το 2004 από μία ομάδα ειδικών διάφορων επιστημών. Υπεύθυνος οργανισμός αποτελεί το τμήμα Survey of Israel (SOI). Αντικείμενο του R&D είναι η εύρεση των απαραίτητων λύσεων λαμβάνοντας υπόψη γεωδαιτικές, κτηματολογικές, σχεδιαστικές, μηχανικές και νομικές πτυχές, ώστε να δημιουργηθεί το απαραίτητο πλαίσιο για την ανάπτυξη ενός λειτουργικού τρισδιάστατου Κτηματολογίου (Shoshani et al, 2005).

Το πρόγραμμα έρευνας και ανάπτυξης (Research and Development Project), περιλαμβάνει τέσσερα πιλοτικά προγράμματα. Το ένα εκ των τεσσάρων αφορά ένα πολυώροφο κτήριο στο κέντρο του Τελ-Αβίβ και περιλαμβάνει υπόγειους χώρους στάθμευσης σε πολλά επίπεδα. Το δεύτερο πρόγραμμα λαμβάνει χώρα στην νέα υπό ανάπτυξη πόλη που ονομάζεται Modi' in. Τα υπόλοιπα δύο προγράμματα σχετίζονται με την αρχαία πόλη Acre, στην οποία βρίσκονται δύο είδη κτηρίων της αρχαίας εποχής.

Να σημειωθεί ότι ένας από τους βασικούς στόχους του προγράμματος είναι η εδραίωση ενός μοντέλου καταγραφής δικαιωμάτων της γης, βάσει των σύγχρονων γεωγραφικών πληροφοριακών συστημάτων.



Εικόνα 3.15: 3D και 2D αναπαράσταση των χωρικών (υπο)τεμαχίων επί των γεωτεμαχίων (πηγή: Benhamu, 2006)

Συγκεντρωτικά, τα αντικείμενα που πρέπει να ερευνηθούν (Shoshani et al, 2005), ούτως ώστε να πραγματοποιηθεί η ανάπτυξη ενός τρισδιάστατου Κτηματολογίου, τόσο σε νομικό όσο και τεχνικό επίπεδο, είναι:

- Ο ορισμός και καταγραφή χωρικών τεμαχίων στις τρεις διαστάσεις

- Τροποποιήσεις στο ισχύον νομικό πλαίσιο
- Συγκέντρωση των υψομετρικών δεδομένων
- Δημιουργία 3D βάσης δεδομένων
- Διαχείριση τόσο των διδιάστατων όσο και των τρισδιάστατων δεδομένων σε περιβάλλον γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών (G.I.S.)
- Εδραίωση ηλεκτρονικού μοντέλου καταγραφής δικαιωμάτων επί της γης
- Ανάπτυξη κατάλληλου λογισμικού απεικόνισης του 3D Κτηματολογίου

Το θέμα αυτά πρέπει να προβληματίσουν κάθε χώρα που επιθυμεί την ανάπτυξη ενός τρισδιάστατου κτηματολογικού συστήματος. Κατάλληλος προγραμματισμός αυτών πρόκειται να οδηγήσει σε ένα λειτουργικό σύστημα διαχείρισης της γης.

3.3.1. Νομικό Πλαίσιο στο Ισραήλ

Θεμελιώδη βήμα για την εφαρμογή 3D Κτηματολογίου είναι η τροποποίηση του νομικού πλαισίου που αφορά τη καταγραφή και απεικόνιση τρισδιάστατων ιδιοκτησιών. Γενικά, το κτηματολογικό σύστημα του Ισραήλ είναι διδιάστατο και βασίζεται στις αρχές Torrens, δηλαδή είναι ένα σύστημα εγγραφής τίτλων. Δεδομένου της παρούσας κατάστασης, κρίνεται σκόπιμο να εφαρμοστούν οι απαραίτητες τροποποιήσεις στους σχετικούς νόμους (Land Law, Planning and Construction Law, Survey Regulations), αν και κάτι τέτοιο είναι γνωστό ότι είναι αρκετά χρονοβόρο.

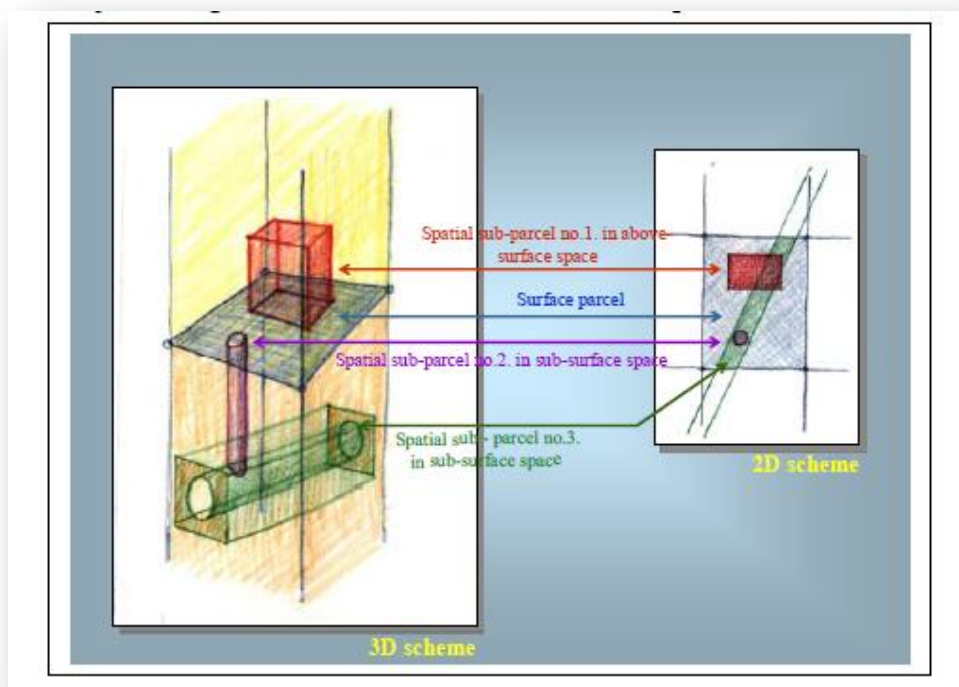
Όπως ισχύει ευρέως, η κυριότητα ενός γεωτεμαχίου συνεπάγεται την έκτασή της υπό της επιφάνειας της γης, με ορισμένους περιορισμούς (π.χ. εκμετάλλευση μεταλλείων), μέχρι ορισμένο ύψος, το οποίο να μην εμποδίζει άλλες εναέριες δραστηριότητες. Όμως, η καταγραφή των εμπράγματων δικαιωμάτων δεν είναι σαφής σε πολλές περιπτώσεις, λόγω των επικαλυπτόμενων ιδιοκτησιών και των πολυεπίπεδων δομών. Για το λόγο αυτό, πρέπει να βρεθεί μία λύση, η οποία να εισάγει την τρίτη διάσταση στον ορισμό των ιδιοκτησιακών μονάδων τόσο στην καταγραφή όσο και στην απεικόνισή τους.

Ωστόσο, η μετατροπή των αναλογικών χαρτών σε ψηφιακή μορφή, που έχει πραγματοποιηθεί εκ μέρους του κυβερνητικού φορέα του Ισραήλ SOI, είναι βασικό πλεονέκτημα για το πεδίο των συστημάτων γεωγραφικών πληροφοριών (GIS/LIS). Μία βάση δεδομένων γεωγραφικών πληροφοριών δημιουργείται για την αποθήκευση, ανανέωση και την εύκολη πρόσβαση των υπάρχοντων δεδομένων (GIS Database).

3.3.2. Χρήση των Spatial Sub-Parcels για χωρική καταγραφή ιδιοκτησιακών δικαιωμάτων

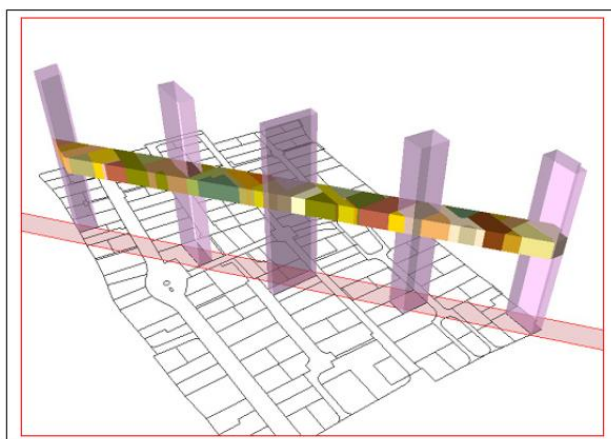
Στο πλαίσιο εισαγωγής της τρίτης διάστασης στην καταγραφή της πολυστρωματικής και πολύπλοκης πραγματικότητας ιδιοκτησιών, η κοινότητα του Ισραήλ εξέτασε

τέσσερις εναλλακτικές λύσεις και κατέληξε στην υιοθέτηση μίας εκ των οποίων, η οποία αφορά την καταγραφή χωρικών τεμαχίων "Spatial Sub - Parcel" (Benhamu, 2006).

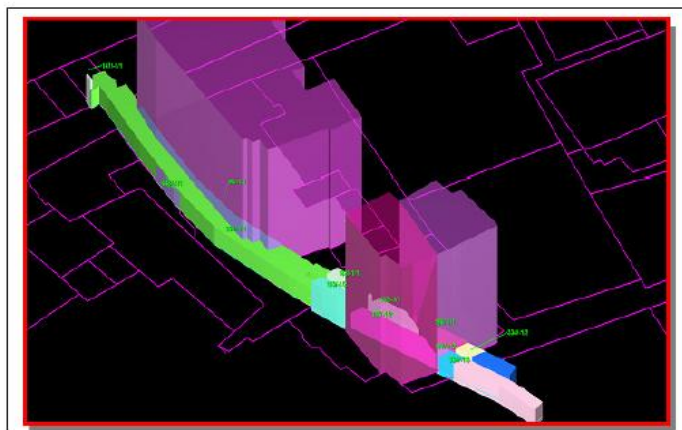


Εικόνα 3.16: Χωρική διαίρεση σε μικρότερα τεμάχια (πηγή: Benhamu, 2006)

Με αυτήν την τεχνική το επιφανειακό τεμάχιο διαχωρίζεται σε χωρικά υποτεμάχια (sub-parcels), καταγράφοντας κάθε δραστηριότητα που λαμβάνει χώρα υπό, επί ή υπέρ της επιφάνειας της γης με τρόπο στερεομετρικό ορισμένο από τρισδιάστατο όρια και πεπερασμένο όγκο. Η ύπαρξη ενός Spatial Sub - Parcel είναι δυνατό να φανεί μέσω του τίτλου καταγραφής του επιφανειακού γεωτεμαχίου (Benhamu, 2006).



Εικόνα 3.17: Τρισδιάστατη αναπαράσταση των χωρικών υποτεμαχίων (πηγή: Shoshani et al, 2005)



Εικόνα 3.18: Τρισδιάστατη αναπαράσταση των χωρικών υποτεμαχίων σε υπάρχοντα τεμάχια γης(πηγή: Benhamu, 2006)

Με την επιλογή αυτής της εναλλακτικής για τη χωρική καταγραφή των ιδιοκτησιακών δικαιωμάτων παρέχεται η απαιτούμενη λύση για την καταγραφή αυτών των αντικειμένων που δεν συνορεύουν άμεσα με το επιφανειακό γεωτεμάχιο και επί των οποίων ασκούνται συγκεκριμένα δικαιώματα και περιορισμοί. Επίσης, να σημειωθεί ότι οι δραστηριότητες σε αυτούς τους χώρους καθίστανται δυνατές μέσω της απαλλοτρίωσης των συγκεκριμένων τμημάτων χώρων.

Θεωρείται απαραίτητο η χωρική πληροφορία να συνοδεύεται από την κατάλληλη απεικόνισή της σε ένα ψηφιακό χάρτη, τόσο διδιάστατο όσο και τρισδιάστατο. Απεικονιστικά λογισμικά προγράμματα (CAD or GIS software) έχουν κάνει την εμφάνισή τους τα τελευταία χρόνια, γεγονός που διευκολύνει το σκοπό αυτό. Επιπρόσθετα, η χρήση της αναπαράστασης των ιδιοκτησιών επιτρέπει τον καλύτερο ορισμό της πραγματικότητας, ακόμη και σε σύνθετες πολυεπίπεδες δομές.

Στο Ισραήλ, ένα ψηφιακό έγγραφο δεν αποτελεί αποδεικτικό στοιχείο, εκτός από την περίπτωση που συνοδεύεται από το πρωτότυπο έγγραφο. Ωστόσο, για την υποστήριξη της τρίτης διάστασης, το R&D πρόγραμμα εξέτασε δύο εναλλακτικές από τις οποίες επέλεξε την εξής: ένα συμβατικό κτηματολογικό χάρτη, στον οποίο επισυνάπτονται παραρτήματα σχετικά με τον υπόγειο και εναέριο χώρο, καθώς και κάθετες διατομές και προοπτικά σχέδια.

Τέλος, αξίζει να αναφερθεί ότι η ανάπτυξη ενός πρωτότυπου υπολογιστικού συστήματος καταγραφής των δικαιωμάτων στο χώρο εντός ενός GIS (Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών) περιβάλλοντος, ήταν ένας από τους σκοπούς του διεπιστημονικού προγράμματος R&D. Το γεγονός ότι το σύστημα αυτό βασίζεται στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών διευκολύνει τη διαχείριση της χωρικής κτηματολογικής βάσης δεδομένων, με την εφαρμογή ερωτημάτων και την παραγωγή χαρτών και εκθέσεων.

Με αυτούς τους τρόπους και κυρίως μέσω της εφαρμογής του προγράμματος R&D, η κυβέρνηση του Ισραήλ κατάφερε να προωθήσει την πολυστρωματική χρήση της γης και την κτηματολογική καταγραφή αυτής στις τρεις διαστάσεις. Οι ιδιοκτησίες τόσο

επί, όσο και υπό και υπέρ της επιφάνειας της γης είναι δυνατόν να καταγραφούν τεκμηριωμένα και να ασκούνται δικαιώματα επί αυτών, τα οποία προστατεύονται νομικά.

3.4.3D Κτηματολόγιο στην Ολλανδία

Το νομικό καθεστώς της Ολλανδίας προστατεύει περιπτώσεις που παρουσιάζουν πολύπλοκο ιδιοκτησιακό καθεστώς και απαιτείται η περιγραφή τους στις τρεις διαστάσεις. Ολοκληρωμένο τρισδιάστατο Κτηματολόγιο δεν υπάρχει ωστόσο ούτε στην Ολλανδία, ούτε σε κάποια άλλη χώρα διεθνώς. Μελέτες και έρευνες πραγματοποιούνται όμως, σε διεθνές επίπεδο σχετικά με τις δυνατότητες, αλλά και την ανάγκη εδραίωσης ενός τέτοιου κτηματολογικού συστήματος, ανάλογα τις ιδιαιτερότητες κάθε χώρας.

Στην Ολλανδία, το Κτηματολόγιο ("The Netherlands' Cadastre and Land Registry Agency") είναι ανεξάρτητος οργανισμός από το 1994, που εν συντομία καλείται "Kadaster", με επιβλέπουσα κυβερνητική αρχή το Υπουργείο Χωρικού Σχεδιασμού και Περιβάλλοντος (Ministry of Spatial planning, Housing and Environment). Αντικείμενο αυτού είναι η κτηματολογική εγγραφή όσο και η καταγραφή της γης (cadastral and land registration), δηλαδή κάθε τεμάχιο γης καταγράφεται μαζί με τα δικαιώματα που ασκούνται επί αυτού. Το κτηματολογικό σύστημα της Ολλανδίας είναι σύστημα πράξεων και αρχικά χρησιμοποιήθηκε για φορολογικούς σκοπούς. Με το πέρασμα των χρόνων, εδραιώθηκε ως το απαραίτητο σύστημα για τη διαχείριση της γης και την ορθή λειτουργία της αγοράς των ακινήτων. Οι βασικές οντότητες που καταγράφονται από το κτηματολογικό μοντέλο δεδομένων είναι το ακίνητο, που περιλαμβάνει τόσο τη γη όσο και τυχόν ανωδομές επί αυτής (real estate), το δικαίωμα που ασκείται σε αυτό (property), καθώς και ο ιδιοκτήτης αυτού (subject). Επίσης, να αναφερθεί ότι οι πράξεις έχουν σαρωθεί και έχουν οργανωθεί κατά χρονολογική σειρά.

Επιπρόσθετα, το ολλανδικό κτηματολογικό σύστημα αποτελείται από δύο βάσεις δεδομένων, οι οποίες συνδέονται μεταξύ τους με τον μοναδικό κωδικό γεωτεμαχίου και δύναται να πραγματοποιηθούν διάφορα ερωτήματα μέσω του εργαλείου Query Tool. Οι δύο βάσεις δεδομένων είναι οι εξής (Stoter, 2004):

- a. Μία διδιάστατη βάση δεδομένων γεωγραφικών στοιχείων (2D geo - DBMS), στην οποία περιλαμβάνονται στοιχεία γεωμετρίας και τοπολογίας όλων των τεμαχίων γης (parcels), συνοδευόμενα από πρόσθετες περιγραφικές πληροφορίες και χάρτες της Ολλανδίας (Information System for Surveying and Mapping)
- b. Μία διαχειριστική βάση δεδομένων (administrative DBMS), με την οποία πραγματοποιείται η διατήρηση όλων των νομικών και πρόσθετων απαραίτητων δεδομένων για τα γεωτεμάχια, καθώς και την καταγραφή των υποθηκών (Automated Cadastral Registration)

Παρά το καλά δομημένο σύστημα κτηματολογίου που κατέχει η Ολλανδία, η ανάγκη για την ανάπτυξη τρισδιάστατου συστήματος κρίνεται απαραίτητη, λαμβάνοντας υπόψη την παρούσα κατάσταση της αστικής δόμησης. Η πολυεπίπεδη χρήση της γης σε συνδυασμό με την πολυπλοκότητα των οικοδομημάτων είναι οι λόγοι για τους οποίους πρέπει να αναθεωρηθεί το σύστημα καταγραφής, ούτως ώστε να καταστεί δυνατή η περιγραφή τους με τρόπο συστηματικό και τεκμηριωμένο. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι η ύπαρξη αποθηκευτικών χώρων υπό του οδικού δικτύου, καθώς και χώρων για διασκέδαση, εμπόριο και εργασία κάτω από σιδηροδρομικές γέφυρες, ήδη από τον μεσαίωνα, αλλά και μέσα μαζικής μεταφοράς (π.χ. metro) υπό του εδάφους. Είναι φανερό ότι τέτοιες κατασκευές είναι δύσκολο, εάν όχι αδύνατο, να καταγραφούν με εμπειριστατωμένο τρόπο σε ένα διδιάστατο κτηματολογικό σύστημα. Ένα βήμα που έχει γίνει στην Ολλανδία είναι η απογραφή των κτηματολογικών καταγραφών που έχουν τρισδιάστατο χαρακτήρα και αυτό βοήθησε στον προσανατολισμό της έρευνας προς συγκεκριμένα προβλήματα του 3D κτηματολογίου.



Εικόνα 3.19: (αριστερά) Αποθηκευτικοί χώροι υπόγεια των δρόμων (Πηγή: Stoter, 2004) (δεξιά) Το κτήριο "The Bridge" στο Rotterdam (Πηγή: Google)



Εικόνα 3.20: (αριστερά) Ημιυπόγεια εμπορικά καταστήματα στο Rotterdam (δεξιά) Υπόγειος σταθμός μετρό στο Rotterdam (Πηγή: Stoter, 2004)

3.4.1. Τρισδιάστατο περιεχόμενο ιδιοκτησιών σύμφωνα με το δίκαιο της Ολλανδίας

Τόσο το Ιδιωτικό όσο και το Δημόσιο Δίκαιο της Ολλανδίας αναφέρουν τύπους κτηματολογικών εγγραφών, στις οποίες η τρίτη διάσταση απαιτείται για την περιγραφή τους. Σε αυτά περιλαμβάνονται τα εξής :

- Ιδιοκτησιακό δικαίωμα (Right of ownership): κάθε δικαίωμα ιδιοκτησίας αναφέρεται σε ένα συγκεκριμένο χώρο
- Ιδιοκτησιακά δικαιώματα με περιορισμούς (Limited ownership rights): αυτή η κατηγορία αποτελείται από τρεις βασικές υποκατηγορίες. Πιο συγκεκριμένα, υπάρχουν περιπτώσεις που ασκείται δικαίωμα χρήσης των κτηρίων ή της βλάστησης επί ενός ακινήτου που ανήκει σε άλλον (right of superficies), ή ακόμα το δικαίωμα μακροχρόνιας μίσθωσης (right of long lease) ή δουλείας (easement). Στις τρεις αυτές περιπτώσεις ιδιοκτησίας, υπάρχουν συγκεκριμένοι περιορισμοί και ευθύνες, που οι άμεσοι εμπλεκόμενοι πρέπει να τηρούν.
- Δικαίωμα ιδιοκτησίας επί ενός διαμερίσματος (Right to an apartment or condominium right)
- Δικαίωμα συνιδιοκτησίας (Joint ownership)
- Καταγραφή της ιδιοκτησίας κατά τέτοιο τρόπο ώστε να προστατεύονται τα ιστορικά μνημεία, αλλά και για να αποφεύγεται η μόλυνση του εδάφους
- Υπόγεια αντικείμενα ιδιοκτησίας: για τη συγκεκριμένη ιδιαίτερη καταγραφή υπάρχει ορισμένη ένδειξη στη διαχειριστική βάση δεδομένων και συνδέεται με το επιφανειακό τεμάχιο και με συγκεκριμένο πρόσωπο.
- Υπό-τεμάχια (part-parcels)

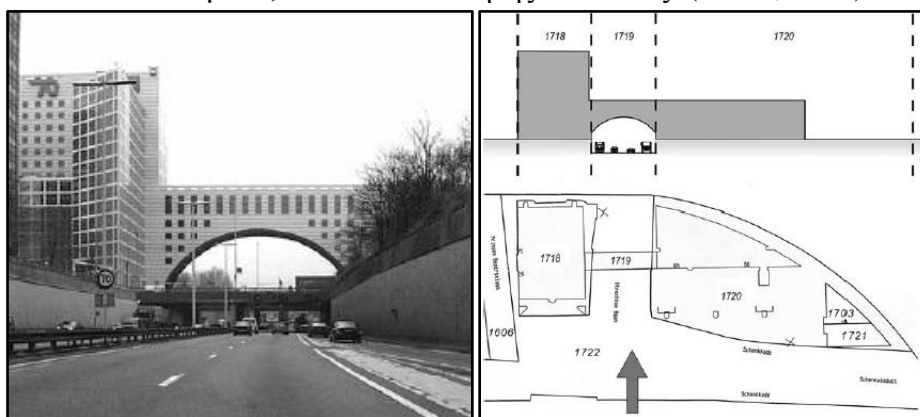
Στην Ολλανδία, λόγω των τρισδιάστατων αναπτύξεων στις αστικές περιοχές, αλλά και σε ορισμένες περιπτώσεις στις αγροτικές περιοχές, έχουν πραγματοποιηθεί ορισμένες μελέτες σε συγκεκριμένες κατηγορίες δομών. Οι δύο κύριες κατηγορίες, που αντανακλούν τα βασικά προβλήματα τρισδιάστατης καταγραφής και απεικόνισης σε ένα κτηματολογικό σύστημα, είναι τα συγκροτήματα κτηρίων (building complexes) και τα υπόγεια αντικείμενα υποδομής (subsurface infrastructure objects). Μέσω αυτής της μελέτης παρουσιάζονται οι πραγματικές ανάγκες και οι απαιτήσεις για την ανάπτυξη ενός 3D Κτηματολογίου στην Ολλανδία.

3.4.2. Τρισδιάστατες εφαρμογές μελέτης στην Ολλανδία

Αρχικά, γίνεται αναφορά στις εφαρμογές που έχουν γίνει για τις πολύπλοκες κτηριακές δομές.

- i. Κτηριακό συγκρότημα στη Χάγη
Μία ειδική περίπτωση που απαιτεί την ύπαρξη τρισδιάστατου Κτηματολογίου για την καταγραφή του, είναι ένα κτήριο που έχει δημιουργηθεί πάνω από έναν αυτοκινητόδρομο στη Χάγη. Το δικαίωμα ιδιοκτησίας έχει εδραιωθεί μέσω της ίδρυσης τριών επικαλυπτόμενων τεμαχίων, τα οποία παρουσιάζονται στον κτηματολογικό χάρτη και περιγράφουν το νομικό

καθεστώς του κτηρίου. Συγκεκριμένες ευθύνες και περιορισμοί έχουν οριστεί για αυτά τα δικαιώματα, αν και ο ιδιοκτήτης είναι ένας. (Stoter, 2004)

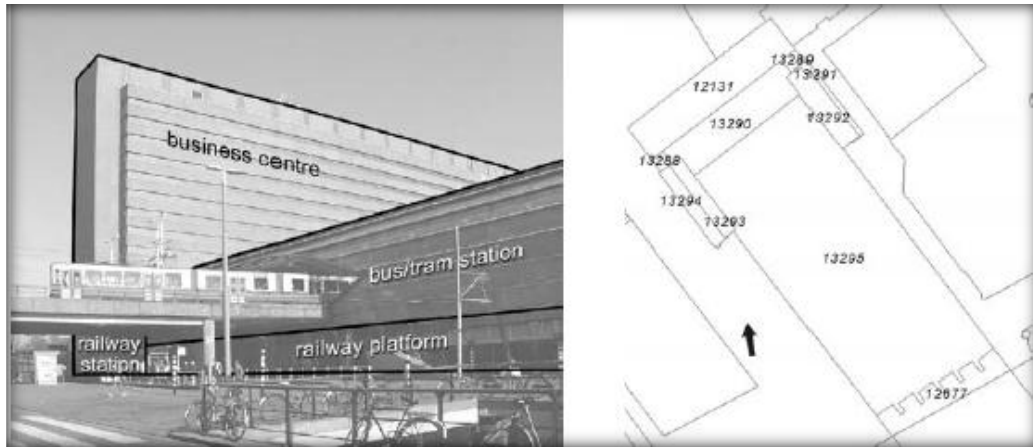


Εικόνα 3.21: (αριστερά) Κτήριο πάνω από δρόμο (δεξιά) Κτηματολογικός χάρτης του κτηρίου (Πηγή: Stoter, 2004)

ii. Κεντρικός σταθμός "Den Haag Centraal" στη Χάγη

Ο κεντρικός σταθμός της Χάγης είναι ένα κτηριακό συγκρότημα στο κέντρο της πόλης και αποτελείται από πολυώροφο χώρο μέσω μαζικής μεταφοράς, σε συνδυασμό με την ύπαρξη χώρων γραφείου και εμπορίου. Οι διαφορετικές χρήσεις γης, σε συνδυασμό με την άσκηση των ειδικών τύπων δικαιωμάτων ιδιοκτησίας (apartment right, right of superficies) από διαφορετικά πρόσωπα, θέτουν απαραίτητη την τρισδιάστατη απεικόνιση και καταγραφή σε αυτόν τον κεντρικό σταθμό. Όσον αφορά το δικαίωμα "right of superficies", ο κάτοχος αυτού του δικαιώματος μπορεί να δημιουργήσει μία ανωδομή επί του γεωτεμαχίου, το οποίο όμως κατέχεται από κάποιον άλλο (Stoter, 2004). Το αποτέλεσμα αυτού του ιδιαίτερου δικαιώματος είναι ο οριζόντιος διαχωρισμός της ιδιοκτησίας του ακινήτου.

Στη συγκεκριμένη περίπτωση του κεντρικού σταθμού της Χάγης, ο κάτοχος του δικαιώματος αυτού δικαιούνται να δημιουργήσει το σταθμό του τραμ και του λεωφορείου πάνω από τις αποβάθρες του σιδηροδρομικού σταθμού. Ως εκ τούτου, έχουν δημιουργηθεί πολλαπλές ανεξάρτητες ιδιοκτησιακές μονάδες, οι οποίες απεικονίζονται στον κτηματολογικό χάρτη. Ωστόσο, δεν είναι φανερό η έκταση που κατέχει καθεμία από τις ιδιοκτησιακές μονάδες στην κατακόρυφη διάσταση ούτε μέσω της κτηματολογικής εγγραφής ούτε μέσω των καταγεγραμμένων τίτλων ιδιοκτησίας.



Εικόνα 3.22: Ο κεντρικός σταθμός της Χάγης (αριστερά) και ο αντίστοιχος κτηματολογικός χάρτης (δεξιά)
(Πηγή: Stoter, 2004)

iii. Μικρό συγκρότημα διαμερισμάτων

Στην Ολλανδία συχνά απαντάται μια μορφή ιδιοκτησίας, που αφορά την άσκηση εμπράγματου δικαιώματος επί διαμερίσματος (διαφορετικά ονομάζεται *condominium ownership*). Για την συγκεκριμένη περίπτωση, έχει γίνει μελέτη καταγραφής σε ένα σχετικά απλό συγκρότημα διαμερισμάτων, αποτελούμενο από το επιφανειακό γεωτεμάχιο και τρία διαμερίσματα. Πιο συγκεκριμένα, ένα διαμέρισμα βρίσκεται στο ισόγειο και δύο διαμερίσματα στον δεύτερο και τρίτο όροφο του κτηρίου.

Ένα βασικό μειονέκτημα της επικρατούσας τεχνικής καταγραφής είναι ότι ο αριθμός των ιδιοκτητών που παρουσιάζονται δεν είναι ο ακριβής. Πιο συγκεκριμένα, παρουσιάζονται τέσσερις οι ιδιοκτήτες, ο συνεταιρισμός των ιδιοκτητών και κάθε ιδιοκτήτης των τριών διαμερισμάτων. Στην πραγματικότητα, αυτή η διατύπωση είναι διαστρεβλωμένη, καθώς το γεωτεμάχιο, καθώς και οι κοινόχρηστοι χώροι (κλίμακες, ανελκυστήρας) είναι κοινή ιδιοκτησία των τριών ιδιοκτητών και όχι του νομικού προσώπου συνεταιρισμού (Stoter, 2004). Επίσης, τα παραρτήματα του κάθε διαμερίσματος είναι αναπόσπαστο μέρος αυτών και αυτό σημαίνει ότι το διαμέρισμα δεν γίνεται να μεταβιβαστεί ανεξάρτητα του γεωτεμαχίου και των κοινόχρηστων χώρων.

Επίσης, οι ανεξάρτητες ιδιοκτησίες που υπάρχουν εντός του συγκροτήματος δεν γίνονται εμφανείς στον κτηματολογικό χάρτη. Αντίθετα, πρέπει να γίνει αίτηση για να βρεθεί το σχέδιο της σύστασης των ιδιοκτησιών. Όλα τα έγγραφα είναι σε αναλογική μορφή και κρίνεται απαραίτητη η μετατροπή τους σε ψηφιακή μορφή, με απώτερο σκοπό τη σύνδεσή τους με τα κτηματολογικά γεωγραφικά δεδομένα σε βάσεις δεδομένων.

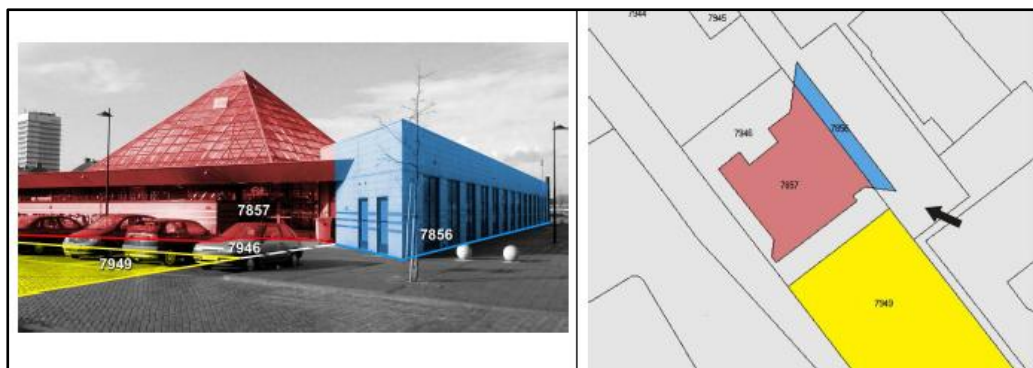


Εικόνα 3.23: Συγκρότημα διαμερισμάτων (αριστερά) και η διαίρεσή τους σε ανεξάρτητες ιδιοκτησιακές μονάδες (δεξιά) (Πηγή: Stoter, 2004)

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται οι περιπτώσεις υπόγειων υποδομών στην Ολλανδία. Συνήθεις τέτοιες περιπτώσεις είναι υποδομές που σχετίζονται με τη μεταφορά (π.χ. μέσα μαζικής μεταφοράς, όπως metro και τρένο), την επικοινωνία και τον ηλεκτρισμό (καλώδια) και τη μεταφορά νερού (σωλήνες νερού ή αποχέτευσης) με βασικά χαρακτηριστικά τους το γραμμικό σχήμα και την τομή με τα επιφανειακά γεωτεμάχια. Κατά γενική αποδοχή θεωρείται χρήσιμο να είναι γνωστές και καταχωρημένες οι πληροφορίες σχετικά με παρόμοια ιδιοκτησιακά αντικείμενα. Κτηματολογικές πληροφορίες, όπως τα ασκούμενα δικαιώματα ιδιοκτησίας και οι περιορισμοί, εξασφαλίζουν την προστασία του αντικειμένου και το διαχωρισμό των ευθυνών, έναντι πιθανής αποζημίωσης ή καταστροφής. Επιπλέον, πληροφορίες σχετικά με την ακριβή θέση του κάθε αντικειμένου πρέπει να παρέχονται. Η πιο απλή και συνηθισμένη χρήση αυτών των πληροφοριών απαιτείται σε περίπτωση επιδιόρθωσης, για παράδειγμα, ενός αγωγού νερού. Ακολουθεί η περιγραφή πραγματικών ιδιοκτησιακών αντικειμένων στην Ολλανδία, τα οποία αναδεικνύουν τη δυνατότητα εντοπισμού και ενσωμάτωσης αυτών στο κτηματολογικό σύστημα.

i. Υπόγειος σιδηροδρομικός σταθμός σε αστική περιοχή

Στην κεντρική περιοχή του Rijswijk, ένα προάστιο της Χάγης, βρίσκεται μια υπόγεια σιδηροδρομική γραμμή, επί της οποίας έχουν κατασκευαστεί διάφορα κτήρια. Στις ακόλουθες εικόνες παρουσιάζεται ένα μέρος αυτής της κατασκευής, καθώς και το κτηματολογικό διάγραμμα με τους αντίστοιχους κτηματολογικούς αριθμούς για κάθε ξεχωριστή ιδιοκτησία. Πολλά και διαφορετικά δικαιώματα ασκούνται στις υπάρχουσες ιδιοκτησίες, από ποικίλους ιδιοκτήτες, τα οποία απαιτούν την τρίτη διάσταση για να καθοριστούν με σαφήνεια.



Εικόνα 3.24: Σιδηροδρομικός σταθμός στο Rijswijk και ο αντίστοιχος κτηματολογικός χάρτης (Πηγή: Stoter, 2004)

Αυτό το παράδειγμα κάνει φανερό το γεγονός ότι ένας διδιάστατος κτηματολογικός χάρτης δεν παρέχει με ευκρίνεια την τρισδιάστατη χωρική διάσταση των δικαιωμάτων, αλλά κυρίως την ύπαρξη διαφορετικών ιδιοκτητών στα σχετικά γεωτεμάχια. Όμως, τα υπόγεια και υπέργεια ιδιοκτησιακά αντικείμενα έχουν αντίκτυπο στην παρουσίαση του κτηματολογικού χάρτη. Επιπρόσθετα, τέτοια αντικείμενα διαχωρίζονται σε μικρότερα μέρη λόγω του περιορισμού των ορίων των επιφανειακών γεωτεμαχίων (Stoter, 2004).

3.4.3. Εφαρμογή του 3D κτηματολογίου στην Ολλανδία σε δύο στάδια

Στην Ολλανδία, αλλά και πολλές άλλες χώρες, έχουν πραγματοποιηθεί μελέτες για την εφαρμογή εν μέρει τρισδιάστατου Κτηματολογίου και έχουν προταθεί διάφορες εναλλακτικές λύσεις. Σύμφωνα με τους Van Oosterom et al. (2011) οι καταγραφές που πραγματοποιήθηκαν δεν διευκόλυναν την εφαρμογή μιας θεμελιώδους λύσης προς ένα 3D Κτηματολόγιο. Αυτό προκύπτει από το γεγονός ότι ενώ παρέχεται η δυνατότητα καταγραφής τρισδιάστατων ιδιοκτησιακών μονάδων, η βασική καταγραφική μονάδα παραμένει το διδιάστατο τεμάχιο.

Η πολυετής εμπειρία, επομένως, από την έρευνα για το τρισδιάστατο Κτηματολόγιο στην Ολλανδία έχει οδηγήσει τον οργανισμό του Κτηματολογίου της χώρας, στην εφαρμογή ενός παρόμοιου συστήματος καταγραφής της γης και των δικαιωμάτων. Πιο συγκεκριμένα, το υπάρχον σύστημα δύναται να ενσωματώσει πληροφορίες σχετικές με την πολυστρωματική ιδιοκτησία, αλλά με πολλούς περιορισμούς. Επειδή τις περισσότερες φορές, μια τέτοια καταγραφή παρέχει πολλές ασάφειες και απαιτείται η γνώση της πραγματικής κατάστασης για την κατανόηση της καταγραφής, το Κτηματολόγιο της Ολλανδίας επεκτείνει το σύστημα με τρισδιάστατο χαρακτήρα καταγραφής των δικαιωμάτων (3D RRR's). Η λύση που προτείνει αποτελείται από δύο μέρη. Το πρώτο στάδιο σκοπεύει στην απόκτηση εμπειρίας από την εμπλοκή της τεχνολογίας στο νομικό μέρος του τρισδιάστατου Κτηματολογίου, ενώ το δεύτερο στάδιο εστιάζει στην προώθηση ενός πιο ολοκληρωμένου τρισδιάστατου συστήματος καταγραφής. Να αναφερθεί ότι τα βήματα αυτά

πραγματοποιούνται στο πλαίσιο εναρμόνισης με το διεθνές πρότυπο LADM (Land Administration Domain Model) ISO 19152 (Stoter et al, 2012).

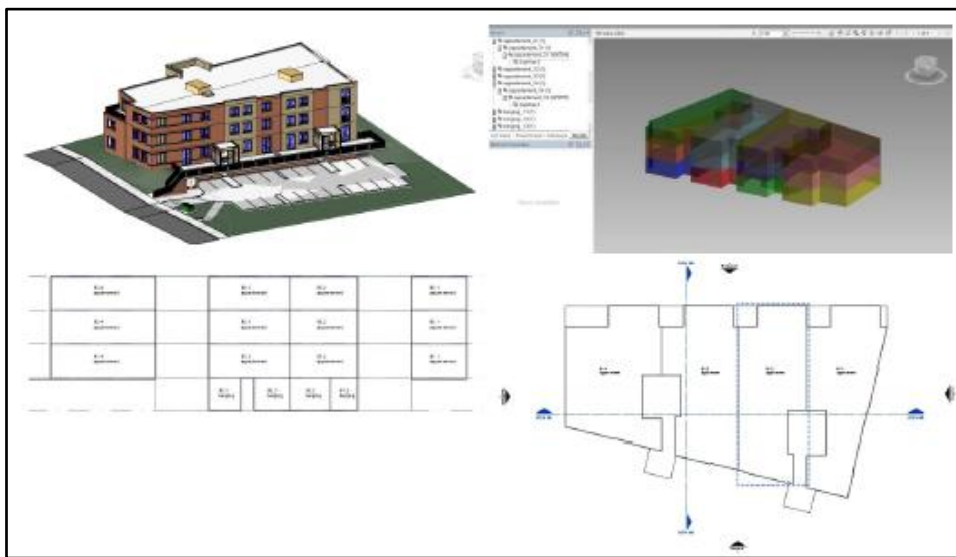
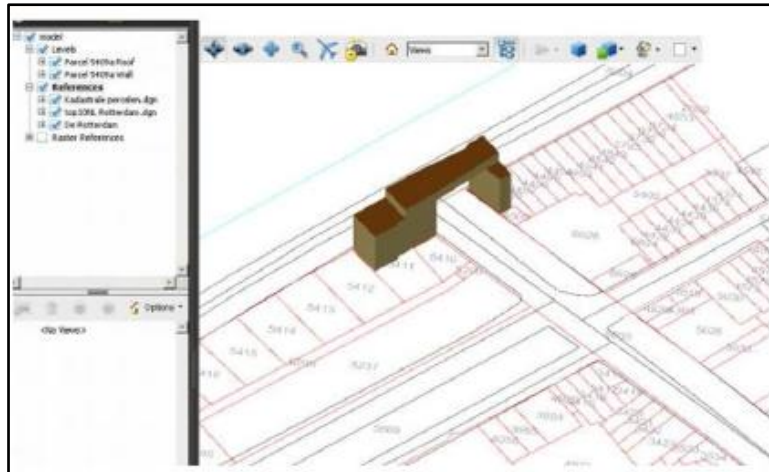
1^ο Στάδιο εφαρμογής

Η πρώτη φάση για την εφαρμογή του 3D Κτηματολογίου γίνεται στο υπάρχον νομικό και κτηματολογικό πλαίσιο και μέσω αυτής πρόκειται να αποκτηθεί η απαιτούμενη εμπειρία σε σύντομο χρονικό διάστημα. Τα βασικά στοιχεία αυτού του βήματος είναι τα εξής:

- ❖ Το αρχικό τεμάχιο θα αποθηκεύεται ως κτηματολογικό αντικείμενο και δεν πρόκειται να διαχωρίζεται από τις προβολές τρισδιάστατων ιδιοκτησιακών δικαιωμάτων (Stoter et al, 2012). Αυτά τα τρισδιάστατα ιδιοκτησιακά αντικείμενα θα διατηρούνται με μια λεπτομερής τρισδιάστατη αναπαράσταση, παρέχοντας πληροφορίες για την επικρατούσα κατάσταση. Μορφές, οι οποίες επιτρέπουν μια τέτοια αναπαράσταση, είναι τρισδιάστατα σχέδια (3D PDF format, εικ. 3.25) με τη δυνατότητα αλληλεπίδρασης και ερωτημάτων. Δεν είναι νομικά δεσμευτική η καταχώριση ενός 3D PDF σε όλες τις περιπτώσεις. Αντίθετα, τα μέρη ενθαρρύνονται για την εδραίωση μιας τέτοιας περιγραφής, ακόμα και από τους συμβολαιογράφους της Ολλανδίας που έχουν ενεργό δράση, ιδιαίτερα στις περιπτώσεις που πρόκειται να αποσαφηνιστεί μια πολύπλοκη ιδιοκτησία. Αναφορά στον κτηματολογικό χάρτη προστίθεται στην περίπτωση δημιουργίας μίας παρόμοιας 3D αναπαράστασης σε κάποιο γεωτεμάχιο, όπως ήδη πραγματοποιείται στην Αυστραλία (Queensland Government 2008, Stoter and Van Oosterom 2005) και την Νορβηγία (Valstad 2010), και διαφοροποιείται από τα υπόλοιπα επίπεδα πληροφοριών με τον διαφορετικό συμβολισμό. Το πιο σημαντικό επίτευγμα αυτής της εξέλιξης είναι οι πρόσθετες τρισδιάστατες πληροφορίες που προσφέρονται σε απεικονιστικό περιβάλλον (δημιουργία 3D σχεδίων ακόμα και από υπάρχοντα 2D ψηφιακά σχέδια CAD), με την εξάλειψη της τροποποίησης των ορίων και του κατακερματισμού του επιφανειακού τεμαχίου γης, σε συνδυασμό με το μικρό κόστος που απαιτείται για την υλοποίησή της (Stoter et al, 2012).

2^ο Στάδιο εφαρμογής

Επειδή το πρώτο στάδιο εφαρμογής του 3D Κτηματολογίου έχει το μειονέκτημα ότι επικεντρώνεται στο επίπεδο της οπτικοποίησης, το Ολλανδικό Κτηματολόγιο παρέχει επιπλέον κατευθυντήριες γραμμές μέσω του δεύτερου μέρους για την εδραίωση ενός εξελιγμένου κτηματολογικού συστήματος με επιπρόσθετες λειτουργίες.



Εικόνα 3.25: Αναπαράσταση κτηρίου στην Ολλανδία με χρήση 3D PDF αρχείου (πάνω), Διαφορετικές αναπαραστάσεις κτηρίου (κάτω) (Πηγή: Stoter, 2001)

- ❖ Για να γίνει πραγματικότητα αυτός ο στόχος είναι αναγκαίο να αξιοποιηθούν οι τεχνικές για την απόκτηση τρισδιάστατων δεδομένων, τη διαχείριση αυτών και την αποθήκευσή τους, αλλά και να εφαρμοστούν ιδιαίτερα για τους τύπους κτηματολογικής εγγραφής που απαιτούν τρισδιάστατη μεταχείριση. Επιπρόσθετα, πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη βαρύτητα στα τρισδιάστατα δεδομένα και την ακρίβειά τους για ορθή γεωμετρική απεικόνιση. Ωστόσο, ο τρόπος αναπαράστασης των τρισδιάστατων δεδομένων (CityGML of OGC, Industry Foundation Class) δεν έχει αποφασιστεί από το Κτηματολόγιο της Ολλανδίας. Υπεύθυνος οργανισμός είναι πάντοτε το Κτηματολόγιο της Ολλανδίας, ο οποίος πρόκειται να ελέγχει τη γεωμετρική και τοπολογική ορθότητα των καταγραφών, καθώς και την επικάλυψη των καταγεγραμμένων όγκων ιδιοκτησίας. Οι βασικές αρχές που πρέπει να ληφθούν υπόψη συμπεριλαμβάνουν τις εξής: α) ο νομικός χώρος σχετίζεται με τα επιφανειακά τεμάχια γης, καθώς η εδραίωση ανεξάρτητων μονάδων απαιτεί τη χρονοβόρα μεταβολή του νομικού πλαισίου, β) οι περιπτώσεις που απαιτούν τρισδιάστατη καταγραφή θα οριστούν για την αποφυγή σύγχυσης, γ) η

γεωμετρία και η μορφή απεικόνισης που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί πρέπει να οριστεί συγκεκριμένα και δ) η ακρίβεια που πρέπει να υπάρχει στα δεδομένα είναι προτιμότερο να ακολουθεί το εθνικό πρότυπο μέτρησης όγκου στη χώρα (NEN 22580, 2007).

Η επίτευξη ουσιώδους και λειτουργικής τρισδιάστατης κτηματολογικής καταγραφής μέσω της δεύτερης φάσης εφαρμογής πρόκειται να γίνει δυνατή μέσω της απόκτησης εμπειρίας του πρώτου σταδίου. Οι χωρικές διαστάσεις είναι αναγκαίο να συμπεριληφθούν στις περιπτώσεις που χρειάζονται τρισδιάστατη προσέγγιση. Ως εκ τούτου, ο σχεδιασμός των απαιτούμενων ενεργειών που πρέπει να πραγματοποιηθούν, σε συνδυασμό με την απόκτηση εμπειρίας από τις διεθνείς εξελίξεις στον συγκεκριμένο τομέα, πρόκειται να έχει θετικό αντίκτυπο στην εδραίωση καθολικού τρισδιάστατου Κτηματολογίου στην Ολλανδία. Ωστόσο, ιδιαίτερο βάρος πρέπει να δοθεί στους νόμους που σχετίζονται με τη γη και το σύστημα καταγραφής της γης ώστε να πραγματοποιηθούν αλλαγές για την εισαγωγή της τρισδιάστατης έννοιας.

4. ΔΙΕΘΝΗ ΠΡΟΤΥΠΑ

4.1. Σύστημα L.A.D.M. ISO 19152 (Land Administration Domain Model)

Ένας σημαντικός στόχος που έχει τεθεί από τη διεθνή κοινότητα σχετικά με τα κτηματολογικά συστήματα είναι η τυποποίηση αυτών μέσω κατάλληλων μοντέλων και συστημάτων. Σε αυτό το πλαίσιο προτάθηκε από τους Lemmen και Van Oosterom η δημιουργία του Land Administration Domain Model (L.A.D.M.), που όπως φανερώνει το όνομά του είναι ένα σύστημα διαχείρισης της γης. Το L.A.D.M. έχει χαρακτηριστεί ως διεθνές πρότυπο (International Standard) από το Διεθνή Οργανισμό Προτύπων (ISO) και την Τεχνική Επιτροπή που σχετίζεται με τις γεωγραφικές πληροφορίες (Technical Committee ISO/TC 211, Geographical information/Geomatics) στην 1^η Νοεμβρίου του 2012.

Το L.A.D.M. είναι ένα σύστημα που επικεντρώνεται στη διαχείριση της γης και ειδικότερα στα δικαιώματα, τις ευθύνες και τους περιορισμούς (Rights, Responsibilities and Restrictions affecting land, RRR) που αφορούν τη γη (ή τον υδάτινο κόσμο), καθώς στα γεωμετρικά (γεωχωρικά) συστατικά αυτών. Συγκεντρωτικά, αποσκοπεί στην παροχή μιας βάσης, που βασίζεται σε μία δομή Model Driven Architecture (M.D.A.), για την ανάπτυξη ενός αποτελεσματικού συστήματος διαχείρισης γης και την διευκόλυνση της επικοινωνίας των εμπλεκόμενων μελών του εσωτερικού μιας χώρας ή μεταξύ διαφορετικών χωρών σε κοινό λεξιλόγιο οντοτήτων. Ο δεύτερος στόχος είναι ιδιαίτερα σημαντικός για τη δημιουργία τυποποιημένων υπηρεσιών πληροφόρησης σε εθνικό και διεθνές επίπεδο, καθώς είναι απαραίτητη η κοινοποίηση των σημασιολογικών τομέων διαχείρισης γης μεταξύ χωρών σε διάφορες μεταφράσεις.

Όπως αναφέρθηκε το L.A.D.M. είναι ένα αφηρημένο, εννοιολογικό μοντέλο, το οποίο αφορά τη διαχείριση της γης ή του νερού, καθώς και του υπόγειου ή υπέργειου χώρου. Όλες οι πληροφορίες δομούνται βάσει των εξής:

- Των εμπλεκόμενων μερών, τόσο του ανθρώπινου δυναμικού όσο και των οργανισμών
- Των βασικών μονάδων διαχείρισης, των δικαιωμάτων, των ευθυνών και των περιορισμών όσον αφορά τα ιδιοκτησιακά δικαιώματα
- Των χωρικών μονάδων (τεμάχια γης, κτήρια και δίκτυα κοινής ωφέλειας)
- Των χωρικών πηγών πληροφορίας (surveying) και των χωρικών αναπαραστάσεων με βάση τη γεωμετρία και την τοπολογία

Στη συνέχεια ακολουθεί μία λεπτομερής περιγραφή των πτυχών του προτύπου L.A.D.M., οι οποίες σχετίζονται με τα πακέτα, καθώς και τις οντότητες που περιλαμβάνει για την οργάνωση των γεωχωρικών πληροφοριών. Γενικά, το πρότυπο αυτό δεν είναι απαραίτητο να διατηρηθεί ως έχει για την εξυπηρέτηση των αναγκών μιας χώρας, αλλά μπορεί να πραγματοποιηθεί μία πιθανή επέκτασή του, με την

προσθήκη χαρακτηριστικών, διαχειριστών και οντοτήτων. Μέχρι σήμερα, οι περισσότερες χώρες έχουν αναπτύξει ένα δικό τους σύστημα διαχείρισης της γης, με αποτέλεσμα την εμφάνιση ποικιλίας τέτοιων συστημάτων.

Αναλυτικότερα, σε κάποιες χώρες λειτουργεί σύστημα καταγραφής πράξεων, ενώ σε κάποιες άλλες λειτουργεί σύστημα καταγραφής τίτλων ή ακόμα και συνδυασμός αυτών των δύο συστημάτων. Ακόμη, η χρήση αυτών των συστημάτων ή η προσέγγισή τους ποικίλει από χώρα σε χώρα, αλλά το κοινό τους στοιχείο είναι ότι περιλαμβάνουν και καταγράφουν τη σχέση του ανθρώπου με τη γη και τα δικαιώματα που ασκούνται επί αυτής, διατηρώντας την πληροφορία καλά ενημερωμένη. Σε αυτή τη λογική έχει αναπτυχθεί το σύστημα L.A.D.M. για την τυποποίηση των συστημάτων Κτηματολογίου. Με τον όρο τυποποίηση εννοείται η απαραίτητη επεξεργασία των δεδομένων που απαιτείται για την αναγνώριση των αντικειμένων, της σχέσης μεταξύ των αντικειμένων και των προσώπων, των χρήσεων γης ή των αξιών της γης. Τα σύγχρονα ηλεκτρονικά συστήματα διαχείρισης γης που έχουν αναπτυχθεί τα τελευταία χρόνια απαιτούν περαιτέρω τυποποίηση όσον αφορά την τοπολογία και την αναπαράσταση της γεωμετρίας των αντικειμένων.

4.1.1. Περίληψη του L.A.D.M.

Το σύστημα L.A.D.M. έχει τις βάσεις του στο σχέδιο διεθνούς προτύπου, το οποίο ονομάζεται Draft International Standard 19152 (DIS 19152), με την τελευταία έκδοση του στις 10 Οκτωβρίου 2010. Για να γίνει κατανοητή η δομή αυτού του συστήματος διαχείρισης της γης, στη συνέχεια πραγματοποιείται μια λεπτομερής αναφορά στα βασικά σημεία του.

Αξίζει να σημειωθεί ότι προηγήθηκε μία βαθμιαία προσέγγιση και κατάλληλος σχεδιασμός έως την οριστική υποβολή του συστήματος L.A.D.M. ως διεθνές πρότυπο από τον Διεθνή Οργανισμό Προτύπων. Τα θεμελιώδη μέρη που καλύπτει το σχέδιο διεθνούς προτύπου DIS 19152 αφορούν πληροφορίες σχετικές με τη διαχείριση της γης (τόσο της επιφάνειας της γης, όσο και του υπεδάφους και του υπέργειου χώρου, αλλά και του υδάτινου κόσμου), περιλαμβάνοντας τις διοικητικές και χωρικές μονάδες, τα ιδιοκτησιακά δικαιώματα επί αυτών, καθώς και αποδεικτικά έγγραφα, όπως τίτλους ή τοπογραφικά διαγράμματα.

