



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**

**ΤΜΗΜΑ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΤΟΜΕΑΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ- ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ**



## **3D ΚΑΝΟΝΙΣΤΙΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΚΤΙΡΙΩΝ ΤΗΣ ΠΑΛΙΑΣ ΠΟΛΗΣ ΤΗΣ ΚΕΡΚΥΡΑΣ**

Διπλωματική Εργασία

**Τράνακα Πηνελόπη**

**Επιβλέπουσα :**

Δημοπούλου Έφη

Αν. Καθηγήτρια Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούλιος 2014



**NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS**  
SCHOOL OF RURAL AND SURVEYING ENGINEERING  
TOPOGRAPHY AND CADASTRE SECTION

## **3D PROCEDURAL MODELING AT CORFU'S OLD TOWN BUILDINGS**

Diploma Thesis

**Tranaka Pinelopi**

**Supervisor :**

Dimopoulou Efi

Associate Professor NTUA

Athens, July 2014



Copyright @ Πηνελόπη Σπ. Τράνακα, 2014

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.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το κτηματολόγιο είναι το πιο εξελιγμένο σύστημα καταγραφής χωρικών πληροφοριών, το οποίο απαιτεί υψηλό βαθμό οργάνωσης, ώστε να επιτευχθεί η σωστή λειτουργία και η ανάπτυξή του. Ένα κτηματολόγιο θεωρείται το ιδανικό σύστημα, το οποίο εμπεριέχει πληροφορίες σχετικές με τα ακίνητα, με στόχο να είναι ένα αποτελεσματικό εργαλείο για την ανάπτυξη της χώρας σε διάφορους τομείς. Τις τελευταίες δεκαετίες, όμως, που οι άνθρωποι τείνουν ολοένα και περισσότερο να ζουν σε υψηλής πυκνότητας αστικά κτίρια, συνήθως σε πολυώροφες κατασκευές πολλαπλής λειτουργικότητας, το 2D κτηματολογικό σύστημα δεν είναι κατάλληλο για να περιγράψει τη σύνθετη πραγματικότητα που δημιουργείται. Το υπάρχον 2D κτηματολόγιο, λοιπόν, δεν είναι σε θέση να διαχειριστεί και να αναπαραστήσει τα πολύπλοκα ιδιοκτησιακά δικαιώματα, περιορισμούς και ευθύνες σε ένα 3D πλαίσιο.

Γι' αυτούς τους λόγους, τα τελευταία χρόνια έχει παρατηρηθεί μεγάλο ενδιαφέρον από τη διεθνή επιστημονική κοινότητα για την τρίτη διάσταση, και κυρίως από το χώρο των επιστημών, οι οποίες είναι σχετικές με γεωγραφικές πληροφορίες και με την καταγραφή και απεικόνιση διάφορων φαινομένων. Πραγματοποιούνται πολλές έρευνες διεθνώς για την ανάπτυξη πολυδιάστατου κτηματολογίου, αλλά και για τη δημιουργία ενός κοινού Συστήματος Πληροφοριών Γης (L.I.S.). Επειδή, όμως, ένα σύγχρονο κτηματολόγιο πρέπει να απεικονίζει σε κάθε χρονική στιγμή την υπάρχουσα πραγματικότητα, πρέπει αυτό να περιλαμβάνει και όλες τις μη συμβατικές περιπτώσεις του δομούμενου περιβάλλοντος. Η ικανοποίηση της αυξανόμενης αυτής ανάγκης μπορεί να προκύψει από την ανάπτυξη 3D κτηματολογίου.

Όσον αφορά στη 3D απεικόνιση και τα 3D μοντέλα πόλεων, οι εξελίξεις είναι ραγδαίες και το ενδιαφέρον των ειδικών γίνεται όλο και μεγαλύτερο. Κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών, οι τεχνικές απεικόνισης 3D μοντέλων έχουν αναπτυχθεί πολύ γρήγορα. Τα χωρικά δεδομένα τριών διαστάσεων βρίσκουν χρησιμότητα σε πολλές εφαρμογές, ειδικά στις πόλεις, όταν για παράδειγμα είναι επιθυμητή η οπτική αναπαράσταση της φυσικής γήινης πραγματικότητας για το σχεδιασμό και την ανάπτυξη του περιβάλλοντα χώρου. Έτσι, και στο χώρο του κτηματολογίου, για τη βέλτιστη αναπαράσταση της ιδιοκτησίας είναι απαραίτητη η απεικόνιση των 3D κτηματολογικών αντικειμένων στον 3D κτηματολογικό χάρτη, στον οποίο φαίνεται η θέση και το περιεχόμενο των αντικειμένων και των ιδιοκτησιών στο χώρο.

Στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής εργασίας μελετάται η πορεία και εξέλιξη των συστημάτων κτηματολογίου και το πώς μπορεί να επιτευχθεί η μετάβαση από το ισχύον 2D κτηματολόγιο στο 3D. Αναφέρονται, λοιπόν, κάποια από τα σπουδαιότερα διεθνή πρότυπα, όπως το L.A.D.M., το CityGML κ.ά., στα οποία μπορεί να στηριχθεί η προσπάθεια για τη δημιουργία ενός 3D κτηματολογίου. Επίσης, παρουσιάζονται αναλυτικά βασικές περιπτώσεις του πραγματικού κόσμου, οι οποίες απαιτούν την ύπαρξη 3D κτηματολογίου και εξηγείται πώς κάποιες χώρες- πρότυπα στον τομέα αυτό, όπως Ολλανδία, Αυστραλία κ.ά., προσπαθούν να ενσωματώσουν την τρίτη διάσταση στο υπάρχον κτηματολογικό σύστημά τους.

Στόχος αυτής της εργασίας είναι να φανεί πόσο απαραίτητη είναι η τρίτη διάσταση για τη σύνθετη πραγματικότητα και πώς μπορούν να

προσαρμολοούν τα σημερινά Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (G.I.S.) σε αυτή την απαίτηση. Γι' αυτό το λόγο, αναλύονται τεχνικές 3D μοντελοποίησης, με ιδιαίτερη έμφαση στην Κανονιστική Μοντελοποίηση (Procedural Modeling). Χρησιμοποιώντας, λοιπόν, αυτή τη μέθοδο 3D μοντελοποίησης, δημιουργήθηκαν 3D μοντέλα χαρακτηριστικών-αντιπροσωπευτικών κτιρίων της Παλιάς Πόλης της Κέρκυρας με αλγορίθμους, στο λογισμικό της Esri, το CityEngine.

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

*Η ολοκλήρωση αυτής της διπλωματικής εργασίας υλοποιήθηκε με την υποστήριξη ενός αριθμού ανθρώπων, στους οποίους θα ήθελα να εκφράσω τις θερμότερες ευχαριστίες μου. Κατά κύριο λόγο θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα της διπλωματικής, την κυρία Έφη Δημοπούλου αναπληρώτρια καθηγήτρια του Ε.Μ.Π., η οποία μου ανέθεσε αυτή την ενδιαφέρουσα εργασία, μέσα από την οποία ήρθα πρώτη φορά σε επαφή με θέματα που απασχολούν όλη τη διεθνή κοινότητα και είναι στο επίκεντρο της επιστημονικής προσοχής. Την ευχαριστώ, επίσης, για όλες τις πολύτιμες γνώσεις και συμβουλές που μου παρείχε καθ' όλη τη διάρκεια της εργασίας, καθώς και για την υποστήριξη και καθοδήγησή της.*

*Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να απευθύνω στον κύριο Τάσο Λαμπρόπουλο, Δρ. Τ.Α.Τ.Μ., και την Εύα Τσιλιάκου, φοιτήτρια του μεταπτυχιακού του Τ.Α.Τ.Μ., για την πολύτιμη βοήθειά τους σε οποιοδήποτε πρόβλημα αντιμετώπισα κατά τη διάρκεια της εργασίας.*

*Θα ήθελα, ακόμα, να ευχαριστήσω το φορέα ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ Α.Ε., τους υπαλλήλους του Τ.Ε.Ε. Κέρκυρας και τους υπαλλήλους του Τμήματος Χωροταξίας και Πολεοδομικών Εφαρμογών του Δήμου Κέρκυρας για τα δεδομένα που μου προσέφεραν. Επίσης, τον πρόεδρο της Marathon Data Systems, ο οποίος μου εξασφάλισε την άδεια των προγραμμάτων ArcGIS και CityEngine.*

*Τέλος, οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ στους γονείς μου, Σπύρο και Σπυριδούλα, για όλη τη βοήθεια, υποστήριξη, εμπιστοσύνη και αντοχή που έδειξαν κατά τη διάρκεια όλων των σπουδών μου και ειδικά στην αδελφή μου, Βίκη, και στο Σπύρο που με άντεξαν όλους αυτούς τους μήνες άγχους και δύσκολων στιγμών.*

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

|   |    |
|---|----|
| <b>ΠΡΟΛΟΓΟΣ</b> .....   | 5  |
| <b>ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ</b> .....  | 7  |
| <b>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ</b> .....  | 8  |
| <b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ</b> .....  | 11 |
| <b>ΑΡΚΤΙΚΟΛΕΞΑ</b> .....  | 15 |
| <b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b> .....   | 17 |
| <b>ABSTRACT</b> .....   | 19 |
| <b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....   | 21 |
| <b>1. ΟΡΙΣΜΟΣ ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ</b> .....                                 | 24 |
| 1.1. Προϋποθέσεις για την Ανάπτυξη Κτηματολογίου .....                | 25 |
| 1.2. Περιεχόμενο, Σύνταξη και Λειτουργία Κτηματολογίου .....          | 27 |
| 1.2.1. Συστατικά μέρη του κτηματολογίου .....                         | 27 |
| 1.2.2. Αποδεικτικότητα και αρχές του κτηματολογίου .....              | 28 |
| 1.2.3. Πληροφορίες του κτηματολογίου .....                            | 29 |
| 1.2.4. Σύνταξη κτηματολογίου .....                                    | 30 |
| 1.2.5. Λειτουργία κτηματολογίου .....                                 | 32 |
| 1.3. Τεχνικές Προδιαγραφές Κτηματογράφησης .....                      | 32 |
| 1.4. Εθνικό Κτηματολόγιο .....  | 34 |
| 1.4.1. Νομοθετικό πλαίσιο .....                                       | 35 |
| 1.4.2. Διατάξεις εθνικού δικαίου .....                                | 37 |
| 1.5. Κτηματολόγιο Α.Ε. .....  | 38 |
| 1.5.1. Πρόοδος του έργου .....  | 40 |
| <b>2. ΠΟΡΕΙΑ ΚΑΙ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ</b> .....       | 42 |
| 2.1. Κτηματολόγιο 2014 (Cadastre 2014) .....                          | 43 |
| 2.2. Το σύστημα L.A.D.M. (Land Administration Domain Model) .....     | 45 |
| 2.3. INSPIRE (INfrastructure for SPatial InfoRmation in Europe) ..... | 53 |
| 2.4. CityGML .....  | 58 |
| <b>3. 3D ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ</b> .....                                       | 66 |
| 3.1. Πλαίσιο του 3D Κτηματολογίου .....                               | 68 |
| 3.1.1. Τεχνικές πτυχές του 3D κτηματολογίου .....                     | 69 |
| 3.2. Είδη 3D Κτηματολογίου .....                                      | 70 |
| 3.2.1. Πλήρες 3D κτηματολόγιο .....                                   | 70 |
| 3.2.2. Υβριδική μορφή 3D κτηματολογίου .....                          | 71 |
| 3.2.3. 2D κτηματολόγιο με 3D εξωτερικές αναφορές .....                | 72 |



|           |  |            |
|-----------|--|------------|
| 3.2.4.    | 2,5D κτηματολόγιο .....  | 72         |
| 3.3.      | Ενσωμάτωση 3D Δεδομένων σε 2D Κτηματολόγιο .....                               | 72         |
| 3.4.      | Μετάβαση από 2D Κτηματολόγιο σε 3D Κτηματολόγιο .....                          | 74         |
| 3.4.1.    | Διεθνή πρωτότυπα συστήματα κτηματολογίου.....                                  | 74         |
| 3.4.1.1.  | Ολλανδία .....   | 74         |
| 3.4.1.2.  | Ισραήλ .....   | 78         |
| 3.4.1.3.  | Queensland- Αυστραλία .....  | 81         |
| 3.4.1.4.  | Ρωσία .....  | 83         |
| 3.5.      | Βασικές Περιπτώσεις που Απαιτούν 3D Κτηματολόγιο .....                         | 87         |
| 3.5.1.    | Αλληλοεπικάλυψη ιδιόκτητων (ιδιωτικών) και κοινόχρηστων (δημόσιων) χώρων ..... | 88         |
| 3.5.1.1.  | Ιδιόκτητοι χώροι υπερκείμενοι κοινόχρηστων γεωτεμαχίων .....                   | 89         |
| 3.5.1.2.  | Ιδιόκτητοι χώροι επί κοινόχρηστων γεωτεμαχίων.....                             | 91         |
| 3.5.1.3.  | Ιδιόκτητοι χώροι υποκείμενοι κοινόχρηστων γεωτεμαχίων .....                    | 92         |
| 3.5.1.4.  | Κοινόχρηστοι χώροι υπέρ ιδιόκτητων γεωτεμαχίων .....                           | 94         |
| 3.5.1.5.  | Κοινόχρηστοι χώροι επί ιδιόκτητων γεωτεμαχίων .....                            | 96         |
| 3.5.1.6.  | Κοινόχρηστοι χώροι υπό ιδιόκτητων γεωτεμαχίων.....                             | 96         |
| 3.5.2.    | Επικάλυψη καθ' ύψος ιδιόκτητων ακινήτων .....                                  | 97         |
| 3.5.3.    | Μη συμβατική ανάπτυξη ακινήτων εντός γεωτεμαχίου.....                          | 101        |
| <b>4.</b> | <b>ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ</b> .....          | <b>103</b> |
| 4.1.      | Μελλοντικά Σχέδια .....  | 105        |
| 4.2.      | 3D Κτηματολόγιο στην Ελλάδα .....  | 105        |
| 4.3.      | Συμπεράσματα .....   | 107        |
| <b>5.</b> | <b>ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ (GIS) ΚΑΙ ΤΡΙΤΗ ΔΙΑΣΤΑΣΗ</b> .....        | <b>108</b> |
| 5.1.      | 3D Μοντελοποίηση .....   | 110        |
| 5.1.1.    | 3D γεωμετρικά μοντέλα .....  | 112        |
| 5.1.2.    | 3D τοπολογικά μοντέλα .....  | 112        |
| 5.1.3.    | 3D σημασιολογικά μοντέλα .....   | 112        |
| 5.2.      | Τεχνικές 3D Μοντελοποίησης .....   | 113        |
| 5.2.1.    | Χρήση της φωτογραμμετρίας στη 3D μοντελοποίηση .....                           | 113        |
| 5.2.2.    | Μοντελοποίηση βάσει εικόνων (Image- based modeling, IBM) .....                 | 115        |
| 5.2.3.    | Αυτόματη μοντελοποίηση .....   | 116        |
| 5.2.4.    | Κανονιστική μοντελοποίηση.....   | 117        |
| 5.2.4.1.  | L- System .....  | 118        |
| 5.2.4.2.  | Shape Grammars (Γραμματικές Σχήματος) .....                                    | 120        |
| 5.2.4.3.  | CGA Grammar.....   | 122        |

|           |  |            |
|-----------|--|------------|
| 5.3.      | 3D Απεικόνιση και 3D Μοντέλα Πόλεων .....  | 125        |
| 5.3.1.    | 3D απεικόνιση στο κτηματολόγιο .....   | 126        |
| 5.3.2.    | Αποτελούν τα 3D μοντέλα χωρικών σχέσεων μια χρήσιμη λύση για το 3D κτηματολόγιο; .....               | 127        |
| 5.3.2.1.  | Εφαρμογή στο 3D κτηματολόγιο .....   | 129        |
| <b>6.</b> | <b>CityEngine</b> .....  | <b>134</b> |
| 6.1.      | System Architecture .....  | 135        |
| 6.2.      | Επιφάνεια του Χρήστη .....   | 141        |
| 6.3.      | Façade Wizard.....   | 143        |
| 6.4.      | Αδυναμίες του CityEngine .....   | 146        |
| 6.5.      | Πλεονεκτήματα του CityEngine .....   | 147        |
| <b>7.</b> | <b>3D ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΤΗΣ ΠΑΛΙΑΣ ΠΟΛΗΣ ΤΗΣ ΚΕΡΚΥΡΑΣ ΜΕ ΤΟ CITYENGINE</b> ..... | <b>149</b> |
| 7.1.      | Περιγραφή της Περιοχής Μελέτης .....   | 149        |
| 7.1.1.    | Αρχιτεκτονική.....   | 150        |
| 7.1.2.    | Ιδιοκτησιακό καθεστώς .....  | 153        |
| 7.1.3.    | Παραδοσιακός οικισμός.....   | 154        |
| 7.1.4.    | Υφιστάμενη κατάσταση και προβλήματα του Εθνικού Κτηματολογίου στην Κέρκυρα .....                     | 154        |
| 7.2.      | Μεθοδολογική Προσέγγιση .....  | 157        |
| 7.2.1.    | 3D μοντέλα κτιρίων .....   | 159        |
| 7.3.      | Συμπεράσματα .....   | 191        |
|           | <b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b> .....  | <b>193</b> |

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

|  |    |
|--|----|
| <b>Εικόνα 1</b> : Βασική Δομή του LADM- Draft ISO 2012 (πηγή : Christian Lemmen Dissertation Final, 2012).....   | 47 |
| <b>Εικόνα 2</b> : Σύνολα και Οντότητες του LADM (πηγή : Text for ISO/FDIS 19152 GI-LADM).....  | 48 |
| <b>Εικόνα 3</b> : Οντότητες του Συνόλου Προσώπων (πηγή Text for ISO/FDIS 19152 GI-LADM).....   | 49 |
| <b>Εικόνα 4</b> : Οντότητες Διοικητικού Συνόλου (πηγή : Text for ISO/FDIS 19152 GI-LADM).....  | 49 |
| <b>Εικόνα 5</b> : Οντότητες Συνόλου Χωρικής Μονάδας (πηγή : Text for ISO/FDIS 19152 GI-LADM).....  | 50 |
| <b>Εικόνα 6</b> : Οντότητες Υποσυνόλου Τοπογραφίας και Αναπαράστασης (πηγή : Text for ISO/FDIS 19152 GI-LADM).....   | 51 |
| <b>Εικόνα 7</b> : Κάτοψη και τομές των συνδυασμένων 2D και 3D απεικονίσεων (πηγή: LADM, 2012).....   | 52 |
| <b>Εικόνα 8</b> : Έννοιες Boundary face string (πηγή: LADM, 2012).....   | 53 |
| <b>Εικόνα 9</b> : Διαγραμματική απεικόνιση του στόχου της οδηγίας INSPIRE (Πηγή: <a href="http://inspire.jrc.ec.europa.eu">http://inspire.jrc.ec.europa.eu</a> ).....  | 55 |
| <b>Εικόνα 10</b> : Αλληλεξάρτηση των αντικείμενων σε ένα σημασιολογικό 3D μοντέλο πόλης (πηγή : <a href="http://collegerama.tudelft.nl/Mediasite/Play/7b440617cd1342b0b5b006fc0f6563ef1d,2014">http://collegerama.tudelft.nl/Mediasite/Play/7b440617cd1342b0b5b006fc0f6563ef1d,2014</a> )..... | 59 |
| <b>Εικόνα 11</b> : Το σημασιολογικό 3D μοντέλο πόλης παρουσιάζεται ως κομβικό σημείο πληροφοριών, που ενώνει διαφορετικούς κλάδους μέσω της ανταλλαγής πληροφοριών, σχετικών με τις οντότητες του μοντέλου (πηγή : Kolbe, 2007).....   | 60 |
| <b>Εικόνα 12</b> : Θεματικό μοντέλο του CityGML (πηγή : Kolbe, 2007).....  | 61 |
| <b>Εικόνα 13</b> : Θεματικό μοντέλο του CityGML (πηγή : <a href="http://collegerama.tudelft.nl/Mediasite/Play/7b440617cd1342b0b5b006fc0f6563ef1d,2014">http://collegerama.tudelft.nl/Mediasite/Play/7b440617cd1342b0b5b006fc0f6563ef1d,2014</a> ).....   | 62 |
| <b>Εικόνα 14</b> : Επίπεδα λεπτομέρειας για κτίρια στο CityGML (πηγή : Kolbe, 2007)....  | 63 |
| <b>Εικόνα 15</b> : Μοντέλο κτιρίου από το LOD1 έως το LOD4 (πηγή : Kolbe, Gröger, Plumer, 2005).....   | 64 |
| <b>Εικόνα 16</b> : Απεικόνιση της χωρικής έκτασης του δικαιώματος της ιδιοκτησίας σε γεωτεμάχιο (πηγή : Stoter, 2004).....   | 68 |
| <b>Εικόνα 17</b> : Υπόγεια κελάρια κάτω από τους δρόμους της Ουτρέχτης- Ολλανδία (πηγή : Stoter, 2004).....  | 75 |
| <b>Εικόνα 18</b> : Το σημερινό διοικητικό κτηματολογικό μοντέλο στην Ολλανδία σε UML διάγραμμα (πηγή : Stoter, 2004).....  | 76 |
| <b>Εικόνα 19</b> : 3D και 2D απεικόνιση του χωρικού γεωτεμαχίου και των χωρικών υποτεμαχίων πάνω στα υφιστάμενα γεωτεμάχια του σιδηροδρομικού σταθμού της πόλης Mod'ijn (πηγή : Grinstein).....  | 80 |
| <b>Εικόνα 20</b> : Παραδείγματα 3D διαγραμμάτων ογκομετρικών γεωτεμαχίων (πηγή : Stoter, 2004).....  | 82 |
| <b>Εικόνα 21</b> : Στιγμιότυπο του πρωτότυπου συστήματος (πηγή : Shojaei, 2013).....   | 83 |
| <b>Εικόνα 22</b> : Κτίριο Teledom, Ρωσία (πηγή : Elizarova, 2012).....   | 84 |
| <b>Εικόνα 23</b> : Συγκρότημα διαμερισμάτων με υπόγειο χώρο στάθμευσης (πηγή : Elizarova, 2012).....   | 85 |
| <b>Εικόνα 24</b> : Αγωγός φυσικού αερίου (πηγή : Elizarova, 2012).....   | 86 |
| <b>Εικόνα 25</b> : Το κτίριο Teledom σχεδιασμένο στο Google Sketch Up (πηγή : Elizarova, 2012).....  | 86 |
| <b>Εικόνα 26</b> : Επικάλυψη ιδιόκτητων και κοινόχρηστων χώρων (πηγή : Ζεντέλης, 2011).....  | 89 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Εικόνα 27</b> : Επικάλυψη ιδιόκτητων και κοινόχρηστων χώρων (πηγή : Ζεντέλης, 2011) .....  | 89  |
| <b>Εικόνα 28</b> : Κοινόχρηστος δρόμος σε παλιό οικισμό με υπερκείμενο ιδιόκτητο χώρο (πηγή : Δημοπούλου et al, 2006) .....   | 89  |
| <b>Εικόνα 29</b> : Αυτοκινητόδρομοι με υπερκείμενους μεταγενέστερους ιδιόκτητους χώρους (πηγή : Ζεντέλης, 2011) .....   | 90  |
| <b>Εικόνα 30</b> : Ιδιωτική κατασκευή πάνω από εθνική οδό (πηγή : Tsilikaou, Dimoroulou, 2011).....   | 90  |
| <b>Εικόνα 31</b> : Αστικό οδικό δίκτυο με υπερκείμενους ιδιόκτητους χώρους της μορφής breezeway (πηγή : Google, 2014).....  | 91  |
| <b>Εικόνα 32</b> : Κοινόχρηστοι χώροι με υπερκείμενους προϋφιστάμενους ιδιόκτητους χώρους (πηγή : Ζεντέλης, 2011) .....   | 91  |
| <b>Εικόνα 33</b> : Ζώνη αιγιαλού- παραλίας με επικείμενους μεταγενέστερους νόμιμους ή μη ιδιόκτητους χώρους (πηγή : Ζεντέλης, 2011).....  | 92  |
| <b>Εικόνα 34</b> : Ιδιόκτητοι χώροι επικείμενοι κοινόχρηστων χώρων (πηγή : Google, 2014) .....  | 92  |
| <b>Εικόνα 35</b> : Ιδιόκτητοι χώροι αυτοτελούς λειτουργίας υποκείμενοι γέφυρας οδικού άξονα (πηγή: Google, 2014).....   | 93  |
| <b>Εικόνα 36</b> : Υποκείμενες της Φ.Γ.Ε. κατασκευές στη Μήλο (Google, 2014) .....  | 93  |
| <b>Εικόνα 37</b> : Υπόσκαφα στην Καππαδοκία (πηγή : Google, 2014) .....   | 94  |
| <b>Εικόνα 38</b> : Αυτοκινητόδρομος υπερκείμενος ιδιωτικού γεωτεμαχίου και διερχόμενος διαμέσου του κτιρίου ανωδομής (πηγή : Google, 2014) .....  | 95  |
| <b>Εικόνα 39</b> : Δημόσια ιδιοκτησία πάνω από ιδιωτικούς χώρους (πηγή : Dimoroulou, Gavanas, Zentelis, 2006).....  | 95  |
| <b>Εικόνα 40</b> : Αλληλεπικάλυψη ιδιωτικών (χώροι στάθμευσης) και δημόσιων ιδιοκτησιών (ελεύθεροι χώροι και δημόσια κτίρια) (πηγή : Dimoroulou, Gavanas, Zentelis, 2006) .....   | 96  |
| <b>Εικόνα 41</b> : Γραμμή μετρό, υποκείμενη ιδιόκτητων γεωτεμαχίων (πηγή : Stoter, Van Oosterom, 2006) .....  | 97  |
| <b>Εικόνα 42</b> : Τυπική περίπτωση δικτύου αγωγών αερίου (πηγή : Dimoroulou, Gavanas, Zentelis, 2006).....   | 97  |
| <b>Εικόνα 43</b> : Υπόσκαφα στη Σαντορίνη (πηγή : Google, 2014) .....   | 98  |
| <b>Εικόνα 44</b> : Οι οριζόντιες προβολές των γεωτεμαχίων 1 και 2 και των κτιρίων 1 και 2 επικαλύπτονται (πηγή : Δημοπούλου et.al., 2006) .....   | 99  |
| <b>Εικόνα 45</b> : Κατασκευές πάνω από δρόμο και γεωτεμάχια (πηγή : Efi Dimoroulou, Ilias Gavanas and Panagiotis Zentelis, 2006).....   | 100 |
| <b>Εικόνα 46</b> : Θέσεις στάθμευσης κάτω από ιδιωτική και από δημόσια περιουσία (πηγή : Efi Dimoroulou, Ilias Gavanas and Panagiotis Zentelis, 2006) .....   | 100 |
| <b>Εικόνα 47</b> : Ασυνήθης εκμετάλλευση του όγκου κτιρίων (πηγή : Δημοπούλου et.al., 2006) .....   | 102 |
| <b>Εικόνα 48</b> : Το 3D μοντέλο- σκελετός του κτιρίου (πηγή : Sashi, Jain, 2007).....  | 114 |
| <b>Εικόνα 49</b> : Το 3D μοντέλο του κτιρίου με υφές (πηγή : Sashi, Jain, 2007) .....   | 115 |
| <b>Εικόνα 50</b> : Ρεαλιστικά μοντέλα φυσικών μοτίβων από L- Συστήματα (πηγή : Wikipedia, 2014) .....   | 118 |
| <b>Εικόνα 51</b> : Ένα απλό παράδειγμα γραμματικής σχήματος δύο κανόνων (πηγή : <a href="http://www.engineering.leeds.ac.uk/dssg/objectives.htm">http://www.engineering.leeds.ac.uk/dssg/objectives.htm</a> , 2014) .....                             | 121 |
| <b>Εικόνα 52</b> : Διαδικασία παραγωγής του τελικού 3D μοντέλου με χρήση CGA Grammar (πηγή : esri.com, 2014) .....  | 122 |
| <b>Εικόνα 53</b> : Εφαρμογή του CGA σχήματος στην κανονιστική μοντελοποίηση αρχιτεκτονικής γραφικών υπολογιστών (πηγή : Müller, Wonka, Haegler, Ulmer, 2006) .....  | 123 |
| <b>Εικόνα 54</b> : Αριστερά φαίνεται το πεδίο εφαρμογής ενός σχήματος. Το σημείο P, σε συνδυασμό με τους τρεις άξονες X, Y, Z και το διάνυσμα μεγέθους S, ορίζουν ένα κουτί στο χώρο, που περιέχει το σχήμα. Δεξιά φαίνεται ένα απλό κτιριακό μοντέλο |     |

|  |     |
|--|-----|
| μάζας (building mass model), που αποτελείται από τρία θεμελιώδη γεωμετρικά στερεά (πηγή : Müller, Wonka, Haegler, Ulmer, 2006) .....   | 124 |
| <b>Εικόνα 55</b> : Χωρικό ερώτημα : «Περνά ο σωλήνας μέσα από την κτηματολογική μονάδα;» (πηγή : Zatlanova & Billen, 2003) .....   | 130 |
| <b>Εικόνα 56</b> : Κατάτμηση κτιρίου (πηγή : Zatlanova & Billen, 2003) .....   | 130 |
| <b>Εικόνα 57</b> : Παραδείγματα χωρικών ερωτήσεων στις δύο διαστάσεις (πηγή : Zatlanova & Billen, 2003).....   | 131 |
| <b>Εικόνα 58</b> : Παράδειγμα χωρικής ερώτησης στις τρεις διαστάσεις (πηγή : Zatlanova & Billen, 2003).....  | 132 |
| <b>Εικόνα 59</b> : Παραδείγματα 2D και 3D σημασιολογικής ασυνέπειας (πηγή : Zatlanova & Billen, 2003).....   | 133 |
| <b>Εικόνα 60</b> : Η ροή εργασιών στο CityEngine. Τα μαύρα κουτιά δείχνουν τα αποτελέσματα και τα άσπρα ορθογώνια τις δομές των δεδομένων των μεμονωμένων εργαλείων (πηγή : Parish και Müller, 2001).....  | 135 |
| <b>Εικόνα 61</b> : Αριστερά φαίνεται ο χάρτης των δρόμων. Στη μέση φαίνονται τα οικοδομικά τετράγωνα που δημιουργήθηκαν από τις διασταυρώσεις των δρόμων. Δεξιά φαίνονται οι αποτυπώσεις των κτιρίων (πηγή : Parish και Müller, 2001) .....  | 136 |
| <b>Εικόνα 62</b> : Πέντε διαδοχικά στάδια παραγωγής ενός κτιρίου στο CityEngine. Το L-Σύστημα επιτρέπει την οριοθέτηση των κτιρίων, δίνοντας έτσι τη δυνατότητα παραγωγής διαφορετικών επιπέδων λεπτομέρειας- LOD (πηγή : Parish και Müller, 2001) .....   | 137 |
| <b>Εικόνα 63</b> : Αριστερά φαίνεται ένα στρώμα, στο οποίο έχει αποδοθεί μία εικόνα. Στη μέση φαίνεται μια στοίβα επικαλυπτόμενων στρωμάτων και δεξιά φαίνεται πώς το κόκκινο στρώμα επηρεάζει την κλίμακα των ενεργών κελιών στο πράσινο στρώμα (πηγή : Parish και Müller, 2001). .....   | 138 |
| <b>Εικόνα 64</b> : Αριστερά και στη μέση φαίνεται μια πρόσοψη κτιρίου που αποτελείται από τούβλα, η οποία έχει αποδοθεί με διαφορετικές παραμέτρους- κανόνες. Δεξιά φαίνονται τούβλα διαφορετικού μεγέθους και χρώματος γύρω από την πόρτα και το παράθυρο, για να γίνουν κατανοητές οι λειτουργίες μεταξύ των στρωμάτων (πηγή : Parish και Müller, 2001)..... | 138 |
| <b>Εικόνα 65</b> : Τα στάδια δημιουργίας 3D μοντέλου πόλης στο CityEngine (πηγή : Esri.com, 2014).....   | 140 |
| <b>Εικόνα 66</b> : Η επιφάνεια εργασίας του χρήστη στο CityEngine .....  | 142 |
| <b>Εικόνα 67</b> : Προσαρμόσιμο πρότυπο πρόσοψης (πηγή : esri.com, 2014) .....   | 144 |
| <b>Εικόνα 68</b> : Κατάτμηση της πρόσοψης σε ορόφους και πλάκες (πηγή : Müller, 2007) .....  | 145 |
| <b>Εικόνα 69</b> : Σταδιακή κατάτμηση των πλακών με τις μπλε γραμμές (πηγή : Müller, 2007) .....   | 145 |
| <b>Εικόνα 70</b> : Ψηφιοποίηση γεωτεμαχίων της Παλιάς Πόλης της Κέρκυρας στο ArcMap.....   | 158 |
| <b>Εικόνα 71</b> : Τα ψηφιοποιημένα γεωτεμάχια σε μορφή Shapefile στο περιβάλλον του CityEngine.....   | 159 |
| <b>Εικόνα 72</b> : Παράδειγμα σκεπής σε κτίριο της Παλιάς Πόλης της Κέρκυρας (πηγή : Google, 2014) .....   | 160 |
| <b>Εικόνα 73</b> : Παράδειγμα σκεπής στο CityEngine, η οποία δημιουργήθηκε από CGA κανόνες .....   | 161 |
| <b>Εικόνα 74</b> : 3D μοντέλο χαρακτηριστικού κτιρίου της Παλιάς Πόλης της Κέρκυρας στο CityEngine .....   | 163 |
| <b>Εικόνα 75</b> : Η πίσω όψη του 3D μοντέλου στο CityEngine.....  | 164 |
| <b>Εικόνα 76</b> : 3D αντικείμενα του CityEngine, που χρησιμοποιήθηκαν για τη διακόσμηση των προσώπων των 3D μοντέλων των κτιρίων.....   | 164 |
| <b>Εικόνα 77</b> : 3D μοντέλο κτιρίου στο CityEngine, στο οποίο εφαρμόστηκε κανόνας CGA μόνο στην πρόσοψή του.....   | 171 |
| <b>Εικόνα 78</b> : Το ίδιο 3D μοντέλο από άλλη οπτική γωνία.....   | 171 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Εικόνα 79</b> : 3D μοντέλο κτιρίου στο CityEngine, στο οποίο εφαρμόστηκε κανόνας CGA σε όλες τις όψεις ..... | 179 |
| <b>Εικόνα 80</b> : 3D μοντέλο του ίδιου κτιρίου στο CityEngine, από άλλη οπτική γωνία.                          | 180 |
| <b>Εικόνα 81</b> : Άποψη του 3D μοντέλου της Παλιάς Πόλης της Κέρκυρας .....                                    | 186 |
| <b>Εικόνα 82</b> : Άποψη του 3D μοντέλου της Παλιάς Πόλης της Κέρκυρας .....                                    | 186 |
| <b>Εικόνα 83</b> : Άποψη των 3D μοντέλων των κτιρίων στο CityEngine.....  | 187 |
| <b>Εικόνα 84</b> : Άποψη των 3D μοντέλων των κτιρίων στο CityEngine.....  | 187 |
| <b>Εικόνα 85</b> : Άποψη των 3D μοντέλων των κτιρίων .....  | 188 |
| <b>Εικόνα 86</b> : Άποψη των 3D μοντέλων των κτιρίων .....  | 188 |
| <b>Εικόνα 87</b> : Άποψη των 3D μοντέλων των κτιρίων .....  | 189 |
| <b>Εικόνα 88</b> : Άποψη των 3D μοντέλων των κτιρίων .....  | 189 |
| <b>Εικόνα 89</b> : Άποψη των 3D μοντέλων των κτιρίων .....  | 190 |
| <b>Εικόνα 90</b> : Άποψη των 3D μοντέλων των κτιρίων .....  | 190 |

## ΑΡΚΤΙΚΟΛΕΞΑ

|                      |   |
|----------------------|---|
| ADE                  | Application Domain Extensions                                     |
| CAD                  | Computer-aided design (Συστήματα Ηλεκτρονικής Σχεδίασης)          |
| C.C.D.M.             | Core Cadastral Domain Model                                       |
| CGA                  | Computer Generated Architecture                                   |
| DBMS                 | Data Base Model System  |
| DSM                  | Digital Surface Model (Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους)                   |
| DTM                  | Digital Terrain Model (Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους)                   |
| ETRS '89             | European Terrestrial Reference System 1989                        |
| F.I.G.               | Federation Internationale des Géomètres                           |
| G.I.S.               | Geographic Information System                                     |
| GML                  | Geography Markup Language   |
| G.P.S.               | Global Positioning System   |
| GRS '80              | Geodetic Reference System 1980                                    |
| ICSM                 | International Conference on Software Maintenance                  |
| INSPIRE              | INfrastructure for SPatial InfoRmation in Europe                  |
| I.S.O.<br>(Προτύπων) | International Standard Organization (Διεθνής Οργανισμός Προτύπων) |
| ITC                  | Information and Communication Technology                          |
| L.A.                 | Land Administration (Διοίκηση Γης)                                |
| L.A.D.M.             | Land Administration Domain Model                                  |
| L.I.S.               | Land Information System (Σύστημα Πληροφοριών Γης)                 |
| LOD                  | Level of Detail (Επίπεδο Λεπτομέρειας)                            |
| M.D.A.               | Model Driven Architecture   |
| OGC                  | Open Geospatial Consortium (Ανοιχτή Γεωχωρική Κοινοπραξία)        |
| RRR                  | Rights, Restrictions, Responsibilities                            |
| SIG 3D               | Special Interest Group 3D   |
| A.K.                 | Αστικός Κώδικας   |
| B.Δ.                 | Βάση Δεδομένων  |

|              |   |
|--------------|---|
| Δ.Σ.         | Διοικητικό Συμβούλιο                                |
| Ε.Γ.Σ.Α. '87 | Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς 1987           |
| Ε.Κ.         | Εθνικό Κτηματολόγιο                                 |
| Κ            | Κτηματολόγιο  |
| Κ.Α.         | Κτηματολογικός Αριθμός                              |
| Κ.Α.Ε.Κ.     | Κωδικός Αριθμός Εθνικού Κτηματολογίου               |
| Κ.Β.         | Κτηματολογικό βιβλίο                                |
| Κ.Π.         | Κτηματολογικός Πίνακας                              |
| Κ.Π.Σ.       | Κοινοτικό Πλαίσιο Στήριξης                          |
| Κ.Χ.         | Κτηματολογικός Χάρτης                               |
| Ο.Κ.Χ.Ε.     | Οργανισμός Κτηματολογίου και Χαρτογραφίσεων Ελλάδος |
| Ο.Τ.         | Οικοδομικό Τετράγωνο                                |
| Ο.Τ.Α.       | Οργανισμοί Τοπικής Αυτοδιοίκησης                    |
| Σ.Γ.Π.       | Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών                     |
| ΣΔΒΔ         | Σύστημα Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων                |
| Τ.Ε.Ε.       | Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος                        |
| Υ.Α.         | Υπουργική Απόφαση                                   |
| Φ.Γ.Ε.       | Φυσική Γήινη Επιφάνεια                              |
| Φ.Ε.Κ.       | Φύλλο Εφημερίδας Κυβέρνησης                         |



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Κατά τη διάρκεια του τελευταίου αιώνα, η πυκνότητα του αστικού πληθυσμού και η επέκταση των αστικών περιοχών έχει αυξηθεί σημαντικά. Ήδη από το 2007, για πρώτη φορά στην ιστορία, ο αστικός παγκόσμιος πληθυσμός έφτασε το 50% του συνολικού παγκόσμιου πληθυσμού και αυξάνεται μέχρι σήμερα. Αυτή η τάση έχει οδηγήσει στην αύξηση του ενδιαφέροντος για τη διαχείριση της γης, κάνοντας την ανάγκη για κτηματολόγιο έντονη και επιτακτική. Η κτηματολογική καταγραφή που βασίζεται στη δισδιάστατη αναπαράσταση των γεωτεμαχίων (δισδιάστατη κτηματολογική μονάδα) ήταν επαρκής για αρκετές δεκαετίες. Ωστόσο, η ενεργής και αυξανόμενη χρήση του χώρου πάνω και κάτω από την επιφάνεια της γης με ένα «κατακερματισμένο» νομικό καθεστώς (διάφορες ιδιοκτησίες, ιδιοκτησιακά δικαιώματα, δικαιούχοι) έχει οδηγήσει σε νέα δεδομένα. Έτσι, ενθαρρυμένη από τις πρόσφατες τεχνολογικές εξελίξεις, η χρήση των τρισδιάστατων προσεγγίσεων στα κτηματολογικά συστήματα (τρειςδιάστατη κτηματολογική μονάδα) διερευνάται διεθνώς σε μεγάλο βαθμό.

Γενικά, στις συμβατικές περιπτώσεις ένα 2D κτηματολόγιο είναι αρκετό για την καταγραφή των χωρικών πληροφοριών. Όμως, σε ένα εξελισσόμενο δομούμενο περιβάλλον, που αναπτύσσεται με βάση ένα εξελισσόμενο νομικό πλαίσιο, δημιουργείται μια αυξανόμενη, μη συμβατική παραγωγή χώρου. Στην περίπτωση σύνθετης ανάπτυξης και χρήσης του χώρου και με την πολυεπίπεδη κατανομή των δικαιωμάτων, ένα 2D κτηματολόγιο δεν μπορεί να αποδώσει ικανοποιητικά την απαραίτητη τρισδιάστατη απόδοση των χωρικών πληροφοριών. Ένα 2D κτηματολόγιο, με μοναδικό επίπεδο αναφοράς το γεωτεμάχιο, δεν μπορεί να αντιμετωπίσει επιτυχώς τις περιπτώσεις πολλαπλής και σύνθετης χρήσης του χώρου. Άρα, αυτομάτως δημιουργείται η ανάγκη ορισμού και σύλληψης μιας νέας φόρμας κτηματολογικής καταγραφής, που να διαχωρίζει τα δικαιώματα ανά επίπεδο, με κλειδί την τρίτη διάσταση του χώρου.