4.1.2. Ομάδες και υποομάδες του L.A.D.M. (packages and subpackages)

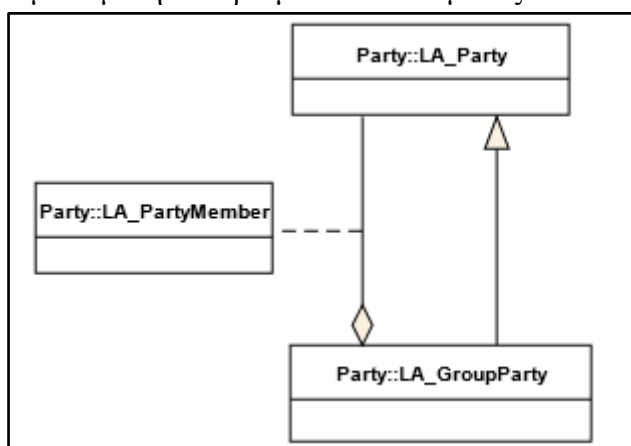
Το L.A.D.M. ορίζεται ως ένα εννοιολογικό σχήμα, το οποίο οργανώνεται βασικά σε τρεις ομάδες (packages) και δύο υποομάδες (subpackages). Ως ομάδα και υποομάδα ορίζεται ένα σύνολο οντοτήτων (classes) με συγκεκριμένο όνομα και ορισμένο βαθμό συνοχής. Η κύρια λειτουργία μιας (υπο)ομάδας είναι η διατήρηση διαφορετικών ομάδων δεδομένων από διαφορετικούς οργανισμούς. Φυσικά υπάρχει η δυνατότητα προσθήκης νέων οντοτήτων από τους χρήστες για την συγκέντρωση συγκεκριμένων πληροφοριών από διάφορες πηγές.

Το μοντέλο L.A.D.M. μπορεί να εφαρμοστεί από διαφορετικούς οργανισμούς μέσω καταναμημένων γεωπληροφοριακών συστημάτων, στα οποία καταχωρούνται, φυλάσσονται και παρέχονται τα απαραίτητα δεδομένα και στοιχεία. Ανεξάρτητα εάν το μοντέλο εφαρμόζεται από έναν ή περισσότερους οργανισμούς, υπάρχουν συγκεκριμένες προϋποθέσεις βάσει των οποίων μπορούν να επικοινωνούν αυτοί οι οργανισμοί τοπικού, εθνικού ή διεθνούς επιπέδου, με τυποποιημένες διοικητικές και τεχνικές διαδικασίες.

Οι τρεις θεμελιώδεις ομάδες του Land Administration Domain Model είναι οι εξής:

- Ομάδα προσώπων (Party package)
 Η βασική οντότητα που περιέχεται σε αυτή την ομάδα σχετίζεται με τα πρόσωπα και ονομάζεται LA_Party, η οποία με τη σειρά της εξειδικεύεται στην οντότητα LA_GroupParty, η οποία αφορά ομάδα προσώπων. Επιπρόσθετα, μεταξύ αυτών των δύο οντοτήτων που αναφέρθηκαν υπάρχει μια προαιρετική οντότητα που τις συνδέει και ονομάζεται LA_PartyMember, η οποία ουσιαστικά αφορά μέλη ομάδας προσώπων. Η σχέση μεταξύ των οντοτήτων LA_Party και LA_GroupParty δημιουργεί ομάδες προσώπων με καταγεγραμμένα μέλη ως τα συστατικά στοιχεία. Κάθε πρόσωπο που αποτελεί συστατικό στοιχείο μιας ομάδας προσώπων, τότε μπορεί να καταγραφεί ως μέλος της οντότητας LA_PartyMember.

Ως Party χαρακτηρίζεται ένα πρόσωπο ή ένας οργανισμός, ο οποίος σχετίζεται με τις συναλλαγές επί ενός δικαιώματος. Ως οργανισμός μπορεί να θεωρηθεί μία εταιρία, ένας δήμος, το κράτος ή η εκκλησιαστική κοινότητα. Όταν λαμβάνουν μέρος πολλά πρόσωπα ή οργανισμοί, ή συνδυασμός αυτών, τότε εισέρχεται η έννοια του Group Party. Με αυτές τις χαρακτηριστικές οντότητες τεκμηριώνονται οι πληροφορίες που αφορούν όλα τα εμπλεκόμενα μέλη επί ορισμένου δικαιώματος.



Εικόνα 4.1: Σχέσεις μεταξύ των οντοτήτων της ομάδας προσώπων - Party Package (πηγή: LADM ISO 19152)

- Διοικητική ομάδα (Administrative package)
 Οι βασικές οντότητες της διοικητικής ομάδας ονομάζονται LA_RRR και LA_BAUnit. Η πρώτη οντότητα υποδιαιρείται σε τρεις επιμέρους οντότητες,

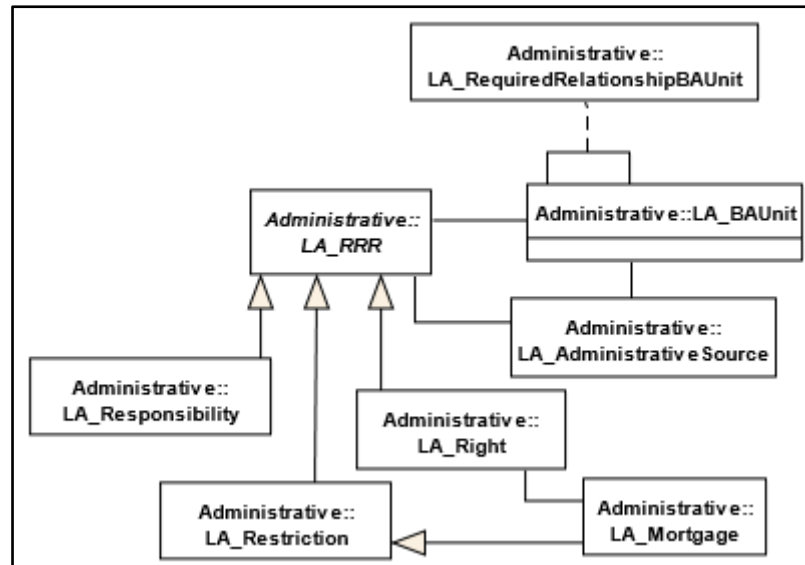
οι οποίες καταγράφουν τα δικαιώματα (LA_Right), τους περιορισμούς (LA_Restriction) και τις ευθύνες (LA_responsibility).

Τα δικαιώματα περιγράφονται ρητά στο ιδιωτικό και εθιμικό δίκαιο κάθε χώρας και πιο συγκεκριμένα τα ιδιοκτησιακά δικαιώματα βασίζονται στην εθνική νομοθεσία. Βάσει αυτών έχουν δημιουργηθεί και οι λίστες κωδικών στο σύστημα L.A.D.M. Ως δικαίωμα ορίζεται κάθε ενέργεια ή σύνολο ενεργειών που μπορεί να εκτελεστεί σε ένα σχετικό πόρο. Παραδείγματα αποτελούν το δικαίωμα ιδιοκτησίας, το δικαίωμα μίσθωσης, το δικαίωμα χρήσης, το εθιμικό δικαίωμα ή μία άτυπη μορφή δικαιώματος. Αξίζει να σημειωθεί ότι στην πραγματικότητα τα δικαιώματα μπορεί να επικαλύπτονται ή ακόμη να είναι αντικρουόμενα.

Ως περιορισμός ορίζεται κάθε τυπικό ή άτυπο δικαίωμα που απαγορεύει να πραγματοποιηθούν ορισμένες ενέργειες, όπως για παράδειγμα η απαγόρευση χρήσεως μίας κατασκευής ως επαγγελματικού χώρου όταν έχει εκδοθεί με άδεια χρήσεως κατοικίας. Σχετικά με τους περιορισμούς που ισχύουν σε κάποιο τεμάχιο γης, πρέπει να σημειωθεί ότι αυτοί δεν διαγράφονται με τη μεταβίβαση του δικαιώματος. Ειδική περίπτωση περιορισμού επί ιδιοκτησίας, αφορά η υποθήκη, η οποία καταγράφεται στην ξεχωριστή οντότητα LA_Mortgage. Όταν έχει τεθεί μια ιδιοκτησία σε υποθήκη, αυτομάτως η ιδιοκτησία περιέρχεται από τον οφειλέτη στον πιστωτή, ως οικονομική εγγύηση, με βασικό όρο την επιστροφή της ιδιοκτησίας μόνο έπειτα από την εξόφληση του απαραίτητου ποσού.

Αντίστοιχα στην οντότητα LA_BAUnit (Basic Administrative Unit) καταγράφονται όλες οι βασικές διοικητικές μονάδες, καθώς και οι βασικές ιδιοκτησιακές μονάδες που αποτελούνται από διάφορες χωρικές μονάδες, ανήκουν σε ένα πρόσωπο και είναι υπό το καθεστώς ενός δικαιώματος για όλη τη μονάδα. Με αυτόν τον τρόπο γίνεται δυνατόν να εδραιωθεί ένας μοναδικός συνδυασμός προσώπου (LA_Party), δικαιώματος (LA_RRR) και ιδιοκτησιακής μονάδας (LA_BAUnit).

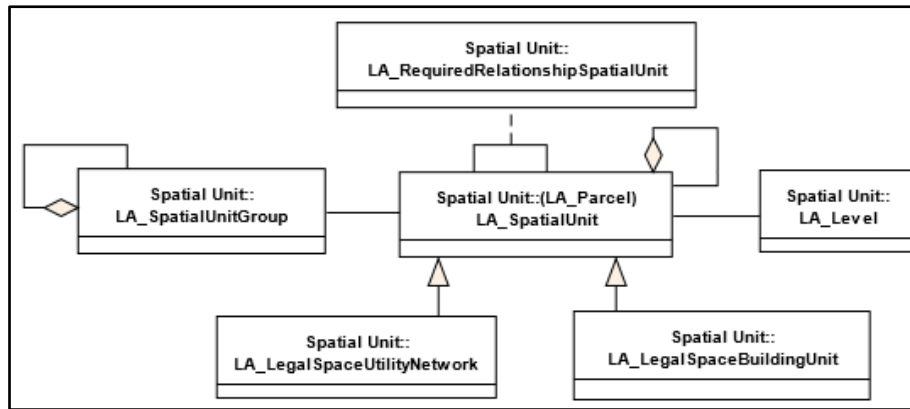
Άλλες οντότητες που περιλαμβάνονται σε αυτήν την ομάδα αφορούν την εκάστοτε διοικητική πηγή (LA_AdministrativeSource), από την οποία αποδεικνύονται τα δικαιώματα, οι περιορισμοί και οι ευθύνες επί μίας ιδιοκτησίας και την δημιουργία σχέσεων μεταξύ των βασικών διοικητικών μονάδων (LA_RequiredRelationshipBAUnit).



Εικόνα 4.2: Οντότητες της διοικητικής ομάδας - Administrative Package (πηγή: LADM ISO 19152)

- Ομάδα χωρικής μονάδας (Spatial Unit package)
 Οι έξι βασικές οντότητες που περιέχονται στην ομάδα χωρικής μονάδας είναι: η LA_SpatialUnit ή διαφορετικά LA_Parcel στην οποία γίνεται η καταγραφή τόσο διδιάστατων (2D) όσο και τρισδιάστατων (3D) χωρικών μονάδων, η LA_SpatialUnitGroup που σχετίζεται με τις ομάδες χωρικών μονάδων, η LA_LegalSpaceBuildingUnit που είναι αλληλένδετη με την βασική οντότητα LA_Parcel και καταγράφει τις κτηριακές μονάδες, η LA_LegalSpaceUtilityNetwork, η οποία επίσης συνδέεται άμεσα με την οντότητα LA_Parcel με τη διαφορά ότι καταγράφει δίκτυα κοινής ωφέλειας, η LA_Level που περιλαμβάνει το επίπεδο της πληροφορίας, και η LA_RequiredRelationshipSpatialUnit που αφορά τις απαραίτητες σχέσεις μεταξύ των χωρικών μονάδων.

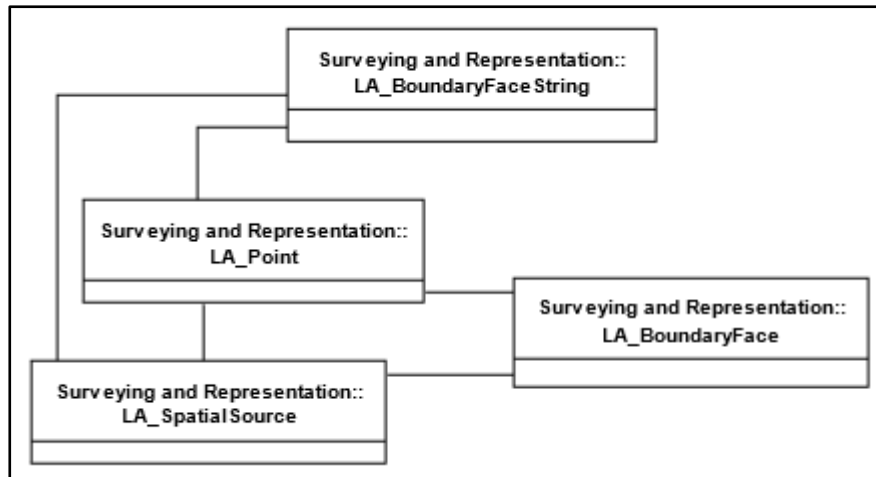
Γενικά, μία χωρική μονάδα μπορεί να περιγραφεί λεκτικά (π.χ. σε απόσταση 100 μέτρων από το ρέμα) ή μπορεί να αναπαρασταθεί ως ένα σημείο, ως μία γραμμή ή ως μία συγκεκριμένη έκταση γης (ή νερού) με ορισμένο όγκο σε απλό ή πιο σύνθετο χώρο. Επιπλέον, κάθε χωρική μονάδα είναι δομημένη με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι δυνατή η διαχείριση των βασικών διοικητικών μονάδων (LA_BAUnits).



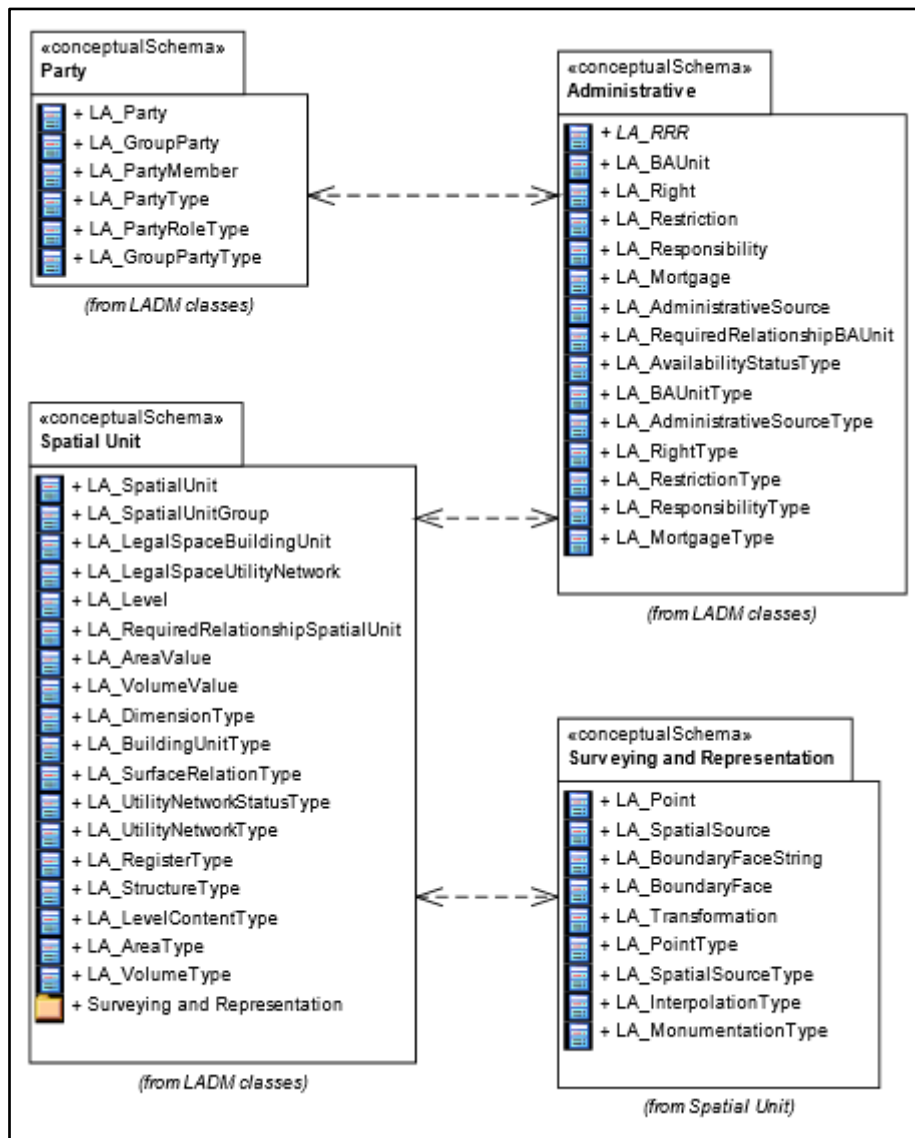
Εικόνα 4.3: Οντότητες της ομάδας χωρικής μονάδας - Spatial Unit Package (πηγή: LADM ISO 19152)

Επίσης, οι δύο υποομάδες που υπάρχουν συμπεριλαμβάνονται στην κύρια ομάδα Spatial Unit package και με μία σύντομη περιγραφή των συμπεριλαμβανόμενων οντοτήτων τους είναι οι εξής:

- Υποομάδα τοπογραφίας (Surveying subpackage)
Στις κύριες οντότητες της συγκεκριμένης υποομάδας τοπογραφίας περιλαμβάνονται η σχετική με τα καταγεγραμμένα σημεία και αυτή που αφορά την χωρική πηγή. Οι ετικέτες των ονομάτων του είναι αντίστοιχα LA_Point και LA_SpatialSource. Τα σημεία μπορεί να συλλεχθούν στο πεδίο από τοπογράφους μηχανικούς ή ακόμη και από εικόνες. Οι μετρήσεις που συλλέγονται μέσω των απαραίτητων εργασιών αποτελούν βασικά χαρακτηριστικά της LA_SpatialSource.
- Υποομάδα χωρικής αναπαράστασης (Spatial Representation subpackage)
Αναφορικά με την υποομάδα της χωρικής αναπαράστασης περιλαμβάνει τις εξής οντότητες: μία που περιλαμβάνει την διδιάστατη (2D) περιγραφή των χωρικών μονάδων και ονομάζεται LA_BoundaryFaceString και άλλη μία που ονομάζεται LA_BoundaryFace, η οποία χρησιμοποιείται για την τρισδιάστατη (3D) περιγραφή των επιφανειών που λειτουργούν ως όρια στις χωρικές μονάδες. Επομένως, πραγματοποιείται χρήση τόσο διδιάστατων όσο και τρισδιάστατων επιφανειών για την αναπαράσταση των χωρικών μονάδων.



Εικόνα 4.4: Οντότητες των υποομάδων τοπογραφίας και χωρικής αναπαράστασης (πηγή: LADM ISO 19152)



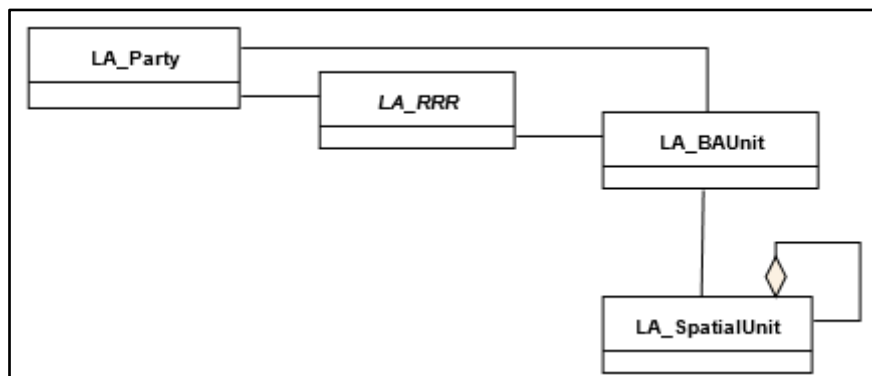
Εικόνα 4.5: Συνολική επισκόπηση των (υπο)ομάδων του LADM με τις οντότητές τους (πηγή: LADM ISO 19152)

4.1.3. Βασικές οντότητες του L.A.D.M.

Έχει γίνει αποδεκτό ότι από το σύνολο των οντοτήτων του συστήματος L.A.D.M. υπάρχουν ορισμένες, οι οποίες είναι εξαιρετικά απαραίτητες για την οργάνωση και τη διαχείριση των πληροφοριών της γης. Ο πυρήνας, επομένως, του L.A.D.M. αποτελείται από τέσσερις βασικές οντότητες (classes). Αυτές είναι οι εξής:

- Class LA_Party
- Class LA_RRR
- Class LA_BAUnit
- Class LA_SpatialUnit

Όπως έχει αναφερθεί ανωτέρω, η οντότητα LA_Party περιλαμβάνει την απαραίτητη πληροφορία των προσώπων που εμπλέκονται σε μία χωρική μονάδα, η LA_RRR καταγράφει όλα τα δικαιώματα, τους περιορισμούς και τις ευθύνες που ενυπάρχουν σε μία ιδιοκτησία, στην LA_BAUnit συμπεριλαμβάνονται όλες οι ιδιοκτησιακές μονάδες, ενώ στην LA_SpatialUnit ή διαφορετικά LA_Parcel πραγματοποιείται η καταγραφή τόσο 2D, όσο και 3D χωρικών μονάδων ιδιοκτησίας. Επομένως, οι πληροφορίες που οργανώνονται στις συγκεκριμένες οντότητες είναι οι θεμελιώδεις για την λειτουργία οποιουδήποτε συστήματος διαχείρισης γης, όπως και του συστήματος L.A.D.M. που αναλύεται και η σχέση που αναπτύσσεται μεταξύ αυτών φανερώνεται στο ακόλουθο διάγραμμα.



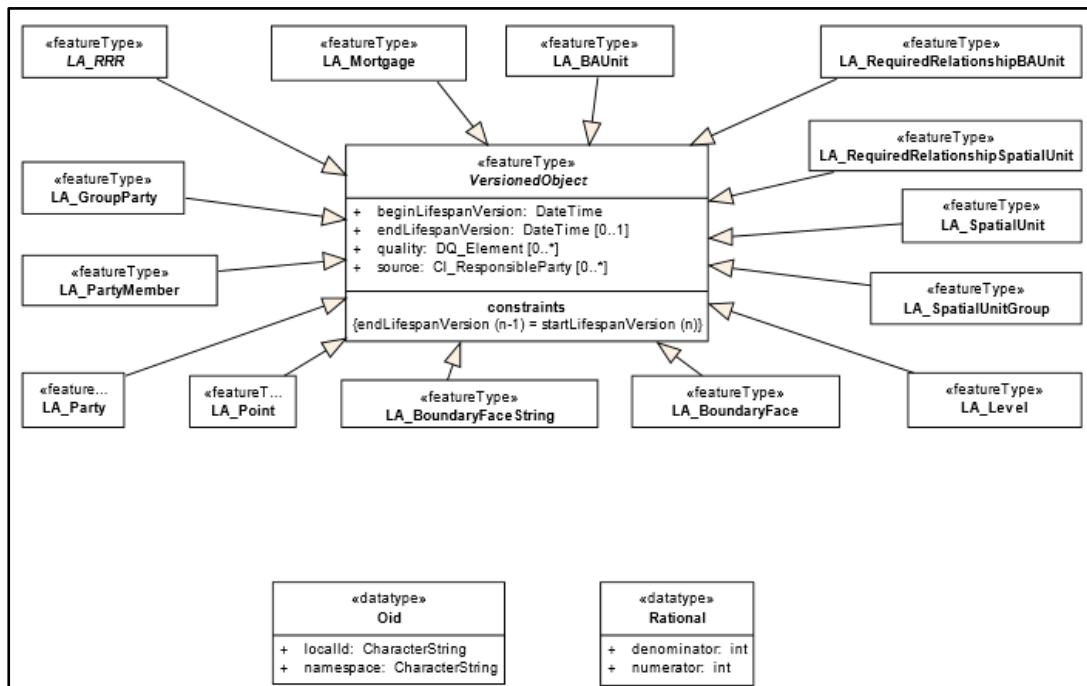
Εικόνα 4.6: Βασικές οντότητες του LADM και οι σχέσεις τους (πηγή: LADM ISO 19152)

4.1.4. Ειδικές περιπτώσεις οντοτήτων στο σύστημα L.A.D.M.

Versioned Object

Ο σκοπός της ύπαρξης της συγκεκριμένης οντότητας είναι για την διαχείριση όλων των πληροφοριών σε μία βάση δεδομένων. Με αυτόν τον τρόπο διατηρείται όλο το ιστορικό των δεδομένων, με χρονολογική σειρά, παραχωρώντας μία χρονική σφραγίδα τα δεδομένα και είναι δυνατή η εισαγωγή νέων ή η αντικατάσταση παλαιών δεδομένων. Οι περισσότερες από τις οντότητες του L.A.D.M., με εξαίρεση την LA_Source, αποτελούν υποκατηγορίες της συγκεκριμένης κλάσης και κληρονομούν τα απαραίτητα χαρακτηριστικά από αυτήν.

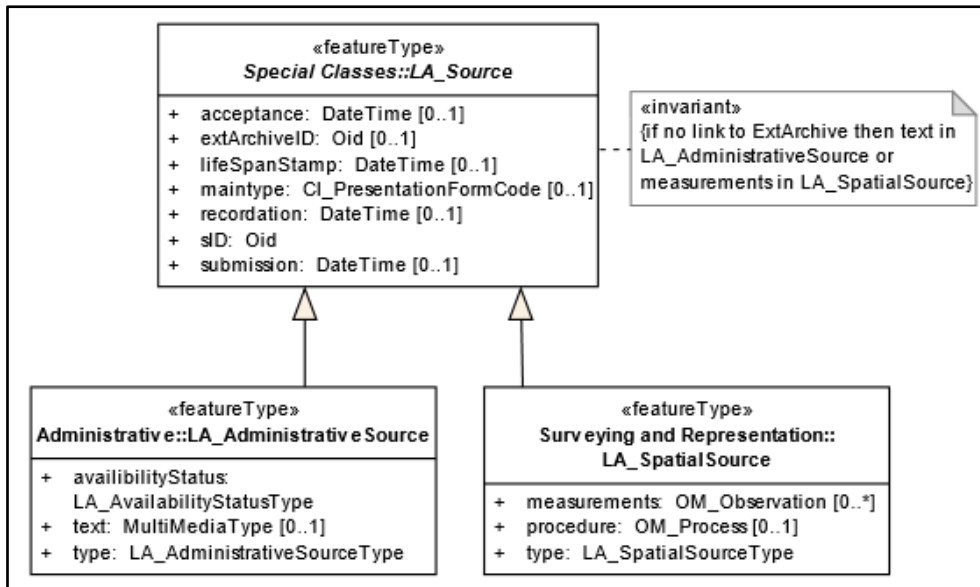
Χαρακτηριστικά της κλάσης Versioned Object αποτελούν η χρονική περίοδος έναρξης και λήξης ισχύος συγκεκριμένης έκδοσης, η ποιότητα της συγκεκριμένης έκδοσης, καθώς και ο υπεύθυνος αρχή έκδοσης.



Εικόνα 4.7: Οντότητες της ομάδας Versioned Object (πηγή: LADM ISO 19152)

LA_Source

Η οντότητα LA_Source είναι μία ιδιαίτερη περίπτωση του συστήματος L.A.D.M. Όλες οι διοικητικές και οι χωρικές πηγές μοντελοποιούνται στο σύστημα L.A.D.M. με αφετηρία την συγκεκριμένη αφηρημένη κατηγορία, η οποία περιλαμβάνει δύο υποκατηγορίες: LA_AdministrativeSource και LA_SpatialSource. Ο ουσιαστικός ρόλος αυτής της οντότητας είναι η αποδεικτικότητα και γνησιότητα των δεδομένων μέσω των αρμόδιων πηγών, είτε διοικητικών είτε χωρικών. Για το λόγο αυτό διαχωρίζεται σε δύο ξεχωριστές οντότητες.



Εικόνα 4.8: Οντότητα LA_Source με τις υποκατηγορίες της (πηγή: LADM ISO 19152)

4.1.5. Σχέσεις μεταξύ των οντοτήτων του συστήματος L.A.D.M.

Οι διάφορες οντότητες που σχηματίζουν το σύστημα L.A.D.M. συσχετίζονται μεταξύ τους για μία πιο ολοκληρωμένη και αποτελεσματική διαχείριση των θεμάτων που αφορούν τη γη. Η διασύνδεση αυτή είναι απαραίτητη για τον επιπρόσθετο λόγο της δημιουργίας μοναδικών αντιστοιχίσεων μεταξύ προσώπου, δικαιώματος και χωρικής μονάδας. Με αυτόν τον τρόπο ενισχύεται η αποδεικτικότητα και η ισχύς των καταγεγραμμένων ιδιοκτησιακών δικαιωμάτων.

Παρατηρώντας την οντότητα LA_Party, όπως αναπτύσσεται στο αντίστοιχο UML διάγραμμα, προκύπτει η αναγκαία διασύνδεσή της με τις οντότητες LA_RRR (δικαιώματα, περιορισμοί, υποχρεώσεις), LA_BAUnit (βασική διοικητική μονάδα), LA_GroupParty (ομάδα προσώπων) και προαιρετικά με την υποκατηγορία LA_PartyMember (μέλος ομάδας προσώπων).

Οι οντότητες που συνδέονται με το πακέτο της διοικητικής ομάδας είναι οι εξής: LA_BAUnit, LA_RRR, LA_Mortgage και η LA_AdministrativeSource. Η LA_BAUnit είναι υποχρεωτικό να καταγραφεί και περιλαμβάνει τη βασική μονάδα διοίκησης της γης, όπως και η LA_RRR που εκφράζει το σύνολο των δικαιωμάτων του κτηματολογικού συστήματος. Αντίστοιχα, η LA_AdministrativeSource παρέχει όλες τις απαραίτητες κτηματολογικές πληροφορίες και η LA_Mortgage προσφέρει τις πληροφορίες στην περίπτωση ύπαρξης υποθήκης.

Οι διασυνδεδεμένες οντότητες της κατηγορίας χωρικής μονάδας του L.A.D.M. (LA_SpatialUnit) είναι η LA_BAUnit, η οποία με την σειρά της διασυνδέεται με τις LA_RRR και LA_Party. Οι επιπρόσθετες οντότητες είναι οι εξής: η LA_Level, η LA_SpatialUnitGroup, η LA_LegalSpaceUtilityNetwork, η LA_LegalSpaceBuildingUnit και η LA_RequiredRelationshipSpatialUnit.

Τέλος, οι οντότητες που συνδυάζονται με την τοπογραφική μονάδα και την ομάδα χωρικής αναπαράστασης είναι η LA_Point, η LA_BoundaryFaceString, η LA_BoundaryFace και η LA_SpatialSource. Λεπτομέρειες για κάθε μία από τις οντότητες έχει προηγηθεί στην προηγούμενη ενότητα.

4.1.6. Δημιουργία και διατήρηση του συστήματος L.A.D.M.

Σύμφωνα με τους Van Oosterom και Lemmen ένα μοντέλο όπως το L.A.D.M. είναι σκόπιμο να μπορεί να χρησιμοποιηθεί από κάθε χώρα, ώστε να καθιερωθεί ένα πρότυπο, κοινά αποδεκτό κτηματολογικό μοντέλο. Απαραίτητο θεωρείται να περιγράφεται από UML (United Modeling Diagram) σχήματα και να είναι αποδεκτό από τους ειδικούς μοντελοποίησης διαχείρισης της γης, τους διεθνείς οργανισμούς και τους προμηθευτές λογισμικών.

Κατά την ανάπτυξη του προτύπου L.A.D.M. προέκυψαν πολλές ιδέες για την βελτίωση και την επέκτασή του. Το γενικό πλαίσιο υπό το οποίο αναπτύχθηκε το σύστημα αυτό προέβλεπε τη συμμετοχή ειδικών από όλο τον κόσμο. Συμμετείχαν, μεταξύ άλλων, ο τομέας UN Habitat Land Tenure Section με τις ευρείες γνώσεις των σύνθητων ιδιοκτησιακών συστημάτων, το ερευνητικό κέντρο EU Joint Research Centre με τις γνώσεις επί της δημιουργίας της Υποδομής Χωρικών Πληροφοριών στην Ευρωπαϊκή Κοινότητα (INSPIRE) και του συστήματος αναγνώρισης τεμαχίων γης (Land Parcel Identification System, LPIS), καθώς και η πανεπιστημιακή κοινότητα United Nations School for Land Administration Studies και ειδικοί για θέματα διαχείρισης της γης και τους κτηματολογικούς οργανισμούς.

Ο Διεθνής Οργανισμός Προτύπων (ISO) και η Τεχνική Επιτροπή (TC) είναι οι αρμόδιοι φορείς για τη διατήρηση του συστήματος L.A.D.M. (ISO/TC211). Ας σημειωθεί ότι υπάρχουν διεθνή πρότυπα, ευρέως αποδεκτά από τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (G.I.S.) και τα Συστήματα Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων, ελήφθησαν υπόψη κατά τον σχεδιασμό του μοντέλου. Γενικά το μοντέλο είναι σε λειτουργία και αναμένεται η εκπόνηση επόμενων βημάτων, στα οποία περιλαμβάνονται τα εξής: η δημιουργία σχήματος βάσης δεδομένων (SQL DDL), η μορφή των αρχείων ανταλλαγής (exchange format, XML/GML) και η διεπαφή με τον χρήστη για την επεξεργασία και την διάδοσή του (user interface). Για να γίνουν πραγματικότητα αυτές οι πτυχές του μοντέλου απαιτείται η συνεργασία μεταξύ των FIG (International Federation of Surveyors) και OGC (Open Geospatial Consortium) για την τυποποίησή του με χρήση είτε του CityGML είτε του LandXML, τα οποία αποτελούν μοντέλα πληροφοριών για την αναπαράσταση, αποθήκευση και ανταλλαγή εικονικών τρισδιάστατων (3D) πόλεων.

Με αυτόν τον τρόπο εισάγεται ολοκληρωτικά η έννοια του τρισδιάστατου στο L.A.D.M. σύστημα και αυτό είναι απαραίτητο εάν αναλογισθεί κανείς το γεγονός ότι στην πραγματική ζωή, τόσο σε ένα αστικό όσο και σε ένα μη αστικό τοπίο, όλα καταλαμβάνουν κάποιο χώρο, ο οποίος ορίζεται με τις τρεις διαστάσεις. Επομένως, η τρισδιάστατη απεικόνιση σε συνδυασμό με την κτηματολογική εγγραφή των

τρισδιάστατων χωρικών μονάδων, με όλα τα εμπλεκόμενα μέλη, τα δικαιώματα, τους περιορισμούς και τις ευθύνες, είναι η ολοκληρωμένη μοντελοποίηση της πραγματικότητας. Μπορεί από χώρα σε χώρα να διαφέρουν ορισμένες διαδικασίες, λόγω διαφορετικής ισχύουσας νομοθεσίας, αλλά υπάρχουν κοινά στοιχεία, που σχετίζονται με την κτηματολογική καταγραφή, όπως για παράδειγμα η απαίτηση έκδοσης αδειών για κάποιες ενέργειες από τον αρμόδιο οργανισμό.

4.1.7. Διδιάστατη (2D) και τρισδιάστατη (3D) απεικόνιση των χωρικών μονάδων

Βαρυσήμαντο γνώρισμα του L.A.D.M. συστήματος είναι η ολοένα και αυξανόμενη χρήση των τρισδιάστατων αναπαραστάσεων των χωρικών μονάδων. Μέχρι σήμερα προσπάθειες έχουν γίνει για την ενσωμάτωση της τρισδιάστατης πληροφορίας στα διάφορα κτηματολογικά συστήματα ορισμένων χωρών ανά τον κόσμο, για την δημιουργία ενός ολοκληρωμένου 3D Κτηματολογίου, γεγονός που με το πέρασμα του χρόνου θεωρείται θεμελιώδους σημασία.

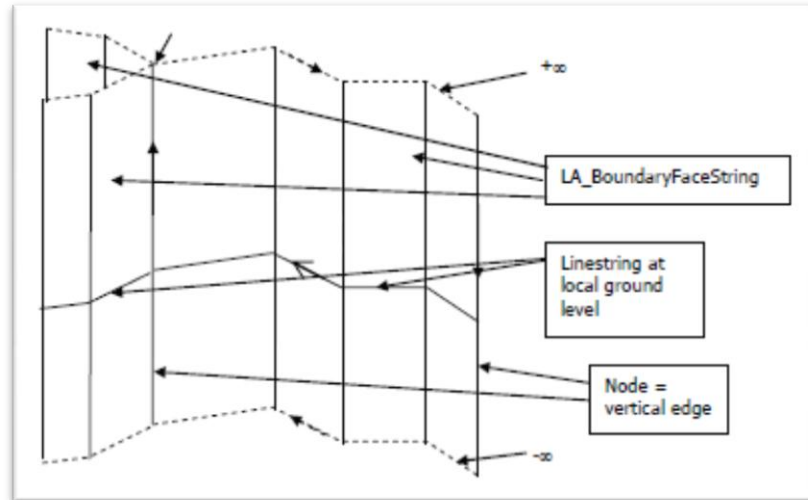
Η αναβάθμιση πληροφοριών από 2D σε 3D απαιτεί πρωτίστως να υπάρχει η απαιτούμενη συλλεχθείσα πληροφορία. Στην περίπτωση που αυτό είναι εφικτό, κρίνεται απαραίτητη πλέον σε πολλές δραστηριότητες αυτός ο μετασχηματισμός για την βέλτιστη αναπαράσταση του χώρου. Όμως, ταυτόχρονα, πρέπει να ληφθεί υπόψη η ροή των πακέτων δεδομένων μεταξύ των εμπλεκόμενων φορέων, ώστε να διευκολυνθεί αυτή η διαδικασία με την κατάλληλη τυποποίησή τους. Σε αυτό το σημείο είναι που εισέρχεται το πρότυπο ISO 19152 (L.A.D.M.), αλλά και το πρότυπο ISO 19156, το οποίο σχετίζεται με τις παρατηρήσεις και τις μετρήσεις.

Αναφορικά, λοιπόν, με το τρισδιάστατο Κτηματολόγιο, ακολουθεί παράθεση σχετική με την ενσωμάτωση της τρισδιάστατης πληροφορίας στο σύστημα L.A.D.M. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα που συναντάται συχνά είναι η περίπτωση όπου κτήρια και κοινοφελή δίκτυα επικαλύπτονται, όταν ενδεικτικά ένα κτήριο εκτείνεται από συγκεκριμένο βάθος υπό την επιφάνεια του εδάφους έως ορισμένο ύψος πάνω από αυτή, και επικαλύπτεται με κάποιο τούνελ που έχει διανοιχθεί υπό του εδάφους. Σε αυτήν την περίπτωση κρίνεται απαραίτητη η τρισδιάστατη αναπαράσταση της κατάστασης για την παρουσίαση της πραγματικότητας με ορθό τρόπο.

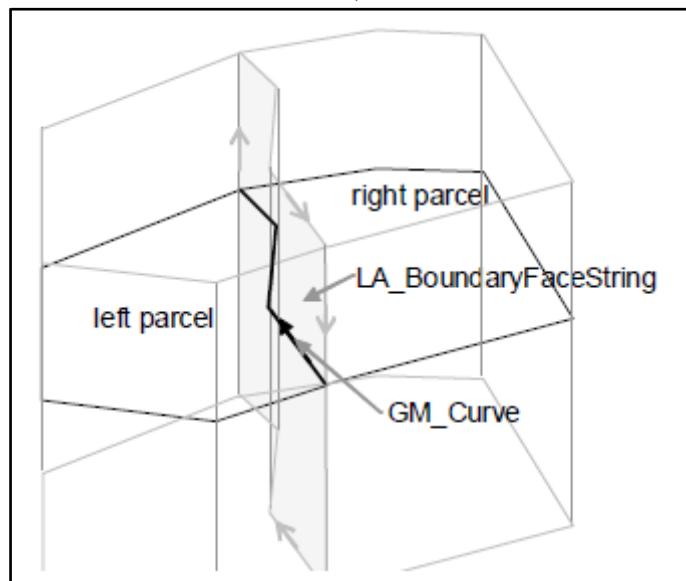
Το σύστημα L.A.D.M. πραγματοποιεί 2D και 3D αναπαραστάσεις των χωρικών μονάδων. Στην περίπτωση των διδιάστατων απεικονίσεων γίνεται χρήση των boundary face strings, ενώ σε αυτή των τρισδιάστατων χρησιμοποιούνται boundary faces, δηλαδή συνωριακών επιφανειών για την ένδειξη των ορίων τους.

Λαμβάνοντας υπόψη την γενική θεώρηση, που έχει ισχύ σε ορισμένες χώρες, ότι μία διδιάστατη αναπαράσταση ερμηνεύεται ως ένας τρισδιάστατος πρισματικός όγκος, χωρίς άνω και κάτω όριο, προκύπτουν οι εξής ενοποιήσεις μεταξύ των δύο μορφών αναπαραστάσεων:

- i. Μέσω γραμμικών ορίων (boundary face strings) για τις απεικονίσεις των 2D ορίων, τα οποία πρόκειται να αποθηκεύονται στην οντότητα GM_MultiCurve. Τα γραμμικά αυτά όρια συνεπάγονται, επίσης, κάθετα εικονικά όρια.
- ii. Μέσω συνοριακών επιφανειών (boundary faces) για αληθείς 3D απεικονίσεις ορίων ιδιοκτησιών, μέσω της χρήσης της οντότητας GM_Surface για αποθήκευση.



a)

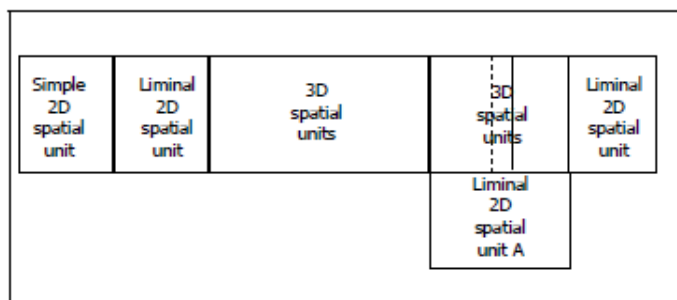


b)

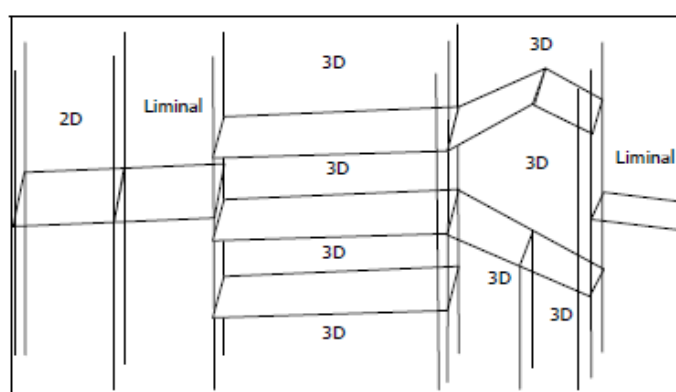
Εικόνα 4.9: Ενοποίησης διδιάστατων και τρισδιάστατων μορφών αναπαράστασης a) Χρήση γραμμικών ορίων (boundary face strings) b) Χρήση γραμμικών ορίων (boundary face strings) (πηγή: LADM ISO 19152)

Έχουν δημιουργηθεί ορισμένες χωρικές μονάδες ως συνδυασμός διδιάστατων και τρισδιάστατων απεικονίσεων με ταυτόχρονη χρήση των boundary face strings και κατακόρυφων boundary faces. Ως εκ τούτου οι κάθετες οριακές επιφάνειες πρέπει να μετατραπούν σε γραμμικά όρια. Επίσης, οι συνοριακές επιφάνειες πρέπει να οριστούν από το ανώτερο έως το κατώτατο όριο, όπως παρουσιάζεται στις ακόλουθες εικόνες. Αυτή είναι η μέθοδος που ακολουθείται για διδιάστατες χωρικές μονάδες που

συνορεύουν με τρισδιάστες χωρικές μονάδες, με ενδιάμεση κοινόχρηστη κατακόρυφη συνοριακή επιφάνεια.



a)



b)

Εικόνα 4.10: α) Κάτοψη συνδυασμένων 2D/3D αναπαραστάσεων β) Πλάγια όψη της χρήσης boundary face strings και boundary faces για 3D όγκους (πηγή: LADM ISO 19152)

4.2. Οδηγία INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in the European Community)

Η οδηγία 2007/2/EC INSPIRE ψηφίστηκε από το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο στις 14 Μαρτίου 2007 και τέθηκε σε ισχύ στις 15 Μαΐου του 2007. Κατά την εφαρμογή του έχουν οριστεί ορισμένα στάδια, με πλήρη εφαρμογή της οδηγίας το έτος 2019. Ο βασικός σκοπός είναι η δημιουργία μιας υποδομής χωρικών δεδομένων της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Ε.Ε.), όπως φανερώνουν και τα αρχικά της συντόμευσης IN.SP.IR.E., δηλαδή Infrastructure for Spatial Information in Europe. Με αυτόν τον τρόπο θα δύναται η πρόσβαση σε χωρικά δεδομένα και η ανταλλαγή αυτών μεταξύ αρμόδιων οργανισμών του δημόσιου τομέα σε όλη την Ευρώπη, ιδιαίτερα για πολιτικές περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος, όπως δραστηριότητα επηρεάζει το περιβάλλον, αλλά και πρόσθετες πληροφορίες.

4.2.1. Γενικά στοιχεία

Η οδηγία που εδραιώθηκε και λειτουργεί από τα 27 κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης ορίζει 34 βασικά είδη χωρικών δεδομένων που σχετίζονται με

περιβαλλοντικές εφαρμογές, τα οποία πρέπει να πληρούν συγκεκριμένες τεχνικές προδιαγραφές. Επομένως, υπάρχουν τεχνικοί κανόνες από την οδηγία INSPIRE που πρέπει να ακολουθούνται για όλα τα χωρικά δεδομένα.

Η συντονιστική επιτροπή της οδηγίας INSPIRE αποτελείται από τη Γενική Διεύθυνση Περιβάλλοντος (DG Environment), τη EUROSTAT, το Κοινό Κέντρο Ερευνών (Joint Research Center) και τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Περιβάλλοντος (European Environmental Agency). Ο ρόλος αυτής της επιτροπής είναι να διευθύνει και κατευθύνει την ανάπτυξη των προδιαγραφών (Implementing Rules, IR).

Οι βασικές αρχές που πρέπει να ισχύουν για την εφαρμογή της οδηγίας αυτής συγκεντρωτικά είναι οι εξής:

- Η συλλογή των δεδομένων πρέπει να γίνεται μία μόνο φορά και η αποθήκευση και διατήρησή τους να είναι όσο το δυνατόν πιο αποτελεσματική
- Πρέπει να δίνεται η δυνατότητα συνδυασμού χωρικών πληροφοριών από πολλαπλές πηγές στην Ευρώπη και να επιτρέπεται να μοιραστούν με πολλούς χρήστες και να χρησιμοποιηθούν για πολλές εφαρμογές
- Πρέπει τα δεδομένα που συλλέγονται σε συγκεκριμένο επίπεδο πληροφορίας ή κλίμακα να δύναται να χρησιμοποιηθούν από όλα τα επίπεδα και κλίμακες. Για παράδειγμα σε ενδεδειγμένες έρευνες να είναι όσο το δυνατόν πιο λεπτομερείς οι πληροφορίες που χρησιμοποιούνται
- Όλες οι γεωγραφικές πληροφορίες πρέπει να είναι άμεσα διαθέσιμες και να εξασφαλίζεται η διαφάνεια στα πλαίσια της καλής διακυβέρνησης
- Τέλος, η εύρεση και ο τρόπος διάθεσης των διαθέσιμων γεωγραφικών πληροφοριών πρέπει να είναι εύκολες διαδικασίες. Επιπλέον, πρέπει να γίνονται γνωστές οι προϋποθέσεις για την απόκτησή τους και τη χρήση τους.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, βασικό σημείο της οδηγίας είναι η εξασφάλιση ότι οι υποδομές των χωρικών δεδομένων των κρατών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι συμβατές διασυνοριακά. Κοινοί κανόνες εφαρμογής έχουν θεσπιστεί και είναι δεσμευτικό να ακολουθούνται ρητά για τις διάφορες περιοχές εφαρμογής (Implementing Rules, IR), όπως στις εξής: στα μεταδεδομένα (Metadata), στις προδιαγραφές των δεδομένων (Data Specifications), στις δικτυακές υπηρεσίες (Network Services), στην κοινή χρήση των χωρικών δεδομένων και υπηρεσιών (Data and Service Sharing), καθώς και στην παρακολούθηση και υποβολή εκθέσεων (Monitoring and Reporting).

Τα 34 θεματικά επίπεδα χωρικών επιπέδων της οδηγίας έχουν οργανωθεί σε τρία παραρτήματα (Annexes I, II, III), περιλαμβάνοντας τις απαραίτητες τεχνικές προδιαγραφές. Στη συνέχεια παρουσιάζονται σε μορφή πίνακα αυτά τα τρία παραρτήματα. 0-2

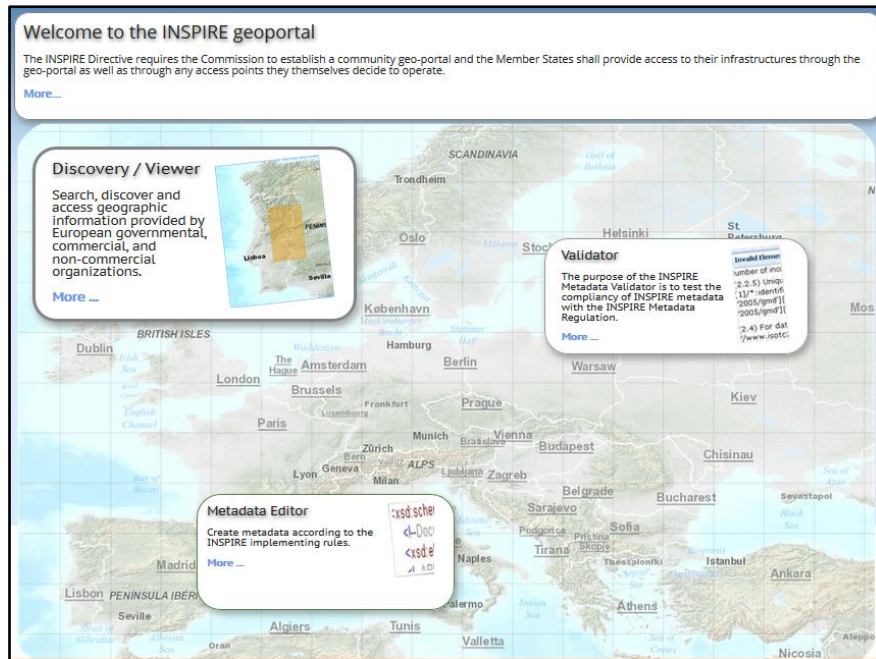
| ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι (Annex I) | | |
|---|---|---|
| Διοικητικές Μονάδες (Administrative Units) | Κτηματολογικά Τεμάχια (Cadastral Parcels) | Γεωγραφικά Ονόματα (Geographical Names) |
| Υδρογραφία (Hydrography) | Προστατευόμενες Περιοχές (Protected Sites) | Δίκτυα Μεταφορών (Transport Networks) |
| Διευθύνσεις (Addresses) | Συστήματα Συντεταγμένων (Coordinate Reference Systems) | Γεωγραφικά Συστήματα Πλέγματος (Geographical Grid Systems) |

Πίνακας 4.1. : Τα θεματικά επίπεδα του πρώτου παραρτήματος της οδηγίας INSPIRE

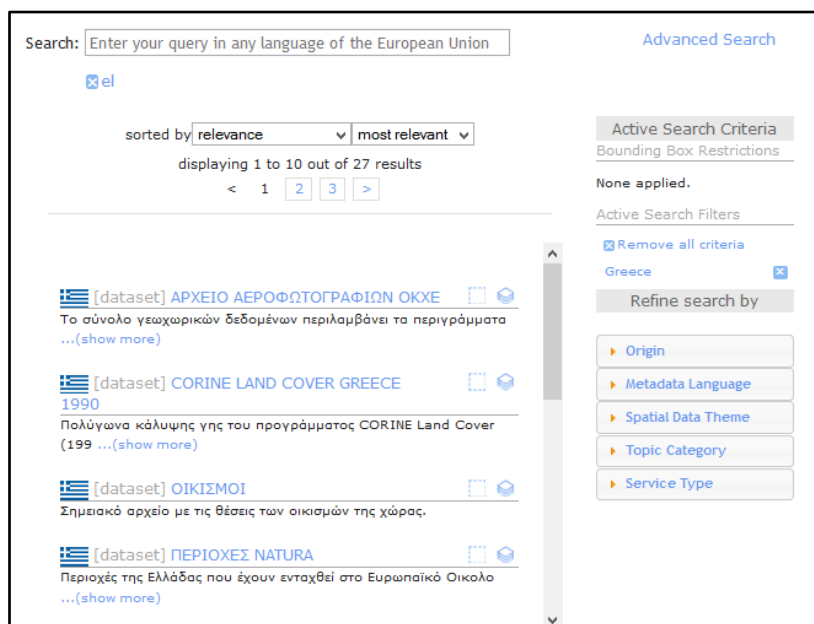
| ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ & ΙΙΙ (Annex II & III) | | |
|--|--|--|
| Αγροτικές και Υδρολογικές Εγκαταστάσεις | Ζώνες Διαχείρισης Περιοχών, Περιορισμών, Κανονισμών και Μονάδες Αναφοράς | Ατμοσφαιρικές Συνθήκες και Μετεωρολογικά Γεωγραφικά Χαρακτηριστικά |
| Βιο-γεωγραφικές περιοχές | Κτήρια | Υψόμετρο |
| Πηγές Ενέργειας | Εγκαταστάσεις Περιβαλλοντικού Ελέγχου | Γεωλογία |
| Βιότοποι | Ανθρώπινη Υγεία και Ασφάλεια | Κάλυψη Γης |
| Χρήση Γης | Ορυκτοί Πόροι | Ζώνες Φυσικής Επικινδυνότητας |
| Ωκεανογραφικά Γεωγραφικά Στοιχεία | Ορθοεικόνες | Κατανομή πληθυσμού |
| Βιομηχανικές και Παραγωγικές Εγκαταστάσεις | Θαλάσσιες Περιοχές | Έδαφος |
| Κατανομή Ειδών | Στατιστικές Μονάδες | Υπηρεσίες Κοινής Ωφέλειας και Κυβερνητικές Υπηρεσίες |

Πίνακας 4.2. : Τα θεματικά επίπεδα του δεύτερου και τρίτου παραρτήματος της οδηγίας INSPIRE

Για την αναζήτηση χωρικών δεδομένων προσφέρεται κατάλληλη υπηρεσία πρόσβασης στο διαδίκτυο από την ευρωπαϊκή δικτυακή πύλη γεωπληροφορικής (INSPIRE Geo Portal). Όλα τα κράτη μέλη επιβάλλεται να προσφέρουν πρόσβαση στις υποδομές τους μέσω αυτής του Geo-Portal, αλλά και μέσω οποιουδήποτε άλλου σημείου πρόσβασης επιθυμούν να λειτουργούν. Με αυτόν τον τρόπο προσφέρεται τρόπος για έρευνα και πρόσβαση σε γεωγραφικές πληροφορίες, με περιορισμούς πρόσβασης ανάλογα το χρήστη.



Εικόνα 4.11: Ευρωπαϊκή δικτυακή πύλη γεωπληροφορικής (πηγή: INSPIRE Geo Portal)



Εικόνα 4.12: Αποτέλεσμα αναζήτησης στο Inspire Geo Portal για την Ελλάδα

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι η οδηγία INSPIRE εξελίσσεται παράλληλα με το σύστημα L.A.D.M., το οποίο όπως έχει αναφερθεί σε προηγούμενη ενότητα, αφορά ένα μοντέλο για την διαχείριση της γης. Επομένως, είναι άμεσα συσχετιζόμενα και απαιτείται η ύπαρξη συνοχής και εναρμόνισης των δύο συστημάτων. Η βασική διαφορά είναι ότι το σύστημα L.A.D.M. (Land Administration Domain Model) προορίζεται για τη δημιουργία ενός λειτουργικού κτηματολογικού συστήματος, ενώ η οδηγία INSPIRE επικεντρώνεται σε θέματα περιβαλλοντικού περιεχομένου, χωρίς αυτό να σημαίνει την αγνόηση κάποιου εκ των δύο.

4.2.2. Προσαρμογή Κτηματολογίου στις προδιαγραφές της οδηγίας INSPIRE

Οι εξελίξεις της σύγχρονης κοινωνίας επιβάλλουν την προσαρμογή της κάθε χώρας της Ευρωπαϊκής Ένωσης στην ισχύουσα οδηγία INSPIRE. Αυτό συνεπάγεται και την υιοθέτηση των κανόνων αυτών στο πεδίο του Κτηματολογίου. Ως εκ τούτου, ένα από τα εναρμονισμένα θεματικά επίπεδα της οδηγίας INSPIRE είναι τα γεωτεμάχια, στο οποίο περιγράφονται τα χαρακτηριστικά που πρέπει να ισχύουν στα κτηματολογικά τεμάχια (Cadastral Parcels). Επίσης, άμεσα σχετιζόμενο θεματικό επίπεδο είναι αυτό των κτηρίων (Buildings).

Θεματική Ενότητα-Γεωτεμάχια

Σύμφωνα με την οδηγία το γεωτεμάχιο είναι μία περιοχή που ορίζεται από το Κτηματολόγιο ή κάποιον άλλο αρμόδιο οργανισμό. Η ονομασία αυτού του οργανισμού πολλές φορές διαφέρει από χώρα σε χώρα. Ανεξάρτητα από αυτό, σε κάθε περίπτωση η βασική μονάδα αναφοράς είναι το τεμάχιο γης. Ένα τεμάχιο γης έχει μοναδικό κωδικό αναγνώρισης και πρέπει να παρέχεται ικανοποιητικός βαθμός ακρίβειας στην χωρική περιγραφή του. Η περιγραφή τους περιλαμβάνει χαρακτηριστικά όπως το μέγεθος, την αξία και διάφορα νομικά δικαιώματα ή περιορισμοί που ασκούνται επί του τεμαχίου γης. Τα κτηματολογικά τεμάχια γης πρέπει να καλύπτουν μία χώρα, χωρίς να υπάρχουν επικαλύψεις και κενά.

Στην οδηγία INSPIRE, το περιεχόμενο των κτηματολογικών πληροφοριών καλύπτουν μόνο τις γεωμετρικές πτυχές. Η νομική πλευρά των τεμαχίων γης δεν καλύπτεται, όπως είναι τα δικαιώματα και τα πρόσωπα που σχετίζονται άμεσα με την ιδιοκτησία στην πραγματικότητα. Γενικά τα τεμάχια γης στην οδηγία INSPIRE εξυπηρετούν τον εντοπισμό πρόσθετων πληροφοριών, γεωγραφικών και περιβαλλοντικών, και με αναφορά στο εθνικό μητρώο καταγραφής κάθε χώρας, οποίο και αν είναι αυτό, μπορεί να επιτευχθεί σύνδεση με τις εθνικές πηγές δεδομένων. Με αυτόν τον τρόπο είναι δυνατή η προσέγγιση άλλων πληροφοριών, συμπεριλαμβανομένου και των νομικών. Το μοντέλο δεδομένων για τα κτηματολογικά τεμάχια της οδηγίας INSPIRE έχει δομηθεί κατά τέτοιο τρόπο ώστε να είναι συμβατό με το διεθνές πρότυπο L.A.D.M., το οποίο διαχειρίζεται νομικές πληροφορίες.

Τα βασικά είδη χαρακτηριστικών που εμπεριέχονται στην οδηγία σχετικά με τα κτηματολογικά τεμάχια είναι οι εξής τέσσερις: *CadastralParcel*, *CadastralZoning*, *CadastralBoundary*, *BasicPropertyUnit*. Το βασικό χαρακτηριστικό *CadastralParcel* αφορά, όπως φανερώνει και η ονομασία του, τα κτηματολογικά τεμάχια και τις ιδιότητές τους. Ένας αποδεκτός ορισμός αναφέρει ότι ένα κτηματολογικό τεμάχιο είναι μία μερίδα γης του εθνικού εδάφους. Πρόσθετες χαρακτηριστικές ιδιότητες που περιλαμβάνονται για την επαρκή περιγραφή τους είναι η γεωμετρία, η εθνική κτηματολογική αναφορά, το εμβαδόν, καθώς και χαρακτηριστικά απεικόνισης.

Αντίστοιχα, το βοηθητικό χαρακτηριστικό *CadastralZoning* χρησιμοποιείται για την υποδιαίρεση της εθνικής επικράτειας σε κτηματολογικά τεμάχια (*CadastralParcel*). Στο πλαίσιο της οδηγίας συντελεί στην διευκόλυνση αναζήτησης των δεδομένων και περιλαμβάνει πρόσθετες ιδιότητες όπως η γεωμετρία, μία εθνική αναφορά των κτηματολογικών ζωνών, κάποιο όνομα εάν υπάρχει, χαρακτηριστικά απεικόνισης και μεταδεδομένων.

Η ενότητα *CadastralBoundary* περιλαμβάνει τις απαραίτητες πληροφορίες θέσης για τα όρια των κτηματολογικών τεμαχίων. Ως πρόσθετα χαρακτηριστικά ορίζεται η γεωμετρία και κάποια μεταδεδομένα, όπως η ακρίβεια θέσης. Τέλος, η *BasicPropertyUnit* αφορά τις κύριες μονάδες ιδιοκτησίας, οι οποίες καταγράφονται στα διάφορα συστήματα διαχείρισης γης. Χαρακτηρίζονται από ενιαίο καθεστώς ιδιοκτησίας και ομοιογενή εμπράγματα δικαιώματα και αποτελούνται από ένα ή περισσότερα τεμάχια. Αυτό το χαρακτηριστικό προσφέρει τη δυνατότητα διάθεσης πληροφορίας σχετικά με την περιοχή και τη χρονική διάρκεια.

Θεματική Ενότητα-Κτήρια

Σχετικά με τα κτήρια είναι γνωστό ότι δεν ισχύουν κοινοί νόμοι στην Ευρώπη. Επομένως, από χώρα σε χώρα διαφέρει τι αναγνωρίζεται ως κτήριο. Ένας γενικός ορισμός που μπορεί να τεθεί είναι ο εξής: "Κτήριο είναι κάθε κατασκευή πάνω ή/και κάτω από την επιφάνεια της γης, η οποία προορίζεται και χρησιμοποιείται για καταφύγιο ανθρώπων, ζώων, πραγμάτων, την παραγωγή οικονομικών αγαθών ή την παροχή υπηρεσιών και οτιδήποτε αποτελεί μόνιμη δομή ανεγερμένη σε συγκεκριμένο χώρο."

Υπάρχοντα δεδομένα σχετιζόμενα με κτήρια διατηρούνται συχνά σε βάσεις δεδομένων αναγνωρισμένων οργανισμών, όπως κτηματογραφικές και χαρτογραφικές υπηρεσίες. Στην πλειοψηφία του είναι διδιάστατα (2D) διανυσματικά δεδομένα, με ποικίλα επίπεδα λεπτομερειών. Σε αυτό το σημείο να αναφερθεί ότι από τις απαιτήσεις των ραγδαίων εξελίξεων προκύπτει η ανάγκη για τη δημιουργία νέων δεδομένων, με τρισδιάστατο (3D) χαρακτήρα.

4.2.3. Η τρίτη διάσταση στο διεθνές πρότυπο INSPIRE

Ο τρισδιάστατος χαρακτήρας είναι ένα νέο αναγκαίο χαρακτηριστικό που πρέπει να ενσωματωθεί στις πληροφορίες που σχετίζονται με το Κτηματολόγιο. Όσον αφορά τα κτήρια ως θεματική ενότητα, έχουν οριστεί τέσσερα βασικά προφίλ στην οδηγία INSPIRE:

- 2D Προφίλ πυρήνα
Περιέχει τα στοιχεία που παρουσιάζονται πιο συχνά στις υπάρχουσες βάσεις δεδομένων, δηλαδή περιλαμβάνει διδιάστατες γεωμετρικές αναπαραστάσεις με πρόσθετη περιγραφική πληροφορία του υψομέτρου (elevation).
- 2D Εκτεταμένο Προφίλ

Το συγκεκριμένο αποτελεί επέκταση του 2D Προφίλ πυρήνα. Οι επιπρόσθετες πληροφορίες περιλαμβάνουν ειδικά χαρακτηριστικά των κτηρίων, όπως για παράδειγμα του υλικού κατασκευής ή του είδους της στέγης, κτιριακές μονάδες και κτηματολογικά στοιχεία.

- 3D Προφίλ πυρήνα
Η διαφορά του 3D Προφίλ πυρήνα από το διδιάστατο προφίλ, είναι ότι επιτρέπει τις απλές τρισδιάστατες αναπαραστάσεις.
- 3D Εκτεταμένο Προφίλ
Είναι η επέκταση του 3D Προφίλ πυρήνα με πιο πολύπλοκες τρισδιάστατες αναπαραστάσεις σε διαφορετικά επίπεδα ανάλυσης και λεπτομέρειας. Επίσης, δίνεται η δυνατότητα απεικόνισης των υφών στις προσόψεις των κτηρίων.

Ακόμη, χρησιμοποιούνται οι εξής όροι για τα δεδομένα:

- 2D δεδομένα
Η γεωμετρία αυτών των δεδομένων πραγματοποιείται σε χώρο δύο διαστάσεων και περιγράφονται με (x,y) συντεταγμένες
- 2,5D δεδομένα
Η γεωμετρία των δεδομένων αυτών αναπαρίσταται σε χώρο τριών διαστάσεων και περιγράφονται με (x,y) συντεταγμένες, με τον περιορισμό ότι κάθε ζεύγος συντεταγμένων (x,y) αντιστοιχίζεται σε ένα μόνο υψόμετρο (z).
- 3D δεδομένα
Η γεωμετρία των δεδομένων αυτών αναπαρίστανται σε χώρο τριών διαστάσεων και τους δίνονται (x,y,z) συντεταγμένες χωρίς κάποιον περιορισμό.

Σύμφωνα με την οδηγία INSPIRE αναμένεται ότι οι περισσότεροι κτηματολογικοί και άλλοι επίσημοι οργανισμοί θα εναρμονιστούν με τους τύπους των χαρακτηριστικών των εκτεταμένων προφίλ.

Οι βασικοί τύποι χαρακτηριστικών που περιέχονται στα προφίλ για τα κτήρια είναι τρεις: *Building*, *BuildingPart* και *OtherConstruction*. Ένα κτήριο (building) θεωρείται πολλές φορές ως συνάθροιση κτιριακών μονάδων (Building Parts). Αυτοί οι δύο τύποι χαρακτηριστικών διαθέτουν το ίδιο σύνολο ιδιοτήτων που περιέχονται στον τύπο χαρακτηριστικών *AbstractBuilding*. Η κατηγορία *OtherConstruction* χρησιμοποιείται για διαφορετικές κατασκευές όπως γέφυρες και σήραγγες, οι οποίες δεν θεωρούνται κτήρια.

Πρόσθετα χαρακτηριστικά που περιλαμβάνονται αφορούν το ύψος της κατασκευής (Elevation), τους αριθμούς των ορόφων του κτηρίου, το υψόμετρο, την ταξινόμηση των κτηρίων και τη διάρκεια ζωής. Σχετικά με την ταξινόμηση των κτηρίων, αυτή γίνεται είτε βάσει της τρέχουσας χρήσης (CurrentUse) είτε βάσει της φυσικής τους όψης (SpecificInterest). Η διάρκεια ζωής του αντικειμένου ορίζεται από ημερομηνίες έναρξης και λήξης για καθορισμένα χαρακτηριστικά (BeginLifespanObject, EndLifespanObject). Σε μερικές περιπτώσεις υπάρχουν για εξωτερικές αναφορές για

άλλα χαρακτηριστικά, εξασφαλίζοντας με αυτόν τον τρόπο τη σύνδεση με άλλα συστήματα πληροφοριών (ExternalReference).

Φυσικά η ποσότητα των πληροφοριών διαφέρει ανάλογα το είδος του προφίλ που χρησιμοποιείται. Ένα 2D Προφίλ πυρήνα περιέχει λιγότερη πληροφορία αν συγκριθεί με ένα 2D Εκτεταμένο Προφίλ ή με ένα 3D Προφίλ. Αυτό που αξίζει να αναφερθεί είναι τα πρόσθετα χαρακτηριστικά σε ένα τρισδιάστατο προφίλ.

Γενικά τα τρισδιάστατα προφίλ χρησιμοποιούνται από χρήστες παραγωγών τρισδιάστατων δεδομένων ή σε περιπτώσεις που ήδη υπάρχει τρισδιάστατη πληροφορία. Η διαφορά μεταξύ του βασικού 3D Προφίλ Πυρήνα και του 3D Εκτεταμένου Προφίλ έγκειται στο επίπεδο της λεπτομέρειας για την αναπαράσταση των κτηρίων. Αμφότερες των περιπτώσεων η βασική οντότητα είναι ένα στερεό (GM_Solid), καθώς διαθέτει όγκο.

Στην περίπτωση του 3D Προφίλ Πυρήνα το επίπεδο λεπτομέρειας των κτηρίων είναι χαμηλό (Level of Detail 1, LoD1). Αντίθετα σε ένα 3D Εκτεταμένο Προφίλ το επίπεδο λεπτομέρειας ποικίλλει και μπορεί να φτάσει έως επίπεδο λεπτομέρειας 3 (Level of Detail 3, LoD3). Στο LoD1 τα κτήρια απεικονίζονται ως απλά στερεά, σε LoD2 περιγράφεται και η εξωτερική όψη του κτηρίου, καθώς και της στέγης, ενώ σε LoD3 περιγράφονται και τα ανοίγματα της κατασκευής. Το επίπεδο της λεπτομέρειας δεν είναι απαραίτητο να είναι το ίδιο για όλα τα κτήρια, αντίθετα μπορεί σε ορισμένα να γίνει χρήση χαμηλότερου επιπέδου λεπτομέρειας και σε άλλα πιο υψηλό. Επίσης, σε πολλές περιπτώσεις συμπεριλαμβάνονται χαρακτηριστικά, όπως το υλικό των τοίχων και της στέγης.

Να σημειωθεί ότι είναι σημαντικό τα κτιριακά δεδομένα να διατηρούνται και να φυλάσσονται, καθώς μπορεί να χρησιμοποιηθούν για πολλούς λόγους. Οι πιο κοινές περιπτώσεις χρήσης τους είναι για τη μοντελοποίηση φυσικών φαινομένων (π.χ. σε περίπτωση πλημμύρας ποια κτήρια επηρεάζονται), τον υπολογισμό του πληθυσμού σε μία περιοχή ενδιαφέροντος, αλλά και την άντληση άλλων δεδομένων από αυτά, όπως τις χρήσεις γης. Ως εκ τούτου, διατηρώντας όλη τη χωρική πληροφορία συγκεντρωμένη, σύμφωνα με τις διεθνείς οδηγίες και προδιαγραφές, είναι δυνατή η δημιουργία εφαρμογών και η διαχείριση προβλημάτων άμεσα και με λιγότερο κόστος. Απαραίτητη προϋπόθεση αποτελεί η πρόσβαση στην πληροφορία από τους εμπλεκόμενους οργανισμούς, αλλά και η ομοιογένεια σε αυτά τα δεδομένα.

4.2.4. Σύνδεση οδηγίας INSPIRE με σύστημα L.A.D.M.

Σύμφωνα με το άρθρο 7 της οδηγίας INSPIRE πρέπει να λαμβάνει υπόψη υπάρχοντα πρότυπα και ως εκ τούτου πρέπει να ληφθεί υπόψη το ISO 19152, ιδιαίτερα όταν υπάρχει απαίτηση για επέκταση των προδιαγραφών δεδομένων. Όπως έχει αναφερθεί, το σύστημα L.A.D.M. αποτελεί το θεμέλιο για ένα αποτελεσματικό κτηματολογικό σύστημα διαχείρισης γης και δίνει τη δυνατότητα στα εμπλεκόμενα μέρη, τόσο εντός μίας χώρας όσο και διεθνώς, να επικοινωνήσουν με βάση τις οντότητες του μοντέλου.

Δεδομένου ότι τα δύο πρότυπα αναπτύχθηκαν την ίδια χρονική περίοδο, έχει επιτευχθεί συνοχή μεταξύ τους, όσον αφορά έννοιες και ορισμούς. Είναι αναμενόμενο, όμως, ότι υπάρχουν διαφορές στα πεδία εφαρμογής, αφού η οδηγία INSPIRE εστιάζει σε περιβαλλοντικά θέματα, ενώ το σύστημα L.A.D.M. έχει πολυδιάστατο χαρακτήρα. Επίσης, το L.A.D.M. παρέχει λύσεις για θέματα δικαιωμάτων και ιδιοκτητών τρισδιάστατων (3D) κτηματολογικών αντικειμένων, το οποίο είναι εκτός του πεδίου εφαρμογής της οδηγίας INSPIRE επί του παρόντος.

Παρά το μικρό ποσό συνεργασίας μεταξύ των δύο προτύπων, είναι δυνατό μία ευρωπαϊκή χώρα να συμμορφώνεται με τις δύο οδηγίες. Μια επιπρόσθετη δυνατότητα είναι αυτή της επέκτασης των προδιαγραφών της INSPIRE μέσω της χρήσης του L.A.D.M. στο εγγύς μέλλον.

Η συμβατότητα των δύο προτύπων αποδεικνύεται σε ένα έγγραφο του διεθνούς προτύπου ISO 19152, στο οποίο περιλαμβάνεται μία έκδοση βασισμένη στο L.A.D.M. των INSPIRE κτηματολογικών γεωτεμαχίων (Cadastral Parcels). Αυτή δείχνει την συμβατότητα μεταξύ των οδηγιών και την απουσία ανακολουθιών. Αναλυτικότερα, υπάρχουν τέσσερις κατηγορίες στο σύστημα L.A.D.M. που είναι σχετικές με την οδηγία INSPIRE:

- LA_Parcel ως βάση για το Cadastral Parcel
- LA_BAUnit ως βάση για το Basic Property Unit
- LA_FaceString ως βάση για το Cadastral Boundary
- LA_SpatialUnitSet ως βάση για το Cadastral Zoning

Γενικά, οι οντότητες του συστήματος L.A.D.M. μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως βάση για τις αντίστοιχες κλάσεις της οδηγίας INSPIRE. Αυτό κρίνεται ιδιαίτερα εύκολο όταν πρόκειται για δεδομένα δύο διαστάσεων. Όσον αφορά την τρίτη διάσταση (3D δεδομένα) εισέρχεται κάποιος βαθμός δυσκολίας, καθώς η οδηγία INSPIRE έχει περιορισμούς στις τρεις διαστάσεις για τα κτηματολογικά γεωτεμάχια, χωρίς να αποκλείει τη χρήση τους.

Τα χαρακτηριστικά του L.A.D.M. που αποκτήθηκαν μέσω της INSPIRE έχουν συνήθως πιο ειδικό τύπο δεδομένων εντός της οδηγίας INSPIRE. Αυτό συνεπάγεται ότι ένα προαιρετικό χαρακτηριστικό του συστήματος L.A.D.M. μπορεί είτε να μην απαντάται στην οδηγία INSPIRE είτε να είναι υποχρεωτικό χαρακτηριστικό. Επίσης, συγκεκριμένα είδη χαρακτηριστικών της INSPIRE προστίθενται σε διαφορετικές οντότητες.

Όσον αφορά τη συσχέτιση των δύο προτύπων σχετικά με την οντότητα των κτηρίων, αξίζει να αναφερθεί ότι και στα δύο ορίζονται ως τρισδιάστατα αντικείμενα. Τα δεδομένα, επομένως, που αφορούν κτήρια μπορούν να καταγραφούν τόσο από την οδηγία INSPIRE, όσο και από το σύστημα L.A.D.M. Η βασική οντότητα που ανήκει στην ομάδα της χωρικής μονάδας (Spatial Unit package) στο σύστημα L.A.D.M. και καταγράφει τις κτηριακές μονάδες είναι η LA_LegalSpaceBuildingUnit. Στην οδηγία INSPIRE η υπεύθυνη κλάση ονομάζεται *Building* και υπάρχουν ακόμη οι

BuildingPart και *OtherConstruction*, για κτηριακά μέρη και άλλες κατασκευές. Ενώ και τα δύο πρότυπα συλλέγουν φυσικές και χρονικές πληροφορίες σχετικές με το είδος των κτηρίων, τον αριθμό των ορόφων, το έτος κατασκευής ή κατεδάφισης και πολλές άλλες, υπάρχει μία βασική διαφοροποίηση μεταξύ τους. Αυτή έγκειται στο γεγονός ότι η οδηγία INSPIRE επικεντρώνεται κυρίως στη γεωμετρική περιγραφή των κτηρίων, ενώ το σύστημα L.A.D.M. συγκεντρώνει και την απαραίτητη νομική πληροφορία.

4.3. CityGML

Σύμφωνα με τον Thomas H. Kolbe, το CityGML είναι ένα μοντέλο για την αποθήκευση και ανταλλαγή τρισδιάστατων (3D) πόλεων, το οποίο σχεδιάστηκε από την ομάδα SIG 3D (Special Interest Group 3D) της SDI North Rhine-Westphalia και είναι ενσωματωμένο στις Υποδομές Χωρικών Δεδομένων σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα των οργανισμών ISO (International Organization for Standardization) και OGC (Open Geospatial Consortium), για την πρόσβαση από έναν ηλεκτρονικό διακομιστή. Η έρευνα ξεκίνησε από το 2002 και σε αυτή συμμετείχαν πολλές αρχές διαφορετικών χωρών, εταιρίες, τομείς επιστημών και πανεπιστήμια.

Το μοντέλο του CityGML βασίζεται σε XML γλώσσα (Extensible Markup Language) και συγκεκριμένα σε γραμματική GML version 3 (Geography Markup Language version 3.1.1.), η οποία σχετίζεται με την έκφραση γεωγραφικών χαρακτηριστικών. Το θεμελιώδες χαρακτηριστικό του CityGML είναι ότι αναπαριστά τόσο το σχήμα και τη γραφική μορφή των μοντέλων πόλεων όσο και τη σημασιολογία (object semantics) των αντικειμένων και την αναπαράσταση των θεματικών χαρακτηριστικών.

Σε αυτήν την ενότητα γίνεται εκτενής αναφορά στο CityGML και τη μοντελοποίηση τρισδιάστατων πόλεων με τη χρήση αυτού. Επίσης, προσδιορίζονται περιπτώσεις που απαιτούν την εφαρμογή ανάλογου μοντέλου πληροφοριών γης.

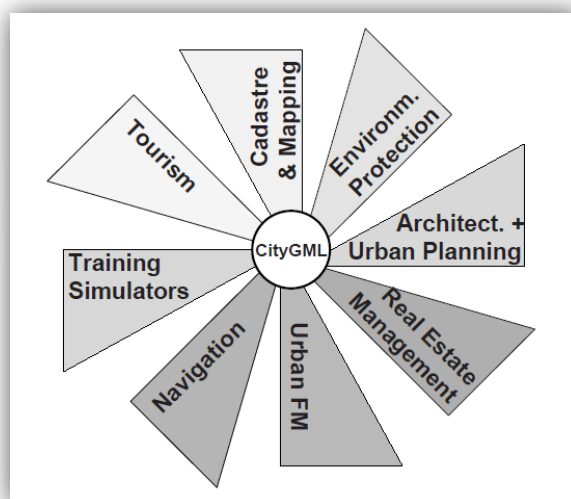
4.3.1. Τρισδιάστατα σημασιολογικά μοντέλα πόλεων

Η ολοένα και αυξανόμενη χρήση των τρισδιάστατων μοντέλων πόλεων αποτελεί σημαντικό αρωγό για την εξαγωγή της απαιτούμενης πληροφορίας και τη λήψη στρατηγικών αποφάσεων σε θέματα που απασχολούν την πόλη. Απεικονίζουν στις τρεις διαστάσεις μία περιοχή ενδιαφέροντος, γεγονός που διαφέρει από το κλασικό διδιάστατο τοπογραφικό σχέδιο, καθώς η τρίτη διάσταση δεν αποτελεί μόνο περιγραφική πληροφορία, αλλά χρησιμοποιείται για τη γεωμετρική αναπαράσταση των αντικειμένων.

Μία νέα μορφή μοντέλου πόλης αποτελούν τα τρισδιάστατα σημασιολογικά μοντέλα πόλεων, τα οποία διαφέρουν από τα απλά τρισδιάστατα μοντέλα, καθώς συνδυάζουν τις χωρικές και γραφικές πτυχές με τις οντολογικές δομές του αστικού χώρου, με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και τις αλληλεπιδράσεις τους. Επομένως, τα αντικείμενα του χώρου αποσυντίθενται στα μέρη από τα οποία αποτελούνται σύμφωνα με λογικά

κριτήρια (ένα κτήριο αποσυντίθεται στα κτηριακά του μέρη, όπως διαφορετικούς ορόφους, χώρους στάθμευσης, στέγη). Η επίτευξη δημιουργίας σημασιολογικού 3D μοντέλου πόλης απαιτεί την ύπαρξη κατάλληλων 3D δεδομένων.

Κατανοώντας την έννοια των οντοτήτων, εισέρχεται ο σκοπός ανάπτυξης του CityGML, που αφορά τον κοινό ορισμό των βασικών οντοτήτων για ένα 3D μοντέλο πόλης. Στη βάση ενός μοντέλου οντοτήτων είναι δυνατή η παροχή πληροφοριών από διαφορετικούς τομείς, οι οποίες στη συνέχεια μπορούν να αξιοποιηθούν κατάλληλα για τη λήψη αποφάσεων (π.χ. προστασία του περιβάλλοντος). Στους διάφορους τομείς συμπεριλαμβάνεται και το Κτηματολόγιο (Kolbe, 2009). Ως εκ τούτου είναι σημαντικό να ληφθεί υπόψη το CityGML και οι τρόποι μοντελοποίησης που προσφέρει για τη χρήση του ως βασική δομή στο πλαίσιο ανάπτυξης 3D Κτηματολογίου και τρισδιάστατων συστημάτων διαχείρισης γης.



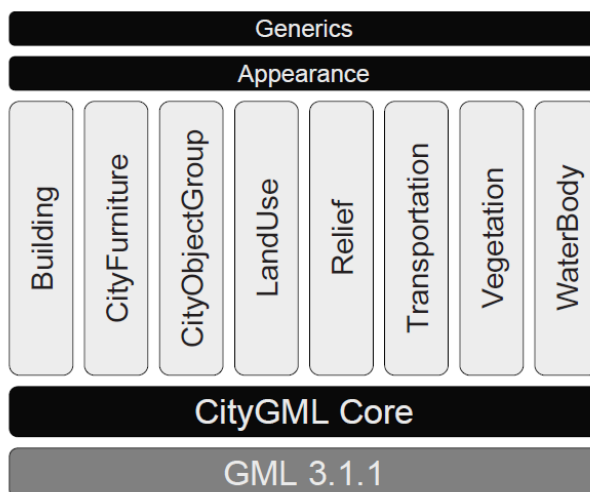
Εικόνα 4.13: Οι διαφορετικοί τομείς που έχει εφαρμογή το CityGML (πηγή: Representing and Exchanging 3D City Models with CityGML, Thomas H. Kolbe)

4.3.2. Μοντελοποίηση με το CityGML

Όπως αναφέρθηκε το CityGML είναι ένα πρότυπο για την αναπαράσταση τρισδιάστατων πόλεων. Το βασικό του σημείο είναι ότι αναπαριστά τέσσερις διαφορετικές πτυχές, δηλαδή τη γεωμετρία, την τοπολογία, τη σημασιολογία και την εμφάνιση/απεικόνιση του αστικού χώρου. Για την απεικόνιση των αντικειμένων μπορούν να χρησιμοποιηθούν πέντε διαφορετικά επίπεδα λεπτομέρειας (Level of Detail, LoD από 0 έως 4).

Επίσης, η οργάνωσή του γίνεται σε συγκεκριμένες ενότητες. Οι κάθετες μονάδες παρέχουν τους ορισμούς των διαφορετικών θεματικών μοντέλων (κτηρίου, αναγλύφου, επίπλων της πόλης, των χρήσεων γης, των υδάτων και της μεταφοράς), ενώ οι οριζόντιες μονάδες (CityGML core, Appearance, Generics) ορίζουν δομές που μπορεί να εφαρμοστούν σε όλες τις παραπάνω θεματικές μονάδες. Με αυτή τη

σηματική δομή επιτρέπεται τόσο η διατήρηση διάφορων εφαρμογών όσο και η επέκταση των θεματικών μοντέλων (Kolbe, 2009).

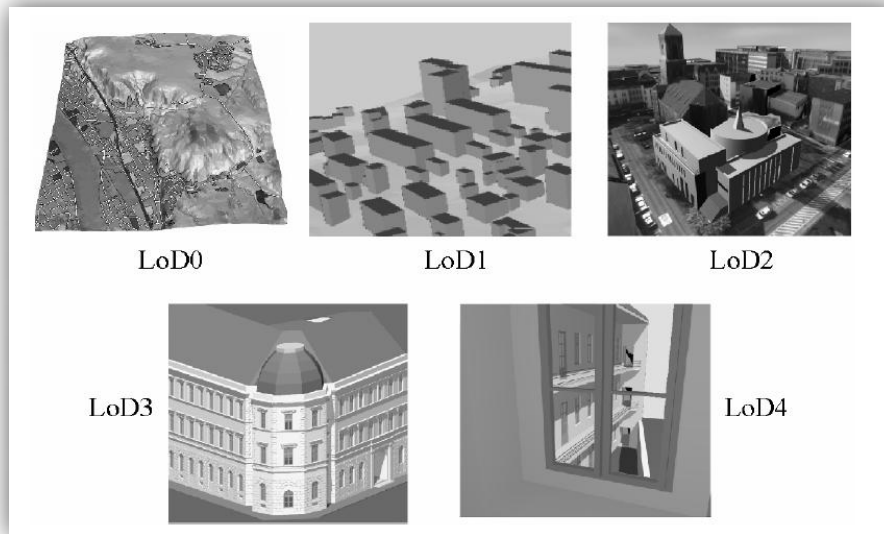


Εικόνα 4.14: Οργάνωση του CityGML για την περίληψη σημασιολογικής πληροφορίας (πηγή: Representing and Exchanging 3D City Models with CityGML, Thomas H. Kolbe)

4.3.3. Επίπεδα λεπτομέρειας του CityGML (LoD)

Σύμφωνα με τα επίπεδα λεπτομέρειας του CityGML, τα αντικείμενα λαμβάνουν περισσότερη λεπτομέρεια όσο αυξάνεται το επίπεδο λεπτομέρειας. Αυτά έχουν ως εξής:

- LoD 0, το οποίο είναι βασικά ένα ψηφιακό μοντέλο εδάφους (DTM) 2,5 διαστάσεων
- LoD 1, το οποίο δημιουργεί ένα μοντέλο αποτελούμενο από όγκους κτηρίων(block model), χωρίς στέγες
- LoD 2 με το οποίο ένα κτήριο έχει στέγη με υφή και επιπλέον κτηριακές εγκαταστάσεις, όπως μπαλκόνια και κλίμακες
- LoD 3 όπου το μοντέλο γίνεται αρχιτεκτονικό, παρέχοντας περισσότερη λεπτομέρεια στους τοίχους, τις στέγες, τις πόρτες και τα παράθυρα.
- LoD 4, το οποίο δημιουργεί ένα πιο ολοκληρωμένο μοντέλο με εσωτερικές δομές, όπως δωμάτια, σκάλες και έπιπλα ("walkable" architecture model)

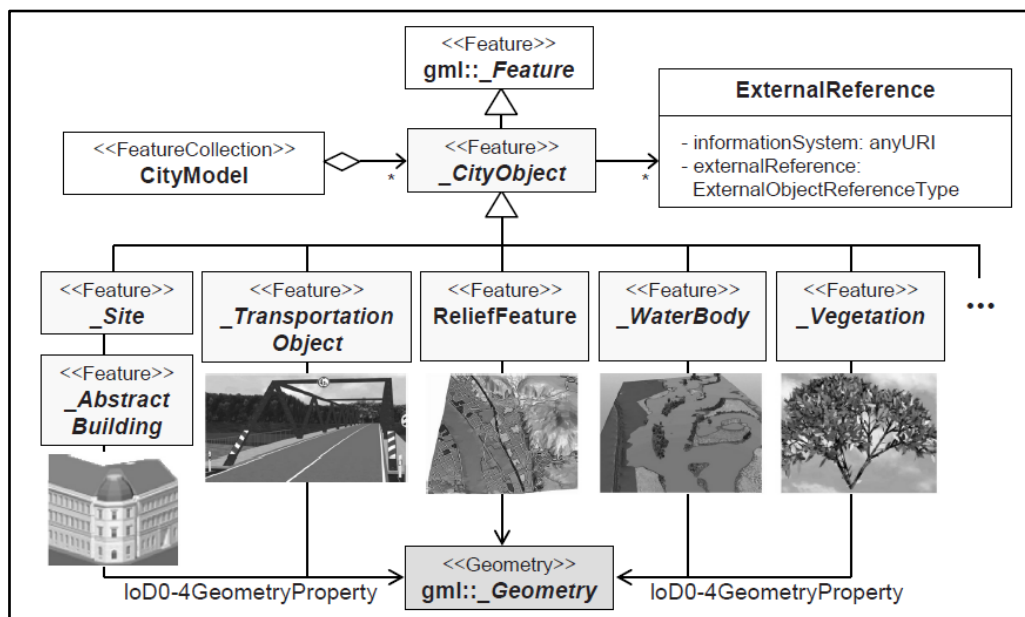


Εικόνα 4.15: Διαφορετικά επίπεδα λεπτομέρειας (Levels of Details) μέσω του CityGML (πηγή: Representing and Exchanging 3D City Models with CityGML, Thomas H. Kolbe)

Ανάλογα, επομένως, το επίπεδο λεπτομέρειας ενός πακέτου δεδομένων, είναι δυνατόν να κατανοηθεί η ποιότητα του τρισδιάστατου μοντέλου πόλης που δημιουργείται.

4.3.4. Σημασιολογική μοντελοποίηση

Η σημασιολογία για την μοντελοποίηση των αντικειμένων εκφράζεται μέσω κλάσεων που ορίζονται μέσω UML γλώσσας μοντελοποίησης (Unified Modeling Language) . Στο CityGML ο σχεδιασμός των μοντέλων είναι αντικειμενοστραφής. Για να γίνει κατανοητή η ιεραρχία των τάξεων στο CityGML παρατίθεται η ακόλουθη εικόνα.



Εικόνα 4.16: Διάγραμμα UML με αναπαράσταση της ιεραρχίας των τάξεων του CityGML (πηγή: Representing and Exchanging 3D City Models with CityGML, Thomas H. Kolbe)

Η τάξη CityObject είναι η βασική τάξη, η οποία κληρονομεί ορισμένα χαρακτηριστικά, όπως συγκεκριμένο όνομα, περιγραφή, ημερομηνία δημιουργίας και τερματισμού, παρουσιάζοντας καταστάσεις του αντικειμένου σε διάφορες χρονικές περιόδους. Επίσης, κάθε CityObject μπορεί να συνδέεται με εξωτερικές βάσεις δεδομένων (External References), οι οποίες να περιλαμβάνουν πρόσθετα χαρακτηριστικά ή αναπαραστάσεις του αντικειμένου από το πεδίο του Κτηματολογίου ή άλλου οργανισμού. Με τη συγκέντρωση όλων των CityObject μπορεί να δημιουργηθεί ένα μοντέλο, που ονομάζεται CityModel.

Εκτός από τις προκαθορισμένες κλάσεις του CityGML, υπάρχει η δυνατότητα επεκτασιμότητας των χαρακτηριστικών, τα οποία μπορεί να χρησιμεύουν σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών, μέσω δύο διαφορετικών τρόπων επέκτασης. Ο πρώτος αφορά τη χρήση των γενικών αντικειμένων πόλης (GenericCityObjects) και των γενικών χαρακτηριστικών (GenericAttributes), τα οποία περικλύονται στην ενότητα "generics". Ο δεύτερος τρόπος επέκτασης είναι μέσω του Τομέα Εφαρμογής Επεκτάσεων (Application Domain Extensions, ADE), βάσει του οποίου εισάγονται νέες ιδιότητες σε υφιστάμενες κατηγορίες του μοντέλου δεδομένων, όπως για παράδειγμα ο αριθμός των κατοίκων εντός ενός κτηρίου. Η επέκταση ADE πρέπει να ορίζεται απαραίτητα μέσω XML σχήματος.

Δεδομένου ότι τα τρισδιάστατα μοντέλα πόλεως αποτελούν σημείο έρευνας για πολλούς τομείς, όπως της αρχιτεκτονικής και των κατασκευών, συμπεριλαμβανομένου της γεωπληροφορικής, είναι απαραίτητο να ληφθεί υπόψη η σχέση των προτύπων αυτών σε σχέση με το CityGML. Τέτοια πρότυπα, τα οποία μπορεί να δημιουργήσουν επεκτάσεις δεδομένων, είναι τα εξής: το BIM και το IFC που αφορά τη μοντελοποίηση πληροφοριών των κτηρίων/αντικειμένων στα πεδία της αρχιτεκτονικής, μηχανικής και κατασκευής (AEC) και της διαχείρισης εγκαταστάσεων (Facilities Management), τα X3D, VRML, COLLADA που απεικονίζουν αποτελεσματικά τρισδιάστατα γραφικά υπολογιστών, αλλά και το KML που είναι πρότυπο για την αναπαράσταση γεωγραφικών στοιχείων (geovisualization).

4.3.5. Εφαρμογές

Το CityGML χρησιμοποιείται ήδη σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών. Όπως έχει αναφερθεί αναπαριστά τρισδιάστατη γεωμετρία, τρισδιάστατη τοπολογία, σημασιολογία και εμφάνιση σε πέντε διακριτές κλίμακες λεπτομέρειας. Είναι γνωστό ότι βοηθά σε πολλούς τομείς, όπως αυτόν της διαχείρισης κινδύνου, του αστικού σχεδιασμού, της ηχορύπανσης, της διαχείρισης εγκαταστάσεων και του σχεδιασμού ασύρματου δικτύου. Αξίζει να αναφερθούν ορισμένες περιπτώσεις όπου αυτό το πρότυπο θεωρείται ιδιαίτερα χρήσιμο.

Για παράδειγμα, αναφέρεται η περίπτωση χρήσης τρισδιάστατων μοντέλων πόλεων για τη διαχείριση κινδύνου. Ουσιαστικά τα σημεία που πρέπει να τονιστούν για να γίνει κατανοητή η χρήση τους είναι συγκεκριμένα. Αρχικά, με τη χρήση ενός 3D μοντέλου πόλης επιτυγχάνεται η τρισδιάστατη απεικόνιση, θέση και κατεύθυνση του

συνόλου των αντικειμένων τόσο εσωτερικά, όσο και εξωτερικά. Έχοντας ως δεδομένα, επομένως, αυτές τις πληροφορίες γίνεται να απεικονιστούν όλοι οι πιθανοί κίνδυνοι και να γίνει σχεδιασμός για τη διαχείριση αυτών (π.χ. σχεδιασμός διαδρόμου διαφυγής σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης). Ένα πρόσθετο πλεονέκτημα που προσφέρουν είναι η προσομοίωση περιπτώσεων καταστροφών, όπως της πλημμύρας ή σεισμού. Τέλος, σημαντική η χρήση αυτής της δυνατότητας για την εκπαίδευση ειδικευμένων ατόμων σε τέτοιες περιστάσεις (π.χ. προσωπικού πυροσβεστικής υπηρεσίας ή ομάδας διάσωσης).

Επιπρόσθετα, ο ρόλος του Κτηματολογίου είναι σημαντικός. Η υποστήριξη σύνδεσης με εξωτερικές βάσεις δεδομένων δίνει τη δυνατότητα σύνδεσης και με το Κτηματολόγιο. Με αυτόν τον τρόπο αντλούνται πρόσθετες πληροφορίες για τα στοιχεία του ακινήτου, αλλά και τα δικαιώματα που ασκούνται επί αυτού. Ακόμη, όσον αφορά τον τομέα του κτηματολογίου, σε πολλές χώρες γίνονται εφαρμογές σε CityGML για κτηματολογικές εφαρμογές.

5. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ (GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM) - ΜΕΤΑΒΑΣΗ ΑΠΟ ΤΑ 2D G.I.S. ΣΤΑ 3D G.I.S.

Γενικώς, ο όρος "συστήματα καταγραφής χωρικών πληροφοριών" χρησιμοποιείται για να υποδηλώσει το αποτέλεσμα καταγραφής πληροφοριών που σχετίζονται με το χώρο υπό, επί, ή υπέρ της φυσικής γήινης επιφάνειας. Στα πλαίσια του Κτηματολογίου, οι χωρικές πληροφορίες, που αφορούν τα ακίνητα και είναι διαρκώς ενημερωμένες, πρέπει να καταγράφονται συστηματικά.

Κατά την ανάπτυξη τέτοιων συστημάτων είναι απαραίτητο να ισχύουν ορισμένες αρχές σχεδιασμού. Σε αυτές περιλαμβάνονται η αξιοποίηση των πληροφοριών από όλα τα επίπεδα διοίκησης, η χρήση σύγχρονων συστημάτων ψηφιακής τεχνολογίας και η αντιμετώπιση προβλημάτων αποτελεσματικά, άμεσα και οικονομικά. Ακόμη, η άσκηση διοίκησης τελέσφορα συνεπάγεται την υιοθέτηση κατάλληλων πολιτικών γης, την υποστήριξη συγκεκριμένων υπηρεσιών, αλλά και την αποτελεσματική διαχείριση από τους αρμόδιους οργανισμούς.

Σύστημα διαχείρισης χωρικών δεδομένων (spatial data) αποτελεί το Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών (Geographic Information System, G.I.S.), το οποίο είναι σχεδιασμένο για την συλλογή, αποθήκευση, επεξεργασία, ανάλυση, διαχείριση και παρουσίαση τύπων γεωγραφικών δεδομένων σε ψηφιακό περιβάλλον, με τελικό σκοπό τη διευκόλυνση διαδικασιών λήψης αποφάσεων. Η εισαγωγή της έννοιας των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών πραγματοποιήθηκε το έτος 1968 από τον Roger Tomlinson.

Τα δεδομένα που διαχειρίζεται ένα Γ.Σ.Π. είναι προπάντων γεωγραφικά και χαρτογραφικά, τα οποία τις περισσότερες φορές συνοδεύονται από περιγραφικά δεδομένα, οργανωμένα σε πίνακες εντός μίας βάσης δεδομένων. Το βασικό χαρακτηριστικό, επομένως, που προσφέρουν συστήματα τέτοιας φύσεως, είναι η σύνδεση της χωρικής πληροφορίας με τη θεματική - μη γραφική πληροφορία, η οποία από μόνη της δεν έχει χωρική υπόσταση. Επιπλέον, είναι απαραίτητο να σημειωθεί ότι τα G.I.S. περιλαμβάνουν τοπολογία, η οποία ορίζεται ως ένα σύνολο γεωμετρικών κανόνων που πρέπει να ισχύει για την γεωγραφική πληροφορία, με στόχο να τεθούν ερωτήματα και να αναλυθούν περαιτέρω τα δεδομένα.

Μέχρι πρόσφατα τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών ήταν γνωστά για τη δυνατότητα αναπαράστασης των δεδομένων σε δύο διαστάσεις (2D G.I.S.) και υπό αυτόν τον σχεδιασμό χρησιμοποιούνται ευρέως έως σήμερα. Η εισαγωγή, όμως, της τρίτης διάστασης και η εδραίωση των 3D G.I.S. πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη και αυτό προκύπτει από τον περιορισμό των 2D G.I.S. στην απεικόνιση των πληροφοριών σε μεμονωμένα επίπεδα πληροφορίας. Επιπρόσθετα, η ανάγκη για τρισδιάστατα συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών γίνεται επιτακτικότερη, αναλογίζοντας την τρισδιάστατη ή περισσότερων διαστάσεων (4D, με ορισμό ως

τέταρτης διάστασης το χρόνο) πραγματικότητα που γίνεται ολοένα και πιο περίπλοκη.

Ειδικότερα, στο πλαίσιο δημιουργίας τρισδιάστατου κτηματολογικού συστήματος προκύπτουν θέματα σχετικά με τη δημιουργία, επεξεργασία, απεικόνιση και διατήρηση τρισδιάστατων αντικειμένων, τα οποία πρέπει να εξεταστούν εντός ενός περιβάλλοντος 3D G.I.S. Τα τεχνικά εργαλεία που υπάρχουν σήμερα, επιτρέπουν την επέκταση των πληροφοριών στις τρεις διαστάσεις, όχι μόνο περιγραφικά, αλλά και απεικονιστικά.

5.1. Περιορισμοί στα 2D G.I.S.

Ευρέως διαδεδομένη μέχρι σήμερα είναι η χρήση των διδιάστατων Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών. Το ερώτημα που τίθεται όμως είναι: γιατί δημιουργούμε Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών σε δύο διαστάσεις ενώ ο κόσμος στον οποίο ζούμε είναι τρισδιάστατος; Γνωρίζοντας ότι τα διδιάστατα G.I.S. παρέχουν αρκετούς περιορισμούς, είναι σημαντικό να επεκταθεί περαιτέρω η χρήση 3D συστημάτων. Στη συνέχεια αναφέρονται οι βασικοί περιορισμοί τόσο στο Κτηματολόγιο όσο και σε άλλες εφαρμογές σύμφωνα με τον J. Stoter (2004).

5.1.1. Περιορισμοί των 2D G.I.S. στο Κτηματολόγιο

Στις εφαρμογές του Κτηματολογίου κρίνεται χρήσιμη η τρισδιάστατη προσέγγιση των κτηματολογικών συστημάτων καταγραφής, καθώς προσφέρει λειτουργικότητα και βελτιώσεις. Επομένως, παρατίθοντας τα πλεονεκτήματα ενός τέτοιου κτηματολογικού συστήματος, γίνονται φανεροί οι περιορισμοί που τίθενται από ένα διδιάστατο κτηματολογικό σύστημα, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις πολύπλοκων ιδιοκτησιών. Καταρχήν, η τρισδιάστατη καταγραφή σε ένα κτηματολογικό σύστημα προσφέρει τη δυνατότητα αναπαράστασης της πραγματικότητας με ρεαλιστικό τρόπο, παρέχοντας πληροφορίες για την επέκταση των δικαιωμάτων, των περιορισμών και των υποχρεώσεων (RRR's) σε τρεις διαστάσεις. Επομένως, όταν λειτουργεί και διατηρείται ένα 3D κτηματολογικό σύστημα, κάθε τρισδιάστατη ιδιοκτησιακή ενότητα (3D property unit) μπορεί να αναλυθεί περαιτέρω (queries in 3D environment) σε κατάλληλο 3D λογισμικό περιβάλλον, όπως ένα διδιάστατο τεμάχιο γης (parcel) στο χρησιμοποιούμενο σύστημα καταγραφής (Stoter). Ακόμη και η δυνατότητα ενσωμάτωσης (integration) της τρισδιάστατης πληροφορίας στο υπάρχον διδιάστατο κτηματολογικό σύστημα παρέχει μεγάλα οφέλη από πλευράς λειτουργικότητας.

Επιπροσθέτως, η χρήση ενός τρισδιάστατου G.I.S. για το Κτηματολόγιο ενσωματώνει τη ψηφιακή πληροφορία στις τρεις διαστάσεις. Μέχρι πρόσφατα, η δημιουργία και διατήρηση των τίτλων ιδιοκτησίας σε αναλογική μορφή συνοδεύεται από τρισδιάστατα σχέδια, τα οποία είναι επίσης σε αναλογική μορφή. Γενικά, η αναλογική μορφή τέτοιων εγγράφων έχει κριθεί ακατάλληλη για τους σκοπούς που εξυπηρετεί το Κτηματολόγιο και υπάρχει η απαίτηση της ψηφιοποίησής τους. Αυτό καθίσταται πιο λειτουργικό όταν συνοδεύεται από τρισδιάστατα σχέδια της

πραγματικότητας στο κατάλληλο γεωγραφικό σύστημα αναφοράς. Είναι δυνατή, με αυτόν τον τρόπο, η σύνδεση των ψηφιακών εγγράφων με τα τεμάχια γης, γεγονός που διευκολύνει τον έλεγχο της ποιότητας και αυξάνει τη λειτουργικότητα των παροχών. Για παράδειγμα, επιλέγοντας ένα τεμάχιο γης μπορεί να αναδύεται το παράθυρο με τις πρόσθετες λεπτομέρειές του, αλλά και η απεικόνιση της τρισδιάστατης ιδιοκτησιακής κατάστασης διαδραστικά. Τέλος, ένα σημαντικό πλεονέκτημα της χρήσης ψηφιακών πληροφοριών είναι η ευκολία της ανταλλαγής και ενσωμάτωσης αυτών μεταξύ διαφορετικών κτηματολογικών γραφείων, δήμων και άλλων αρμόδιων οργανισμών (π.χ. υπουργεία).

5.1.2. Περιορισμοί των 2D G.I.S. σε άλλες εφαρμογές

Γενικά, για να γίνει κατανοητή η χρησιμότητα των τρισδιάστατων Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών, τα οποία γίνονται ολοένα και πιο σημαντικά και προσβάσιμα, αξίζει να αναφερθούν και ορισμένες διευκολύνσεις που προσφέρουν σε άλλους τομείς, εκτός από το Κτηματολόγιο. Φυσικά, η υιοθέτηση των 3D G.I.S. σε όλα τα επίπεδα της διοίκησης και διαχείρισης επωφελούν περαιτέρω το Κτηματολόγιο και αντιστρόφως. Ως εκ τούτου, η ανταλλαγή τρισδιάστατης πληροφορίας καθίσταται ολοένα και πιο εφικτή.

Στη συνέχεια, αναφέρονται διάφοροι τομείς, οι οποίοι επωφελούνται από την υιοθέτηση και χρήση τρισδιάστατων G.I.S.

- Στρατιωτικές εφαρμογές
- Αστικός σχεδιασμός
- Μοντελοποίηση περιβάλλοντος
- Κατασκευή οδικού δικτύου και σιδηροδρομικού δικτύου
- Τηλεπικοινωνίες (για την επιλογή των κατάλληλων θέσεων χωροθέτησης των κεραιών τηλεπικοινωνίας)
- Γεωλογικές εφαρμογές
- Πρόβλεψη των επιπτώσεων από φυσικές καταστροφές (π.χ. πλημμύρα, σεισμό, κ.ά) και λήψη αποφάσεων
- Αποφυγή καταστροφής καλωδίων και σωλήνων όταν είναι γνωστή η 3D θέση τους
- Location-based services (LBS), δηλαδή οι υπηρεσίες που βασίζονται κατά κύριο λόγο στην τοποθεσία τους (π.χ. επιχειρήσεις διάσωσης, γνώση της θέσης καταστημάτων, κ.ά.)

Από τις προαναφερθείσες εφαρμογές, ο αστικός σχεδιασμός είναι μία από τις πιο σημαντικές και απαιτητικές. Ο λόγος για τον οποίο ισχύει αυτό είναι η ανάγκη για μοντελοποίηση σε όσο το δυνατόν συντομότερο χρονικό διάστημα, σε συνδυασμό με λειτουργική απεικόνιση, χωρικές πληροφορίες και διαδραστικά εργαλεία. Επιπρόσθετα, η χρήση της τρισδιάστατης μοντελοποίησης σε αυτόν τον τομέα προσφέρει σημαντικά οφέλη, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις κατασκευής νέων κτηρίων και υποδομών. Η επίδραση αυτών των νέων κατασκευών στον περιβάλλοντα χώρα

μπορεί να γίνει άμεσα ορατή σε 3D περιβάλλον. Φυσικά, η απεικόνιση αυτή διευκολύνει την επεξήγηση των προγραμματισμένων κατασκευών στους πολίτες και γενικότερα προσφέρει μία σαφή εικόνα του σχεδιασμού των πόλεων στον κάθετο άξονα.

Επιπρόσθετα, σε τοπικό επίπεδο, είναι σημαντικό να καθιερωθεί η χρήση τρισδιάστατων σχεδίων χρήσεως γης. Με αυτόν τον τρόπο πρόκειται να οριστούν συγκεκριμένοι κανόνες και πρότυπα, με βάση τα οποία θα πραγματοποιείται η ενσωμάτωση (integration) της τρίτης διάστασης. Για να γίνει κατανοητή η αναγκαιότητα αυτής της ρύθμισης, αρκεί να αναλογιστεί κανείς ένα διδιάστατο χάρτη επί του οποίου πρέπει να απεικονιστούν οι χρήσεις γης επί, υπέρ και υπό την επιφάνεια της γης. Ο χάρτης καθίστανται δύσχρηστος και δυσανάγνωστος, με πολλές περιγραφικές πληροφορίες και απουσία χωρικής πληροφορίας.