Ένα 3D κτηματολόγιο μπορεί να οριστεί ως ένα σύστημα, το οποίο δίνει πληροφορίες και επεκτείνεται σε χρήσεις, που αποσκοπούν στην αξιοποίηση του υπόγειου και υπέργειου χώρου ενός γεωτεμαχίου, δηλαδή στη βέλτιστη αξιοποίηση του χώρου. Ένα τέτοιο σύστημα κτηματολογίου μπορεί να λειτουργήσει, αν εναρμονιστεί πλήρως με το υφιστάμενο νομικό καθεστώς κτηματογράφησης που ισχύει σε κάθε χώρα ή με ένα νέο νομικό πλαίσιο, που θα διαμορφωθεί ειδικά για να υποστηρίξει μια τέτοια ανανεωτική προσπάθεια. Η ολοκληρωμένη 3D γνώση της νομικής και τεχνικής διάστασης κάθε ακινήτου μπορεί να εξυπηρετήσει περισσότερο ρεαλιστικά και εφικτά σχέδια δράσης. Το 3D κτηματολόγιο θα καθορίζει τη θέση του γεωτεμαχίου, καθώς και τα όριά του στις τρεις διαστάσεις.

Κατά την τελευταία δεκαετία έχει πραγματοποιηθεί παγκοσμίως πλήθος δραστηριοτήτων σχετικά με 3D κτηματολόγια και με την εφαρμογή του 3D κτηματολογικού μοντέλου. Στα λειτουργούντα συστήματα κτηματολογίου γίνονται προσπάθειες, ώστε να γίνει με επιτυχία η μετάβαση από 2D σε 3D κτηματολόγιο. Οι περιπτώσεις, στις οποίες απαιτείται αντιμετώπιση με 3D κτηματολόγιο, διαφοροποιούνται από χώρα σε χώρα. Οι διαφορετικές περιπτώσεις πρέπει να αντιμετωπίζονται με συγκεκριμένο και νομικά

κατοχυρωμένο τρόπο. Χώρες, όπως η Ολλανδία, η Αυστραλία και το Ισραήλ αποτελούν τους πρωτοπόρους σε αυτό το όραμα.

Η χρήση της τρίτης διάστασης στα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (Σ.Γ.Π.) άρχισε πριν από περίπου μια δεκαετία. Η επιτυχία των 3D Σ.Γ.Π. θα εξαρτηθεί από την ανάπτυξη αποτελεσματικών 3D μοντέλων. Σήμερα, τα 3D μοντέλα χρησιμοποιούνται σε μια ευρεία ποικιλία τομέων. Πολλοί ειδικοί και προμηθευτές εξετάζουν συνεχώς την τρίτη διάσταση και μελετούν την ανάπτυξη ενός διαλειτουργικού 3D μοντέλου. Στον τομέα της 3D απεικόνισης παρουσιάζονται ραγδαίες εξελίξεις, αφού οι τεχνικοί περιορισμοί στη χρήση της 3D πληροφορίας (όπως ισχύς των υπολογιστών και εργαλεία για 3D απεικόνιση) έχουν σχεδόν ξεπεραστεί και η ανάπτυξη των 3D αντικειμένων συνεχίζεται πολύ δυναμικά. Μια από τις χαρακτηριστικότερες περιπτώσεις δικαιωμάτων που απαιτούν 3D απεικόνιση, αποτελεί η σύσταση οριζόντιας ιδιοκτησίας και κυρίως στις περιπτώσεις των διαμερισμάτων.

Όσον αφορά στη 3D απεικόνιση στα πλαίσια του κτηματολογίου, για τη βέλτιστη αναπαράσταση της ιδιοκτησίας είναι απαραίτητη η απεικόνιση των 3D κτηματολογικών αντικειμένων στον 3D κτηματολογικό χάρτη, στον οποίο φαίνεται η θέση και το περιεχόμενο των αντικειμένων και των ιδιοκτησιών στο χώρο. Η μέχρι τώρα εμπειρία δείχνει, ότι οι ακριβείς 3D περιγραφές της ιδιοκτησίας αποτελούν επιτακτική ανάγκη για την καλύτερη δυνατή διαχείριση των ιδιοκτησιακών δικαιωμάτων. Απαιτήση όλων είναι η ανάπτυξη 3D μοντέλων της πραγματικότητας με μια στοιχειώδη απόδοση των υφών των κτιρίων, αφού και η τεχνολογική πρόοδος επιτρέπει υψηλότερη ακρίβεια και ποιότητα. Σε ένα κτηματολογικό σύστημα, η 3D απεικόνιση αποτελεί ένα από τα βασικότερα συστατικά. Ένα ψηφιακό 3D κτηματολόγιο πρέπει να περιλαμβάνει 3D κτηματολογικά δεδομένα, καθώς και εφαρμογές και συστήματα απεικόνισης στις τρεις διαστάσεις.

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελείται από δύο μέρη. Στο πρώτο μέρος, το οποίο αποτελεί το θεωρητικό υπόβαθρο, αναφέρονται κάποια από τα σπουδαιότερα διεθνή πρότυπα για απεικόνιση πραγματικής 3D πληροφορίας, όπως το L.A.D.M., το CityGML κ.ά., στα οποία μπορεί να στηριχθεί η προσπάθεια για τη δημιουργία ενός 3D κτηματολογίου. Επίσης, παρουσιάζονται κάποιες από τις σημαντικότερες τεχνικές 3D μοντελοποίησης, για παράδειγμα τεχνικές με χρήση φωτογραμμετρίας, μοντελοποίηση βάσει εικόνων, αυτόματη μοντελοποίηση και εξετάζεται περισσότερο η κανονιστική μοντελοποίηση (Procedural Modeling). Κάθε τεχνική επεξεργάζεται την εικόνα και δημιουργεί γεωμετρία στις τρεις διαστάσεις και χρησιμοποιείται ανάλογα με το σκοπό κάθε μελέτης και το απαιτούμενο τελικό 3D μοντέλο.

Στο δεύτερο μέρος, πραγματοποιείται μια εφαρμογή 3D μοντελοποίησης κτιρίων της Παλιάς Πόλης της Κέρκυρας, χρησιμοποιώντας κανονιστική μοντελοποίηση. Με τον όρο Κανονιστική Μοντελοποίηση εννοείται ένα σύνολο από τεχνικές σε γραφικά υπολογιστών για τη δημιουργία 3D μοντέλων και υφών μέσω κανόνων. Η εφαρμογή πραγματοποιείται στο λογισμικό της Esri, το CityEngine. Το CityEngine έχει τη δυνατότητα μοντελοποίησης μιας πλήρους πόλης, χρησιμοποιώντας ένα σχετικά μικρό σύνολο στατιστικών και γεωγραφικών δεδομένων εισόδου και είναι ιδιαίτερα ελεγχόμενο από το χρήστη. Το πρόγραμμα αυτό δημιουργεί αστικά περιβάλλοντα από το μηδέν,

με βάση μια ιεραρχική σειρά από κατανοητούς κανόνες, οι οποίοι μπορούν να επεκταθούν ανάλογα με τις ανάγκες των χρηστών.

#### **Λέξεις- Κλειδιά**

3D Κτηματολόγιο  
Πρότυπα Κτηματολογικών Συστημάτων  
Χωρικές Σχέσεις  
3D Μοντελοποίηση  
Κανονιστική Μοντελοποίηση

#### **Keywords**

3D Cadastre  
Cadastral Systems Standards  
Spatial Relationships  
3D Modeling  
Procedural Modeling

### **ABSTRACT**

During the past century, the density of urban population and the extension of urban regions have been increased considerably. Ever since 2007, for the first time in history, the urban world population has reached the 50% of total world population and increases itself up to today. This tendency has led to the increase of interest for the land administration, making the need for cadastre intense and imperative. The cadastral registration, which is based on 2D representation of parcels (2D cadastral unit), was sufficient for many decades. However, the active and increasing use of space, above and below the surface of ground adding to a “fragmented” legal system (various properties, property rights, beneficiaries), has led to new situations. Therefore, encouraged by the recent technological developments, the use of 3D approximations on cadastral systems (3D cadastral unit) is thoroughly researched internationally.

Generally, at conventional cases, a 2D cadastre is adequate for the registration of spatial information. However, in an evolving structured environment, which is developing in accordance with an evolving legal frame, an increasing, not conventional production of space is being created. In the case of a complex development and use of space, considering the multileveled distribution of property rights, the spatial information cannot be displayed by the 2D cadastre properly. Consequently, there is a need to define a new form for the cadastral registration and according to that, the rights could be classified per level, using the third dimension of space.

The 3D cadastre can be defined as a system, which provides information and exploits the space above and under the parcel optimally. A cadastral system like that, can function, if only it is completely harmonized with the existing legal regime of land registration, which is in effect in each country, or with a new legal frame, that will be shaped specifically in order to support a such renewing effort. The completed 3D knowledge of legal and technical dimension of each property can serve more realistic and feasible plans of action. The 3D cadastre determines the parcel's position, as well as its boundaries in three dimensions.

During the last decade, plenty of activities have been performed worldwide, relating to 3D cadastres and to the application of 3D cadastral model. At the

existing cadastral systems, efforts are being made for the successful transition from 2D to 3D cadastre. The cases, in which the use of 3D cadastre is required, vary from country to country. The different cases should be treated with specific and legally regulated way. Countries, like Holland, Australia and Israel constitute the pioneers in this vision.

The use of third dimension at Geographical Information Systems (G.I.S.) began roughly one decade ago. The success of 3D G.I.S. will depend on the development of effective 3D models. Nowadays, the 3D models are being used in a wide variety of sectors. Many experts and suppliers examine continuously the third dimension and study the development of an interoperable 3D model. In the sector of 3D depiction, rapid developments are presented, since the technical restrictions in use of 3D information (as computer's force and tools for 3D depiction) have almost been exceeded and the development of 3D objects are being continued dynamically. One of the most striking cases of rights, that require 3D visualization, is the establishment of horizontal property and especially in cases of apartments.

In terms of 3D cadastral visualization, the depiction of 3D cadastral objects at the 3D cadastral map is essential for the most optimal representation of property. The 3D cadastral map showing the location and the content of objects and properties in space. The experience until now shows that the precise 3D representation of property constitutes imperative need for the better management of property rights. The development of 3D models with an elementary output of textures of buildings is very crucial, since the technological progress allows higher precision and quality. For a cadastral system, the 3D visualization constitutes one of the most fundamental components. A digital 3D cadastre must include 3D cadastral data, as well as applications and systems of depiction in three dimensions.

The present diploma thesis consists of two parts. In the first part, which constitutes the theoretical background, some of the most important international standards for depiction of 3D information are mentioned, such as L.A.D.M., CityGML etc, which can support the effort for creation of 3D cadastre. Some of the most important techniques for 3D modeling are also presented, such as techniques using photogrammetry, image based modeling, automatic modeling and procedural modeling, which is examined more thoroughly. Each of these techniques processes the picture and creates geometry in three dimensions and is used depending on the purpose of each study and the required final 3D model.

In the second part, an application of 3D modeling is carried out at Corfu's old buildings, using procedural modeling. Procedural modeling is an umbrella term for a number of techniques in computer graphics to create 3D models and textures from sets of rules. The application is made, using Esri's software, CityEngine. CityEngine has the ability to model a full section, using a relatively small set of statistics and geographical data input and is highly controlled by the user. This program creates urban environments from scratch, based on a hierarchical set of intelligible rules, which can be extended depending on the needs of users.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ένα σύγχρονο σύστημα κτηματολογίου μιας χώρας ορίζεται ως ένα γενικό, με δημόσιο χαρακτήρα σύστημα καταγραφής χωρικών πληροφοριών με γεωγραφική απεικόνιση, το οποίο περιέχει πληροφορίες γεωγραφικές και περιγραφικές για όλα τα γεωτεμάχια ή ακίνητα της χώρας, με τα αντίστοιχα νομικά και εμπράγματα δικαιώματα. Οι πληροφορίες αυτές έχουν αποδεικτική ισχύ και είναι κατάλληλες, επαρκείς, στη σωστή κλίμακα, αξιόπιστες, διαθέσιμες και ενήμερες κάθε χρονική στιγμή, προκειμένου να εξυπηρετηθούν καλύτερα οι προκαθορισμένοι στόχοι και οι πολλαπλοί σκοποί σε κάθε τομέα εξυπηρέτησης και σε κάθε επίπεδο διοίκησης της χώρας. Στόχος του κτηματολογίου είναι η καταγραφή, προστασία και διαχείριση των εμπράγματων δικαιωμάτων των εντός και εκτός συναλλαγής ακινήτων, με σκοπό να είναι ένα αποτελεσματικό εργαλείο για την ανάπτυξη της χώρας σε διάφορους τομείς.

Τις τελευταίες δεκαετίες, όμως, που ο παγκόσμιος πληθυσμός αστικοποιείται και η πλειονότητα των ανθρώπων κατοικεί σε υψηλής πυκνότητας αστικά, συχνά πολυώροφα και πολυλειτουργικά κτίρια, με αποτέλεσμα ο χώρος να γίνεται όλο και πιο σύνθετος, το ισχύον 2D κτηματολογικό σύστημα δεν είναι επαρκές για να εξυπηρετήσει ολοκληρωτικά και αποτελεσματικά τους σκοπούς του. Η ιλιγγιώδης αύξηση των κάθετων πόλεων και των πληθυσμών τους θα επιφέρουν μια σειρά νέων περιβαλλοντικών, κοινωνικών και οικονομικών προκλήσεων. Είναι απαραίτητο, λοιπόν, να υπάρχει η σωστή υποδομή για τη μοντελοποίηση και διαχείριση αυτών των νέων 3D περιβαλλόντων. Τα δισδιάστατα τοπογραφικά σχέδια, ακόμη και με τα επίπεδα σαφώς διασαφηνισμένα, δεν μπορούν πλέον να αντικατοπτρίζουν την πραγματικότητα αυτών των αλληλένδετων τίτλων ιδιοκτησίας και χρήσης γης με τα περίπλοκα δικαιώματα, περιορισμούς κι ευθύνες που περικλείουν τον πραγματικό κόσμο.

Οι πρόσφατες εξελίξεις στις κοινωνικές, τεχνολογικές και οικονομικές πτυχές της σύγχρονης ζωής απαιτούν κτηματολογικά συστήματα με τρισδιάστατα γεωμετρικά και τοπολογικά μοντέλα για την καταγραφή και περιγραφή της ιδιοκτησίας. Η τρίτη διάσταση δεν πρέπει να αποτελεί πλέον ένα στοιχείο, το οποίο περιλαμβάνεται στον περιγραφικό πίνακα, αλλά μια οντότητα με γεωμετρική χροιά. Η εγγραφή των ιδιοκτησιακών αντικειμένων σε 3D χώρο αποτελεί επιτακτική ανάγκη, προκειμένου να απεικονισθούν κατά το βέλτιστο τρόπο όλες οι σύνθετες περιπτώσεις της πολυστρωματικής πραγματικότητας των δικαιωμάτων ιδιοκτησίας. Ο καθορισμός, λοιπόν, ενός πολυστρωματικού και τρισδιάστατου κτηματολογικού μοντέλου είναι απαραίτητος, ώστε να επιτευχθεί η απεικόνιση και η εγγραφή της ιδιοκτησίας με συνέπεια σύμφωνα με την τρισδιάστατη πραγματικότητα. Ένα πλήρες 3D σύστημα χωρικών πληροφοριών δίνει λύση σε κάθε περίπτωση και επιτρέπει την καταγραφή ακόμα και των χωρικά πιο σύνθετων ιδιοκτησιακών δικαιωμάτων, σε αντίθεση με το υφιστάμενο 2D Κ, που αντιμετωπίζει προβλήματα ορθής καταγραφής σύνθετων καταστάσεων.

Κατά την τελευταία δεκαετία έχει πραγματοποιηθεί παγκοσμίως πλήθος δραστηριοτήτων σχετικά με τα 3D κτηματολόγια και με την εφαρμογή του 3D κτηματολογικού μοντέλου. Στα λειτουργούντα συστήματα κτηματολογίου

γίνονται προσπάθειες, ώστε να γίνει με επιτυχία η μετάβαση από 2D σε 3D κτηματολόγιο. Οι περιπτώσεις που απαιτείται αντιμετώπιση με 3D Κ διαφοροποιούνται από χώρα σε χώρα. Οι διαφορετικές περιπτώσεις πρέπει να αντιμετωπίζονται με συγκεκριμένο και νομικά κατοχυρωμένο τρόπο. Ωστόσο, καμία χώρα στον κόσμο δεν έχει ακόμα αναπτύξει ένα θεμελιώδες κτηματολογικό σύστημα. Παρ' όλα αυτά, αρκετές χώρες, όπως η Αυστρία, η Αυστραλία, η Γερμανία, οι Η.Π.Α., ο Καναδάς, το Ισραήλ, η Ολλανδία, η Νορβηγία, η Σουηδία κ.ά., έχουν λύσει βασικά ζητήματα σχετικά με την 3D καταχώρηση των περιουσιών, ιδιαιτέρως από νομική άποψη.

Στον τομέα της 3D απεικόνισης παρουσιάζονται ραγδαίες εξελίξεις, αφού οι τεχνικοί περιορισμοί στη χρήση της 3D πληροφορίας, όπως ισχύς των υπολογιστών και εργαλεία για 3D απεικόνιση, έχουν σχεδόν ξεπεραστεί και η ανάπτυξη των 3D αντικειμένων συνεχίζεται πολύ δυναμικά. Η επιστημονική κοινότητα των 3D Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (G.I.S.) μελετά την ανάπτυξη αποτελεσματικών και διαλειτουργικών 3D μοντέλων. Σήμερα, τα 3D μοντέλα χρησιμοποιούνται σε μια ευρεία ποικιλία τομέων, όπως στον κινηματογράφο, στα βιντεοπαιχνίδια, στην ιατρική, στην αρχιτεκτονική κ.τ.λ.. Μια άλλη ομάδα μοντέλων χρησιμοποιείται για ρεαλιστική και γρήγορη απεικόνιση πόλεων. Τα μοντέλα αυτά παρέχουν εκτεταμένα εργαλεία για τη δημιουργία γραφικής σκηνής, διατηρώντας τις υφές, το φωτισμό και τις κινούμενες εικόνες.

Όσον αφορά στο κτηματολόγιο, η χρήση των παραδοσιακών 2D χαρτών και διαγραμμάτων δεν είναι πλέον επαρκής και κατάλληλη για την απεικόνιση 3D κτηματολογικών αντικειμένων. Για τη βέλτιστη αναπαράσταση της ιδιοκτησίας είναι απαραίτητη η απεικόνιση αυτών των 3D αντικειμένων στον 3D κτηματολογικό χάρτη, στον οποίο φαίνεται η θέση και το περιεχόμενο των αντικειμένων και των ιδιοκτησιών στο χώρο. Το ενδιαφέρον της απεικόνισης του 3D κτηματολογίου στρέφεται στην κατανομή του 3D γεωχώρου, των 3D ιδιοκτησιακών μονάδων και άλλων 3D κτηματολογικών αντικειμένων. Η μέχρι τώρα εμπειρία δείχνει, ότι οι ακριβείς 3D περιγραφές της ιδιοκτησίας αποτελούν επιτακτική ανάγκη για την καλύτερη δυνατή διαχείριση των ιδιοκτησιακών δικαιωμάτων. Απαίτηση όλων είναι η ανάπτυξη 3D μοντέλων της πραγματικότητας με μια στοιχειώδη απόδοση των υφών των κτιρίων, αφού και η τεχνολογική πρόοδος επιτρέπει υψηλότερη ακρίβεια και ποιότητα. Σε ένα κτηματολογικό σύστημα, η 3D απεικόνιση αποτελεί ένα από τα βασικότερα συστατικά. Ένα ψηφιακό 3D κτηματολόγιο πρέπει να περιλαμβάνει 3D κτηματολογικά δεδομένα, καθώς και εφαρμογές και συστήματα απεικόνισης στις τρεις διαστάσεις. Για την απεικόνιση του 3D κτηματολογίου έχουν αναπτυχθεί πολλά πρότυπα, με χρήση διαφόρων τεχνολογιών, όπως χωρικές βάσεις δεδομένων, Συστήματα Ηλεκτρονικής Σχεδίασης (CAD) και Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (G.I.S.).

Η παρούσα διπλωματική εργασία αναπτύσσεται σε επτά κεφάλαια ως εξής :

Στο κεφάλαιο 1- ΟΡΙΣΜΟΣ ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ- παρουσιάζονται συνοπτικά τα χαρακτηριστικά του υπάρχοντος κτηματολογίου, δηλαδή τα συστατικά του μέρη, οι προϋποθέσεις που απαιτούνται για τη σωστή λειτουργία του, οι πληροφορίες που εμπεριέχει και οι τεχνικές προδιαγραφές που το απαρτίζουν. Επίσης, γίνεται αναφορά στο νομοθετικό πλαίσιο που αφορά το

Εθνικό Κτηματολόγιο της Ελλάδας, καθώς και στην πρόοδο του έργου από την αρχή λειτουργίας του έως τώρα.

Στο κεφάλαιο 2- ΠΟΡΕΙΑ ΚΑΙ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ- εξετάζεται η πορεία του κτηματολογίου στο πέρασμα των χρόνων και δίνεται έμφαση σε θέματα που αφορούν το μέλλον των κτηματολογικών συστημάτων. Συγκεκριμένα, αναλύονται διεθνή πρότυπα, όπως το Κτηματολόγιο 2014, που αποτελεί τη βάση ενός οράματος για ένα μελλοντικό σύστημα κτηματολογίου, το σύστημα L.A.D.M. (Land Administration Domain Model), η οδηγία INSPIRE (INfrastructure for SPatial Information in Europe), με την οποία καθιερώνεται η ιδέα της Υποδομής Χωρικών Δεδομένων και το CityGML, το οποίο είναι το νεότερο πρότυπο για απεικόνιση 3D πληροφορίας.

Στο κεφάλαιο 3- 3D ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ- αναφέρονται οι τεχνικές πτυχές και τα είδη του 3D κτηματολογίου και εξετάζεται ο τρόπος με τον οποίο μπορεί να επιτευχθεί η μετάβαση από το 2D κτηματολόγιο στο 3D. Επίσης, παρουσιάζονται κάποια πιλοτικά, πρωτότυπα προγράμματα τεσσάρων χωρών (Ολλανδία, Ισραήλ, Αυστραλία, Ρωσία), τα οποία εστιάζουν στην 3D απεικόνιση. Οι χώρες αυτές είναι από τις πρωτοπόρες στα θέματα του 3D κτηματολογίου. Τέλος, αναλύονται εκτενώς βασικές περιπτώσεις του πραγματικού κόσμου, οι οποίες απαιτούν την ύπαρξη 3D κτηματολογίου.

Στο κεφάλαιο 4- ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ- εξηγείται η υφιστάμενη κατάσταση του κτηματολογικού συστήματος στην Ελλάδα και ποια μορφή 3D κτηματολογίου θα μπορούσε να υιοθετηθεί, καθώς και τα μελλοντικά σχέδια του Εθνικού Κτηματολογίου.

Στο κεφάλαιο 5- ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ (GIS) ΚΑΙ ΤΡΙΤΗ ΔΙΑΣΤΑΣΗ- παρουσιάζονται οι λειτουργίες που πρέπει να εκτελεί ένα 3D Σ.Γ.Π., ώστε να ικανοποιεί τις σημερινές σύνθετες συνθήκες και οι διαφορές του με άλλα λογισμικά χωρικής ανάλυσης. Επίσης, αναλύονται κάποιες από τις βασικότερες τεχνικές 3D μοντελοποίησης, με κύρια αναφορά στην κανονιστική μοντελοποίηση (Procedural Modeling), η οποία στηρίζεται στη δημιουργία 3D πόλεων μέσω αλγορίθμων. Τέλος, εξηγείται πόσο σημαντική είναι η 3D απεικόνιση για το κτηματολόγιο και πώς μπορούν τα 3D Σ.Γ.Π. να συμβάλλουν σε αυτό το στόχο.

Στο κεφάλαιο 6- CITYENGINE- αναλύεται το λογισμικό CityEngine, που χρησιμοποιήθηκε για τον τελικό σκοπό αυτής της διπλωματικής με χρήση της κανονιστικής μοντελοποίησης, οι δυνατότητές του, αλλά και τα μειονεκτήματά του.

Στο κεφάλαιο 7- 3D ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΤΗΣ ΠΑΛΙΑΣ ΠΟΛΗΣ ΤΗΣ ΚΕΡΚΥΡΑΣ ΜΕ ΤΟ CITYENGINE- αναφέρονται κάποια βασικά χαρακτηριστικά για την Παλιά Πόλη της Κέρκυρας και κυρίως για την αρχιτεκτονική της και τα προβλήματα του Εθνικού Κτηματολογίου στην περιοχή αυτή. Τέλος, περιγράφεται η μεθοδολογία μοντελοποίησης χαρακτηριστικών κτιρίων της Παλιάς Πόλης της Κέρκυρας με το CityEngine και δίνονται λεπτομερώς οι κανόνες, με τους οποίους προέκυψαν τελικά αυτά τα 3D μοντέλα.

## 1. ΟΡΙΣΜΟΣ ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ

Το Κτηματολόγιο (Κ) είναι το πιο εξελιγμένο σύστημα καταγραφής χωρικών πληροφοριών σχετικά με τα ακίνητα. Ένα σύγχρονο σύστημα Κ, λόγω του σχεδιασμού του, συνεπάγεται την κλίμακα, άρα την ακρίβεια και τις ιδιότητες των χωρικών πληροφοριών. Τα χαρακτηριστικά αυτά, απαιτούν υψηλό βαθμό οργάνωσης, ώστε να επιτυγχάνεται η σωστή λειτουργία και η ανάπτυξη του σύγχρονου Κ. Ένα Κ ορίζεται ως ένα ιδανικό σύστημα, το οποίο εμπεριέχει πληροφορίες σχετικές με τα ακίνητα, οι οποίες είναι ελαστικές, κατάλληλες, στη σωστή κλίμακα, επαρκείς, διαθέσιμες και ενήμερες σε κάθε χρόνο, προκειμένου να εξυπηρετηθούν οι προκαθορισμένοι σκοποί του Κ αξιόπιστα σε κάθε τομέα εξυπηρέτησης και σε κάθε επίπεδο διοίκησης.

Ένα σύστημα Κ μιας χώρας πρέπει να απαντά κάθε χρονική στιγμή με μεγάλη ακρίβεια και αξιοπιστία στα ερωτήματα ποιος έχει τί ή διαχειρίζεται τί, πού είναι αυτό και ποια δικαιώματα του αντιστοιχούν σχετικά με όλα τα γεωτεμάχια ή γενικότερα τα ακίνητα της χώρας. Στο Κ πραγματοποιείται συστηματική καταγραφή πληροφοριών σχετικών με όλα τα γεωτεμάχια ή τα ακίνητα της χώρας, τα οποία μπορεί να είναι εντός ή εκτός συναλλαγής, ιδιωτικά ή δημόσια και να βρίσκονται στον αστικό, αγροτικό ή δασικό χώρο. Το Κ έχει δημόσιο χαρακτήρα, δηλαδή συντάσσεται, ενημερώνεται και λειτουργεί με ευθύνη και εγγύηση του δημοσίου. Περιβάλλεται από την αποδεικτική ισχύ των περιεχόμενων πληροφοριών του, οι οποίες με χρήση της σύγχρονης τεχνολογίας, είναι διαθέσιμες σε κάθε χρόνο, ώστε να μεγιστοποιηθούν οι δυνατότητες του Κ. Οι πληροφορίες αυτές αναφέρονται κυρίως στα αναγνωρισμένα νομικά δικαιώματα και στα λοιπά υφιστάμενα εμπράγματα δικαιώματα επί των γεωτεμαχίων ή των ακινήτων και στα φυσικά ή νομικά πρόσωπα, στα οποία αντιστοιχίζονται αμφιμονοσήμαντα τα καταχωρισμένα εμπράγματα δικαιώματα. Οι πληροφορίες περιγράφουν τα γεωτεμάχια ή τα ακίνητα και τα απεικονίζουν γεωγραφικά κατά θέση, μορφή και μέγεθος σε χάρτες μεγάλης κλίμακας.

Επομένως, ένα σύγχρονο σύστημα Κ μιας χώρας ορίζεται ως ένα γενικό, με δημόσιο χαρακτήρα σύστημα καταγραφής χωρικών πληροφοριών με γεωγραφική απεικόνιση, το οποίο περιέχει πληροφορίες γεωγραφικές και περιγραφικές, με αμφιμονοσήμαντη αλληλεξάρτηση, για όλα τα γεωτεμάχια ή ακίνητα της χώρας, κάθε κατηγορίας, μορφής ή χρήσης με τα αντίστοιχα νομικά και εμπράγματα δικαιώματα κάθε ιδιωτικού ή δημοσίου προσώπου, κάθε μορφής ή κατηγορίας, οι οποίες έχουν αποδεικτική ισχύ και είναι ελαστικές, κατάλληλες, επαρκείς, στη σωστή κλίμακα (ή ακρίβεια), αξιόπιστες, διαθέσιμες και ενήμερες κάθε χρονική στιγμή, προκειμένου να εξυπηρετηθούν καλύτερα οι προκαθορισμένοι στόχοι και οι πολλαπλοί σκοποί σε κάθε τομέα εξυπηρέτησης (operation, management, policy) και σε κάθε επίπεδο διοίκησης της χώρας (Ζεντέλης, 2011). Στόχος του Κ είναι η καταγραφή, προστασία και διαχείριση των εμπράγματων δικαιωμάτων των εντός και εκτός συναλλαγής ακινήτων, με σκοπό να είναι ένα αποτελεσματικό εργαλείο για την ανάπτυξη της χώρας σε διάφορους τομείς.



## 1.1. Προϋποθέσεις για την Ανάπτυξη Κτηματολογίου

Ένα σύστημα Κ μιας χώρας, ως σύγχρονο σύστημα καταγραφής χωρικών πληροφοριών, αναφέρεται σε όλο το χώρο επικράτειας αυτής, περιλαμβάνει κατάλληλες πληροφορίες των ακινήτων κάθε κατηγορίας ανεξάρτητα των φορέων κυριότητας ή διαχείρισης και περιέχει σύστημα υποχρεωτικής ενημέρωσης για κάθε χωρική αλλαγή ή μεταβολή των πληροφοριών του συστήματος. Για να αναπτυχθεί και να λειτουργήσει σωστά ένα Κ με αυτά τα χαρακτηριστικά, απαιτείται συνολικός σχεδιασμός, ο οποίος περιλαμβάνει εξειδικευμένες ενέργειες και δράσεις κατά τη σύνταξη, τη λειτουργία και την ενημέρωση του συστήματος. Επίσης, είναι απαραίτητο το κατάλληλο θεσμικό περιβάλλον, το οποίο με τις αναγκαίες αλλαγές να μπορεί να προσαρμοστεί, ώστε να επιτευχθούν τα βέλτιστα αποτελέσματα στους προκαθορισμένους στόχους του Κ. Η ικανοποίηση της ανάγκης αυτής απαιτεί συνολική γνώση και πολιτική βούληση και η όποια ενέργεια πρέπει να καλύπτει τις μελλοντικές ανάγκες και εξελίξεις.

Ύστερα από ανάλυση του χώρου της φυσικής γήινης επιφάνειας (Φ.Γ.Ε.) και ειδικότερα από τις κατηγορίες, τις διακρίσεις και το διαχωρισμό αυτής και σε συνδυασμό με τις δυνατότητες και τη σκοπιμότητα ενός Κ προκύπτει το συμπέρασμα, ότι η έκταση αναφοράς ενός συστήματος Κ πρέπει να περιλαμβάνει όλο το χώρο, ηπειρωτικό, νησιωτικό και θαλάσσιο. Για το θαλάσσιο χώρο, μάλιστα, όπου υπάρχουν κυριαρχικά δικαιώματα, αναπτύσσονται συνεχώς αυξανόμενες ανάγκες για χωρική διαχείριση. Επίσης, για την ανάπτυξη ενός Κ προαπαιτούνται η οριοθέτηση της παράκτιας ζώνης, δεδομένου ότι η ζώνη αιγιαλού- παραλίας θεωρείται κοινόχρηστο τμήμα και η οριοθέτηση κατά αντικειμενικό τρόπο του δασικού χώρου, δεδομένου ότι η χρήση του προστατεύεται συνταγματικά και λόγω του "τεκμηρίου υπέρ του δημοσίου" επηρεάζεται το ιδιοκτησιακό καθεστώς και η αναγνώριση κυριότητας.

Από τη μελέτη της νομικής διάστασης του χώρου και ειδικότερα από τα εντός συναλλαγής ακίνητα προκύπτει, ότι ένα σύστημα Κ απαιτεί πριν από την έναρξη της ανάπτυξής του, εκτός του συνολικού σχεδιασμού, ένα νομικό άλμα από την υφιστάμενη κατάσταση, που θα οδηγήσει στον αναγκαίο εκσυγχρονισμό του εμπράγματος δικαίου. Είναι μια ευκαιρία εκσυγχρονισμού του αστικού κώδικα και της σχετικής με τα ακίνητα νομοθεσίας. Ένα σύστημα Κ μπορεί και απαιτείται να είναι ένα καλύτερο από τα υποθηκοφυλακεία σύστημα καταγραφής πληροφοριών της πραγματικής κατάστασης των ακινήτων σε κάθε χρονική στιγμή. Απαιτούνται, λοιπόν, αλλαγές και νέες νομικές διαδικασίες, ώστε οι πληροφορίες ενός συστήματος Κ αποδεικτικής ισχύος να είναι πλήρεις, αξιόπιστες, ενήμερες και άμεσες και να δίνουν την εικόνα των ακινήτων σε παρόντα χρόνο. Με αυτό τον τρόπο, ένα σύστημα Κ μπορεί να προσφέρει περισσότερες, ειδικότερες και οικονομικότερες εξυπηρετήσεις, περιορίζοντας ταυτόχρονα τη νομική ύλη, η αύξηση της οποίας δεν μπορεί να είναι αυτοσκοπός στις σύγχρονες κοινωνίες. Αποτέλεσμα αυτών είναι ο μηδενισμός του ρίσκου στις αγοραπωλησίες και η ύπαρξη ασφάλειας στις συναλλαγές.

Επίσης, από την οικονομική ανάλυση του χώρου συμπεραίνεται, ότι κριτήριο της πληρότητας και της αποτελεσματικότητας ενός Κ είναι η δυνατότητα αυτού

να χρησιμοποιηθεί για δημοσιονομική χρήση. Η επί των ακινήτων δημοσιονομική πολιτική είναι αναποτελεσματική λόγω έλλειψης κτηματολογικών δεδομένων και αδυναμίας ορθών εκτιμήσεων. Πλήρης, άμεση και ορθολογική δημοσιονομική πολιτική μπορεί να ασκηθεί μόνο από ένα σωστά σχεδιασμένο σύστημα Κ. Τα πρώτα συστήματα Κ άλλωστε, ήταν φορολογικά. Η άσκηση ορθολογικής δημοσιονομικής πολιτικής, λοιπόν, μπορεί να γίνει εύκολα με την ορθή ανάπτυξη του συστήματος Κ. Σήμερα, με τις δυνατότητες της τεχνολογίας, η αξία των ακινήτων ως περιεχόμενη πληροφορία ενός συστήματος Κ, η οποία εκφράζεται από τη θέση, τη γεωμετρία, τη διαστασιολόγηση κ.τ.λ., άρα από τα κτηματολογικά στοιχεία και χαρακτηριστικά του ακινήτου, μπορεί να προσεγγίσει σε μεγάλο βαθμό την αγοραία αξία σε κάθε χρόνο, γρήγορα και οικονομικά. Η γνώση της αξίας αυτής κάθε ακινήτου θα βοηθήσει, εκτός από τη δημοσιονομική πολιτική και την ικανοποίηση των σημερινών αναγκών του δημοσίου και ιδιωτικού τομέα.

Σύμφωνα με την πολεοδομική διάσταση του χώρου, προκύπτει, ότι η πολιτική γης, ως σύνολο επιλογών και διαδικασιών, που οδηγούν στη δημιουργία του ισχύοντος και εξελισσόμενου θεσμικού- οργανωτικού- διοικητικού πλαισίου, των σχετικών με τη γη, απαιτεί την αντικειμενική γνώση του χώρου, ταχύτητα και ορθολογισμό στη λήψη χρονικά βιώσιμων αποφάσεων και σύγχρονες μεθόδους διαχείρισης. Έτσι, ένα σύγχρονο σύστημα Κ μπορεί να αποτελέσει σήμερα το αναγκαίο πληροφοριακό σύστημα για την άσκηση αποτελεσματικής και ελεγχόμενης πολιτικής γης, συμπεριλαμβανομένης και της προστασίας του περιβάλλοντος, σε κάθε επίπεδο προσέγγισης του αστικού ή αστικοποιημένου χώρου. Η ισχύουσα πολεοδομική νομοθεσία είναι προσαρμοσμένη στο δεδομένο της μη ύπαρξης και λειτουργίας του Κ στη χώρα, η δε εφαρμογή και ο έλεγχος υλοποίησής της είναι δυσχερής και χρονοβόρος λόγω αυτού του λόγου. Η ανάπτυξη σύγχρονου Κ θα βελτιώσει σημαντικά τις θεσμικές διαδικασίες, που σχετίζονται με τον αστικό και περιαστικό χώρο. Με αυτό τον τρόπο, θα επιτευχθεί η αποτελεσματικότερη διαχείριση του χώρου και η βέλτιστη επίλυση σχετικών προβλημάτων, όπως η εκτός σχεδίου δόμηση, ο έλεγχος της νομιμότητας και της εγκυρότητας των σχετικών δικαιπραξιών των κατά περίπτωση κατατμήσεων γεωτεμαχίων κ.τ.λ.. Τέλος, η χρήση των ακινήτων αποτελεί μία βασική περιεχόμενη πληροφορία σε ένα σύγχρονο σύστημα Κ, η οποία όμως πρέπει να καταγράφεται στο βαθμό και στο επίπεδο που μπορεί να τηρείται ενήμερη. Ένα σύστημα Κ μπορεί να καταστεί δευτερογενώς το σύστημα παρακολούθησης της δυναμικής εξέλιξης των χρήσεων.

Από την τελευταία αναθεώρηση του ισχύοντος Συντάγματος προβλέπεται ότι η σύνταξη του Εθνικού Κτηματολογίου συνιστά υποχρέωση του κράτους. Ένα σύστημα Κ θεωρείται το βασικό εργαλείο για τη διαχείριση του χώρου καθ' όλη την έκταση, στην οποία ασκούνται πλήρη ή περισσότερα περιορισμένα κυριαρχικά δικαιώματα κάθε κράτους.

## **1.2. Περιεχόμενο, Σύνταξη και Λειτουργία Κτηματολογίου**

Στην ενότητα αυτή γίνεται αναφορά στο περιεχόμενο του Κ και ειδικότερα στα θέματα, που σχετίζονται με τα συστατικά του μέρη, την αποδεικτικότητα και τις αρχές του και τις περιεχόμενες πληροφορίες με την κατηγοριοποίησή τους. Επίσης, εξετάζονται τα θέματα της σύνταξης του Κ, η οποία σχετίζεται με την αναγνώριση των δικαιούχων και τη σύνταξη του κτηματολογικού χάρτη. Ακολουθεί η ανάλυση της λειτουργίας του Κ, η οποία περιλαμβάνει τα ειδικότερα θέματα που σχετίζονται με την τήρηση και ενημέρωση του Κ, καθώς και με τη διάθεση πληροφοριών σε σχέση με το βαθμό δημοσιότητας του συστήματος.

### **1.2.1. Συστατικά μέρη του κτηματολογίου**

Το Κ περιλαμβάνει μια δημόσια και γενική καταγραφή κτηματολογικών πληροφοριών, σχετικών με τα νομικά, τεχνικά και οικονομικά στοιχεία των ιδιοκτησιών. Οι πληροφορίες αυτές αναφέρονται σε μοναδιαίο στοιχείο αναφοράς, που είναι το γεωτεμάχιο και διακρίνονται σε μη γραφικές ή περιγραφικές, οι οποίες περιγράφουν το ιδιοκτησιακό καθεστώς και κάθε εμπράγματο δικαίωμα και σε γραφικές, που βασίζονται στη γεωμετρική περιγραφή και στη γεωγραφική απεικόνιση των κωδικοποιημένων αριθμητικά ιδιοκτησιών σε διάγραμμα.

Το Κ αποτελείται από τα κτηματολογικά βιβλία (Κ.Β.), τα οποία περιέχουν τις μη γραφικές πληροφορίες, από τους κτηματολογικούς χάρτες (Κ.Χ.), που περιέχουν τις γραφικές πληροφορίες και από τον κτηματολογικό αριθμό (Κ.Α.), που συνδέει αμφιμονοσήμαντα τις πληροφορίες των Κ.Β. και Κ.Χ..

Τα Κ.Β. είναι αρχεία είτε σε αναλογική, είτε σε ψηφιακή μορφή (υπό μορφή μιας βάσης δεδομένων) και περιέχουν όλες τις περιγραφικές πληροφορίες, που αφορούν στα ακίνητα. Συγκεκριμένα, καταγράφονται πληροφορίες που αφορούν στις πρώτες εγγραφές των εμπράγματων δικαιωμάτων με τις μεταβολές που έχουν υποστεί, πληροφορίες σχετικά με το πρόσωπο ή τα πρόσωπα, στα οποία αντιστοιχούν τα δικαιώματα και διάφορα άλλα πρόσθετα στοιχεία, που μπορεί να συνοδεύουν το ακίνητο, όπως πληροφορίες θέσης, αριθμητικές, τεχνικές, οικονομικές κ.τ.λ.. Οι πληροφορίες των Κ.Β. συνήθως δεν περιλαμβάνονται στον Κ.Χ., αλλά υπάρχουν και εξαιρέσεις. Για παράδειγμα, αναφέρονται πληροφορίες για το εμβαδό του γεωτεμαχίου ή το είδος της κατασκευής του υπάρχοντος κτιρίου ή τη νομιμότητα των υφιστάμενων βελτιώσεων (κτιρίων ή εγκαταστάσεων).

Συχνά χρησιμοποιείται και ο όρος κτηματολογικός πίνακας (Κ.Π.), ο οποίος περιλαμβάνει σε πινακοποιημένη μορφή όλες τις μη γραφικές πληροφορίες ενός ακινήτου ή ενός δικαιώματος και έχει όλες ή τις περισσότερες πληροφορίες των Κ.Β.. Οι Κ.Π. είναι προσωρινά αρχεία καταγραφής των εμπράγματων δικαιωμάτων.