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι η διατήρηση 3D πληροφορίας εξυπηρετεί και άλλους σκοπούς. Χαρακτηριστικές περιπτώσεις είναι η χρήση των τρισδιάστατων πληροφοριών για τη δημιουργία 3D χωρικών μοντέλων με σκοπό τη μοντελοποίηση των επιπέδων θορύβου ή του κινδύνου που ελλοχεύει για τα κτήρια σε περιπτώσεις έργων υποδομής (π.χ. διάνοιξη σήραγγας για metro). Επίσης, είναι εύκολος ο υπολογισμός ιδιαίτερων τρισδιάστατων χαρακτηριστικών (π.χ. υπολογισμός του μέγιστου επιτρεπόμενου ύψους και βάθους, τον υπολογισμό του όγκου, κ.ά.) των αντικειμένων στα οποία υπάρχει 3D πληροφορία και η εφαρμογή κατάλληλων πολιτικών (π.χ. φορολογικών πολιτικών) περιορισμών και υποχρεώσεων. Η χρήση, επομένως, 3D Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών έχουν συγκριτικά πλεονεκτήματα σε αντίθεση με τα 2D G.I.S., τα οποία παρέχουν αρκετούς περιορισμούς για την διαχείριση και απεικόνιση του σύγχρονου πολύπλοκου περιβάλλοντος (τόσο φυσικού όσο και ιδιοκτησιακού).

5.2. 3D Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών

Λόγω των περιορισμών που προκύπτουν από τη χρήση των διδιάστατων συστημάτων γεωγραφικών πληροφοριών, έχουν πραγματοποιηθεί πολλαπλά βήματα για τη μετάβαση σε αντίστοιχα συστήματα τριών διαστάσεων. Η προώθηση νέων τεχνολογιών αποτελεί καθοριστικό παράγοντα στην επιτυχία αυτού του εγχειρήματος που έχει ξεκινήσει εδώ και λίγα χρόνια.

Βασικά σημεία που πρέπει να εξεταστούν κατά την ανάπτυξη ενός 3D G.I.S. είναι τα εξής:

- Η χρήση συστημάτων CAD versus λογισμικών GIS
- Η οργάνωση των τρισδιάστατων δεδομένων
- Η συλλογή των 3D δεδομένων για την αναδόμηση αντικειμένων (objects)
- Απεικόνιση και πλοήγηση σε 3D περιβάλλον
- Τρισδιάστατη ανάλυση και επεξεργασία

Δυστυχώς, μέχρι σήμερα δεν έχει αναπτυχθεί κάποιο τρισδιάστατο σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών, το οποίο να συνδυάζει όλα τα παραπάνω χαρακτηριστικά. Αντίστοιχα, έχουν διατεθεί στην αγορά διάφορα λογισμικά, τα οποία όμως προσανατολίζονται σε κάποιο από αυτά, π.χ. υπάρχει κάποιο λογισμικό για την αποθήκευση των δεδομένων και κάποιο άλλο για την απεικόνιση αυτών. Η μεγαλύτερη πρόοδος στα 3D G.I.S. έχει πραγματοποιηθεί στο πεδίο αναπαράστασης και απεικόνισης των τρισδιάστατων δεδομένων, ενώ σε επίπεδο έρευνας βρίσκεται ακόμα η συγνώνευση της τοπολογίας στα συστήματα αυτά.

5.2.1. CAD versus GIS

Είναι απαραίτητο να αναλογιστεί κανείς τις ουσιώδη διαφοροποίηση μεταξύ των συστημάτων CAD και των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (G.I.S.) και τους λόγους για τους οποίους ένας χρήστης επιλέγει τη μία τεχνολογία έναντι της άλλης. Συνοπτικά, για να γίνει κατανοητή η σύγκριση μεταξύ αυτών των τεχνολογιών είναι βοηθητικό να αναφερθεί ένας σύντομος ορισμός τους. Τα Γ.Σ.Π. είναι συστήματα αποθήκευσης, ανάλυσης, απεικόνισης αλλά και σύλληψης (στην περίπτωση που συνδυάζονται με σύστημα GPS) της γεωγραφικής πληροφορίας και το βασικό τους γνώρισμα είναι η σύνδεση της χωρικής πληροφορίας με την περιγραφική σε συνδυασμό με τη δυνατότητα ανάλυσης των σχέσεων. Από την άλλη πλευρά, τα λογισμικά CAD (Computer Aided Design) χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία σχεδίων και τεχνικών απεικονίσεων με μεγάλη ακρίβεια τόσο για τη παραγωγή μοντέλων δύο διαστάσεων όσο και 3D μοντέλων.

Αρχικά τα λογισμικά ηλεκτρονικής σχεδίασης CAD χρησιμοποιήθηκαν ευρέως για τη μοντελοποίηση των ανθρώπινων κατασκευών σε ένα τοπικό σύστημα συντεταγμένων σε αντίθεση με τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών που εισήχθησαν ως οι αντικαταστάτες των αναλογικών χαρτών με την απεικόνιση της πραγματικότητας σε ένα σύστημα γεωγραφικών συντεταγμένων. Με το πέρασμα των χρόνων τα λογισμικά CAD χρησιμοποιήθηκαν ως εργαλεία για την αύξηση της παραγωγικότητας στη δημιουργία χαρτών. Ενώ τα πρώτα χρόνια τα χαρακτηριστικά εκπροσωπούσαν από γραφικά σύμβολα, στη συνέχεια υπήρχε η δυνατότητα οργάνωσης σε θεματικά επίπεδα, επεξεργασίας και διαχείρισης με μεγαλύτερη ευκολία από τον χρήστη. Παρά τα σημαντικά οφέλη που έχουν προσφέρει τα συστήματα CAD, τα χωρικά δεδομένα απαιτούν λειτουργική οργάνωση σε δομές βάσεων δεδομένων (database structure) και περαιτέρω διαχείριση εκτός από το απεικονιστικό περιεχόμενο.

Το κενό που υπάρχει από τα συστήματα CAD συμπληρώνεται από τη τεχνολογία των G.I.S. Τα συστήματα αυτά επικεντρώνονται πρωταρχικά στην εισαγωγή, διαχείριση, ανάλυση και απεικόνιση μεγάλου όγκου χωρικών δεδομένων σε συνδυασμό με τη χρήση ερωτημάτων (query) για την εξαγωγή σχέσεων μεταξύ των διαθέσιμων χωρικών δεδομένων. Αυτή η δυνατότητα προσφέρεται λόγω της χρήσης της τοπολογίας για την αποθήκευση των σχέσεων μεταξύ των διάφορων χωρικών αντικειμένων. Επιπλέον, τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών αποθηκεύουν περιγραφική πληροφορία σε μορφή πινάκων, η οποία συνδέεται με τα βασικά

αρχέτυπα (primitives) χαρακτηριστικά που χρησιμοποιούν αυτά τα συστήματα (points, lines and polygons). Επομένως, τα G.I.S. αντιπροσωπεύουν μια ανώτερη και πιο λειτουργική δομή μοντέλων για τη διαχείριση των γεωγραφικών πληροφοριών σε αντίθετα με τα γραφικά μοντέλα των συστημάτων CAD.

Στη σύγχρονη εποχή που διανύεται έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές εξελίξεις στις δυνατότητες των δύο συστημάτων. Για παράδειγμα, τα CAD συστήματα έχουν ενσωματωθεί δυνατότητες ανάλυσης όπως των G.I.S. και στα G.I.S. δύναται η δημιουργία ρεαλιστικών απεικονίσεων του περιβάλλοντος (S. Zlatanova, S. Pu, W.F. Bronsvooort, 2006). Ακόμα, όμως, και υπό αυτές τις συνθήκες η συγχώνευσή τους αποτελεί ενδιαφέρον ζήτημα για το ερευνητικό κοινό. Διάφοροι ερευνητές κατά καιρούς έχουν παρουσιάσει τις ομοιότητες και τις διαφορές των δύο συστημάτων και έχουν προτείνει διαφορετικούς τρόπους ενοποίησής τους (Shepherd 1990, Schutzberg 1995, Plume 2004, Oosterom et al 2006). Ωστόσο, το πρόβλημα παραμένει και έγκειται στο γεγονός ότι αυτά τα συστήματα υποστηρίζουν διαφορετικά αρχέτυπα (primitives) και τύπους δεδομένων (file format), καθιστώντας δύσκολη την εξαγωγή των μοντέλων και τη χρήση από το ένα στο άλλο, χωρίς την απώλεια ακρίβειας στα δεδομένα. Η σημασιολογική πληροφορία (γεωμετρική πληροφορία και περιγραφική πληροφορία) που αποθηκεύεται στη Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών χάνεται τις περισσότερες φορές κατά τη μετατροπή σε αρχείο υποστηριζόμενο από τα λογισμικά ηλεκτρονικής σχεδίασης. Αντίθετα, μοντέλα (π.χ. κτηριακά μοντέλα) που έχουν δημιουργηθεί σε CAD λογισμικά με πολύπλοκα σχήματα κατά την εξαγωγή τους σε G.I.S. λογισμικά απλοποιούνται (απεικόνιση από σημεία, γραμμές και πολύγωνα). Συνοπτικά, η επιλογή του συστήματος που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί διαφέρει κατά περίπτωση και πολλές φορές πραγματοποιείται η χρήση και των δύο συστημάτων.

5.2.2. Μοντελοποίηση σε τρεις διαστάσεις

Η μοντελοποίηση σε τρεις διαστάσεις (**3D Modeling**) ορίζεται ως η διαδικασία ανάπτυξης μιας μαθηματικής απεικόνισης τρισδιάστατης επιφάνειας ενός αντικειμένου. Για να επιτευχθεί αυτό απαιτείται η χρήση ειδικευμένου λογισμικού ώστε να παραχθεί το ζητούμενο τρισδιάστατο μοντέλο (**3D Model**). Το τρισδιάστατο μοντέλο αναπαριστά ένα τρισδιάστατο αντικείμενο χρησιμοποιώντας ένα σύνολο σημείων στον 3D χώρο, τα οποία ενώνονται μεταξύ τους με διάφορες γεωμετρικές οντότητες (π.χ. γραμμές, τρίγωνα, καμπύλες επιφάνειες). Γενικά τα μοντέλα μπορεί να δημιουργηθούν είτε αυτόματα είτε χειροκίνητα.

Ένα από τα βασικά ζητήματα για τη δημιουργία ενός 3D μοντέλου είναι η απόκτηση των απαιτούμενων δεδομένων. Με την προϋπόθεση ότι τα αρχικά δεδομένα έχουν συλλεχθεί, ένα μοντέλο μπορεί να παραχθεί είτε χειροκίνητα είτε με τη χρήση αλγορίθμων (procedural modeling) ή με τη χρήση 3D εκτυπωτών. Ως επί το πλείστον, τα 3D μοντέλα χρησιμοποιούνται στα 3D γραφικά των ηλεκτρονικών υπολογιστών. Πλέον, όμως, έχει διευρυνθεί η χρήση τους σε πολλά πεδία. Σε αυτά συμπεριλαμβάνονται τα εξής: η ιατρική, η βιομηχανία κινηματογράφου, τα

ηλεκτρονικά παιχνίδια, η αρχιτεκτονική, η κοινότητα των μηχανικών και οι γεωεπιστήμες. Ειδικά για τον κλάδο της αρχιτεκτονικής, τα τρισδιάστατα μοντέλα χρησιμοποιούνται για την προβολή προτάσεων διαμόρφωσης κτηρίων και τοπίων, ενώ για τον κλάδο της μηχανικής, χρησιμοποιούνται ευρέως για το σχεδιασμό συσκευών, οχημάτων και δομών.

Αξίζει να σημειωθεί ότι τα τρισδιάστατα μοντέλα διαχωρίζονται σε δύο κύριες κατηγορίες, ανάλογα το περιεχόμενο της αναπαράστασής τους. Πιο αναλυτικά, τα 3D μοντέλα διακρίνονται σε:

i. Στερεά Μοντέλα (Solid Models)

Ορίζονται ως τα πιο ρεαλιστικά τρισδιάστατα μοντέλα, καθώς ορίζουν τον όγκο κάθε αντικειμένου που επιθυμείται να απεικονιστεί στις τρεις διαστάσεις. Το βασικό τους μειονέκτημα είναι η δυσκολία στην δημιουργία. Πιο συχνά χρησιμοποιούνται για προσομοιώσεις στους τομείς της ιατρικής και της μηχανικής.

ii. Μοντέλα Ορίων/Κέλυφους (Shell/Boundary Models)

Σε αντίθεση με τα στερεά μοντέλα, τα μοντέλα ορίου είναι πιο εύκολο να δημιουργηθούν, αλλά και να χρησιμοποιηθούν. Ουσιαστικά αναπαριστούν την επιφάνεια του αντικειμένου (όριο) και όχι τον όγκο του. Οι πιο συχνές εφαρμογές του είναι στον κινηματογράφο και τα ηλεκτρονικά παιχνίδια. Συνολικά, η χρήση τους στα γραφικά των υπολογιστών (computer graphics) είναι κοινή, καθώς η απεικόνιση ενός αντικειμένου βασίζεται κατά πλειοψηφία στο εξωτερικό του μέρος.

Τρόποι Αναπαράστασης 3D Μοντέλου

Όσον αφορά την αναπαράσταση ενός 3D μοντέλου, αυτή διαφέρει ανάλογα τον τρόπο που χρησιμοποιείται. Οι πιο συχνές μέθοδοι αναπαράστασης ενός μοντέλου είναι η πολυγωνική μοντελοποίηση, η μοντελοποίηση με βάση καμπύλες και η ψηφιακή γλυπτική. Πιο συχνά αυτές οι μέθοδοι αναφέρονται με τις ορολογίες στην αγγλική γλώσσα, που είναι αντίστοιχα οι εξής: polygonal modeling, curve modeling, digital sculpting. Η διαφορά αυτών των τεχνικών αναπαράστασης έγκειται στη χρήση συγκεκριμένων τύπων συνδέσεων.

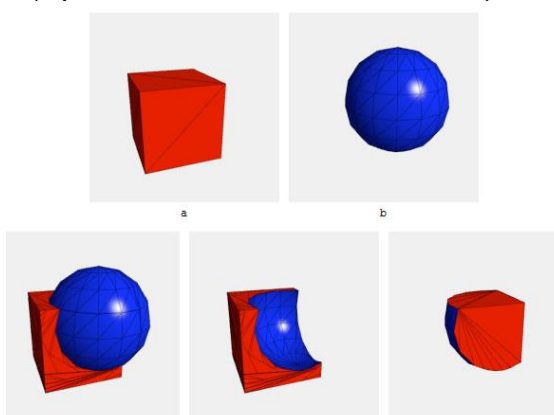
Αναλυτικότερα, η μέθοδος polygonal modeling ενώνει τα διάφορα σημεία (vertices) με ευθύγραμμα τμήματα, με αποτέλεσμα τη δημιουργία πλέγματος πολυγώνων (polygonal mesh). Αυτά τα πολύγωνα έχουν την ιδιαιτερότητα ότι είναι επίπεδα και δεν μπορούν να αναπαραστήσουν καμπύλες επιφάνειες, παρά μόνο να τις προσεγγίσουν με τη χρήση πολλών πολυγώνων. Αντίθετα, η μέθοδος curve modeling διαφέρει στο γεγονός ότι οι επιφάνειες δεν είναι πλέον επίπεδες, αλλά καμπύλες, οι οποίες δημιουργούνται με βάση κάποια σημεία ελέγχου σταθμισμένης βαρύτητας. Τέλος, η πιο πρόσφατα ανεπτυγμένη μέθοδος είναι η digital sculpting, η οποία επιτρέπει τη δημιουργία υψηλής ανάλυσης πλεγμάτων.

Ανεξάρτητα από τη μέθοδο μοντελοποίησης που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί, το αποτέλεσμα είναι η παραγωγή τρισδιάστατων μοντέλων των επιθυμητών αντικειμένων, τα οποία χρησιμοποιούνται στην παραγόμενη σκηνή εντός κάποιου λογισμικού πακέτου. Υπάρχοντα λογισμικά για την εκτέλεση μοντελοποίησης 3D αντικειμένων υπάρχουν στην αγορά και μερικά από αυτά είναι: Maya, 3DS Max, Lightwave, Blender.

5.2.3. Τεχνικές τρισδιάστατης μοντελοποίησης στερεών

a. Constructive Solid Geometry (CSG)

Είναι μία από τις τεχνικές που χρησιμοποιούνται στη μοντελοποίηση των στερεών (Solid Modeling), με τη χρήση της οποίας είναι δυνατή η παραγωγή πολύπλοκων αντικειμένων από το συνδυασμό άλλων αντικειμένων και με τη βοήθεια κάποιων διαδικασιών (Boolean operators). Οι πιο συχνές διαδικασίες είναι η ένωση (union), η τομή (intersection) και η αφαίρεση (difference). Γενικά, αυτού του είδους η γεωμετρία συναντάται συχνά στα τρισδιάστατα γραφικά των υπολογιστών και τα CAD συστήματα μέσω της **κανονιστικής μοντελοποίησης (procedural modeling)**. Τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα στερεά αντικείμενα στην μέθοδο CSG, ανάλογα και με το λογισμικό που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί, είναι ο κύβος, ο κύλινδρος, τα πρίσματα, οι πυραμίδες, οι σφαίρες και οι κώνοι και καλούνται primitives, δηλαδή θεμελιακά στοιχεία. Συγκεκριμένοι παράμετροι περιγράφουν συνήθως τα θεμελιακά στοιχεία, όπως για παράδειγμα είναι οι συντεταγμένες των οκτώ κορυφών ενός κύβου ή του κέντρου μίας σφαίρας. Ο συνδυασμός, επομένως, αυτών των απλών θεμελιακών στοιχείων με τις Boolean διαδικασίες οδηγεί στην παραγωγή διαφορετικών και πολύπλοκων αντικειμένων.

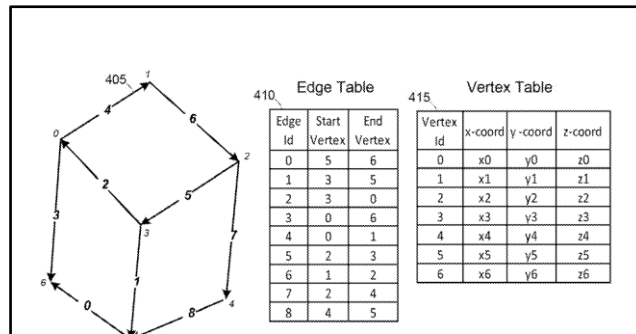


Εικόνα 5.1: Τεχνικές μοντελοποίησης στερεών (Ένωση, Αφαίρεση, Τομή) (Πηγή: Google)

b. Boundary Representation (B-rep)

Σε αντίθεση με την CSG τεχνική μοντελοποίησης, η Boundary Representation περιλαμβάνει πιο πολλές διαδικασίες και είναι περισσότερο ευέλικτη. Πιο συγκεκριμένα, ένα στερεό αναπαρίσταται μέσω των οριακών επιφανειών του. Με άλλα λόγια το στερεό αποτελείται από ενωμένα στοιχεία επιφανείας. Ορισμένες από τις διαδικασίες που περιλαμβάνονται στη συγκεκριμένη

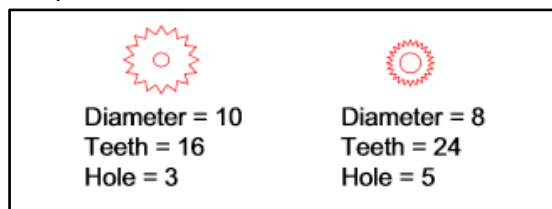
μέθοδο είναι η εξώθηση (extrusion), η λοξότμηση (chamfer) και η συγχώνευση (blending). Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι τα μοντέλα που παράγονται μέσω αυτής της διαδικασίας έχουν συγκεκριμένη γεωμετρία, αλλά και τοπολογία. Βασικά τοπολογικά στοιχεία του μοντέλου αποτελούν οι κορυφές του (vertex, 0D), οι ακμές (line, 1D) και τα πρόσωπα (polygon/face, 2D), από τα οποία παράγεται ένα πολύεδρο (3D). Επίσης, να προστεθεί ότι κάθε σημείο μπορεί να εξεταστεί ως προς τη θέση του σε σχέση με το όριο του στερεού, καθώς οι επιφάνειες ορίζουν ξεχωριστές περιοχές (εσωτερικό και εξωτερικό του στερεού).



Εικόνα 5.2: Αντικείμενο ορισμένο με Boundary Representation (Πηγή: Google)

c. Parametrized Primitive Instancing

Αυτός ο τύπος μοντελοποίησης βασίζεται στη ομαδοποίηση των αντικειμένων και τη διάκρισή τους με συγκεκριμένες παραμέτρους για κάθε ομάδα. Μία ομάδα αντικειμένων καλείται "Generic Primitive", ενώ το αντικείμενο εντός μίας τέτοιας ομάδας ονομάζεται "Primitive Instances". Ωστόσο, αυτή η μέθοδος περιέχει μερικά μειονεκτήματα ως προς τη χρήση της. Πιο συγκεκριμένα, δεν δύναται να συνδυαστούν αντικείμενα μίας ομάδας (Primitive Instances) για τη δημιουργία πιο σύνθετων αντικειμένων. Επιπλέον, υπάρχει δυσκολία της χρήσης αλγορίθμων για τον υπολογισμό συγκεκριμένων χαρακτηριστικών των αντικειμένων. Αντίθετα, πρέπει να δημιουργηθούν οι πληροφορίες για κάθε ομάδα αντικειμένων, η οποία αντιμετωπίζεται ως ξεχωριστή περίπτωση.

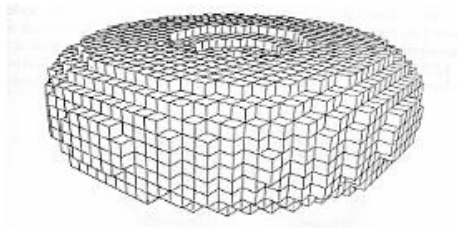


Εικόνα 5.3: Primitive Instancing modeling method (Πηγή: Google)

d. Spatial Occupancy Enumeration

Αυτή η τεχνική μοντελοποίησης δημιουργεί ένα στερεό μέσω χωρικών κυττάρων, ή όπως ονομάζονται spatial cells. Ονομάζονται, επίσης, και "voxels" και μπορεί να είναι κύβοι ορισμένου σταθερού μεγέθους (ή κάποιο άλλο αντικείμενο), διατεταγμένα σε σταθερό χωρικό πλέγμα. Η περιγραφή των στερεών είναι τόσο αλγεβρική, όσο και τοπολογική, καθώς κάθε cell

μπορεί να αναπαρασταθεί από τις συντεταγμένες του στο χώρο, οι οποίες έχουν συγκεκριμένη χωρική διάταξη (spatial arrays), μοναδική για κάθε αναπαράσταση στερεού.



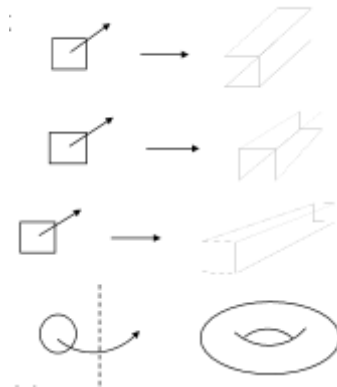
Εικόνα 5.4: Αναπαράσταση μοντελοποίησης με τη τεχνική Spatial Occupancy Enumeration (Πηγή: Google)

e. Cell Decomposition

Η συγκεκριμένη τεχνική μοντελοποίησης, όπως φανερώνεται και από την ονομασία της, δημιουργεί μοντέλα στερεών, με βάση την αποσύνθεση κυτταρικών δομών. Σε σύγκριση με τη μέθοδο Spatial Occupancy Enumeration, η οποία περιγράφεται παραπάνω και χρησιμοποιεί κυβικά κελιά, η Cell Decomposition παρέχει επιπλέον τρόπους υπολογισμών τοπολογικών ιδιοτήτων των στερεών. Η αποσύνθεση κυτταρικών δομών με τη μορφή τριγώνων χρησιμοποιείται στα τρισδιάστατα πεπερασμένα στοιχεία για την επίλυση διαφορικών εξισώσεων. Άλλοι τύποι αποσύνθεσης χρησιμοποιούνται στον προγραμματισμό ρομποτικής κίνησης.

f. Sweeping

Αυτή η μέθοδος αναφέρεται στις τεχνικές σάρωσης, οι οποίες με το πέρασμα των χρόνων, διαδόθηκαν ευρέως. Η λειτουργία τους βασίζεται στη δυνατότητα εντοπισμού ενός όγκου στερεού στο χώρο, το οποίο μπορεί να αναπαρίσταται από το κινούμενο μέρος και την τροχιά του. Τέτοια συστήματα είναι χρήσιμα σε εφαρμογές γραφικών υπολογιστών και ανίχνευσης της κίνησης. Τα περισσότερα σχεδιαστικά συστήματα CAD που διατίθενται στο εμπόριο, παρέχουν τη δυνατότητα κατασκευής στερεών μέσω σάρωσης, με τον βασικό περιορισμό των δύο διαστάσεων σχημάτων. Περαιτέρω έρευνες γίνονται για την εφαρμογή της μεθόδου και στις τρεις διαστάσεις.



Εικόνα 5.5: Μοντελοποίηση αντικειμένων με τη μέθοδο Sweeping (Πηγή: Google)

g. Implicit Representation (Surfaces)

Με την Implicit Representation μέθοδος ορίζεται ένα σύνολο σημείων X , τα οποία υπολογίζονται εμμέσως σε κάθε σημείο του χώρου. Για να υπολογιστούν πρέπει να ισχύει η συνάρτηση με τις ορισμένες συνθήκες. Αυτές μπορεί να είναι είτε απλές είτε πολύπλοκες. Με αυτόν τον τρόπο ένα αντικείμενο μπορεί να οριστεί ως ένα σύνολο σημείων στις τρεις διαστάσεις, το οποίο πληρεί την απαιτούμενη συνεχή συνάρτηση $F(X)$. Τα σημεία με $F(X) \geq 0$ θεωρείται ότι ανήκουν στο αντικείμενο, ενώ τα σημεία με $F(X) < 0$ βρίσκονται εκτός του αντικειμένου. Τέλος, το σύνολο των σημείων για τα οποία ισχύει $F(X) = 0$, αποτελούν την ισοεπιφάνεια.

h. Parametric and Feature-based Modeling

Η μοντελοποίηση με τη χρήση αυτής της τεχνικής προϋποθέτει τον ορισμό των απαραίτητων οντοτήτων (features) με τα συνοδευόμενα χαρακτηριστικά τους (attributes). Οι οντότητες είναι σχήματα με βάση ορισμένες παραμέτρους, όπως το ύψος, το μήκος, τη θέση και τον προσανατολισμό, ενώ τα χαρακτηριστικά περιλαμβάνουν το υλικό και πρόσθετες εξωτερικές αναφορές σε άλλες σχετιζόμενες οντότητες. Οι οντότητες, γενικά, έχουν μεγαλύτερο επίπεδο σημασιολογίας από τα θεμελιώδη στοιχεία (primitives) που είναι περιορισμένα. Για το λόγο αυτό, αναμένεται να χρησιμοποιηθούν για τη σύνδεση των σχεδιαστικών προγραμμάτων (CAD) με άλλες εφαρμογές και την οργάνωση βάσεων δεδομένων.

5.2.4. Τεχνικές Συλλογής 3D Πληροφορίας

Απαραίτητο στάδιο για την πραγματοποίηση της μοντελοποίησης είναι η συλλογή της απαιτούμενης πληροφορίας. Δεδομένου ότι στην συγκεκριμένη έρευνα μελετάται η τρισδιάστατη μοντελοποίηση, είναι σημαντικό να αναφερθούν οι βασικές μέθοδοι απόκτησης των δεδομένων, τα οποία στη συνέχεια χρησιμοποιούνται για την συγκρότηση του αντικειμένου. Η συλλογή των απαιτούμενων πληροφοριών αποτελεί τις περισσότερες φορές χρονοβόρα διαδικασία για ένα χρήστη γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών. Το βασικό σημείο για την επίτευξη αυτού του βήματος είναι η συλλογή ή η αποθήκευση των δεδομένων σε ψηφιακή μορφή, για την εισαγωγή τους στη συνέχεια στο κατάλληλο λογισμικό σύστημα.

Γενικά έχει παρουσιαστεί μεγάλη βελτίωση στις τεχνικές συλλογής πληροφορίας τριών διαστάσεων. Σε αυτές περιλαμβάνονται οι εξής: η φωτογραμμετρία (aerial and close range photogrammetry), η σάρωση με χρήση laser (airborne or ground based laser scanning), η κλασική τοπογραφία και οι δορυφορικές μέθοδοι (GPS). Η απόκτηση ορισμένων δεδομένων συνεπάγεται την επεξεργασία τους, με άωτερο σκοπό την παραγωγή τρισδιάστατων ή χωροχρονικών (ενσωμάτωση και της διάστασης του χρόνου) μοντέλων. Σύντομη αφορά για τους τρόπους απόκτησης των δεδομένων πραγματοποιείται στη συνέχεια.

Πρωτίστως, για την ορθή χρήση ενός γεωγραφικού συστήματος πληροφοριών, απαιτείται τα δεδομένα να είναι τις περισσότερες φορές σε ψηφιακή μορφή. Αυτό δεν είναι πάντοτε δυνατό, καθώς τα παλαιότερα χρόνια οι περισσότερες εφαρμογές είχαν

πραγματοποιηθεί σε αναλογική μορφή. Η λύση σε αυτό το βασικό πρόβλημα είναι η ψηφιοποίηση όλων των στοιχείων που απαιτούνται, ώστε να εισαχθούν στον υπολογιστή και στο κατάλληλο λογισμικό πρόγραμμα προς επεξεργασία και ανάλυση. Αρχικό βήμα προς τη ψηφιοποίηση είναι η χρήση ενός σαρωτή ή μίας ψηφιακής φωτογραφικής μηχανής με την ανάλυση που απαιτείται (dpi, dots per inch). Με αυτόν τον τρόπο μπορεί να μετατραπεί σε ορισμένο είδος αρχείου, όπως JPEG, TIFF, PDF ή XPS. Στη συνέχεια, γεωαναφέρονται ώστε να βρίσκονται στην πραγματική τους θέση και σε κατάλληλο σύστημα συντεταγμένων, όπου στην Ελλάδα είναι το σύστημα ΕΓΣΑ '87 (Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς του 1987) ή το σύστημα HATT ΓΥΣ. σε συνδυασμό με τη χρήση ενός σχεδιαστικού προγράμματος εάν απαιτείται η δημιουργία διανυσματικής μορφής (vector).

Είναι σημαντικό να γίνει κατανοητό πόσο απαραίτητη είναι η πρόοδος προς αυτή την κατεύθυνση. Αναλογικά σχέδια (τοπογραφικά σχέδια, κατόψεις ορόφων) και χάρτες φθείρονται σταδιακά από την πολλαπλή χρήση, με αποτέλεσμα να καθίσταται δυσνόητος και δύσχρηστος. Επιπλέον, η αποθήκευση όλων των ψηφιακών αρχείων είναι πολύ πιο εύκολη διαδικασία και πιο λειτουργική. Τα αρχεία μπορεί να είναι είτε σε πλεγματική μορφή (raster type, π.χ. ορθοφωτογραφία) είτε σε διανυσματική μορφή (vector type).

Όσον αφορά τις ορθοφωτογραφίες, αυτές έχουν διαδοθεί αρκετά και είναι αποτέλεσμα λήψεων είτε από αεροπλάνο είτε από δορυφόρο, με τη χρήση δεκτών με τις απαραίτητες προδιαγραφές (π.χ. φωτογραφικές μηχανές, ψηφιακοί σαρωτές, LIDAR). Η υψηλή τους ανάλυση επιτρέπει την εξαγωγή πληροφοριών μέσω της φωτοερμηνείας τους, για την αναγνώριση διάφορων χαρακτηριστικών στην περιοχή ενδιαφέροντος. Επιπρόσθετα, σύμφωνα με τις αρχές της φωτογραμμετρίας και τη χρήση επικαλυπτόμενων εικόνων (stereo-image pairs) καθίσταται δυνατή η απεικόνιση της τρίτης διάστασης και συνεπώς προσεγγίζεται η τρισδιάστατη χαρτογράφηση αντικειμένων (π.χ. κτηρίων).

Άλλες μέθοδοι για τη συλλογή δεδομένων, εκτός από τις διδιάστατες εικόνες, περιλαμβάνουν τη συλλογή δεδομένων για τα κτίσματα από LIDAR δέκτες και υψηλής ανάλυσης εικόνες, αλλά και τη χρήση προηγμένων τεχνολογιών σάρωσης (laser scanning). Το πλεονέκτημα της χρήσης του laser scanning προσφέρει τη δυνατότητα συλλογής της απόστασης και του ύψους σε σύντομο χρονικό διάστημα. Η χρήση των δεκτών LIDAR και υψηλής ανάλυσης εικόνες επιτρέπει τη παραγωγή ψηφιακού μοντέλου επιφανείας (DSM, Digital Surface Model) και τον εντοπισμό των αντικειμένων επί του εδάφους με αυτόματο τρόπο. Επομένως, αυτή η τεχνική επιτρέπει την τρισδιάστατη μοντελοποίηση αντικειμένων, τα οποία συνδυάζονται με γεωμετρικές πληροφορίες για τον εύκολο διαχωρισμό τους σε ομάδες.

Γενικά, τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (G.I.S.) οργανώνονται με βάση χρονικά δεδομένα και δεδομένα τοποθεσίας (χωροχρονικά δεδομένα), τα οποία έχουν ορισμένη ακρίβεια ανάλογα τη πηγή προέλευσής τους. Υπάρχουν δεδομένα τα οποία διαθέτουν εξαιρετική ακρίβεια, ενώ και άλλα με μικρότερη. Με την εξέλιξη της

τεχνολογίας, οι τοπογράφοι μηχανικοί έχουν τη δυνατότητα παροχής υψηλής ακρίβειας δεδομένων θέσης. Βασικό εργαλείο για το σκοπό αυτό είναι η χρήση του παγκόσμιου δορυφορικού συστήματος G.P.S. (Global Positioning System), το οποίο παρέχει τη θέση ενός σημείου και το υψόμετρό του με τη χρήση δεκτών GPS. Η επεξεργασία των συλλεγόμενων δεδομένων και η χρήση κατάλληλου λογισμικού επιτρέπει και τη γραφική απεικόνιση αυτών. Ο συνδυασμός τέτοιων πληροφοριών με δορυφορικές εικόνες υψηλής ανάλυσης, ψηφιακού μοντέλου εδάφους για τη γνώση του αναγλύφου ηλεκτρονικών υπολογιστών και της διαδικτυακής υπηρεσίας έχει αυξήσει την ποιότητα και την λειτουργικότητα των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών.

Άλλη μία πηγή σημαντικών πληροφοριών είναι τα επίγεια τοπογραφικά δεδομένα (survey data). Η συλλογή τους γίνεται μέσω των διάφορων τοπογραφικών οργάνων και υπάρχει η δυνατότητα επεξεργασίας των δεδομένων στο πεδίο απευθείας μέσω διαδικτυακών ασύρματων συνδέσεων. Αυτό είναι ένα μεγάλο πλεονέκτημα της εξέλιξης της τεχνολογίας, μαζί με τη δυνατότητα δημιουργία χαρτών ή την πραγματοποίηση ανάλυσης επί των δεδομένων στο πεδίο, όταν είναι επιτρέπεται από το χρησιμοποιούμενο σύστημα. Συνεπάγεται, επομένως, ότι οι διαδικασίες γίνονται ολοένα και πιο ευέλικτες και λειτουργικές, ενώ οι παραγόμενες πληροφορίες πιο ακριβείς και χρήσιμες.

5.2.5. 3D Αναδόμηση Αντικειμένων (3D Object Reconstruction)

Ένα ξεχωριστό κομμάτι των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών αφορά η αναδόμηση των αντικειμένων σε τρεις διαστάσεις. Έρευνες έχουν πραγματοποιηθεί για το θέμα αυτό και έχουν καταλήξει στο διαχωρισμό τεσσάρων διαφορετικών προσεγγίσεων, οι οποίες έχουν διαφορετική ακρίβεια λόγω της χρήσεως διαφορετικών πηγών δεδομένων. Όπως αναφέρθηκε, στα G.I.S. γίνεται χρήση τεχνικών για τη συλλογή των απαιτούμενων δεδομένων, καθώς και σχεδιαστικών προγραμμάτων για την τρισδιάστατη μοντελοποίηση μοντέλων (για παράδειγμα MicroStation Geographics). Η ανακατασκευή αυτών των δεδομένων, τα οποία τις περισσότερες φορές έχουν ήδη υποστεί επεξεργασία, κρίνεται απαραίτητη και για το λόγο αυτό εξάγονται και εισάγονται στο κατάλληλο λογισμικό για περαιτέρω επεξεργασία. Οι μέθοδοι ανακατασκευής τρισδιάστατων αντικειμένων είναι είτε χειρωνακτικές είτε ημιαυτόματες και συγκεντρώνονται στη συνέχεια:

- **Bottom-up:** Η χρήση αυτής της μεθόδου δημιουργεί τρισδιάστατα αντικείμενα με την εξώθηση του ίχνους τους (footprint) από ένα διάστατο χάρτη. Η εξώθηση μπορεί να πραγματοποιηθεί όταν είναι γνωστό το ύψος του αντικειμένου που πρόκειται να κατασκευαστεί και αυτό είναι δυνατό από τη συλλογή της απαιτούμενης πληροφορίας (μέσω της φωτογραμμετρίας, δορυφορικών μεθόδων και επίγειων τοπογραφικών μεθόδων, καθώς και ψηφιακών σαρώσεων). Μειονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι εμφανίζονται το κέλυφος κάθε κτηρίου, δεδομένου ότι χρησιμοποιείται μία τιμή για κάθε ίχνος κτηρίου. Επίσης, οι οροφές των κτηρίων εμφανίζονται με

μικρό επίπεδο λεπτομέρειας. Στα πλεονεκτήματα της μεθόδου συμπεριλαμβάνονται ο μικρός χρόνος εκτέλεσης, αλλά και η απαίτηση χαμηλού επιπέδου λεπτομερειών για τη δημιουργία των τρισδιάστατων μοντέλων. Τα τρισδιάστατα δεδομένα που δημιουργούνται μετά την ανακατασκευή μπορούν με ευκολία να εφαρμοστούν σε άλλες εφαρμογές, όπως για παράδειγμα σε ένα παγκόσμιο χάρτη (Google Earth, OpenStreetMaps).

- Top-down: Σε αντίθεση με τη Bottom-up τεχνική, η μέθοδος Top-down χρησιμοποιεί πληροφορίες σχετικά με τις οροφές των κτηρίων από αεροφωτογραφίες, δεδομένων από ψηφιακές σαρώσεις και υψομετρική πληροφορία (για παράδειγμα ψηφιακό μοντέλο εδάφους, DTM ή ψηφιακό μοντέλο επιφανείας, DSM). Επομένως, δίνεται έμφαση στη μοντελοποίηση της οροφής κάθε κτηρίου με υψηλό επίπεδο λεπτομέρειας.
- Λεπτομερής ανακατασκευή: Σε αυτήν την προσέγγιση οι αλγόριθμοι που χρησιμοποιούνται για την ανακατασκευή των αντικειμένων είναι αρκετά πολύπλοκοι, καθώς αφορούν τη μοντελοποίηση με μεγάλο επίπεδο λεπτομέρειας. Αυτό που ουσιαστικά πραγματοποιείται είναι η χρήση σημείων από σαρώσεις με λέιζερ (laser scanning και χρήση των εξαγόμενων νεφών σημείων) ή αεροφωτογραφιών και ο συνδυασμός τους με προκαθορισμένα σχήματα κτιρίων. Με αυτόν τον τρόπο η ανακατασκευή των κτηρίων αυτοματοποιείται και είναι δυνατό να εφαρμοστεί σε μικρό χρόνο με την προϋπόθεση της χρήσης ορθών αλγορίθμων.
- Συνδυασμών όλων των παραπάνω προσεγγίσεων: Υπάρχει η δυνατότητα συνδυασμού των τεχνικών ανακατασκευής τρισδιάστατων αντικειμένων που αναφέρθηκαν παραπάνω. Όμως, το γεγονός ότι τα δεδομένα δεν έχουν ενιαία ακρίβεια επειδή προέρχονται από διαφορετικές πηγές, μπορεί να οδηγήσει σε σφάλματα. Αντίθετα, η χρήση ολοένα και λιγότερων πηγών δεδομένων έχει βελτιωμένα αποτελέσματα και μειώνει την πιθανότητα σφάλματος.

5.3. Οργάνωση Δεδομένων με Geo - DBMS : Σύστημα Διαχείρισης Βάσεων Γεωχωρικών Δεδομένων

Η χρήση βάσεων δεδομένων (DBMS: Database Management System) για την αποθήκευση πληροφοριών θεωρείται αναπόσπαστο κομμάτι στο πλαίσιο ανάπτυξης συστήματος γεωγραφικών πληροφοριών. Η εισαγωγή των Geo-DBMSs (Geo-DataBase Management System), δηλαδή συστημάτων διαχείρισης βάσεων γεωχωρικών δεδομένων, αποτελεί σημαντικό βήμα στην εξέλιξη των G.I.S. και την αύξηση της λειτουργικότητάς τους. Πιο συγκεκριμένα, Geo-DBMSs δύναται να χρησιμοποιηθούν για την αποθήκευση τόσο χωρικών όσο και μη-χωρικών, περιγραφικών πληροφοριών, που σχετίζονται με συγκεκριμένα αντικείμενα. Ωστόσο, σχετικά με τις προδιαγραφές των δεδομένων έχει υιοθετηθεί από την κοινοπραξία OpenGIS Consortium το διεθνές πρότυπο ISO 19107, το οποίο παρέχει τα

απαραίτητα εννοιολογικά σχήματα (conceptual schemas) για την περιγραφή των χωρικών χαρακτηριστικών των αντικειμένων (Stoter, 2004). Ως εκ τούτου, ένα χωρικό αντικείμενο (spatial object) αποτελείται από γεωμετρικές δομές (geometrical primitives) και από τοπολογικές δομές (topological primitives). Τα μεν γεωμετρικά θεμελιακά στοιχεία περιλαμβάνουν τις συντεταγμένες των σημείων που αποτελούν ένα αντικείμενο και το αντίστοιχο σύστημα αναφοράς, ενώ οι τοπολογικές πληροφορίες συγκεντρώνουν πληροφορίες που αφορά τις χωρικές σχέσεις (Stoter, 2004).

Ένας ορισμός για τον όρο "βάση δεδομένων" είναι ο εξής: είναι μία συλλογή συστηματικά μορφοποιημένων δεδομένων και σύμφωνα με τον Jim Gray, τα δεδομένα σε μία βάση δεδομένων πρέπει να αυτοπροσδιορίζονται και να έχουν μία σχηματική δομή. Επιπλέον, υπάρχει η δυνατότητα διατήρησης και ανανέωσης όλων των δεδομένων στα συστήματα διαχείρισης δεδομένων, καθώς και η ιεράρχηση τους με συγκεκριμένους κανόνες.

Σχετικά με την συμπερίληψη του τρισδιάστατου περιεχομένου στις Geo-DBMSs, αυτή παρουσιάζει ορισμένους περιορισμούς. Όμως, έχουν γίνει προσπάθειες ενσωμάτωσης των τρισδιάστατων στοιχείων σε βάσεις δεδομένων. Λογισμικά διαχείρισης βάσεων δεδομένων που είναι στην αγορά είναι η Oracle, IBM DB2, Informix, Ingres, dBase,SAP καθώς και PostgreSQL, MySQL, τα οποία είναι ελεύθερα λογισμικά.

5.3.1. Γεωμετρικά Θεμελιακά Στοιχεία (Geometric Primitives) σε Geo-DBMSs

Τα γεωμετρικά θεμελιακά στοιχεία χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση χωρικών χαρακτηριστικών και την πραγματοποίηση ερωτημάτων (queries) σε αυτά. Ένας περιορισμός που υπάρχει σχετικά με τα ερωτήματα, είναι το γεγονός ότι επειδή οι γειτονικές σχέσεις των χωρικών αντικειμένων δεν είναι τυποποιημένες, μπορούν να προσδιοριστούν μόνο με γεωμετρικά ερωτήματα (Stoter, 2004). Μέχρι σήμερα οι προδιαγραφές που έχει ορίσει η κοινοπραξία OGC for SQL περιορίζεται στις δύο διαστάσεις και οι εφαρμογές των χωρικών τύπων δεδομένων βασίζονται στην υποστήριξη των 2D θεμελιακών στοιχείων (2D primitives) στο διδιάστατο και τρισδιάστατο χώρο. Τα χωρικά στοιχεία είναι σημεία, γραμμές και πολύγωνα, τόξα και πολύπλοκες γεωμετρίες σε δύο και τρεις διαστάσεις. Οι περισσότερες βάσεις δεδομένων (π.χ. Postgres, IBM, Ingres, Informix) υποστηρίζουν την αποθήκευση των σημείων (0D), των γραμμών (1D) και των πολυγώνων (2D) στον τρισδιάστατο χώρο, χωρίς τη χρήση, όμως, 3D ογκομετρικών τύπων δεδομένων. Η αποθήκευση ογκομετρικών αντικειμένων μπορεί να αποθηκευτεί σε γεωμετρικά θεμελιακά στοιχεία χρησιμοποιώντας 3D πολύγωνα (σύνολο πολυγώνων ή αντικείμενα που αποτελούνται από πολλαπλά πολύγωνα, γνωστά ως multi-polygon, εκ των οποίων τα δεύτερα αναγνωρίζονται ως μοναδικά αντικείμενα) (Stoter, 2004). Το μειονέκτημα αυτών των αναπαραστάσεων είναι η έλλειψη της τοπολογίας των αντικειμένων. Η

χρήση, ωστόσο, 3D ογκομετρικών τύπων δεδομένων μπορεί να εξαλείψει τα προβλήματα που υπάρχουν με τις άλλες μεθόδους.

5.3.2. Τοπολογικά Θεμελιακά Στοιχεία (Topological Structure) σε Geo-DBMSs

Οι τοπολογικές δομές σε μία βάση διαχείρισης δεδομένων χρησιμοποιούνται για την εκπροσώπηση των επίπεδων και γραμμικών αντικειμένων ή των αντικειμένων με τρισδιάστατη διάσταση (planar, linear and space objects). Το βασικό πλεονέκτημα των τοπολογικών δομών είναι ότι δεν προσδίδουν πληροφορίες πλεονασμού, όπως γίνεται στην περίπτωση των γεωμετρικών δομών. Γενικά, οι 2D τοπολογικές δομές είναι διαθέσιμες ευρέως στα εμπορικά συστήματα σε αντίθεση με τις 3D τοπολογικές δομές που είναι πιο περιορισμένες, ιδιαίτερα για μεγάλα σύνολα δεδομένων. Ακόμη, οι συγκεκριμένες προδιαγραφές εφαρμογής αναπτύσσονται από την κοινοπραξία OpenGIS σε συνεργασία με τα διεθνή πρότυπα ISO.

Η οργάνωση των τοπολογικών δομών σε σύστημα διαχείρισης βάσεων δεδομένων προτείνεται χρησιμοποιώντας ταυτόχρονα και λεπτομερή περιγραφή σε ένα πίνακα μεταδεδομένων. Η ανάγκη για την οργάνωση των τοπολογικών δομών σε DBMS κρίνεται απαραίτητη από τα πλεονεκτήματα που συνδυάζει. Όπως προαναφέρθηκε, αποφεύγεται η αποθήκευση περιττής πληροφορίας σε αντίθεση με τα γεωμετρικά μοντέλα και διατηρείται η συνοχή των δεδομένων μετά την επεξεργασία τους. Επιπλέον, τα τοπολογικά μοντέλα έχουν αυξημένη αποτελεσματικότητα για την εκτέλεση ερωτημάτων (π.χ. εύρεση γειτνίασης, συνδεσιμότητας, επικάλυψης κ.ά.) (Stoter, 2004).

Ενώ οι διδιάστατες τοπολογικές δομές έχουν ερευνηθεί και εφαρμοστεί επαρκώς εντός των συστημάτων διαχείρισης βάσεων δεδομένων (DBMS), οι τρισδιάστατες τοπολογικές δομές έχουν αρκετά προβλήματα εφαρμογής. Αυτό προκύπτει κυρίως από τις μεγάλες ποσότητες δεδομένων και την πολυπλοκότητα αυτών. Έτσι, μία δομή δεδομένων που αναπαριστά μία συγκεκριμένη τοπολογική δομή κατάλληλη για μία συγκεκριμένη εφαρμογή, μπορεί να είναι ακατάλληλη για κάποια διαφορετική εφαρμογή. Επίσης, μία διδιάστατη δομή δεν είναι άμεσα επεκτάσιμη σε τρισδιάστατη δομή, καθώς υπάρχουν βασικές διαφορές στα βασικά θεμελιακά στοιχεία (π.χ. μία πλευρά σε μία διδιάστατη δομή έχει δύο γειτονικά σημεία και ακριβώς δύο γειτονικές επιφάνειες (αριστερά και δεξιά), γεγονός το οποίο δεν ισχύει στον τρισδιάστατο χώρο που οι σχέσεις που αναπτύσσονται είναι πολύπλοκες.

Μία τοπολογική δομή που έχει προταθεί από τη Zlatanova θεωρείται από τις λίγες εφαρμογές που ορίζουν με επάρκεια ογκομετρικά αντικείμενα, δηλαδή αντικείμενα τριών διαστάσεων. Η πρόσεγγιση της Zlatanova είναι μία τυπική αναπαράσταση ορίου (boundary representation) και ονομάζεται Simplified Spatial Model (SSM, Απλοποιημένο Χωρικό Μοντέλο) και βασίζεται στην εξής αρχή: ο ρόλος της ακμής (edge) στις δύο διαστάσεις είναι πλέον ο ρόλος του προσώπου (face) στις τρεις

διαστάσεις. Επίσης, οι κόμβοι περιγράφουν τα πρόσωπα και τα πρόσωπα περιγράφουν τα αντικείμενα.

6. ΚΑΝΟΝΙΣΤΙΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ (PROCEDURAL MODELING)

6.1.Εισαγωγή

Μία ιδιαίτερη τεχνική μοντελοποίησης αποτελεί η αναφερόμενη στη συνέχεια *κανονιστική μοντελοποίηση (Procedural Modeling)*. Ο συγκεκριμένος όρος χρησιμοποιείται για τις τεχνικές δημιουργίας τρισδιάστατων μοντέλων (3D models) και την προσθήκη υφής σε αυτά σε περιβάλλον ηλεκτρονικών υπολογιστών, μέσω της ανάπτυξης και χρήσης συνόλων κανόνων (procedures, set of rules). Όπως έχει αναφερθεί, η τρισδιάστατη μοντελοποίηση είναι η διαδικασία για τη δημιουργία τρισδιάστατων αντικειμένων και της εμφανισής τους (υφή, χρώμα και πρόσθετα χαρακτηριστικά). Τεχνικές κανονιστικής μοντελοποίησης αποτελούν τα L-systems, fractals και generative models, τα οποία απαιτούν την εφαρμογή αλγορίθμων μέσω κανόνων για την παραγωγή των σκηνών (scenes) και επεξηγούνται στη συνέχεια της ενότητας ξεχωριστά. Η πιο κοινή εφαρμογή της κανονιστικής μοντελοποίησης είναι στην περίπτωση που η χρήση των κοινών μεθόδων παραγωγής τρισδιάστατου μοντέλου είναι αρκετά χρονοβόρα και περίπλοκη διαδικασία, ιδιαίτερα όταν πρόκειται να πραγματοποιηθεί με χειρωνακτικό τρόπο. Αντί της χρήσης γενικών 3D μοντέλων και εξιδικευμένων εργαλείων σε τέτοιες περιπτώσεις, επιλέγεται η ανάπτυξη κατάλληλων κανόνων και αλγορίθμων για την επίτευξη του επιθυμητού τρισδιάστατου αποτελέσματος. Άλλες εναλλακτικές λύσεις για την αποφυγή χρήσεων των κοινών χειρωνακτικών μεθόδων, είναι η μοντελοποίηση που καθοδηγείται από τα εισαγόμενα δεδομένα (data-driven modeling), η σάρωση της γεωμετρίας του μοντέλου, καθώς και η χρήση σαρωτών με λέιζερ, φωτογραφιών και υφών.

Κοινές περιπτώσεις εφαρμογής της κανονιστικής μοντελοποίησης είναι τα ηλεκτρονικά παιχνίδια και οι ταινίες. Σε αυτές τις δύο περιπτώσεις απαιτείται η ανάπτυξη πολύπλοκων τρισδιάστατων μοντέλων μεγάλης έκτασης. Είναι δυνατό, επομένως, μέσω της κανονιστικής μοντελοποίησης να παραχθούν σκηνές με εκτενές περιεχόμενο από μικρό ποσό κανόνων. Άλλες περιπτώσεις που αυτή η τεχνική εφαρμόζεται ευρέως είναι για την δημιουργία μοντέλων για φυτά, αρχιτεκτονικά στοιχεία, τοπία, κτήρια και πόλεις.

Λογισμικά προγράμματα που κυκλοφορούν στην αγορά και υποστηρίζουν την τεχνική της κανονιστικής μοντελοποίησης είναι αρκετά και σε αυτά περιλαμβάνονται τα εξής: Acropora, BRL-CAD, Bryce, CityEngine, Derivate Touch Designer, Generative Modelling Language, Grome, Houdini, HyperFun, Softimage, Terragen και 3ds Max. Στο πλαίσιο της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό πρόγραμμα CityEngine, στο οποίο έχουν ενσωματωθεί οι λειτουργίες της γλώσσας προγραμματισμού C++ για τη γραμματική CGA. Αναλυτική περιγραφή του λογισμικού προγράμματος πραγματοποιείται στην επόμενη ενότητα.

6.2. Τεχνικές και Χαρακτηριστικά Κανονιστικής Μοντελοποίησης

Η βασική διαφοροποίηση της κανονιστικής μοντελοποίησης (procedural modeling) από άλλες τεχνικές μοντελοποίησης είναι η χρήση αλγορίθμων για τον προσδιορισμό των ιδιοτήτων του 3D μοντέλου που πρόκειται να δημιουργηθεί, σε συγκριτικά μικρότερο χρόνο. Προτιμάται γενικά η χρήση αυτής της μεθόδου όταν τα μοντέλα είναι αρκετά περίπλοκα, όπως για παράδειγμα η δημιουργία μοντέλου είτε φυσικών αντικειμένων (δέντρα, τοπία) είτε τεχνητών (κτήρια και πόλεις). Συχνά, σε αυτή τη διαδικασία μοντελοποίησης συχνά γίνεται χρήση της τυχαιότητας (randomness) για την προσθήκη ποικιλίας στη σκηνή που παράγεται. Να σημειωθεί ότι άλλες μέθοδοι τρισδιάστατης μοντελοποίησης συχνά χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με την κανονιστική μοντελοποίηση.

Σε αυτήν την ενότητα πρόκειται να αναφερθούν ορισμένες από τις πιο κοινές λειτουργίες που απαντώνται στα λογισμικά εργαλεία κανονιστικής μοντελοποίησης.

- *Θεμελιώδη Σχήματα (Primitives Shapes)*: Ως θεμελιώδη σχήματα, τόσο στα σχεδιαστικά συστήματα, όσο και στα γραφικά των ηλεκτρονικών υπολογιστών, θεωρούνται οι απλές δομές γεωμετρίας. Η χρήση τους είναι ευρεία δεδομένου ότι κάθε αντικείμενο του πραγματικού κόσμου αποτελείται από το συνδυασμό των βασικών σχημάτων. Με άλλα λόγια συνδυάζοντας τα θεμελιώδη σχήματα μπορεί να προκύψει ένα αρκετά πολύπλοκο τρισδιάστατο μοντέλο. Σημεία, γραμμές, επίπεδα, τρίγωνα και κύκλοι, κύβοι, κύλινδροι, σφαίρες και κώνοι είναι ορισμένα από τα θεμελιώδη σχήματα που χρησιμοποιούνται στη μοντελοποίηση αντικειμένων σε συνδυασμό με άλλες λειτουργίες της μοντελοποίησης για την επίτευξη του επιθυμητού αποτελέσματος.
- *Εξώθηση (Extrude)*: Η εξώθηση θεωρείται από τις θεμελιώδεις λειτουργίες της κανονιστικής μοντελοποίησης για να δημιουργηθούν τρισδιάστατες δομές. Ουσιαστικά εισάγεται το σύνολο των γραμμών ή καμπύλων που επιθυμείται και εφαρμόζεται η συγκεκριμένη λειτουργία της εξώθησης, η οποία παράγει την τελική επιφάνεια με την απλή σύνδεση αντιγράφων της αρχικής γραμμής.
- *Αντιγραφή (Copy)*: Αυτή η απλή λειτουργία της αντιγραφής είναι αρκετά χρήσιμη στα συστήματα μοντελοποίησης, καθώς μπορεί να παραχθούν μοντέλα σε μικρό χρονικό διάστημα και με μεγάλη ευκολία.
- *Boolean λειτουργίες*: Συνήθως όταν γίνεται αναφορά σε Boolean λειτουργίες, αυτές αφορούν κοινές αλγεβρικές πράξεις, οι οποίες είναι η ένωση, η τομή και η αφαίρεση. Αυτές οι λειτουργίες εφαρμόζονται συχνά και σε σύνολα πολυγώνων εντός σχεδιαστικών προγραμμάτων (CAD) ή γραφικών υπολογιστών (computer graphics). Με αυτόν τον τρόπο είναι δυνατή η παραγωγή περίπλοκων τρισδιάστατων σχημάτων με τη χρήση αυτών των απλών πράξεων σε θεμελιώδη σχήματα.
- *Lofting*: Μία ιδιαίτερη λειτουργία που απαντάται στα λογισμικά εργαλεία κανονιστικής μοντελοποίησης είναι η λεγόμενη lofting λειτουργία. Υπό αυτήν

την έννοια εκφράζεται ένα σύνολο εργαλείων μέσω των οποίων δημιουργούνται επιφάνειες από μία ομάδα γραμμών ή καμπύλων ως εισαγόμενα στοιχεία. Η πιο κοινή εφαρμογή αυτών των εργαλείων είναι για τη δημιουργία σχημάτων αυτοκινήτων, αεροπλάνων ή πλοίων.

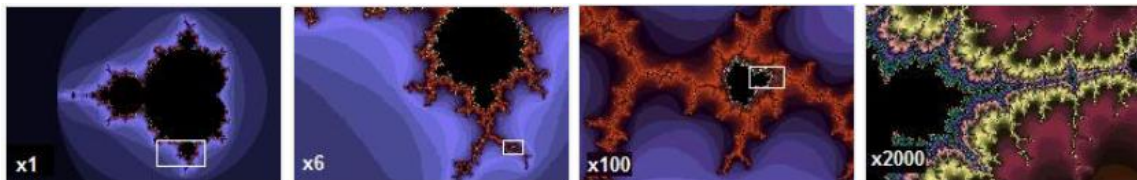
- *Τυχειότητα (randomness)*: Η λειτουργία αυτή βασίζεται στη χρήση αλγορίθμων παραγωγής ψευδοτυχαίων αριθμών, καθώς οι υπολογιστές δεν έχουν τη δυνατότητα παραγωγής πραγματικών τυχαίων αριθμών. Η χρήση τους είναι ευρεία στην κανονιστική μοντελοποίηση με σκοπό τη δημιουργία μοντέλων με περισσότερη ποικιλία και φυσικότητα. Μία απλή γεννήτρια τυχαίων αριθμών παράγει τη ζητούμενη ακολουθία τυχαίων αριθμών, οι οποίοι βασίζονται στην ορισμένη αρχική τιμή. Στην περίπτωση που επαναληφθεί η αλληλουχία με τροποποιημένη την αρχική τιμή, ανακατασκευάζεται το μοντέλο αυτόματα και το αποτέλεσμα διαφοροποιείται από το αρχικό.
- *Πεδία ύψους (Height fields)*: Σε μία τοποθεσία είναι χρήσιμο να είναι γνωστό το υψόμετρο και για το λόγο αυτό τα τοπία κατασκευάζονται συχνά ως πεδία ύψους (Height fields). Με την έννοια του πεδίου ύψους εννοείται μία πλεγματική εικόνα στην οποία έχουν αποθηκευτεί δεδομένα, όπως για παράδειγμα δεδομένα για το υψόμετρο του εδάφους, ώστε να γίνει η απεικόνισή τους σε τρισδιάστατα γραφικά ηλεκτρονικού υπολογιστή. Τα δεδομένα αυτά είναι ουσιαστικά αποθηκευμένα στα χρώματα του κάθε εικονοστοιχείου (pixel). Για παράδειγμα, μπορεί να γίνει χρήση μίας grayscale ψηφιακής εικόνας, όπου τα σκουρόχρωμα pixels αναπαριστούν διαφορετική τιμή από τα ανοιχτόχρωμα pixels.
- *Θόρυβος*: Ο θόρυβος αναφέρεται ως οι ανεπιθύμητες παραμορφώσεις που ενυπάρχουν σε σύνολα δεδομένων και μπορεί να είναι είτε συστηματικού είτε τυχαίου χαρακτήρα. Σε ορισμένες περιπτώσεις της κανονιστικής μοντελοποίησης, ο θόρυβος μπορεί να φανεί χρήσιμος, ιδιαίτερα όταν ο συνδυασμός από μοτίβα θορύβου διαφορετικών συχνοτήτων οδηγεί στη δημιουργία πολύπλοκων προτύπων.

Η γεωμετρική μοντελοποίηση και τα υποστηρικτικά συστήματα μπορεί να καταστούν αρκετά δύσχρηστα και χρονοβόρα όταν πρόκειται για την παραγωγή σύνθετων μοντέλων. Επιπλέον, όταν πρόκειται για την παραγωγή σύνθετου περιβάλλοντος, όπως για παράδειγμα μία πόλη ή ένα τοπία, η διαδικασία απαιτεί τη χρήση μεγάλου αριθμού θεμελιακών στοιχείων. Η εισαγωγή των τεχνικών κανονιστικής μοντελοποίησης αποτελεί τη λύση για αυτά τα προβλήματα. Περίπλοκα μοντέλα είναι δυνατό να παραχθούν με αυτόματες ή ημι-αυτόματες μεθόδους. Το ποσοστό συμμετοχής του χρήστη επηρεάζει τόσο το προκύπτον αποτέλεσμα όσο και το χρόνο δημιουργίας του. Πιο συγκεκριμένα, υψηλός βαθμός συμμετοχής του χρήστη καθιστά τη διαδικασία αρκετά χρονοβόρα ώστε να μην αποτελεί πλέον λειτουργική αυτή η επιλογή μοντελοποίησης. Αντίθετα, όταν ο χρήστης συμμετέχει σε πολύ μικρό ποσοστό, το τελικό αποτέλεσμα πρόκειται να διαφέρει αρκετά από το επιθυμητό και προβλεπόμενο, καθώς βασίζεται υπερβολικά στην τυχειότητα.

Στις τεχνικές της κανονιστικής μοντελοποίησης περιλαμβάνονται οι εξής: χρήση της γραμματικής σχήματος (shape grammars), γλώσσες scripting, L-systems, fractals και προσθήκη υφής. Καθεμία τεχνική κανονιστικής μοντελοποίησης προσανατολίζεται για χρήση σε συγκεκριμένη περιοχή εφαρμογής. Μία σύντομη περιγραφή αυτών των τεχνικών αναφέρονται στη συνέχεια.

Fractals:

Οι τεχνικές που σχετίζονται με τη fractal γεωμετρία έχουν κυρίως εφαρμογή στη μοντελοποίηση φυσικών τοπίων, καθώς αναδεικνύει τα γεωμετρικά μοτίβα που επαναλαμβάνονται στη φύση. Ο όρος fractal χρησιμοποιείται για να υποδείξει ένα μαθηματικό σύνολο που αναπαριστά παρόμοια πρότυπα, τα οποία επαναλαμβάνονται σε κοντινή ή μακρινή εστίαση και προέρχεται από τη λατινική λέξη "fractus" που ερμηνεύεται ως σπασμένος. Αυτό σημαίνει ότι ένα fractal διακρίνεται το ίδιο ή σχεδόν το ίδιο σε κάθε κλίμακα, χαρακτηριστικό που το διαχωρίζει από ένα σύνηθες γεωμετρικό σχήμα.



Εικόνα 6.1: Fractal γεωμετρία (Πηγή: Wikipedia)

L-Systems:

Οι τεχνικές των λεγόμενων συστημάτων L-systems (Aristid Lindenmayer systems) χρησιμοποιούνται κυρίως στη μοντελοποίηση φυτών. Τα συγκεκριμένα συστήματα χρησιμοποιούνται για την εξέταση της αλληλεπίδρασης των φυτών με το περιβάλλον τους. Μέσω αυτών των συστημάτων εφαρμόζονται κανόνες ώστε να παραχθεί η γραμμική περιγραφή ενός φυτού, που ονομάζεται L-string. Ακόμη, μπορεί να χρησιμοποιηθούν μερικές φορές για την ανάπτυξη αστικών δομών, όπως για παράδειγμα το οδικό δίκτυο μίας πόλης. Κύριο χαρακτηριστικό αυτών των συστημάτων, που τα παρομοιάζει με τις γραμματικές Chomsky, είναι η επαναληπτικότητα των δομών για την κατασκευή του μοντέλου. Στην ουσία ένα L σύστημα είναι ένα παραμετρικό σύστημα $G = (\omega, V, P)$ με τρία βασικά μέρη:

- i. ένα αρχικό αξίωμα (ω) που περιλαμβάνει ένα σύνολο συμβόλων που πρόκειται να αντικατασταθούν από νέα σύμβολα
- ii. ένα σύνολο συμβόλων (V) που αποτελούν τις μεταβλητές του συστήματος. Σε ορισμένες περιπτώσεις ορίζονται και σταθερά σύμβολα, τα οποία δεν υπόκεινται κάποια τροποποίηση.
- iii. ένα σύνολο κανόνων παραγωγής (P), με τη χρήση των οποίων καθορίζεται ο τρόπος που οι μεταβλητές πρόκειται να αντικατασταθούν. Ο κανόνας έχει εφαρμογή στο αρχικό αξίωμα και επαναλαμβάνεται έτσι ώστε να προκύψει η λεπτομερής επιθυμητή τελική κατάσταση.

Generative design

Η μέθοδος του γενετικού σχεδιασμού είναι μία σχεδιαστική μέθοδος που χρησιμοποιεί αλγορίθμους και κανόνες για την παραγωγή του προϊόντος εξόδου. Είναι μία τεχνική που αποτελείται από ένα βασικό σχήμα σχεδιασμού, τα μέσα για την παραγωγή του σχεδιαστικού αποτελέσματος, καθώς και εργαλεία για την επιλογή των επιθυμητών αποτελεσμάτων. Το βασικό χαρακτηριστικό αυτής της μεθόδου είναι η παραμετρική μοντελοποίηση, δηλαδή η χρήση συγκεκριμένων παραμέτρων για την παραγωγή του τελικού μοντέλου, μέσω ενός περιβάλλοντος προγραμματισμού, καθώς και το σύστημα ανάδρασης με την εφαρμογή επαναληπτικών εργασιών έως ότου προκύψει το τελικό προϊόν. Η χρήση της είναι ευρεία ιδιαίτερα στο χώρο της αρχιτεκτονικής για την προσομοίωση των αρχιτεκτονικών δομών.

Shape grammar:

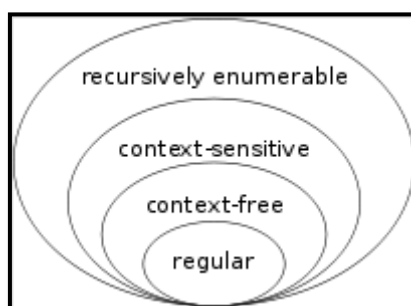
Η τεχνική της γραμματικής σχήματος χρησιμοποιείται συνήθως για τη μοντελοποίηση αρχιτεκτονικών στοιχείων. Ειδική κατηγορία αυτής της τεχνικής αποτελεί η γραμματική διάσπασης (split grammar), η οποία εισήχθει από τους Wonka et al., και όπως φανερώνει και η ονομασία της, διαχωρίζει τα σχήματα σε μικρότερα συστατικά μέρη. Η τεχνική της γραμματικής λειτουργεί με τη διαμόρφωση σχημάτων, όπου ένα σχήμα αποτελείται από ένα σύμβολο, τη γεωμετρία (με βασικό στοιχείο τη θέση, τις συντεταγμένες x,y,z και το διάνυσμα θέσης) και συγκεκριμένα χαρακτηριστικά.

6.2.1. Βασικές αρχές γραμματικής - Chomsky grammars

Ο Noam Chomsky εισήγαγε το έτος 1956 την ιεράρχηση των γραμματικών (hierarchy of grammars) με κριτήριο τους τύπους των κανόνων παραγωγής τους, η οποία έχει ευρεία χρήση στην επιστήμη των υπολογιστών και συγκεκριμένα στη χρήση διάφορων τύπων γλώσσας προγραμματισμού. Η ιεραρχία Chomsky επιτρέπει σε ένα τυπικό χρήστη του προγραμματισμού στο πεδίο της επιστήμης των υπολογιστών, να κατανοήσει την δομή του μοντέλου που δημιουργείται. Μία τυπική γραμματική $G(P,S,V,T)$ αποτελείται από ένα πεπερασμένο σύνολο κανόνων παραγωγής (P) που περιέχει ένα αρχικό σύμβολο (S), καθώς και τερματικά (V) και μη τερματικά σύμβολα (T) που υποδεικνύουν την εφαρμογή παραγωγικών κανόνων. Ο κανόνας που εφαρμόζεται, έχει ως αποτέλεσμα την αντικατάσταση των αρχικών συμβόλων, τα οποία εμφανίζονται στο αριστερό μέλος του κανόνα, από τα νέα σύμβολα στο δεξιό μέλος του, με διαδοχική σειρά εφαρμογής έτσι ώστε η συμβολοσειρά να περιλαμβάνει μόνο τερματικά σύμβολα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τον τερματισμό όλων των ενεργειών, καθώς δεν μπορεί να εφαρμοστεί κάποιος κανόνας.

Η ιεραρχία Chomsky αποτελείται από τέσσερα επίπεδα γραμματικής, τα οποία συνοψίζονται στη συνέχεια. Όσο μικρότερα είναι το επίπεδο της γραμματικής, τόσο πιο γενικό είναι το περιεχόμενό της. Συγκεντρωτικά, υπάρχουν οι γραμματικές τύπου 0 ή γενικές γραμματικές (unrestricted grammars), οι γραμματικές τύπου 1 ή γραμματικές με συμφραζόμενα (context sensitive grammar), οι γραμματικές τύπου 2

ή γραμματικές χωρίς συμφραζόμενα (context free grammar) και οι γραμματικές τύπου 3 ή κανονικές γραμματικές (regular grammar). Οι γενικές γραμματικές περιλαμβάνουν όλες τις τυπικές γραμματικές και δημιουργούνται με τη χρήση οποιουδήποτε συμβόλου του αλφαβήτου και χωρίς περιορισμούς, σε αντίθεση με τις κανονικές γραμματικές που περιορίζουν τους κανόνες σε ένα μοναδικό μη τερματικό κανόνα στο αριστερό μέρος και ένα τερματικό κανόνα στο δεξιά μέρος. Στην εικόνα που ακολουθεί παρουσιάζεται η λογική των διαφορετικών επιπέδων της γραμματικής Chomsky.

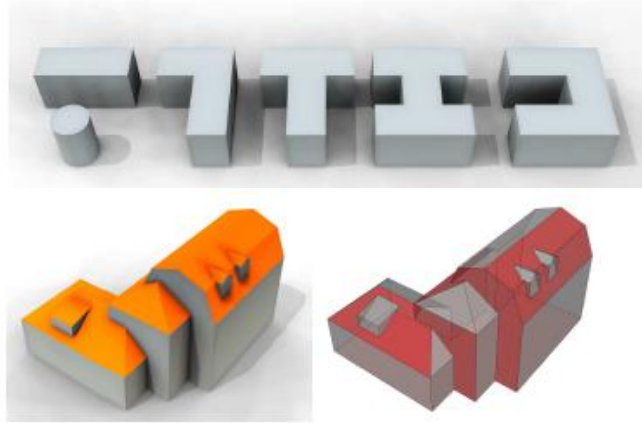


Εικόνα 6.2: Ιεραρχικά επίπεδα με βάση τους κανόνες Chomsky (Πηγή: Wikipedia)

6.3.Κανονιστική Μοντελοποίηση Κτηρίων με Χρήση CGA Γραμματικής

Μία χρήσιμη εφαρμογή της κανονιστικής μοντελοποίησης αποτελεί η μοντελοποίηση κτηρίων και άλλων τεχνητών κατασκευών, τα οποία είναι σύνθετες και συχνά περίπλοκες δομές. Ακόμη, μέσω μελετών έχει προκύψει η δυνατότητα μοντελοποίησης κατά τον ίδιο τρόπο του οδικού δικτύου και της βλάστησης. Επομένως, ολόκληρη πόλη μπορεί να μοντελοποιηθεί κανονιστικά. Σε αυτήν την ενότητα πρόκειται να γίνει μία αναλυτική περιγραφή της διαδικασίας για τη μοντελοποίηση κτηρίων με τη χρήση αλγορίθμων και κανόνων (procedurally).

Η πιο πρόσφατη τεχνική που αναπτύχθηκε αναφέρεται ως CGA shape, η οποία χρησιμοποιείται για την παραγωγή πολύπλοκων μοντέλων μέσω κανόνων. Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα παρέμβασης για την τροποποίηση της γραμματικής ώστε να προκύψει το επιθυμητό αποτέλεσμα μοντέλου. Εκτεταμένη είναι η χρήση αυτής της μεθόδου για την παραγωγή μεγάλου όγκου τρισδιάστατων μοντέλων στα ηλεκτρονικά παιχνίδια και τις ταινίες, όπου απαιτούνται εκτεταμένα μοντέλα σε όσο το δυνατόν μικρότερο χρόνο και χαμηλό κόστος (Müller et al, 2006). Μία ακόμη χρήση αφορά την παραγωγή κελύφους κτηρίων με υψηλή ποιότητα και γεωμετρικές λεπτομέρειες. Επομένως, είναι δυνατή η δημιουργία ογκομετρικών σχημάτων με τη χρήση της CGA γραμματικής. Με αυτόν τον τρόπο είναι δυνατό να διευθετηθούν θέματα, όπως τα γεωμετρικά στοιχεία, ο έλεγχος της παραγωγής και η τελική παραγωγή μοντέλων όπως είναι στην πραγματικότητα.



Εικόνα 6.3: Βασικό σχήμα για τρισδιάστατο κτηριακό μοντέλο (πάνω), Πολύπλοκα τρισδιάστατα κτηριακά μοντέλα (κάτω) (Πηγή: Muller et al, 2006)

Το θεμελιώδες συστατικό των CGA grammars είναι ο ιεραρχικός τρόπος δομής του μοντέλου. Αυτό σημαίνει ότι για τα κτήρια πρέπει πρώτα να σχεδιαστεί ένα αρχικό ογκομετρικό μοντέλο, το οποίο στη συνέχεια διαμορφώνεται με περαιτέρω χαρακτηριστικά, όπως τη διαμόρφωση της προσόψεώς του, των ορόφων και των ανοιγμάτων του. Επομένως, εφαρμόζεται ο κανόνας με επαναληπτικές διαδικασίες και την προσθήκη ολοένα και περισσότερων λεπτομερειών στο παραγόμενο τρισδιάστατο μοντέλο. Να σημειωθεί ότι εντός ενός κανόνα ορίζονται όλες οι απαραίτητες παράμετροι και πληροφορίες, οι οποίες μπορούν να τροποποιηθούν και να επαναχρησιμοποιηθούν σε διαφορετική κανονιστική μοντελοποίηση.

Δεδομένου ότι η CGA γραμματική αφορά σχήματα, πρέπει αυτά να ορίζονται κατάλληλα, με την περίληψη των βασικών τους χαρακτηριστικών, εντός του κανόνα. Ένα σχήμα είναι ουσιαστικά ένα σύνολο γεωμετρικών και περιγραφικών χαρακτηριστικών, συμπεριλαμβανομένου της θέσης του στο χώρο και το μέγεθός του. Όσον αφορά τη διαδικασία που ακολουθείται για την τελική διαμόρφωση του μοντέλου, αυτή περιλαμβάνει την επιλογή των σχημάτων και την εκχώρηση του αντίστοιχου κανόνα. Είναι απαραίτητο να μη διαγραφούν τα αρχικά σχήματα, αλλά απλά να απενεργοποιηθούν μετά την παραγωγή του τρισδιάστατου μοντέλου. Συγκεκριμένες εντολές χρησιμοποιούνται με σκοπό την αλλαγή της θέσης, του προσανατολισμού και του μεγέθους του πεδίου ενός αντικειμένου. Επιπλέον, είναι δυνατή η εισαγωγή αντικειμένων που έχουν δημιουργηθεί σε άλλο λογισμικό περιβάλλον, αλλά και ο διαχωρισμός του αντικειμένου σε μικρότερα μέρη (π.χ. ορόφους, πόρτες, παράθυρα, τοίχους). Συμπερασματικά, δημιουργείται αρχικά ένα μοντέλο μάζας-όγκου (mass model), στο οποίο διαμορφώνεται η πρόσοψη και η οροφή και όλες τις απαραίτητες λεπτομέρειες ώστε να προσομοιάζει το περιγραφόμενο αντικείμενο, όπως είναι στην πραγματικότητα.



Εικόνα 6.4: Εφαρμογή των κανόνων γραμματικής CGA (πηγή: Muller et al, 2006)

Το τρισδιάστατο μοντέλο κτηρίου προκύπτει μέσω της εφαρμογής του κανόνα με CGA γραμματική στο αποτύπωμά του (building footprint), το οποίο είναι ένα σχήμα δύο διαστάσεων. Είναι αναγκαίο να οριστούν όλες οι παράμετροι που περιγράφουν τα στοιχεία του κτηρίου εντός του κανόνα με ιεραρχική σειρά. Η αλλαγή μίας παραμέτρου συνεπάγεται την τροποποίηση του μοντέλου που παράγεται. Για παράδειγμα, αλλαγή του ύψους του ορόφου έχει ως αποτέλεσμα διαφορετικό αριθμό ορόφων. Ο ίδιος κανόνας μπορεί να εφαρμοστεί ταυτόχρονα σε μεγάλο αριθμό αποτυπωμάτων κτηρίου, ώστε να διαμορφωθεί μία πόλη. Όσο πιο περίπλοκος είναι ο αλγόριθμος που έχει αναπτυχθεί, τόσο πιο σύνθετη είναι η δομή του μοντέλου που προκύπτει.



Εικόνα 6.5: Χρήση της γραμματικής CGA για την παραγωγή αστικού τοπίου με συγκεκριμένο αρχιτεκτονικό πρότυπο κτηρίου (Πηγή: Muller et al, 2006)



Εικόνα 6.6: Χρήση της γραμματικής CGA για την αναπαράσταση της παλιάς πόλης της Πομπηίας (Πηγή: Muller et al, 2006)

7. CityEngine

7.1.Εισαγωγή στο CityEngine

Τον Ιούλιο του 2011, η εταιρεία ESRI απέκτησε την εταιρεία Procedural, τη δημιουργό του λογισμικού προγράμματος CityEngine. Το CityEngine αποτελεί σχεδιαστικό εργαλείο που επιτρέπει την τρισδιάστατη μοντελοποίηση κανονιστικά. Ουσιαστικά συνδυάζει τη γεωμετρία και τα χαρακτηριστικά των αρχικών διδιάστατων δεδομένων μαζί με τη χρήση κανόνων για την τελική παραγωγή 3D μοντέλων πόλεων. Μέχρι πρόσφατα, οι χρήστες του λογισμικού ArcGIS μπορούσαν να επεξεργάζονται τα δεδομένα δύο διαστάσεων και η εισαγωγή του CityEngine επέτρεψε την παραγωγή τρισδιάστατων προϊόντων, προσφέροντας ευελιξία και σημαντική οικονομία χρόνου και κόστους.

Το συγκεκριμένο λογισμικό χρησιμοποιείται ευρέως από πολλά πεδία και επαγγελματίες. Σε αυτά περιλαμβάνονται τα ακόλουθα: ο πολεοδομικός σχεδιασμός και η αρχιτεκτονική, τομείς της τοπικής αυτοδιοίκησης, ο κινηματογράφος και οι βιομηχανίες ηλεκτρονικών παιχνιδιών και η προσομοίωση περιβάλλοντος.

Σε αυτήν την ενότητα γίνεται αναλυτική περιγραφή του περιβάλλοντος χρήσης του CityEngine, των βασικών χαρακτηριστικών του, καθώς και των τεχνικών που προσφέρει για τρισδιάστατη μοντελοποίηση.

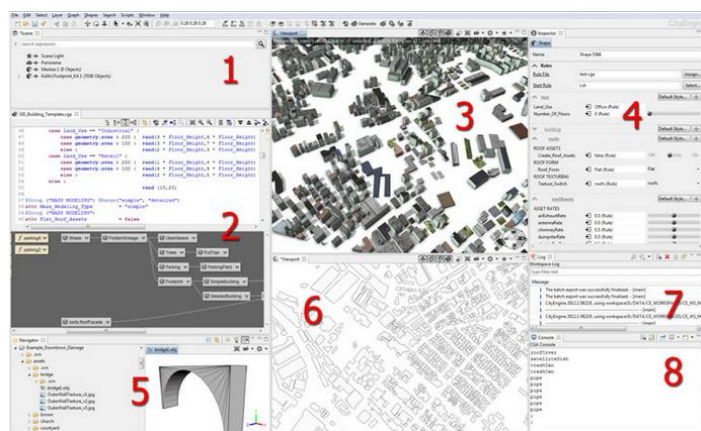
7.2.Περιβάλλον Εργασίας Λογισμικού (User Interface)

Scene Editor

Ο Scene Editor είναι το παράθυρο στο οποίο πραγματοποιείται η διαχείριση της σκηνής. Πιο συγκεκριμένα, τα δεδομένα είναι οργανωμένα σε θεματικά επίπεδα (layers). Όταν δημιουργείται ένα νέο project, δημιουργούνται αυτόματα δύο βασικά θεματικά επίπεδα με τις εξής ονομασίες: Scene Light και Panorama. Γενικά, υπάρχουν πέντε διαφορετικά είδη θεματικών επιπέδων που μπορούν να δημιουργηθούν στο περιβάλλον του CityEngine και αυτά είναι:

- Environment Layers: σε αυτήν την ομάδα θεματικών επιπέδων ανήκουν τα προαναφερόμενα επίπεδα Scene Light και Panorama, που αφορούν το φωτισμό και το περιβάλλον της σκηνής.
- Map Layers: το συγκεκριμένο θεματικό επίπεδο περιλαμβάνει τους χάρτες και τις εικόνες που εισάγονται.
- Graph Layers: τα θεματικά επίπεδα γραφημάτων περιέχουν το οδικό δίκτυο και το σύνολο των οικοδομικών τετραγώνων που δημιουργούνται σε μία σκηνή.
- Shape Layers: αυτό το θεματικό επίπεδο περιλαμβάνει όλα τα στατικά σχήματα που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία μοντέλων με τη χρήση των CGA κανόνων.

Άλλες δυνατές λειτουργίες που παρέχονται μέσω του Scene Editor είναι η διαγραφή ή αντιγραφή υπάρχοντων θεματικών επιπέδων και των περιεχόμενων αντικειμένων τους, καθώς και η ρύθμιση της ορατότητας αυτών στη βασική σκηνή.



Εικόνα 7.1: CityEngine User Interface (1: Scene Editor, 2: CGA rule editor, 3: 3D Viewport, 4: Inspector, 5: Navigator, 6: Second 3D Viewport, 7: Log Window for messages, 8: Console for printed text output) (Πηγή: <http://www.esri.com/>)

Navigator

Ο Navigator ή Πλοηγός είναι ο χώρος εργασίας στον οποίο ο χρήστης διαχειρίζεται τα συνοδευόμενα αρχεία του project. Με τη δημιουργία ενός νέου project, εμφανίζονται αυτόματα οι εξής φάκελοι αρχείων που εξυπηρετούν την οργάνωση όλων των δεδομένων:

- **Assets:** τα αρχεία που αποθηκεύονται σε αυτόν τον φάκελο έχουν διάφορες μορφές αρχείων (π.χ. OBJ, TIFF, JPG) και χρησιμοποιούνται εντός των CGA κανόνων για τη σύνθεση των τρισδιάστατων μοντέλων, όπως για παράδειγμα τη προσθήκη υφής στην πρόσοψη ενός κτηρίου.
- **Data:** η αποθήκευση πρόσθετων δεδομένων γίνεται συνήθως σε αυτόν τον φάκελο, ιδιαίτερα όταν πρόκειται για μοντέλα που έχουν δημιουργηθεί σε άλλο περιβάλλον λογισμικού. Στην σκηνή του CityEngine εισέρχονται συνήθως ως σχήματα, επί των οποίων μπορεί να γίνει περαιτέρω επεξεργασία με τη χρήση κανόνων.
- **Images:** ο φάκελος των εικόνων χρησιμοποιείται συνήθως για την αποθήκευση στιγμιότυπων της σκηνής του CityEngine.
- **Maps:** αρχεία χαρτών είναι αυτά που αποθηκεύονται σε αυτόν τον φάκελο. Συνήθως περιλαμβάνονται χάρτες για τη δημιουργία του αναγλύφου ή του εντοπισμού των υδάτινων περιοχών (height-maps or water-maps), αλλά και ορθοφωτοχάρτες της περιοχής ενδιαφέροντος (πηγή Google Maps, Bing Maps, Open Street Maps, O.K.X.E., Κτηματολόγιο).
- **Models:** σε αυτόν τον φάκελο αποθηκεύονται όλα τα εξαγόμενα τρισδιάστατα μοντέλα σε μορφή FBX, dae, obj και άλλες υποστηριζόμενες μορφές αρχείων του CityEngine.

- **Rules:** η αποθήκευση των αρχείων κανόνων (CGA shape grammar rule files, .cga) πραγματοποιείται σε αυτόν τον φάκελο.
- **Scenes:** τέλος η σκηνή που δημιουργούνται στο CityEngine αποθηκεύονται στον φάκελο των σκηνών με κατάληξη αρχείου .cej.

Σκόπιμο κρίνεται να γίνει χρήση αυτών των φακέλων για την ορθότερη οργάνωση των δεδομένων, με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι γρήγορη η εύρεσή τους από τον χρήστη.

Rule Editor

Για τη δημιουργία ή την επεξεργασία ενός αρχείου κανόνα είναι απαραίτητη η χρήση του CGA Rule Editor. Συντακτικά λάθη επισημαίνονται με κατάλληλο τρόπο εντός του συγκεκριμένου επεξεργαστή κανόνων. Η αντιστοίχιση ενός αρχείου κανόνα (.cga) απαιτεί την προεπιλογή των αντικειμένων - σχημάτων. Μετά την πραγματοποίηση αυτού του βήματος είναι δυνατή η παραγωγή των 3D μοντέλων με το εργαλείο "Generate" του CityEngine.

Viewport

Το Viewport είναι το βασικό παράθυρο απεικόνισης των μοντέλων και πλοήγησης εντός αυτών. Ο αριθμός αυτών των παραθύρων ποικίλει ανάλογα τις σκηνές που πρέπει να προβάλλονται ταυτόχρονα. Επιπλέον, τα τρισδιάστατα μοντέλα μπορούν να αποδοθούν με διαφορετικούς τρόπους για καλύτερο φωτισμό, με προσθήκη σκίασης ή συγκεκριμένης υφής. Επιτρέπεται ακόμα η εστίαση στα επιθυμητά αντικείμενα της σκηνής, αλλά και η αποθήκευση σελιδοδείκτη για συχνά χρησιμοποιούμενα μέρη μίας σκηνής.

Inspector

Το βασικό εργαλείο για την επεξεργασία και την προβολή των αντικειμένων μίας σκηνής είναι ο Inspector. Με την επιλογή ενός αντικειμένου ανοίγει το παράθυρο του Inspector, το οποίο προσαρμόζεται ανάλογα τον τύπο του επιλεγμένου αντικειμένου και αναπαριστά διαφορετικές πληροφορίες. Παρουσιάζει όλα τα χαρακτηριστικά και τις παραμέτρους για το αντικείμενο, καθώς και τον κανόνα που έχει αποδοθεί σε αυτό, επιτρέποντας τη μεταβολή τους. Στην περίπτωση που δεν έχει αποδοθεί κάποιο αρχείο κανόνα, μπορεί να εισαχθεί από το κατάλληλο πεδίο εντός του Inspector. Σημαντικό πλεονέκτημα που προσφέρεται μέσω του CityEngine είναι η επεξεργασία συλλογής αντικειμένων με κοινά χαρακτηριστικά, σε αλληλεπίδραση με την απεικόνιση της τροποποίησης, με ευκολία και αμεσότητα.

Log for Errors

Το συγκεκριμένο παράθυρο μπορεί να επιλεγθεί προς εμφάνιση ώστε να παρουσιαστούν όλα τα αρχεία καταγραφής του CityEngine. Απλές ενημερώσεις και σφάλματα προβάλλονται υπό τη μορφή ενημερωτικών μηνυμάτων. Επομένως, είναι

δυνατός ο εντοπισμός του προβλήματος σε περίπτωση που δεν πραγματοποιούνται οι ενέργειες που προβλέπονται.

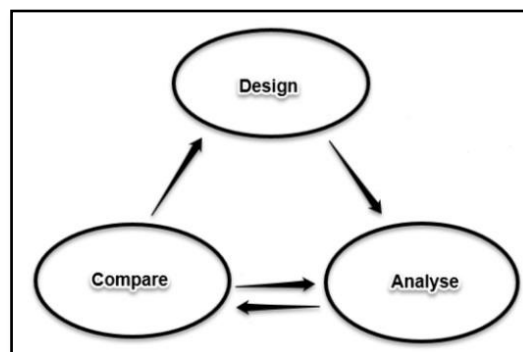
7.3.Βασικά Χαρακτηριστικά Γνωρίσματα

Τα κύρια χαρακτηριστικά γνωρίσματα του λογισμικού CityEngine συνοψίζονται ως εξής:

- Παραμετρικά εργαλεία αστικού σχεδιασμού: τα εργαλεία που προσφέρονται στο CityEngine επιτρέπουν τη δημιουργία λεπτομερών μοντέλων και πόλεων σε μικρό χρόνο. Οι παράμετροι που ορίζονται για κάθε χαρακτηριστικό ενός μοντέλου μπορούν να μεταβληθούν εύκολα με ταυτόχρονη οπτική αναπληροφόρηση των τροποποιήσεων που γίνονται. Αυτό προσφέρει τη δυνατότητα στο χρήστη να σχεδιάσει ένα αστικό τοπίο συμπεριλαμβανομένου τους δρόμους, τα οικοδομικά τετράγωνα και τις δομές επί αυτών με λειτουργικό και εύκολο τρόπο.
- Κανονιστική μοντελοποίηση: ο συγκεκριμένος όρος χρησιμοποιείται για τη δημιουργία μοντέλων με τη χρήση κανόνων. Στο CityEngine χρησιμοποιούνται CGA (Computer Generated Architecture) κανόνες, με τους οποίους δημιουργούνται πολύπλοκα μοντέλα τόσο μικρής έκτασης (π.χ. ένα κτήριο), όσο και μεγαλύτερης (π.χ. πόλη).
- Προσαρμοζόμενο περιβάλλον εργασίας χρήστη: όπως παρουσιάστηκε στην προηγούμενη ενότητα, το περιβάλλον εργασίας εντός του CityEngine αποτελείται από αρκετά διαφορετικά πεδία, τα οποία μπορούν να αναδιαταχθούν κατά τη βούληση του χρήστη.
- City Wizard: ο City Wizard είναι ένας οδηγός για την εύκολη δημιουργία ενός αστικού τοπίου με χρήση προκαθορισμένων προτύπων που υπάρχουν στο CityEngine.
- Υποστήριξη διάφορων τύπων αρχείων: το CityEngine είναι ένα λογισμικό το οποίο υποστηρίζει διάφορους τύπους αρχείων που έχουν παραχθεί από διαφορετικά λογισμικά. Επομένως, ένας χρήστης μπορεί να εισάγει αρχεία εικόνων και διανυσματικών διδιάστατων δεδομένων (π.χ. τα οδικά δίκτυα και τα ίχνη πόλης από το Open Street Map, διανυσματικά δεδομένα όπως δρόμους, αποτυπώματα κτηρίων συνοδευόμενα από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους από λογισμικά G.I.S. σε μορφή shape file, χάρτες για την αναπαράσταση του αναγλύφου και άλλα). Ακόμη, το CityEngine υποστηρίζει τρισδιάστατα αρχεία στις μορφές .OBJ, 3DS, DFX, FBX και Collada. Εκτός από την εισαγωγή αυτών των αρχείων είναι δυνατή και η εξαγωγή των μοντέλων στις αντίστοιχες μορφές για περαιτέρω επεξεργασία και ανάλυση.
- Façade Wizard: ο συγκεκριμένος οδηγός χρησιμοποιείται για τη δημιουργία προσόψεων από μία εικόνα. Με τη χρήση αυτής της μεθόδου, ο χρήστης διαχωρίζει την εικόνα, ο κανόνας γράφεται αυτόματα σε ένα αρχείο και μπορεί να εφαρμοστεί σε διάφορα εξωθούμενα κτήρια.

- Παραγωγή αναφορών (Report generation): μία χρήσιμη λειτουργία του CityEngine είναι η παραγωγή αναφορών για στοιχεία που ενδιαφέρουν στη μελέτη και ανάλυση του αστικού σχεδιασμού που πραγματοποιείται. Για παράδειγμα, μπορεί να εξαχθεί το ποσοστό κάλυψης του γεωτεμαχίου από το κτήριο ή το εμβαδό κάθε ορόφου (GFA, FAR, κ.τλ.). Η εξαγωγή αυτών των στοιχείων μπορεί να πραγματοποιηθεί, συμπεριλαμβάνοντας μία εντολή στον κανόνα (report), για όλα τα στοιχεία που ενδιαφέρει τον μελετητή. Επίσης, τυχόν αλλαγές που γίνονται στα μοντέλα, αντικατοπτρίζονται με αυτές τις αριθμητικές τιμές.
- Script μέθοδοι: το CityEngine παρέχει ακόμη τη δυνατότητα απόδοσης μεταδεδομένων για τα παραγόμενα μοντέλα μέσω γλώσσας προγραμματισμού Python. Για παράδειγμα, επειδή εκλείπει η δυνατότητα επιλογής ορισμένων αντικειμένων βάσει συγκεκριμένων ιδιοτήτων με κάποιο εργαλείο του CityEngine, είναι δυνατόν να λάβει χώρα η συγκεκριμένη λειτουργία με τη χρήση της γλώσσας Python.

Με την ολοκλήρωση του έργου ενός τρισδιάστατου μοντέλου πόλης ή σε συγκεκριμένο σημείο του σχεδιασμού για έλεγχο των αποτελεσμάτων, είναι δυνατή η εξαγωγή του εντός μίας γεωβάσης (geo-Database) και χρήση αυτής για περαιτέρω ανάλυση εντός του λογισμικού προγράμματος ArcGIS 3D Analyst. Για παράδειγμα, μπορεί να πραγματοποιηθεί ανάλυση ορατότητας, ανάλυση του ηλιακού φωτός ή ανάλυση σκίασης κατά τη διάρκεια της ημέρας (analysis of visibility, analysis of sunlight, impact of the shadows of buildings during the day) στο ArcGIS 3D Analyst και στη συνέχεια να προστεθεί μέσω μίας γεωβάσης και πάλι στο CityEngine. Επομένως, το CityEngine είναι ένα λογισμικό, όχι μόνο απεικόνισης, αλλά γεωσχεδιασμού στις τρεις διαστάσεις. Με τον όρο "γεωσχεδιασμός" (geodesign) εννοείται η επαναληπτική διαδικασία σχεδιασμού, κατά την οποία αναλύονται οι επιπτώσεις των αποφάσεων που έχουν ληφθεί σε σχεδόν πραγματικό χρόνο, γεγονός το οποίο καθιστά ικανή την ορθή συνέχιση του σχεδιασμού.



Εικόνα 7.2: Ροή επαναληπτικής διαδικασίας σχεδιασμού στο CityEngine

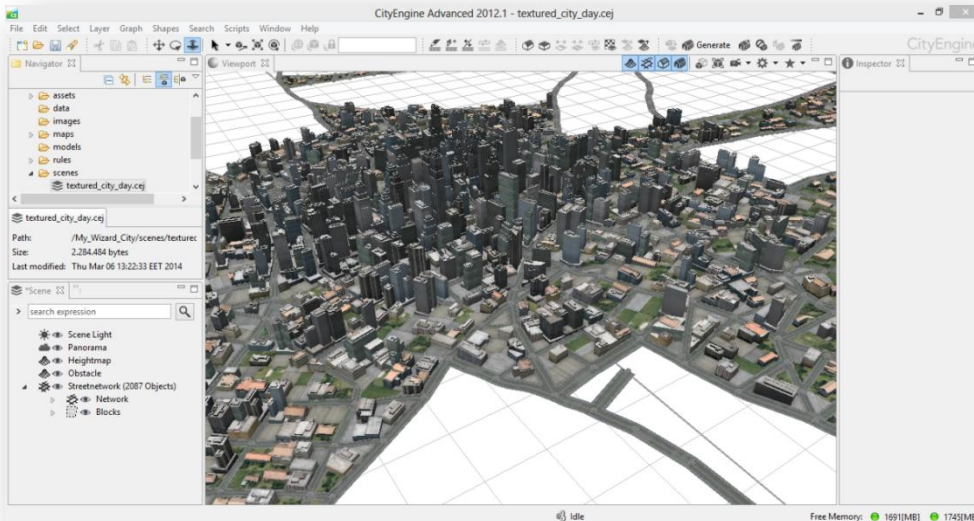
7.4.Ροή Εργασίας στο CityEngine

Τα βασικά βήματα που πρέπει ένας χρήστης του CityEngine να ακολουθήσει είναι αυτά που αναφέρονται στη συνέχεια και αποτελούν την κύρια ροή εργασίας στο

συγκεκριμένο περιβάλλον. Αρχικά, δημιουργείται ένα νέο project (New Project) με παράλληλη αυτόματη δημιουργία των συνοδευόμενων φακέλων στο παράθυρο του Navigator. Στη συνέχεια μπορεί να παραχθεί μία κενή σκηνή (New Scene) επί της οποίας δημιουργούνται νέα μοντέλα.

Ο πιο εύκολος τρόπος για την δημιουργία μίας πόλης και την εισαγωγή στις λειτουργίες της κανονιστικής μοντελοποίησης είναι η χρήση του οδηγού City Wizard που παρέχεται στο CityEngine. Αρχικά, ορίζεται το όνομα και το μέγεθος της πόλης που επιθυμείται να δημιουργηθεί και η επιλογή γίνεται ανάλογα τη δυνατότητα υποστήριξης του υπολογιστικού συστήματος που χρησιμοποιείται. Στη συνέχεια, προκειμένου να δημιουργηθεί το έδαφος και προαιρετικά το ανάγλυφο της περιοχής χρησιμοποιούνται εικόνες - χάρτες που ονομάζονται map layers. Πιο συγκεκριμένα, εισέρχεται μία ασπρόμαυρη εικόνα με κωδικοποιημένη πληροφορία του υψομέτρου του εδάφους (heightmap), μία εικόνα από την οποία θα αποδοθεί η υφή (texture map) και μία εικόνα που χρησιμεύει στην ορθή ανάπτυξη του οδικού δικτύου ώστε να αποφεύγονται ορισμένες περιοχές, όπως για παράδειγμα υδάτινες περιοχές (obstacle map).

Όσον αφορά την ανάπτυξη και την επεξεργασία του οδικού δικτύου, το CityEngine προσφέρει διάφορα χρήσιμα εργαλεία. Η αυτόματη ανάπτυξη του οδικού δικτύου μέσω του City Wizard γίνεται με την επιλογή του επιθυμητού προτύπου. Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει μεταξύ του προεπιλεγμένου προτύπου, το ακτινικό, το σπειρωτό ή το εξαγωνικό πρότυπο, αλλά και πρότυπα που βασίζονται σε χώρες (Βερολίνο, Βαρκελώνη, Σιένα και Σαν Φρανσίσκο). Ως εναλλακτική περίπτωση μπορεί να εισαχθούν διδιάστατα γραφικά δεδομένα σε μορφή που υποστηρίζεται από το CityEngine (Open Street Maps, shape files κ.ά.). Τελικό στάδιο για την παραγωγή του μοντέλου πόλης είναι η χρήση των CGA κανόνων, οι οποίοι αναδεικνύουν την ισχύ της κανονιστικής μοντελοποίησης. Η πολυπλοκότητα των κανόνων συνεπάγεται σύνθετο μοντέλο πόλης. Αντίθετα, ένα απλό μοντέλο προκύπτει με τη χρήση ενός έτοιμου προτύπου του οδηγού City Wizard (textured city, textured city by night, schematic city, science fiction city). Ο χρήστης μπορεί να επεξεργαστεί διαδραστικά τα μοντέλα που έχουν παραχθεί μέσω του αντίστοιχου παραθύρου "Inspector" του CityEngine, στο οποίο παρουσιάζονται όλες οι παράμετροι και τα χαρακτηριστικά.



Εικόνα 7.3: Μοντέλο πόλης από τη χρήση του οδηγού City Wizard

7.5. Façade Wizard

Ο οδηγός Façade wizard είναι ο τρόπος για τη μοντελοποίηση ενός κτηρίου με τη χρήση μίας εικόνας. Αντί για την κατασκευή του αρχείου κανόνα, σε αυτήν την διαδικασία αντιστρέφεται η ροή και ο κανόνας γράφεται σιωπηλά. Το αποτέλεσμα είναι ένα τρισδιάστατο μοντέλο με υφή στην πρόσοψή του. Αυτού του είδους η ανάλυση δημιουργίας τρισδιάστατου μοντέλου από μία εικόνα περιλαμβάνεται στις top-down προσεγγίσεις μοντελοποίησης.

Αρχικά, επιλέγεται η εικόνα και εισάγεται στο περιβάλλον του Façade wizard, η οποία έχει τραβηχτεί από το έδαφος ή από τον αέρα με καλή ανάλυση και χωρίς θόρυβο. Σε αυτό υπάρχουν τα κατάλληλα εργαλεία για την επεξεργασία της εικόνας ώστε να προκύψει το επιθυμητό αποτέλεσμα. Γίνεται η προσθήκη διασπάσεων με ιεραρχική σειρά και πιθανών επαναλήψεων της πρόσοψης. Πιο συγκεκριμένα, ο διαχωρισμός ορόφων και ανοιγμάτων (παράθυρα, πόρτες) είναι απαραίτητα βήματα. Επιπλέον, μπορεί να δοθεί η αίσθηση του βάθους σε ορισμένα στοιχεία ή το αντίθετο, δηλαδή να πραγματοποιηθεί εξώθηση ενός στοιχείου προς το εξωτερικό της πρόσοψης (π.χ. δημιουργία προβόλου). Αφού λάβουν χώρα όλες οι διεργασίες αποθηκεύεται η προκύπτουσα πρόσοψη και αναδύεται ένα παράθυρο για τη δημιουργία του αντίστοιχου αρχείου κανόνα CGA αυτόματα.

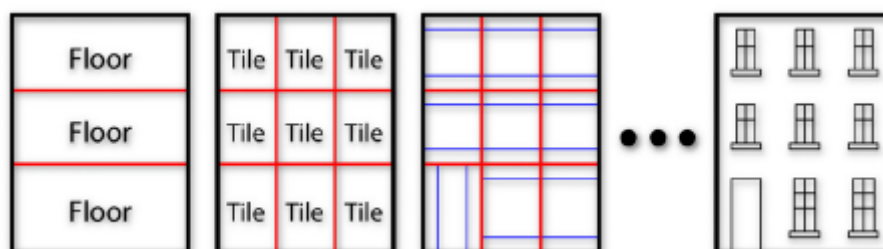
7.5.1. Λεπτομερής περιγραφή της μεθόδου Façade Wizard

Η σύγχρονη εποχή που διανύεται καθιστά απαραίτητη τη φωτορεαλιστική μοντελοποίηση των πόλεων σε τομείς όπως τη βιομηχανία του κινηματογράφου και των ηλεκτρονικών παιχνιδιών, τον αστικό σχεδιασμό και την προσομοίωση σε διάφορες περιπτώσεις (π.χ. προσομοίωση διάσωσης σε εκδήλωση πυρκαγιάς), αλλά και σε υπηρεσίες χαρτών όπως το Google Earth, Microsoft Virtual Earth (Bing Maps)

και Apple Maps. Ωστόσο, παρατηρείται αυξημένη χρήση της μοντελοποίησης με βάση αεροφωτογραφίες, διαδικασία η οποία έχει το μειονέκτημα της κακής οπτικής ανάλυσης όταν γίνεται εστίαση στο έδαφος. Η ανάλυση μίας εικόνας προσόψεως κτηρίου (ή και περισσοτέρων) σε συνδυασμό με τις αρχές της κανονιστικής μοντελοποίησης επιλέγεται για την δημιουργία τρισδιάστατου μοντέλου κτηρίου υψηλής ακρίβειας. Το πλεονέκτημα που προσφέρει αυτή η μέθοδος είναι η ανακατασκευή μοντέλων από χαμηλής ανάλυσης εικόνες, η δημιουργία προσόψων κτηρίων από επίγειες λήψεις υψηλής ακρίβειας, καθώς και η αυτόματη παραγωγή κανόνων γραμματικής (CGA grammars) μέσω της επεξεργασίας της εικόνας σε κατάλληλο λογισμικό περιβάλλον, όπως είναι το CityEngine.

Επομένως, με δεδομένο εισόδου μία μόνο εικόνα προσόψεως κτηρίου είναι δυνατόν να δημιουργηθεί ένα τρισδιάστατο μοντέλο με υψηλή ανάλυση, ποιότητα και σημασιολογική πληροφορία. Αυτό αποτελεί θεμελιώδες πλεονέκτημα, αφού σε μικρό χρόνο μπορεί να δημιουργηθεί ένα μοντέλο πόλεως. Αξίζει να σημειωθεί ότι δεν ορίζονται συγκεκριμένες προδιαγραφές για τις εικόνες εισόδου, όπως ανάλυση ή θέση λήψης. Επιπλέον, η συγκεκριμένη προσέγγιση μοντελοποίησης ανήκει στην κατηγορία των top-down μοντελοποιήσεων, δεδομένου ότι μέσω της ανάλυσης της εικόνας προκύπτουν λεπτομερή στοιχεία ενός κτηρίου (διαχωρισμός σε ορόφους, επιμέρους τμήματα, παράθυρα, κ.τ.λ.).

Τα στάδια που ακολουθούνται κατά τη διαδικασία του facade modeling συνοψίζονται ως εξής: α) Προσδιορισμός της δομής της πρόσοψης του κτηρίου, β) Καθορισμός επιμέρους στοιχείων (tiles), γ) αναγνώριση λεπτομερών στοιχείων, δ) επεξεργασία και εξαγωγή του κανόνα γραμματικής (CGA rule).

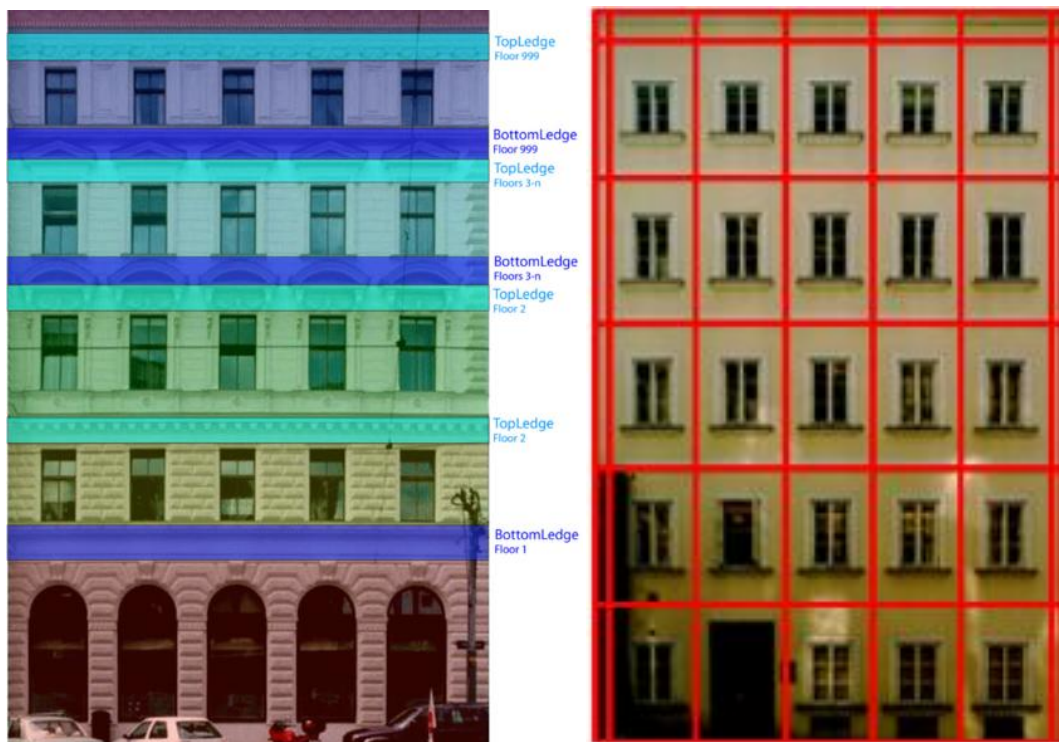


Εικόνα 7.4: Ιεραρχική διάσπαση της προσόψεως κτηρίου (Πηγή: Muller et al, 2006)

Αρχικά, πραγματοποιείται η εισαγωγή της εικόνας για την πρόσοψη του κτηρίου, η οποία διορθώνεται εντός του λογισμικού CityEngine. Σκοπός του πρώτου σταδίου είναι η αναγνώριση της δομής της πρόσοψης ώστε να διαιρεθεί στα συστατικά της στοιχεία με τον κατάλληλο τρόπο. Ο χρήστης επιλέγει το διαχωρισμό της πρόσοψης κατακόρυφα και οριζόντια, δημιουργώντας τους επιμέρους ορόφους και τα μικρότερα πεδία που ονομάζονται tiles. Επιπλέον, ελέγχει για τυχόν συμμετρία στην εικόνα, όπως όμοιους ορόφους ή ίδια tiles. Το σύνηθες είναι να υπάρχει ομοιότητα μεταξύ των ορόφων με εξαίρεση τον κατώτατο και τον ανώτερο όροφο. Επιπλέον, οι όροφοι εμφανίζουν συχνά παρόμοια ακολουθία επαναλαμβανόμενων μοτίβων ή tiles. Άρα, η συμμετρία παρατηρείται τόσο στον κατακόρυφο όσο και στον οριζόντιο άξονα.