Οι Κ.Χ. είναι διαγράμματα, που περιλαμβάνουν τη γεωμετρική και γεωγραφική απεικόνιση των γεωτεμαχίων, με εσωτερικές (κτίρια, εγκαταστάσεις) και εξωτερικές πληροφορίες (κοινόχρηστοι χώροι) σε ενιαίο σύστημα αναφοράς.

Ο Κ.Χ. απεικονίζει επιλεγμένο τμήμα της φυσικής πραγματικότητας σε συγκεκριμένη κλίμακα και σε αυτόν παρουσιάζονται σε επίπεδο γεωτεμαχίου τα εμπράγματα δικαιώματα. Κατά συνέπεια, ο Κ.Χ. δεν είναι ο χάρτης των εμπράγματος δικαιωμάτων, αλλά ο χάρτης επί του οποίου αντιστοιχίζονται τα εμπράγματα δικαιώματα. Σκοπός του Κ.Χ. είναι η εμφάνιση της πραγματικής εικόνας της γης μέσω της τοπογραφικής αποτύπωσης, επί της οποίας να αντιστοιχίζονται γεωγραφικά όλα τα εμπράγματα δικαιώματα, που αναφέρονται σε επίπεδο γεωτεμαχίου.

Ο Κ.Α. είναι μοναδικός για κάθε γεωτεμάχιο και χρησιμοποιείται για την κωδικοποίηση των γεωτεμαχίων και των ακινήτων και αποτελεί τον τρόπο καταχώρισης και ανάκτησης των αντίστοιχων πληροφοριών. Ο Κ.Α. είναι σταθερός και δεν επηρεάζεται από τις μεταβολές των επιμέρους στοιχείων του και συνδέει αμφιμονοσήμαντα τις πληροφορίες των Κ.Β. και των Κ.Χ.. Εκφράζεται με έναν αριθμό και μπορεί να είναι διοικητικός ή περιγραφικός. Οι διοικητικοί εξαρτώνται από τα διοικητικά όρια της χώρας και έτσι αποκτάται άμεση εποπτική εικόνα της θέσης του ακινήτου (προϋποθέτοντας πως υπάρχει διαχρονικά σταθερή διοικητική ιεράρχηση), ενώ οι περιγραφικοί προσδιορίζονται με τη μετάβαση από τμήμα χάρτη σε τμήμα χάρτη μεγαλύτερης κλίμακας και δε δίνουν άμεσα την εικόνα που απαιτείται για τη θέση του ακινήτου.

Ο Κωδικός Αριθμός Εθνικού Κτηματολογίου ( ΚΑΕΚ ) είναι μοναδικός για κάθε γεωτεμάχιο, με τον οποίο γίνεται εύκολα και γρήγορα η αναζήτηση στη βάση δεδομένων του Κ και αποτελείται από δώδεκα ψηφία. Κάθε ένα από τα ψηφία που τον αποτελούν, προσδιορίζει συγκεκριμένη πληροφορία. Συγκεκριμένα, τα δύο πρώτα δείχνουν το νομό που βρίσκεται το γεωτεμάχιο, τα τρία επόμενα το δήμο ή κοινότητα, τα επόμενα δύο τον κτηματολογικό τομέα, τα επόμενα δύο την κτηματολογική ενότητα και τα τρία τελευταία τον α/α του γεωτεμαχίου εντός της ενότητας.

### **1.2.2. Αποδεικτικότητα και αρχές του κτηματολογίου**

Τα Κ.Β. και οι Κ.Χ. έχουν από το νόμο ειδική συστατική δύναμη ως προς την ορθότητα των στοιχείων που περιλαμβάνουν, η οποία συνιστά την αποδεικτικότητα του Κ, ώστε το Κ να μπορεί να εγγυάται τις πράξεις που εγγράφει ή καταγράφει. Η κτηματολογική εγγραφή και κάθε επόμενη καταχώριση στα Κ.Β. αποτελούν τη νόμιμη απόδειξη του εμπράγματος δικαιώματος και των διαδοχικών του μεταβολών. Το Κ υπακούει σε θεσμικό πλαίσιο, που περιλαμβάνει κανόνες και βασίζεται σε αρχές, ώστε κατά τη λειτουργία του συστήματος να εξασφαλίζεται η πλήρης απεικόνιση των εμπράγματος δικαιωμάτων και η ασφάλεια των κτηματολογικών συναλλαγών.

Οι αρχές είναι αλληλοεξαρτώμενες και αλληλοσυμπληρούμενες και αναπτύσσουν την αποδεικτική ισχύ του Κ. Μία από τις βασικότερες αρχές είναι η αρχή της αποδεικτικής ισχύος, σύμφωνα με την οποία κάθε εγγραφή ή καταγραφή στα Κ.Β. θεωρείται κατά νόμιμο αμάχητο τεκμήριο ως ακριβής έναντι παντός καλόπιστου τρίτου. Άρα, στα Κ.Β. διασφαλίζεται η τυπική ακρίβεια των στοιχείων και κατά συνέπεια η δημόσια πίστη (αρχή της ακρίβειας). Σύμφωνα με την αρχή της δημόσιας πίστης, προστατεύεται κάθε καλόπιστος συναλλασσόμενος που στηρίζεται στις κτηματολογικές

καταχωρήσεις. Επίσης, σύμφωνα με την αρχή της εγγραφής, κανένα εμπράγματο δικαίωμα επί ακινήτου δεν μπορεί να συσταθεί, να μεταβιβασθεί, να αλλοιωθεί ή να καταργηθεί χωρίς την καταχώρισή του στο Κ.Β.. Ακόμη, βάσει της αρχής της νομιμότητας, κάθε καταχώριση δικαιώματος πραγματοποιείται, αφού πρώτα εξακριβωθεί η νομιμότητα των προσκομιζόμενων στοιχείων. Η δημοσιότητα χρησιμοποιείται ως αποδεικτικό μέσο των καταχωρηθέντων εμπράγματων δικαιωμάτων και ως μέσο προστασίας έναντι οποιουδήποτε μελλοντικού διεκδικητή (αρχή της δημοσιότητας). Τέλος, σύμφωνα με την αρχή της χρονικής προτεραιότητας, τα νομικά αποτελέσματα κάθε καταχώρισης επέρχονται με το χρόνο ολοκλήρωσης αυτής. Η σειρά των καταχωρίσεων καθορίζεται από τη χρονική σειρά υποβολής των σχετικών αιτήσεων με βάση το τηρούμενο ημερολόγιο, στο οποίο συχνά αναγράφεται και η ώρα υποβολής του αιτήματος.

### **1.2.3. Πληροφορίες του κτηματολογίου**

Το Κ, ως σύστημα καταγραφής, καταγράφει και διαχειρίζεται πληροφορίες, οι οποίες, όπως προαναφέρθηκε, χωρίζονται σε μη γραφικές- περιγραφικές και καταχωρίζονται στα Κ.Β. και σε γραφικές, οι οποίες παρουσιάζονται στους Κ.Χ..

Στις μη γραφικές πληροφορίες συμπεριλαμβάνονται τα εξής :

- Τα πλήρη στοιχεία του προσώπου ή των προσώπων, στα οποία αντιστοιχούν τα κάθε μορφής εμπράγματα δικαιώματα, που έχουν καταχωρηθεί για κάθε συγκεκριμένο ακίνητο
- Οι νομικές πληροφορίες, όπως οι πρώτες εγγραφές, τα οριστικά εμπράγματα δικαιώματα και οι μεταγενέστερες μεταβολές για κάθε ακίνητο, αλλά και ο χρόνος δημιουργίας των γεωτεμαχίων
- Οι περιγραφικές πληροφορίες θέσης του ακινήτου και πληροφορίες σχετικές με τα αριθμητικά ή γεωμετρικά στοιχεία του ακινήτου, όπως το εμβαδό, τα ποσοστά τυχόν συνιδιοκτησίας, τα ποσοστά συμμετοχής του ακινήτου κ.τ.λ.
- Οι τεχνικές πληροφορίες, δηλαδή η χρήση της γης ή του ακινήτου γενικότερα και πληροφορίες σχετικές με την άδεια οικοδομής και το είδος των κατασκευών
- Οι οικονομικές πληροφορίες, δηλαδή η αγοραία αξία κάθε ακινήτου σε ορισμένο χρόνο, η φορολογητέα αξία της τελευταίας μεταβίβασης κ.τ.λ..

Όλες οι προαναφερόμενες πληροφορίες των Κ.Β., με εξαίρεση κάποιες πληροφορίες, των οποίων η ορθότητα τους μπορεί να αμφισβητηθεί, καλύπτονται από το τεκμήριο της ορθότητας και της αποδεικτικής ισχύος, που δημιουργούν οι πρώτες εγγραφές και άρα οι μεταγενέστερες καταγραφές.

Οι γραφικές πληροφορίες είναι σχετικές με το γεωτεμάχιο και περιλαμβάνονται στον Κ.Χ. με τα αυτοτελή ακίνητα που δημιουργούνται στο ενιαίο και αδιαίρετο γεωτεμάχιο και εμφανίζονται σε πρόσθετα διαγράμματα, όπως κατόψεις, τομές κ.τ.λ.. Οι γραφικές πληροφορίες σε ένα Κ είναι δυνατόν να διαχωρίζονται και να απεικονίζονται σε διαφορετικά επίπεδα πληροφοριών. Ο διαχωρισμός των πληροφοριών και η απεικόνισή τους σε

διάφορα επίπεδα γίνεται με κριτήριο την εξυπηρέτηση της λειτουργίας του συστήματος.

Οι πληροφορίες που είναι σχετικές με το γεωτεμάχιο περιλαμβάνουν τη γεωμετρική απεικόνισή τους, τα στοιχεία για τα όρια μεταξύ των γεωτεμαχίων και των κοινόχρηστων χώρων, τα ορόσημα, τις συντεταγμένες των κορυφών, τα υψόμετρα, την αρίθμηση των γεωτεμαχίων, το περίγραμμα και την αρίθμηση των κτιρίων, το εμβαδό, τις χρήσεις γης και τις χρήσεις των κτιρίων κ.τ.λ.. Αυτές οι πληροφορίες συνοδεύονται από πληροφορίες για τον περιβάλλοντα χώρο, δηλαδή στοιχεία για το οικοδομικό τετράγωνο (Ο.Τ.), τους κοινόχρηστους χώρους, τον προσανατολισμό, τα όρια των περιοχών, τα σημεία ελέγχου των αποτυπώσεων, τα ονόματα των οδών, τοπογραφικές λεπτομέρειες κ.τ.λ..

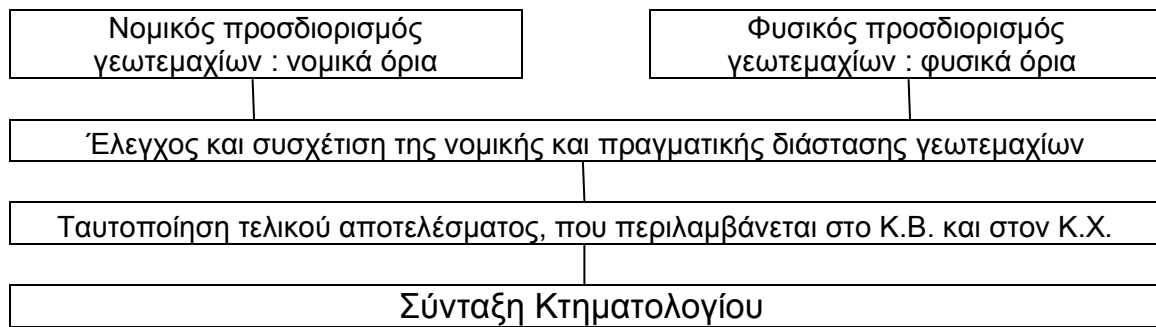
#### **1.2.4. Σύνταξη κτηματολογίου**

Η σύνταξη ή η κατάρτιση του Κ σε μια χώρα αποτελεί την υλοποίηση του σχεδιασμού. Η σύνταξη του Κ ορίζεται ως το σύνολο των διαδικασιών, των μελετών και των έργων, που απαιτούνται για τη συλλογή και εισαγωγή των γραφικών και μη γραφικών πληροφοριών στο σύστημα του Κ. Η σύνταξη πραγματοποιείται ανά περιοχές, η έκταση των οποίων και η ιεράρχησή τους προβλέπονται από το συνολικό σχεδιασμό του Κ, στον οποίο ακολουθούνται επαναληπτικά οι προβλεπόμενες διαδικασίες.

Αποτέλεσμα της διαδικασίας σύνταξης του Κ είναι η οριστικοποίηση του περιεχομένου των μη γραφικών πληροφοριών, που περιλαμβάνονται στα Κ.Β. και των γραφικών πληροφοριών, που περιλαμβάνονται στους Κ.Χ., οι οποίες αντιστοιχίζονται με αμφιμονοσήμαντο τρόπο. Σε κάθε περίπτωση, η διαδικασία σύνταξης περιλαμβάνει την αναγνώριση των δικαιούχων, την κτηματολογική αποτύπωση και την αμφιμονοσήμαντη αντιστοίχιση της πραγματικής και της νομικής κατάστασης. Από αυτή την αντιστοίχιση προκύπτουν διαφορές, κυρίως ως προς τα όρια και τη θέση των γεωτεμαχίων, για τις οποίες υφίσταται θεσμικό πλαίσιο με δυνατότητα προσφυγής σε διοικητικά όργανα, σε δικαστήρια κ.τ.λ.. Ένα σύστημα συντασσόμενου Κ πρέπει να επιλύσει τις διαφορές που προκύπτουν σε προκαθορισμένο μικρό χρονικό διάστημα και θεωρείται ότι συντάσσεται επιτυχώς, όταν το ποσοστό κτηματικών διαφορών που παραμένουν μετά τη διαδικασία σύνταξης είναι μικρότερο από 3%.

Ειδικότερα, τα επί μέρους κατά σειρά στάδια των διαδικασιών σύνταξης είναι τα εξής :

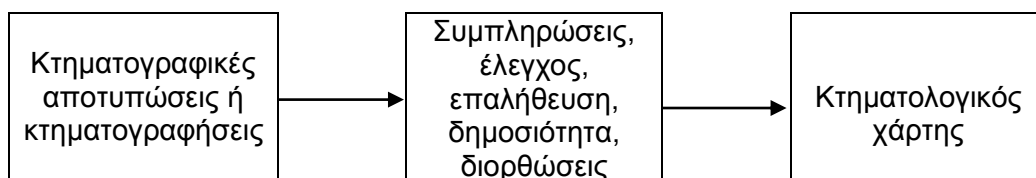
- Ο νομικός προσδιορισμός των γεωτεμαχίων και ο προσδιορισμός όλων των εμπράγματων δικαιωμάτων που αναφέρονται σε αυτά
- Ο φυσικός προσδιορισμός των γεωτεμαχίων, δηλαδή η οριοθέτησή τους, όπως αυτή προκύπτει από την πραγματική διαμορφωμένη κατάσταση
- Η ταυτοποίηση του τελικά αποδεκτού αποτελέσματος, που περιλαμβάνεται στα Κ.Β. και στους Κ.Χ.



Διάγραμμα : Διαδικασία σύνταξης Κ (πηγή : Ζεντέλης, 2011)

Για τη σύνταξη του Κ.Χ. είναι απαραίτητο να υπάρχει από την αρχή ένα ενημερωμένο, αναλογικό ή ψηφιακό, χαρτογραφικό υπόβαθρο της περιοχής ενδιαφέροντος. Τις περισσότερες φορές, αυτό συνεπάγεται τη συνολική αποτύπωση της περιοχής και την απεικόνισή της σε διαγράμματα. Για τη συστηματική αναγνώριση των δικαιούχων, μάλιστα, απαιτείται συνολική αποτύπωση με τις μέγιστες δυνατότητες της τεχνολογίας. Η συστηματική αποτύπωση της περιοχής είναι περισσότερο αναγκαία και μπορεί να χαρακτηριστεί ως η προαπαιτούμενη εργασία για τη σύνταξη του Κ.Χ..

Η αποτύπωση μιας περιοχής για το Κ δεν έχει τα χαρακτηριστικά ενός απλού τοπογραφικού διαγράμματος, αλλά πρέπει να περιλαμβάνει όλα τα υφιστάμενα χωρικά χαρακτηριστικά των γεωτεμαχίων σε δεδομένο χρόνο. Κάθε αποτύπωση με τα εκτεθέντα χαρακτηριστικά καλείται κτηματογραφική αποτύπωση ή κτηματογράφιση, με την οποία επιδιώκεται ο ακριβής χωρικός προσδιορισμός συγκεκριμένων σημείων του χώρου στο χρόνο σύνταξης. Η κτηματογράφιση έχει ως παραγόμενο αποτέλεσμα το αντίστοιχο διάγραμμα κτηματογράφισης, στο οποίο απεικονίζεται σε επίπεδο γεωτεμαχίου το ιδιοκτησιακό καθεστώς και ισοδυναμεί με προσωρινό Κ.Χ.. Οι πληροφορίες που προκύπτουν από την κτηματογράφιση ολοκληρώνονται με τις πληροφορίες των αντίστοιχων Κ.Π. με αμφιμονοσήμαντη αντιστοίχιση με τον Κ.Α.. Τα στοιχεία αυτά, μετά τις προβλεπόμενες διαδικασίες δημοσιότητας και τις αντίστοιχες διορθώσεις, αποκτούν την οριστική τους μορφή και αποτελούν τον Κ.Χ., ο οποίος περιλαμβάνει τις προδιαγεγραμμένες χωρικές πληροφορίες.



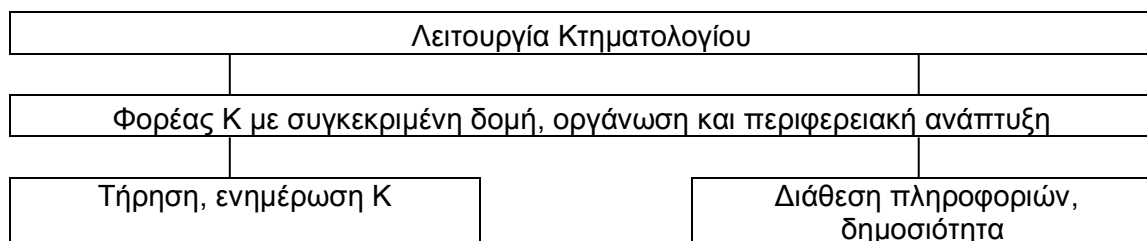
Διάγραμμα : Σύνταξη κτηματολογικού χάρτη (πηγή : Ζεντέλης, 2011)

Σχετικά με τις κτηματογραφικές αποτυπώσεις πραγματοποιούνται με επίγειες ή φωτογραμμετρικές μεθόδους ή με συνδυασμό αυτών. Η επιλογή της μεθόδου εξαρτάται από το προδιαγεγραμμένο αποτέλεσμα, δηλαδή από την κλίμακα αποτύπωσης και την επιδιωκόμενη ακρίβεια, την έκταση της

περιοχής ενδιαφέροντος, τις δυνατότητες και το κόστος κάθε μεθόδου σε συνδυασμό με το διαθέσιμο χρόνο, το πλήθος, το μέσο μέγεθος και την πυκνότητα των γεωτεμαχίων, αλλά και των αντίστοιχων υφιστάμενων κτιρίων.

### 1.2.5. Λειτουργία κτηματολογίου

Η λειτουργία του Κ υλοποιείται από το φορέα του Κ, ο οποίος έχει σύγχρονη μορφή, ορισμένο οργανωτικό και διοικητικό σχήμα και ορθολογική περιφερειακή ανάπτυξη, η οποία αναφέρεται στις μονάδες λειτουργίας του Κ, που είναι τα κτηματολογικά γραφεία. Ο φορέας του Κ με αυτά τα χαρακτηριστικά και ο τρόπος λειτουργίας του έχει προκύψει και έχει αποφασισθεί από το στάδιο σχεδιασμού του Κ. Κατά συνέπεια, η λειτουργία του Κ περιλαμβάνει κάθε απαραίτητη διαδικασία, ενέργεια ή εργασία από το δεδομένο οργανωτικό και διοικητικό σχήμα του φορέα του Κ, προκειμένου σε κάθε χρόνο να υπάρχουν ενήμερες και διαθέσιμες πληροφορίες. Άρα, τα δύο βασικά στοιχεία της λειτουργίας του Κ είναι η τήρηση- ενημέρωση του συστήματος από κάθε Κ μεταβολή και η διάθεση των Κ πληροφοριών, η οποία επηρεάζεται από τους βαθμούς ελευθερίας της δημοσιότητας των πληροφοριών του συστήματος.



Διάγραμμα : Λειτουργία Κ (πηγή : Ζεντέλης, 2011)

### 1.3. Τεχνικές Προδιαγραφές Κτηματογράφησης

Οι τεχνικές προδιαγραφές μελετών κτηματογράφησης για τη δημιουργία Ε.Κ. περιλαμβάνουν το σύνολο των εργασιών κτηματογράφησης, αποφασίζονται και εγκρίνονται από το Δ.Σ. του Ο.Κ.Χ.Ε. μετά από προέγκριση αυτών από το Δ.Σ. της Κτηματολόγιο Α.Ε. και δημοσιεύονται στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως. Οι προδιαγραφές αυτές εξελίσσονται, ώστε να προσαρμόζονται στην εξελισσόμενη νομοθεσία και να αξιοποιείται η αποκτώμενη κάθε φορά εμπειρία. Αποτέλεσμα αυτού είναι να ισχύουν αναθεωρημένες τεχνικές προδιαγραφές για κάθε πρόγραμμα κτηματογράφησης. Αυτό, όμως, συνεπάγεται την προσαρμογή κάθε φορά των προηγούμενων προγραμμάτων με τις τελευταίες προδιαγραφές, ώστε το τελικό αποτέλεσμα όλων των κτηματογραφήσεων να γίνεται με βάση ενιαίες προδιαγραφές.

Οι ισχύουσες αναθεωρημένες τεχνικές προδιαγραφές είναι οι εγκεκριμένες από το Δ.Σ. του Ο.Κ.Χ.Ε. 460/03/08 (Φ.Ε.Κ. 1156/08), ακολούθως άλλων με



το Δ.Σ. του Ο.Κ.Χ.Ε. 425/09/2007 (Φ.Ε.Κ. 1443/07), σε συνέχεια των εγκεκριμένων προηγούμενων με την Υ.Α.71154/4228 (Φ.Ε.Κ. 639/95).

Ειδικότερα, οι τεχνικές προδιαγραφές διαμορφώθηκαν με βάση την αποκτηθείσα εμπειρία των προηγούμενων προγραμμάτων του Ε.Κ., τη δομή και λειτουργία του συστήματος πληροφορικής του Ε.Κ. και τις τροποποιήσεις του θεσμικού πλαισίου της κτηματογράφησης. Βασικοί στόχοι των τεχνικών προδιαγραφών είναι :

- η εξασφάλιση της συλλογής του συνόλου των πληροφοριών, που απαιτούνται για την ορθότητα, πληρότητα και αξιοπιστία των πρώτων εγγραφών του Ε.Κ.
- η εξασφάλιση της αδιάλειπτης ενημέρωσης της κτηματολογικής βάσης μέχρι την πλήρη ένταξη των αντίστοιχων περιοχών στο σύστημα του Ε.Κ. με τις πρώτες εγγραφές
- η προσαρμογή των διαδικασιών κτηματογράφησης στις αλλαγές του θεσμικού πλαισίου του Ε.Κ.
- η προδιαγραφή με σαφήνεια του συνόλου των απαιτήσεων, έτσι ώστε να υπάρξει κατά το δυνατόν μονοσήμαντη αντίληψη και κατανόηση της διαδικασίας της κτηματογράφησης, αλλά παράλληλα και εξασφάλιση της ομοιογένειας των παραγόμενων προϊόντων σε κάθε φάση της
- η τυποποίηση των διαδικασιών (συλλογή δηλώσεων, διόρθωση τυπικών σφαλμάτων, υποβολή ενστάσεων κ.τ.λ.) με χρήση των δυνατοτήτων που παρέχει η πληροφορική, με σκοπό την ταχύτερη και αποτελεσματικότερη εξυπηρέτηση των πολιτών και την ομοιογένεια των παρεχόμενων υπηρεσιών
- η συμβατότητα των παραδοτέων των έργων κτηματογράφησης με το μοντέλο δεδομένων του λειτουργούντος Ε.Κ.
- ο έλεγχος της προόδου, της ορθότητας, της πληρότητας και της ποιότητας των εργασιών, καθώς και των παρεχόμενων υπηρεσιών από το γραφείο κτηματογράφησης καθ' όλη τη διάρκεια της μελέτης, ώστε να εντοπίζονται εγκαίρως οι τυχόν αστοχίες, τόσο ως προς την ποιότητα των εργασιών, όσο και ως προς την τήρηση του χρονοδιαγράμματος.

Στους Κ.Χ. απεικονίζονται τα όρια των ιδιοκτησιών, των κτισμάτων κ.τ.λ. με επιλογή κλίμακας για τις αστικές περιοχές 1:1000 και για τις αγροτικές περιοχές 1:5000, εκτός ειδικών περιπτώσεων, όπως κατακερματισμένης γης, που χρησιμοποιείται κλίμακα 1:2000. Στους ορεινούς όγκους και στις δασικές περιοχές η κλίμακα είναι 1:10000. Οι βασικοί λόγοι διαχωρισμού αστικών και αγροτικών περιοχών είναι το γεγονός, ότι οι αστικές ιδιοκτησίες είναι μικρότερης επιφάνειας και μεγαλύτερης αξίας, άρα απαιτείται διαφορετική ακρίβεια. Η ακρίβεια του Κ.Χ. ακολουθεί την ακρίβεια του τοπογραφικού χάρτη.

Το βασικό χαρτογραφικό υπόβαθρο του Ε.Κ. είναι οι ορθοφωτοχάρτες, οι οποίοι παρουσιάζουν ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά με ένα κοινό χάρτη, αλλά με επιπλέον το πλεονέκτημα της διατήρησης των ποιοτικών πληροφοριών που έχει η φωτογραφία. Υπάρχει επίσης η δυνατότητα, ο ορθοφωτοχάρτης να συμπληρωθεί με οποιεσδήποτε χαρτογραφικές πληροφορίες που έχει ένας κοινός χάρτης (οδικό δίκτυο, ισούψεις καμπύλες, ιδιοκτησίες, τοπωνύμια, αριθμούς ιδιοκτησιών κ.τ.λ.). Ένα από τα βασικά

στάδια εκπόνησης μιας μελέτης Κ είναι ο εντοπισμός γεωτεμαχίων και στους ορθοφωτοχάρτες η αναγνώριση των ακινήτων γίνεται εύκολα.

Οι τεχνικές προδιαγραφές καθορίζουν ως σύστημα αναφοράς το Ε.Γ.Σ.Α. '87, με ελλειψοειδές το GRS80.

Όσον αφορά στο 3D κτηματολόγιο, για να δημιουργηθεί και να εφαρμοστεί, απαιτείται η διατύπωση ενός συνόλου κανόνων που πρέπει να ακολουθηθούν. Για κάθε χώρα πρέπει να είναι γνωστές οι προδιαγραφές ακρίβειας των συντεταγμένων, οι οποίες είναι αποδεκτές, προκειμένου να δημιουργηθούν 3D μοντέλα σύμφωνα με αυτές. Άρα, οι προδιαγραφές του 3D κτηματολογίου πρέπει να υπακούουν σε αυτές που έχουν οριστεί οριζοντιογραφικά για το 2D κτηματολόγιο. Εφόσον δεν έχει κατοχυρωθεί νομικά μέχρι στιγμής η απόδοση της τρίτης διάστασης, δεν υπάρχει πρόβλεψη των σχετικών τιμών που είναι αποδεκτές για το ύψος. Αυτό, όμως, είναι πολύ σημαντικό, γιατί από αυτό εξαρτάται ο σωστός υπολογισμός του όγκου των κτιρίων και κατά συνέπεια η καταγραφή και η κατοχύρωση των δικαιωμάτων.

#### **1.4. Εθνικό Κτηματολόγιο**

Στην Ελλάδα, το υπό εξέλιξη Ε.Κ. βασίζεται σε 2D καταγραφή των ιδιοκτησιών, η οποία δεν μπορεί να απεικονίσει αποτελεσματικά όλες τις σύνθετες περιπτώσεις της πολυστρωματικής πραγματικότητας των εμπράγματων δικαιωμάτων. Ειδικά σήμερα, με τις σημαντικές δυνατότητες και την πρόοδο της νέας τεχνολογίας σε θέματα 3D μοντελοποίησης, ανάλυσης και απεικόνισης του χώρου, η επέκταση του κτηματολογικού μοντέλου σε αυτή την κατεύθυνση μοιάζει ιδανική και ήδη εφαρμόζεται σε κάποιο βαθμό ή είναι σε πειραματικό στάδιο σε ορισμένα προηγμένα κτηματολογικά συστήματα, όπως για παράδειγμα αυτό της Ολλανδίας και του Ισραήλ.

Η εμπειρία που αποκτήθηκε από την εφαρμογή του 1<sup>ου</sup> πιλοτικού προγράμματος του Ε.Κ. έδειξε, ότι αρκετά προβλήματα παρουσιάστηκαν για την τεκμηρίωση των ιδιοκτησιών, εξαιτίας των διάφορων εξαιρέσεων, που παρουσιάζονται στους νομικούς ορισμούς των ιδιοκτησιακών αντικειμένων (π.χ. καταστάσεις που προκύπτουν από καταπάτηση, μερικώς ή μη κάποιων ιδιοκτησιών), καθώς και από την ανάγκη της πραγματικότητας για δημιουργία τρισδιάστατων (3D) ιδιοκτησιακών αντικειμένων (π.χ. σε περιπτώσεις επικαλύψεων) (Rokos, 2001).

Οι βασικές ιδιοκτησίες που καταγράφονται στο Ε.Κ. είναι:

- τα γεωτεμάχια
- η οριζόντια ιδιοκτησία
- η κάθετη ιδιοκτησία
- η σύνθετη κάθετη ιδιοκτησία
- οι ειδικές ιδιοκτησίες και
- τα ορυχεία

Με εξαίρεση τα γεωτεμάχια, όλα τα παραπάνω αναφερόμενα κτηματολογικά αντικείμενα αποτελούν 3D ιδιοκτησιακά αντικείμενα, που βρίσκονται κάτω ή

πάνω από την επιφάνεια της γης (χαρακτηρίζονται δηλαδή από την ύπαρξη της τρίτης διάστασης), ενώ η νομική διάσταση των όρων τους είναι σήμερα και η λύση που παρέχεται για την καταγραφή στον τρισδιάστατο χώρο των πραγματικών και πλασματικών αντικειμένων στο Ε.Κ..

Ένα σημαντικό σημείο του 3D χαρακτήρα των ιδιοκτησιών (οριζόντια, απλή και σύνθετη κάθετη ιδιοκτησία) καταγράφεται ως ιδιότητα (π.χ. ο όροφος του κτιρίου), ενώ άλλες πληροφορίες, όπως είναι η ακριβής θέση του διαμερίσματος σ' ένα κτίριο (για παράδειγμα με τη χρήση συντεταγμένων) ή η όψη του κτιρίου δε συλλέγονται. Βέβαια, αν συλλέγονταν, αποθηκεύονταν και ενημερώνονταν περισσότερες χωρικές πληροφορίες για τις ιδιοκτησίες, το κόστος του προγράμματος του Ε.Κ. θα αυξάνονταν σημαντικά. Η πληροφορία που συλλέγεται την παρούσα χρονική στιγμή (κωδικός κτιρίου, όροφος και κωδικός ιδιοκτησίας) μπορεί να μην αρκεί για την χαρτογράφηση των ιδιοκτησιών, όμως είναι αρκετή για τη μοναδική ταυτοποίηση κάθε μίας ιδιοκτησίας, όπως και για το χαρακτήρα του Ε.Κ. (Rokos, 2001).

Για την περίπτωση των ορυχείων πρέπει να σημειωθεί, ότι είναι 3D αντικείμενα ιδιοκτησίας, που βρίσκονται στο υπέδαφος. Ωστόσο, νομικά ορίζονται ως ένα πολύγωνο, που διαγραμματίζεται στη γήινη επιφάνεια. Κατά συνέπεια, ένα 2D πολύγωνο είναι αρκετό για τη νομική αντιπροσώπευση ενός ορυχείου. Ορίζοντας ένα ξεχωριστό θεματικό επίπεδο πληροφορίας για τα ορυχεία, μπορούν να καταγραφούν ανεξάρτητα και χωρίς επικαλύψεις με τα γεωτεμάχια. Αυτό προτείνεται, διότι δεν υπάρχει συσχέτιση των δικαιωμάτων ιδιοκτησίας των ορυχείων με τα αντίστοιχα αυτών των γεωτεμαχίων.

#### **1.4.1. Νομοθετικό πλαίσιο**

Η πρώτη προσπάθεια εισαγωγής του θεσμού του Κ στην Ελλάδα έγινε το 1836 με διάταγμα του Βασιλιά Όθωνα. Από τη σύσταση του ελληνικού κράτους και για τα επόμενα 160 περίπου χρόνια, ο θεσμός του Κ αντιμετωπίστηκε αποσπασματικά και χωρίς ουσιαστική οργάνωση. Δεν υπήρξε καμία νομική και οικονομική θεσμοθέτηση, παρά μόνο διάσπαρτοι νόμοι, προεδρικά διατάγματα και υπουργικές αποφάσεις που ακολουθούσαν το ένα το άλλο χωρίς να έχουν συνοχή, ενώ συχνά τα περιεχόμενά τους συγκρούονταν.

Ο Αστικός Κώδικας του 1946 ρυθμίζει τα βασικά ζητήματα σχετικά με την ιδιοκτησία της γης και την κυριότητα, σε συνέχεια του ρωμαϊκού δικαίου, το οποίο όριζε ότι ο κύριος του εδάφους είναι και ο κύριος ολόκληρου του υπερκείμενου σε αυτόν χώρου, καθώς και του χώρου κάτω από την επιφάνεια του εδάφους (*superficies cedit solo*). Προβλήματα και συγχύσεις δημιουργούνται από τον προγενέστερο του Αστικού Κώδικα Νόμου 3741/1929 «περί ιδιοκτησίας κατ'ορόφους», σύμφωνα με το άρθρο 1 του οποίου, «*αναγνωρίζεται η διηρημένη κατ'ορόφους ή μέρη αυτών ιδιοκτησία επί του αυτού οικοδομήματος*». Οπότε άμεσα προκύπτει, ότι στον ελλαδικό χώρο λαμβάνουν χώρα δύο μορφές οριζόντιας ιδιοκτησίας, είτε με τη μορφή της «*κεχωρισμένης οριζοντίου ιδιοκτησίας*», δηλαδή της χωριστής ιδιοκτησίας ορόφου ή τμήματος αυτού, είτε με τη μορφή της «*οριζοντίου ιδιοκτησίας μετά συγκυριότητας*», η οποία είναι και η συνήθης μορφή οριζόντιας ιδιοκτησίας.

Εκτός από το νόμο περί ιδιοκτησίας κατά ορόφους, υπάρχει ο νόμος «περί μεταλλειοκτησίας», που επίσης αποτελεί εξαίρεση του κανόνα.

Σύμφωνα, λοιπόν, με τις διατάξεις του Α.Κ., η κυριότητα πάνω σε ακίνητο εκτείνεται, εφόσον ο νόμος δεν ορίζει κάτι διαφορετικό, στο χώρο πάνω και κάτω από το έδαφος (άρθρο 1001 του Α.Κ.), δεν μπορεί όμως ο κύριος να απαγορεύσει ενέργεια που επιχειρείται σε τέτοιο ύψος ή βάθος, ώστε να μην εξαρτά κανένα συμφέρον από την απαγόρευση. Επιπλέον, σύμφωνα με τα άρθρα 953 και 954 του Α.Κ., τα συστατικά μέρη πράγματος, αυτά δηλαδή που δεν μπορούν να αποχωριστούν χωρίς βλάβη του κυρίως πράγματος ή αλλοίωση της ουσίας ή του προορισμού τους, δεν μπορεί να είναι χωριστά αντικείμενα κυριότητας ή άλλου εμπράγματος δικαιώματος. Ως τέτοια εννοούνται αυτά που έχουν συνδεθεί σταθερά με το έδαφος (ιδίως οικοδομήματα), τα προϊόντα του ακινήτου, εφόσον συνεχονται με το έδαφος, το νερό κάτω από το έδαφος και η πηγή, καθώς και οι σπόροι μόλις σπαρθούν και τα φυτά μόλις φυτευτούν. Το άρθρο 1002 του Α.Κ. ορίζει την ιδιοκτησία ορόφου, ως κυριότητα χωριστή σε όροφο οικοδομής ή σε διαμέρισμα ορόφου, που μπορεί να συσταθεί μόνο με δικαιοπραξία του κυρίου του όλου ακινήτου. Όροφοι θεωρούνται και τα υπόγεια, καθώς και τα δωμάτια κάτω από τη στέγη. Σε περίπτωση ιδιοκτησίας ορόφου, ο κύριος ορόφου ή διαμερίσματος είναι αυτοδικαίως συγκύριος εξ αδιαιρέτου κατ' ανάλογη μερίδα πάνω στα μέρη του όλου ακινήτου, τα οποία χρησιμεύουν στην κοινή χρήση και των λοιπών κυρίων, όπως είναι ιδίως το έδαφος, τα θεμέλια, οι τοίχοι, η στέγη και η αυλή (άρθρο 1117 του Α.Κ.).

Η διάταξη αυτή, μαζί με το νόμο 3741/29 και το διάταγμα 1024/1971, συνιστούν το νομικό πλαίσιο για την οριζόντια ιδιοκτησία (ιδιοκτησία κατά ορόφους), που περιορίζει την «έκταση» της ιδιοκτησίας από το χώρο πάνω και κάτω από το έδαφος, που προβλέπει το άρθρο 1001 του Α.Κ.. Η μορφή αυτή συνιδιοκτησίας συναντάται σε ποικιλία μορφών, από πολυκατοικίες διαμερισμάτων μέχρι κτήρια πολλαπλών/ μικτών χρήσεων για οικιστικούς ή εμπορικούς σκοπούς. Τα κτήρια αυτά έχουν συχνά τμήμα ιδιωτικής χρήσης και κοινόχρηστης, όπου συνυπάρχουν π.χ. γραμμές δικτύων υποδομών και χρήζουν ιδιαίτερης ρύθμισης των ορίων ισχύος αυτών των δικαιωμάτων.

Η νομοθεσία που ορίζει τη λειτουργία του ελληνικού κτηματολογίου είναι το Άρθρο 24§2 εδ. γ' του Συντάγματος, σύμφωνα με το οποίο καθιερώνεται η υποχρέωση του Κράτους για τη σύνταξη του Ε.Κ.. Το θεσμικό πλαίσιο για τη σύνταξη και τήρηση του Ε.Κ. περιλαμβάνει δύο βασικά νομοθετήματα, ένα για τη διαδικασία της κτηματογράφησης (Ν.2308/95 «Κτηματογράφηση για την δημιουργία του Εθνικού Κτηματολογίου και λοιπές διατάξεις») και ένα για την τήρηση και λειτουργία του Κτηματολογίου (Ν.2664/98 «Εθνικό Κτηματολόγιο και άλλες διατάξεις»).

Ο Ν.2308/95 αφορά στην κτηματογράφηση για τη δημιουργία Ε. Κ. και στις διαδικασίες ως τις πρώτες εγγραφές στα Κ.Β. και άλλες διατάξεις. Ο νόμος περιλαμβάνει την κήρυξη των περιοχών υπό κτηματογράφηση, τις δηλώσεις εγγραπτέων δικαιωμάτων, τη σύνταξη προσωρινών κτηματολογικών διαγραμμάτων, τη διαδικασία της πρώτης ανάρτησης των ενστάσεων, την αναμόρφωση διαγραμμάτων και πινάκων, τη διαδικασία της δεύτερης ανάρτησης, τη δημιουργία, σύνταξη και λειτουργία των πρωτοβάθμιων και

δευτεροβάθμιων επιτροπών εξέτασης ενστάσεων, τη διαδικασία περαίωσης της κτηματογράφησης και τη δημιουργία των πρώτων εγγραφών.

Ο Ν.2664/98 αναφέρει το αντικείμενο των κτηματολογικών εγγραφών, τη δαπάνη εγγραφής, τη διαδικασία πρώτων εγγραφών, τις αμφισβητήσεις, την οριστικοποίηση πρώτων εγγραφών, τα έννομα αποτελέσματα, τις περιερχόμενες ιδιοκτησίες στο δημόσιο, τα ακίνητα με την οριστικοποίηση των πρώτων εγγραφών, τη δομή των Κ.Β. και των κτηματολογικών φύλλων, τις καταχωρημένες πράξεις, το μαχητό τεκμήριο ακρίβειας των κτηματολογικών εγγραφών και τη δημόσια πίστη, τη διαδικασία εγγράφων, τη διόρθωση κτηματολογικών στοιχείων και τη δημοσιότητα αυτών, τη μετάβαση από το σύστημα μεταγραφών και υποθηκών στο σύστημα του Ε.Κ., τους δασικούς χάρτες και τη διαδικασία αναγνώρισης της δασικής περιουσίας.

Οι παραπάνω νόμοι τροποποιήθηκαν διαδοχικά με τους νόμους 2508/1997, 3208/2003, 3127/2003, 3212/2003, 3481/2006 και τελευταία με το νόμο 3983/2011. Με τις τροποποιήσεις αυτές επιχειρήθηκε σταδιακά η προσαρμογή της νομοθεσίας για το Ε.Κ. στις απαιτήσεις της πράξης, όπως αυτές αναδείχθηκαν από την εμπειρία της εφαρμογής του θεσμού.