Εικόνα 7.5: Πρόσοψη κτηρίου (αριστερά), Διάσπαση της προσόψεως του κτηρίου κατά τον οριζόντιο άξονα (δεξιά), (Πηγή: Muller et al, 2006)



Εικόνα 7.6: Ορισμός περισσότερων λεπτομερειών στη πρόσοψη (αριστερά), Διάσπαση της προσόψεως σε πλάκες (tiles) (δεξιά) (Πηγή: Muller et al, 2006)

Στη συνέχεια, λαμβάνει χώρα ο διαχωρισμός σε επιμέρους στοιχεία των διακεκριμένων tiles. Όπως παρουσιάζεται και στην εικόνα, ο διαχωρισμός γίνεται με ιεραρχικό τρόπο. Επιπλέον, είναι σημαντικό να γίνει έλεγχος για επαναλήψεις παρόμοιων tiles ώστε σε λιγότερο χρόνο να ολοκληρωθεί η μοντελοποίηση της πρόσοψης του κτηρίου, χωρίς την απαίτηση πραγματοποίησης αυτού του σταδίου για όλα τα διηρημένα tiles. Με αυτόν τον τρόπο, αποφεύγεται η χρήση στοιχείων που επηρεάζονται από θόρυβο εικόνας (π.χ. σκίαση ή απόκρυψη λεπτομέρειας λόγω βλάβστησης) και το οπτικό αποτέλεσμα είναι αρκετά ικανοποιητικό.



Εικόνα 7.7: Οι πλάκες διαχωρίζονται ιεραρχικά (Πηγή: Muller et al, 2006)

Επιπρόσθετα, σε πολλές περιπτώσεις είναι αναγκαία η λεπτομερής αναπαράσταση του τρισδιάστατου μοντέλου του κτηρίου. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται μοντελοποιημένα 3D αρχιτεκτονικά στοιχεία, τα οποία αντιστοιχίζονται στα αναγνωρισμένα στοιχεία της πρόσοψης. Για παράδειγμα, μπορεί να μοντελοποιηθεί σε περιβάλλον λογισμικού Google Sketch up το γείσο ενός παραθύρου, το οποίο στη συνέχεια εισέρχεται στο μοντέλο της πρόσοψης, για την απόδοση του μοντέλου με αυξημένη λεπτομέρεια.

Το τελικό αποτέλεσμα είναι το μοντέλο του κτηρίου, όπως προέκυψε από μία εικόνα της πρόσοψης, στο οποίο αποδόθηκαν τα βασικά χαρακτηριστικά στοιχεία. Για την απόδοση του βάθους ορισμένων στοιχείων (π.χ. πρόβολος) μπορεί να χρησιμοποιηθούν χειροκίνητες μέθοδοι. Ένας άλλος τρόπος είναι με την επεξεργασία του κανόνα γραμματικής, ο οποίος κατά τη διαδικασία facade modeling κατασκευάζεται σιωπηρά και μπορεί να χρησιμοποιηθεί περαιτέρω μετά το πέρας των ενεργειών που προαναφέρθηκαν, ακόμα και για διαφορετικά αποτυπώματα κτηρίων.



Εικόνα 7.8: Το αποτέλεσμα της μοντελοποίησης με τη χρήση του Façade Wizard (Muller et al, 2006)

7.6.Rule-based Modeling (CGA Grammar)

Γενικά, η βάση της κανονιστικής μοντελοποίησης έγκειται στη χρήση κανόνων γραμματικής για τη μοντελοποίηση αντικειμένων σε μικρότερο χρόνο από τον απαιτούμενο στις κλασικές μεθόδους μοντελοποίησης. Το CityEngine είναι ένα σύστημα για τη μοντελοποίηση ολόκληρων πόλεων χρησιμοποιώντας συγκριτικά μικρό αριθμό στατιστικών και γεωγραφικών δεδομένων εισόδου και είναι ελεγχόμενο από τον χρήστη. Το λογισμικό αυτό υποστηρίζει τη χρήση CGA κανόνων για τη δημιουργία κτηριακών μοντέλων, οι οποίοι χρησιμοποιούμενοι επαναληπτικά, βελτιώνουν το αποτέλεσμα με την προσθήκη περισσότερης λεπτομέρειας στα μοντέλα. Στην αρχή απαιτείται περισσότερος χρόνος για τη δημιουργία του κανόνα, αλλά αφότου ολοκληρωθεί το αρχείο του κανόνα είναι πιο εύκολη και γρήγορη η μοντελοποίηση σε σύγκριση με τις χειροκίνητες τεχνικές. Ένα αρχείο κανόνα αποτελείται από πολλούς κανόνες, οι οποίοι περιγράφουν τη γεωμετρία του κτηρίου. Προκειμένου να παραχθεί το τρισδιάστατο μοντέλο, εκχωρείται ένα αρχείο κανόνα σε ένα αρχικό διδιάστατο σχήμα συνήθως, που αποτελεί το αποτύπωμα του κτηρίου. Όπως έχει προαναφερθεί, η δημιουργία του κανόνα πραγματοποιείται εντός του Rule editor.



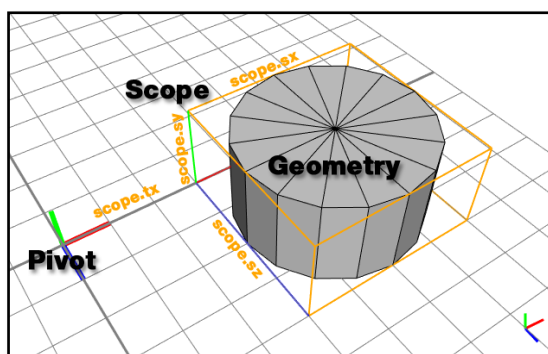
Εικόνα 7.9: Ιεραρχική δημιουργία τρισδιάστατου μοντέλου κτηρίου με τη χρήση γραμματικής CGA στο CityEngine (Πηγή: <http://www.esri.com/>)

Αρχικά, ορίζονται όλες οι παράμετροι του κτηρίου που μοντελοποιείται (rule attributes, χρήση του προθέματος "attr" εντός του κανόνα για να οριστεί μία παράμετρος), οι οποίες στη συνέχεια γίνεται να τροποποιηθούν μέσω του Inspector και το αποτέλεσμα είναι άμεσα ορατό στον χρήστη (real-time update). Η αναγνώριση

ένος αρχείου CGA κανόνα γίνεται από την κατάληξη .cga. Πρέπει να σημειωθεί ότι κάθε πρώιμο σχήμα (shape) έχει συγκεκριμένο αρχικό κανόνα (start rule), ο οποίος πρέπει να οριστεί για να τεθεί σε ενέργεια το αρχείο κανόνα.

Αρχικό Σχήμα (Initial Shape)

Η χρήση του όρου "shape" στην κανονιστική μοντελοποίηση με CGA γραμματική σχήματος αναφέρεται στα αρχικά σχήματα, από τα οποία προκύπτουν τα μοντέλα, αφού προηγηθεί η ενεργοποίηση του αρχείου κανόνα. Κάθε αρχικό σχήμα έχει ένα συγκεκριμένο όνομα και γεωμετρία, οριοθετημένη με ορισμένο τρόπο (scope). Αναλυτικότερα, ένα σχήμα αποτελείται από τα εξής χαρακτηριστικά γνωρίσματα:



Εικόνα 7.10: Το πεδίο και η γεωμετρία του σχήματος: ορίζουν τους τρεις άξονες X, Y, Z και ένα μέγεθος S και δημιουργείται το πεδίο που περιβάλλει το σχήμα (Πηγή: <http://www.esri.com/>)

- ✚ Σύμβολο ή Όνομα (Shape Symbol ή Rule Name): Το όνομα που χρησιμοποιείται είναι βασικό καθώς ο κανόνας που περιέχει το αντίστοιχο όνομα χρησιμοποιείται για την παραγωγή του ανάδοχου σχήματος.
- ✚ Λίστα παραμέτρων (Parameters): Κάθε σχήμα συνοδεύεται από ορισμένες παραμέτρους, οι οποίες πρέπει να οριστούν εντός του αρχείου κανόνα.
- ✚ Χαρακτηριστικά (Attributes): Αυτά αφορούν την περιγραφή του αρχικού σχήματος και δύναται να επεξεργαστούν μέσω των διεργασιών του κανόνα. Θεμελιώδη χαρακτηριστικά αποτελούν η γεωμετρία (Geometry), το πεδίο έκτασης (Scope) και το σύστημα συντεταγμένων (Pivot). Η γεωμετρία είναι ένα αυθαίρετο πολυγωνικό πλέγμα στο οποίο περιλαμβάνονται το υλικό, το χρώμα και η υφή του αντικειμένου που περιγράφεται. Το πεδίο έκτασης αντιπροσωπεύει το προσανατολισμένο πλαίσιο του σχήματος στο χώρο και ορίζεται από τρία διανύσματα, διάνυσμα θέσης t (.tx, .ty, .tz), διάνυσμα περιστροφής r (.rx, .ry, .rz) και διάνυσμα μεγέθους s (.sx, .sy, .sz). Κάθε διάνυσμα έχει εφαρμογή στις τρεις διαστάσεις και σχετίζεται άμεσα με το σύστημα συντεταγμένων, το οποίο με τη σειρά του περιγράφει τη θέση του σχήματος μέσω του διανύσματος θέσης p (.px, .py, .pz) και του διανύσματος προσανατολισμού o (.ox, .oy, .oz).

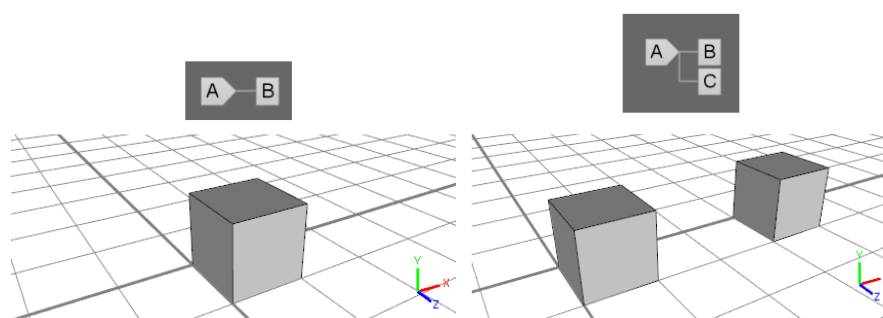
Δημιουργία και Εφαρμογή Κανόνα (Rule Application)

Ο όρος CGA (Computer Generated Architecture) χρησιμοποιείται για να υποδείξει την γλώσσα προγραμματισμού που χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη των κανόνων και την παραγωγή τρισδιάστατου περιεχομένου. Βασικές γνώσεις προγραμματισμού απαιτούνται για τη συγγραφή των κανόνων όσο και για την τροποποίηση των παραδειγμάτων που προσφέρονται μέσω του CityEngine. Στο περιβάλλον του λογισμικού, ο κανόνας δημιουργείται και αναπαρίσταται είτε σε μορφή κειμένου (textually) είτε σε γραφική μορφή (node-based). Λάθη σύνταξης του κανόνα επισημαίνονται στο παράθυρο του Rule Editor και προσφέρεται κατάλληλη βοήθεια για τη διόρθωσή τους.

Η θεμελιώδη ιδέα της κανονιστικής μοντελοποίησης με τη χρήση κανόνα είναι η αντικατάσταση ενός αρχικού σχήματος με τη δημιουργία ενός τρισδιάστατου μοντέλου. Η διαδικασία που ακολουθείται έχει ως αποτέλεσμα συγκεκριμένη δομή των δεδομένων που καλείται ιεραρχία μοντέλου (shape tree). Για να γίνει κατανοητή η έννοια της χρήσης κανόνα για την παραγωγή μοντέλων ακολουθεί σύντομη επεξήγηση με ορισμένα απλοποιημένα παραδείγματα.

PredecessorShape --> Successor ή

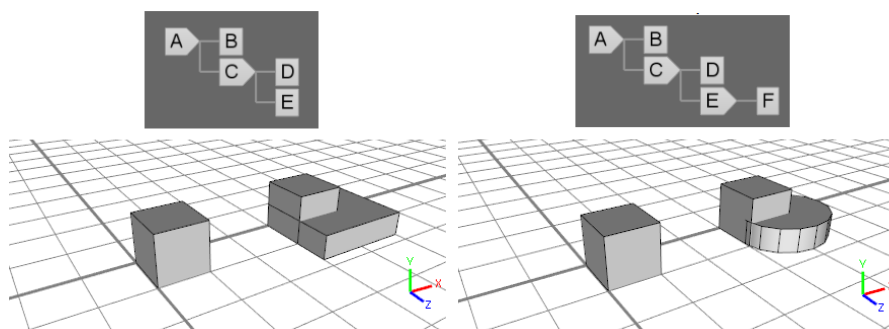
$A \rightarrow B$: Σε αυτόν τον απλό κανόνα το A σύμβολο αποτελεί τον αρχικό κανόνα (root shape), ενώ το B σύμβολο τον τελικό σχηματισμό (leaf shape), ο οποίος προκύπτει από τη δημιουργία αντιγράφου του αρχικού σχήματος. Προσοχή στη σύνταξη πρέπει να δίνεται στο δεύτερο σκέλος του κανόνα, το οποίο αποτελεί ουσιαστικά το παραγόμενο μοντέλο. Ένας κανόνας μπορεί να γίνει πιο σύνθετος αυξάνοντας τον αριθμό των διεργασιών που πραγματοποιούνται στο δεύτερο σκέλος. Για παράδειγμα:



Εικόνα 7.11: Απλός κανόνας δημιουργίας νέου σχήματος (Πηγή: <http://www.esri.com/>)

$A \rightarrow B \text{ t}(3, 0, 0) C$: Το αποτέλεσμα δημιουργείται εκτελώντας τις πράξεις με σειρά προτεραιότητας από αριστερά προς τα δεξιά. Όπως και παραπάνω, το σχήμα B είναι ένα ακριβές αντίγραφο της πηγής A, σε αντίθεση με το σχήμα C που παράγεται μετά τον μετασχηματισμό του A κατά τρεις μονάδες κατά τον x άξονα συντεταγμένων. Ακόμα πιο περίπλοκος γίνεται ένας κανόνας με την προσθήκη νέων πράξεων σε ένα leaf shape.

$C \rightarrow D \ s(2, 0.5, 1.75)$ E : Γίνεται κατανοητό ότι ένας τέτοιος σχηματισμός κανόνα παράγει δύο μοντέλα από το αρχικό σχήμα C. Ενώ το σχήμα D είναι ένα ακριβές αντίγραφο του C, το σχήμα E παράγεται με διαφορετικό μέγεθος και σχήμα σύμφωνα με το διάνυσμα μεγέθους s. Πολλές φορές επιλέγεται να εισαχθεί ένα έτοιμο μοντέλο που έχει δημιουργηθεί σε διαφορετικό λογισμικό πρόγραμμα και υποστηρίζεται από το CityEngine. Ο εξής κανόνας ορίζει την εισαγωγή ενός μοντέλου σε σχήμα κυλίνδρου και μορφής αρχείου αντικειμένου (.obj):



Εικόνα 7.12: Παράδειγμα κανόνα με ενδιάμεσους κανόνες (Πηγή: <http://www.esri.com/>)

$E \rightarrow i(\text{"cylinder.obj"})$ F : Επομένως, το σχήμα E μετατρέπεται τελικά στο σχήμα F, το οποίο είναι ένας κύλινδρος στην ίδια θέση με E. Δεδομένου ότι δεν εισήχθει κάποιο διάνυσμα, το μέγεθος του τελικού σχήματος είναι το ίδιο με αυτό του προηγούμενου σταδίου.

Είναι σημαντικό να πραγματοποιείται αρχικά η είσοδος όλης της διδιάστατης πληροφορίας που υπάρχει (2D data) και στη συνέχεια να εφαρμόζεται ο επιθυμητός κανόνας. Για παράδειγμα, εισάγεται το αρχείο με τα αποτυπώματα των κτηρίων σε μορφή shape file (.shp) και το αρχείο με τη διδιάστατη πληροφορία του οδικού δικτύου, έτσι ώστε να χρησιμοποιηθούν για να προκύψουν τα μοντέλα της πόλης. Περαιτέρω τροποποιήσεις λαμβάνουν χώρα διαδραστικά στην επιφάνεια εργασίας του CityEngine σε σχέση με τις παραμέτρους που έχουν οριστεί εντός του αρχείου κανόνα. Επιπλέον, για πιο ρεαλιστικό αποτέλεσμα προτείνεται η προσθήκη υψής επί των μοντέλων με τη χρήση επίγειων φωτογραφιών των κτηρίων και η εφαρμογή τους μέσω του κανόνα. Το CityEngine προσφέρει εργαλεία για την επεξεργασία των εικόνων, ακόμα και εάν η λήψη της φωτογραφίας πραγματοποιήθηκε από προοπτική θέση.

Τύποι Κανόνα:

- i. Απλός κανόνας (Standard rule): η βασική ιδέα του απλού κανόνα περιγράφηκε παραπάνω και είναι η αντικατάσταση ενός αρχικού σχήματος με ένα νέο σχήμα. Συγκεκριμένες λειτουργίες τροποποιούν το αρχικό σχήμα, για το οποίο εάν υπάρχει επιπλέον ορισμένος κανόνας λαμβάνει περαιτέρω αλλαγές. Σε αντίθετη περίπτωση, αποτελεί ένα μέρος (leaf shape) του ιεραρχικού μοντέλου (shape tree).

- ii. Παραμετρικός κανόνας (Parameterized rule): οι κανόνες τις περισσότερες φορές περιέχουν διάφορες παραμέτρους, οι οποίες ορίζονται κατά τη διάρκεια της γραφής του κανόνα. Οι τύποι των παραμέτρων που χρησιμοποιούνται είναι: float, boolean, string και αναγνωρίζονται αυτόματα από τον συντάκτη της CGA γραμματικής.
- iii. Κανόνας με συνθήκες (Conditional rule): στην περίπτωση που παράγονται ποικίλοι διάδοχοι από ένα αρχικό σχήμα, τότε ο κανόνας που χρησιμοποιείται περιέχει συνθήκες (conditions). Η δομή ενός τέτοιου κανόνα είναι η εξής:


```
PredecessorShape --> case condition1: Successor1
                        case condition2: Successor
                        .... else: SuccessorN
```

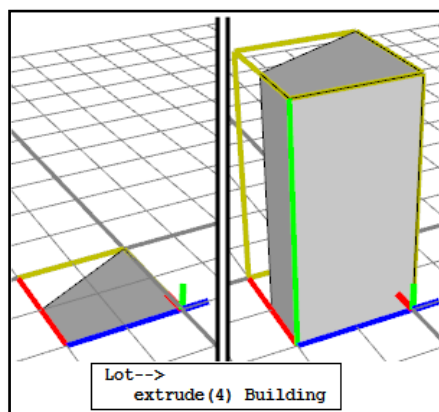
 Για παράδειγμα, ένας τέτοιος κανόνας έχει εφαρμογή σε περιπτώσεις που πρέπει να δημιουργηθούν σχήματα διαφορετικού μεγέθους ή διαφορετικής χρήσεως ή διαφορετικού ύψους.
- iv. Στοχαστικός κανόνας (Stochastic rule): στοχαστικός ονομάζεται ένας κανόνας όταν το βασικό χαρακτηριστικό για την παραγωγή των μοντέλων είναι η τυχαιότητα.

Ένας κανόνας ανήκει σε κάποια από τις προαναφερθείσες κατηγορίες και περιέχει χαρακτηριστικά (attributes), συναρτήσεις (functions), σχόλια, αλλά και διαφορετικά αρχεία κανόνα. Τα χαρακτηριστικά είναι το σύνολο των στατικών μεταβλητών που καθορίζονται στο αρχείο του κανόνα για τα τρισδιάστατα αντικείμενα που προκύπτουν με το πρόθεμα "attr" και οι τιμές τους επιτρέπεται να τροποποιηθούν στο παράθυρο του inspector του CityEngine για κάθε σχήμα ξεχωριστά ή καθολικά. Οι συναρτήσεις χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό συγκεκριμένων παραμέτρων, οι οποίες υπολογίζονται σε κάθε κλήση του κανόνα ή παραμένουν ως σταθερές με το πρόθεμα "const". Η διαφορά με τα χαρακτηριστικά είναι ότι εμπεριέχονται στον κανόνα και ότι οι σταθερές συναρτήσεις δεν επιτρέπεται να τροποποιηθούν στον inspector. Επιπλέον, για την καλύτερη οργάνωση του κανόνα, ούτως ώστε να μπορεί να κατανοηθεί από διαφορετικό χρήστη, συνίσταται η χρήση σχολίων σε βασικές λειτουργίες του. Τέλος, σε πολύπλοκους και εκτενείς κανόνες είναι σύνηθες να εισάγονται υπάρχοντα αρχεία κανόνα, των οποίων οι λειτουργίες γίνονται διαθέσιμες ύστερα από την εισαγωγή του προθέματος "import".

Shape Operations

Όπως αναφέρθηκε, ένας κανόνας αποτελείται από το αρχικό σχήμα και το σχήμα-διάδοχο, το οποίο με τη σειρά του συνίσταται από πολλαπλές λειτουργίες και σύμβολα (shape operation and shape symbols). Οι λειτουργίες αυτές συμβάλλουν στην αλλαγή του αρχικού σχήματος ώστε να προκύψει το επιθυμητό αποτέλεσμα τρισδιάστατου μοντέλου. Δεδομένου ότι το πρωταρχικό βήμα για την παραγωγή ενός τρισδιάστατου μοντέλου είναι το ύψος του ώστε να δημιουργηθεί ο όγκος του κτηρίου, η πιο θεμελιώδης λειτουργία που χρησιμοποιείται είναι η *εξώθηση* (*extrusion*) του διδιάστατου σχήματος. Εισάγοντας το αποτύπωμα ενός κτηρίου (2D

στοιχείο) και εφαρμόζοντας τον απλό κανόνα της εξώθησης με ορισμένη τη μεταβλητή του ύψους, παράγεται ένα μοντέλο με όγκο (3D μοντέλο).



Εικόνα 7.13: Απλός κανόνας εξώθησης διδιάστατου αποτυπώματος κτηρίου (Πηγή: <http://www.esri.com/>)

Σύστημα Συντεταγμένων

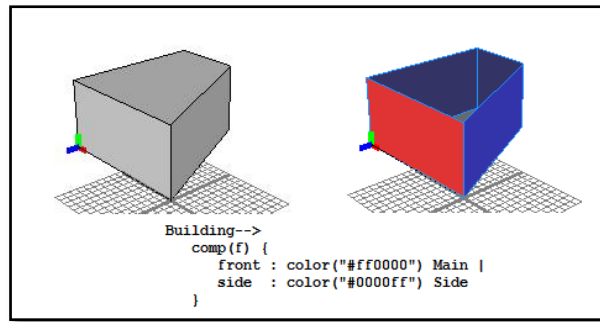
Το παραγόμενο σχήμα τοποθετείται σε συγκεκριμένο σύστημα συντεταγμένων. Στην περίπτωση της Ελλάδας χρησιμοποιείται το Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς (ΕΓΣΑ '87 ή Greek grid). Επιπρόσθετα, κάθε σχήμα συνοδεύεται από το αντίστοιχο τοπικό σύστημα συντεταγμένων (scope), το οποίο είναι δυνατόν να μετασχηματιστεί χρησιμοποιώντας τα αντίστοιχα διανύσματα (θέσης, περιστροφής, μεγέθους και του κέντρου), όπως αναφέρθηκε παραπάνω.

Διάσπαση στα συστατικά του μέρη (Διαχωρισμός του όγκου σε επιφάνειες)

Οι CGA κανόνες προσφέρουν μία επιπρόσθετη λειτουργία που αφορά τη διάσπαση ενός τρισδιάστατου μοντέλου στα συστατικά του μέρη. Πιο συγκεκριμένα, αποσυντίθεται στα γεωμετρικά συστατικά λιγότερων διαστάσεων από το μοντέλο που έχει παραχθεί. Η εντολή που χρησιμοποιείται δομείται ως εξής:

```
Comp (comp-selector) { selector : operations |selector : operations ... }
```

Η λειτουργία της διαχωρίζει το αρχικό τρισδιάστατο σχήμα σε όσα μέρη αναφέρεται. Η παράμετρος "comp-selector" μπορεί να είναι είτε οι πλευρές του κτηρίου είτε οι ακμές είτε οι κορυφές του, ενώ η παράμετρος "selector" ορίζει συγκεκριμένα μέρη του κτηρίου, όπως για παράδειγμα την επιλογή των κατακόρυφων μόνο στοιχείων. Τις περισσότερες φορές χρησιμοποιείται η σημασιολογική επιλογή με συγκεκριμένες λέξεις- κλειδιά (front, back, left, right, top, bottom, side κ.ά). Στην εικόνα που ακολουθεί το ογκομετρικό μοντέλο διαχωρίζεται στην κύρια πρόσοψή του (πλευρά με κόκκινο χρώμα) και στις υπόλοιπες πλευρές του, με τον κανόνα που παρουσιάζεται. Κάθε συστατικό στοιχείο έχει πλέον την δικιά του γεωμετρία. Η λογική συνέχεια είναι ο διαχωρισμός των οριζόντιων στοιχείων (ορόφων) του μοντέλου και η περαιτέρω διαμόρφωσή του.



Εικόνα 7.14: Κανόνας διάσπασης του εξωθούμενου κτηρίου στις πλευρές του (Πηγή: <http://www.esri.com/>)

Εισαγωγή Δεδομένων και Υποστηριζόμενα Αρχεία

Το CityEngine υποστηρίζει πλήθος αρχείων που έχουν δημιουργηθεί από διαφορετικά λογισμικά προγράμματα. Συγκεντρωτικά, οι υποστηριζόμενες μορφές αρχείων παρατίθενται στη συνέχεια:

a. COLLADA DAE

Τα αρχείο COLLADA DAE (Collaborative design activity) είναι μία μορφή αρχείων για την ψηφιακή ανταλλαγή μεταξύ τρισδιάστατων εφαρμογών. Ορίζεται ως ένα ανοιχτό XML πρότυπο σχήμα για την ανταλλαγή ψηφιακών στοιχείων μεταξύ διάφορων γραφικών λογισμικών προγραμμάτων και ένα αρχείο COLLADA αναγνωρίζεται από την κατάληξη .dae (digital asset exchange). Επιπλέον, έχει αναγνωρισθεί από τον οργανισμό διεθνών προτύπων (ISO) ως δημόσιο διαθέσιμο πρότυπο ISO/PAS 17506. Οι εφαρμογές που υποστηρίζουν το συγκεκριμένο τύπο αρχείων περιλαμβάνουν τρισδιάστατες εφαρμογές για γραφικά, κινούμενα σχέδια (animation), κινηματική και εφέ σκίασης. Μερικές από αυτές είναι οι εξής: Adobe Photoshop, CityEngine, Maya, Shade 3D και SketchUp.

b. AutoCAD DXF

Αρχεία DXF (Drawing Interchange Format/Drawing Exchange Format) είναι σχεδιαστικά δεδομένα (CAD) που έχουν αναπτυχθεί από την εταιρεία Autodesk για την υποστήριξη των αρχείων μεταξύ του σχεδιαστικού προγράμματος AutoCAD και άλλα προγράμματα. Το CityEngine εισάγει συγκεκριμένους τύπους οντοτήτων από αυτά που περιλαμβάνονται σε αρχεία DXF και αυτοί είναι είτε σχήματα είτε γραφικά σχήματα και επιτρέπει την εισαγωγή μεμονωμένων οντοτήτων εάν επιθυμείται από τον χρήστη.

c. File Geodatabase

Τα αρχεία βάσης γεωχωρικών δεδομένων (FGDB) που παράγονται από τα λογισμικά προγράμματα της εταιρείας ESRI υποστηρίζονται από το CityEngine και περιλαμβάνουν συνήθως μεγάλο αριθμό δεδομένων τόσο διανυσματικής (vector) όσο και πλεγματικής (raster) μορφής. Η αναγνώρισή τους γίνεται από την κατάληξη .gdb.

d. KML (Keyhole Markup Language)/KMZ (ZIP version of KML)

Τα KML αρχεία έχουν αναγνωρισθεί ως πρότυπο από την κοινοπραξία OGC (Open Geospatial Consortium) το 2008 και περιγράφουν γεωχωρικά δεδομένα (2D και 3D) για το Google Earth και τους χάρτες της Google (Google Maps) μέσω μίας XML γλώσσας. Τα τρισδιάστατα μοντέλα είναι δυνατό να δημιουργηθούν είτε μέσω του Google Sketchup είτε να αξιοποιηθούν μέσω της βιβλιοθήκης Google Warehouse. Γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς που χρησιμοποιείται για τέτοια αρχεία είναι το Παγκόσμιο Γεωδαιτικό Σύστημα του 1984 (World Geodetic System of 1984, WGS84).

e. Wavefront OBJ

Τα αρχεία Wavefront OBJ είναι μία τρισδιάστατη μορφή που περιγραφεί τρισδιάστατη γεωμετρία. Πιο συγκεκριμένα, είναι απλή μορφή δεδομένων που αναπαριστά την γεωμετρία σε τρεις διαστάσεις, δηλώνοντας τη θέση κάθε κορυφής, αλλά και τη θέση κάθε κορυφής στο σύστημα UV συντεταγμένων. Είναι σημαντικό να δοθεί προσοχή στην εισαγωγή ενός τέτοιου αρχείου στο CityEngine, καθώς η επιλογή της εισαγωγής ως στατικού μοντέλου στον εισαγωγικό διάλογο, δεν επιτρέπει την τροποποίησή του από τους CGA κανόνες.

f. OSM

Το OpenStreetMap στοχεύει στη δημιουργία και παροχή ελεύθερων γεωγραφικών δεδομένων για τη χρήση τους από οποιοδήποτε επιθυμεί. Τα αρχεία που εξάγονται βασίζονται σε XML τύπο και περιγράφουν διανυσματικά δεδομένα σε ένα χαρτογραφικό υπόβαθρο. Τα απαραίτητα βήματα για τη δημιουργία ενός χάρτη είναι: η συλλογή των δεδομένων, η φόρτωση αυτών διαδικτυακά, η δημιουργία, αλλά και η επεξεργασία των δεδομένων (online), η προσθήκη λεπτομερειών και χαρακτηριστικών και τέλος η απόδοση των χαρτών προς χρήση από το κοινό.

g. Shapefile

Το shapefile είναι μία μορφή αρχείου που παράγεται από τα λογισμικά προγράμματα της εταιρείας ESRI. Είναι ένας τύπος αρχείου που χρησιμοποιείται για την περιγραφή γεωχωρικών δεδομένων μέσω σημείων, γραμμών και πολυγώνων και παρουσιάζει ευρεία χρήση από πολλά συστήματα γεωγραφικών δεδομένων (GIS software products). Κάθε αντικείμενο που περιλαμβάνεται σε ένα αρχείο shapefile συνοδεύεται συνήθως από ένα σύνολο χαρακτηριστικών γνωρισμάτων, τα οποία εισέρχονται και στο CityEngine. Γενικά, αξίζει να σημειωθεί ότι ένα shapefile είναι ουσιαστικά ένα σύνολο αρχείων (.shp, .shx, .dbf), τα οποία είναι απαραίτητα για την χρήση του και πρέπει να έχουν το ίδιο όνομα.

Όλες οι μορφές αρχείων που αναφέρθηκαν υποστηρίζονται από το CityEngine. Επίσης, είναι δυνατόν να εξαχθεί το παραγόμενο μοντέλο σε κάποια από αυτές τις μορφές για περαιτέρω επεξεργασία.

8. ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ ΜΕ ΑΥΞΗΜΕΝΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΑΣ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΤΟΥ CITYENGINE

Μελετώντας τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα του λογισμικού προγράμματος CityEngine, εξετάζεται η αξιοποίηση της κανονιστικής μοντελοποίησης για την παραγωγή ενός τρισδιάστατου μοντέλου κτηρίου με αυξημένο επίπεδο λεπτομέρειας και η αποδοτικότητά του σε θέματα κτηματολογικού ενδιαφέροντος. Αξιολογείται η μεθοδολογία αυτή ως προς τις δυνατότητες που προσφέρει για την παραγωγή τρισδιάστατων μοντέλων γρήγορα και λειτουργικά. Πιο συγκεκριμένα, το κτήριο βρίσκεται στο Δήμο Χαλανδρίου και απεικονίζεται στις τρεις διαστάσεις με τη χρήση CGA κανόνων. Η απεικόνιση αφορά τόσο το κέλυφος του κτηρίου με τις αντίστοιχες υφές του, όσο και το εσωτερικό του κτηρίου. Ουσιαστικά, το κτήριο αποσυντίθεται στα βασικά δομικά του στοιχεία (building parts), τα οποία εξωθούνται στο κατάλληλο ύψος, ώστε να επιτευχθεί πλήρης τρισδιάστατη αναπαράσταση. Κύριος σκοπός της διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση της χρήσης κανονιστικής μοντελοποίησης μέσω του λογισμικού CityEngine για την εξυπηρέτηση της 3D απεικόνισης μοντέλων κτηρίων με σημασιολογικό περιεχόμενο και η συμβολή αυτών για τη δημιουργία ενός λεπτομερούς τρισδιάστατου συστήματος Κτηματολογίου. Επιπλέον, εξετάζεται η δυνατότητα διαλειτουργικότητας του παραγόμενου μοντέλου με το G.I.S. πρότυπο δεδομένων CityGML, το οποίο χρησιμοποιείται για την αναπαράσταση της γεωμετρίας, της γεωγραφικής, αλλά και της σημασιολογικής πληροφορίας των κτηρίων σε ψηφιακά τρισδιάστατα μοντέλα πόλης.

8.1. Δεδομένα Εισόδου & Λογισμικό

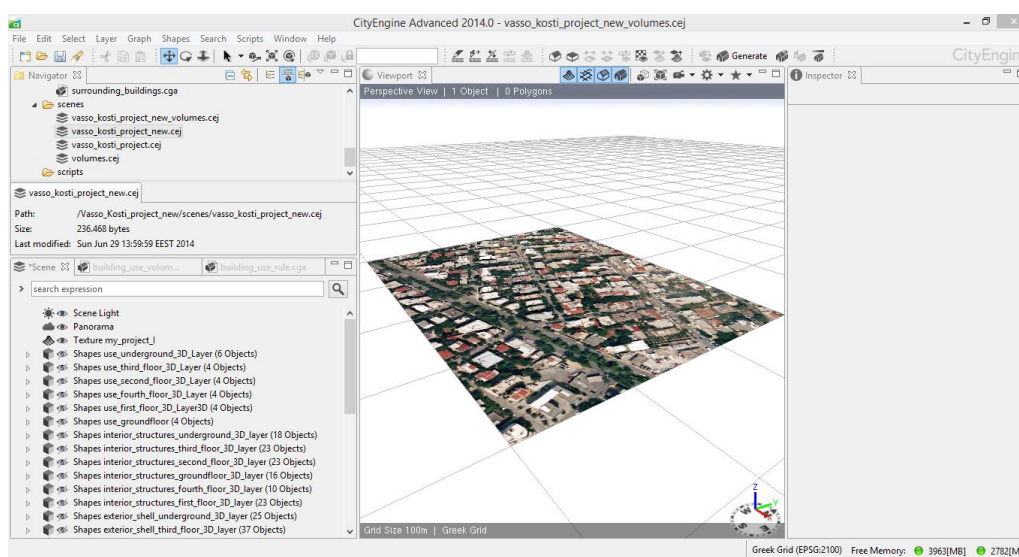
Για την υλοποίηση της εργασίας χρησιμοποιήθηκε κυρίως το λογισμικό CityEngine, της εταιρείας ESRI, αλλά και πρόσθετα λογισμικά προγράμματα, όπως το ArcMap και το ArcScene της ESRI. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν διατέθηκαν από την Πολεοδομική Υπηρεσία Δήμου Αγίας Παρασκευής, στην οποία εντάσσεται ο Δήμος Χαλανδρίου, από το Κτηματολογικό Γραφείο του Δήμου Χαλανδρίου και από τον Οργανισμό Κτηματογραφήσεων και Χαρτογραφήσεων Ελλάδας (Ο.Κ.Χ.Ε.).

Πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκε ορθοφωτοχάρτης σε κλίμακα 1:500 από τον Οργανισμό Κτηματογραφήσεων και Χαρτογραφήσεων Ελλάδας για την περιοχή στην οποία βρίσκεται το κτήριο (επί της οδού Νικηταρά 2, Χαλάνδρι). Επιπλέον, διατέθηκαν από την Πολεοδομική Υπηρεσία Δήμου Αγίας Παρασκευής, τα αρχιτεκτονικά σχέδια για όλους τους ορόφους του κτηρίου, το διάγραμμα κάλυψης και η τομή του κτηρίου. Τέλος, από το Κτηματολογικό Γραφείο του Δήμου Χαλανδρίου διατέθηκαν οι απαραίτητες κτηματολογικές πληροφορίες.

8.2. Μεθοδολογική Προσέγγιση

Εισαγωγή Ορθοφωτοχάρτη

Αρχικό βήμα είναι η εισαγωγή του ορθοφωτοχάρτη της περιοχής εντός του περιβάλλοντος του CityEngine. Επειδή, όμως, το CityEngine δεν αναγνωρίζει τη μορφή του αρχείου, όπως διατέθηκε από τον Ο.Κ.Χ.Ε., είναι απαραίτητη η μετατροπή του σε αναγνωρίσιμο τύπο αρχείου. Ο ορθοφωτοχάρτης είναι αρχικά σε μορφή JP2 File και συνοδεύεται από το αρχείο της γεωαναφοράς (J2W File). Για τη μετατροπή αυτού σε αναγνωρίσιμη μορφή εισήχθη στο περιβάλλον του ArcMap και εξήχθη σε μορφή TIFF συνοδευόμενο με το αρχείο της γεωαναφοράς (World File TFW).



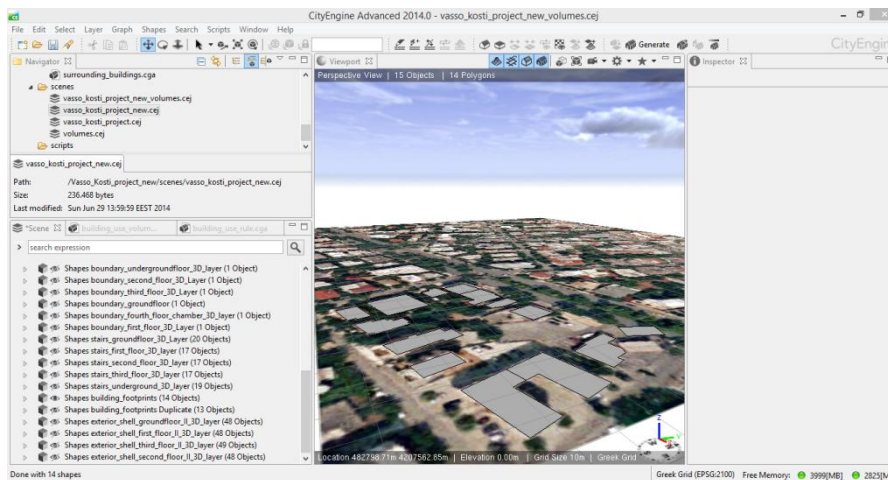
Εικόνα 8.1: Εισαγωγή ορθοφωτοχάρτη στο περιβάλλον του CityEngine

Δημιουργία Κελύφους Κτηρίων

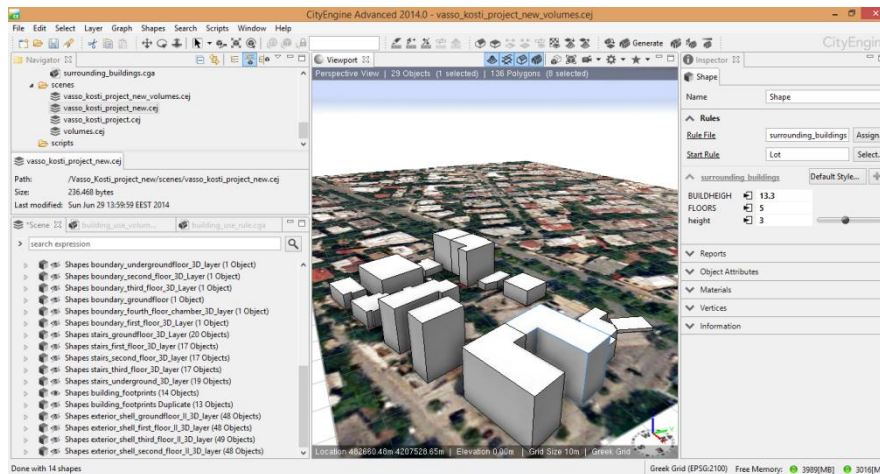
Η δημιουργία των τρισδιάστατων μοντέλων στο CityEngine απαιτεί ως δεδομένα εισόδου τα περιγράμματα των κτηρίων σε δύο διαστάσεις. Εισάγοντας το περίγραμμα του κτηρίου στο περιβάλλον του CityEngine και εφαρμόζοντας ένα αρχείο κανόνα μπορεί να προκύψει το τρισδιάστατο κτήριο με αυξημένη λεπτομέρεια. Με άλλα λόγια, το μοντέλο κτηρίου θα περιλαμβάνει όλη την απαραίτητη γεωμετρία, όπως τοίχους, πόρτες, παράθυρα, τις αντίστοιχες υφές κ.ά. Ο χρήστης είναι υπεύθυνος για τη δημιουργία του CGA κανόνα, ο οποίος όταν αντιστοιχείται στο διδιάστατο περίγραμμα και ενεργοποιείται, παράγει το τρισδιάστατο μοντέλο κτηρίου.

Στην περίπτωση που επιθυμείται η δημιουργία του κελύφους του κτηρίου (building shell) ακολουθείται η εξής διαδικασία. Ο χρήστης ψηφιοποιεί το αποτύπωμα του κτηρίου (building footprint) στο περιβάλλον που επιθυμεί και στη συνέχεια το εισάγει στο CityEngine. Δημιουργεί τον κανόνα που επιθυμεί, τον οποίο και εφαρμόζει στο αποτύπωμα του κτηρίου. Δεδομένου ότι το CityEngine δέχεται ως δεδομένα εισόδου συγκεκριμένους τύπους αρχείων, στη συγκεκριμένη περίπτωση, επιλέχθηκε να πραγματοποιηθεί η ψηφιοποίηση στο περιβάλλον του ArcMap, ώστε να εισαχθούν τα ψηφιοποιημένα αποτυπώματα σε μορφή Shapefile.

Αξίζει να σημειωθεί ότι το περίγραμμα το κτηρίου, για το οποίο πρόκειται να δημιουργηθεί το λεπτομερές μοντέλο, σχεδιάστηκε ως πολύγωνο και όχι ως ένα απλό ορθογώνιο σχήμα. Αυτό αναφέρεται, καθώς το λογισμικό έχει την ιδιαιτερότητα της διαίρεσης της γεωμετρίας του κτηρίου όταν δημιουργείται ένας κανόνας. Για παράδειγμα, καθορίζεται ξεχωριστά η γεωμετρία της προσόψεως του κτηρίου, των πλαϊνών όψεων (δεξιών και αριστερών όψεων), της πίσω όψης και της οροφής. Αυτή η διάκριση για την παραγωγή της γεωμετρίας δεν εξυπηρετούσε το υπό μελέτη κτήριο και ακολουθήθηκε διαφορετική προσέγγιση, η οποία θα περιγραφεί με λεπτομέρεια στη συνέχεια και σχετίζεται άμεσα με την εφαρμογή των κατάλληλων υφών στα μέρη του κτηρίου.



Εικόνα 8.2: Εισαγωγή των διαστάτων αποτυπωμάτων των κτηρίων του Ο.Τ.



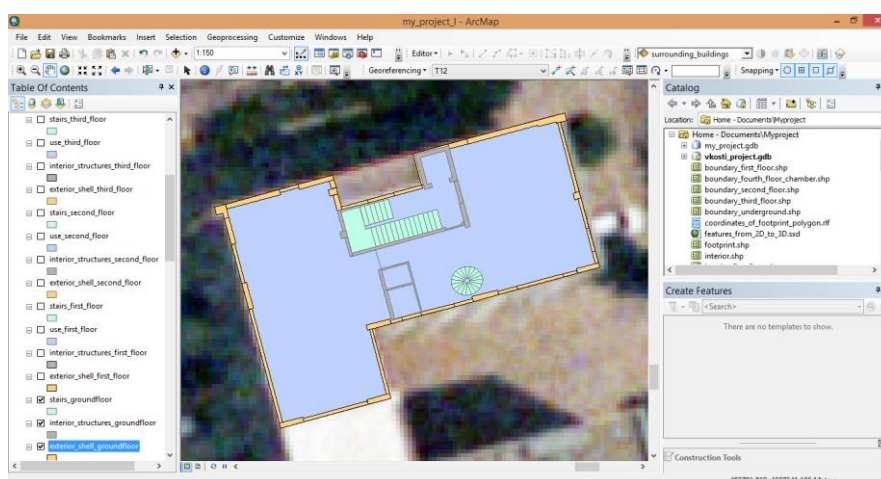
Εικόνα 8.3: Εφαρμογή κανόνα για την εξώθηση των όγκων των κτηρίων

Δημιουργία Εσωτερικού Κτηρίου (Interior of the Building)

Βασικός στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν η δημιουργία ενός κτηριακού μοντέλου με πληροφoρία στο εσωτερικό του. Γενικά, η τρισδιάστατη μοντελοποίηση τείνει να βρει λύσεις για την αναπαράσταση του εσωτερικού των κτηρίων, το οποίο να συνοδεύεται από σημασιολογική πληροφορία, ιδιαίτερα για την εξυπηρέτηση κτηματολογικών αναγκών και άλλων σκοπών (π.χ. interior building

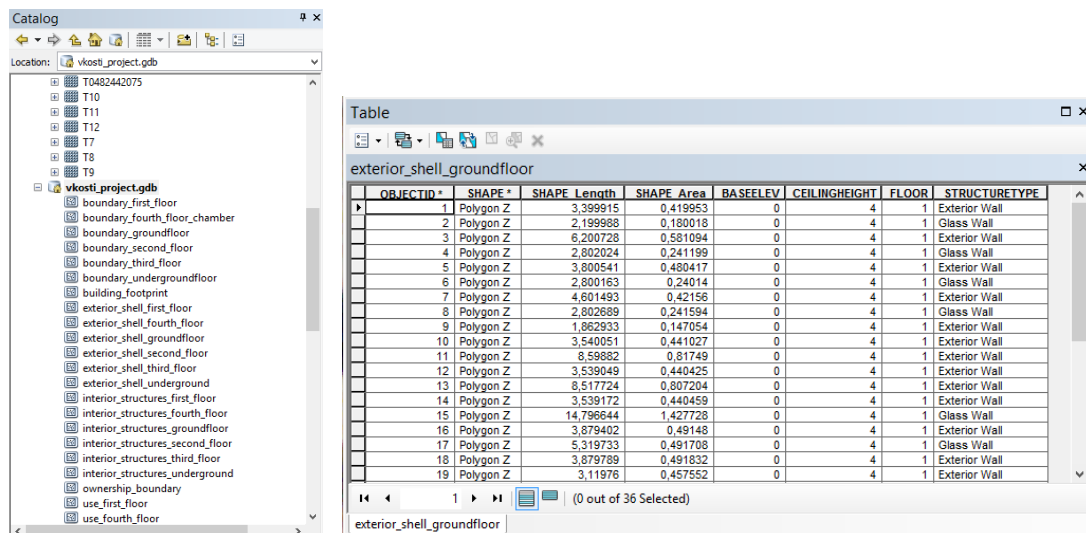
navigation). Στη συγκεκριμένη περίπτωση, μελετήθηκε η δημιουργία του 3D κτηριακού μοντέλου με τη χρήση CGA κανόνων (κανονιστική μοντελοποίηση).

Όπως προαναφέρθηκε, για να δημιουργηθεί το κτηριακό κέλυφος απαιτείται η εισαγωγή του διδιάστατου περιγράμματος του κτηρίου στο CityEngine, που επιλέχθηκε να είναι σε μορφή Shapefile. Αντίστοιχα, για την τρισδιάστατη αναπαράσταση του εσωτερικού του κτηρίου επιλέχθηκε η αποσύνθεση του κτηρίου στα κτηριακά του μέρη (π.χ. πόρτες, εσωτερικοί και εξωτερικοί τοίχοι, παράθυρα, κ.ο.κ.), η οποία έγινε με τη βοήθεια των αρχιτεκτονικών σχεδίων. Τα κτηριακά μέρη (building parts) ψηφιοποιήθηκαν στο περιβάλλον του ArcMap.



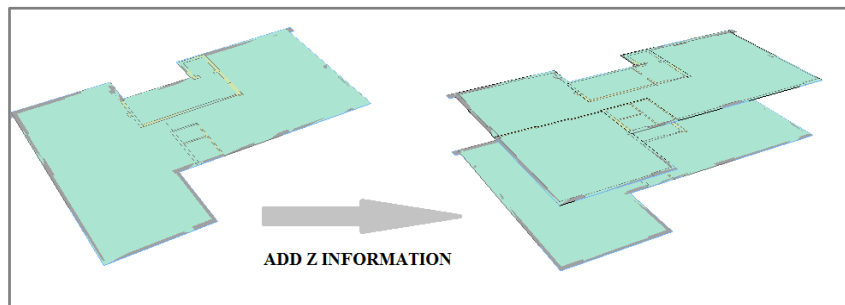
Εικόνα 8.4: Ψηφιοποίηση των κτηριακών μερών στο περιβάλλον του ArcMap

Απαραίτητη κρίθηκε η οργάνωση των ψηφιοποιημένων κτηριακών μερών σε θεματικά επίπεδα για θέμα λειτουργικότητας. Για το σκοπό αυτό δημιουργήθηκε, αρχικά, μία βάση δεδομένων (ESRI Geodatabase) στο περιβάλλον του ArcCatalog (ESRI). Σε αυτή εισήχθησαν έτοιμα πλεγματικά αρχεία (raster datasets), όπως ο ορθοφωτοχάρτης της περιοχής και δημιουργήθηκαν νέα θεματικά επίπεδα (feature classes) για την αποθήκευση των στοιχείων που επρόκειτο να ψηφιοποιηθούν. Επιπλέον, κάθε θεματικό επίπεδο εμπλουτίστηκε με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά (attributes) στον αντίστοιχο πίνακα χαρακτηριστικών (attribute table) για κάθε ψηφιοποιημένο κτηριακό μέρος. Κατά τη μεθοδολογική προσέγγιση που επιλέχθηκε να ακολουθηθεί, αυτό το στάδιο της απόδοσης των χαρακτηριστικών ήταν αδύνατο να παραλειφθεί. Ο λόγος για τον οποίο ισχύει αυτό, είναι η αξιοποίηση ορισμένων χαρακτηριστικών γνωρισμάτων ως πηγή πληροφορίας στους κανόνες του CityEngine για την παραγωγή του τελικού τρισδιάστατου κτηριακού μοντέλου.



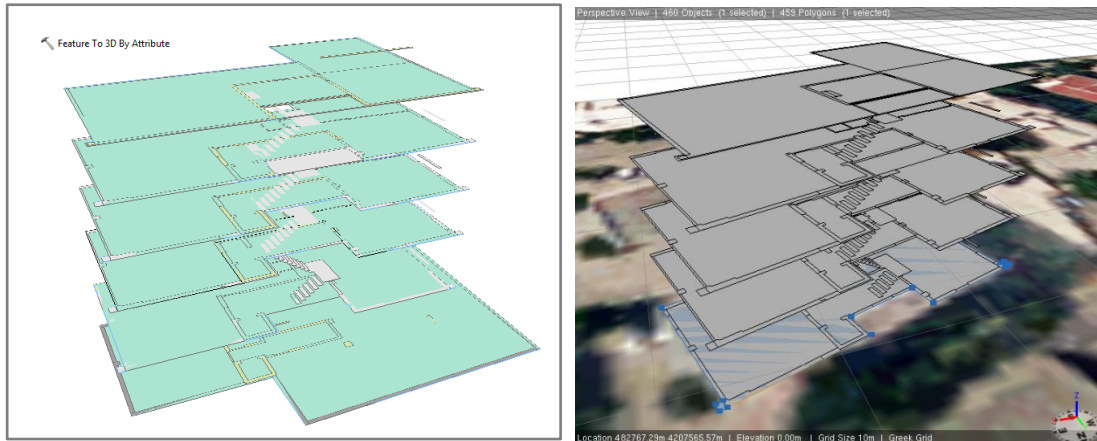
Εικόνα 8.5: Γεωβάση που δημιουργήθηκε (αριστερά), Πίνακας χαρακτηριστικών γνωρισμάτων (δεξιά) στο περιβάλλον του ArcMap

Την ολοκλήρωση της ψηφιοποίησης όλων των απαραίτητων στοιχείων του κτηρίου ακολουθεί η χρήση του λογισμικού ArcScene (ESRI). Το συγκεκριμένο λογισμικό χρησιμοποιήθηκε για να αποδοθεί ορισμένο ύψος στα κτηριακά μέρη, σύμφωνα με τις πληροφορίες που αντλήθηκαν από τις κατόψεις των ορόφων και την όψη του κτηρίου. Σε αυτήν τη διεργασία ήταν, επίσης, απαραίτητο να έχει προηγηθεί ο ορισμός συγκεκριμένων χαρακτηριστικών γνωρισμάτων στον πίνακα χαρακτηριστικών των θεματικών επιπέδων. Με τη χρήση κατάλληλων εργαλείων του ArcToolbox επιτεύχθηκε, επομένως, η απόδοση του ύψους των οντοτήτων, όπως παρουσιάζεται στις επόμενες εικόνες.