#### **1.4.2. Διατάξεις εθιμικού δικαίου**

Σε ορισμένες περιοχές της Ελλάδας, όπως στα νησιά του Αιγαίου και ιδιαίτερα στις Κυκλάδες, το εθιμικό δίκαιο ρύθμιζε με λεπτομέρειες την κοινοτική διοίκηση, τις συναλλαγές και γενικότερα τη λειτουργία των νησιωτικών κοινοτήτων. Πρόκειται για ένα μωσαϊκό γραπτών και άγραφων νόμων, που προκύπτει από τις παραλλήλως ισχύουσες τάξεις δικαίου, π.χ. του εκκλησιαστικού και του οθωμανικού ή του βενετικού, την τάση επιβολής του καθενός από αυτά σε βάρος των άλλων, αλλά και την αλληλεπίδραση μεταξύ τους. Μεταξύ αυτών των κανόνων υπήρχε σημαντικός αριθμός ρυθμίσεων οικογενειακού και κληρονομικού δικαίου, που επεδίωκαν να προστατεύσουν την οικογενειακή περιουσία και να περιορίσουν τη διασπορά των ακινήτων, ώστε αυτά να παραμείνουν στα μέλη της οικογένειας. Ιδιαίτερα για τις Κυκλάδες, η στενότητα του χώρου οδήγησε στο ιδιότυπο θεσμικό πλαίσιο της κατ' όροφο ιδιοκτησίας, που αφορούσε τις κατά κανόνα ξεχωριστές κατοικίες του ισογείου (κατώι) και του πρώτου ορόφου (ανώι). Το νομικό αυτό καθεστώς της οριζόντιας ιδιοκτησίας, επισημάνθηκε από πολύ παλιά και μνημονεύεται στο εθιμικό δίκαιο από την εποχή της οθωμανικής κυριαρχίας. Κατά τους κανόνες του εθιμικού δικαίου των Κυκλάδων ο θεσμός της οριζόντιας ιδιοκτησίας χαρακτηρίζεται από τα εξής στοιχεία :

- Κάθε ιδιοκτήτης ορόφου ή τμήματος ορόφου είναι αποκλειστικός κύριος του ορόφου του και ό,τι ανήκει σε αυτόν, δηλαδή οι πρωτοτόχοι, το δαπέδο, η οροφή και οι κοινόχρηστοι χώροι (με 0% ποσοστό κυριότητας επί του γεωτεμαχίου).
- Ο κύριος του ισογείου είναι αποκλειστικός κύριος του οικοπέδου και του υπεδάφους (100% ποσοστό κυριότητας επί του γεωτεμαχίου).
- Ο κύριος του ανωγείου είναι αποκλειστικός κύριος του «αέρος», εκτός αν ο «αέρας» έχει μεταβιβαστεί σε τρίτον.

Όπως γίνεται φανερό, οι παραπάνω νομοθεσίες δίστανται μεταξύ τους, γιατί ενώ ο σημερινός Αστικός Κώδικας ορίζει ότι το ακίνητο είναι άρρηκτα συνδεδεμένο με συγκεκριμένο τμήμα γης, ο Εισαγωγικός Κώδικας, που δημιουργήθηκε για να συμπεριληφθούν οι περιπτώσεις των εμπραγμάτων δικαιωμάτων με βάση την παλαιότερη νομοθεσία 3741/1929, αντιμετωπίζει το ακίνητο ανεξάρτητα από το κάτωθεν σε αυτό γεωτεμάχιο.

Επομένως, η σύνθετη και πολύπλοκη ελληνική νομοθεσία είναι αυτή που καταδεικνύει την αναγκαιότητα ορισμού και σύλληψης μιας νέας φόρμας κτηματολογικής καταγραφής, που να διαχωρίζει τις ιδιοκτησίες ανά επίπεδο, με «κλειδί» το βάθος ή το ύψος από την επιφάνεια του εδάφους (Papaefthymiou, 2004).

Στην Ελλάδα υπάρχουν ελλείψεις του θεσμικού πλαισίου σχετικά με τα 3D αντικείμενα, γιατί πρώτον δεν υπάρχει γενική ή ειδική νομοθεσία, που να ορίζει την 3D περιγραφή αντικειμένων, έστω και με ένα 2D τρόπο και δεύτερον, δεν υπάρχει ειδική νομοθεσία, η οποία να περιγράφει τις προδιαγραφές για τοπογραφικά σχέδια σε 3D. Στο κτηματολόγιο Δωδεκανήσου παρέχονται σχέδια ορόφων ανά όροφο ιδιοκτησίας, πρόσθετα στα κτηματολογικά σχέδια των γεωτεμαχίων και έτσι υπάρχει μια πιο σαφής εικόνα της διανομής των δικαιωμάτων στην κάθετη συνιστώσα (Papaefthymiou, 2003).

## **1.5. Κτηματολόγιο Α.Ε.**

Ο φορέας του Κ στην Ελλάδα είναι η εταιρία «Κτηματολόγιο Α.Ε.». Το Εθνικό Κτηματολόγιο αποτελεί μια από τις σημαντικότερες αναπτυξιακές υποδομές που αναπτύσσονται στη χώρα, η οποία πρόκειται να μεταρρυθμίσει σημαντικό τμήμα της δημόσιας διοίκησης σε θέματα ακίνητης περιουσίας και να συμβάλει αποφασιστικά στην επέκταση και ενδυνάμωση της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης (e-government).

Το έργο ξεκίνησε στα μέσα της δεκαετίας του 1990 με μία σειρά πιλοτικών προγραμμάτων, που έφεραν στο προσκήνιο όλα τα προβλήματα και τις ιδιαιτερότητες που υφίστανται στο ιδιοκτησιακό καθεστώς της χώρας. Η πρώτη αυτή γενιά κτηματογραφήσεων ολοκληρώθηκε με καθυστερήσεις και προβλήματα για την πλειονότητα των έργων την περίοδο 2003-2008, προσφέροντας όμως σημαντική τεχνογνωσία στην Κτηματολόγιο Α.Ε και στους φορείς που εμπλέκονται με το έργο.

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

μέτοχος της ΕΚΧΑ Α.Ε. είναι το Ελληνικό Δημόσιο και η εταιρία εποπτεύεται από το Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής.

Από την ίδρυσή της και σύμφωνα με το υφιστάμενο θεσμικό πλαίσιο, η «ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ Α.Ε.» έχει την ευθύνη για τη σύνταξη του Εθνικού Κτηματολογίου. Συγκεκριμένα:

- προγραμματίζει τα έργα κτηματογράφησης
- εισηγείται για τις τεχνικές προδιαγραφές και τα τιμολόγια εργασιών
- αναθέτει, επιβλέπει, ελέγχει και παραλαμβάνει τα έργα κτηματογράφησης
- εισπράττει και αποδίδει τα τέλη που καταβάλλονται
- υποστηρίζει πληροφοριακά το έργο της σύνταξης με διαδικτυακές εφαρμογές
- σχεδιάζει και υλοποιεί υποστηρικτικά έργα που είτε απαιτούνται για τη διενέργεια των μελετών κτηματογράφησης, είτε βελτιώνουν τις συνθήκες υλοποίησης του έργου
- επιλέγει, μισθώνει όπου απαιτείται και διαχειρίζεται τους χώρους που χρησιμοποιούνται ως γραφεία κτηματογράφησης κατά την περίοδο εκπόνησης των αντίστοιχων έργων ανά περιοχή

Επίσης, η Κτηματολόγιο Α.Ε. έχει την ευθύνη υποστήριξης της λειτουργίας του Κ, όσο λειτουργούν μεταβατικά κτηματολογικά γραφεία. Η λειτουργία του μεταβατικού κτηματολογικού γραφείου ξεκινά μετά την ολοκλήρωση της κτηματογράφησης στη συγκεκριμένη περιοχή σε αντικατάσταση του συστήματος των υποθηκοφυλακείων. Η υποστήριξη της λειτουργίας του Κ είναι μια συνεχής δράση και έρχεται να συντονίσει και να καλύψει τις ανάγκες των κτηματολογικών γραφείων, στηρίζοντας ενεργά την εύρυθμη λειτουργία του θεσμού.

Σχεδίασε, ανέπτυξε και μέχρι σήμερα συνεχώς παρέχει, συντηρεί και αναβαθμίζει το Σύστημα Πληροφορικής Εθνικού Κτηματολογίου, μέσω του οποίου καταχωρίζονται όλες οι νέες δικαιοπραξίες στις περιοχές που λειτουργεί κτηματολόγιο. Ακόμη, παρέχει νομική και τεχνική υποστήριξη προς τα μεταβατικά κτηματολογικά γραφεία, αλλά και προς τους συναλλασσόμενους με αυτά πολίτες, στις περιπτώσεις που κρίνεται απαραίτητο. Εκδίδει έντυπα, οδηγίες και εγκυκλίους για την ορθή λειτουργία του θεσμού και την ορθή τήρηση της κτηματολογικής βάσης

Παράλληλα, η ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ Α.Ε. έχει ξεκινήσει και υλοποιεί σταδιακά με ίδιους πόρους το έργο της σάρωσης και φύλαξης σε ψηφιακή μορφή, όλων των εισερχομένων εγγράφων στα έμμισθα μεταβατικά κτηματολογικά γραφεία από την έναρξη λειτουργίας τους.

Τέλος, η Κτηματολόγιο Α.Ε. είναι ο μόνος φορέας, ο οποίος έχει καταρτίσει δασικούς χάρτες στη χώρα. Στις περιοχές που κηρύσσονται υπό κτηματογράφηση, η Κτηματολόγιο Α.Ε. αναλαμβάνει και το έργο της κατάρτισης των δασικών χαρτών. Συγκεκριμένα:

- Σχεδιάζει και προγραμματίζει τα έργα κατάρτισης δασικών χαρτών
- Συντάσσει τεύχη διαγωνισμού
- Αναθέτει, επιβλέπει, ελέγχει και παραλαμβάνει τα έργα
- Συντονίζει τις αρμόδιες δασικές υπηρεσίες για τον έλεγχο και θεώρηση των δασικών χαρτών.

Με το Ν. 3889/2010 (ΦΕΚ 182Α΄) «Χρηματοδότηση Περιβαλλοντικών Παρεμβάσεων, Πράσινο Ταμείο, Κύρωση Δασικών Χαρτών και άλλες διατάξεις», θεσμοθετείται το σύνολο της διαδικασίας κατάρτισης δασικών χαρτών έως και την κύρωσή τους, ενώ παρέχεται στην ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ Α.Ε. και η αρμοδιότητα:

- της ηλεκτρονικής ανάρτησης των δασικών χαρτών και υποβολής αντιρρήσεων μέσω του διαδικτύου
- της εκτέλεσης των υποστηρικτικών εργασιών της ανάρτησης Δασικών Χαρτών και
- της διόρθωσης και της συμπλήρωσής τους προκειμένου αυτοί να κηρυχθούν ως οριστικοί.

### 1.5.1. Πρόοδος του έργου

Η Ελλάδα έχει συνολική έκταση 132.000 km<sup>2</sup>. Με βάση τα στατιστικά μοντέλα της εταιρείας, εκτιμάται ότι στη χώρα αναμένεται να υπάρχουν περί τα 37.792.315 δικαιώματα (εκτίμηση που προκύπτει από τα ήδη καταγεγραμμένα δικαιώματα, αυτά που έχουν προκηρυχθεί και αυτά που εκτιμώνται από στατιστικό μοντέλο που έχει αναπτυχθεί από την εταιρεία).

Η πορεία του έργου σύνταξης του Ε.Κ. παρακολουθείται μέσω της έκτασης και του πλήθους των δικαιωμάτων που κτηματογραφούνται. Σημειώνεται ότι το πλήθος των δικαιωμάτων είναι πιο χρήσιμος αριθμοδείκτης απ' ότι η έκταση, καθώς η χωρική κατανομή και ο βαθμός πυκνότητας της κτηματολογικής πληροφορίας σε κάθε περιοχή δεν είναι ανάλογα της έκτασης που καλύπτεται. Κατά συνέπεια, είναι προφανές ότι περισσότερα δικαιώματα απαντώνται σε αστικές περιοχές, όπου σε μικρή έκταση υπάρχει υψηλότερη συγκέντρωση ιδιοκτησιών και ιδιοκτητών συγκρινόμενη με μια αγροτική περιοχή. Παράλληλα, σε δασικές εκτάσεις και σε μεγάλες εκτάσεις των ορεινών όγκων της χώρας υπάρχουν λίγα διακριτά δικαιώματα που κατά κανόνα ανήκουν στο Ελληνικό Δημόσιο.

Το 2007 το νέο πρόγραμμα που προκηρύχθηκε και είναι ακόμη σε εξέλιξη, αφορά 106 αστικούς Ο.Τ.Α. της Ελλάδας. Στο πρόγραμμα αυτό, η κτηματογράφηση διαχωρίστηκε σε 2 φάσεις με ξεχωριστές διαγωνιστικές διαδικασίες κατ' επιταγή των υπηρεσιών της Ευρωπαϊκής Επιτροπής. Η πρώτη φάση της κτηματογράφησης ολοκληρώθηκε με επιτυχία για το σύνολο των εν λόγω περιοχών το τέλος του 2009, ενώ προχωρά σταδιακά η ανάθεση των σχετικών συμβάσεων και η υλοποίηση της β' φάσης για τις περιοχές αυτές.

Το 2009 προκηρύχθηκε νέο πρόγραμμα που αφορά στην κτηματογράφηση 11 Ο.Τ.Α. στο όρος Πάρνηθα, μιας περιβαλλοντολογικά ευαίσθητης περιοχής, με σκοπό την προστασία του από απειλούμενες καταπατήσεις μετά τις πρόσφατες πυρκαγιές στην περιοχή. Η αξιολόγηση των προσφορών του εν λόγω διαγωνισμού έχει ολοκληρωθεί από την αρμόδια επιτροπή και εξετάζονται οι ενστάσεις.

Εντός του 2011 και κατ' επιταγή του μνημονίου που προέβλεπε την προκήρυξη κτηματολογικών έργων για 4.000.000 δικαιώματα, η εταιρεία



προκήρυξε δύο νέα προγράμματα κτηματογράφησης που αφορούν σε 268 περιαστικούς κατά βάση Ο.Τ.Α., για τα οποία υπάρχει ήδη το απαραίτητο χαρτογραφικό υπόβαθρο, επί του οποίου συντάσσεται το Κ και σε 10 νομούς της χώρας με εκτεταμένες αγροτικές εκτάσεις με αναδασμούς και διανομές, στις οποίες προβλέπεται να αξιοποιηθούν τα σχετικά δεδομένα που ψηφιοποιήθηκαν κατά την υλοποίηση του αντίστοιχου συγχρηματοδοτούμενου έργου του Γ' Κ.Π.Σ., καθώς και τα στοιχεία του συστήματος αναγνώρισης αγροτεμαχίων και των δηλώσεων για γεωργικές επιδοτήσεις.

Το 2012 προγραμματίστηκε η προκήρυξη και του υπολοίπου της χώρας κατ' εφαρμογή των σχετικών προβλέψεων του δεύτερου μνημονίου. Ο σχεδιασμός του έργου αυτού αποτελεί το αντικείμενο του παρόντος σχεδίου. Με βάση τον ανωτέρω σχεδιασμό, έως το 2015 αναμένεται να λειτουργούν συνολικά 132 κτηματολογικά γραφεία, 96 που ήδη λειτουργούν και 36 νέα, εκ των οποίων τα 14 είναι έμμισθα και τα 118 άμισθα.

## 2. ΠΟΡΕΙΑ ΚΑΙ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΚΤΗΜΑΤΟΓΙΟΥ

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζεται συνοπτικά η πορεία και η εξέλιξη των συστημάτων Κ μέσα στο πέρασμα των χρόνων. Μελετάται το παρελθόν, το παρόν και το μέλλον του Κ, δεδομένου ότι με την εμπειρία του παρελθόντος, το παρόν μπορεί να προσαρμοσθεί στις ανάγκες και απαιτήσεις του μέλλοντος.

Δίνεται έμφαση κυρίως σε θέματα που αφορούν το μέλλον των συστημάτων Κ, όπως το Κτηματολόγιο 2014, που αποτελεί τη βάση ενός οράματος για ένα μελλοντικό σύστημα Κ, το σύστημα L.A.D.M. (Land Administration Domain Model), που εκφράζει με βάση το Κτηματολόγιο 2014 την προσπάθεια τυποποίησης I.S.O. των συστημάτων Κ, την οδηγία INSPIRE (INfrastructure for SPatial InfoRmation in Europe), με την οποία καθιερώνεται η ιδέα της Υποδομής Χωρικών Δεδομένων και το CityGML, το οποίο είναι το νεότερο πρότυπο για απεικόνιση 3D πληροφορίας.

Η ανάγκη για καταγραφή της γης ξεκίνησε πριν από πολλούς αιώνες, που τα συστήματα Κ είχαν ως γενεσιουργό αιτία τη φορολογία της γης και κυρίως την παραγωγή από αυτή. Οι ανάγκες ενημέρωσης των συστημάτων Κ στο παρελθόν, οι οποίες αντιμετωπίζονταν με χειροκίνητες διαδικασίες, ήταν περιορισμένες, γιατί οι μεταβολές του γεωγραφικού χώρου των ιδιοκτησιών και οι αλλαγές των ιδιοκτητών γίνονταν με πολύ αργούς ρυθμούς. Αυτό εξηγείται και από το γεγονός, ότι οι αγοραπωλησίες ήταν λιγότερες και κυρίως στην αγροτική γη. Η ανάπτυξη του Κ γινόταν σε εθνικό περιβάλλον και βάσει εθνικών προδιαγραφών. Με την πάροδο του χρόνου, τα συστήματα Κ, που εξακολουθούν να στοχεύουν στη δημοσιονομική τους χρήση, επεκτάθηκαν προοδευτικά σε περισσότερες χώρες και σταδιακά αναπροσαρμόστηκαν, προκειμένου να ανταποκριθούν στις διαμορφούμενες ανάγκες, σε συνδυασμό με τις εκάστοτε υφιστάμενες δυνατότητες.

Στον παρόντα χρόνο, υπάρχουν περισσότερες εφαρμογές με την ανάπτυξη πολυδιάστατου Κ (Multipurpose Cadastre ή MC ) ή με την ανάπτυξη L.I.S. (Land Information System- Σύστημα Πληροφοριών Γης). Στην περίπτωση αυτή, χαρακτηριστικό των συστημάτων Κ αποτελεί το γεγονός, ότι οι μεταβολές του γεωγραφικού χώρου των ιδιοκτησιών και οι αλλαγές των ιδιοκτητών γίνονται με προοδευτικά ταχύτερους ρυθμούς. Ο ρυθμός αλλαγής της κυριότητας και ο ρυθμός ανάπτυξης των ακινήτων είναι αυξανόμενος και κατά συνέπεια οι ανάγκες ενημέρωσης του συστήματος Κ είναι αυξημένες και αντιμετωπίζονται με τη χρήση της τεχνολογίας της πληροφορικής και των επικοινωνιών. Η χρήση του Κ, πλέον, δεν είναι μόνο για δημοσιονομικούς λόγους, αλλά και για λόγους ανάπτυξης και προστασίας του περιβάλλοντος. Συγκριτικά με το σήμερα, τα μελλοντικά συστήματα Κ θα λειτουργούν σε διεθνές περιβάλλον με διασύνδεση και διευρυνόμενες λειτουργίες, βάσει εθνικών προδιαγραφών, οι οποίες θα τυποποιούνται σύμφωνα με διεθνείς προδιαγραφές και πρότυπα ποιότητας (I.S.O.).

## 2.1. Κτηματολόγιο 2014 (Cadastre 2014)

Η Επιτροπή 7 της F.I.G. (Federation Internationale des Géomètres) δημοσίευσε το 1998 μελέτη με τίτλο “*Cadastre 2014: A vision for a future Cadastral system*”. Η μελέτη αυτή βασίζεται σε πρωτοβουλία των Kaufmann και Steudler και αναγνωρίζει την αλλαγή στις σχέσεις των ανθρώπων με τη γη, τον κοινωνικό ρόλο των κυβερνήσεων και το ρόλο των μηχανικών, καθώς και τη σημαντική επίδραση της τεχνολογίας και του ιδιωτικού τομέα στις μεταρρυθμιστικές αλλαγές των συστημάτων Κ. Επίσης, έλαβε υπόψη της την αυξανόμενη και εξελισσόμενη αυτοματοποίηση και την αυξανόμενη σημασία του Κ, ως βάση ενός ευρύτερου L.I.S. (Land Information System- Σύστημα Πληροφοριών Γης), αλλά και τις αδυναμίες και τις δυνατότητες των λειτουργούντων Κ συστημάτων. Έτσι, παρουσίασε τα γενικευμένα χαρακτηριστικά που πρέπει να έχουν στο μέλλον τα συστήματα Κ, με προοπτική εικοσαετίας από το 1994. Σκοπός της μελέτης αυτής ήταν να εκφράσει, με βάση τις διαμορφούμενες τάσεις, ένα όραμα για το πού θα βρίσκονται ως το 2014 τα συστήματα Κ.

Για πολλές δεκαετίες τα λειτουργούντα παραδοσιακά συστήματα Κ διατηρούσαν τη δημόσια εμπιστοσύνη για την αξιοπιστία και την ασφάλεια της ιδιωτικής ιδιοκτησίας. Η μεγάλη, όμως, τεχνολογική εξέλιξη, οι κοινωνικές αλλαγές, η παγκοσμιοποίηση και η αύξηση των διασυνδέσεων των επιχειρησιακών σχέσεων με τις περιβαλλοντικές και νομικές επιπτώσεις, έχουν θέσει σε δοκιμασία αλλαγών τα παραδοσιακά Κ, τα οποία δεν μπορούν να προσαρμοστούν σε όλες τις νέες εξελίξεις. Η αναγκαιότητα, λοιπόν, για μεταρρυθμίσεις ήταν ο κύριος λόγος για την εκπόνηση της μελέτης Κ 2014, τα κυριότερα αποτελέσματα της οποίας είναι τα εξής :

- Τα συστήματα Κ στις ανεπτυγμένες χώρες επιχειρούν να είναι περισσότερο καλά από όσο θα ήταν πραγματικά απαραίτητο. Η προσπάθεια αυτή, όμως, συνεπάγεται δυσκίνητες, χρονοβόρες και οικονομικά πολυδάπανες διαδικασίες και υπηρεσίες
- Η αυτοματοποίηση των συστημάτων Κ αποτελεί ένα κατάλληλο εργαλείο για τη βελτίωση της απόδοσής τους. Ωστόσο, η αυτοματοποίηση των παραδοσιακών τελειοποιημένων συστημάτων, χωρίς αναδιοργάνωση των διαδικασιών, μπορεί να καταλήξει στην αποτυχία της λειτουργίας τους
- Η καινοτομία των συστημάτων Κ τείνει στη λογική που θέλει τα συστήματα Κ να περιέχονται στα L.I.S.
- Τα θέματα της απόσβεσης του κόστους και της συμβολής του ιδιωτικού τομέα γίνονται ολοένα και περισσότερο σημαντικά για τα συστήματα Κ
- Το Κ με βάση τη μελέτη Κτηματολόγιο 2014 :
  - ✓ Θα αποτελέσει μια ολοκληρωμένη τεκμηρίωση των δημοσίων και ιδιωτικών δικαιωμάτων και περιορισμών για τους ιδιοκτήτες ή τους χρήστες της γης
  - ✓ Θα εμπεριέχεται σε ένα ευρύτερο σύστημα πληροφοριών γης, πλήρως συνδεδεμένο και αυτοματοποιημένο, χωρίς διάκριση της καταγραφής της γης και της Κ χαρτογράφησης
  - ✓ Θα παραμείνει δημόσια αποστολή, αν και η λειτουργική εργασία θα γίνεται από ιδιωτικούς οργανισμούς
  - ✓ Θα έχει 100% απόσβεση κόστους

- ✓ Μπορεί να παρέχει τις κατάλληλες υπηρεσίες σε διαφορετικές κοινωνίες και με χαμηλότερο κόστος από αυτό των σημερινών συστημάτων
- ✓ Δε θα επικεντρώνονται μόνο στα ιδιωτικά δικαιώματα, αλλά όλο και περισσότερο και στα δημόσια δικαιώματα, καθώς και στους περιορισμούς

Σύμφωνα με τον ορισμό του Henssen (1995), το Κτηματολόγιο 2014 είναι μια μεθοδικά οργανωμένη δημόσια απογραφή δεδομένων που αφορά σε όλα τα νομικά αναγνωρισμένα γεωτεμάχια σε μία συγκεκριμένη χώρα ή περιφέρεια, βασισμένη σε μια αποτύπωση των ορίων τους. Τέτοια νομικά αναγνωρισμένα γεωτεμάχια αναγνωρίζονται συστηματικά με βάση μοναδικούς προσδιορισμούς και ορίζονται είτε από το ιδιωτικό, είτε από το δημόσιο δίκαιο. Τα όρια της ιδιοκτησίας, δηλαδή ο κωδικός προσδιορισμού μαζί με περιγραφικές πληροφορίες μπορούν να δείξουν για κάθε γεωτεμάχιο χωριστά τη φύση, το μέγεθος, την αξία και τα νομικά δικαιώματα ή τους περιορισμούς που συνδέονται με αυτό. Επιπρόσθετα, με αυτές τις περιγραφικές πληροφορίες, που καθορίζουν το αντικείμενο γης, το Κτηματολόγιο 2014 περιέχει τις επίσημες καταχωρίσεις των δικαιωμάτων στα νομικά αντικείμενα της γης. Τέλος, το Κτηματολόγιο 2014 μπορεί να δώσει απαντήσεις στις ερωτήσεις πού, πόσα, ποιος και με ποιο τρόπο.

Αναλύοντας τα αποτελέσματα της μελέτης, διατυπώθηκαν από αυτή έξι δηλώσεις αναφερόμενες στο στόχο, το περιεχόμενο, την οργάνωση, την τεχνολογική εξέλιξη, την ιδιωτικοποίηση και την απόσβεση του κόστους, που θα είχαν τα κτηματολογικά συστήματα στα επόμενα χρόνια. Οι δηλώσεις αυτές συνοψίζονται παρακάτω:

- 1) Το Κ 2014 θα αποδίδει την πλήρη νομική κατάσταση της γης, συμπεριλαμβανομένων και των δημόσιων δικαιωμάτων και περιορισμών. Αυτό απορρέει από το γεγονός, ότι το Κ 2014 θα πρέπει να τεκμηριώσει με ασφάλεια όλες τις νομικές πτυχές της γης, ακόμα και της ιδιωτικής ιδιοκτησίας έναντι της δημόσιας και αντίστροφα.
- 2) Ο διαχωρισμός μεταξύ χαρτών και μητρώου θα καταργηθεί. Αυτό σημαίνει πως διάφορα πρόσωπα, όπως τοπογράφοι, δικηγόροι και συμβολαιογράφοι θα έχουν σύνθετο και συγκοινωνούντα ρόλο στην καταγραφή της γης.
- 3) Οι κτηματικοί χάρτες θα καταργηθούν. Στην πραγματικότητα, οι Κ.Χ. θα υπάρχουν αποθηκευμένοι σε ένα σύστημα πληροφοριών γης, επιτρέποντας με τη βοήθεια της τεχνολογίας τη δημιουργία χαρτών διαφορετικής κλίμακας από το ίδιο μοντέλο δεδομένων.
- 4) Το κτηματολόγιο με χαρτί και μολύβι θα αντικατασταθεί. Η χρήση της γεωπληροφορικής θα αλλάξει ριζικά τον τρόπο εργασίας των τοπογράφων και η μοντελοποίηση της χωρικής πληροφορίας θα κυριαρχεί στη διαχείριση των χωρικών αντικειμένων.
- 5) Το Κ 2014 θα είναι σε υψηλό βαθμό ιδιωτικοποιημένο. Ο δημόσιος και ο ιδιωτικός τομέας θα συνεργάζονται στενά. Η ιδιωτικοποίηση του Κ έρχεται ως αποτέλεσμα οικονομικών τάσεων και αλλαγών. Ο ιδιωτικός τομέας θα είναι υπεύθυνος για την ανοικοδόμηση και διατήρηση του κτηματολογικού

συστήματος, ωστόσο, ο δημόσιος τομέας θα επιβλέπει και θα ελέγχει τις διαδικασίες.

6) Ο θεσμός του Κ 2014 θα έχει οικονομική δομή, που θα επιτρέπει την απόσβεση του κόστους επένδυσης και τήρησης. Η καταγραφή της γης θα πρέπει να αποφέρει έσοδα στους λειτουργούς του κτηματολογίου, τουλάχιστον ίσα με το λειτουργικό του κόστος.

Το Κτηματολόγιο 2014 υλοποιείται με βάση την αρχή της νομικής ανεξαρτησίας. Η αρχή αυτή ορίζει, ότι τα νομικά αναγνωρισμένα γεωτεμάχια, όντας υποκείμενα στον ίδιο νόμο και από μια μοναδική διαδικασία αναγνώρισης δικαιωμάτων, πρέπει να οργανώνονται σε ένα ανεξάρτητο επίπεδο πληροφοριών και για κάθε διαδικασία αναγνώρισης δικαιούχων, που ορίζεται από ένα συγκεκριμένο νόμο, πρέπει να δημιουργείται ένα ειδικό επίπεδο πληροφοριών για τα γεωτεμάχια που δημιουργήθηκαν κάτω από αυτή την διαδικασία.

Βάσει των παραπάνω, το Κ 2014 βασίζεται σε ένα μοντέλο δεδομένων οργανωμένο σύμφωνα με τη νομοθεσία που ισχύει για τα διαφορετικά νομικά αναγνωρισμένα γεωτεμάχια σε μια συγκεκριμένη χώρα.

Συμπερασματικά, ο θεσμός του Κτηματολογίου 2014 υπακούει σε τέσσερις κανόνες βασισμένους στις αρχές των παραδοσιακών Κ συστημάτων. Αρχικά καταγράφει όλα τα είδη δικαιωμάτων και περιορισμών σύμφωνα με τις αρχές της εγγραφής, της συγκατάθεσης, της δημοσιότητας και της ιδιαιτερότητας και σύμφωνα με την νομοθεσία, ιδιωτική και δημόσια κάθε χώρας. Δευτερευόντως, αξιοποιεί την εξέλιξη της τεχνολογίας για την υλοποίησή του και υιοθετεί διαδικασίες που παρέχουν τη μέγιστη ασφάλεια και αποτελεσματικότητα. Παράλληλα, πραγματοποιείται μια συνεργασία μεταξύ δημόσιου και ιδιωτικού τομέα, με τη συμβολή του δημόσιου τομέα στον έλεγχο των εργασιών και με εκείνη του ιδιωτικού στην αποδοτικότητα και την ευελιξία τους.

Σημειώνεται, τέλος, ότι Κ 2014, το οποίο έχει μεταφραστεί σε 27 γλώσσες και δημοσιεύεται στην ιστοσελίδα της F.I.G., αποτέλεσε τη βάση για την ανάπτυξη των μοντέλων L.A.D.M..

## **2.2. Το σύστημα L.A.D.M. (Land Administration Domain Model)**

Μια σημαντική προσπάθεια τυποποίησης των συστημάτων Κ άρχισε το 2002 με την πρόταση των Lemmen και Van Oosterom για τη δημιουργία του Core Cadastral Domain Model (C.C.D.M.), το οποίο παρουσιάστηκε σε εξελιγμένη μορφή το 2005 στη Μόσχα. Το C.C.D.M. εξελίχθηκε στην πορεία στο Land Administration Domain Model (L.A.D.M.) και χαρακτηρίζεται ως διεθνές πρότυπο από την 1η Νοεμβρίου 2012 από το Διεθνή Οργανισμό Προτύπων (I.S.O.) και την Τεχνική Επιτροπή για τις γεωγραφικές πληροφορίες της Ευρωπαϊκής Επιτροπής Τυποποίησης.

Το L.A.D.M. είναι ένα σχεδιαζόμενο σύγχρονο σύστημα διαχείρισης της γης, το οποίο αποσκοπεί στην καταγραφή και τη διάδοση πληροφοριών σχετικών

με την ιδιοκτησία, τη χρήση και την αξία της γης. Ειδικότερα, αποσκοπεί να καλύψει τις διεθνείς αντιλήψεις σχετικά με το L.A. (Land Administration- Διοίκηση Γης). Το σύστημα αυτό επιτρέπει στους χρήστες της ίδιας χώρας ή και χρήστες διαφόρων χωρών να επικοινωνούν στην ίδια γλώσσα οντοτήτων. Είναι ένα μοντέλο αναφοράς γης, το οποίο έχει δομή M.D.A. (Model Driven Architecture), μπορεί να επεκταθεί για την ανάπτυξη αποτελεσματικών συστημάτων L.A. από διάφορες χώρες και μπορεί να βοηθήσει στη λήψη αποφάσεων για θέματα διαχείρισης φυσικών πόρων, περιβαλλοντικών, πολεοδομικών κ.τ.λ..

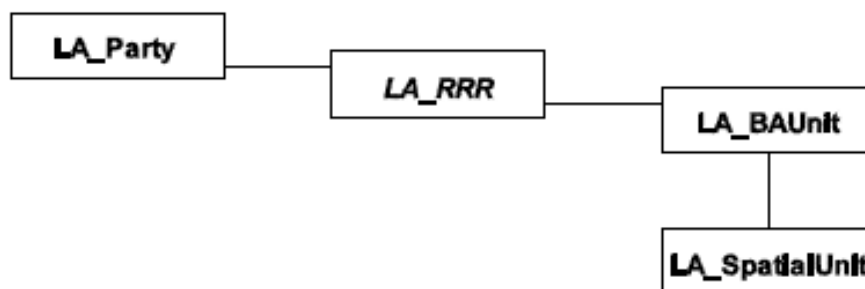
Κάθε χώρα έχει υλοποιήσει το δικό της σύστημα διοίκησης γης, δημιουργώντας οι περισσότερες σύγχρονα κτηματολογικά συστήματα. Δεν υπάρχει, λοιπόν εκ των πραγμάτων, η ίδια γλώσσα επικοινωνίας μεταξύ τους. Στόχος του L.A.D.M. είναι η ανάγκη για επικοινωνία των συστημάτων σε ένα πλαίσιο με διεθνή ορολογία. Η εκπλήρωση του στόχου αυτού σημαίνει τη δημιουργία υπηρεσιών τυποποιημένων πληροφοριών σε εθνικό και διεθνές επίπεδο, όπου η σημασιολογία για τη διοίκηση της γης θα πρέπει να είναι η ίδια μεταξύ περιοχών ή χωρών, αλλά και να δίνεται η δυνατότητα για την απαραίτητη εναρμόνιση του μοντέλου και την προσαρμογή του στα δεδομένα κάθε συστήματος. Παρόλο που κάθε σύστημα έχει διαφορετική δομή, σε όλα παρατηρούνται κάποιες κοινές αρχές, βασίζονται κατά κύριο λόγο στη σχέση ανθρώπου- γης και συνδέονται με δικαιώματα ιδιοκτησίας ή και χρήσης γης και στις περισσότερες χώρες επηρεάζονται και μορφοποιούνται με βάση την εξέλιξη της τεχνολογίας πληροφοριών και επικοινωνίας (Information and Communication Technology- ITC). Επιπλέον, κάθε σύστημα γενικά καλύπτει και δυο ακόμα αρχές/ λειτουργίες, κρατά το περιεχόμενο των σχέσεων ανθρώπου- γης συνεχώς ενημερωμένο με βάση τις διοικητικές ρυθμίσεις και παρέχει πληροφορία προερχόμενη από τις εγγραφές του Εθνικού Κτηματολογίου. Για τη σχεδίαση του μοντέλου έχουν ληφθεί υπόψη οι παραπάνω αρχές, καθώς και τέσσερις εκτιμήσεις σύμφωνα με τις οποίες θα πρέπει :

- Να καλύψει το κοινό θεματικό πλαίσιο διοίκησης γης ανά τον κόσμο
- Να συμπεριλάβει το εννοιολογικό πλαίσιο του «Κτηματολογίου 2014»
- Να είναι όσο το δυνατόν πιο απλό και κατανοητό, ώστε να είναι εύχρηστο στην πράξη
- Να ακολουθεί τα διεθνή πρότυπα (ISO) όσον αφορά στα γεωχωρικά δεδομένα

Το L.A.D.M. έχει μια γενικευμένη μορφή, δηλαδή έχει τη δυνατότητα να επεκταθεί και να συμπεριλάβει επιπρόσθετα χαρακτηριστικά, οργανισμούς και οντότητες, ώστε να καλύψει τις ανάγκες μιας περιοχής ή μιας χώρας. Σε γενικό πλαίσιο, όμως καλύπτει τις βασικές πληροφορίες σχετικά με τη διοίκηση της γης, συμπεριλαμβανομένων και εκείνων που αφορούν σε καταγραφές πάνω από το νερό, πάνω στη γη, αλλά και σε στοιχεία που βρίσκονται πάνω ή και κάτω από την επιφάνειά της. Το εννοιολογικό μοντέλο του συνοψίζεται σε πέντε σύνολα οντοτήτων, τα οποία παρουσιάζονται παρακάτω:

- Συμβαλλόμενα μέρη (L.A. Parties), δηλαδή πρόσωπα ή ομάδες αυτών που έχουν δικαιώματα στη γη, όπως αυτά καταγράφονται από το σύστημα K κάθε χώρας
- Βασικές διοικητικές μονάδες (L.A. Basic Administrative Units), που περιλαμβάνουν τα ιδιοκτησιακά δικαιώματα, δηλαδή δικαιώματα, υποχρεώσεις και περιορισμούς σχετικά με τα ακίνητα
- Χωρικές μονάδες (L.A. Spatial Units), δηλαδή χωρικές μονάδες του συστήματος, που αντιπροσωπεύουν τη γη και το νερό και μπορεί να περιέχουν το νόμιμο χώρο ανοικοδόμησης κτιρίων, καθώς και δικτύων κοινής ωφέλειας. Η έννοια της χωρικής μονάδας ταυτίζεται σχεδόν με την έννοια του γεωτεμαχίου
- Πηγές χωρικών δεδομένων (L.A. Spatial Sources), όλα τα έγγραφα που σχετίζονται με την αποτύπωση των χωρικών μονάδων και
- Περιγραφές χωρικών δεδομένων (L.A. Spatial Representations), στις οποίες εμφανίζεται η γεωμετρία και η τοπολογία των χωρικών πηγών.

Το εννοιολογικό σχήμα του μοντέλου έχει στηριχθεί σε μια δομή MDA (Model Driven Architecture), βάσει της οποίας αντιπροσωπεύονται τα σύνολα του μοντέλου με διάφορες σχέσεις, με τέτοιο τρόπο, ώστε να μπορεί να δημιουργηθεί ένα σύστημα διαχείρισης γης, στο οποίο εμφανίζονται δικαιώματα, υποχρεώσεις και περιορισμοί (Rights, Restrictions, Responsibilities-RRR) για κάθε χωρική μονάδα (Spatial Unit), που ανήκει σε ένα συγκεκριμένο πρόσωπο (Party) και για το οποίο το ιδιοκτησιακό καθεστώς αποδεικνύεται (Administrative Unit).

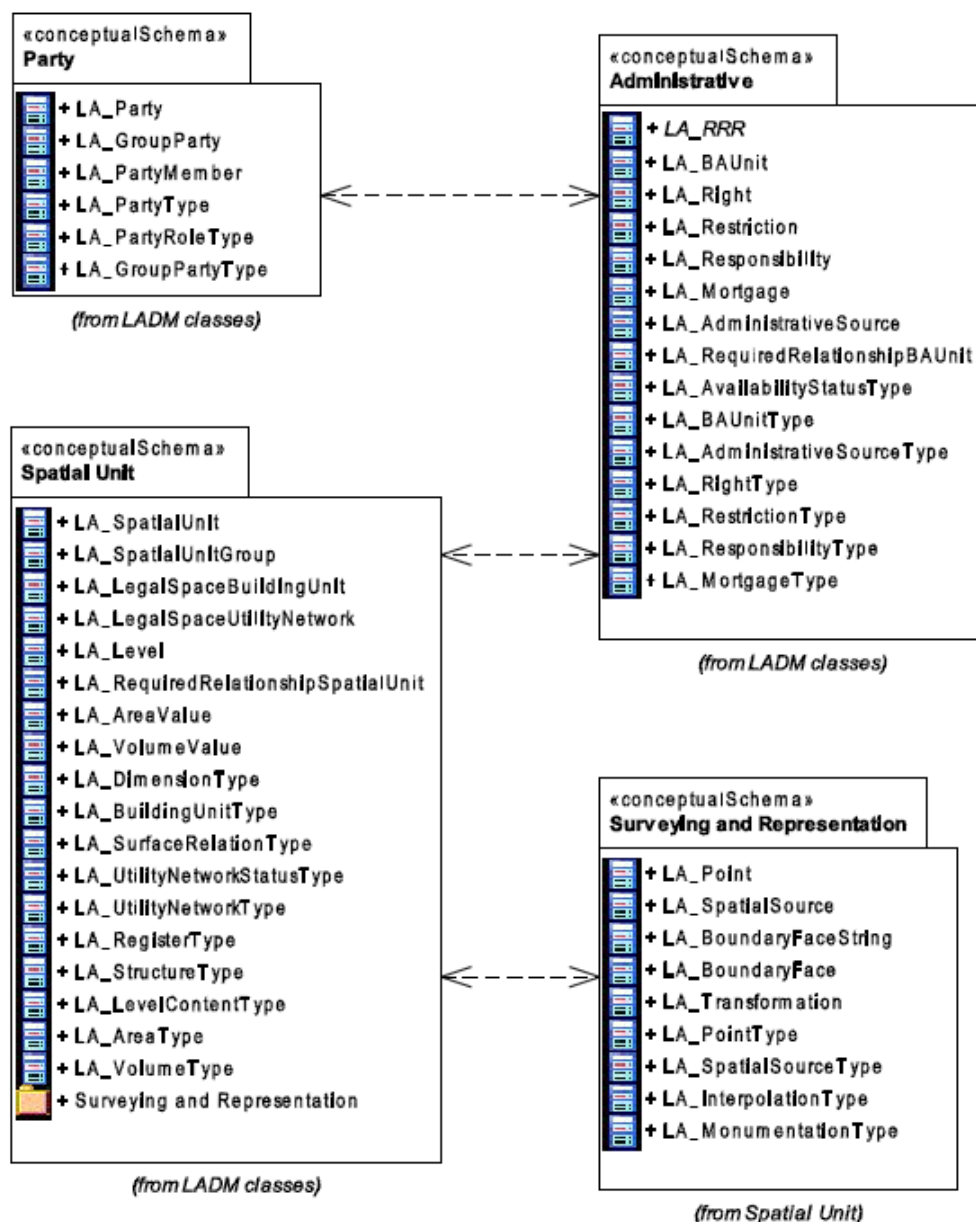


Εικόνα 1 : Βασική Δομή του LADM- Draft ISO 2012 (πηγή : Christian Lemmen Dissertation Final, 2012)

Οι οντότητες του συστήματος (classes) με τις ιδιότητές τους (attributes) χωρίζονται σε σύνολα, τα οποία, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά των οντοτήτων, είναι για τα περιγραφικά, τα διοικητικά ή τα χωρικά δεδομένα. Τα σύνολα αυτά είναι τα εξής :

- Σύνολο Προσώπων (Party Package)
- Σύνολο Διοίκησης/ Διαχείρισης (Administrative Unit)
- Σύνολο Χωρικής Μονάδας (Spatial Unit Package)
- Και το υποσύνολο Τοπογραφίας και Χωρικής Αναπαράστασης (Surveying and Representation Subpackage)

Το L.A.D.M. είναι βασισμένο στη σειρά προτύπων ISO 19100, καθώς και σε άλλα πρότυπα. Όλες οι οντότητες έχουν ως πρόθεμα “LA\_”. Επίσης, συνενώνονται με τη στερεότυπη οντότητα “Feature\_Type” του ISO 19103. Η στερεότυπη αυτή οντότητα ονομάζεται “blueprint” και έχει ελάχιστο αριθμό πεδίων για να περιγράψουν την κατάσταση στην οποία μια οντότητα του L.A.D.M. αναφέρεται σε μια εξωτερική πηγή για πρόσωπα, διευθύνσεις, εκτιμήσεις, φορολογία και χρήσεις γης.



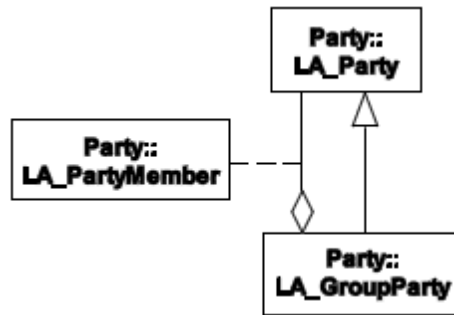
Εικόνα 2 : Σύνολα και Οντότητες του LADM (πηγή : Text for ISO/FDIS 19152 GI-LADM)

➤ Σύνολο Προσώπων (Party Package)

Το σύνολο αυτό αποτελείται από τέσσερις οντότητες. Βασική οντότητα είναι η LA\_Party (πρόσωπο), με την εξειδίκευσή της σε LA\_Group Party (ομάδα



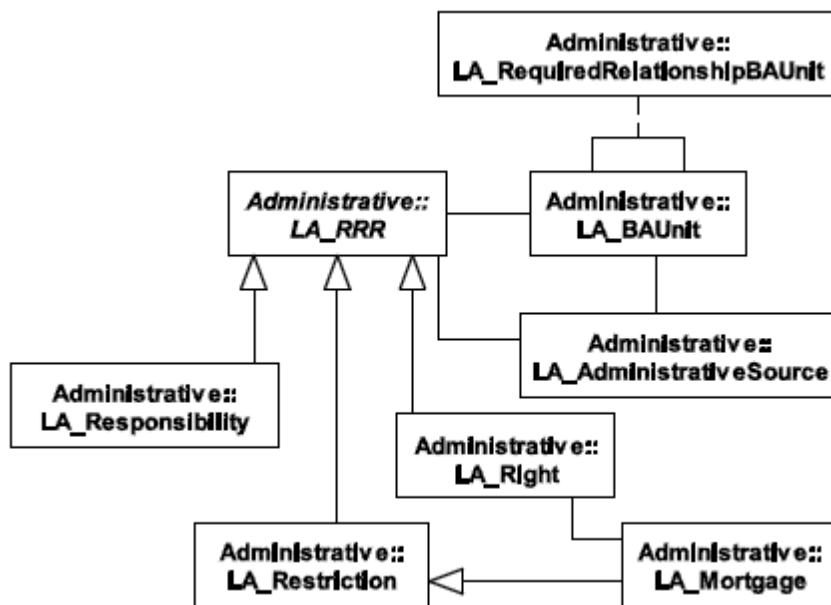
προσώπων) και σε LA\_Party Member (μέλος ομάδας προσώπου ή προσώπων).



Εικόνα 3 : Οντότητες του Συνόλου Προσώπων (πηγή Text for ISO/FDIS 19152 GI-LADM)

➤ Σύνολο Διοίκησης/ Διαχείρισης (Administrative Unit)

Αυτό το σύνολο αποτελείται από οχτώ οντότητες, από τις οποίες οι βασικές είναι η LA\_BAUnit και η LA\_RRR, η οποία υποδιαιρείται στις οντότητες LA\_Right (δικαίωμα), LA\_Restriction (περιορισμός) και LA\_Responsibility (ευθύνη). Επιπλέον, υπάρχει η οντότητα LA\_AdministrativeSource (διοικητική πηγή), LA\_Mortgage (υποθήκη) και LA\_RequiredRelationship BA Unit (σύνδεση βασικών διοικητικών μονάδων γης).

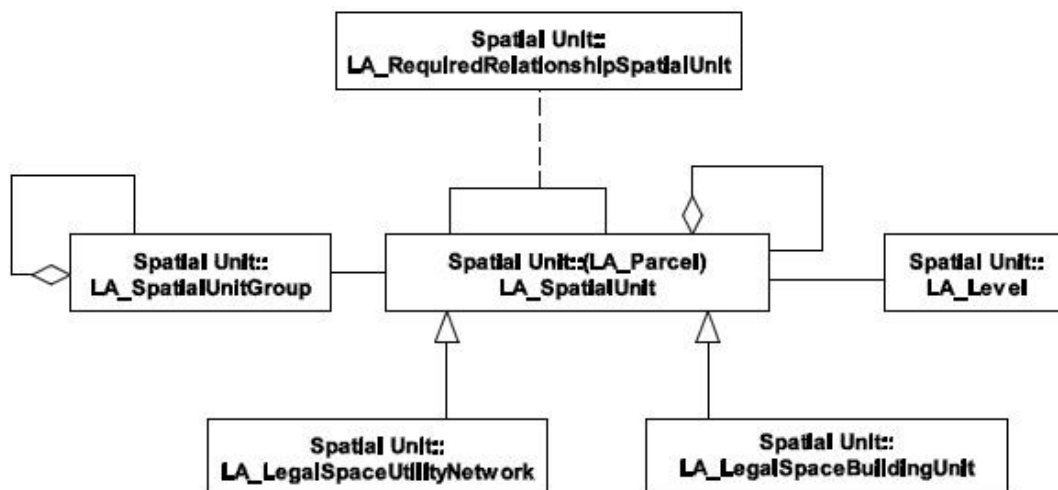


Εικόνα 4 : Οντότητες Διοικητικού Συνόλου (πηγή : Text for ISO/FDIS 19152 GI-LADM)

➤ Σύνολο Χωρικής Μονάδας (Spatial Unit Package)

Το σύνολο αποτελείται από έξι οντότητες. Βασική οντότητα είναι η LA\_SpatialUnit (χωρική μονάδα), η οποία προήλθε από την οντότητα LA\_Parcel (γεωτεμάχιο), η οποία περιλαμβάνει υποδιαίρεση με τις οντότητες

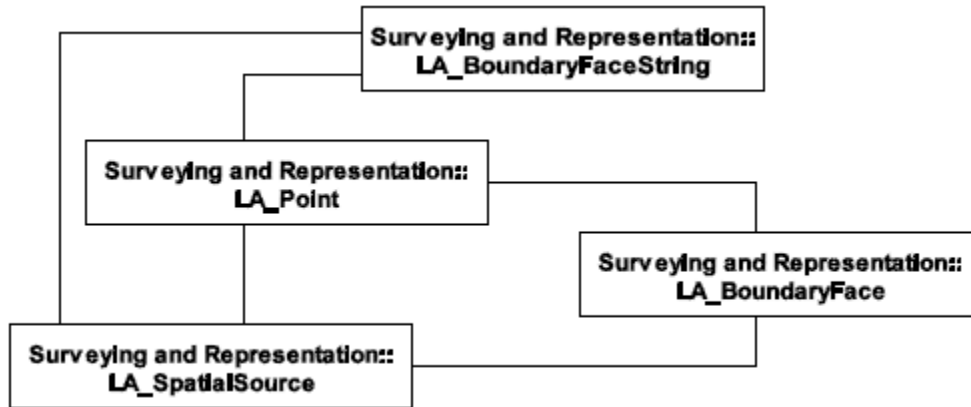
LA\_Legal Space Building (κτηριακή μονάδα) και LA\_Legal Space Network (δίκτυα κοινής ωφέλειας) και στην οποία καταγράφονται χωρικές μονάδες 2D ή 3D. Στο σύνολο αυτό ανήκουν, επίσης, οι οντότητες LA\_SpatialUnitGroup (ομάδα χωρικής μονάδας), LA\_Level (επίπεδο πληροφορίας) και LA\_RequiredRelationshipSpatialUnit (συνδέσεις χωρικών μονάδων).



Εικόνα 5 : Οντότητες Συνόλου Χωρικής Μονάδας (πηγή : Text for ISO/FDIS 19152 GI-LADM)

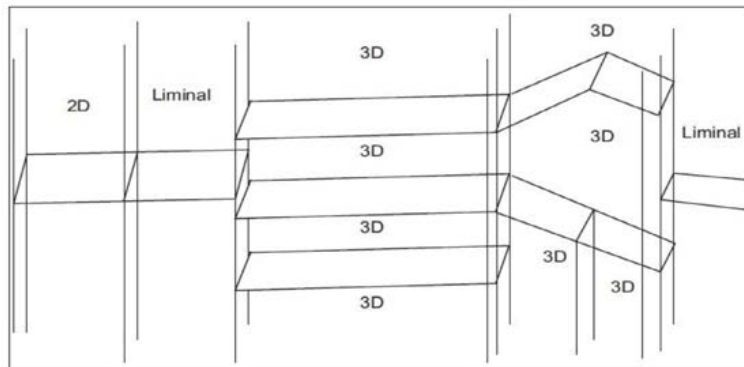
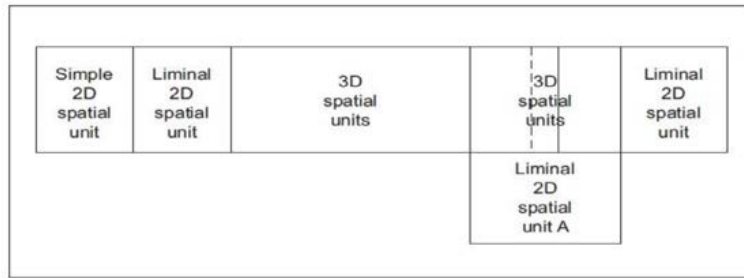
- Υποσύνολο Τοπογραφίας και Χωρικής Αναπαράστασης (Surveying and Representation Subpackage)

Το υποσύνολο αυτό είναι βοηθητικό για το σύνολο των Χωρικών Μονάδων και αποτελείται από τέσσερις οντότητες. Η οντότητα LA\_Point, η οποία περιλαμβάνει σημεία, γραμμές και επιφάνειες, που αποκτούνται από κλασικές, αλλά και σύγχρονες τοπογραφικές μεθόδους, η LA\_SpatialSource, η οποία αντιπροσωπεύει τις χωρικές πηγές που αντιπροσωπεύουν τις χωρικές μονάδες και οι οντότητες οντότητες LA\_BoundaryFaceString και LA\_BoundaryFace, που αντιπροσωπεύουν τις δισδιάστατες και τρισδιάστατες αναπαραστάσεις των χωρικών μονάδων αντίστοιχα.



Εικόνα 6 : Οντότητες Υποσυνόλου Τοπογραφίας και Αναπαράστασης (πηγή : Text for ISO/FDIS 19152 GI-LADM)

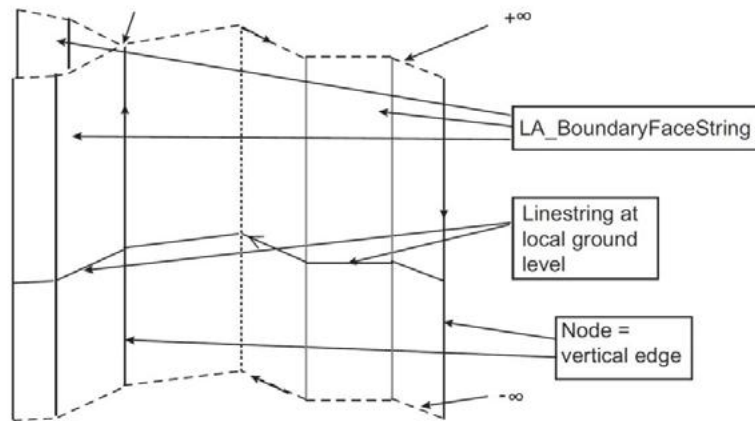
Όσον αφορά στο 3D Κ, η πιο σημαντική οντότητα είναι η LA\_SpatialUnit (χωρική μονάδα). Η χωρική μονάδα είναι ένας μοναδικός χώρος ή πολλαπλοί χώροι γης ή και νερού ή ένας μοναδικός όγκος ή πολλαπλοί όγκοι στο χώρο. Η χωρική μονάδα μπορεί να είναι δισδιάστατη (2D), τρισδιάστατη (3D), ή συνδυασμός (2D και 3D) και μπορεί να περιγράφεται με κείμενο, για παράδειγμα “από αυτό το δέντρο σε αυτό το ποτάμι”, ή να βασίζεται σε ένα μοναδικό σημείο ή να απεικονίζεται ως ένα σύνολο από αδόμητες γραμμές ή ως μία επιφάνεια ή ως ένας 3D όγκος (εικόνα 7).



Εικόνα 7 : Κάτοψη και τομές των συνδυασμένων 2D και 3D απεικονίσεων (πηγή: LADM, 2012)

Μια άλλη οντότητα που αφορά το 3D κτηματολόγιο είναι η κλάση `LA_LegalSpaceBuildingUnit`, που προορίζεται για την απεικόνιση νομικών χώρων, οι οποίοι αφορούν κτίρια και είναι μια υποκατηγορία της κλάσης `LA_SpatialUnit`.

Όσον αφορά στην απεικόνιση, τα 3D τεμάχια μπορούν να αναπαρασταθούν με όγκους χωρίς κάθετα όρια. Σε αυτές τις περιπτώσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι σειρές διαχωριστικής επιφανείας (*boundary face strings*) ως απεικονίσεις ορίων, με τις οποίες γίνεται περιγραφή πολλαπλών πραγματικών 3D αντικειμένων, όπως αντικείμενα με φαρδύτερο άνω μέρος από κάτω μέρος (εικόνα 8).



Εικόνα 8 : Έννοιες Boundary face string (πηγή: LADM, 2012)

Επίσης, το L.A.D.M. περιλαμβάνει ρυθμίσεις μικτών χωρικών προφίλ (mixed spatial profile configurations), όπου μεταξύ αυτών υπάρχει και ένα προφίλ βασισμένο σε 3D τοπολογία, το οποίο περιλαμβάνει καθαρά 3D τοπολογική δομή.

### 2.3. INSPIRE (INfrastructure for SPatial InfoRmation in Europe)

Για τη διαμόρφωση και παρακολούθηση πολιτικών σε ευρωπαϊκό επίπεδο, η κοινότητα διαπίστωσε, ότι η ευρεία πρόσβαση στις χωρικές πληροφορίες και χρήση τους είναι προβληματική στην Ευρώπη. Τα κυριότερα προβλήματα αποδίδονται στις ελλείψεις δεδομένων, στην έλλειψη τεκμηρίωσης και στην ασυμβατότητα μεταξύ συνόλων χωρικών δεδομένων και υπηρεσιών, οι οποίες οφείλονται για παράδειγμα, στην ύπαρξη διαφορετικών προτύπων και στους φραγμούς, στους οποίους προσκρούει η ανταλλαγή και η επαναχρησιμοποίηση χωρικών δεδομένων. Πράγματι, η διαθεσιμότητα και η υπερσυνοριακή τεκμηρίωση- χρήση των χωρικών δεδομένων σε ευρωπαϊκό επίπεδο είναι πρακτικά αδύνατη, επειδή οι εθνικές πρωτοβουλίες, όταν υπάρχουν, δεν είναι διαλειτουργικές.

Αυτό οδήγησε στην υιοθέτηση της οδηγίας 2007/2/E.C. του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του συμβουλίου της 14<sup>ης</sup> Μαρτίου 2007 ή διαφορετικά στην οδηγία INSPIRE, η οποία δημιουργεί το θεσμικό πλαίσιο για την ίδρυση και λειτουργία της υποδομής χωρικών πληροφοριών στην Ευρώπη με σκοπό, όχι μόνο την παροχή πληροφοριών προς δημόσιες υπηρεσίες και πολίτες, αλλά και την υλοποίηση, συντονισμό και αξιολόγηση των πολιτικών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, που εφαρμόζονται στις χώρες- μέλη σε όλα τα επίπεδα της διοίκησης (T.E.E., ομάδα εργασίας για την κοινοτική οδηγία INSPIRE– Τελική Έκθεση, 2008).

Η ανάγκη δημιουργίας της οδηγίας στην Ευρωπαϊκή Κοινότητα ξεκίνησε από την ανάγκη χάραξης πολιτικής στα πλαίσια ενός ενιαίου οικονομικού και κοινωνικού χώρου, ο οποίος εξαρτάται από την ύπαρξη πληροφοριών υψηλής ποιότητας. Βασικό σημείο αναφοράς αποτελεί η συνθήκη της

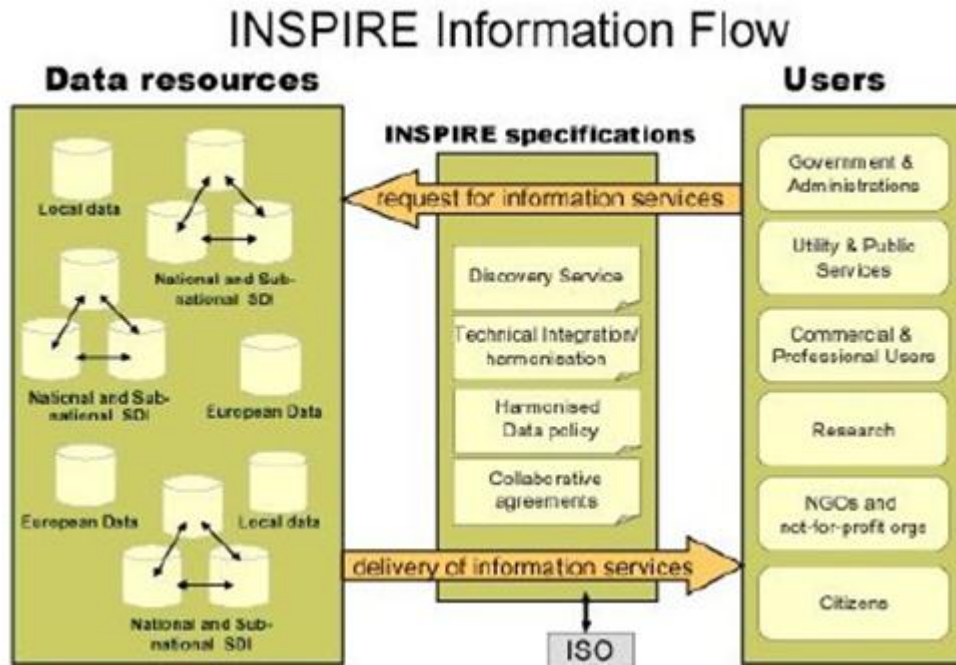
Λισσαβόνας, σύμφωνα με την οποία οι ευρωπαϊκές κυβερνήσεις επιθυμούν να χαρακτηρίζεται η Ε.Ε. από ανάπτυξη, κοινωνική συνοχή και πλήρη απασχόληση με σεβασμό προς το περιβάλλον. Η στρατηγική αυτή οδήγησε στη Στρατηγική i2010, όπου ένας εκ των στόχων της είναι η *Δημιουργία Ενιαίου Ευρωπαϊκού Χώρου της Πληροφορίας*.

Με την εφαρμογή της οδηγίας INSPIRE περιορίζεται η διπλή συλλογή των ίδιων δεδομένων και προωθείται η εναρμόνιση και η ευρεία διάδοση και χρήση πληροφοριών. Η χωρική πληροφορία που διαδραματίζει σημαντικό ρόλο, αφού επιτρέπει το συνδυασμό πληροφοριών από διάφορους επιστημονικούς κλάδους, παρουσιάζει δυσκολίες διαχείρισης λόγω της διαφορετικότητας συλλογής, αποθήκευσης κ.τ.λ. μεταξύ φορέων, υπηρεσιών, κρατών κ.τ.λ.. Στόχος της οδηγίας είναι η σταδιακή εναρμόνιση των υποδομών χωρικών δεδομένων των κρατών- μελών σε μια ευρωπαϊκή υποδομή, ώστε να κινήσει το ενδιαφέρον για τη δημιουργία μιας ευρωπαϊκής υποδομής χωρικών δεδομένων, που να παρέχει σε ένα ευρύ πεδίο χρηστών ενοποιημένες υπηρεσίες χωρικών πληροφοριών. Οι υπηρεσίες αυτές, με διαλειτουργικό τρόπο, θα επιτρέπουν την πρόσβαση σε χωρικές πληροφορίες από ένα ευρύ φάσμα πηγών, από τοπικό επίπεδο σε παγκόσμιο.

Ο καθορισμός γενικών κανόνων αποσκοπεί στη δημιουργία της υποδομής χωρικών πληροφοριών στην Ευρωπαϊκή Κοινότητα, για τους σκοπούς των περιβαλλοντικών πολιτικών της Κοινότητας και της άσκησης πολιτικών ή δραστηριοτήτων, που ενδέχεται να έχουν αντίκτυπο στο περιβάλλον (Οδηγία, Κεφάλαιο I, Γενικές διατάξεις, άρθρο 1 §1).

Η πρωτοβουλία INSPIRE θέτει γενικούς κανόνες για την καθιέρωση υποδομής χωρικής πληροφορίας, που στηρίζεται σε υποδομές χωρικών δεδομένων που έχουν εγκαθιδρυθεί και λειτουργούν σε χώρες- μέλη και χρειάζεται ταυτόχρονα και συγκεκριμένους κανόνες εφαρμογής, οι οποίοι θα υιοθετηθούν από την κοινότητα. Βασικές αρχές της οδηγίας είναι :

- Τα χωρικά δεδομένα πρέπει να συλλέγονται μόνο μία φορά, να αποθηκεύονται εκεί που μπορούν να διαχειριστούν καλύτερα και να ενημερώνονται με κατάλληλο τρόπο και από συγκεκριμένο φορέα
- Πρέπει να διευκολύνεται ο συνδυασμός ενιαίων χωρικών πληροφοριών από διάφορες πηγές στην Ευρώπη και οι πληροφορίες αυτές να μπορούν να μοιραστούν σε πολλούς χρήστες και για πολλές εφαρμογές
- Η χωρική πληροφορία πρέπει να είναι συνεχής, διαθέσιμη και προσπελάσιμη
- Οι πληροφορίες που συλλέγονται σε ένα επίπεδο και μια κλίμακα, πρέπει να μπορούν να χρησιμοποιηθούν από κοινού σε όλα τα επίπεδα και τις κλίμακες
- Η πληροφορία πρέπει να παρουσιάζεται με κατανοητό τρόπο στους χρήστες, με δυνατότητα ενοποίησής τους από διαφορετικές πηγές
- Εύκολη εύρεση των διαθέσιμων δεδομένων και άμεση εκτίμηση από κάθε χρήστη για την καταλληλότητά τους σε συγκεκριμένες εφαρμογές.



Εικόνα 9 : Διαγραμματική απεικόνιση του στόχου της οδηγίας INSPIRE (Πηγή: <http://inspire.jrc.ec.europa.eu>)

Η οδηγία INSPIRE εξελίσσεται παράλληλα με το σύστημα L.A.D.M.. Καταβλήθηκαν, ωστόσο, πολλές προσπάθειες για να υπάρξει συνοχή μεταξύ των δύο συστημάτων και ταύτιση των κοινών εννοιών. Η βασική διαφορά είναι ότι η οδηγία INSPIRE επικεντρώνεται κυρίως σε περιβαλλοντικούς χάρτες, ενώ το L.A.D.M. σε χρήστες ενός πολυδιάστατου συστήματος Κ.

Γενικά, με την οδηγία INSPIRE, τα κράτη- μέλη θέτουν στη διάθεση των χρηστών διαδικτυακές υπηρεσίες, παρέχοντάς τους τη δυνατότητα να αναζητούν, να συμβουλευονται και να αποκτούν πρόσβαση σε χωρικές πληροφορίες μέσω της Geo Portal (ευρωπαϊκή δικτυακή πύλη γεωπληροφορικής), την οποία διαχειρίζεται σε κοινοτικό επίπεδο η Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Η Geo Portal συνδέει τις εθνικές δικτυακές πύλες για κάθε συγκεκριμένο τομέα εξειδικευμένων δεδομένων ή υπηρεσιών, χωρίς να διατηρεί ή να αποθηκεύει δεδομένα. Επίσης, τα κράτη- μέλη μπορούν να παρέχουν πρόσβαση στις υπηρεσίες αυτές μέσω των δικών τους σημείων πρόσβασης. Για ορισμένες υπηρεσίες ενδέχεται να απαιτείται η καταβολή τελών.

Τα κράτη- μέλη μπορούν να περιορίσουν την πρόσβαση του κοινού σε χωρικές πληροφορίες, όταν για παράδειγμα η πρόσβαση αυτή ενδέχεται να επηρεάσει αρνητικά τις διεθνείς σχέσεις, τη δημόσια ασφάλεια, την εθνική άμυνα ή τον εμπιστευτικό χαρακτήρα των εργασιών των δημόσιων αρχών ή ορισμένων εμπορικών ή βιομηχανικών πληροφοριών ή την τήρηση δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας και τον εμπιστευτικό χαρακτήρα των προσωπικών δεδομένων ή ακόμα την προστασία του περιβάλλοντος.

Για να διασφαλισθεί η διαλειτουργικότητα, καταρτίζονται κανόνες από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, που αφορούν στα μεταδεδομένα, στη

διαλειτουργικότητα χωρικών θεμάτων δεδομένων και υπηρεσιών χωρικών δεδομένων, στις υπηρεσίες δικτύου και τεχνολογίας, στην κοινή χρήση δεδομένων και στον έλεγχο και αναφορά διαδικασιών. Η οδηγία INSPIRE, συγκεκριμένα, περιλαμβάνει πληροφορίες, οι οποίες πρέπει να συνοδεύονται από πλήρη μεταδεδομένα, τα οποία σχετίζονται με τους όρους πρόσβασης και χρήσης χωρικών πληροφοριών, με την ποιότητα και ισχύ των πληροφοριών αυτών, τις αρμόδιες δημόσιες αρχές κ.τ.λ..

Μία από τις εναρμονισμένες ομάδες δεδομένων της οδηγίας INSPIRE είναι τα γεωτεμάχια, που εξυπηρετούν την παροχή γενικευμένων πληροφοριών θέσης για περιβαλλοντικούς σκοπούς, όπως είναι η αναζήτηση και η σύνδεση άλλων χωρικών πληροφοριών. Το μοντέλο γεωτεμαχίων της οδηγίας INSPIRE προέρχεται από το διεθνές πρότυπο L.A.D.M.. Το θεματικό επίπεδο των γεωτεμαχίων διαχειρίζεται από τους οργανισμούς Κ των κρατών- μελών. Τα γεωτεμάχια περιλαμβάνονται στο παράρτημα Ι της οδηγίας INSPIRE, που σημαίνει ότι θεωρούνται δεδομένα αναφοράς, δηλαδή συνιστούν το χωρικό πλαίσιο για τη σύνδεση ή την παραπομπή σε άλλες πληροφορίες, οι οποίες ανήκουν σε εξειδικευμένα θεματικά πεδία, όπως περιβάλλον, έδαφος, χρήση γης κ.τ.λ.. Οι προδιαγραφές δεδομένων για τα γεωτεμάχια έγιναν βάσει του "Generic Conceptual Model" της INSPIRE, σε συνεργασία με τους οργανισμούς "Permanent Committee on Cadastre", EuroGeographics, F.I.G. και την τεχνική επιτροπή TC211 της I.S.O..

Τα γεωτεμάχια έχουν στόχο να εξυπηρετούν γενικές πληροφορίες εντοπισμού θέσης και πρόσβασης σε άλλες πηγές δεδομένων. Το μοντέλο δεδομένων της INSPIRE για τα γεωτεμάχια ετοιμάστηκε με τρόπο συμβατό με το L.A.D.M.. Κάθε γεωτεμάχιο περιγράφεται με κάποια υποχρεωτικά στοιχεία, όπως γεωμετρία, κτηματολογική αναφορά και πληροφορίες που υποστηρίζουν την αναγνώρισή του σε εκτυπωμένους χάρτες. Τα γεωτεμάχια είναι απαραίτητο να εξαρτώνται από το γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς ETRS89 ή το ITRS. Στα μεταδεδομένα περιέχονται πληροφορίες για τη διαδικασία δημιουργίας και μετασχηματισμού των δεδομένων.

Η INSPIRE Προδιαγραφή Δεδομένων για τα κτηματολογικά γεωτεμάχια έχει ήδη συνταχθεί και δημοσιευθεί (INSPIRE, 2009). Οι όροι που χρησιμοποιούνται είναι οι εξής:

- 2D δεδομένα : η γεωμετρία των χαρακτηριστικών παριστάνεται σε ένα δισδιάστατο χώρο με (X, Y) συντεταγμένες
- 2.5D δεδομένα : η γεωμετρία των χαρακτηριστικών παριστάνεται σε ένα τρισδιάστατο χώρο με τον περιορισμό, ότι για κάθε (X, Y) θέση υπάρχει μόνο ένα Z
- 3D δεδομένα : η γεωμετρία των χαρακτηριστικών παριστάνεται σε ένα τρισδιάστατο χώρο και δίνεται χρησιμοποιώντας (X, Y, Z) συντεταγμένες.

Η INSPIRE Προδιαγραφή Δεδομένων για κτηματολογικά γεωτεμάχια δεν έχει λάβει τις εναρμονισμένες λύσεις για 3D κτηματολογικά αντικείμενα. Αναφέρονται, ωστόσο, ορισμένες περιπτώσεις χρήσης που αφορούν 2.5D ή 3D γεωτεμάχια στον ανακεφαλαιωτικό πίνακα ελέγχου των προδιαγραφών δεδομένων κτηματολογικών τεμαχίων, σύμφωνα με τον οποίο, υπάρχει ενδιαφέρον σε 2.5D κτηματολογικά τεμάχια και πιθανές απαιτήσεις για 3D



γεωτεμάχια στο μέλλον. Η Προδιαγραφή Δεδομένων Κτηματολογικών Γεωτεμαχίων δεν περιλαμβάνει την έννοια των 3D κτηματολογικών δεδομένων, τα οποία όμως σχετίζονται με κτίρια ή δίκτυα υποδομών, συνεπώς η οδηγία INSPIRE πρέπει να λαμβάνει υπόψη υφιστάμενα πρότυπα, σύμφωνα με το άρθρο 7 της οδηγίας. Επίσης, σύμφωνα με τελευταία δημοσίευση, οι εργασίες για την προδιαγραφή δεδομένων για τα κτίρια είναι ακόμα υπό εξέλιξη. Τα μοντέλα δεδομένων, που εφαρμόζονται σε αυτή την προδιαγραφή, προσφέρουν μια ευέλικτη προσέγγιση, που επιτρέπει πολλαπλές αναπαραστάσεις των κτιρίων και άλλων κατασκευών, από το σύνολο των τεσσάρων προφίλ με διαφορετικά επίπεδα λεπτομερειών στη γεωμετρία και τη σημασιολογία.

Τα βασικά αυτά προφίλ περιέχουν τους τύπους χαρακτηριστικών “Building” και “Building part” και ένα περιορισμένο σύνολο χαρακτηριστικών, κυρίως σχετιζόμενο με τη χρονική διάσταση (ημερομηνία κατασκευής, ανακαίνισης και κατεδάφισης), με φυσικές πληροφορίες (ύψος, αριθμός οροφών, υψόμετρο) και την ταξινόμηση των κτιρίων ανάλογα με την φυσική τους όψη και την τρέχουσα χρήση. Η INSPIRE κλάση Building Base απεικονίζεται με την εφαρμογή του τύπου χαρακτηριστικών (feature types) AbstractConstruction και AbstractBuilding. Το AbstractBuilding είναι ένας αφηρημένος τύπος χαρακτηριστικού (abstract feature type), που ομαδοποιεί τις κοινές ιδιότητες των τύπων Building και BuildingPart, που είναι παρόντες και σε άλλα σχήματα εφαρμογής. Το AbstractConstruction είναι ένας άλλος αφηρημένος τύπος χαρακτηριστικού που ομαδοποιεί τις σημασιολογικές ιδιότητες των κτιρίων και των μερών των κτιρίων, των οποίων τα βασικά χαρακτηριστικά είναι άλλες κατασκευές, κτιριακές μονάδες, δώματα, εγκαταστάσεις, συνοριακές επιφάνειες και υφές.

Συμπερασματικά, όσον αφορά στο 3D κτηματολόγιο, τα βασικά σημεία του πρότυπου L.A.D.M. και της οδηγίας INSPIRE είναι δύο. Το πρώτο σημείο είναι ο σύνδεσμος που υπάρχει μεταξύ της οντότητας LA\_SpatialUnit του L.A.D.M. και του CadastralParcel<sup>1</sup> από την οδηγία INSPIRE. Η ομάδα INSPIRE και η ομάδα ανάπτυξης του L.A.D.M. συνεργάστηκαν κατά τη διάρκεια των εργασιών του, προκειμένου το LA\_Parcel να είναι βάση για το CadastralParcel. Αυτό δεν είναι ιδιαίτερα πολύπλοκο στις δύο διαστάσεις, αλλά στις τρεις διαστάσεις δεν είναι πλήρως εφικτό, γιατί η οδηγία INSPIRE έχει σοβαρούς περιορισμούς στις τρεις διαστάσεις, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω. Για το μέλλον, όμως, δεν αποκλείονται εντελώς από την οδηγία INSPIRE τα 2.5D ή 3D κτηματολογικά γεωτεμάχια, καθώς αναφέρεται ότι μπορεί να είναι χρήσιμα.

Το δεύτερο σημείο αφορά στα κτίρια. Τόσο το πρότυπο L.A.D.M., όσο και η οδηγία INSPIRE αναφέρουν τα κτίρια ως 3D αντικείμενα. Το

---

<sup>1</sup> CadastralParcel : τα γεωτεμάχια είναι εκτάσεις, όπως αυτές καθορίζονται σε Κ μητρώα ή άλλα ισοδύναμα μέσα. Ορίζονται ως μοναδικές εκτάσεις της γήινης επιφάνειας (γη ή νερό), κάτω από τα ίδια ομοιογενή δικαιώματα ακίνητης ιδιοκτησίας και μοναδικού ιδιοκτησιακού καθεστώτος, όπου τα δικαιώματα ακίνητης ιδιοκτησίας και το ιδιοκτησιακό καθεστώς καθορίζονται από εθνικούς νόμους. Τα γεωτεμάχια έχουν ως επιπρόσθετα στοιχεία τη γεωμετρία, ένα εθνικό κτηματολογικό υπόβαθρο, μια τιμή για το εμβαδό και ένα σημείο αναφοράς.

LA\_LegalSpaceBuildingUnit είναι μια υποκλάση του LA\_SpatialUnit στο L.A.D.M., ενώ η κλάση Building Base είναι μια ξεχωριστή κλάση στην προδιαγραφή δεδομένων INSPIRE για τα κτίρια. Αφού και οι δύο κλάσεις αφορούν κτίρια, τα περισσότερα από τα δεδομένα που συλλέγονται για κτίρια, μπορούν να καταγραφούν, είτε μέσω L.A.D.M., είτε μέσω INSPIRE. Επιπλέον, οι INSPIRE και L.A.D.M. κλάσεις έχουν χρονική πληροφορία. Στο L.A.D.M. γίνεται μέσω ιστορικού εκδόσεων, ενώ στην οδηγία INSPIRE μέσω χαρακτηριστικών, όπως dateOfConstruction ή dateOfDemolition (ημερομηνία κατασκευής, κατεδάφισης). Άλλες ιδιότητες, τόσο των INSPIRE όσο και των L.A.D.M. κλάσεων στα κτίρια, αφορούν στη φυσική περιγραφή του κτιρίου, επομένως είναι συχνά παρόμοιες ή ίδιες. Η βασική διάφορα μεταξύ L.A.D.M. και INSPIRE κλάσεων είναι, ότι το L.A.D.M. περιγράφει το νομικό χώρο του κτιρίου, ενώ το INSPIRE αφορά το καθεαυτό φυσικό αντικείμενο.

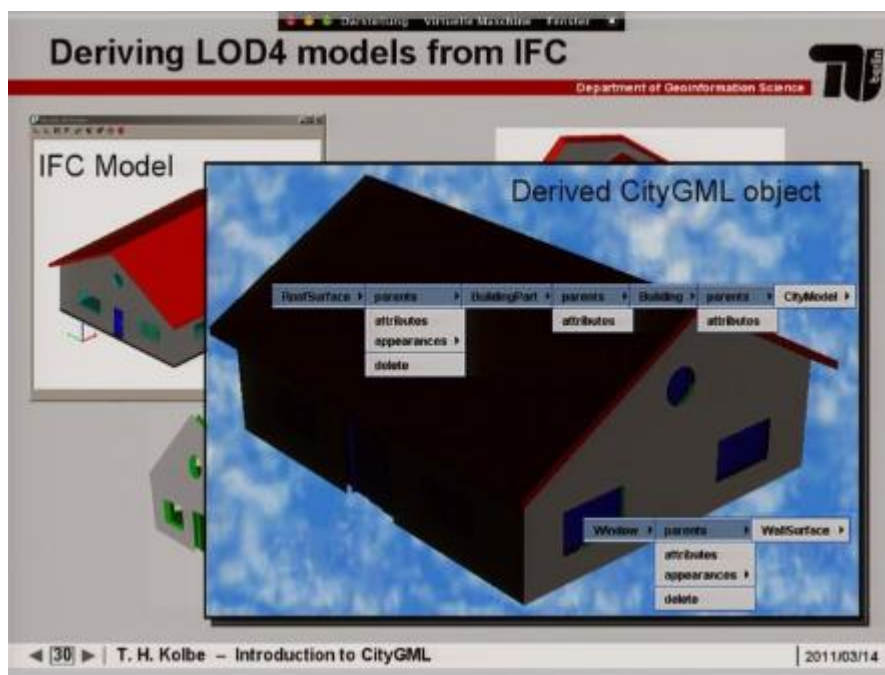
Τέλος, αναφέρεται ότι η ανάπτυξη του Buildings data model της οδηγίας INSPIRE επηρεάστηκε πολύ από το διεθνές πρότυπο της OGC, το CityGML, το οποίο αναλύεται στην επόμενη ενότητα.

## 2.4. CityGML

Στο παρελθόν έχουν χρησιμοποιηθεί εικονικά 3D μοντέλα πόλεων, κυρίως για την οπτικοποίηση- απεικόνιση ή τη γραφική εξερεύνηση αστικών τοπίων. Η 3D μοντελοποίηση πόλης είναι κάτι πολύ περισσότερο από 3D οπτικοποίηση της πραγματικότητας. Πράγματι, η γεωμετρία και η απεικόνισή της είναι μόνο μία οπτική μιας οντότητας. Σήμερα, ο αυξανόμενος αριθμός από εφαρμογές, όπως αστικός σχεδιασμός, διαχείριση εγκαταστάσεων, περιβαλλοντική και εκπαιδευτική προσομοίωση, διαχείριση κινδύνων και ασφάλεια σε επίπεδο διαμερίσματος, αλλά και προσωπική πλοήγηση, απαιτεί επιπρόσθετη πληροφορία για τα αντικείμενα της πόλης (city objects), τα οποία πρέπει να δίνονται με συγκεκριμένη αναπαράσταση. Το βασικό κλειδί σε αυτό το ζήτημα είναι η **σημασιολογική (semantic)** μοντελοποίηση. Η γεωμετρία (σχήμα και θέση) και η απεικόνιση δε δίνουν καμία πληροφορία για το νόημα των αντικειμένων. Αντίθετα, στο σημασιολογικό 3D μοντέλο πόλης, τα συγγενή αντικείμενα από το αστικό τοπίο ταξινομούνται και οι χωρικές και θεματικές τους ιδιότητες περιγράφονται. Επίσης, περιλαμβάνονται οι ορισμοί και οι λειτουργίες των αντικειμένων. Αποτέλεσμα όλων αυτών, είναι ότι το σημασιολογικό 3D μοντέλο είναι το κλειδί για αστική πληροφοριακή μοντελοποίηση (urban information modeling).

Τα σημασιολογικά 3D μοντέλα πόλεων περιλαμβάνουν, εκτός από τα χωρικά και γραφικά στοιχεία, την οντολογική κυρίως δομή, που περιλαμβάνει θεματικές κλάσεις, χαρακτηριστικά γνωρίσματα και την αλληλεξάρτησή τους. Τα αντικείμενα διαχωρίζονται σε μέρη βάσει λογικών κριτηρίων και όχι βάσει της γραφικής τους θεώρησης, τα οποία ακολουθούν δομές, που υπάρχουν ή μπορούν να παρατηρηθούν στον πραγματικό κόσμο. Για παράδειγμα, ένα κτίριο (building) θα διαχωριστεί σε διαφορετικά κύρια μέρη κτιρίου (building parts), αν αυτά έχουν διαφορετικό είδος οροφής ή τη δική τους είσοδο για το σπίτι και το γκαράζ κ.τ.λ.. Στην εικόνα 10 φαίνεται ότι η επιφάνεια της οροφής (RoofSurface) είναι τμήμα (part) του κτιριακού τμήματος (BuildingPart), το οποίο είναι τμήμα του κτιρίου (Building), το οποίο με τη σειρά του είναι τμήμα

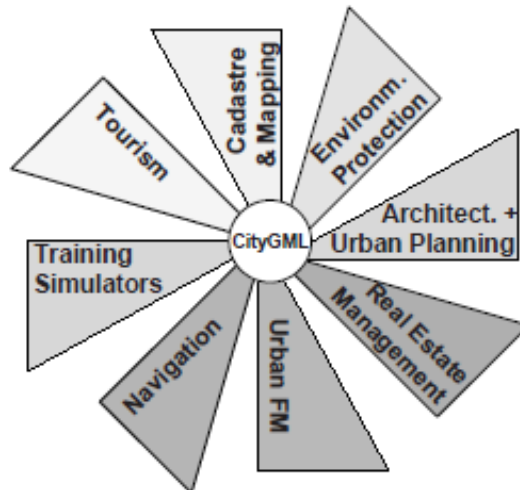
του μοντέλου πόλης (CityModel). Αντίστοιχα, το παράθυρο είναι τμήμα της επιφάνειας του τοίχου (WallSurface), η οποία είναι τμήμα του κτιριακού τμήματος και ούτω καθεξής. Επίσης, για ένα κτίριο θα αναφέρονται πληροφορίες, όπως η διεύθυνση, ο ιδιοκτήτης, ο τύπος του κτιρίου κ.τ.λ..