Εικόνα 8.6: Απόδοση ύψους στα διδιάστατα ψηφιοποιημένα κτηριακά μέρη στο περιβάλλον του ArcScene

Ακολουθεί η εισαγωγή όλων των δεδομένων στο περιβάλλον του CityEngine με τελικό σκοπό τη δημιουργία του τρισδιάστατου κτηριακού μοντέλου με τη χρήση της κανονιστικής μοντελοποίησης, μία δυνατότητα που προσφέρει το συγκεκριμένο λογισμικό πρόγραμμα.



Εικόνα 8.7: Τελικά δεδομένα εισόδου (αριστερά) και η εισαγωγή τους στο CityEngine (δεξιά)

Κατασκευή της Γεωμετρίας του Κτηρίου με CGA Κανόνες

Το πιο σημαντικό στάδιο όλης της διαδικασίας είναι η δημιουργία των κανόνων, η χρήση των οποίων πρόκειται να παράξει το τρισδιάστατο μοντέλο του κτηρίου. Μετά τη ψηφιοποίηση όλων των απαραίτητων δεδομένων και της απόδοσης ενός συγκεκριμένου ύψους, εισάγονται όλα στο περιβάλλον του CityEngine. Ο ορθοφωτοχάρτης, όπως προαναφέρθηκε, εισάγεται ως το υπόβαθρο (terrain layer) με σύστημα αναφοράς το Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς '87 (Greek grid), ενώ όλα τα υπόλοιπα δεδομένα σε μορφή αρχείου shapefile. Πρέπει να σημειωθεί ότι η μέθοδος που επιλέχθηκε, από αυτές που προσφέρει το CityEngine, είναι η δημιουργία των κανόνων από το χρήστη και όχι με τη χρήση του Façade Wizard. Οι λόγοι για τους οποίους δε επιλέχθηκε η δεύτερη μέθοδος είναι δύο. Πρώτον, η λειτουργία αυτή δεν εξυπηρετούσε το σκοπό που πρέπει να επιτευχθεί, δηλαδή τη μοντελοποίηση του εσωτερικού του κτηρίου και δεύτερον απαιτεί ως δεδομένα εισόδου φωτογραφίες απαλλαγμένες από κάθε είδους θόρυβο για την αναγνώριση των επαναλαμβανόμενων περιοχών στο κτήριο, κάτι το οποίο δεν ήταν δυνατό στην υπό μελέτη περίπτωση.

Εκτός από τα αρχιτεκτονικά σχέδια και τη τομή του κτηρίου, απαιτήθηκε επιτόπιος έλεγχος και λήψη φωτογραφιών εδάφους του κτηρίου. Επιπλέον, για τη θέαση του ακινήτου έγινε χρήση της εφαρμογής Bird's Eye των Bing Maps, καθώς και το Street View (με χρονολογία λήψης των εικόνων το 2011) των Google Maps, το οποίο έγινε πρόσφατα διαθέσιμο στην Ελλάδα. Η κύρια χρήση των φωτογραφιών ήταν η συλλογή των υφών για όλες τις πλευρές του κτηρίου.

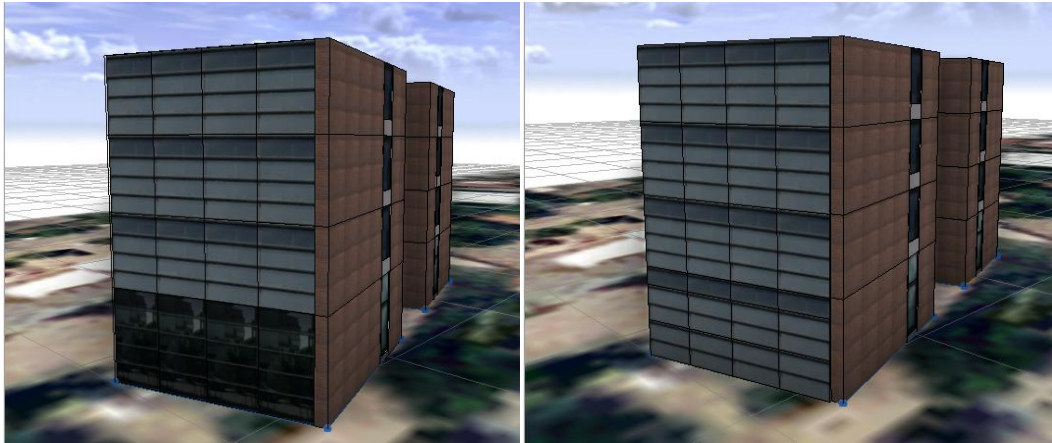


Εικόνα 8.8: Άποψη του υπό μελέτη κτηρίου με το Bird's Eye των Bing Maps (αριστερά) και τη χρήση του Google Street View των Google Maps (δεξιά)



Εικόνα 8.9: Φωτογραφίες εδάφους του υπό μελέτη κτηρίου

Φυσικά πολλές από τις ληφθείσες φωτογραφίες περιείχαν θόρυβο, ο οποίος δεν ήταν εύκολο να αποφευχθεί, δεδομένου της εμπορικής χρήσεως του κτηρίου, με αποτέλεσμα να υπάρχουν σταθμευμένα αυτοκίνητα περιμετρικά του κτηρίου. Ακόμη, θόρυβος ενυπάρχει στις φωτογραφίες λόγω της βλάστησης που υπάρχει στο πεζοδρόμιο περιμετρικά του κτηρίου, αλλά και λόγω σκίασης και αντανάκλασης αντικειμένων επί των παραθύρων του κτηρίου. Για το λόγο αυτό, όπως προαναφέρθηκε, επιλέχθηκε η παραγωγή της γεωμετρίας του κτηρίου σε τρεις διαστάσεις μέσω γραμματικών σχήματος και γραμματικών διάσπασης (CGA grammar rules).

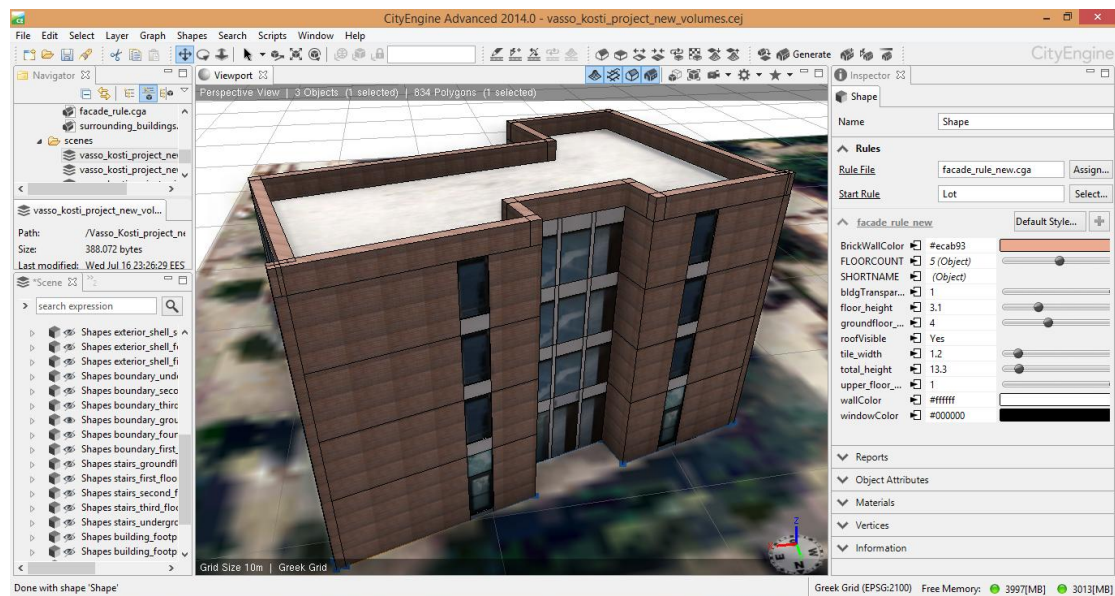


Εικόνα 8.10: Πρόβλημα εφαρμογής υψής με θόρυβο (αριστερά) και διόρθωση αυτού (δεξιά)

Τα υπόλοιπα κτήρια του οικοδομικού τετραγώνου, στο οποίο βρίσκεται το ακίνητο, δε δημιουργήθηκαν με αυξημένη ακρίβεια. Ουσιαστικά δημιουργήθηκε ένας απλός κανόνας που εξωθεί το διδιάστατο αποτύπωμα κάθε κτηρίου στο επιθυμητό ύψος. Το ύψος κάθε κτηρίου ορίστηκε με βάση την υπόθεση ότι κάθε όροφος είναι τρία μέτρα.

8.2.1. CGA κανόνας - facade modeling

Σε αυτό το κεφάλαιο παρατίθεται ο κανόνας για τη δημιουργία της λεπτομερούς πρόσοψης του κτηρίου, με περιγραφή των βασικών βημάτων δημιουργίας του. Επιπλέον, παρουσιάζονται εικόνες από το τρισδιάστατο μοντέλο του κτηρίου αφού έχει εφαρμοστεί ο κανόνας.



Εικόνα 8.11: Το μοντέλο κτηρίου με την τελική υφή (κεντρική είσοδος κτηρίου)

```
/**
 * File: facade_rule.cga
 * Created: 25 Mar 2014 15:45:33 GMT
 * Author: Vasso Kosti
 */
```

Version "2012.1"

Αρχικά, καθορίζονται όλες οι απαραίτητες ιδιότητες των στοιχείων του κτηρίου. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, για παράδειγμα, έχουν οριστεί ιδιότητες για την εναλλαγή της διαφάνειας των εξωτερικών επιφανειών του κτηρίου, αλλά και τα ύψη των ορόφων. Επιπλέον, ορίζονται οι σύνδεσμοι μέσω των οποίων επιλέγονται οι κατάλληλες υφές για τα στοιχεία του κτηρίου.

```
//Visibility of the building's roof
@order (1) @range ("No", "Yes")
attr roofVisible = "Yes"

//Transparency of the building
@order (1) @range (0, 1)
attr bldgTransparency = 1

//Floor and facade tile dimensions
attr FLOORCOUNT = 1 // (it is an attribute of the building polygon
feature)
attr SHORTNAME = "unknown"
attr groundfloor_height = 4 //information from the floor plan
attr floor_height = 3.1 //information from the floor plan
attr tile_width = 1.2
attr total_height = 13.3
attr upper_floor_height = 1

attr wallColor = "#ffffff" //Selection of hex color for walls (white)
and windows (black)
attr BrickWallColor = "#ecab93"
attr windowColor = "#000000"

//textures
entranceDoor_tex = "facades/textures/shopdoor.tif"//select the
correct file from the assets
wall_tex = "facades/textures/brickwall2.tif"
dirt_tex = "facades/textures/dirtmap.15.tif"
window_tex = "facades/textures/sashwindow_v1.jpg"
roof_tex = "roofs/roof.jpg"
```

Από αυτό το σημείο πραγματοποιείται ο ορισμός όλων των απαραίτητων κανόνων για τη δημιουργία της τρισδιάστατης γεωμετρίας. Αρχικά, ο κανόνας Lot εξωθεί το διδιάστατο περίγραμμα του κτηρίου σε ένα τρισδιάστατο όγκο, με βάση το συνολικό ύψος του κτηρίου.

```
Lot-->
    extrude(total_height) Building
```

Ακολουθεί η αποσύνθεση του κτηρίου, δηλαδή η διάσπαση της γεωμετρίας του κτηρίου στις πλευρές του, ώστε τελικά να αποδοθεί αυξημένη λεπτομέρεια. Σε αυτό το σημείο πρέπει να σημειωθεί ότι δεν επιλέχθηκε η κλασική διάσπαση του κτηρίου στην πρόσθια όψη, στις πλάγιες όψεις και στην οροφή, καθώς δεν εξυπηρετούσε την περίπτωση. Πιο συγκεκριμένα, το CityEngine αποδίδει σε κάθε επιφάνεια του κτηριακού όγκου ένα μοναδικό κωδικό (index), τον οποίο αναγνωρίζει όταν χρησιμοποιηθεί μέσα στον κανόνα της αποσύνθεσης της γεωμετρίας. Η αρίθμηση επηρεάζεται και από τον τρόπο που έχει ψηφιοποιηθεί αρχικά το διδιάστατο αποτύπωμα του κτηρίου (π.χ. η φορά ψηφιοποίησης και ο αριθμός των γραμμών του πολυγώνου). Επομένως, όπως φανερώνει και ο κανόνας Building, ο κωδικός 1 αφορά την οροφή ενώ κωδικός 10 την δεξιά (με βάση την πρόσοψη της κύριας εισόδου του κτηρίου) πλευρά του κτηρίου.


```

//Decompose the building sides depending on each index
Building -->
  comp(f){ 1: Roof |
           2: FrontFacadeLeft |
           3: MainEntranceLeft |
           4: MainEntrance |
           5: MainEntranceRight |
           6: FrontFacadeRight |
           7: Architectural1 |
           8: Architectural2 |
           9: Architectural3 |
          10: RightSide |
          11: BackSide |
          12: BackEntrance |
          13: BackSide2 |
          14: LeftSide |
          15: Architectural4 |
          16: Architectural5 |
          17: Architectural6 }

```

Οι ακόλουθοι κανόνες διασπούν κάθε πλευρά του κτηρίου με βάση την y διεύθυνση. Για παράδειγμα, ο κανόνας `FrontFacadeRight` διασπά τη συγκεκριμένη πλευρά σε 4 μέτρα ισόγειο και σε αριθμό ορόφων με βάση το ορισμένο ύψος (3.1 μέτρα). Ουσιαστικά, η σύνταξη κανόνα σαν και αυτή `{~floor_height : FloorFacadeRight }*` σημαίνει: όσες φορές χωράει ο όροφος με ύψος `floor_height` στο συνολικό ύψος του κτηρίου, τόσοι όροφοι να δημιουργηθούν. Η χρήση των συμβόλων `~` και `*` διευκολύνουν αρκετά την παραγωγή των κανόνων. Αντίστοιχα, με την ίδια λογική έχουν δημιουργηθεί και οι υπόλοιποι κανόνες διάσπασης του κτηρίου σε ορόφους.

```

//Here we split each side of the building in y direction
FrontFacadeRight -->
  setupProjection(0, scope.xy, 1.5, 1, 1)
  split(y){ groundfloor_height : GroundFloorFacadeRight |
            {~floor_height      : FloorFacadeRight }* }

FrontFacadeLeft -->
  setupProjection(0, scope.xy, 1.5, 1, 1)
  split(y){ groundfloor_height : GroundFloorFacadeLeft |
            {~floor_height      : FloorFacadeLeft }* }

RightSide -->
  setupProjection(0, scope.xy, 1.5, 1, 1)
  split(y){ groundfloor_height : GroundFloorRightSide |
            {~floor_height      : FloorRightSide }* }

BackSide -->
  setupProjection(0, scope.xy, 1.5, 1, 1)
  split(y){ groundfloor_height : GroundFloorBackSide |
            {~floor_height      : FloorBackSide }* }

BackEntrance -->
  setupProjection(0, scope.xy, 1.5, 1, 1)
  split(y){ groundfloor_height : GroundFloorBackEntrance |
            {~floor_height      : FloorBackEntrance }* }

BackSide2 -->
  setupProjection(0, scope.xy, 1.5, 1, 1)
  split(y){ groundfloor_height : GroundFloorBackSide2 |
            {~floor_height      : FloorBackSide2 }* }

LeftSide -->

```

```

    setupProjection(0, scope.xy, 1.5, 1, 1)
    split(y){ groundfloor_height : GroundFloorLeftSide |
    {~floor_height : FloorLeftSide }* }

MainEntranceLeft -->
    setupProjection(0, scope.xy, 1.5, 1, 1)
    split(y){ groundfloor_height : GroundFloorMainEntranceLeft |
    {~floor_height : FloorMainEntranceLeft }* }

MainEntrance -->
    setupProjection(0, scope.xy, 1.5, 1, 1)
    split(y){ groundfloor_height : GroundFloorMainEntrance |
    {~floor_height : FloorMainEntrance }* }

MainEntranceRight -->
    setupProjection(0, scope.xy, 1.5, 1, 1)
    split(y){ groundfloor_height : GroundFloorMainEntranceRight |
    {~floor_height : FloorMainEntranceRight }* }

Architectural1 -->
    setupProjection(0, scope.xy, 1.5, 1, 1)
    texture("facades_textures/brickwall_cropped_2.jpg")
    set(material.opacity,bldgTransparency)
    projectUV(0) projectUV(2)

Architectural2 -->
    setupProjection(0, scope.xy, 1.5, 1, 1)
    texture("facades_textures/brickwall_cropped_2.jpg")
    set(material.opacity,bldgTransparency)
    projectUV(0) projectUV(2)

Architectural3 -->
    setupProjection(0, scope.xy, 1.5, 1, 1)
    texture("facades_textures/brickwall_cropped_2.jpg")
    set(material.opacity,bldgTransparency)
    projectUV(0) projectUV(2)

Architectural4 -->
    setupProjection(0, scope.xy, 1.5, 1, 1)
    texture("facades_textures/brickwall_cropped_2.jpg")
    set(material.opacity,bldgTransparency)
    projectUV(0) projectUV(2)

Architectural5 -->
    setupProjection(0, scope.xy, 1.5, 1, 1)
    texture("facades_textures/brickwall_cropped_2.jpg")
    set(material.opacity,bldgTransparency)
    projectUV(0) projectUV(2)

Architectural6 -->
    setupProjection(0, scope.xy, 1.5, 1, 1)
    texture("facades_textures/brickwall_cropped_2.jpg")
    set(material.opacity,bldgTransparency)
    projectUV(0) projectUV(2)

```

Στη συνέχεια, με βάση τη λογική της ιεραρχίας διάσπασης των κανόνων, ακολουθεί η διάσπαση κατά τον οριζόντιο άξονα, τόσο για τις πλευρές του ισογείου, όσο και για κάθε πλευρά των υπόλοιπων ορόφων. Για παράδειγμα, ο κανόνας GroundFloorFacadeRight διασπά σε 2.2 μέτρα τοίχο από τούβλο, 1.2 μέτρα πλάκα (Tile_GroundFloorFacade που ορίζεται στη συνέχεια του κανόνα, μαζί με όλα τα υπόλοιπα είδη πλακών) και ακόμα 3.7 μέτρα τοίχο από τούβλο. Αντίστοιχα έχουν οριστεί και οι υπόλοιποι κανόνες.

```

//Here we split the GROUND floor of each side in x direction
GroundFloorFacadeRight -->
    split(x){ 2.2 : BrickWall | tile_width : Tile_GroundFloorFacade
    | 3.70 : BrickWall }

GroundFloorFacadeLeft -->
    split(x){ 5.80 : BrickWall | tile_width :Tile_GroundFloorFacade
    | 2.2 : BrickWall }

GroundFloorRightSide -->
    split(x){ 2.2 : ConcreteWall1 | 2.46 : Tile_GroundRightSide1 |
    1.64 : ConcreteWall1 | 7.2 : Tile_GroundRightSide2 | 0.3 :
    ConcreteWall1 }

GroundFloorBackSide -->
    split(x){ ~7: ConcreteWall1 }*

GroundFloorBackEntrance -->
    split(x){ 0.45 : ConcreteWall2 | 3.49 : Tile_ParkingEntrance |
    0.45 : ConcreteWall2 }

GroundFloorBackSide2 -->
    split(x){ 1.90 : ConcreteWall2 | 1.2 : Tile_BackEntrance2 |
    2.10 : ConcreteWall2 | 1.20 : Tile_BackEntrance2 | 1.60 :
    ConcreteWall2 | 1.20 : Tile_BackEntrance2 | 2.90 :
    ConcreteWall2 | 0.9 : Tile_BackEntrance2 | 1.40 :
    ConcreteWall2}

GroundFloorLeftSide -->
    split(x){ ~2.2 : Tile_GroundLeftSide }*

GroundFloorMainEntranceLeft -->
    split(x){ ~2 : BrickWall }*

GroundFloorMainEntrance -->
    split(x){ 1.8: Tile_GroundMainEntranceLeft |0.2:WhiteWall1|
    ~1.8 :Tile_GroundMainEntranceCentral |0.2:WhiteWall1| ~1.8 :
    Tile_GroundMainEntranceRight}

GroundFloorMainEntranceRight -->
    split(x){ ~2 : BrickWall }*

//Here we split the FLOOR of each side in x direction
FloorFacadeRight -->
    split(x){ 2.20 : BrickWall | tile_width : Tile_FloorFacade |
    3.70 : BrickWall }

FloorFacadeLeft -->
    split(x){ 5.80 : BrickWall | tile_width : Tile_FloorFacade |
    2.20 : BrickWall }

FloorRightSide -->
    split(x){ 2.2 : ConcreteWall1 | 2.46 : Tile_RightSide1 | 1.64 :
    ConcreteWall1 | 7.2 : Tile_RightSide2 | 0.3 : ConcreteWall1 }

FloorBackSide -->
    split(x){ ~7: ConcreteWall1 }*

FloorBackEntrance-->

```

```

split(x){ 1.4 :ConcreteWall2 | 1.5 :Tile_BackEntrance | {~1.3
:ConcreteWall2}* }

FloorBackSide2 -->
split(x){ 1.90 : ConcreteWall2 | 1.20 : Tile_BackEntrance3 |
2.10 : ConcreteWall2 | 1.20 : Tile_BackEntrance3 | 1.60 :
ConcreteWall2 | 1.20 : Tile_BackEntrance3 | 2.90 :
ConcreteWall2 | 0.9 : Tile_BackEntrance3 | 1.4 : ConcreteWall2
}

FloorLeftSide -->
split(x){ ~2.2 : Tile_LeftSide}*

FloorMainEntranceLeft -->
split(x){ ~2 : BrickWall }*

FloorMainEntrance -->
split(x){ 1.8: Tile_MainEntranceLeft |0.2:WhiteWall1| ~1.8
:Tile_MainEntranceCentral |0.2:WhiteWall1| ~1.8 :
Tile_MainEntranceRight}

FloorMainEntranceRight -->
split(x){ ~2 : BrickWall }*

```

Σε αυτό το σημείο ορίζονται ορισμένες λεπτομέρειες των στοιχείων του κτηρίου. Συγκεκριμένα, έχει οριστεί η κατάλληλη υφή του τοίχου από τούβλο ή από τσιμέντο, καθώς και η δυνατότητα αλλαγής της διαφάνειας του.

//Here we define the details for the best representation of the building (e.g.wall, tile, etc.)

```

BrickWall -->
texture("facades_textures/brickwall_cropped_2.jpg")
set(material.opacity,bldgTransparency)
projectUV(0) projectUV(2)

ConcreteWall1 -->
texture("facades_textures/concretewall_cropped_1.jpg")
set(material.opacity,bldgTransparency)
projectUV(0) projectUV(2)

ConcreteWall2 -->
texture("facades_textures/concretewall_cropped_2.jpg")
set(material.opacity,bldgTransparency)
projectUV(0) projectUV(2)

```

Οι κανόνες που ακολουθούν ορίζουν με λεπτομέρεια τις πλάκες του κτηρίου (tiles). Γενικά, ως πλάκες χαρακτηρίζονται, για παράδειγμα, σημεία του κτηρίου που περιέχουν παράθυρα ή πόρτες και περιβάλλονται από λεπτού πάχους τοίχο. Ο κανόνας Tile_GroundFloorFacade διασπά τη πλάκα σε 0.3 εκατοστά μαρμάρινο σκαλοπάτι, 2.4 μέτρα πόρτα και 1.3 μέτρα παράθυρο. Ένας πιο περίπλοκος κανόνας είναι ο Tile_GroundLeftSide που χρησιμοποιεί διασπάσεις τόσο κατά τον οριζόντιο όσο και τον κατακόρυφο άξονα ταυτόχρονα. Ουσιαστικά, διασπά 2.2 μέτρα κατά τον οριζόντιο άξονα και σε αυτό το κομμάτι διασπά 1.6 μέτρα παράθυρο, άλλα 1.6 μέτρα παράθυρο και 0.8 μέτρα παράθυρο. Να σημειωθεί, ότι όπου είναι απαραίτητο ορίζονται και οι υφές με τη χρήση του προθέματος texture (εάν δεν έχουν οριστεί στην αρχή του κανόνα).

//Define the tile for the right and left entrance

```

Tile_GroundFloorFacade -->
split(y){ 0.3: MarbleStep| 2.4: DoorRight | 1.3: GlassWindow1 }

MarbleStep -->
s('1','1',0.1)
t(0,0,-0.1)

```

```

        texture("facades_textures/marble_step_entrance_cropped.jpg")
        i("builtin:cube")

DoorRight -->
    s('1','1',0.1)
    t(0,0,-0.15)
    set(material.opacity,bldgTransparency)
    texture("facades_textures/door_entrance_cropped_2.jpg")
    i("builtin:cube")

GlassWindow1-->
    s('1','1',0.1)
    t(0,0,-0.15)

    texture("facades_textures/small_glass_entrance_cropped_1.jpg")
    i("builtin:cube")

//Define the tile for the right and left floor above facade
groundfloor
Tile_FloorFacade -->
    split(y){ 0.7: Wall_under_window | 2.4: GlassWindow2 }

Wall_under_window -->
    s('1','1',0.1)
    t(0,0,-0.1)
    texture("facades_textures/wall_below_window_facade_floor_cropped.jpg")
    i("builtin:cube")

GlassWindow2 -->
    s('1','1',0.1)
    t(0,0,-0.15)

    texture("facades_textures/window_facade_floor_cropped_1.jpg")
    i("builtin:cube")

//Define the tile for the right side in the GROUND floor
Tile_GroundRightSide1 -->
    split(y){ 0.5: ConcreteWall1 | 2.40: GlassWindow3 | {~0.5:
    ConcreteWall1}*}

Tile_GroundRightSide2 -->
    split(y){ 0.5: ConcreteWall1 | 2.40: GlassWindow4 | {~0.5:
    ConcreteWall1}*}

//Define the tile for the right side in upper floors
Tile_RightSide1 -->
    split(y){ 0.5: ConcreteWall1 | 2.4: GlassWindow3 | {~0.5:
    ConcreteWall1 }*}

GlassWindow3 -->
    s('1','1',0.1)
    t(0,0,-0.15)

    texture("facades_textures/right_side_window_1_cropped.jpg")
    i("builtin:cube")

Tile_RightSide2 -->
    split(y){ 0.5: ConcreteWall1 | 2.4: GlassWindow4 | {~0.5:
    ConcreteWall1 }*}

```

```

GlassWindow4 -->
    s('1','1',0.1)
    t(0,0,-0.15)

    texture("facades_textures/right_side_window_2_cropped.jpg")
    i("builtin:cube")

//Define the back entrance (parking entrance) in ground floor and
//the floors above the parking entrance

Tile_BackEntrance-->
    split(y){0.70: ConcreteWall2 | 1.6: GlassWindow5 | 0.8:
    ConcreteWall2}

GlassWindow5 -->
    s('1','1',0.1)
    t(0,0,-0.15)

    texture("facades_textures/glass_window_back_1_cropped.jpg")
    i("builtin:cube")

Tile_ParkingEntrance -->
    s('1','1',0.1)
    t(0,0,-0.15)
    texture("facades_textures/parking_entrance_cropped.jpg")
    i("builtin:cube")

Tile_BackEntrance2-->
    split(y){1: ConcreteWall2 | 1.30: GlassWindow5 | 1.70:
    ConcreteWall2 }

Tile_BackEntrance3-->
    split(y){1: ConcreteWall2 | 1.30: GlassWindow5 | 0.80:
    ConcreteWall2 }
//Define the large back side of the building in ground floor and the
above floors
//I need more photos

//Define the tiles of the facade of the left side of the building
(ground and upper floors)
Tile_GroundLeftSide -->
    split(x){ ~ 2.2: split(y) {1.6: GlassWindow6 | 1.6:
GlassWindow6 | 0.8: GlassWindow7} }*

Tile_LeftSide -->
    split(x){ ~2.2:GlassWindow8 }*

GlassWindow6 -->
    s('1','1',0.1)
    t(0,0,-0.1)

    texture("window_textures/sash_window_leftside_cropped.jpg")
    i("builtin:cube")

GlassWindow7 -->
    s('1','1',0.1)
    t(0,0,-0.1)

    texture("window_textures/sash_window_leftside_II_cropped.jpg")

```

```

        i("builtin:cube")

GlassWindow8 -->
    s('1','1',0.1)
    t(0,0,-0.1)

    texture("window_textures/leftside_window_upper_2_cropped.jpg")
    i("builtin:cube")

//Define the tiles for the main entrance of the building (ground and
upper floors)
//Upper Floors
Tile_MainEntranceLeft -->
    split(y){2.4: LeftWindow |0.7: WhiteWall1}

Tile_MainEntranceCentral -->
    split(y){2.4: CentralWindow |0.7: WhiteWall1}

Tile_MainEntranceRight -->
    split(y){2.4: RightWindow |0.7: WhiteWall1}

WhiteWall1 -->
    s('1','1',0.1)
    t(0,0,-0.1)

    texture("facades_textures/wall_below_window_facade_floor_cropped.jpg")
    i("builtin:cube")

WhiteWall2 -->
    s('1','1',0.1)
    t(0,0,-0.1)

    texture("facades_textures/wall_texture_above_main_entrance_cropped.jpg")
    i("builtin:cube")

LeftWindow -->
    s('1','1',0.1)
    t(0,0,-0.1)

    texture("facades_textures/entrancewindow_left_cropped_1.jpg")
    i("builtin:cube")

CentralWindow -->
    s('1','1',0.1)
    t(0,0,-0.1)

    texture("facades_textures/windowentrance_central_cropped_1.jpg")
    )
    i("builtin:cube")

RightWindow -->
    s('1','1',0.1)
    t(0,0,-0.1)

    texture("facades_textures/entrancewindow_right_cropped_1.jpg")
    i("builtin:cube")
//Ground Floor
Tile_GroundMainEntranceLeft -->

```

```

        split(y) {3.3: MainEntranceDoor |0.7: WhiteWall1}

Tile_GroundMainEntranceCentral -->
    split(y) {3.3: RightWindow |0.7: WhiteWall3}

Tile_GroundMainEntranceRight -->
    split(y) {3.3: RightWindow |0.7: WhiteWall1}

MainEntranceDoor -->
    s('1, '1, 0.1)
    t(0, 0, -0.1)

    texture("facades_textures/main_entrance_door_cropped.jpg")
    i("builtin:cube")

WhiteWall3 -->
    s('1, '1, 0.1)
    t(0, 0, -0.1)

    texture("facades_textures/wall_texture_above_main_entrance_cropped.jpg")
    i("builtin:cube")

```

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η κατασκευή της γεωμετρίας για την οροφή. Η λειτουργία `offset` στον κανόνα `roof` δημιουργεί ένα νέο πολύγωνο με πάχος 0.5 μέτρα στο επίπεδο της οροφής. Στη συνέχεια, διασπώνται αυτά τα δύο πολύγωνα σε εσωτερικό και εξωτερικό. Στο εσωτερικό πολύγωνο ενδιαφέρει η εφαρμογή της υφής, ενώ στο εξωτερικό πολύγωνο προηγείται και μία εξώθηση του όγκου (1 μέτρο τοίχο) πριν την εφαρμογή της κατάλληλης υφής.

//Define the roofs with certain details (e.g. chamber)

```

Roof -->
    offset(-0.5) A

A-->comp(f) {inside: I | border: O}

I -->
    setupProjection(0, scope.xy, scope.sx, scope.sy)
    texture(roof_tex)
    set(material.opacity, bldgTransparency)
    projectUV(0)

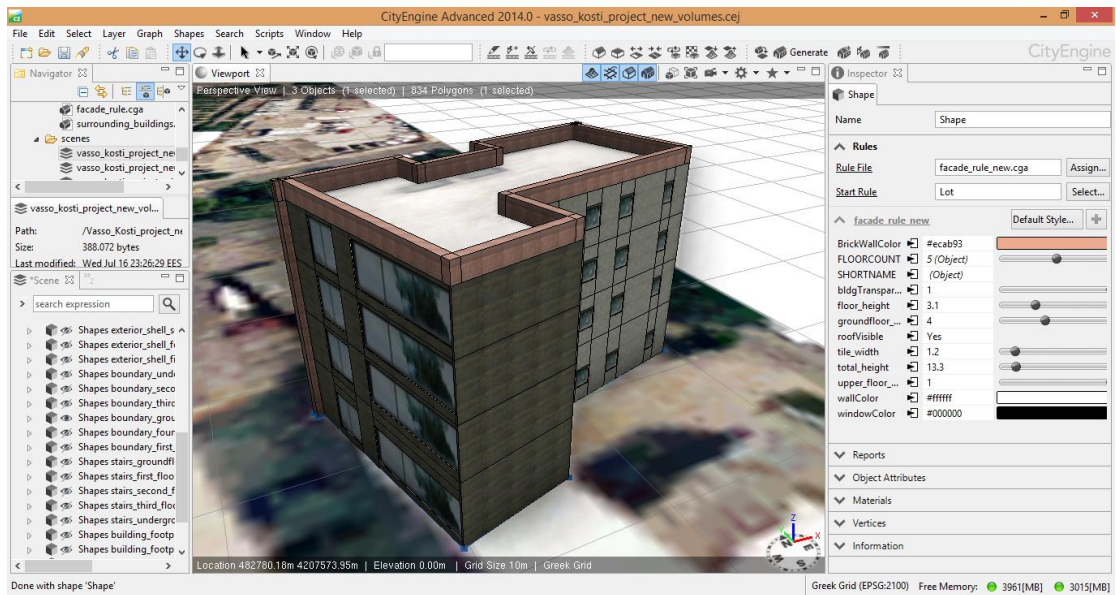
O--> extrude(1) SurroundingWall

SurroundingWall-->
    texture("facades_textures/brickwall_cropped_2.jpg")
    set(material.opacity, bldgTransparency)
    i("builtin:cube:notex")
    projectUV(0) projectUV(2)

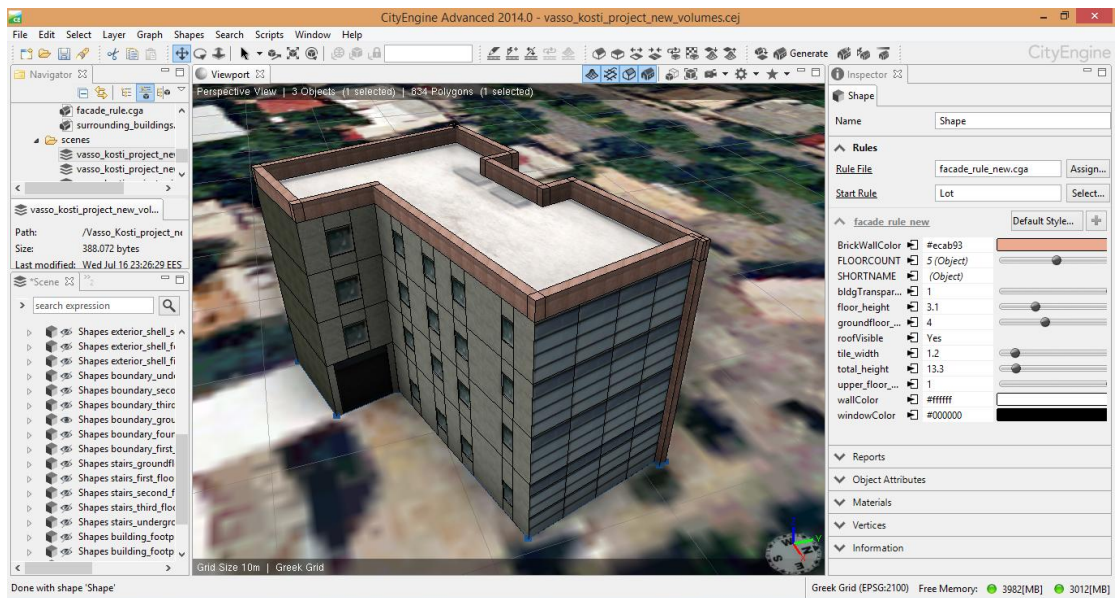
```

Κατά το σύνολο του κανόνα έχουν χρησιμοποιηθεί οι ακόλουθες λειτουργίες:

- `setupProjection`
- `projectUV` που δημιουργεί τις τελικές συντεταγμένες υφής ώστε να προβληθεί όσο το δυνατόν καλύτερα η υφή στο διδιάστατο επίπεδο κάθε όψης.
- `s(x, y, z)`, `t(x, y, z)` operations που θέτουν το μέγεθος του κατακόρυφου πεδίου (θέση) και το βάθος του πεδίου αντίστοιχα.



Εικόνα 8.12: Η πίσω όψη του κτηριακού μοντέλου αφού έχει εφαρμοστεί ο κανόνας για τη πρόσοψη



Εικόνα 8.13: Η πλευρά του κτηρίου που έχει πρόσοψη στο δρόμο

8.2.2. CGA κανόνας - interior building modeling

Σε αυτό το κεφάλαιο παρατίθεται και περιγράφεται ο κανόνας που αφορά την τρισδιάστατη μοντελοποίηση του εσωτερικού του κτηρίου. Επίσης, παρουσιάζονται εικόνες από το παραγόμενο τρισδιάστατο μοντέλο του κτηρίου.

```

/**
 * File:    building_use_rule.cga
 * Created: 25 Mar 2014 19:10:49 GMT
 * Author:  Vasso Kosti
 */

```

version "2012.1"

Αρχικά, σε αυτόν τον κανόνα που αφορά τη δημιουργία της γεωμετρίας στο εσωτερικό του κτηρίου, εισάγεται ο κανόνας που έχει δημιουργηθεί για την παραγωγή της γεωμετρίας στην πρόσοψη του ακινήτου, συνοδευόμενο από τις κατάλληλες υφές κάθε επιφανείας.

```
//Firstly, I imported the facade rule of the building in order to use it.
```

```
import f1 : "facade_rule.cga"
```

```
//This CGA rule file displays the interior space of the building in Chalandri of Athens, Greece.
```

Όπως σε κάθε κανόνα που δημιουργείται, στην αρχή του αρχείου ορίζονται συγκεκριμένα ιδιαίτερα γνωρίσματα. Ο ορισμός αυτών είναι στην κρίση του χρήστη, ο οποίος μπορεί να τα καθορίσει ανάλογα το σκοπό που θέλει να επιτύχει. Στη συγκεκριμένη περίπτωση εκτός από βασικά χαρακτηριστικά του κτηρίου (π.χ. ύψος ορόφων, ύψη δομικών στοιχείων, κ.ά.), έχουν οριστεί επιπλέον παράμετροι απαραίτητες για την παραγωγή του τρισδιάστατου κτηρίου. Για παράδειγμα, η παράμετρος που αναφέρεται ως "Floor_Display" εξυπηρετεί την ταυτόχρονη απεικόνιση όλων των ορόφων όταν επιλέγεται ένας συγκεκριμένος όροφος. Αυτή η επιλογή μπορεί να τροποποιηθεί μέσω του παραθύρου Inspector του CityEngine, καθώς οι τιμές για αυτή τη μεταβλητή είναι δύο ("Single Floor", "Stacked Floors"). Επιπλέον, η μεταβλητή που αναφέρεται ως "Floor_Selector" έχει ως ορισμένη τιμή 0, αλλά μπορεί, επίσης, να αλλαχθεί σε κάποια από τις υπόλοιπες τιμές του εύρους τιμών. Μία άλλη ιδιαίτερη παράμετρος που ορίζεται είναι η δυνατότητα για μεταβολή του βαθμού διαφάνειας του εξωτερικού περιβλήματος του ακινήτου, ώστε να καθίσταται εύκολη η εστίαση στο εσωτερικό του.

Επιπρόσθετα, για κάθε δομικό στοιχείο και για κάθε συγκεκριμένη χρήση του ακινήτου ορίστηκαν διαφορετικά χρώματα. Με αυτόν τον τρόπο είναι εύκολα αντιληπτή κάθε διαφοροποίηση ανάλογα με την εκάστοτε χρήση. Φυσικά όλα αυτά είναι διαχειρίσιμα και από το παράθυρο του Inspector. Τέλος, ένα από τα θεμελιώδη στάδια που δεν πρέπει να παραληφθεί είναι ο ορισμός των παραμέτρων, όπως έχουν οριστεί στον πίνακα των ιδιαίτερων γνωρισμάτων των δεδομένων (attributes table), οι οποίες πρόκειται να αποτελέσουν πηγή πληροφορίας για τον κανόνα. Για παράδειγμα, στη συγκεκριμένη περίπτωση έχει οριστεί μεταξύ άλλων η παράμετρος "STRUCTURET", η οποία στον attribute table περιλαμβάνει πληροφορία για το είδος των δομικών μερών του ακινήτου. Να σημειωθεί σε αυτό το σημείο, ότι ένα πρόβλημα που παρατηρείται στο περιβάλλον του CityEngine είναι η αδυναμία της αναγνώρισης ολόκληρου του ονόματος κάθε πεδίου που έχει οριστεί στον attribute table, όταν ξεπερνάει τους δέκα χαρακτήρες. Επομένως, πρέπει να δίνεται προσοχή στον ορισμό των ιδιοτήτων σε τέτοιες περιπτώσεις.

```
//Adjustable visualization options
@Order(1) @Range("0", "1", "2", "3", "4", "5")
attr Floor_Selector = "0"

@Order(1) @Range("Single Floor", "Stacked Floors")
attr Floor_Display = "Stacked Floors" //The selection "stacked
floors" is used to display all floors below when a specific floor
number is selected

@Order(1) @Range(0,1)
attr Exterior_Visibility = 0.1
@Order(1) @Range(0,1)
attr Glass_Visibility = 0.1

//Set of the extrusion heights for the interior and exterior walls
and stairs
@Group("Extrusion Heights", 2)
attr extWallHeight = 13.30
@Group("Extrusion Heights")
attr intWallHeightOne = 4 //for ground floor
@Group("Extrusion Heights")
attr intWallHeightAbove = 3.1 //for every floor above
```

```

@Group("Extrusion Heights")
attr intWallHeightChamber = 2.4
@Group("Extrusion Heights")
attr intWallHeightUnder = 3.3 //for underground floor
@Group("Extrusion Heights")
attr partWallHeight = 2.4 //for doors
@Group("Extrusion Heights")
attr extChamber = 1
@Group("Extrusion Heights")
attr upperDoorI = 1.6
@Group("Extrusion Heights")
attr upperDoorII = 0.7
@Group("Extrusion Heights")
attr upperDoorIII = 0.9
@Group("Extrusion Heights")
attr stairstep = -0.2
@Group("Extrusion Heights")
attr backwindow = 1.30
@Group("Extrusion Heights")
attr rightwindow = 2.40
@Group("Extrusion Heights")
attr backunderwindow = 1
@Group("Extrusion Heights")
attr backupperwindow = 1.70
@Group("Extrusion Heights")
attr backupperwindowII = 0.80
@Group("Extrusion Heights")
attr rightunderwindow = 0.5
@Group("Extrusion Heights")
attr rightupperwindow = 1.10
@Group("Extrusion Heights")
attr rightupperwindowII = 0.2

//Set of the colors for the extruded (only) structural features as
the walls, doors, columns etc
@Group("Structure Colors", 3)
attr extWallColor = "#dbd5c9"
@Group("Structure Colors")
attr intWallColor = "#dbd5c9"
@Group("Structure Colors")
attr doorColor = "#837454"
@Group("Structure Colors")
attr glassColor = "#99C6FD"
@Group("Structure Colors")
attr glassDoorColor = "#0080C0"
@Group("Structure Colors")
attr stairsColor = "#727272"
@Group("Structure Colors")
attr errorColor = "#f60707"

//Set of the colors for the floor surface depending on the type of
interior space
@Group("Surface Type Colors", 4)
attr officeColor = "#CCB66E"
@Group("Surface Type Colors")
attr shopColor = "#D18671"
@Group("Surface Type Colors")
attr shopstorageColor = "#F5B4A2"
@Group("Surface Type Colors")
attr hallColor = "#8C8582"
@Group("Surface Type Colors")

```

```

attr entranceColor = "#C4BEBC"
@Group("Surface Type Colors")
attr restroomColor = "#BEE8C5"
@Group("Surface Type Colors")
attr pilotisColor = "#F2ED5E"
@Group("Surface Type Colors")
attr elevatorColor = "#A699F2"
@Group("Surface Type Colors")
attr engineroomColor = "#655D91"
@Group("Surface Type Colors")
attr parkingColor = "#C982F5"
@Group("Surface Type Colors")
attr chamberColor = "#89915D"
@Group("Surface Type Colors")
attr pergolaColor = "#ABA7A7"
@Group("Surface Type Colors")
attr metallicpergolaColor = "#ABA7A7"
@Group("Surface Type Colors")
attr terraceColor = "#545454"
@Group("Surface Type Colors")
attr otherColor = "#C0C0C0"

```

```
//Set default feature attribute values
```

```

attr STRUCTURET = ""
attr SPACETYPE = ""
attr SHORTNAME = ""
attr FLOOR = ""
attr BASEELEV = 0

```

```
//If I want I can add here 3D models (.obj or .dae format files) of
people and interior space types BUT I don't add for now
```

Σε αυτό το σημείο πρόκειται να δημιουργηθεί η τρισδιάστατη γεωμετρία. Αρχικά, δημιουργείται ο κανόνας για τα δομικά στοιχεία του κτηρίου (τα κτηριακά μέρη ή building parts) και στη συνέχεια δημιουργείται ο κανόνας για τις χρήσεις του. Ο τύπος του κανόνα που χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο είναι οι κανόνες με όρους (cases).

Επομένως, ο αρχικός κανόνας (predecessor) Structure πρόκειται να εξωθήσει με συγκεκριμένο ύψος τα κτηριακά μέρη του κτηρίου και να τους αποδώσει συγκεκριμένο χρώμα, ανάλογα το είδος τους και τον όροφο στον οποίο βρίσκονται. Αντίστοιχα, ο αρχικός κανόνας Floors αποδίδει συγκεκριμένο χρώμα στους χώρους του κτηρίου, ανάλογα τη χρήση τους.

```
//Begin from start rule (structure) and create different cases
depending on the STRUCTURETYPE
```

```
@StartRule
```

```
Structure -->
```

```

case STRUCTURET == "Interior Wall" && Floor_Selector == "1":
    Wall(intWallHeightOne, intWallColor)
case STRUCTURET == "Interior Wall" && Floor_Selector == "2":
    Wall(intWallHeightAbove, intWallColor)
case STRUCTURET == "Interior Wall" && Floor_Selector == "3":
    Wall(intWallHeightAbove, intWallColor)
case STRUCTURET == "Interior Wall" && Floor_Selector == "4":
    Wall(intWallHeightAbove, intWallColor)
case STRUCTURET == "Interior Wall" && Floor_Selector == "5":
    Wall(intWallHeightChamber, intWallColor)
case STRUCTURET == "Interior Wall" && Floor_Selector == "0":
    Wall(intWallHeightUnder, intWallColor)

case STRUCTURET == "Exterior Wall" && Floor_Selector == "1":

```

```

        set(material.opacity, Exterior_Visibility)
        Wall(intWallHeightOne, extWallColor)
    case STRUCTURET == "Exterior Wall" && Floor_Selector == "2":
        set(material.opacity, Exterior_Visibility)
        Wall(intWallHeightAbove, extWallColor)
    case STRUCTURET == "Exterior Wall" && Floor_Selector == "3":
        set(material.opacity, Exterior_Visibility)
        Wall(intWallHeightAbove, extWallColor)
    case STRUCTURET == "Exterior Wall" && Floor_Selector == "4":
        set(material.opacity, Exterior_Visibility)
        Wall(intWallHeightAbove, extWallColor)
    case STRUCTURET == "Exterior Wall" && Floor_Selector == "5":
        set(material.opacity, Exterior_Visibility)
        Wall(extChamber, extWallColor)
    case STRUCTURET == "Exterior Wall" && Floor_Selector == "0":
        set(material.opacity, Exterior_Visibility)
        Wall(intWallHeightUnder, extWallColor)

    case STRUCTURET == "Door" :
        projectUV(0) Wall(partWallHeight, doorColor)
    case STRUCTURET == "Glass Door" :
        set(material.opacity,0.5) Wall(intWallHeightAbove,
        glassDoorColor)

    case STRUCTURET == "Upper Door" && Floor_Selector == "1":
        Wall(upperDoorI, intWallColor)
    case STRUCTURET == "Upper Door" && Floor_Selector == "2":
        Wall(upperDoorII, intWallColor)
    case STRUCTURET == "Upper Door" && Floor_Selector == "3":
        Wall(upperDoorII, intWallColor)
    case STRUCTURET == "Upper Door" && Floor_Selector == "4":
        Wall(upperDoorII, intWallColor)
    case STRUCTURET == "Upper Door" && Floor_Selector == "0":
        Wall(upperDoorIII, intWallColor)
    case STRUCTURET == "Back Upper Window" && Floor_Selector ==
        "1":Wall(backupperwindow, intWallColor)
    case STRUCTURET == "Back Under Window" && Floor_Selector ==
        "1":Wall(backunderwindow, intWallColor)
    case STRUCTURET == "Right Upper Window" && Floor_Selector ==
        "1":Wall(rightupperwindow, intWallColor)
    case STRUCTURET == "Right Under Window" && Floor_Selector ==
        "1":Wall(rightunderwindow, intWallColor)

    case STRUCTURET == "Back Upper Window" && Floor_Selector ==
        "2":Wall(backupperwindowII, intWallColor)
    case STRUCTURET == "Back Under Window" && Floor_Selector ==
        "2":Wall(backunderwindow, intWallColor)
    case STRUCTURET == "Right Upper Window" && Floor_Selector ==
        "2":Wall(rightupperwindowII, intWallColor)
    case STRUCTURET == "Right Under Window" && Floor_Selector ==
        "2":Wall(rightunderwindow, intWallColor)

    case STRUCTURET == "Back Upper Window" && Floor_Selector ==
        "3":Wall(backupperwindowII, intWallColor)
    case STRUCTURET == "Back Under Window" && Floor_Selector ==
        "3":Wall(backunderwindow, intWallColor)
    case STRUCTURET == "Right Upper Window" && Floor_Selector ==
        "3":Wall(rightupperwindowII, intWallColor)
    case STRUCTURET == "Right Under Window" && Floor_Selector ==
        "3":Wall(rightunderwindow, intWallColor)

```

```

case STRUCTURET == "Back Upper Window" && Floor_Selector ==
    "4":Wall(backupperwindowII, intWallColor)
case STRUCTURET == "Back Under Window" && Floor_Selector ==
    "4":Wall(backunderwindow, intWallColor)
case STRUCTURET == "Right Upper Window" && Floor_Selector ==
    "4":Wall(rightupperwindowII, intWallColor)
case STRUCTURET == "Right Under Window" && Floor_Selector ==
    "4":Wall(rightunderwindow, intWallColor)

case STRUCTURET == "Glass Wall" && Floor_Selector == "1":
    Wall(intWallHeightOne, glassColor)
case STRUCTURET == "Glass Wall" && Floor_Selector == "2":
    Wall(intWallHeightAbove, glassColor)
case STRUCTURET == "Glass Wall" && Floor_Selector == "3":
    Wall(intWallHeightAbove, glassColor)
case STRUCTURET == "Glass Wall" && Floor_Selector == "4":
    Wall(intWallHeightAbove, glassColor)
case STRUCTURET == "Glass Wall" && Floor_Selector == "5":
    Wall(extChamber, glassColor)
case STRUCTURET == "Glass Wall" && Floor_Selector == "0":
    Wall(intWallHeightUnder, glassColor)
case STRUCTURET == "Back Glass Wall" && Floor_Selector == "1":
    Wall(backwindow, glassColor)
case STRUCTURET == "Back Glass Wall" && Floor_Selector == "2":
    Wall(backwindow, glassColor)
case STRUCTURET == "Back Glass Wall" && Floor_Selector == "3":
    Wall(backwindow, glassColor)
case STRUCTURET == "Back Glass Wall" && Floor_Selector == "4":
    Wall(backwindow, glassColor)
case STRUCTURET == "Right Glass Wall" && Floor_Selector == "1":
    Wall(rightwindow, glassColor)
case STRUCTURET == "Right Glass Wall" && Floor_Selector == "2":
    Wall(rightwindow, glassColor)
case STRUCTURET == "Right Glass Wall" && Floor_Selector == "3":
    Wall(rightwindow, glassColor)
case STRUCTURET == "Right Glass Wall" && Floor_Selector == "4":
    Wall(rightwindow, glassColor)

case STRUCTURET == "Stairs" && Floor_Selector == "1":
    Wall(stairstep, stairsColor)
case STRUCTURET == "Stairs" && Floor_Selector == "2":
    Wall(stairstep, stairsColor)
case STRUCTURET == "Stairs" && Floor_Selector == "3":
    Wall(stairstep, stairsColor)
case STRUCTURET == "Stairs" && Floor_Selector == "4":
    Wall(stairstep, stairsColor)
case STRUCTURET == "Stairs" && Floor_Selector == "5":
    Wall(stairstep, stairsColor)
case STRUCTURET == "Stairs" && Floor_Selector == "0":
    Wall(stairstep, stairsColor)
else :
    Wall(0, errorColor)

```

//Begin from start rule (floors) and create different cases depending on the SPACETYPE

```

@StartRule
Floors -->
    case SPACETYPE == "Shop" :
        Floor(shopColor)
    case SPACETYPE == "Shop storage" :

```

```

        Floor(shopstorageColor)
    case SPACETYPE == "Office" :
        Floor(officeColor)
    case SPACETYPE == "Restroom" :
        Floor(restroomColor)
    case SPACETYPE == "Restroom hall" :
        Floor(restroomColor)
    case SPACETYPE == "Elevator" :
        Floor(elevatorColor)
    case SPACETYPE == "Engine room" :
        Floor(engineroomColor)
    case SPACETYPE == "Entrance hall" :
        Floor(entranceColor)
    case SPACETYPE == "Chamber hall" :
        Floor(chamberColor)
    case SPACETYPE == "Parking area" :
        Floor(parkingColor)
    case SPACETYPE == "Pilotis" :
        Floor(pilotisColor)
    case SPACETYPE == "Pergola" :
        Floor(pergolaColor)
    case SPACETYPE == "Metallic pergola" :
        Floor(metallicpergolaColor)
    case SPACETYPE == "Terrace" :
        Floor(terraceColor)
    else : Floor(otherColor)