Εικόνα 10 : Αλληλεξάρτηση των αντικείμενων σε ένα σημασιολογικό 3D μοντέλο πόλης (πηγή : <http://collegerama.tudelft.nl/Mediasite/Play/7b440617cd1342b0b5b006fc0f6563ef1d>, 2014)

Το σημασιολογικό μοντέλο πόλεων απαιτεί τα κατάλληλα 3D δεδομένα. Αυτό μπορεί να γίνει είτε με αυτόματες διαδικασίες σε κάποιες περιπτώσεις, είτε χειροκίνητα. Όπως και να γίνει, αυτό το μοντέλο αυξάνει τις προσπάθειες που χρειάζονται για να δημιουργηθεί και να διατηρηθεί το 3D μοντέλο πόλης. Από οικονομικής άποψης, το σημασιολογικό μοντέλο πόλης έχει νόημα, αν τα δεδομένα και κυρίως οι σημασιολογικές πληροφορίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν από διάφορους χρήστες και για πολλές εφαρμογές. Αυτό απαιτεί τη δημιουργία ενός κοινού μοντέλου πληροφοριών για τις διαφορετικές χρήσεις και εφαρμογές.

Για αυτούς τους λόγους έχει δημιουργηθεί το CityGML. Σκοπός της εξέλιξης του CityGML ήταν η επίτευξη ενός κοινού ορισμού, ώστε να είναι κατανοητές οι βασικές οντότητες, τα γνωρίσματά τους και οι σχέσεις που εμφανίζονται σε ένα 3D μοντέλο πόλης. Με τη χορήγηση ενός μοντέλου- πυρήνα με οντότητες σχετικές σε πολλούς κλάδους, το μοντέλο πόλης μπορεί να γίνει ένα κεντρικό κομβικό σημείο πληροφοριών, όπου κάθε διαφορετική εφαρμογή θα μπορεί να αντλήσει συγκεκριμένες πληροφορίες, ανάλογα με τον τομέα στον οποίο αντιστοιχεί (εικόνα 11). Υπάρχει η δυνατότητα ανταλλαγής πληροφοριών μεταξύ των διαφορετικών κλάδων, οι οποίες μπορούν στη συνέχεια να ενσωματωθούν στα αντικείμενα του μοντέλου πόλης.



Εικόνα 11 : Το σημασιολογικό 3D μοντέλο πόλης παρουσιάζεται ως κομβικό σημείο πληροφοριών, που ενώνει διαφορετικούς κλάδους μέσω της ανταλλαγής πληροφοριών, σχετικών με τις οντότητες του μοντέλου (πηγή : Kolbe, 2007)

Το CityGML είναι ένα διεθνές πρότυπο για την αναπαράσταση και ανταλλαγή 3D σημασιολογικών μοντέλων πόλης και τοπίων, το οποίο υιοθετήθηκε από την OGC (Open Geospatial Consortium- Ανοιχτή Γεωχωρική Κοινοπραξία) το 2008. Η δεύτερη έκδοση κυκλοφόρησε τον Απρίλιο του 2012 (OGC, 2012). Το μοντέλο δεδομένων του CityGML είναι βασισμένο στο I.S.O. 19100 και έχει εφαρμοστεί στη γλώσσα GML (Geography Markup Language) 3.1.1 της OGC.

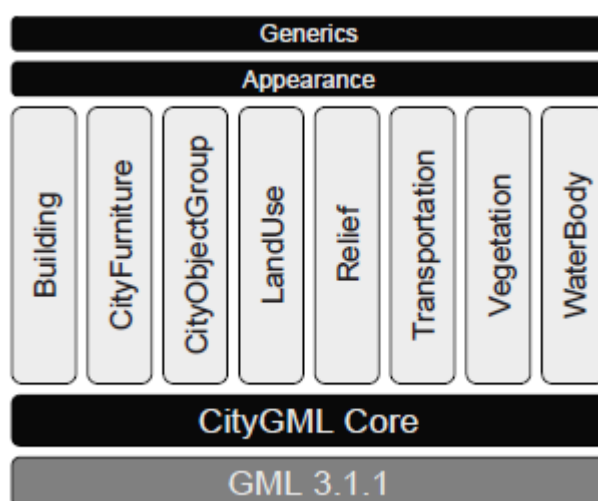
Η GML, που είναι επίσης γνωστό ως ISO 19136, δημιουργήθηκε από την Ανοιχτή Γεωχωρική Κοινοπραξία (Open Geospatial Consortium -OGC) και είναι μια XML δομή για την απεικόνιση γεωγραφικής (χωρικής και τοπικής) πληροφορίας. Είναι ένα τυπικό παράδειγμα προτύπου, που δημιουργήθηκε για την ανταλλαγή δεδομένων. Η GML3 διαθέτει μια σπονδυλωτή δομή, που επιτρέπει την επιλογή των συνιστωσών σχημάτων ή σχήματος, τα οποία χρειάζονται σε μία δεδομένη εφαρμογή. Το γεωμετρικό μοντέλο του GML ακολουθεί το πρότυπο ISO 19107 και συνεπώς το GML παρέχει κλάσεις για 0D σε 3D γεωμετρικά θεμελιώδη στοιχεία, 1D-3D σύνθετες γεωμετρίες (π.χ. CompositeSurface), και 0D-3D συσώματα γεωμετριών (π.χ. MultiSurface ή MultiSolid), τα οποία αποτελούνται από γεωμετρίες που δε συνδέονται με κοινά όρια. Η GML 3 περιλαμβάνει την υποστήριξη για χωρικά και χρονικά συστήματα αναφοράς, τοπολογία, δυναμικά χαρακτηριστικά, μονάδες μέτρησης, μεταδεδομένα, πλεγματικά δεδομένα, και είναι σχεδιασμένη έτσι, ώστε να μπορεί να επεκταθεί σημασιολογικά.

Το CityGML αναπτύχθηκε από το SIG 3D (Special Interest Group 3D) ύστερα από πρωτοβουλία της Geodata Infrastructure North- Rhine Westphalia στη Γερμανία. Η ομάδα αυτή αποτελείται από εβδομήντα μέλη της ακαδημαϊκής κοινότητας, της βιομηχανίας και της δημόσιας διοίκησης. Τα μέλη αυτά αντιπροσωπεύουν διαφορετικούς τομείς και διαφορετικές εφαρμογές, όπως κτηματολόγιο, αστικό σχεδιασμό, αρχιτεκτονική, πληροφορική, επιστήμες γεωπληροφοριών, περιβαλλοντική και εκπαιδευτική προσομοίωση, τουρισμό και τηλεπικοινωνίες. Έτσι, ένα ευρύ φάσμα απαιτήσεων, αλλά και εμπειρίας

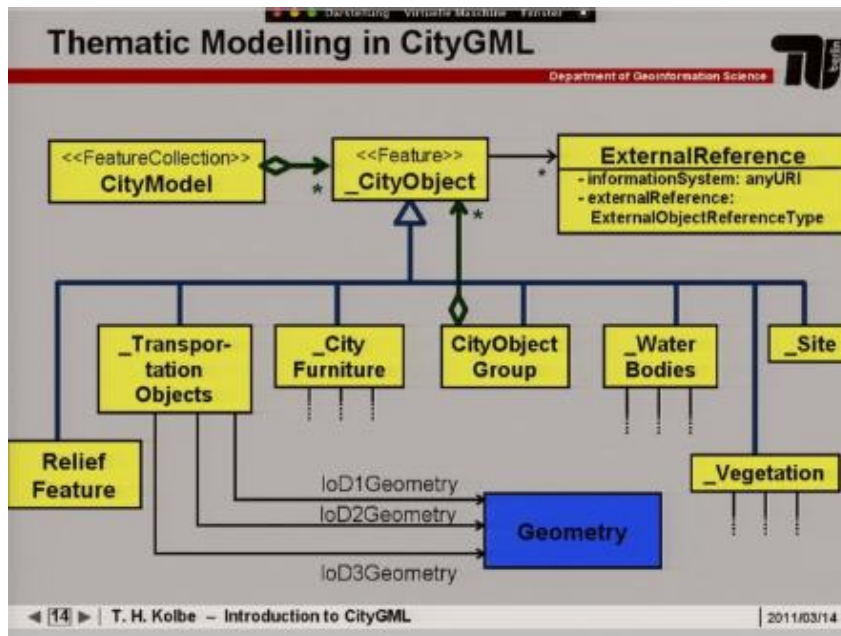
και τεχνογνωσίας έδωσε τη διαδικασία ορισμού του μοντέλου δεδομένων (data model). Η διαδικασία αυτή διήρκησε πολύ μεγάλο διάστημα. Συγκεκριμένα, χρειάστηκε περισσότερο από δύο χρόνια καθημερινών συναντήσεων είκοσι ατόμων, για να ορίσουν το κτιριακό μοντέλο (building model), το οποίο παρουσιάστηκε στη συνέχεια και συζητήθηκε στη διεθνή επιτροπή και στην OGC. Πολλά στοιχεία, μάλιστα, τέθηκαν σε περαιτέρω βελτιώσεις.

Το CityGML παρουσιάζει τέσσερις διαφορετικές προοπτικές των εικονικών 3D μοντέλων πόλης, οι οποίες είναι η σημασιολογία, η γεωμετρία, η τοπολογία και η παρουσίαση- εμφάνιση. Όλα τα αντικείμενα μπορούν να απεικονιστούν σε έως πέντε διαφορετικά και καλώς ορισμένα επίπεδα λεπτομέρειας, από LOD0 ως LOD4 (Level of Detail), με αυξανόμενη ακρίβεια και δομική πολυπλοκότητα καθώς ανεβαίνει το επίπεδο.

Το CityGML περιλαμβάνει πολλές θεματικές περιοχές, όπως κτίρια, ανάγλυφο, χρήσεις γης, μεταφορές, βλάστηση κ.τ.λ. (εικόνες 12, 13).



Εικόνα 12 : Θεματικό μοντέλο του CityGML (πηγή : Kolbe, 2007)



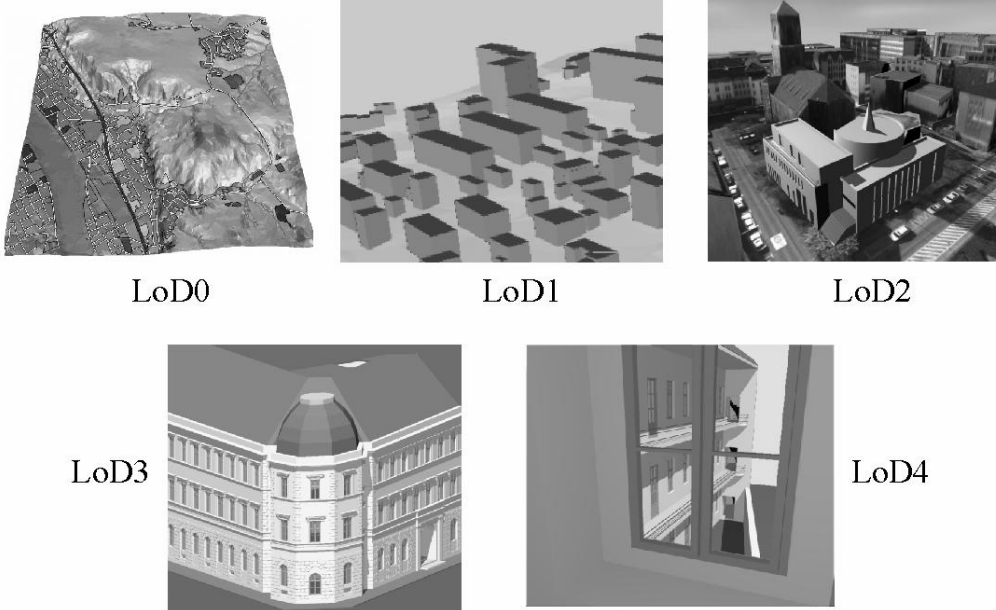
Εικόνα 13 : Θεματικό μοντέλο του CityGML (πηγή : <http://collegerama.tudelft.nl/Mediasite/Play/7b440617cd1342b0b5b006fc0f6563ef1d>, 2014)

Στη θεματική ενότητα "water bodies" ανήκουν οι υδάτινες μάζες, που μπορεί να υπάρχουν σε μία πόλη, όπως λίμνες, ποτάμια, πισίνες κ.τ.λ. και στην ενότητα "city furniture", μικρά αντικείμενα της πόλης που δεν παίζουν τόσο σημαντικό ρόλο στο μοντέλο, όπως τα φανάρια. Επίσης, ο όρος "relief feature" αντιστοιχεί στο μοντέλο εδάφους (terrain model). Τέλος, το "external reference" (εξωτερική αναφορά), όπως φαίνεται στην εικόνα 13, απαντά σε ερωτήματα, όπως για παράδειγμα πού είναι μία πόρτα.

Όπως προαναφέρθηκε, το CityGML παρουσιάζει 3D γεωμετρία, 3D τοπολογία, σημασιολογία και παρουσίαση- εμφάνιση σε πέντε διακριτά επίπεδα (LOD). Καθώς ανεβαίνει το επίπεδο, τα αντικείμενα παρουσιάζονται με περισσότερη λεπτομέρεια. Για κάθε διαφορετικό επίπεδο λεπτομέρειας υπάρχει διαφορετική γεωμετρία. Το επίπεδο λεπτομέρειας που επιλέγει κάθε χρήστης εξαρτάται από το τί θέλει τελικά να δημιουργήσει. Σε ένα σύνολο δεδομένων του CityGML, το ίδιο αντικείμενο μπορεί να παρουσιαστεί σε διαφορετικά επίπεδα λεπτομέρειας ταυτόχρονα, επιτρέποντας την οπτικοποίησή του σε σχέση με τα διαφορετικά επίπεδα ανάλυσης.

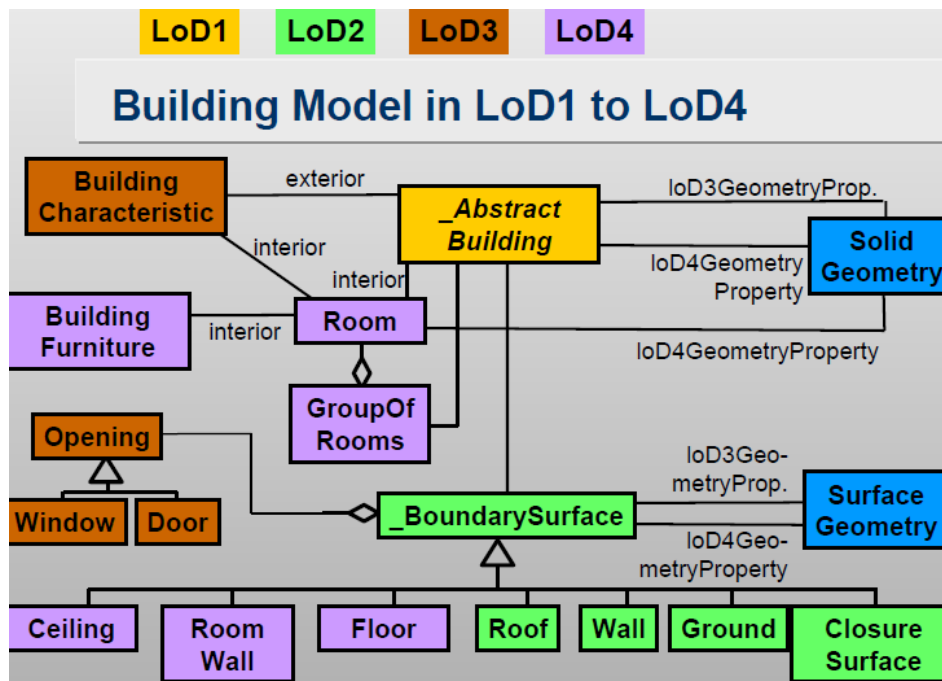
Το επίπεδο λεπτομέρειας LOD0 παρουσιάζει το αντικείμενο πιο χονδρικά και είναι ουσιαστικά ένα 2,5D DTM (ψηφιακό μοντέλο εδάφους). Το LOD1 είναι γνωστό ως "blocks model", στο οποίο όμως δεν παρουσιάζονται οι κατασκευές των οροφών. Στο LOD2 αντίθετα, κάθε κτίριο έχει διακριτή οροφή και περισσότερες κτιριακές εγκαταστάσεις, όπως μπαλκόνια και σκάλες. Επίσης, σε αυτό το επίπεδο, τα όρια των επιφανειών (τοίχοι, στέγη, έδαφος) πρέπει να διαφοροποιούνται. Το LOD3 υποδηλώνει αρχιτεκτονικό μοντέλο με πληροφορίες για τους τοίχους, τις πόρτες, τα παράθυρα και τις οροφές. Το LOD4 ολοκληρώνει το LOD3, προσθέτοντας εσωτερικά στοιχεία, όπως δωμάτια, σκάλες, ταβάνι και έπιπλα. Εκτός από τα κτίρια, τα επίπεδα λεπτομέρειας εφαρμόζονται για όλες τις θεματικές ενότητες που αναφέρθηκαν

παραπάνω (ανάγλυφο, χρήσεις γης, βλάστηση κ.τ.λ.). Στην εικόνα 14 παρουσιάζονται τα επίπεδα λεπτομέρειας του CityGML.



Εικόνα 14 : Επίπεδα λεπτομέρειας για κτίρια στο CityGML (πηγή : Kolbe, 2007)

Παρακάτω (εικόνα 15), παρουσιάζεται ένα μοντέλο κτιρίου σε μορφή διαγράμματος, από το επίπεδο λεπτομέρειας LOD1 ως το LOD4, όπως εξηγήθηκε και παραπάνω. Με τα διαφορετικά χρώματα παρουσιάζονται οι λεπτομέρειες που φαίνονται σε κάθε LOD. Για παράδειγμα, στο LOD1 (κίτρινο χρώμα) φαίνεται μόνο το κτίριο, στο LOD2 (πράσινο χρώμα) φαίνονται τα όρια των κλειστών επιφανειών τοίχος, οροφή και έδαφος κ.τ.λ..



Εικόνα 15 : Μοντέλο κτιρίου από το LOD1 έως το LOD4 (πηγή : Kolbe, Gröger, Plumer, 2005)

Τα αντικείμενα, που δεν είναι γεωμετρικά μοντελοποιημένα από κλειστά στερεά, για παράδειγμα υπόγειες διαβάσεις πεζών και τούνελ, μπορούν μέσω του λογισμικού που δημιουργεί το CityGML μοντέλο, να «σφραγιστούν» πρακτικά, ώστε να είναι δυνατός ο υπολογισμός του όγκου τους, με χρήση κλειστών επιφανειών (Closure Surfaces).

Το CityGML χρησιμοποιεί ένα υποσύνολο από το γεωμετρικό μοντέλο της GML3, το οποίο δημιουργήθηκε βάσει του ISO 19107. Σύμφωνα με αυτό το πρότυπο, οι γεωμετρίες των γεωγραφικών χαρακτηριστικών παρουσιάζονται ως αντικείμενα, που έχουν ταυτότητα και περισσότερες γεωμετρικές υποδομές. Οι ογκομετρικές γεωμετρίες είναι στερεά, που έχουν οριοθετηθεί από κλειστές επιφάνειες, συνήθως από σύνθετες επιφάνειες (composite surface).

Στη GML3 χρησιμοποιούνται συντεταγμένες που ανήκουν σε παγκόσμιο σύστημα αναφοράς, ώστε κάθε γεωμετρικό αντικείμενο να ανήκει σε ακριβώς μία καθορισμένη θέση στο χώρο. Αυτό βοηθάει στην εύκολη δημιουργία και διατήρηση χωρικών δεικτών σε γεωγραφικές βάσεις δεδομένων (geodatabases) και γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών (geoinformation systems).

Οι πληροφορίες για την εμφάνιση μιας επιφάνειας αποτελούν αναπόσπαστο τμήμα ενός εικονικού 3D μοντέλου πόλης, σε συνδυασμό με τις χωρικές και σημασιολογικές ιδιότητες. Στο CityGML οι πληροφορίες αυτές μπορούν να δοθούν μέσω χαρτών με σκιάς ή μέσω της υψής χρησιμοποιώντας εικόνες.

Το CityGML έχει σχεδιαστεί ως ένα παγκόσμιο τοπογραφικό μοντέλο πληροφοριών, το οποίο ορίζει χαρακτηριστικά, κλάσεις και ιδιότητες, οι οποίες



είναι χρήσιμες για ένα ευρύ πεδίο από εφαρμογές. Παρόλα αυτά, σε πολλές πρακτικές εφαρμογές είναι συχνά απαραίτητη η αποθήκευση και ανταλλαγή επιπρόσθετων ιδιοτήτων, ακόμα και 3D αντικειμένων, τα οποία δεν ανήκουν σε καμία από τις ορισμένες κλάσεις. Για αυτές τις περιπτώσεις, το CityGML παρέχει τη δυνατότητα επέκτασης, η οποία είναι γνωστή ως Application Domain Extensions (ADE). Η επέκταση αυτή είναι ένας μηχανισμός, που επιτρέπει την επέκταση του μοντέλου δεδομένων του CityGML, με την εισαγωγή νέων ιδιοτήτων στις ήδη υπάρχουσες κλάσεις του CityGML, όπως για παράδειγμα τον αριθμό των κατοίκων ενός κτιρίου, ή τον ορισμό νέων κλάσεων (feature classes).

Ο μηχανισμός αυτός εφαρμόζεται στα 3D χαρακτηριστικά της οδηγίας INSPIRE, επιτρέποντας έτσι τη χρήση κτιριακών δεδομένων της οδηγίας με εργαλεία του CityGML. Μέσω της επέκτασης ADE (Application Domain Extensions), τα κτιριακά δεδομένα της οδηγίας μπορούν επίσης να συνδυαστούν και με άλλες επεκτάσεις του CityGML, αλλά και να προέλθουν οποιαδήποτε στιγμή από τα δεδομένα του CityGML.

Τέλος, η εξαγωγή σε αρχεία CityGML υποστηρίζεται ή πρόκειται να υποστηριχθεί από πολλούς προμηθευτές, όπως Autodesk, ESRI, Safe software, Bentley Systems. Ήδη μερικές εταιρίες, για παράδειγμα Bentley Systems και Autodesk, αλλά και πανεπιστήμια (TUDelft, TUBerlin) πειραματίζονται με εφαρμογές βάσεων δεδομένων σε CityGML και ειδικότερα με κτηματολογικές εφαρμογές. Το TU Berlin έχει ήδη αναπτύξει 3DCityDB για Oracle Spatial.

Συμπερασματικά, το CityGML είναι το νεότερο πρότυπο για απεικόνιση πραγματικής 3D πληροφορίας. Είναι ένα αντικειμενοστραφές μοντέλο, το οποίο παρουσιάζει 3D γεωμετρία, 3D τοπολογία, σημασιολογία και παρουσίαση- εμφάνιση σε πέντε διαφορετικά επίπεδα λεπτομέρειας. Το CityGML δεν παρουσιάζει μόνο το σχήμα και τα γραφικά χαρακτηριστικά του μοντέλου πόλης, αλλά ορίζει τη σημασιολογία των αντικειμένων και οπτικοποιεί τις θεματικές ιδιότητες, τις ταξινομήσεις και τις ομαδοποιήσεις. Αποτελεί ταυτόχρονα ένα σημασιολογικό μοντέλο, που καθορίζεται από ένα μοντέλο δεδομένων (data model), και μια μορφή αρχείου για ανταλλαγή πληροφοριών, χρήσιμων για 3D μοντέλα πόλης ή τοπίων.

Το CityGML δημιουργήθηκε με σκοπό την επίτευξη ενός κοινού μοντέλου πληροφοριών και ενός κοινού ορισμού του μοντέλου δεδομένων, ώστε να είναι κατανοητές οι βασικές οντότητες, τα γνωρίσματά τους και οι σχέσεις που εμφανίζονται σε ένα 3D μοντέλο πόλης. Με αυτό τον τρόπο, υπάρχει η δυνατότητα ανταλλαγής πληροφοριών μεταξύ των διαφορετικών κλάδων, οι οποίες μπορούν στη συνέχεια να ενσωματωθούν στα αντικείμενα του μοντέλου πόλης.

Το μοντέλο δεδομένων του CityGML αποτελείται από τρία κύρια μέρη : 1) το θεματικό μοντέλο, με ορισμένα LODs, κλάσεις, χωρικές και θεματικές ιδιότητες και σχέσεις, 2) τα γενικά αντικείμενα πόλης (Generic City Objects) και τις γενικές ιδιότητες, που επιτρέπουν την επέκταση των δεδομένων του CityGML "on the fly" και 3) και το μηχανισμό επέκτασης ADE για συγκεκριμένες εφαρμογές.

### 3. 3D ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

Ένα γεωτεμάχιο κάθε κατηγορίας ή μορφής είναι ένα τριών διαστάσεων ακίνητο αντικείμενο, τα δικαιώματα του οποίου, υλοποιημένα ή μη, εκτείνονται υπό, επί ή υπέρ της Φ.Γ.Ε. (φυσική γήινη επιφάνεια). Επίσης, οι επί των γεωτεμαχίων βελτιώσεις (κτίρια ή άλλες εγκαταστάσεις), οι οποίες συνιστούν ένα ή περισσότερα αυτοτελή ή μη ακίνητα, είναι αντικείμενα τριών διαστάσεων (3D).

Σε ένα Κ με πλήρεις πληροφορίες, τα γεωτεμάχια με τις τυχόν βελτιώσεις, απεικονίζονται στους Κ.Χ., στους οποίους αποτυπώνονται οι ορθές προβολές αυτών. Τα υψομετρικά χαρακτηριστικά των γεωτεμαχίων, όταν περιλαμβάνονται, σημειώνονται με αναγραφή υψομέτρων σε χαρακτηριστικά σημεία (κορυφές γεωτεμαχίων) ή αποδίδονται με υψομετρικές καμπύλες, οι οποίες ενυπάρχουν σε χωριστό επίπεδο πληροφοριών (layer). Επίσης, τα αυτοτελή εντός των γεωτεμαχίων ακίνητα, όταν αυτά δημιουργούνται νομικά ή πραγματικά, απεικονίζονται σε αντίστοιχα διαγράμματα κατόψεων, δηλαδή αποτυπώνονται οι ορθές προβολές αυτών. Τα υψομετρικά χαρακτηριστικά των ακινήτων περιορίζονται στην αναγραφή του όγκου τους, ο οποίος προκύπτει από το μέσο ύψος κάθε ακινήτου. Οι Κ.Χ. κάθε κλίμακας αποδίδουν μια δισδιάστατη αναπαράσταση της τρισδιάστατης πληροφορίας. Αυτό σημαίνει, ότι ένα Κ δύο διαστάσεων (2D) καθορίζει γεωτεμάχια στην επιφάνεια του εδάφους και δεν αναπαριστά το σύνολο των ακινήτων και των ιδιοκτησιακών δικαιωμάτων στον τρισδιάστατο χώρο.

Γενικά, στις συμβατικές περιπτώσεις ένα 2D Κ είναι αρκετό για την καταγραφή των χωρικών πληροφοριών. Όμως, σε ένα εξελισσόμενο δομούμενο περιβάλλον, που αναπτύσσεται με βάση ένα εξελισσόμενο νομικό πλαίσιο, δημιουργείται μια αυξανόμενη μη συμβατική παραγωγή χώρου. Στην περίπτωση σύνθετης ανάπτυξης και χρήσης του χώρου και με την πολυεπίπεδη κατανομή των δικαιωμάτων ένα 2D Κ δεν μπορεί να αποδώσει ικανοποιητικά την απαραίτητη τρισδιάστατη απόδοση των χωρικών πληροφοριών. Ένα 2D Κ, με μοναδικό επίπεδο αναφοράς το γεωτεμάχιο, δεν μπορεί να αντιμετωπίσει επιτυχώς τις περιπτώσεις πολλαπλής και σύνθετης χρήσης του χώρου. Άρα, αυτομάτως δημιουργείται η ανάγκη ορισμού και σύλληψης μιας νέας φόρμας κτηματολογικής καταγραφής, που να διαχωρίζει τα δικαιώματα ανά επίπεδο, με κλειδί την τρίτη διάσταση του χώρου.

Οι απαιτήσεις της σύγχρονης πραγματικότητας μπορούν να ικανοποιηθούν από γεωμετρικά και τοπολογικά μοντέλα καταγραφής των τρισδιάστατων ακινήτων στον τρισδιάστατο χώρο. Η τρίτη διάσταση δεν πρέπει να καταγράφεται ως περιγραφικό στοιχείο, αλλά ως μια οντότητα, η οποία μπορεί να αναπαρασταθεί γεωμετρικά. Επειδή, όμως, ένα σύγχρονο Κ πρέπει να απεικονίζει σε κάθε χρονική στιγμή την υπάρχουσα πραγματικότητα, πρέπει αυτό να περιλαμβάνει και όλες τις μη συμβατικές περιπτώσεις του δομούμενου περιβάλλοντος. Η ικανοποίηση της αυξανόμενης αυτής ανάγκης μπορεί να προκύψει από την ανάπτυξη 3D Κ. Αυτό καθίσταται αναγκαίο για την ορθολογικότερη διαχείριση του δομημένου περιβάλλοντος και για τον έλεγχο της νομιμότητας της χρήσης του χώρου και των δημοσιονομικών εφαρμογών.

Το 2D Κ επηρεάζει πολυδιάστατα την ανάπτυξη και υλοποίηση της πολιτικής γης. Όμως, η περισσότερο ολοκληρωμένη 3D γνώση της νομικής και τεχνικής

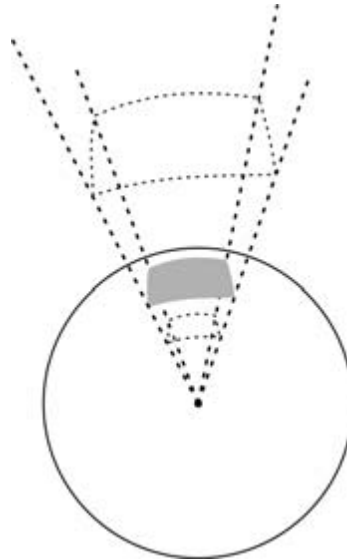
διάστασης κάθε ακινήτου μπορεί να εξυπηρετήσει περισσότερο ρεαλιστικά και εφικτά σχέδια δράσης. Το 3D Κ θα καθορίζει τη θέση του γεωτεμαχίου, καθώς και τα όριά του στις τρεις διαστάσεις. Επίσης, το 3D Κ θα απαιτεί λύσεις για οργάνωση και διαχείριση 3D και πολυεπίπεδης πληροφορίας (Benhamu και Dousher, 2001). Μια πλήρης τρισδιάστατη κτηματολογική εγγραφή σημαίνει την εισαγωγή της έννοιας των περιουσιακών δικαιωμάτων στον τρισδιάστατο χώρο (Stoter και Salzman, 2001). Το 3D Κ μοντέλο μπορεί να θεωρηθεί ένα 2D μοντέλο, όπου μπορεί να κρατηθεί ο 2D καθορισμός του αντικειμένου και να προστεθούν μερικές τρισδιάστατες επεκτάσεις (Billen και Zlatanova, 2001).

Ένα 3D Κ μπορεί να οριστεί ως ένα σύστημα, το οποίο δίνει πληροφορίες και επεκτείνεται σε χρήσεις, που αποσκοπούν στην αξιοποίηση του υπόγειου και υπέργειου χώρου ενός γεωτεμαχίου, δηλαδή στη βέλτιστη αξιοποίηση του χώρου. Ένα τέτοιο σύστημα Κ μπορεί να λειτουργήσει, αν εναρμονιστεί πλήρως με το υφιστάμενο νομικό καθεστώς κτηματογράφησης που ισχύει σε κάθε χώρα ή με ένα νέο νομικό πλαίσιο, που θα διαμορφωθεί ειδικά για να υποστηρίξει μια τέτοια ανανεωτική προσπάθεια.

Σε ορισμένες χώρες, τα ιδιοκτησιακά δικαιώματα σε ένα γεωτεμάχιο δεν υπόκεινται σε χωρικούς περιορισμούς και μπορούν να εκτείνονται απεριόριστα πάνω και κάτω από τη Φ.Γ.Ε.. Στην περίπτωση αυτή, τα δικαιώματα περιλαμβάνουν την αποκλειστική χρήση του χώρου επί του γεωτεμαχίου, καθώς και πάνω και κάτω από αυτό. Οι εξαιρέσεις στον κανόνα αυτό είναι η χρήση του χώρου από άλλο φυσικό ή νομικό πρόσωπο, σε τέτοιο βάθος ή ύψος που να μην επηρεάζεται η χρήση του γεωτεμαχίου, για παράδειγμα μεταλλεία, εναέριος χώρος πτήσεων κ.τ.λ.. Σε άλλες χώρες, η εκμετάλλευση του χώρου του γεωτεμαχίου καθ' ύψος και βάθος περιορίζεται με ρητό τρόπο και σε συνάρτηση με τις ειδικότερες επιτρεπόμενες χρήσεις.

Σε κάθε περίπτωση, μεταξύ του μέγιστου ύψους και του μέγιστου βάθους δημιουργείται ένας χώρος, στον οποίο αναπτύσσονται νομικά και πραγματικά δικαιώματα με πολυεπίπεδη κατανομή από τη σύνθετη αξιοποίηση του χώρου ή από τη σύνθετη παραγωγή ακινήτων. Άρα, τα πολλών διαστάσεων δικαιώματα τέμνουν το χώρο αυτό και κατανέμονται σε αυτόν.

Επομένως, δημιουργείται η απαίτηση για 3D Κ, στο οποίο θα απεικονίζεται σε κάθε χρονική στιγμή η χωρική κατάσταση, με την καταγραφή των χωρικά σύνθετων δικαιωμάτων και μέσω του οποίου θα καθίσταται δυνατή η αποτελεσματικότερη διαχείριση του υπερκείμενου και υποκείμενου χώρου του γεωτεμαχίου.



Εικόνα 16 : Απεικόνιση της χωρικής έκτασης του δικαιώματος της ιδιοκτησίας σε γεωτεμάχιο (πηγή : Stoter, 2004)

Στην εικόνα 16 φαίνεται με γκρι χρώμα το μέγιστο επιτρεπόμενο βάθος εκμετάλλευσης των γεωτεμαχίων και με διακεκομμένη γραμμή το μέγιστο επιτρεπόμενο ύψος.

Ένα 3D Κ καταγράφει τα ακίνητα, τα οποία θεωρούνται ως τρισδιάστατες μονάδες ιδιοκτησίας (3D property units). Ειδικότερα καταγράφει τα τρισδιάστατα εμπράγματα δικαιώματα αντικειμένων (3D right- objects) και τα τρισδιάστατα φυσικά αντικείμενα (3D physical objects). Η καταγραφή των 3D right- objects είναι πιο εύκολη από την καταγραφή των 3D physical objects. Ένα 3D εμπράγματο δικαίωμα είναι η 3D αναπαράσταση ενός δικαιώματος σε ένα δισδιάστατο γεωτεμάχιο και αφορά σε μια 3D καταγραφή. Όλα τα επιμέρους 3D εμπράγματα δικαιώματα αντικειμένων, που είναι μέρος ενός μοναδικού αντικειμένου της φυσικής πραγματικότητας, μπορούν να ανευρεθούν στη βάση δεδομένων, αφού συνδέονται με το αντικείμενο αυτό μέσω του ίδιου κωδικού εγγραφής. Η καταγραφή των αντικειμένων της φυσικής πραγματικότητας απαιτεί μια τελείως διαφορετική νέα αντίληψη και προσέγγιση. Σε αυτή την περίπτωση, τα 3D αντικείμενα αποτελούν τη βάση της κτηματολογικής καταγραφής και όχι τα δισδιάστατα γεωτεμάχια. Για να αποδειχθεί μια τέτοια καταγραφή και να καταστεί αδιαμφισβήτητη πρέπει να διαμορφωθεί και να εφαρμοστεί το κατάλληλο θεσμικό πλαίσιο. Πλεονέκτημα αυτής της καταγραφής, είναι ότι διατηρεί τις χωρικές και μη χωρικές πληροφορίες των αντικειμένων, οπότε μπορούν να γίνονται ερωτήσεις στο σύστημα και να δίνονται απαντήσεις με ακρίβεια.

### 3.1. Πλαίσιο του 3D Κτηματολογίου

Η μελέτη στα 3D κτηματολογικά συστήματα γίνεται με βάση τρία πλαίσια, που καθορίζουν τους περιορισμούς, τις δυνατότητες και τις ανάγκες των 3D κτηματολογικών εγγραφών. Τα πλαίσια αυτά, τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με ιεραρχική σειρά, είναι τα εξής :

- Νομικό πλαίσιο, το οποίο ορίζει το πώς μπορεί να καθιερωθεί το νομικό καθεστώς των στρωματοποιημένων ακινήτων, πώς προσδιορίζονται τα ιδιοκτησιακά όρια πέρα από τα κλασικά 2D όρια και ποια είναι τα δικαιώματα και πώς μπορούν αυτά να χρησιμοποιηθούν.
- Κτηματολογικό πλαίσιο, το οποίο (αφού καθοριστεί πρωτίστως το νομικό καθεστώς για 3D περιπτώσεις ιδιοκτησίας και περιγραφθεί σαφώς με τίτλους και εργασίες πεδίου) προσδιορίζει το πώς θα καταγραφούν τα δικαιώματα και οι περιορισμοί στις ιδιοκτησίες (οριοθετημένα σε τρεις διαστάσεις) στο κτηματολογικό σύστημα και πώς θα παρέχονται πληροφορίες σχετικά με το νομικό καθεστώς των 3D περιπτώσεων ακινήτων.
- Τεχνικό πλαίσιο, το οποίο καθορίζει ποια αρχιτεκτονική συστήματος είναι απαραίτητη και τεχνολογικά δυνατή για τη στήριξη 3D κτηματολογικών εγγραφών, δηλαδή ποια υλικά υπολογιστών, λογισμικά, δομές δεδομένων κ.ά. πρέπει να χρησιμοποιηθούν.

### 3.1.1. Τεχνικές πτυχές του 3D κτηματολογίου

Σύμφωνα με τους Aïen, Rajabifard (2011), οι τεχνικές πτυχές του 3D Κ διαφέρουν ανάλογα με το περιεχόμενο και μπορούν να ταξινομηθούν σε διαφορετικά επίπεδα με βάση τους στόχους :

- 3D καταγραφή των δεδομένων

Σε αυτό το στάδιο γίνεται έρευνα για τους τύπους των 3D κτηματολογικών αντικειμένων που πρέπει να συλλεχθούν (κτίρια, αγωγοί, σήραγγες κ.τ.λ.). Επίσης, μελετώνται οι μέθοδοι που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη συλλογή 3D δεδομένων (κτηματολόγιο, εναέρια φωτογραμμετρία, laser scanning, Pictometry, mobile mapping κ.τ.λ.). Ο συνδυασμός των διαφόρων μεθόδων 3D καταγραφής δεδομένων αποτελεί μια καλή επιλογή, ενώ οι διατομές χρησιμοποιούνται για την οπτικοποίηση των αντικειμένων κατά την κάθετη διεύθυνση.

- 3D αναπαράσταση των δεδομένων

Στο στάδιο αυτό γίνεται η απεικόνιση των 3D κτηματολογικών αντικειμένων, καθώς και 3D και 2,5D αναλύσεις της επιφάνειας της γης, με διανυσματικά και ψηφιδωτά αρχεία. Τα 3D GIS και CAD συστήματα παρέχουν αυτή την ευκαιρία, ενώ σήμερα τα 2D σχέδια είναι αυτά που χρησιμοποιούνται για την αναπαράσταση 3D στοιχείων στα περισσότερα κτηματολογικά συστήματα.

- Ενημέρωση του Κ

Το στάδιο αυτό αφορά στην ενημέρωση των κτηματολογικών αντικειμένων στη βάση δεδομένων. Η γεωμετρία και η τοπολογία των 3D αντικειμένων είναι σύνθετες έννοιες και πρέπει να διατηρηθούν σε ένα 3D Data Base Model System (DBMS). Επί του παρόντος, όμως, χρησιμοποιείται 2D DBMS για το 3D Κ.

- Δεδομένα 3D modeling

Σε αυτό το στάδιο μελετάται η ανάπτυξη μοντέλων δεδομένων για τον εντοπισμό 3D αντικειμένων και των μεταξύ τους σχέσεων. Αυτού του είδους τα δεδομένα επιτρέπουν τη συλλογή, διαχείριση, ανάλυση και οπτικοποίηση 3D δικαιωμάτων και περιορισμών επί της γης. Τα περισσότερα από τα υπάρχοντα κτηματολογικά μοντέλα δεδομένων είναι 2D, όπως το μοντέλο δεδομένων EPLAN (ICSM, 2009).

## 3.2. Είδη 3D Κτηματολογίου

Η ανάπτυξη ενός 3D Κ μπορεί να γίνει σε διάφορα επίπεδα προσέγγισης της τρίτης διάστασης και σε διάφορα επίπεδα πληρότητας των 3D Κ καταγραφών. Παρακάτω παρουσιάζονται τα βασικά επίπεδα ανάπτυξης 3D Κ, τα οποία έχουν υιοθετηθεί από την ολλανδική σχολή.

### 3.2.1. Πλήρες 3D κτηματολόγιο

Σε αυτή την περίπτωση καταργείται η έννοια του 2D γεωτεμαχίου (2D parcel) και ισχύει πλέον η έννοια ενός 3D αντικειμένου ως βάση αναφοράς και καταγραφής. Επομένως, απαιτείται ο προσδιορισμός ενός 3D χωρικού μοντέλου. Όλα τα εμπράγματα δικαιώματα, τα οποία είναι νομικά κατοχυρωμένα, αναφέρονται στον 3D χώρο, ο οποίος υποδιαιρείται σε ογκομετρικά τεμάχια. Το συγκεκριμένο μοντέλο 3D Κ απαιτεί ειδική αντιμετώπιση στον τρόπο καταγραφής. Τα απαιτούμενα δεδομένα συλλογής αφορούν κυρίως στη γεωμετρία και στην τοπολογία των 3D γεωτεμαχίων. Όλα τα γεωτεμάχια, που είναι μέχρι τώρα καταγεγραμμένα στο επίπεδο της επιφάνειας του εδάφους, πρέπει να μετατραπούν σε 3D αντικείμενα του χώρου. Κάτι τέτοιο, βέβαια, επιβάλλει την τροποποίηση του ισχύοντος νομικού πλαισίου, αφού η καταγραφή των 3D εμπράγματων δικαιωμάτων και η χαρτογράφηση των 3D νομικά προσδιορισμένων αντικειμένων μπορεί να εφαρμοστεί μόνο στην περίπτωση που αυτά τα δικαιώματα είναι νομικά έγκυρα. Μια τέτοια διαδικασία είναι πολύπλοκη, δαπανηρή και κυρίως χρονοβόρα.

Η δημιουργία ενός νέου πλήρους 3D Κ ή ακόμη και η ενσωμάτωση της 3D πραγματικότητας σε υφιστάμενο σύστημα, απαιτεί πολλές τροποποιήσεις στις υφιστάμενες διαδικασίες. Απαιτείται ένας τελείως διαφορετικός τρόπος καταγραφής των εμπράγματων δικαιωμάτων, αφού το μοναδιαίο στοιχείο αναφοράς δεν είναι πλέον το 2D γεωτεμάχιο, αλλά το 3D αντικείμενο της φυσικής πραγματικότητας. Ένα 3D Κ προϋποθέτει μια 3D δομή δεδομένων, που να μπορεί να στηρίξει και να ενσωματώσει τα 3D στοιχεία. Ως άμεση συνέπεια αυτού, για την πλήρη 3D περιγραφή απαιτούνται 3D δεδομένα (x, y, z συντεταγμένες).

Η βάση δεδομένων (Β.Δ.) πρέπει απαραίτητα να παρέχει 3D υποστήριξη, τόσο από γεωμετρική, όσο και από τοπολογική άποψη. Πρέπει, δηλαδή, να υπάρχει ισορροπία μεταξύ τοπολογίας και γεωμετρίας. Τα πλεονεκτήματα

από την υποστήριξη της τοπολογικής δομής των γεωγραφικών αντικειμένων μέσα στο σύστημα διαχείρισης των Β.Δ. είναι πολλά και ουσιαστικά. Συγκεκριμένα, η δυνατότητα αυτή εμποδίζει την αποθήκευση περιπτώσεων στοιχείων, όπως κοινές πλευρές, κορυφές και ακμές, είναι ευκολότερη η διατήρηση της συνέπειας των δεδομένων μετά από τις λειτουργίες της επεξεργασίας και της ενημέρωσης, η τοπολογική δομή μπορεί να χρησιμοποιηθεί ικανοποιητικά σε ορισμένες εφαρμογές εύρεσης επιθυμητών χωρικών σχέσεων μέσω ερωτήσεων στη Β.Δ. και τέλος, η δυνατότητα αυτή διευκολύνει σύνθετες λειτουργίες, όπως επικάλυψη χαρτών, λειτουργίες τομής, συνένωσης κ.τ.λ..

### 3.2.2. Υβριδική μορφή 3D κτηματολογίου

Στην περίπτωση αυτή διατηρείται το υφιστάμενο 2D Κ, με προσθήκη της τρίτης διάστασης, μόνο για περιπτώσεις που αυτό επιβάλλεται. Γίνεται, δηλαδή, 3D αναπαράσταση (οπτικοποίηση) της πραγματικότητας για σύνθετες χωρικά περιπτώσεις.

Η νέα αυτή μορφή θα αποτελέσει μια προέκταση του ισχύοντος Κ με ενσωμάτωση σε αυτό και των 3D καταγραφών. Η Β.Δ. θα τροποποιηθεί μόνο στο βαθμό που απαιτείται, ώστε να γίνουν αποδεκτά από αυτή και τα 3D αντικείμενα (x, y, z). Οι σχέσεις μεταξύ των διδιάστατων γεωτεμάχιων και των 3D πραγματικών αντικειμένων θα διατηρηθούν με απόλυτη σαφήνεια από το σύστημα.

Μια υβριδική προσέγγιση για το άμεσο μέλλον αποτελεί την ιδανικότερη λύση. Τόσο οι 2D, όσο και οι 3D πληροφορίες είναι διαθέσιμες απ' ευθείας από τη Β.Δ. και μπορούν να συνδυαστούν και να αξιοποιηθούν αυτόματα. Ένα πολύ θετικό στοιχείο είναι ότι διατηρείται η ισχύουσα Β.Δ. και γίνονται πλέον εγγραφές 3D αντικειμένων, έτσι όπως αυτά τεκμηριώνονται νομικά. Γίνεται, λοιπόν, χωρική απεικόνιση των 3D γεω-αντικειμένων στην υπάρχουσα 2D Β.Δ., των οποίων διατηρούνται τα χαρακτηριστικά, αλλά και τα δικαιώματα και οι περιορισμοί που τα αφορούν.

Στην υβριδική λύση τα 3D αντικείμενα, όταν απαιτείται, σχεδιάζονται και επισυνάπτονται ως συμπληρωματικά στοιχεία σε μια Κ εγγραφή, επειδή υπάρχει αναφορά σε ψηφιακά και όχι αναλογικά στοιχεία, τα οποία συμπεριλαμβάνονται στο σύστημα διαχείρισης της Β.Δ.. Άρα, γίνεται φανερό, ότι το σημείο εκκίνησης για την υλοποίηση και στη συνέχεια χρησιμοποίηση ενός 3D Κ, είναι να βελτιωθεί κατά τέτοιο τρόπο η αρχιτεκτονική του συστήματος διαχείρισης δεδομένων, ώστε να μπορούν να διατηρηθούν και να αποθηκευτούν σε αυτή την ενιαία και βελτιωμένη βάση, τόσο τα 2D, όσο και τα 3D δεδομένα. Επομένως, με αυτές τις συνθήκες, θα επιτυγχάνεται η αποθήκευση των γεωμετρικών χαρακτηριστικών, τόσο των 2D γεωτεμαχίων, όσο και των 3D αντικειμένων.

Ένα βασικό μειονέκτημα είναι το γεγονός, ότι η υβριδική μορφή του 3D Κ στηρίζει μια περιορισμένη τοπολογία. Υποστηρίζονται, δηλαδή, οι τοπολογικές σχέσεις που ισχύουν στα διάφορα μέρη ενός αντικειμένου, όχι όμως και αυτές που υπάρχουν μεταξύ των διαφορετικών 3D αντικειμένων ή μεταξύ ενός 3D αντικειμένου και ενός 2D γεωτεμαχίου.

### 3.2.3. 2D κτηματολόγιο με 3D εξωτερικές αναφορές

Αυτή η περίπτωση είναι η περισσότερη εφαρμοζόμενη σήμερα και η λιγότερο παρεμβατική και ανανεωτική λύση. Διατηρείται το παραδοσιακό Κ και παρουσιάζονται 3D σύνθετες χωρικές καταστάσεις με εξωτερικές αναφορές. Οι καταστάσεις αυτές εξακολουθούν να αντιμετωπίζονται με επιτόπιες λύσεις και οι εξωτερικές αναφορές μπορεί να είναι για παράδειγμα ένα συνημμένο ψηφιακό σχέδιο CAD. Μια πιο εξελιγμένη λύση θα ήταν η προσθήκη της εξωτερικής αναφοράς να συνοδεύεται και με περιγραφή του 3D αντικειμένου.

### 3.2.4. 2,5D κτηματολόγιο

Στην περίπτωση αυτή ενυπάρχει το στοιχείο του ύψους, όταν τα περισσότερα αντικείμενα του χώρου έχουν μια σταθερή και εκ των προτέρων αποδεκτή από το σύστημα τιμή κατά την τρίτη διάσταση. Το ύψος δίνεται περιγραφικά, αποτελεί χωριστό πεδίο στη Β.Δ. και υπάρχει η δυνατότητα να αναπαρίσταται χωρικά μέσω ενός ψηφιακού μοντέλου εδάφους.

## 3.3. Ενσωμάτωση 3D Δεδομένων σε 2D Κτηματολόγιο

Ανεξάρτητα από το κτηματολογικό σύστημα που λειτουργεί σε κάθε χώρα, η μοντελοποίηση των κτηματολογικών δεδομένων σε κάθε περίπτωση, στηρίζεται και λειτουργεί βάσει του βασικού σχήματος *πρόσωπο – ακίνητο - δικαίωμα*. Το σχήμα αυτό τροποποιείται ανάλογα με τις διαφορετικές προσεγγίσεις ανάπτυξης των κτηματολογικών συστημάτων και προσαρμόζεται στο θεσμικό πλαίσιο, τις διοικητικές δομές, τις επιλογές και το τεχνολογικό επίπεδο κάθε χώρας.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, για την επιτυχή μετάβαση από ένα 2D Κ σε ένα 3D Κ απαιτείται η προσθήκη 3D δεδομένων στη Β.Δ., η οποία αποτελείται από δεδομένα δύο διαστάσεων. Πολλές μελέτες έχουν γίνει σε ερευνητικό επίπεδο για τον τρόπο που μπορεί να γίνει αυτή η ενσωμάτωση. Αυτή η διαδικασία θα στηρίζεται στη συλλογή και επεξεργασία των 3D δεδομένων, στη μοντελοποίηση και αποθήκευσή τους στο υφιστάμενο σύστημα διαχείρισης 2D δεδομένων και στην οπτική αναπαράσταση των δεδομένων και στη δυνατότητα υποβολής ερωτήσεων σε αυτά.

Αρχικά, λοιπόν, η 3D χωρική πληροφορία, αφού συλλεχθεί, πρέπει να υποστεί ορισμένες τροποποιήσεις και γενικεύσεις, ώστε να προκύψει το εξωτερικό μέρος του 3D αντικειμένου, χωρίς τις εσωτερικές σε αυτό λεπτομέρειες. Μια εναλλακτική λύση είναι να μετρηθούν τα 3D αντικείμενα, αλλά αυτό είναι πολύ χρονοβόρο και δύσκολο, κυρίως σε περιπτώσεις υπόγειων κατασκευών. Άλλες προτεινόμενες λύσεις είναι είτε η χρήση ενός σχεδίου CAD, από το οποίο θα παραμείνουν μετά από αφαιρετική διαδικασία τα στοιχεία που ορίζουν το εξωτερικό μέρος του αντικειμένου, είτε ο μετασχηματισμός των δεδομένων, που ήδη υπάρχουν στη βάση, σε ένα σύνολο 3D αντικειμένων με υψομετρική πληροφορία σε τοπικό επίπεδο και σε μοντέλα με υψομετρική πληροφορία σε εθνικό υψομετρικό επίπεδο.



Γενικά, απαιτείται ο καθορισμός υψομετρικής αφητηρίας, πάνω στην οποία θα δομηθούν όλα τα 2D και 3D αντικείμενα. Η υψομετρική αυτή αφητηρία θα αποτελέσει το σημείο για τη συσχέτιση των 2D και 3D δεδομένων. Τα 3D αντικείμενα θα αποθηκευτούν, είτε ως αντικείμενα που προέκυψαν από αφαιρετική διαδικασία ενός 3D σχεδίου CAD, είτε ως πολυέδρα, σφαίρες, κύλινδροι, είτε ως τετράεδρα.

Η ενσωμάτωση 3D κτηματολογικών καταγραφών στο ισχύον κτηματολογικό μοντέλο προϋποθέτει, λοιπόν, ότι εκτός από τις συντεταγμένες  $x$ ,  $y$ ,  $z$  των κορυφών των πολυγώνων των ιδιοκτησιών που εγγράφονται στο  $K$ , πρέπει να προστεθεί και το ύψος σε κάθε κορυφή. Με τον τρόπο αυτό, δημιουργείται το στερεό των ιδιοκτησιών που πρόκειται να απεικονιστούν στον 3D χώρο. Η 3D καταγραφή που δημιουργείται, περιλαμβάνει τα ιδιοκτησιακά δικαιώματα, τις χρήσεις ή άλλες δραστηριότητες, π.χ. οικονομικές, που μπορούν να πραγματοποιηθούν εντός του περιγράμματος του στερεού, υπό μορφή συνιδιοκτησίας, πολλαπλών επικαλυπτόμενων δικαιωμάτων κ.ά.

Ο νομοθέτης έχει προβλέψει τη δυνατότητα για αλλαγές στη δομή και τη διάρθρωση του  $K$ , έτσι ώστε να υπάρχει δυνατότητα μελλοντικής διεύρυνσης σε περιπτώσεις, που η σημερινή μορφή του  $K$  δεν μπορεί να δώσει λύση. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με το Ν.2664/1998, Άρθρο 2, παράγραφος 6 («Αρχή του Ανοιχτού Κτηματολογίου»), το  $K$  διέπεται από *«την αρχή της καταλληλότητας του Κτηματολογίου ως συστήματος δεκτικού καταχώρισης και πρόσθετων κατηγοριών πληροφοριών σε οποιοδήποτε χρόνο στο μέλλον μας»*.

Επίσης, η ενσωμάτωση 3D αντικειμένων στη βάση επιτρέπει τη διεξαγωγή ερωτήσεων, που να συνδυάζουν χαρακτηριστικές ιδιότητες, τόσο των 2D όσο και των 3D δεδομένων. Για παράδειγμα, μπορεί να γίνει αναζήτηση όλων των γεωτεμαχίων που τέμνουν ένα συγκεκριμένο ή εφάπτονται με ένα συγκεκριμένο αντικείμενο του χώρου. Η τοπολογία τότε δεν υλοποιείται απ' ευθείας, αλλά μέσω χωρικών συσχετίσεων.

Είναι προφανές, λοιπόν, ότι η μετάβαση σε ένα 3D κτηματολογικό σύστημα ή σε ένα σύστημα που περιλαμβάνει 3D καταγραφές απαιτεί αρκετές αλλαγές στον αστικό κώδικα, καθώς και στους νόμους που διέπουν το Ε.Κ..

Ενδεικτικά, τα βήματα μετάβασης σε ένα 3D Κτηματολογικό σύστημα ή σε ένα σύστημα που περιλαμβάνει επιλεκτικά 3D καταγραφές είναι :

- Ανάλυση της βάσης δεδομένων του Ε.Κ.
- Περιβάλλον Εφαρμογής- Επιλογή Λογισμικού
- Μετασχηματισμός της γεωμετρίας του γεωτεμαχίου
- Δημιουργία 3D προτύπου για την καταγραφή των 3D ιδιοκτησιών.

### **3.4. Μετάβαση από 2D Κτηματολόγιο σε 3D Κτηματολόγιο**

Ένα πλήρες 3D σύστημα χωρικών πληροφοριών δίνει λύση σε κάθε περίπτωση και επιτρέπει την καταγραφή ακόμα και των χωρικά πιο σύνθετων ιδιοκτησιακών δικαιωμάτων, σε αντίθεση με το υφιστάμενο 2D Κ, που αντιμετωπίζει προβλήματα ορθής καταγραφής σύνθετων καταστάσεων. Για την ανάπτυξη ενός τέτοιου συστήματος απαιτούνται εξ' αρχής τα κατάλληλα 3D δεδομένα, ώστε να εξασφαλισθεί η λειτουργία του. Αυτό συνεπάγεται την ανάγκη για x, y, z συντεταγμένες, απαιτεί, δηλαδή, επιπρόσθετες μετρήσεις πεδίου για όλα τα γεωτεμάχια της χώρας, διαδικασία που είναι πολύ χρονοβόρα και ακριβή. Με χρήση, βέβαια G.P.S. η διαδικασία αυτή γίνεται πιο εύκολη και λιγότερο χρονοβόρα. Το πρόβλημα, όμως, με τις νέες συντεταγμένες, καθώς και της αναμόρφωσης όλων των κτηματολογικών διαγραμμάτων παραμένει.

Κατά την τελευταία δεκαετία έχει πραγματοποιηθεί παγκοσμίως πλήθος δραστηριοτήτων σχετικά με 3D κτηματολόγια και με την εφαρμογή του 3D κτηματολογικού μοντέλου. Στα λειτουργούντα συστήματα Κ γίνονται προσπάθειες, ώστε να γίνει με επιτυχία η μετάβαση από 2D σε 3D Κ. Οι περιπτώσεις που απαιτείται αντιμετώπιση με 3D Κ διαφοροποιούνται από χώρα σε χώρα. Οι διαφορετικές περιπτώσεις πρέπει να αντιμετωπίζονται με συγκεκριμένο και νομικά κατοχυρωμένο τρόπο. Η αρχή της παγκόσμιας συνειδητοποίησης του θέματος στα 3D κτηματολόγια έγινε από το Delft University of Technology το Νοέμβριο του 2001 (η προσπάθεια χρηματοδοτήθηκε από την F.I.G.). Ωστόσο, καμία χώρα στον κόσμο δεν έχει ακόμα αναπτύξει ένα θεμελιώδες κτηματολογικό σύστημα. Παρ' όλα αυτά, αρκετές χώρες, όπως η Αυστρία, η Αυστραλία, η Γερμανία, οι Η.Π.Α., ο Καναδάς, το Ισραήλ, η Ολλανδία, η Νορβηγία, η Σουηδία κ.ά., έχουν λύσει βασικά ζητήματα σχετικά με την 3D καταχώρηση των περιουσιών, ιδιαιτέρως από νομική άποψη. Χώρες, όπως η Ολλανδία, η Αυστραλία και το Ισραήλ αποτελούν τους πρωτοπόρους σε αυτό το όραμα.

#### **3.4.1. Διεθνή πρωτότυπα συστήματα κτηματολογίου**

Παρακάτω αναφέρονται εφαρμογές 3D Κ μερικών από αυτών των χωρών, οι οποίες αναφέρθηκαν προηγουμένως.

##### **3.4.1.1. Ολλανδία**

Στην Ολλανδία, η πολυεπίπεδη χρήση της γης δεν είναι νέο φαινόμενο. Κατά το Μεσαίωνα κάτω από τους δρόμους, κατά μήκος των κρηπιδωμάτων, υπήρχαν ήδη ολλανδικές πόλεις (εικόνα 17), καθώς και για περισσότερο από έναν αιώνα, καταστήματα, χώροι εργασίας, παμπ, ακόμη και σπίτια, βρίσκονταν κάτω από γέφυρες σιδηρόδρομων. Πώς όμως 3D καταστάσεις όπως αυτές καταγράφονται στην τρέχουσα κτηματολογική εγγραφή; Ποιες είναι οι επιπλοκές αυτών των εγγραφών και γιατί το ερώτημα για ένα 3D κτηματολόγιο τέθηκε πρόσφατα; Για να απαντηθούν αυτά τα ερωτήματα, έγινε πρώτα μια απογραφή των τρεχουσών κτηματολογικών εγγραφών από το κτηματολόγιο της Ολλανδίας, όπου εξετάστηκαν οι 3D πτυχές των εγγραφών.



Εικόνα 17 : Υπόγεια κελάρια κάτω από τους δρόμους της Ουτρέχτης- Ολλανδία (πηγή : Stoter, 2004)

Πολλοί τύποι κτηματολογίων υπάρχουν ανάλογα με τα χαρακτηριστικά κάθε χώρας, όπως η τοπική πολιτιστική κληρονομιά, η φυσική γεωγραφία, οι χρήσεις γης, η τεχνολογία κ.τ.λ.. Ο τύπος του κτηματολογίου (οργάνωση, τεχνική εφαρμογή κ.τ.λ.) επηρεάζει τις ανάγκες, καθώς και οι δυνατότητες για 3D εγγραφή (Stoter, 2004).

Η Ολλανδία έχει μια πράξη καταχώρισης, η οποία διατηρείται μαζί με την κτηματολογική καταχώριση από έναν οργανισμό : το ολλανδικό κτηματολόγιο (Netherlands' Kadaster). Η εθνική κυβέρνηση (Υπουργείο Χωροταξίας, Στέγασης και Περιβάλλοντος) έχει την ευθύνη για το κτηματολόγιο , αν και ο οργανισμός Kadaster είναι ένας ανεξάρτητος οργανισμός από το 1994. Ο οργανισμός αυτός είναι οικονομικά πλήρως αυτάρκης. Μέχρι πρόσφατα, η κτηματολογική καταχώριση διατηρήθηκε σε περιφερειακό επίπεδο, αλλά είναι οργανωμένη σε μία θέση, αν και η πραγματική εγγραφή εξακολουθεί να πραγματοποιείται σε δεκαπέντε περιφερειακά γραφεία. Ο οργανισμός Kadaster εξυπηρετεί τόσο δημοσιονομικούς, όσο και νομικούς σκοπούς. Υποστηρίζει, επίσης, τη διαχείριση της γης με καταχώριση, εκτός των εμπράγματων δικαιωμάτων, των νομικών περιορισμών, που υπαγορεύονται από το Δημόσιο Δίκαιο, όπως είναι η ρύπανση του εδάφους και των μνημείων. Στην Ολλανδία, όλα τα άτομα που εμπλέκονται σε ένα δικαίωμα πρέπει να συμφωνήσουν πλήρως για την τοποθεσία και τα όρια του γεωτεμαχίου. Εκτός από τα κύρια καθήκοντα του κτηματολογίου, η ολλανδική Kadaster έχει τις ακόλουθες αρμοδιότητες :

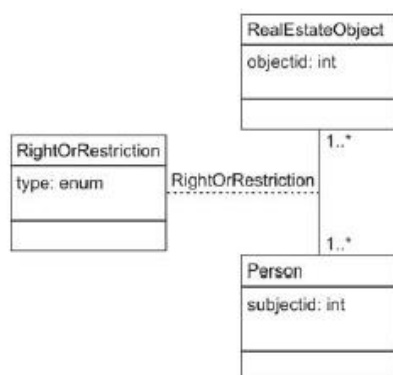
- εξυγίανση της γης
- διατήρηση των χαρτών μεγάλης κλίμακας της Ολλανδίας (GBKN)
- διατήρηση των ολλανδικών γεωμετρικών υποδομών, μαζί με το Τμήμα Τοπογράφων (NAP) από το Υπουργείο Μεταφορών, Δημοσίων Έργων και Διαχείρισης Ύδατος
- από τον Ιανουάριο του 2004, η Kadaster είναι υπεύθυνη για τα παραδοσιακά καθήκοντα της Ολλανδικής Υπηρεσίας Τοπογράφων

Η κτηματολογική καταχώριση αποτελείται από δύο μέρη :

- μία 2D γεωβάση, που περιέχει τη γεωμετρία και την τοπολογία των γεωτεμαχίων, καθώς και την ονομασία των δρόμων, τους αριθμούς των σπιτιών και των γεωτεμαχίων. Όλα αυτά αποτελούν μία βάση δεδομένων και ονομάζεται LKI (Landmeetkundig Kartografisch Informatiesysteem-Information System for Surveying and Mapping). Το LKI περιέχει επίσης τους χάρτες μεγάλης κλίμακας της Ολλανδίας (GBKN). Τόσο οι κτηματολογικοί χάρτες, όσο και οι χάρτες μεγάλης κλίμακας μπορούν να παραχθούν από τη βάση δεδομένων LKI, αφού τα αντικείμενα στη βάση δεδομένων περιέχουν έναν κωδικό, ο οποίος υποδεικνύει αν το αντικείμενο αποτελεί μέρος του συγκεκριμένου χάρτη
- μια διοικητική βάση δεδομένων, για τη διατήρηση νομικών και άλλων διοικητικών δεδομένων που αφορούν τα γεωτεμάχια.

Η σύνδεση μεταξύ της χωρικής και της διοικητικής βάσης δεδομένων γίνεται μέσω του μοναδικού αριθμού του γεωτεμαχίου.

Το σημερινό μοντέλο κτηματολογίου στην Ολλανδία, όπως και στις περισσότερες χώρες, βασίζεται σε τρία βασικά στοιχεία : ακίνητη περιουσία, πρόσωπο και δικαίωμα ή περιορισμός. Το διάγραμμα κλάσης UML (γλώσσα προγραμματισμού) του μοντέλου δεδομένων παρουσιάζεται στην εικόνα 18. Η ακίνητη περιουσία αναφέρεται στο γεωτεμάχιο και σε δικαιώματα επί διαμερίσματος. Το πρόσωπο είναι πρόσωπα ή οργανώσεις που έχουν δικαίωμα επί των γεωτεμαχίων. Εκτός από τα δικαιώματα , μπορεί να υπάρχει μια σχέση περιορισμού μεταξύ ενός αντικείμενου και ενός ατόμου, δεδομένου ότι ένα άτομο μπορεί να αποτελέσει το αντικείμενο ενός περιορισμού, π.χ. ο κάτοχος ενός αγωγού, για τον οποίο έχει δημιουργηθεί ένας περιορισμός. Η ακίνητη περιουσία και τα πρόσωπα έχουν σχέσεις μέσω των δικαιωμάτων και των περιορισμών. Ένα άτομο μπορεί να έχει δικαιώματα που συνδέονται με περισσότερα από ένα αντικείμενα (π.χ. ένα πρόσωπο κατέχει τρία γεωτεμάχια) και ένα αντικείμενο μπορεί να σχετίζεται με περισσότερα από ένα πρόσωπα (π.χ. συνιδιοκτησία). Κάθε πρόσωπο πρέπει να συνδέεται με ένα τουλάχιστον αντικείμενο και αντίστροφα.



Εικόνα 18 : Το σημερινό διοικητικό κτηματολογικό μοντέλο στην Ολλανδία σε UML διάγραμμα (πηγή : Stoter, 2004)

Η επιφάνεια αναφοράς του κτηματολογικού συστήματος καταγραφής στην Ολλανδία είναι, όπως και στις περισσότερες χώρες, το 2D γεωτεμάχιο, ενώ 3D αντικείμενα, όπως κτίρια και υποδομές δεν καταγράφονται στο κτηματολογικό σύστημα και εξαρτώνται πάντοτε από το αντίστοιχο επιφανειακό γεωτεμάχιο (με εξαίρεση τις μονάδες διαμερισμάτων). Ο Κ.Χ. περιλαμβάνει γεωτεμάχια με τους αντίστοιχους κτηματολογικούς αριθμούς τους, τα κτίρια και τα ονόματα των δρόμων. Τα φυσικά αντικείμενα που έχουν 3D χαρακτήρα, όπως γέφυρες, σιδηροδρομικές γραμμές κ.τ.λ. απεικονίζονται σε ξεχωριστά τοπογραφικά διαγράμματα. Για τα αντικείμενα που βρίσκονται κάτω από την επιφάνεια της γης, η Ολλανδία χρησιμοποιεί τον κωδικό OB (Ondergronds Bouwerk). Ο κωδικός αυτός δε δείχνει κάποιο δικαίωμα, αλλά αποτελεί μια ένδειξη 3D περίπτωσης στην περιγραφική βάση δεδομένων.

Στη χώρα αυτή έχει γίνει συστηματική προσπάθεια για την ενσωμάτωση 3D αντικειμένων στο 2D Κ. Η ιδέα των 3D εφαρμογών βασίζεται στο σκεπτικό, ότι οι πληροφορίες για την τρίτη διάσταση δεν είναι απαραίτητες για όλες τις περιπτώσεις. Οι 3D διαδικασίες πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνο όταν είναι απαραίτητες. Η Ολλανδία, λοιπόν, για να μπορέσει να είναι συνεπής με το ισχύον θεσμικό πλαίσιο, προσανατολίζεται σε μια υβριδική λύση 3D Κ και η υλοποίησή του αποτελείται από δύο φάσεις. Η πρώτη φάση αφορά στην απόκτηση γνώσεων και εμπειριών με χρήση νέων εξελιγμένων τεχνολογιών στο νομικό τομέα του 3D Κ. Η δεύτερη φάση θα στηριχθεί πάνω στις γνώσεις που θα έχουν αποκτηθεί και φυσικά στις τεχνολογίες αιχμής, με σκοπό τη δημιουργία μιας λύσης, η οποία μελλοντικά θα φέρει τη ριζική αλλαγή. Και οι δύο φάσεις στηρίζονται στο διεθνές πρότυπο L.A.D.M..

Για την υλοποίηση, λοιπόν, του 3D Κ καθιερώθηκε μια σειρά από λειτουργίες. Η λύση της πρώτης φάσης στηρίχθηκε στο ισχύον νομικό πλαίσιο, ώστε να αποφευχθούν χρονοβόρες και δύσκολες διαδικασίες αλλαγής των νόμων. Όσον αφορά στα 3D ιδιοκτησιακά δικαιώματα, δεν επιτρέπεται πλέον η κατάτμηση 2D γεωτεμαχίου μέσω προβολής των 3D αντικειμένων στον Κ.Χ., γιατί αυτό οδηγεί σε μη σαφή και ακριβή καταγραφή. Το αρχικό γεωτεμάχιο διατηρείται ως κτηματολογικό αντικείμενο, ενώ για τα επιπλέον 3D κτηματολογικά αντικείμενα απαιτείται μια πιο λεπτομερής 3D απεικόνιση, ώστε να μη δημιουργούνται ασάφειες στα ιδιοκτησιακά δικαιώματα, όπως είναι το δικαίωμα διαμερίσματος, το δικαίωμα μίσθωσης, η δουλεία κ.τ.λ.. Η λεπτομερής 3D απεικόνιση των 3D ιδιοκτησιακών αντικειμένων μπορεί να καταχωρηθεί στο σύστημα ELAN του οργανισμού Kadaster ως σχέδιο 3D PDF<sup>2</sup>. Τα αρχεία 3D PDF παρέχουν αλληλεπίδραση, έχουν δυνατότητες αναζήτησης και είναι πολύ βολικά για κατανόηση 3D καταστάσεων.

Η υποβολή του σχεδίου σε μορφή 3D PDF δεν είναι πάντα απαραίτητη κατά την πρώτη φάση. Οι υπεύθυνοι μπορούν να ορίζουν πότε είναι απαραίτητο το σχέδιο κατά την εγγραφή του δικαιώματος, για λόγους σαφήνειας, ώστε να αποφευχθεί η δημιουργία αποσπασματικών γεωτεμαχίων που προκαλείται από την προβολή 3D αντικειμένων πάνω στον Κ.Χ.. Είναι καλό οι δικαιούχοι

---

<sup>2</sup> Το 3D PDF είναι ένας νέος τύπος αρχείου, σκοπός του οποίου είναι η δημοσίευση και η κοινοποίηση 3D σχεδιαστικής πληροφορίας μέσω ενός κανονικού PDF αρχείου. Η 3D γεωμετρία εξάγεται σε PDF και μπορεί να συγχωνευθεί με ένα αρχείο κειμένου χρησιμοποιώντας λογισμικό Adobe. Το 3D μοντέλο μπορεί να εξερευνηθεί με μια ξεχωριστή εργαλειοθήκη για αλληλεπίδραση, ενώ υπάρχει η δυνατότητα κινούμενης εικόνας, προσθήκης σχολίων κ.τ.λ.. Αν δεν εμφανίζεται ψηφιακά, το αρχείο μπορεί να εκτυπωθεί και το 3D μοντέλο εμφανίζεται ως εικόνα. Πολλές εταιρείες CAD (π.χ. Bentley Systems, Autodesk) επιτρέπουν την εξαγωγή δεδομένων σε αυτού του τύπου το αρχείο.

να υποστηρίζουν την 3D απεικόνιση, γιατί η μέχρι τώρα κτηματολογική και νομική κατάσταση δε δέχεται 3D δεδομένα, ούτε μπορεί να στηρίξει ακριβή οριοθέτηση του νομικού χώρου.

Στο γεωτεμάχιο καταχωρείται, λοιπόν, η 3D απεικόνιση και η 2D προβολή της 3D απεικόνισης θα προστεθεί στον Κ.Χ. με ένα επιπλέον γραφικό επίπεδο, του οποίου το περιεχόμενο φαίνεται στον Κ.Χ. με διαφορετικό συμβολισμό από τα όρια των γεωτεμαχίων και από τα κτίρια. Με αυτό τον τρόπο, θα είναι πλέον εμφανής ο 3D νομικός χώρος στα κτηματολογικά γεωτεμάχια.

Τα δεδομένα που απαιτούνται για την 3D απεικόνιση είναι τα εξής :

- Η 3D γραφική περιγραφή του νομικού χώρου
- Οι νομικά απαιτούμενες 2D τομές μαζί με σχόλια, π.χ. βορράς, αριθμός αναγνώρισης κ.τ.λ.
- Τα 2D επιφανειακά γεωτεμάχια που επικαλύπτονται με τους 3D νομικούς όγκους, εφαρμοσμένα σε ψηφιακό μοντέλο εδάφους, ώστε να είναι τοποθετημένα στο χώρο. Η επικάλυψη του 3D χώρου με τα επιφανειακά γεωτεμάχια πρέπει να φαίνεται, για παράδειγμα μέσω χρώματος στην επικαλυπτόμενη περιοχή του επιφανειακού γεωτεμαχίου
- Τα αντικείμενα από την τοπογραφική βάση δεδομένων (LKI), που χρειάζονται αναφορά και προσανατολισμό στον 3D χώρο
- Το 3D σχέδιο πρέπει να τοποθετηθεί στο χώρο τόσο σε τοπικό σύστημα συντεταγμένων, όσο και στο εθνικό υψομετρικό σύστημα αναφοράς

Όσο ο 3D χώρος μπορεί να απεικονιστεί καλά στις τρεις διαστάσεις, η απεικόνιση γίνεται τελικά δεκτή, δηλαδή δεν είναι δυνατόν να επικυρωθούν αλλιώς τα δεδομένα, αλλά ούτε το κτηματολόγιο θα ελέγξει τα δεδομένα στο πεδίο. Άλλωστε σκοπός των 3D σχεδίων είναι η σαφής εξήγηση των συμπεριόντων των εμπλεκόμενων μερών.

#### **3.4.1.2. Ισραήλ**

Το Ισραήλ αντιμετωπίζει υψηλή πίεση σχετικά με τη χρήση της γης, διότι κάποια τμήματά του έχουν χρησιμοποιηθεί έντονα. Αυτό έχει προωθήσει την εξέλιξη ενός 3D κτηματολογίου. Αυτή τη στιγμή, στο Ισραήλ το θέμα του 3D κτηματολογίου είναι μόνο θέμα έρευνας, η οποία όμως έχει ενταχθεί ως θέμα μελέτης στο εξωτερικό. Η έρευνα αυτή επικεντρώνεται στην καταχώριση των δικαιωμάτων της γης σε τρεις διαστάσεις. Αυτό το σχέδιο έχει μια διεπιστημονική προσέγγιση, στην οποία θεωρούνται νομικές, τεχνικές, καθώς και οργανωτικές πτυχές.

Στο κέντρο της πόλης Modi'in άρχισε ένα μεγάλο έργο, το οποίο συμπεριλαμβάνει κτίρια, δρόμους, σήραγγες, ένα σιδηροδρομικό σταθμό, σταθμούς λεωφορείων κ.τ.λ.. Το έργο αυτό έχει χρησιμοποιηθεί για να εξεταστεί το τρέχον σύστημα καταγραφής της γης στο Ισραήλ και τώρα χρησιμοποιείται για τη μελέτη των δυνατοτήτων για 3D εγγραφή. Οι γεωδαίτες μηχανικοί του τεχνολογικού ινστιτούτου του Ισραήλ διεξάγουν έρευνα, προκειμένου να βρεθεί μια κτηματολογική λύση για αξιοποίηση του χώρου πάνω και κάτω από την επιφάνεια και να καθοριστούν τα χαρακτηριστικά ενός μελλοντικού 3D κτηματολογίου, το οποίο θα αντικαταστήσει το υπάρχον 2D

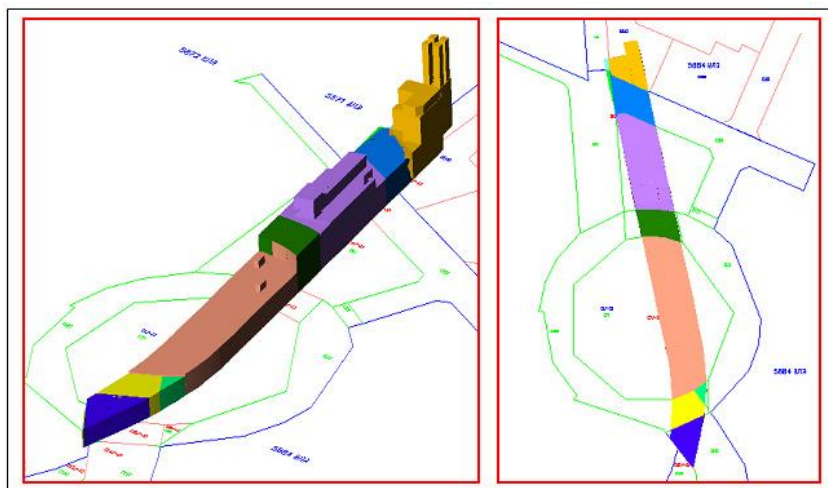
κτηματολόγιο. Στην έρευνα αυτή ορίστηκαν πολλές εναλλακτικές λύσεις για ένα 3D κτηματολόγιο, οι οποίες βασίστηκαν σε διαφορετικές εκτιμήσεις. Οι καθορισμένες εναλλακτικές λύσεις θα μελετηθούν με περισσότερες λεπτομέρειες σε μελλοντικές έρευνες. Οι εκτιμήσεις αυτές δεν έχουν ακόμη λάβει υπόψη ζητήματα που αφορούν στην εννοιολογική μοντελοποίηση ενός 3D κτηματολογίου.

Οι εναλλακτικές λύσεις βασίστηκαν στα εξής κριτήρια :

- μοντέλα διαχείρισης πολυστρωματικής πληροφορίας
- εναλλακτικές λύσεις για την καταχώριση πολυεπίπεδων ακινήτων χρησιμοποιώντας τα υπάρχοντα εργαλεία 3D κτηματογράφησης
- εννοιολογικός προσδιορισμός των χωρικών ορίων των γεωτεμαχίων
- διευθέτηση της γης για 3D κτηματολόγιο
- 3D κτηματολογική βάση δεδομένων : υβριδικό ή ολοκληρωμένο σύστημα
- μέτρηση των απαιτούμενων 3D δεδομένων

Ο κατάλογος των κριτηρίων έχει οριστικοποιηθεί, όπως και το κόστος, η σκοπιμότητα, η ευελιξία, η συνέχεια και η ποιότητα, προκειμένου να αξιολογηθούν οι διάφορες εναλλακτικές λύσεις. Ο σχεδιασμός ενός εννοιολογικού μοντέλου για ένα 3D κτηματολόγιο θα είναι το επόμενο βήμα, αφού επιλεγεί η καλύτερη εναλλακτική λύση.

Οι δραστηριότητες στον υπόγειο και στον υπέργειο χώρο έγιναν δυνατές μέσω κατανομής ή απαλλοτρίωσης συγκεκριμένων τμημάτων στο χώρο που περιέχονται μεταξύ των κάθετων ορίων του γεωτεμαχίου επιφανείας, ενώ η χωρική καταγραφή επιτεύχθηκε με την υποδιαίρεση του χώρου του επιφανειακού γεωτεμαχίου σε χωρικά υπό-τεμάχια. Οι εφαρμογές στο πρωτότυπο περιλάμβαναν συν τοις άλλοις : την παραγωγή αλφαριθμητικών πληροφοριών που αναφέρονται στο επιφανειακό τεμάχιο, στο χωρικό υπό-τεμάχιο και στο σύνολο εγγραφών, αλλά και μια 2D και 3D απεικόνιση όλων των χωρικών υποτεμαχίων που υπάρχουν μέσα στο χώρο αναφερόμενα σε ένα επιφανειακό γεωτεμάχιο και μια γραφική απεικόνιση των αρχικών επιφανειακών γεωτεμαχίων (εικόνα 19), όπου γίνεται φανερό ότι η ικανότητα απεικόνισης 3D χαρακτηριστικών των ιδιοκτησιών εξασφαλίζει έναν καλύτερο ορισμό της νομικής κατάστασης των ιδιοκτησιών μέσα στην πολυεπίπεδη πραγματικότητα.



Εικόνα 19 : 3D και 2D απεικόνιση του χωρικού γεωτεμαχίου και των χωρικών υποτεμαχίων πάνω στα υφιστάμενα γεωτεμάχια του σιδηροδρομικού σταθμού της πόλης Modi'in (πηγή : Grinstein)

Κάθε έργο που εγκαθίσταται σε ένα από τα χωρικά υπό- τεμάχια (πάνω ή κάτω από την επιφάνεια της γης) οριοθετείται και προσδιορίζεται στερεομετρικά από ένα τελικό 3D περίγραμμα και τον όγκο του. Τα χωρικά υπό- τεμάχια περιλαμβάνονται μέσα σε σύνολο καταγραφών ως μέρος του αντίστοιχου επιφανειακού γεωτεμαχίου, ενώ σημειώνονται και στο μητρώο τίτλων, που περιλαμβάνει το σαφή 3D ορισμό τους. Στην περίπτωση της συγχώνευσης πολλών χωρικών υπό- τεμαχίων σε ένα, αυτό καταχωρείται ξεχωριστά στα μητρώα και στους κτηματολογικούς πίνακες.

Για τη διαχείριση και την οργάνωση 3D και πολυεπίπεδων πληροφοριών εξετάστηκαν τέσσερα μοντέλα : 1) το μοντέλο δεδομένων θεματικών επιπέδων (Layer Data Model), 2) το μοντέλο πολυεπίπεδων δεδομένων (Multilayer Data Model), 3) η αντικειμενοστραφής βάση δεδομένων (Object Oriented Database) και 4) το ενιαίο μοντέλο δεδομένων (Integrated Data Model).