```

Όμως, είναι απαραίτητο να οριστούν στη συνέχεια του κανόνα όλες οι πράξεις (shape operations) που μεταβάλλουν το αρχικό σχήμα. Στον συγκεκριμένο κανόνα, ορίζεται, όπως παρουσιάζεται στη συνέχεια, τι είναι Floor(c) και τι είναι Wall(n, c). Πρόκειται ουσιαστικά για τη δόμηση περιπτώσεων ώστε να παραχθεί το τελικό επιθυμητό αποτέλεσμα (εξώθηση και απόδοση χρώματος). Επομένως, ορίστηκε το υψομετρικό πεδίο για κάθε όροφο και προστέθηκαν οι εντολές color(c) και extrude(n) για την ολοκλήρωση του κανόνα. Για παράδειγμα, ο χρήστης όρισε ότι για ύψος μικρότερο του -1 και επιλογή ορόφου ίσο με 0 (που στον συγκεκριμένο κανόνα είναι ο υπόγειος όροφος) να γίνεται απόδοση του χρώματος (όπως έχει οριστεί στον υπόλοιπο κανόνα). Σε αυτό το σημείο γίνεται κατανοητή και η δυνατότητα εναλλαγής μεταξύ "Stacked Floors" και "Single Floor" ως προς την απεικόνιση των ορόφων. Πιο συγκεκριμένα, ο διαχωρισμός γίνεται για να γίνεται σωστή παραγωγή του μοντέλου (με σωστά ύψη και απόδοση χρωμάτων) ακόμα και στην περίπτωση που επιλέγεται η απεικόνιση μόνο ενός από όλους τους ορόφους του κτηρίου.

```

Floor(c) -->
    case Floor_Selector == "0" && BASEELEV < -1 && Floor_Display ==
    "Stacked Floors":
        color(c)
    case Floor_Selector == "1" && BASEELEV < 3 && Floor_Display ==
    "Stacked Floors":
        color(c)
    case Floor_Selector == "2" && BASEELEV < 6 && Floor_Display ==
    "Stacked Floors":
        color(c)
    case Floor_Selector == "3" && BASEELEV < 9 && Floor_Display ==
    "Stacked Floors" :
        color(c)
    case Floor_Selector == "4" && BASEELEV < 12 && Floor_Display ==
    "Stacked Floors":
        color(c)
    case Floor_Selector == "5" && BASEELEV > 12 && Floor_Display ==
    "Stacked Floors":
        color(c)

```

```

case Floor_Selector == "0" && BASEELEV == -3.3 && Floor_Display
== "Single Floor" :
    color(c)
case Floor_Selector == "1" && BASEELEV == 0 && Floor_Display ==
"Single Floor" :
    color(c)
case Floor_Selector == "2" && BASEELEV == 4 && Floor_Display ==
"Single Floor" :
    color(c)
case Floor_Selector == "3" && BASEELEV == 7.1 && Floor_Display
== "Single Floor" :
    color(c)
case Floor_Selector == "4" && BASEELEV == 10.2 && Floor_Display
== "Single Floor" :
    color(c)
case Floor_Selector == "5" && BASEELEV == 13.3 && Floor_Display
== "Single Floor" :
    color(c)
else: NIL

```

Wall(n,c) -->

```

case Floor_Selector == "0" && BASEELEV < 0 && Floor_Display ==
"Stacked Floors":
    color(c)
    extrude(n)
case Floor_Selector == "1" && BASEELEV <4 && Floor_Display ==
"Stacked Floors":
    color(c)
    extrude(n)
case Floor_Selector == "2" && BASEELEV < 7.1 && Floor_Display
== "Stacked Floors":
    color(c)
    extrude(n)
case Floor_Selector == "3" && BASEELEV < 10.2 && Floor_Display
== "Stacked Floors" :
    color(c)
    extrude(n)
case Floor_Selector == "4" && BASEELEV < 13.3 && Floor_Display
== "Stacked Floors":
    color(c)
    extrude(n)
case Floor_Selector == "5" && BASEELEV > 12 && Floor_Display ==
"Stacked Floors":
    color(c)
    extrude(n)
case Floor_Selector == "0" && BASEELEV == -3.3 && Floor_Display
== "Single Floor" :
    color(c)
    extrude(n)
case Floor_Selector == "1" && BASEELEV == 0 && Floor_Display ==
"Single Floor" :
    color(c)
    extrude(n)
case Floor_Selector == "2" && BASEELEV == 4 && Floor_Display ==
"Single Floor" :
    color(c)
    extrude(n)
case Floor_Selector == "3" && BASEELEV == 7.1 && Floor_Display
== "Single Floor" :
    color(c)
    extrude(n)

```



```

case Floor_Selector == "4" && BASEELEV == 10.2 && Floor_Display
== "Single Floor" :
    color(c)
    extrude(n)
case Floor_Selector == "5" && BASEELEV == 13.3 && Floor_Display
== "Single Floor" :
    color(c)
    extrude(n)
else: NIL

```

Τέλος, ο τελευταίος κανόνας προστίθεται για να παράγεται ταυτόχρονα η εξωτερική όψη του κτηρίου με τις υφές του, όταν γίνεται παραγωγή ολόκληρου του τρισδιάστατου μοντέλου.

```
Lot --> f1.Lot //refer to the imported rule file (facade rule file)
```

Επιπλέον, ο παραπάνω κανόνας μπορεί να μετατραπεί κατά τέτοιον τρόπο ώστε να εξωθούνται στο σωστό ύψος οι εσωτερικοί χώροι και να παράγεται μία αναφορά με τον όγκο ανάλογα τη χρήση τους. Για παράδειγμα, γίνεται εξώθηση του μέρους του κτηρίου που χρησιμοποιείται ως κατάστημα και με την προσθήκη της εντολής report επιτρέπεται η συλλογή μεταδεδομένων για το τρισδιάστατο μοντέλο κτηρίου, τα οποία εμφανίζονται στον Inspector του CityEngine. Το CityEngine δίνει τη δυνατότητα εξαγωγής αυτών των αναφορών για περαιτέρω επεξεργασία (π.χ. σε πρόγραμμα επεξεργασίας κειμένου ή υπολογιστικό φύλλο). Στη συνέχεια παρατίθεται το μέρος του κανόνα που τροποποιήθηκε.

```
@StartRule
```

```
Floors -->
```

```

case SPACETYPE == "Shop" :
    Floor(intWallHeightOne, shopColor)
    report("shop.area", geometry.area*intWallHeightOne)
case SPACETYPE == "Shop storage" :
    Floor(intWallHeightUnder, shopstorageColor)

report("shopStorage.area", geometry.area*intWallHeightUnder)
case SPACETYPE == "Office" :
    Floor(intWallHeightAbove, officeColor)

report("office.area", geometry.area*intWallHeightAbove)
case SPACETYPE == "Restroom" :
    case Floor_Selector == "1":
        Floor(intWallHeightOne, restroomColor)
        report("restroom.area1", geometry.area*intWallHeightOne)
    else: Floor(intWallHeightAbove, restroomColor)

report("restroom.area2", geometry.area*intWallHeightAbove) report
("restroom.area2", geometry.area*intWallHeightAbove)
case SPACETYPE == "Restroom hall" :
    case Floor_Selector == "1":
        Floor(intWallHeightOne, restroomColor)
        report("restroom.area3", geometry.area*intWallHeightOne)
    else: Floor(intWallHeightAbove, restroomColor)

report("restroom.area4", geometry.area*intWallHeightAbove)
case SPACETYPE == "Communal areas" :
    case Floor_Selector == "1":
        Floor(intWallHeightOne, elevatorColor)
        report("communal.area1", geometry.area*intWallHeightOne)
    else: Floor(intWallHeightAbove, elevatorColor)

report("communal.area2", geometry.area*intWallHeightAbove)
case SPACETYPE == "Engine room" :
    Floor(intWallHeightUnder, engineroomColor)

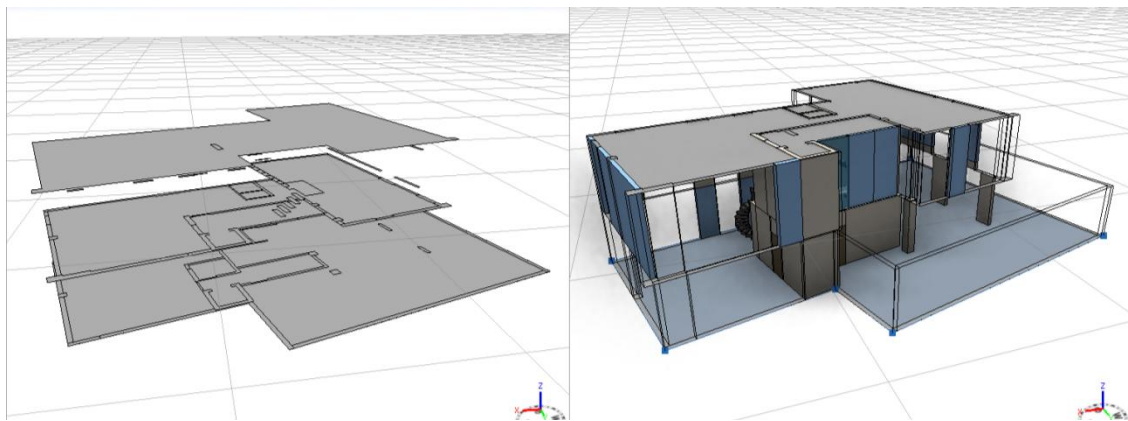
report("elevator.area3", geometry.area*intWallHeightUnder)

```

```

case SPACETYPE == "Entrance hall" :
    case Floor_Selector == "1":
        Floor(intWallHeightOne, entranceColor)
    else: Floor(intWallHeightAbove,entranceColor)
case SPACETYPE == "Chamber" :
        Floor(intWallHeightChamber, chamberColor)
case SPACETYPE == "Parking area" :
        Floor(intWallHeightUnder, parkingColor)
case SPACETYPE == "Pilotis" :
    case Floor_Selector == "1":
        Floor(intWallHeightOne, pilotisColor)
    else: Floor(intWallHeightAbove,pilotisColor)
case SPACETYPE == "Pergola" :
        Floor(intWallHeightAbove, pergolaColor)
case SPACETYPE == "Metallic pergola" :
        Floor(1, metallicpergolaColor)
case SPACETYPE == "Terrace" :
        Floor(0, terraceColor)
else : Floor(0, otherColor)

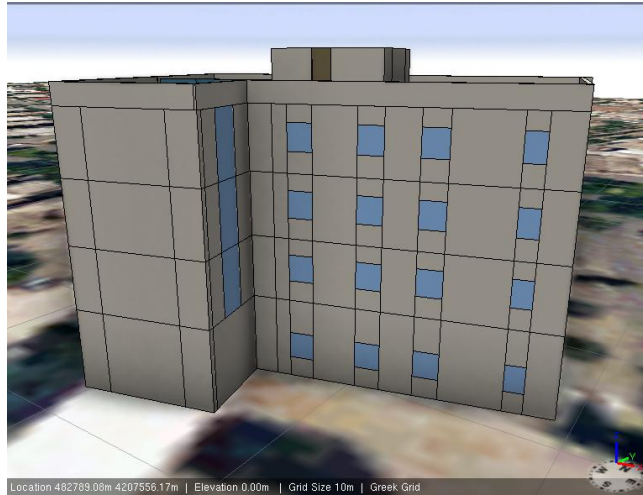
```



Εικόνα 8.14: Παράδειγμα δημιουργίας τρισδιάστατου εσωτερικού μοντέλου κτηρίου με εφαρμογή κανόνα (ισόγειο και υπόγειο)



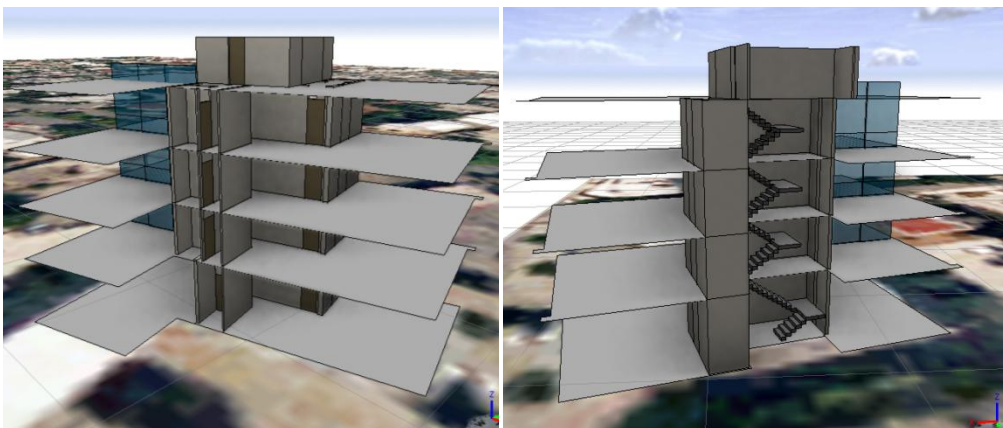
Εικόνα 8.15: Εφαρμογή πλήρους αδιαφάνειας στο εξωτερικό κέλυφος του ισόγειου



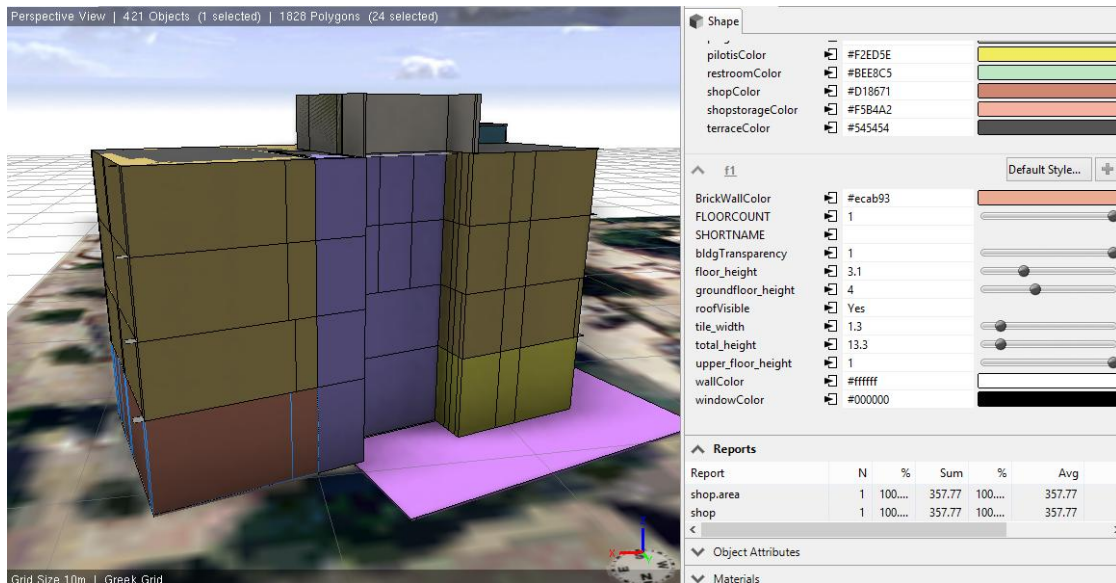
Εικόνα 8.16: Τρισδιάστατο μοντέλο κτηρίου με πρόσθετη λεπτομέρεια ανοιγμάτων



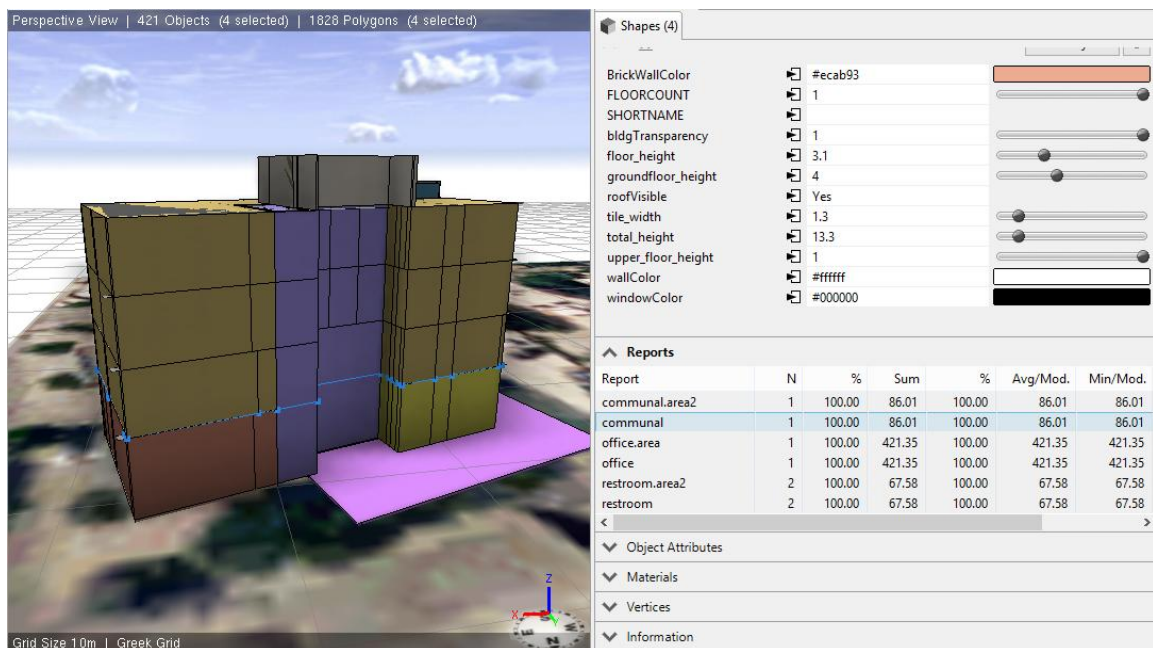
Εικόνα 8.17: Τρισδιάστατο μοντέλο κτηρίου μετά την αποσύνθεσή του στα κτηριακά μέρη και ταυτόχρονη απεικόνιση των διαφορετικών χρήσεων με διαφορετικό χρώμα



Εικόνα 8.18: Διαφορετικές όψεις του εσωτερικού του κτηρίου χωρίς το εξωτερικό κέλυφος



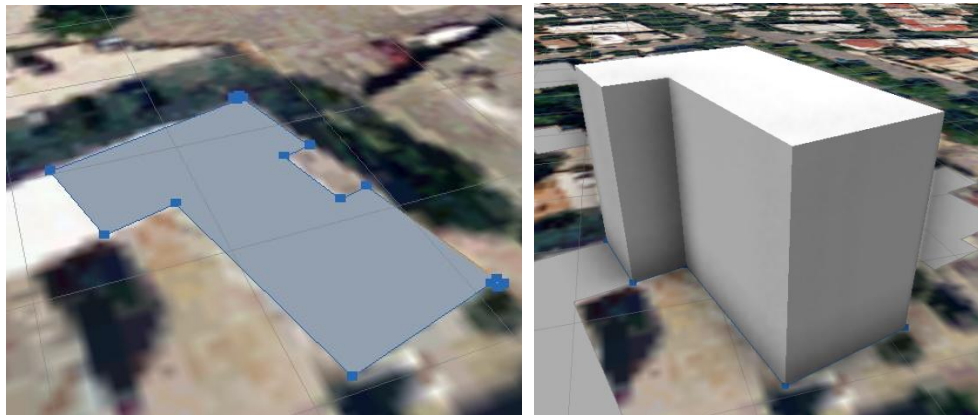
Εικόνα 8.19: Ένδειξη όγκων χρήσεων κτηρίου με χρήση διαφορετικού χρώματος και εξαγωγή αναφοράς (report) με το ακριβές μέγεθος του όγκου



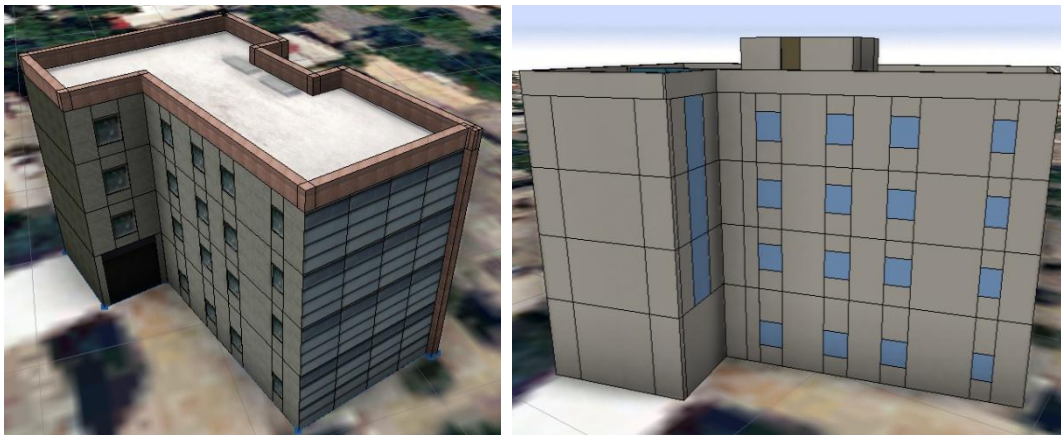
Εικόνα 8.20: Αναφορά (report) των όγκων χρήσεων του ισογείου

Στη συνέχεια, παρατίθενται εικόνες από το ολοκληρωμένο τρισδιάστατο μοντέλο του κτηρίου σε διάφορα επίπεδα λεπτομέρειας (LoD), καθώς και η αναπαράσταση του μοντέλου στο ArcScene μετά την εξαγωγή του ως γεωβάση από το CityEngine. Επιλέχθηκε η εξαγωγή σε γεωβάση, δεδομένου ότι το μοντέλο δημιουργήθηκε στα πλαίσια έρευνας συμβολής της τρισδιάστατης μοντελοποίησης στο 3D Κτηματολόγιο. Με την εισαγωγή του μοντέλου στο ArcScene παρατηρείται ότι η γεωμετρία των αντικειμένων είναι πλέον της μορφής multipatch και ταυτόχρονα έχουν διατηρηθεί όλα τα πρόσθετα χαρακτηριστικά γνωρίσματα, όπως είχαν οριστεί αρχικά. Αυτό μπορεί να βοηθήσει καταλυτικά στην πραγματοποίηση χωρικής

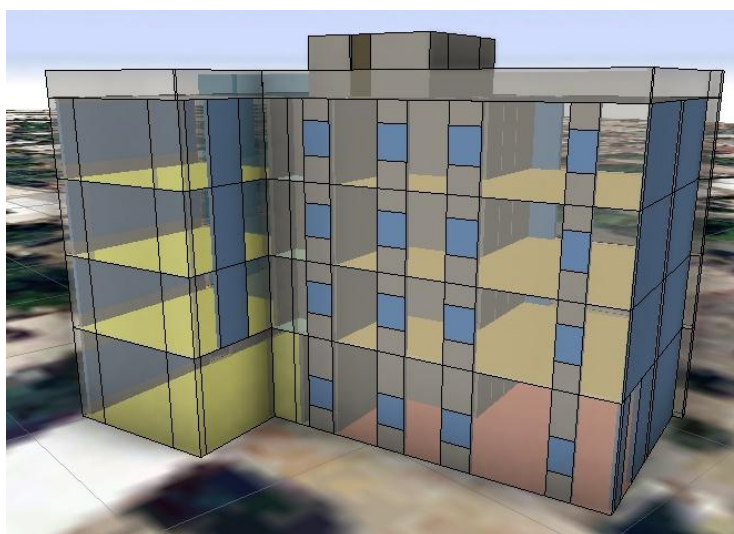
ανάλυσης (π.χ. μέσω δημιουργίας Model Builder), έναν από τους βασικούς στόχους του τρισδιάστατου Κτηματολογίου, γεγονός το οποίο αποτελεί βάση για περαιτέρω έρευνα.



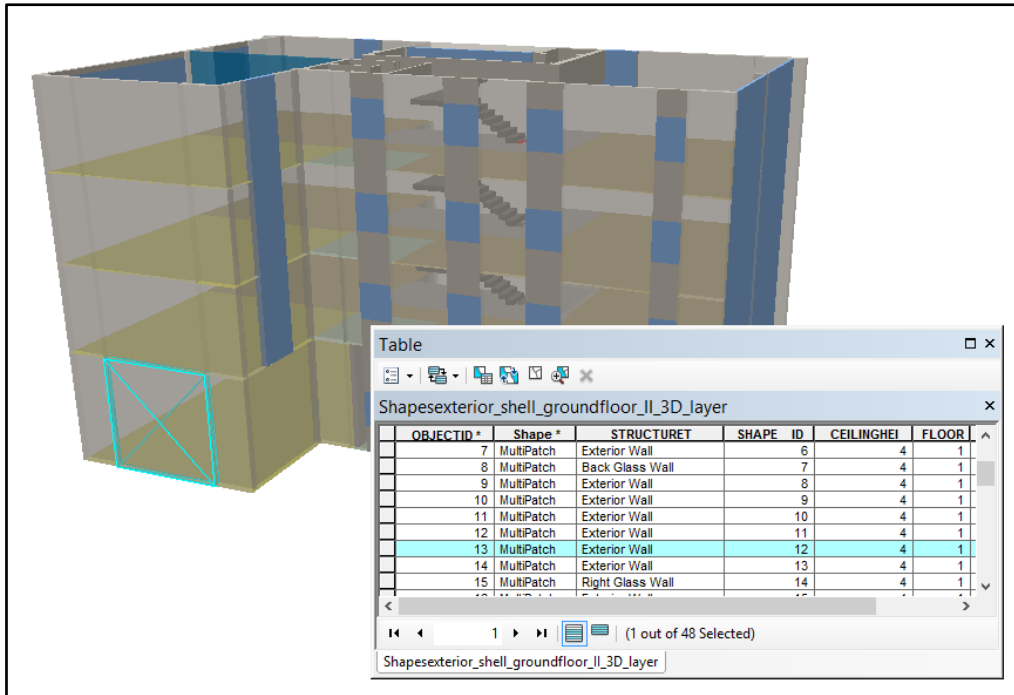
Εικόνα 8.21: Level of Detail 0 - διδιάστατο αποτύπωμα κτηρίου (LoD) (αριστερά), Level of Detail 1 - όγκος κτηρίου (δεξιά)



Εικόνα 8.22: Level of Detail 2 - τρισδιάστατο μοντέλο κτηρίου με υφές (αριστερά), Level of Detail 3 - τρισδιάστατο μοντέλο κτηρίου με αυξημένη λεπτομέρεια στο κέλυφός του (δεξιά)



Εικόνα 8.23: Level of Detail 4 - τρισδιάστατο μοντέλο κτηρίου με λεπτομέρειες στο εσωτερικό (π.χ. εσωτερικοί τοίχοι, κουφώματα και σκάλες)



Εικόνα 8.24: Αναπαράσταση τελικού μοντέλου εξαγόμενο σε γεωβάση στο ArcScene

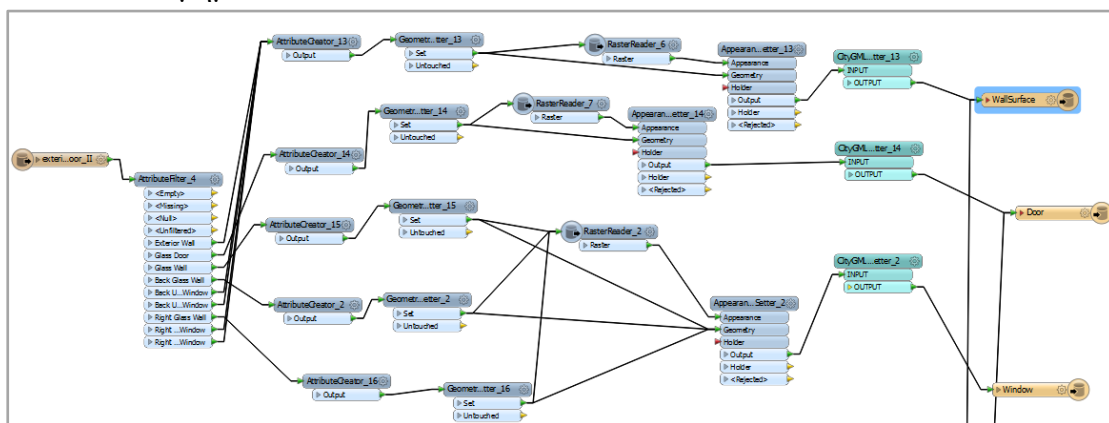
Ορισμένες λειτουργίες που μπορεί να προσφέρει το ArcScene σχετικά με την ανάλυση σε τρεις διαστάσεις, περιέχονται στα εργαλεία της επέκτασης 3D Analyst. Ουσιαστικά δίνεται η δυνατότητα δημιουργίας, απεικόνισης και ανάλυσης γεωγραφικών πληροφοριών σε τρεις διαστάσεις. Πιο συγκεκριμένα, μπορεί να απεικονιστεί το τρισδιάστατο μοντέλο σε περιβάλλον του τρισδιάστατου κόσμου μέσω της χρήσης του ArcGlobe και να πραγματοποιηθούν ερωτήματα (query GIS data), τα οποία, όμως, περιορίζονται σε τρισδιάστατες αποστάσεις. Μία βοηθητική λειτουργία είναι η δυνατότητα επιβολής 3D αναλυτικών ερωτημάτων, όπως για παράδειγμα τον αντίκτυπο μίας προτεινόμενης αλλαγής στην υφιστάμενη θέα των γειτονικών κτηρίων (line of sight analysis and visibility analysis, sun shadow analysis).

8.2.3. Έλεγχος διαλειτουργικότητας παραγόμενου τρισδιάστατου μοντέλου με το CityGML

Επιπρόσθετα, στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας μελετήθηκε η δυνατότητα διαλειτουργικότητας μεταξύ του μοντέλου που δημιουργείται με τη μέθοδο της κανονιστικής μοντελοποίησης και του CityGML προτύπου, δεδομένου ότι το CityGML είναι ένα παγκόσμιο πρότυπο για τη μοντελοποίηση και ανταλλαγή τρισδιάστατων μοντέλων πόλης και είναι επιτακτική ανάγκη η δημιουργία σημασιολογικών μοντέλων. Το CityEngine προσφέρει επιλογές εξαγωγής του μοντέλου σε περιορισμένο αριθμό τύπων αρχείων (OBJ Wavefront, FBX Autodesk, DAE COLLADA, KML, RIB, VOB, ESRI FileGDB), των οποίων η πλειοψηφία δεν διατηρεί τη σημασιολογική πληροφορία που έχει ενσωματωθεί στο τρισδιάστατο

μοντέλου κτηρίου, και δεν προσφέρει άμεση μορφή αρχείου που να είναι συμβατή με το CityGML. Τα βασικότερα προβλήματα διαλειτουργικότητας δημιουργήθηκαν από τη μορφή γεωμετρίας που εξάγει το CityEngine (multipatch). Ύστερα από εκτενή έρευνα, η πιο κατάλληλη μέθοδος για την επίτευξη διαλειτουργικότητας με το CityGML είναι η εξαγωγή του 3D μοντέλου κτηρίου σε ESRI FileGDB και η χρήση του λογισμικού προγράμματος FME (Feature Manipulation Engine, Safe Software) για την μετατροπή του σε gml αρχείο. Το FME είναι ένα δυναμικό εργαλείο με πολλαπλές δυνατότητες μετάφρασης αρχείων, επιτρέποντας τη μετατροπή δεδομένων, τόσο της γεωμετρίας όσο και των χαρακτηριστικών, σε διάφορους τύπους αρχείων. Όσον αφορά τη δημιουργία CityGML αρχείων, αναγνωρίζει και μετατρέπει αρχεία σε CityGML version 2.0. Μετατροπείς (transformers) που προσφέρει το FME (π.χ. Attribute Creator, Geometry Property Setter, CityGML Property Setter) χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία του τελικού αρχείου.

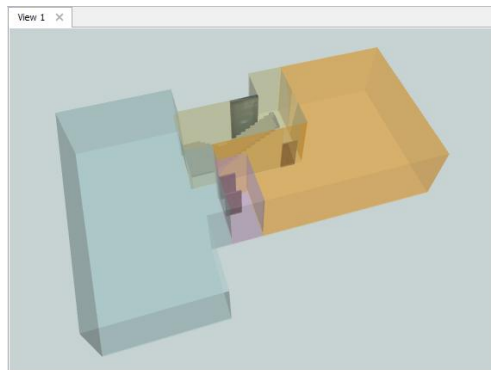
Μετά την εξαγωγή του μοντέλου σε ESRI FileGDB, εισήχθη στο ArcScene, μέσω του οποίου πραγματοποιήθηκε εξαγωγή των οργανωμένων θεματικών επιπέδων σε ξεχωριστά shapefiles, που αποτέλεσαν τα δεδομένα εισόδου για το FME. Τα βασικά βήματα για τη δημιουργία του CityGML αρχείου ήταν η προσθήκη συγκεκριμένων CityGML χαρακτηριστικών (π.χ. gml_id, gml_name, gml_parent_id), χαρακτηριστικά γεωμετρίας (π.χ. opening, boundedBy, κ.ά.) και γεωμετρία (MultiSurface). Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στη χρήση των ονομάτων για τα χαρακτηριστικά, όπως ορίζονται από τις προδιαγραφές του CityGML πλαισίου. Τελικά, μεταφράζονται τα αρχικά δεδομένα μέσω του FME Workbench σε μορφή αρχείου συμβατή με το CityGML και απεικονίζονται με τη βοήθεια του συμπληρωματικού λογισμικού FME Data Inspector. Ένα πρόβλημα που συναντήθηκε κατά τη χρήση του FME, ήταν η εφαρμογή διαφορετικών υφών στα διάφορα κτηριακά μέρη. Συμπερασματικά, το FME είναι ένα λειτουργικό και αποτελεσματικό εργαλείο για τη δημιουργία CityGML αρχείων, ιδιαίτερα όταν τα αρχικά δεδομένα είναι καλά δομημένα.



Εικόνα 8.25: Μέρος της διεργασίας μετάφρασης του τρισδιάστατου μοντέλου σε μορφή αρχείου συμβατή με το CityGML σε περιβάλλον FME (transformation process)



Εικόνα 8.26: Το τελικό CityGML αρχείο εντός του FME Data Inspector



Εικόνα 8.27: Άποψη των ξεχωριστών χρήσεων γης και του εσωτερικού του κτηρίου εντός του FME Data Inspector

8.3. Συμπεράσματα

Η μεθοδολογία της κανονιστικής μοντελοποίησης που ακολουθήθηκε κατά τη δημιουργία του τρισδιάστατου μοντέλου κτηρίου συνδυάζει τόσο τη γραφική όσο και τη γεωμετρική αναπαράσταση του μοντέλου και περιλαμβάνει θεματικά χαρακτηριστικά. Ουσιαστικά το κτήριο (building) έχει αποσυντεθεί στα μέρη (building parts) από τα οποία αποτελείται, όπως για παράδειγμα εξωτερικοί τοίχοι, εσωτερικοί τοίχοι, εξωτερικά και εσωτερικά ανοίγματα, σκάλες, όροφοι, κτλ. Επιπλέον, η χρήση της κανονιστικής μοντελοποίησης στο περιβάλλον του CityEngine παρέχει τη δυνατότητα απεικόνισης του 3D μοντέλου σε διαφορετικά επίπεδα λεπτομέρειας (LoD) ανάλογα τη σκοπιμότητα χρήσης του. Το αποτέλεσμα της συγκεκριμένης τεχνικής μοντελοποίησης έχει ικανοποιητικά αποτελέσματα, δεδομένου της σύγκρισης με την πραγματικότητα.

Όσον αφορά τη χρησιμότητα της συγκεκριμένης τρισδιάστατης τεχνικής μοντελοποίησης στον τομέα των κτηματολογικών συστημάτων, αξίζει να σημειωθούν τα εξής. Η χρήση της τρισδιάστατης απεικόνισης της πραγματικότητας είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για το Κτηματολόγιο, καθώς είναι άμεσα δυνατή η γνώση της κατάστασης κάθε κτηρίου και ιδιαίτερα σε περιπτώσεις πολυστρωματικών ιδιοκτησιών. Φυσικά κρίνεται απαραίτητη μελλοντική έρευνα σε θέματα χωρικής ανάλυσης τρισδιάστατων αντικειμένων και βάσεων δεδομένων που υποστηρίζουν την αποθήκευσή τους, για

την εξέλιξη της λειτουργικότητας των τρισδιάστατων κτηματολογικών συστημάτων, καθώς το CityEngine έχει περιορισμένες δυνατότητες σε θέματα τέτοιας φύσεως.

Οι δυνατότητες που προσφέρει το CityEngine για περαιτέρω ανάλυση περιορίζονται γενικό στο ίδιο το περιβάλλον του λογισμικού. Επιπλέον, οι επιλογές εξαγωγής του παραγόμενου τρισδιάστατου μοντέλου ενέχουν σημαντικούς περιορισμούς, γεγονός το οποίο πρέπει να εξεταστεί περαιτέρω. Όπως έχει αναφερθεί, η γεωμετρία Multipatch των αντικειμένων στην εξαγόμενη βάση δεδομένων (ESRI File GDB), δημιουργεί προβλήματα ανάλυσης, ακόμα και στο λογισμικό ArcScene, που αποτελεί προϊόν της ίδιας εταιρείας. Ως επί το πλείστον, πρέπει να ληφθούν υπόψη αυτά τα θέματα, προκειμένου να αυξηθεί η διαλειτουργικότητα μεταξύ των διάφορων τεχνολογιών και της επίλυσης των προβλημάτων της χωρικής ανάλυσης σε τρισδιάστατα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών.

Επιπρόσθετα, οι εξελίξεις στην τρισδιάστατη μοντελοποίηση των πόλεων έχουν οδηγήσει ταυτόχρονα στην ανάγκη ενσωμάτωσης, όχι μόνο γεωμετρικών και τοπολογικών πληροφοριών, αλλά ακόμα σημασιολογικών πληροφοριών. Το CityGML είναι ένα διεθνές πρότυπο, που εδραιώθηκε από την κοινοπραξία OGC, και σκοπεύει στην αναπαράσταση και ανταλλαγή τρισδιάστατων μοντέλων πόλης σε διαφορετικά επίπεδα λεπτομέρειας με γεωμετρική, τοπολογική και σημασιολογική πληροφορία. Ακόμη, το συγκεκριμένο πρότυπο επιτρέπει τη διαλειτουργικότητα μεταξύ διάφορων εφαρμογών και για το σκοπό αυτό ερευνήθηκαν οι δυνατότητες διαλειτουργικότητας του μοντέλου που δημιουργήθηκε με την αξιοποίηση της κανονιστικής μοντελοποίησης, με το συγκεκριμένο πρότυπο CityGML. Από τα αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν στην προηγούμενη ενότητα καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι είναι εφικτή η μετάβαση από ένα τρισδιάστατο μοντέλο κανονιστικής μοντελοποίησης σε αρχείο συμβατό με το CityGML, αν και η διαδικασία κρίνεται σχετικά περίπλοκη ως προς τα λογισμικά προγράμματα που πρέπει να χρησιμοποιηθούν. Ο χρόνος μετάβασης μπορεί να μειωθεί αρκετά όταν οι γνώσεις επί αυτών των τεχνικών έχουν βελτιστοποιηθεί. Πιο συγκεκριμένα, το FME παρέχει όλα τα απαραίτητα εργαλεία για την εναρμόνιση του αρχικού τρισδιάστατου μοντέλου με το CityGML πρότυπο, αλλά απαιτεί καλή γνώση αυτών. Επίσης, σκόπιμη κρίνεται η οργάνωση της δομής των αρχικών δεδομένων σύμφωνα με τις προδιαγραφές που ορίζει το CityGML, για τη διευκόλυνση της διαδικασίας μετασχηματισμού.

Με βάση τη διερεύνηση που έλαβε χώρα στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας, η τρισδιάστατη απεικόνιση παρουσιάζει συνεχή εξέλιξη, καθώς υπάρχουν διαθέσιμες τεχνολογίες και τεχνικές τρισδιάστατης μοντελοποίησης για τη δημιουργία 3D μοντέλων. Η κανονιστική μοντελοποίηση, που αξιοποιήθηκε μέσω του λογισμικού CityEngine, παρουσιάζει αξιοσημείωτη χρησιμότητα στην παραγωγή και την απεικόνιση τρισδιάστατων μοντέλων, όπως αποδείχθηκε από το τελικό μοντέλο του κτηρίου. Ωστόσο, θεωρείται ότι ο χρόνος που απαιτείται είναι σχετικά μεγάλος εάν συγκριθεί με την αξιοποίηση της ίδιας τεχνικής στην παραγωγή αστικών μοντέλων, τα οποία παρουσιάζουν επαναληπτικότητα δομών και αρχιτεκτονικών

μοτίβων στα κτήρια. Συνολικά, όμως, η εξοικείωση τόσο με τις προγραμματιστικές τεχνικές όσο και με το περιβάλλον των εκάστοτε λογισμικών που χρησιμοποιούνται, ελαχιστοποιεί το χρόνο που απαιτείται για την παραγωγή των τρισδιάστατων μοντέλων, ακόμη και όταν πρόκειται για πολύπλοκες όψεις κτηρίων και του εσωτερικού τους χώρου.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Aien, A. , Rajabifard, A. , Kalantari, M. , Williamson I. , (2011). *Aspects of 3D Cadastre - A Case Study in Victoria*. FIG Working Week 2011, Marrakesh, Morocco.
- Benhamu, M. , (2006). *A GIS-Related Multi Layers 3D Cadastre in Israel*. Shaping the Change: XXIII FIG Congress, Munich, Germany.
- Çağdaş, V. (2013). *An Application Domain Extension to CityGML for immovable property taxation: A Turkish case study*. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 21, 545-555.
- Cheng, J. , Deng, Y. , Du, Q. , (2013). Mapping Between BIM Models and 3D GIS City Models of Different Levels of Detail. In Proceedings of the 13th International Conference on Construction Applications of Virtual Reality, London, UK.
- Chiang, H. C. , (2012). *Data Modelling and Application of 3D Cadastre in Taiwan*. 3rd International Workshop on 3D Cadastres: Developments and Practices, Shenzhen, China.
- Choon, T. L. , Hussin, K. B. , (2012). *Establishing 3D Property Rights in Malaysia*. FIG Working Week 2012: Knowing to manage the territory, protect the environment, evaluate the cultural heritage, Rome, Italy.
- Dalmasso, A. , (2012). *Individual and Shared Properties in the Condominium: description, 3D representation and updating*. FIG Working Week 2012: Knowing to manage the territory, protect the environment, evaluate the cultural heritage, Rome, Italy.
- Dimopoulou, E. , Gavanas, I. , Zentelis, P. , (2006). *3D Registrations in the Hellenic Cadastre*. Shaping the Change: XXIII FIG Congress, Munich, Germany.
- Duncan, E. E. , Abdul Rahman, A. , (2012). *An Amalgamation of 3D Spatial Data Model for Surface and Subsurface Spatial Objects*. FIG Working Week 2012: Knowing to manage the territory, protect the environment, evaluate the cultural heritage, Rome, Italy.
- Erba, D. A. , (2012). *Application of 3D Cadastres as a Land Policy Tool*. Land Lines, Journal of the Lincoln Institute of Land Policy, pp. 8-14.
- Erba, D. A. , Piumetto, M. A. , (2012). *3D Cadastre in the Federal Countries of Latin America*. FIG Working Week 2012: Knowing to manage the territory, protect the environment, evaluate the cultural heritage, Rome, Italy.
- García, J. M. O. , Soriano, L. I. V. , Varés, A. V. M. , (2011). *3D Modeling and Representation of the Spanish Cadastral Cartography and the INSPIRE Buildings Model*. 2nd International Workshop on 3D Cadastres, Delft, the Netherlands.
- Grinstein, A. , (2001). *Aspects of a 3D Cadastre in the New City of Modi'in, Israel*. 1st International Workshop on 3D Cadastres, Delft, the Netherlands.

- Gröger, G., Kolbe, T., & Czerwinski, A. (2007). *Candidate OpenGIS® CityGML Implementation Specification (City Geography Markup Language)*. Open Geospatial Consortium Inc, OGC.
- Gröger, G. , Kutzner, T. , Kolbe, T. , (2013). *A CityGML - based encoding for the INSPIRE Data Specification on Buildings*. INSPIRE Conference, Florence, Italy.
- Gröger, G., & Plümer, L. (2012). *CityGML–Interoperable semantic 3D city models*. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 71, 12-33.
- Guo, R. , Yu, C. , Zhao, Z. , Ying, S. , (2012). *Logical Design and Implementation of the Data Model for 3D Cadastre in China*. 3rd International Workshop on 3D Cadastre: Developments and Practices, Shenzhen, China.
- Ho, S. , Rajabifard, A. , (2012). *Delivering 3D Land and Property Management: A Consideration of Institutional Challenges in an Australian Context*. 3rd International Workshop on 3D Cadastres: Developments and Practices, Shenzhen, China.
- Karki, S. , Thompson, R. , McDougall, K. , Cumerford, N. , Van Oosterom, A. , Van Oosterom, P. , (2011). *ISO Land Administration Domain Model and LandXML in the Development of Digital Survey Plan Lodgement for 3D Cadastre in Australia*. FIG Working Week 2011, Delft, the Netherlands.
- Kolbe, T. H. , Groger, G.. , Plumer, L. , (2005). *CityGML - Interoperable Access to 3D City Models*. Institute of Cartography and Geoinformation, University of Bonn, Germany.
- Kolbe, T. H. , (2009). *Representing and Exchanging 3D City Models with CityGML*, 3D Geo-Information Sciences. LNGC, Springer Berlin, pp 15-31.
- Müller, P. , Wonka, P. , Haegler, S. , Ulmer, A. , Van Gool, L. , (2006). *Procedural Modeling of Buildings*. ACM SIGGRAPH, pp. 614-623.
- Müller, P. , Zeng, G. , Wonka, P. , Van Gool, L. , (2007). *Image-based Procedural Modeling of Facades*. ACM SIGGRAPH, 85.
- Papaefthymiou, M. , Labropoulos, T. , Zentelis, P. , (2004). *3-D Cadastre in Greece - Legal, Physical and Practical Issues - Application on Santorini Island*. FIG Working Week 2004, Athens, Greece.
- Parish, Y. , Müller, P. , (2001). *Procedural Modeling of Cities*. ACM SIGGRAPH Proceedings of the 28th annual conference on Computer graphics and interactive techniques, pp. 301-308.
- Rajabifard, A. , Kalantari, M. , Williamson, I. , (2012). *Land and Property Information in 3D*. FIG Working Week 2012: Knowing to manage the territory, protect the environment, evaluate the cultural heritage, Rome, Italy.
- Şengül, A. , (2010). *Extracting semantic building models from aerial stereo images and conversion to CityGML*. Doctoral dissertation, İstanbul Technical University.

Shephard, N. , (2012). *New, Insightful Ways to Describe the World: Rule-based 3D mapping with CityEngine*. ArcUser (Winter 2012).

Shoshani, U. , Benhamu, M. , Goshen, E. , Denekamp, S. , Bar, R. , (2004). *Registration of Cadastral spatial Rights in Israel - A Research and Development Project*. FIG Working Week 2004, Athens, Greece.

Shoshani, U. , Benhamu, M. , Goshen, E. , Denekamp, S. , Bar, R. , (2005). *A Multi Layers 3D Cadastre in Israel: A Research and Development Project Recommendations*. From Pharaohs to Geoinformatics: FIG Working Week 2005 and GSDI-8, Cairo, Egypt.

Shojaei, D. , Rajabifard, A. , Kalantari, M. , Bishop, Ian. , Aien, A. , (2012). *Development of a 3D ePlan/LandXML Visualisation System in Australia*. 3rd International Workshop on 3D Cadastres: Developments and Practices, Shenzhen, China.

Stadler, A. , & Kolbe, T. H. , (2007). *Spatio-semantic coherence in the integration of 3D city models*. In Proceedings of the 5th International Symposium on Spatial Data Quality, Enschede.

Stoter, J. , Salzmann, M. , Van Oosterom, P. , Van Der Molen, P. , (2002). *Towards a 3D Cadastre*. FIG XXII International Congress, Washington, D.C. U.S.A.

Stoter, J. , Zlatanova, S. , (2003). *3D GIS, where are we standing?*. Section GIS technology, Delft University of Technology, the Netherlands.

Stoter, J. , Ploeger, H. , (2003). *Property in 3D - registration of multiple use of space: current practice in Holland and the need for a 3D cadastre*. In Computes, Environment and Urban Systems, Volume 27, Number 6, pp 553-570, Delft, the Netherlands.

Stoter, J. , Salzmann, M. , (2003). *Towards a 3D Cadastre: where d cadastral need and technical possibilities meet?*. In Computes, Environment and Urban Systems, Volume 27, Number 4, pp 395-410, Delft, The Netherlands.

Stoter, J. , (2004). *3D Cadastre*. Netherlands Geodetic Commission: Publications on Geodesy 57, (PhD Thesis), Delft, the Netherlands.

Stoter, J. , Ploeger, H. , Louwman, W. , Van Oosterom, P. , Wunsch, B. , (2011). *Registration of 3D Situations in Land Administration in the Netherlands*. 2nd International Workshop on 3D Cadastres, Delft, the Netherlands.

Stoter, J. , Van Oosterom, P. , Ploeger, H. , (2012). *The Phased 3D Cadastre Implementation in the Netherlands*. 3rd International Workshop on 3D Cadastres: Developments and Practices, Shenzhen, China.

Tsiliakou, E. , Dimopoulou, E. , (2011). *Adjusting the 2D Hellenic Cadastre to the Complex 3D World - Possibilities and Constraints*. 2nd International Workshop on 3D Cadastre, Delft, the Netherlands.

Tsiliakou, E. , Labropoulos, T. , Dimopoulou, E. , (2013). *Transforming 2D Cadastral Data into a Dynamic Smart 3D Model*. ISPRS 8th 3DGeoInfo Conference & WG II/2 Workshop.

Van Maren, G. , Shephard, N. , Schubiger, S. , (2012). *Developing with Esri CityEngine*. Esri Developer Summit, Palm Springs, California.

Vandyshva, N. , Sapelnikov, S. , Van Oosterom, P. , De Vries, M. , Spiering, B. , Wouters, R. , Hoogeveen, A. , Penkov, V. , (2012). *The 3D Cadastre Prototype and Pilot in the Russian Federation*. FIG Working Week 2012: Knowing to manage the territory, protect the environment, evaluate the cultural heritage, Rome, Italy.

Xiao, J. , Fang, T. , Tan, P. , Zhao, P. , Ofek, E. , Quan, L. , (2008). *Image-based Façade Modeling*. In Proceedings of SIGGRAPH, Asia.

Ying, S. , Guo, R. , Li, L. , Van Oosterom, P. , Ledoux, H. , Stoter, J. , (2011). *Design and Development of a 3D Cadastral System Prototype based on the LADM and 3D Topology*. 2nd International Workshop on 3D Cadastres, Delft, the Netherlands.

Zlatanova, S. , Rahman, A. A. , Pilouk, M. , (2002). *Trends in 3D GIS Development*. In Journal of Geospatial Engineering, 4(2), pp. 71-80.

Zlatanova, S. , Rahman, A. A. , Pilouk, M. , (2002). *3D GIS: Current Status and Perspectives*. Symposium on Geospatial Theory, Processing and Applications, Ottawa, Canada.

Δημοπούλου, Έ. , (2012). *3D Καταγραφές στο Εθνικό Κτηματολόγιο*. Σημειώσεις Μαθήματος Θέματος «Ανάπτυξη & Διαχείρισης Συστημάτων Κτηματολογίου», Σχολή Αγρονόμων & Τοπογράφων Μηχανικών, Αθήνα.

Δημοπούλου, Έ. , (2012). *Διερεύνηση και Καταγραφή Προβλημάτων κατά τη Σύνταξη του Εθνικού Κτηματολογίου*. Σημειώσεις Μαθήματος Θέματος «Ανάπτυξη & Διαχείρισης Συστημάτων Κτηματολογίου», Σχολή Αγρονόμων & Τοπογράφων Μηχανικών, Αθήνα.

Ζεντέλης, Π. , (2011). *«Περί Κτημάτων Λόγος και Κτηματολόγιο»*, Τόμος I & II, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα.

Κτηματολόγιο εν δράσει 1, (Ιούνιος 2010). Περιοδική Έκδοση της Κτηματολόγιο Α.Ε.

Κτηματολόγιο εν δράσει 7, (Ιανουάριος-Μάρτιος 2012). Πρόοδος του έργου, Περιοδική Έκδοση της Κτηματολόγιο Α.Ε.

Ντόκου, Α. , (Νοέμβριος 2004). *Χωρικές διαδικασίες τεκμηρίωσης τρισδιάστατης πληροφορίας ιδιοκτησιακών αντικειμένων*. *Αειχώρος* 3(2), 134-153.

Περί Κτήσεως Λόγος 1, (Ιούνιος-Αύγουστος 2007). Περιοδική Έκδοση του Τμήματος Επικοινωνίας και Δημοσίων Σχέσεων της Κτηματολόγιο Α.Ε.

Περί Κτήσεως Λόγος 2&3, (Ιανουάριος 2009). Περιοδική Έκδοση του Τμήματος Επικοινωνίας και Δημοσίων Σχέσεων της Κτηματολόγιο Α.Ε.

Διαδικτυακοί Τόποι:

ESRI website (www.esri.com)

Εθνικό Κτηματολόγιο και Χαρτογράφηση Α.Ε. (www.ktimatologio.gr)

Ο.Κ.Χ.Ε. (www.okxe.gr/el)

CityEngine (<http://www.esri.com/software/cityengine>)

Esri, Creating Smart 3D City Models with Esri CityEngine, (Training Seminar), (<http://training.esri.com/gateway/index.cfm?fa=catalog.webCourseDetail&courseID=2673>)

Esri, Getting Started with Esri CityEngine, (Training Seminar), (<http://training.esri.com/gateway/index.cfm?fa=catalog.webCourseDetail&courseid=2567>)

Esri, CityEngine channel on Youtube, (<http://www.youtube.com/user/CityEngineTV/videos>)

Esri, Tutorials and Quick Start Guide of CityEngine, (<http://resources.arcgis.com/en/help/cityengine/10.2/index.html>)

Esri, CityEngine Examples, Tutorials, Workflows, Web Scenes, (<http://resources.arcgis.com/en/communities/city-engine/01w90000000r000000.htm#s=0&n=30&d=1&md=cte-ce-version:1000>)

CityGML (<http://www.citygml.org/>)

INSPIRE (<http://inspire.ec.europa.eu/>)

Open Geospatial Consortium (<http://www.opengeospatial.org/standards/citygml>)

Geo_Database Management Center (<http://www.gdmc.nl/>)