Τελικά, επιλέχθηκε το τέταρτο μοντέλο, γιατί επιτρέπει τη διατήρηση του κτηματολογικού επιπέδου επιφάνειας και είναι κατάλληλο για την πολυεπίπεδη πραγματικότητα. Συγκεκριμένα στο μοντέλο αυτό, η βάση δεδομένων περιλαμβάνει μόνο ένα επιφανειακό 3D κτηματολογικό επίπεδο με γεωχωρικά αντικείμενα, τα οποία ορίζονται ως αντικείμενα που συνδέονται με το επίπεδο επιφάνειας. Η πληροφορία της επιφάνειας οργανώνεται σε επίπεδα και η πολυεπίπεδη πληροφορία οργανώνεται σε επίπεδο αντικειμένου. Επίσης, υπάρχουν καθορισμένοι δείκτες για κάθε επιφανειακό γεωτεμάχιο, οι οποίοι υποδεικνύουν τα πολυεπίπεδα αντικείμενα που σχετίζονται ή συνδέονται με το γεωτεμάχιο επιφάνειας, κάτι το οποίο αποτελεί σημαντικό πλεονέκτημα στη διαχείριση των 3D πληροφοριών.



### 3.4.1.3. Queensland- Αυστραλία

Στην πολιτεία Queensland της Αυστραλίας, το πρόβλημα της 3D καταχώρισης έχει εν μέρει λυθεί. Από το 1997 κατέστη δυνατόν να δημιουργηθούν γεωτεμάχια που ορίζονται με 3D γεωμετρίες. Το νομικό πλαίσιο του Queensland, το οποίο προήλθε από το εθνικό δίκαιο, προσφέρει τη δυνατότητα θέσπισης 3D μονάδων ιδιοκτησίας, οι οποίες μπορούν να είναι είτε ελεύθερες ιδιοκτησίες, είτε ιδιοκτησίες μίσθωσης. Ωστόσο, το κτηματολόγιο περιλαμβάνει μόνο το αποτύπωμα αυτών των 3D γεωτεμαχίων στον Κ.Χ. και ως εκ τούτου το κτηματολογικό ζήτημα των 3D μονάδων ιδιοκτησίας δεν έχει λυθεί πλήρως στο Queensland.

Η κτηματολογική εγγραφή στο Queensland χρησιμοποιείται για να περιγράψουν με περισσότερες λεπτομέρειες οι δυνατότητες και οι περιορισμοί ενός 3D κτηματολογίου, στην περίπτωση της κτηματογράφησης, που είναι ήδη σε θέση να καθορίσει γεωτεμάχια με οριοθετημένο όγκο.

Τα ζητήματα του 3D Κ μελετήθηκαν σε συνδυασμό με την κυβέρνηση του Queensland και του Υπουργείου Φυσικών Πόρων, Ορυχείων και Ενέργειας (NRME- Department of Natural Resources, Mines and Energy).

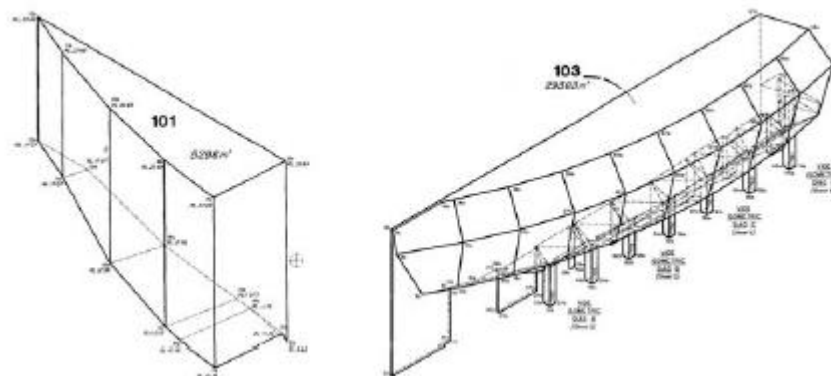
Σύμφωνα με τον τίτλο πράξης του Queensland, ένα πρότυπο γεωτεμάχιο που ορίζεται σε δύο διαστάσεις, είναι ένα πολύγωνο ή μια συλλογή πολυγώνων, τα οποία είναι απεριόριστα σε ύψος και βάθος. Εκτός από αυτά τα γεωτεμάχια, διακρίνονται τέσσερις τύποι γεωτεμαχίων με 3D στοιχείο :

- γεωτεμάχια κτιρίων, τα οποία γενικά ορίζονται από δάπεδα, τοίχους και ταβάνια
- περιορισμένα γεωτεμάχια, τα οποία περιορίζονται στο ύψος ή στο βάθος από μία καθορισμένη απόσταση πάνω ή κάτω από την επιφάνεια ή από ένα καθορισμένο επίπεδο (περιορισμένες δουλείες μπορούν επίσης να περιορίζονται σε ύψος και βάθος). Τα όρια των περιορισμένων γεωτεμαχίων πρέπει να συμπίπτουν με τα όρια της επιφάνειας του γεωτεμαχίου
- ογκομετρικά γεωτεμάχια, τα οποία οριοθετούνται πλήρως από επιφάνειες και ως εκ τούτου, είναι ανεξάρτητα από τα 2D όρια της επιφάνειας των γεωτεμαχίων
- τα υπόλοιπα γεωτεμάχια, τα οποία παραμένουν μετά από υποδιαίρεση των ογκομετρικών γεωτεμαχίων ή των γεωτεμαχίων κτιρίων.

Τα ογκομετρικά και τα περιορισμένα γεωτεμάχια είναι αντιπροσωπευτικά παραδείγματα 3D μονάδων ιδιοκτησίας.

Οι 3D πληροφορίες των ιδιοκτησιακών μονάδων περιλαμβάνονται στην περιγραφική βάση δεδομένων, χωρίς όμως την 3D απεικόνιση. Τα όρια των 3D ιδιοκτησιών απεικονίζονται με τις 2D προβολές τους πάνω στον Κ.Χ. και οι τίτλοι που θεσπίζουν τα 3D γεωτεμάχια περιέχουν πολύ λεπτομερή 3D πληροφορία που υπαγορεύεται από κανονισμούς. Για παράδειγμα στα ογκομετρικά γεωτεμάχια περιλαμβάνονται 3D διαγράμματα (ή αλλιώς ισομετρικά διαγράμματα) (εικόνα 20). Όλες οι συντεταγμένες που χρειάζονται για την οριοθέτηση της 3D ιδιοκτησίας, βρίσκονται στους τίτλους με αναφορές

και αποστάσεις και προσδιορίζονται μόνο όταν η πληροφορία εισάγεται μέσα στην κτηματολογική βάση δεδομένων.



Εικόνα 20 : Παραδείγματα 3D διαγραμμάτων ογκομετρικών γεωτεμαχίων (πηγή : Stoter, 2004)

Τα 3D διαγράμματα, τα οποία περιγράφουν τα ογκομετρικά γεωτεμάχια, περιλαμβάνουν τις 3D συντεταγμένες των σημείων, οι οποίες ορίζουν και οριοθετούν πλήρως την ιδιοκτησία και αποτελούν μια ικανοποιητική 3D αναπαράσταση των ιδιοκτησιακών αντικειμένων. Τα διαγράμματα αυτά (ισομετρικά διαγράμματα) και οι τομές, αν και αποτελούν κοινές μεθόδους για την απεικόνιση της τρίτης διάστασης, δεν επαρκούν πλέον για τη σαφή απεικόνιση των 3D ιδιοκτησιών. Γι' αυτό το λόγο, σχεδιάστηκε ένα πρωτότυπο σύστημα για την πλήρη εξερεύνηση των ιδιοκτησιών στο Queensland σε περιβάλλον 3D απεικόνισης.

Συγκεκριμένα, ο 2D χάρτης και η σχετική πληροφορία για τα εμπράγματα δικαιώματα μετατράπηκαν σε shapfiles. Στο αρχείο αυτό προστέθηκαν και όσες κτηματολογικές παρατηρήσεις ήταν στο τοπογραφικό σχέδιο. Στη συνέχεια, τα 2D πολύγωνα, βάσει του μετρημένου ύψους τους, μετατράπηκαν σε 3D αντικείμενα με εξώθηση και προστέθηκε σε αυτά κατάλληλος συμβολισμός.

Για την 3D κτηματολογική απεικόνιση επιλέχθηκε το σύστημα απεικόνισης ArcGlobe, ύστερα από μελέτη τεσσάρων διαφορετικών συστημάτων, το οποίο απεικονίζει δορυφορικές εικόνες από το διαδικτυακό κέντρο πληροφοριών του ArcGIS, παρέχει τοπογραφικούς χάρτες και 3D συμβολισμό αντικειμένων και υποστηρίζει τη γεωμετρία MultiPatch (χρησιμοποιείται για απεικόνιση των ορίων 3D αντικειμένων). Το πρωτότυπο σύστημα εφαρμόστηκε σε τρία εννοιολογικά επίπεδα στο περιβάλλον του ArcGlobe, το οποίο ήταν η βασική μηχανή ανάπτυξης του συστήματος, αλλά και με χρήση Adobe και VB Net. Το VB Net παρέχει τις απαραίτητες λειτουργίες για ανάλυση και διαχείριση 3D ιδιοκτησιών.

Στο σύστημα υπάρχει η δυνατότητα εισαγωγής μεγάλης ποικιλίας δεδομένων, όπως ESRI Shapefile, Personal Geodatabase, KML, DWG, 3D PDF και 3DD, από πολλές χωρικές βάσεις δεδομένων, όπως Oracle, SQLServer και

PostGIS. Επίσης, το σύστημα έχει πρόσβαση σε διαδικτυακές υπηρεσίες, όπως Web Coverage Service (WCS) και Web Map Service (WMS).

Το πρωτότυπο σύστημα προσφέρει λειτουργίες 3D μετρήσεων, έχει τη δυνατότητα απεικόνισης του υπόγειου χώρου και απεικονίζει τα δεδομένα σε 3D PDF. Στην εικόνα 21 φαίνεται ένα στιγμιότυπο του πρωτότυπου συστήματος, στο οποίο οι κοινές ιδιοκτησίες και οι δουλείες παρουσιάζονται με διαφορετικά χρώματα και διαφάνεια. Στις ακμές κάθε αντικειμένου παρουσιάζονται επιπρόσθετες πληροφορίες, όπως η απόσταση.



Εικόνα 21 : Στιγμιότυπο του πρωτότυπου συστήματος (πηγή : Shojaei, 2013)

#### 3.4.1.4. Ρωσία

Στη Ρωσία, το κτηματολογικό σύστημα στηρίζεται στη 2D απεικόνιση των αντικειμένων (γεωτεμάχια, κτίρια, κατασκευές). Το νομοθετικό πλαίσιο της χώρας δεν αναφέρεται σαφώς σε περιπτώσεις 3D κτηματολογίου, αλλά ουσιαστικά δεν απαγορεύει την καταγραφή των 3D όγκων των γεωτεμαχίων. Κάθε ιδιοκτησία περιγράφεται από ένα κλειστό πολύγωνο και το κοινό όριο δύο γειτονικών γεωτεμαχίων επαναλαμβάνεται. Η βάση δεδομένων του συστήματος αυτού περιλαμβάνει το ακριβές ιστορικό κάθε πολυγώνου. Η κλίμακα των κτηματολογικών χαρτών είναι 1/2000 για αστικές περιοχές και 1/10000 για αγροτικές περιοχές. Λόγω της μεγάλης έκτασης της χώρας αυτής, χρησιμοποιούνται αρκετά συστήματα συντεταγμένων. Η διατήρηση των δεδομένων και η διαχείριση της βάσης δεδομένων γίνεται από τα κτηματολογικά γραφεία κάθε περιοχής, όπου γίνονται προσπάθειες για καθημερινή ενημέρωση της βάσης. Μέχρι τώρα έχουν καταγραφεί 80 εκατομμύρια γεωτεμάχια με τα αντίστοιχα δικαιώματα και περιορισμούς.

Το υπάρχον 2D κτηματολογικό σύστημα, όμως, δεν μπορεί να καλύψει όλες τις περιπτώσεις του πραγματικού κόσμου, όπως για παράδειγμα τα πολυεπίπεδα συγκροτήματα, τα υπόγεια, τα υπερυψωμένα δίκτυα κ.τ.λ.. Γι αυτό το λόγο, η Ρωσία οδηγήθηκε στη μελέτη των περιπτώσεων που χρειάζονται 3D κτηματολόγιο, με στόχο τη δημιουργία ενός προτύπου, το οποίο θα μπορεί να υποδεικνύει τις νομικές και θεσμικές συνθήκες, που είναι απαραίτητες για την υποστήριξη ενός 3D κτηματολογίου. Έτσι, σε συνεργασία

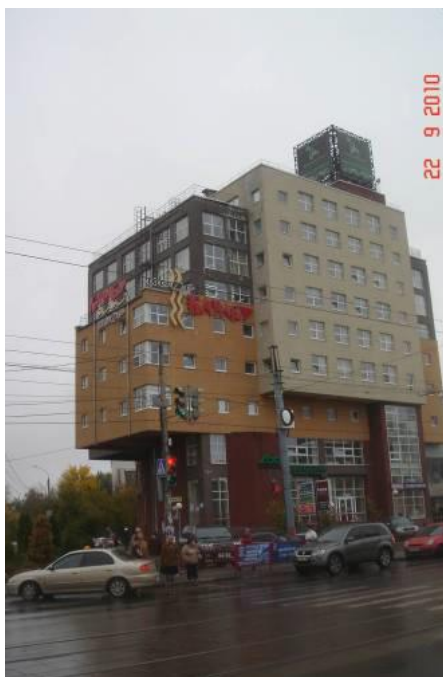
με την Ολλανδία, μελετήθηκαν από το 2010 ως το 2012 σύνθετες περιπτώσεις σε διάφορες περιοχές της Ρωσίας, με σκοπό την 3D αναπαράστασή τους.

Το 3D κτηματολογικό μοντέλο που μελετήθηκε βασίστηκε στο πρότυπο ISO 19152 L.A.D.M. και προσανατολίστηκε κυρίως στους εξής τύπους ιδιοκτησίας: αγροτεμάχια, κτίρια, εγκαταστάσεις, υποδομές και ημιτελή κατασκευαστικά έργα. Μεγαλύτερη προσοχή δόθηκε σε σύνθετα κτίρια και κατασκευές, όπως γέφυρες, τούνελ, μετρό, υπόγεια δίκτυα κ.τ.λ.. Έγινε αναπαράσταση των αντικειμένων με πολύεδρα και οι καμπύλες επιφάνειές τους προσαρμόστηκαν με multi-polylines. Στην ουσία, μελετήθηκαν 3D απλές καταστάσεις, όπως τα διαμερίσματα και πιο σύνθετες, η κατανόηση των οποίων μπορεί να προσφέρει πολλά στις πραγματικές 3D καταγραφές. Τα απαραίτητα δεδομένα για αυτή την εφαρμογή είναι τα εξής :

- ένας τοπογραφικός χάρτης και ένα ψηφιακό μοντέλο εδάφους
- κτηματολογικά στοιχεία, όπως τα όρια και άλλα χαρακτηριστικά των γεωτεμαχίων και των κτηματολογικών αντικειμένων
- τεχνικά έγγραφα και κατόψεις
- πληροφορίες σχετικές με την κατάσταση εγγραφής των αγροτεμαχίων, κτιρίων, εγκαταστάσεων και κατασκευών

Οι περιπτώσεις που μελετήθηκαν είναι οι εξής :

1. Το κτίριο Teledom (εικόνα 22), το οποίο είναι ένα πολυεπίπεδο κτίριο με γραφεία και έχει υπόγειο χώρο στάθμευσης και περιλαμβάνει ένα μεγάλο αριθμό μονάδων με διαφορετικούς τύπους δικαιωμάτων.



Εικόνα 22 : Κτίριο Teledom, Ρωσία (πηγή : Elizarova, 2012)

Ένα μέρος του κτιρίου προεξέχει πάνω από το δρόμο και ένα άλλο μέρος βρίσκεται πάνω από άλλο κτίριο γειτονικού γεωτεμαχίου. Μόνο το υπόγειο

παρουσιάζεται εντός του γεωτεμαχίου σε 2D χάρτη. Οι όροφοι του κτιρίου είναι σε μορφή εικόνας DWG ή αποτελούν σκαναρισμένες εικόνες, οι οποίες είναι γεωαναφερμένες. Το κτίριο αυτό διαθέτει είκοσι μονάδες, οι οποίες ανήκουν σε δέκα διαφορετικούς ιδιοκτήτες. Είναι προφανές, λοιπόν, ότι το κτίριο Teledom αποτελεί μια εξαιρετικά σύνθετη περίπτωση, η οποία μελετήθηκε με μεγάλο ενδιαφέρον για τη δημιουργία του προτύπου.

2. Συγκρότημα διαμερισμάτων με υπόγειο χώρο στάθμευσης (εικόνα 23), το οποίο περιλαμβάνει μεγάλο αριθμό δικαιούχων, διαφορετικούς τύπους δικαιωμάτων και περιορισμών, για παράδειγμα ιδιοκτησία, μίσθωση κ.τ.λ..



Εικόνα 23:Συγκρότημα διαμερισμάτων με υπόγειο χώρο στάθμευσης (πηγή : Elizarova, 2012)

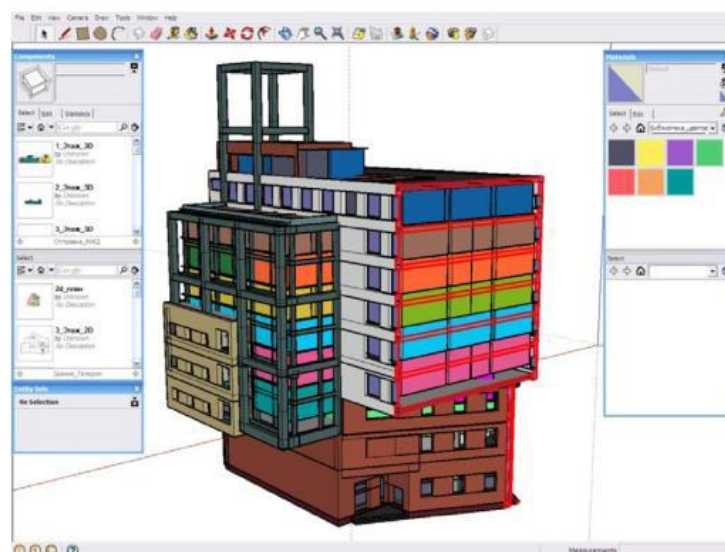
Το συγκρότημα αυτό περιλαμβάνει δικαιώματα για 88 μονάδες στέγασης και επτά μονάδες για μη οικιακούς σκοπούς, ενώ ο χώρος στάθμευσης ανήκει σε όλους. Υπάρχουν επίσης έξι εγγεγραμμένες υποθήκες σε κατοικίες.

3. Αγωγός φυσικού αερίου (εικόνα 24), ο οποίος περιλαμβάνει υπόγεια υπερυψωμένα τμήματα και ανήκει στην εταιρεία Nizhegorodoblغاز. Ο αγωγός διατρέχει πολλά γεωτεμάχια με πολλούς διαφορετικούς ιδιοκτήτες. Το συνολικό μήκος του αγωγού είναι 285,7 μέτρα, από τα οποία τα 12,5 είναι πάνω από το έδαφος και τα 273,2 κάτω από αυτό.



Εικόνα 24 : Αγωγός φυσικού αερίου (πηγή : Elizarova, 2012)

Η μελέτη αυτή είναι γνωστή ως «Μοντελοποίηση 3D Κτηματολογίου στη Ρωσία» και δίνει έμφαση στη δημιουργία μοντέλου κτιρίων. Το μοντέλο αυτό αποτελεί τη βάση για την αρχική εγγραφή, την αποθήκευση δεδομένων, την επεξεργασία και την εφαρμογή ερωτημάτων σχετικών με τα δεδομένα και εφαρμόστηκε στις περιπτώσεις που αναφέρθηκαν παραπάνω, με σκοπό να αποκτηθούν οι απαραίτητες γνώσεις για τις τεχνικές, οργανωτικές και νομικές επιπτώσεις της 3D πληροφορίας. Τα 3D μοντέλα των κτιρίων αναπτύχθηκαν με τέτοιο τρόπο, ώστε να φαίνονται τα χαρακτηριστικά του όγκου των χώρων με ταυτόχρονη απεικόνιση των αντίστοιχων δικαιούχων με διαφορετικά χρώματα. Στην εικόνα 25 φαίνεται το κτίριο Teledom με τα 3D τμήματά του σχεδιασμένα στο Google Sketch Up.



Εικόνα 25 : Το κτίριο Teledom σχεδιασμένο στο Google Sketch Up (πηγή : Elizarova, 2012)

Το πρότυπο αναπτύχθηκε έτσι, ώστε να συγκεντρώσει τις απαιτήσεις για τη λειτουργικότητα μιας 3D κτηματολογικής θέασης, που θα μπορεί να εμφανίσει τόσο τα 3D αντικείμενα, όσο και τις νομικές κτηματολογικές πληροφορίες αυτών των αντικειμένων. Το πρότυπο υποστηρίζει την επιλογή πολλαπλών ιδιοτήτων, όπως το όνομα του ιδιοκτήτη, τη διεύθυνση κ.τ.λ.. Υπάρχει επίσης η δυνατότητα εμφάνισης προσωπικών δεδομένων ή όχι, ανάλογα με το δικαίωμα πρόσβασης του χρήστη, εμφάνισης ή απόκρυψης επιπέδων και στοιχείων στο 3D μοντέλο, όπως κατόψεις, τοίχοι κ.τ.λ.. Για κάθε 3D αντικείμενο μπορεί να συμπεριληφθεί φωτογραφία ή web σελίδα.

Μέσα από αυτή την εργασία προέκυψε το συμπέρασμα, ότι όταν ένα νέο 3D αντικείμενο καταγράφεται στη βάση δεδομένων, πρέπει να οπτικοποιηθεί και να ελεγχθεί για την ακρίβειά του, για το αν είναι κλειστό πολύγωνο και αν επικαλύπτεται από άλλα εγγεγραμμένα 3D νομικά αντικείμενα. Ο έλεγχος αυτός είναι απαραίτητος, ώστε να επιτευχθεί η ποιότητα και η συνοχή του μοντέλου και για αυτό το λόγο πρέπει να υπάρχει βάση δεδομένων με γεωαναφερμένες 3D αναπαραστάσεις των προηγούμενων καταγεγραμμένων 3D δικαιωμάτων.

Επίσης, προκείμενου να προσδιορισθεί ο τρόπος με τον οποίο θα μπορούν στο μέλλον να εγγράφονται 3D γεωτεμάχια στη Ρωσία, διατυπώθηκαν τα εξής:

- Τα 3D οικόπεδα πρέπει να παρέχονται σε μορφή PDF, καθώς και τα 3D δεδομένα σύμφωνα με το πρότυπο L.A.D.M.
- Το 3D πολύεδρο είναι ικανοποιητικό για τα κανονικά γεωτεμάχια
- Για τα 3D γραμμικά οικόπεδα και για τους σωλήνες θα πρέπει να υπάρχει επιπλέον πληροφορία για τη διάμετρο, το ύψος και το πλάτος
- Κάθε 3D οικόπεδο παίρνει έναν κωδικό ID και καταγράφεται ο όγκος του ( $m^3$ )
- Απαιτούνται οι απόλυτες υψομετρικές συντεταγμένες (Z), ενώ οι σχετικές είναι προαιρετικές
- Οι καμπύλες επιφάνειες πρέπει να προσεγγίζονται από πολλαπλές ακμές.

### **3.5. Βασικές Περιπτώσεις που Απαιτούν 3D Κτηματολόγιο**

Στις περισσότερες περιπτώσεις, στη σημερινή πραγματικότητα, δεν υπάρχει άμεση ανάγκη για 3D καταγραφή κτηματολογικών δεδομένων, αλλά η αναπαράσταση της υφιστάμενης κατάστασης στο 2D χώρο αρκεί. Πριν την πραγματοποίηση οποιασδήποτε ριζικής αλλαγής κρίνεται σκόπιμο να ελέγχεται το ισοζύγιο κόστους- οφέλους. Μια τέτοια επένδυση πρέπει να είναι σε θέση να προσφέρει ανταποδοτικά οφέλη στο κράτος, που παίρνει το ρίσκο να αναδιαμορφώσει το σύστημα Κ.

Όταν γίνεται αναφορά σε ένα 3D Κ, δεν είναι απαραίτητο να εννοείται ένα πλήρες 3D σύστημα καταγραφής. Τις περισσότερες φορές, οι απαιτήσεις για 3D καταγραφή μπορούν να αντιμετωπιστούν με ένα 2D Κ, το οποίο είναι

συμβατό και δομημένο έτσι, ώστε να μπορεί να δεχθεί εκτός από τις παραδοσιακές 2D κατηγορίες και 3D καταγραφές ακινήτων.

Γενικά, όμως, υπάρχουν αρκετές χαρακτηριστικές περιπτώσεις, στις οποίες η τρίτη διάσταση κρίνεται απαραίτητη για τις Κ καταγραφές του νομικού καθεστώτος και των εμπράγματων δικαιωμάτων. Ένα τυπικό μοντέλο σύνθετης χωρικής περίπτωσης είναι ένα γεωτεμάχιο με πολλούς χρήστες σε διαφορετικά συνήθως επίπεδα (one parcel, several users). Κάθε ένας από αυτούς τους χρήστες έχει ένα μερικό χωρικό δικαίωμα, το οποίο είναι περιορισμένο κατά την τρίτη διάσταση. Τα χωρικά δικαιώματα δεν είναι παρακείμενα (next to each other), αλλά επικείμενα (above each other).

Οι βασικές σύνθετες χωρικά κατηγορίες μη συμβατικής ανάπτυξης και χρήσης του χώρου και η πολυεπίπεδη κατανομή των δικαιωμάτων είναι οι εξής :

- η μη συμβατική καθ' ύψος επικάλυψη των ιδιοκτητητων και των κοινόχρηστων χώρων
- η μη συμβατική καθ' ύψος επικάλυψη διαφορετικών ιδιοκτητητων γεωτεμαχίων ή γενικά ακινήτων
- μη συμβατική ανάπτυξη ακινήτων εντός γεωτεμαχίου

Παρακάτω αναφέρονται οι βασικότερες περιπτώσεις ανά κατηγορία, οι οποίες πρέπει να καταγραφούν σε ένα Κ με 3D πληροφορίες.

### **3.5.1. Αλληλοεπικάλυψη ιδιοκτητητων (ιδιωτικών) και κοινόχρηστων (δημόσιων) χώρων**

Η αλληλοεπικάλυψη ιδιοκτητητων και κοινόχρηστων χώρων είναι ένα φαινόμενο που παρατηρείται από παλιά. Υπάρχουν πολλά παραδείγματα με υπερκείμενες ιδιοκτήτες κατασκευές σε παλιές πόλεις με στενούς δρόμους. Σήμερα, οι κοινόχρηστοι χώροι επικαλύπτονται με τους ιδιοκτήτους με αυξανόμενους ρυθμούς, με αφορμή την περισσότερο σύνθετη ανάπτυξη του χώρου. Η σύνθετη αυτή ανάπτυξη επιβάλλεται από την αλλαγή αντίληψης σχετικά με την ανάπτυξη του δομούμενου περιβάλλοντος και από την ανάγκη βελτιστοποίησης του σχεδιασμού σε πυκνοδομημένες περιοχές, στις οποίες δεν προσφέρονται ικανοποιητικές εναλλακτικές λύσεις.

Η επικάλυψη ιδιοκτητητων και κοινόχρηστων χώρων με λειτουργική αυτοτέλεια μπορεί να γίνει είτε με την ύπαρξη ιδιοκτητητων χώρων υπέρ ή επί ή υπό των επί της Φ.Γ.Ε. κοινόχρηστων γεωτεμαχίων (εικόνα 26), είτε με την ύπαρξη κοινόχρηστων χώρων υπέρ ή επί ή υπό των επί της Φ.Γ.Ε. ιδιοκτητητων γεωτεμαχίων (εικόνα 27).





Εικόνα 26 : Επικάλυψη ιδιόκτητων και κοινόχρηστων χώρων (πηγή : Ζεντέλης, 2011)



Εικόνα 27 : Επικάλυψη ιδιόκτητων και κοινόχρηστων χώρων (πηγή : Ζεντέλης, 2011)

Παρακάτω αναφέρονται οι κυριότερες περιπτώσεις, στις οποίες ιδιόκτητοι χώροι βρίσκονται υπέρ ή επί ή υπό των επί της Φ.Γ.Ε. κοινόχρηστων γεωτεμαχίων.

### 3.5.1.1. Ιδιόκτητοι χώροι υπερκείμενοι κοινόχρηστων γεωτεμαχίων

Σε αυτή την περίπτωση, οι ιδιόκτητοι χώροι υφίστανται από παλιά και κυρίως σε παλιές πόλεις, σε παραδοσιακούς οικισμούς και σε οικισμούς του νησιωτικού χώρου (εικόνα 28).



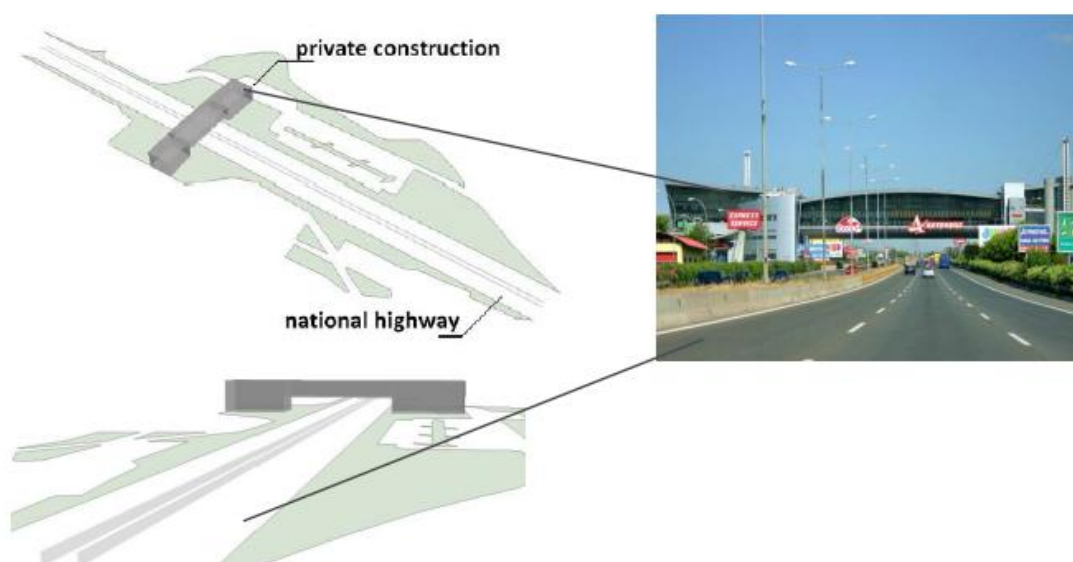
Εικόνα 28 : Κοινόχρηστος δρόμος σε παλιό οικισμό με υπερκείμενο ιδιόκτητο χώρο (πηγή : Δημοπούλου et al, 2006)

Υπάρχει επίσης η περίπτωση, στην οποία οι ιδιόκτητοι χώροι κατασκευάστηκαν μεταγενέστερα από τη διαμόρφωση των προγενέστερα προβλεπόμενων κοινόχρηστων γεωτεμαχίων (εικόνα 29).



Εικόνα 29 : Αυτοκινητόδρομοι με υπερκείμενους μεταγενέστερους ιδιόκτητους χώρους (πηγή : Ζεντέλης, 2011)

Για το συγκεκριμένο παράδειγμα παρουσιάζεται παρακάτω (εικόνα 30) ένας 2D κτηματολογικός χάρτης με διατήρηση του υπάρχοντος 2D κτηματολογίου, αλλά και με παράλληλη ενσωμάτωση 3D δεδομένων. Ο χάρτης αυτός δημιουργήθηκε στο ArcScene, χρησιμοποιώντας ως υπόβαθρο ορθοφωτογραφίες μεγάλης κλίμακας.



Εικόνα 30 : Ιδιωτική κατασκευή πάνω από εθνική οδό (πηγή : Tsilikaou, Dimoroulou, 2011)

Στην εικόνα 31 φαίνεται η περίπτωση, κατά την οποία ιδιόκτητοι χώροι της μορφής breezeway (σκεπαστός διάδρομος) βρίσκονται πάνω από προϋφιστάμενα κοινόχρηστα γεωτεμάχια.



Εικόνα 31 : Αστικό οδικό δίκτυο με υπερκείμενους ιδιόκτητους χώρους της μορφής breezeway (πηγή : Google, 2014)

Στην εικόνα 32 φαίνεται η περίπτωση, κατά την οποία οι ιδιόκτητοι χώροι κατασκευάστηκαν προγενέστερα από τους μεταγενέστερα προβλεπόμενους κοινόχρηστους χώρους. Οι κοινόχρηστοι χώροι στο συγκεκριμένο παράδειγμα δημιουργήθηκαν για τη διευκόλυνση των κυκλοφοριακών συνθηκών, λόγω έλλειψης εναλλακτικών λύσεων.



Εικόνα 32 : Κοινόχρηστοι χώροι με υπερκείμενους προϋφιστάμενους ιδιόκτητους χώρους (πηγή : Ζεντέλης, 2011)

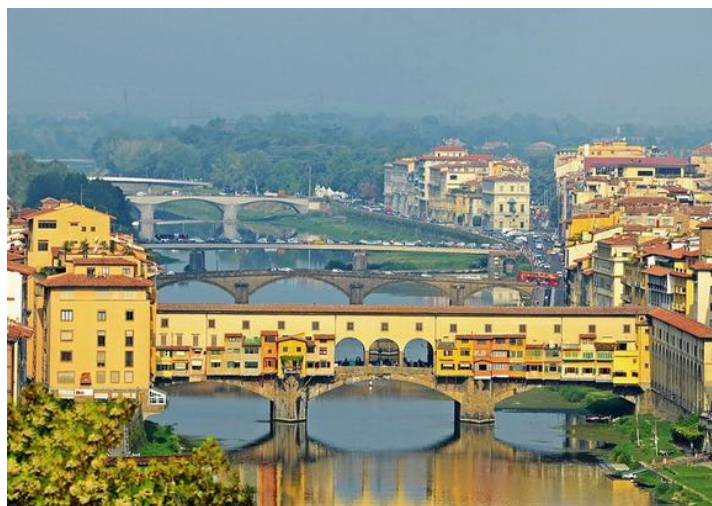
### **3.5.1.2. Ιδιόκτητοι χώροι επί κοινόχρηστων γεωτεμαχίων**

Στην περίπτωση αυτή, οι επικείμενοι ιδιόκτητοι χώροι έχουν κατασκευασθεί μετά από τη διαμόρφωση των προγενέστερα προβλεπόμενων κοινόχρηστων γεωτεμαχίων. Στην εικόνα 33 φαίνονται χαρακτηριστικά παραδείγματα επικείμενων κατασκευών στη ζώνη αιγιαλού- παραλίας.



Εικόνα 33 : Ζώνη αιγιαλού- παραλίας με επικείμενους μεταγενέστερους νόμιμους ή μη ιδιόκτητους χώρους (πηγή : Ζεντέλης, 2011)

Υπάρχει, επίσης, η περίπτωση, κατά την οποία οι επικείμενοι ιδιόκτητοι χώροι κατασκευάζονται παράλληλα με τη διαμόρφωση των κοινόχρηστων γεωτεμαχίων. Στην εικόνα 34 φαίνεται παλιά γέφυρα με επικείμενα καταστήματα λιανικής πώλησης κατά μήκος αυτής.



Εικόνα 34 : Ιδιόκτητοι χώροι επικείμενοι κοινόχρηστων χώρων (πηγή : Google, 2014)

### **3.5.1.3. Ιδιόκτητοι χώροι υποκείμενοι κοινόχρηστων γεωτεμαχίων**

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα υποκείμενα των κοινόχρηστων έργων υποδομής αυτοτελή ακίνητα. Στην εικόνα 35 φαίνονται ιδιόκτητοι χώροι αυτοτελούς λειτουργίας, οι οποίοι είναι κάτω από γέφυρα του οδικού άξονα. Επίσης, στην κατηγορία αυτή ανήκουν υποκείμενες της Φ.Γ.Ε. κατασκευές, παλιές ή μη (εικόνα 36).



Εικόνα 35 : Ιδιόκτητοι χώροι αυτοτελούς λειτουργίας υποκείμενοι γέφυρας οδικού άξονα (πηγή: Google, 2014)



Εικόνα 36 : Υποκείμενες της Φ.Γ.Ε. κατασκευές στη Μήλο (Google, 2014)

Στην κατηγορία αυτή εντάσσονται και οι υπόγειες κατασκευές, οι οποίες λειτουργούν ως αυτόνομα ακίνητα και είναι υποκείμενες κοινόχρηστων χώρων, π.χ. υπόγειοι αποθηκευτικοί χώροι, υποθαλάσσια ξενοδοχεία, υπόσκαφα (εικόνα 37) κ.τ.λ.. Επίσης, σε αυτή την κατηγορία ανήκουν οι περιπτώσεις εκχώρησης εκ μέρους του δημοσίου στον ιδιωτικό τομέα, μακροχρόνιων δικαιωμάτων χρήσης χώρου υποκείμενων κοινόχρηστων γεωτεμαχίων. Χαρακτηριστική περίπτωση αποτελεί η κατασκευή υπόγειων

χώρων στάθμευσης κάτω από κοινόχρηστους χώρους πυκνοδομημένων περιοχών, στις οποίες παρουσιάζεται έντονα αυτό το πρόβλημα. Τέλος, στην κατηγορία αυτή εντάσσονται τα δίκτυα υποδομών, τα οποία είναι υποκείμενα κοινόχρηστων χώρων. Τα δίκτυα αυτά μπορούν να θεωρηθούν ως υπόγειες διαδρομές αποκλειστικής μόνιμης χρήσης από τους αντίστοιχους φορείς διαχείρισης. Στις υπόγειες αυτές κατασκευές υπάγονται επιπλέον τα τούνελ, υπόγεια ή υποθαλάσσια και οι υπόγειοι σταθμοί μετρό, οι οποίοι περιέχουν συχνά εμπορικά καταστήματα.



Εικόνα 37 : Υπόσκαφα στην Καππαδοκία (πηγή : Google, 2014)

Παρακάτω αναφέρονται οι κυριότερες περιπτώσεις, στις οποίες κοινόχρηστοι χώροι βρίσκονται υπέρ ή επί ή υπό των επί της Φ.Γ.Ε. ιδιόκτητων γεωτεμαχίων.

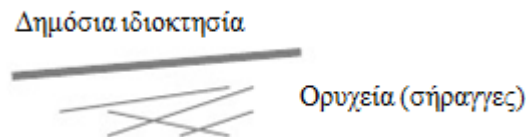
#### **3.5.1.4. Κοινόχρηστοι χώροι υπέρ ιδιόκτητων γεωτεμαχίων**

Οι περιπτώσεις, κατά τις οποίες οι κοινόχρηστοι χώροι είναι πάνω από τα ιδιόκτητα γεωτεμάχια, είναι λίγες, αλλά υπαρκτές. Οι υπερκείμενοι αυτοί κοινόχρηστοι χώροι έχουν κατασκευασθεί μεταγενέστερα ή παράλληλα με τις κατασκευές επί των προγενέστερα υφιστάμενων ιδιόκτητων γεωτεμαχίων. Στην εικόνα 38 φαίνεται μια χαρακτηριστική περίπτωση αυτοκινητόδρομου, ο οποίος υπέρκειται ιδιόκτητου γεωτεμαχίου.



Εικόνα 38 : Αυτοκινητόδρομος υπερκείμενος ιδιωτικού γεωτεμαχίου και διερχόμενος διαμέσου του κτιρίου ανωδομής (πηγή : Google, 2014)

Στην εξοχή, οι πιο χαρακτηριστικές περιπτώσεις, κατά τις οποίες δημόσιες ιδιοκτησίες βρίσκονται πάνω από ιδιωτικές είναι τα ορυχεία, τα οποία δεν εξαρτώνται άμεσα από το αντίστοιχο γεωτεμάχιο, αν και η χρήση του δε θα έπρεπε να εμποδίζει την εκμετάλλευση των ορυχείων (εικόνα 39).



Εικόνα 39 : Δημόσια ιδιοκτησία πάνω από ιδιωτικούς χώρους (πηγή : Dimopoulou, Gavanas, Zentelis, 2006)

Σε αστικές περιοχές και ειδικά σε έντονα αστικοποιημένες, λόγω της συνεχούς αυξανόμενης πυκνότητας των αυτοκινήτων, ιδιόκτητοι χώροι παρκινγκ βρίσκονται συνήθως κάτω από πλατείες ή δημόσια κτίρια για την επίλυση του σοβαρού αυτού προβλήματος (εικόνα 40).



Εικόνα 40 : Αλληλεπικάλυψη ιδιωτικών (χώροι στάθμευσης) και δημόσιων ιδιοκτησιών (ελεύθεροι χώροι και δημόσια κτίρια) (πηγή : Dimoroulou, Gavanas, Zentelis, 2006)

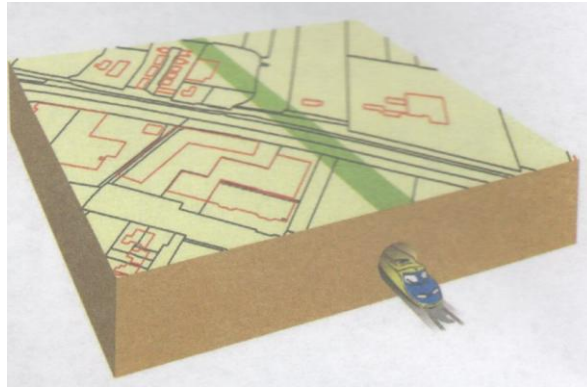
#### **3.5.1.5. Κοινόχρηστοι χώροι επί ιδιόκτητων γεωτεμαχίων**

Κοινόχρηστοι χώροι επί ιδιόκτητων γεωτεμαχίων υπάρχουν σε λίγες, αλλά εκτεταμένης εφαρμογής περιπτώσεις. Οι επικείμενοι αυτοί κοινόχρηστοι χώροι έχουν προβλεφθεί σε προγενέστερο στάδιο και έχουν διαμορφωθεί παράλληλα με τις κατασκευές ανωδομής επί των προγενέστερα προβλεπόμενων ιδιόκτητων γεωτεμαχίων. Μια χαρακτηριστική περίπτωση, είναι οι στοές σε αστικές περιοχές, οι οποίες προσαυξάνουν τους κοινόχρηστους χώρους στο ισόγειο.

#### **3.5.1.6. Κοινόχρηστοι χώροι υπό ιδιόκτητων γεωτεμαχίων**

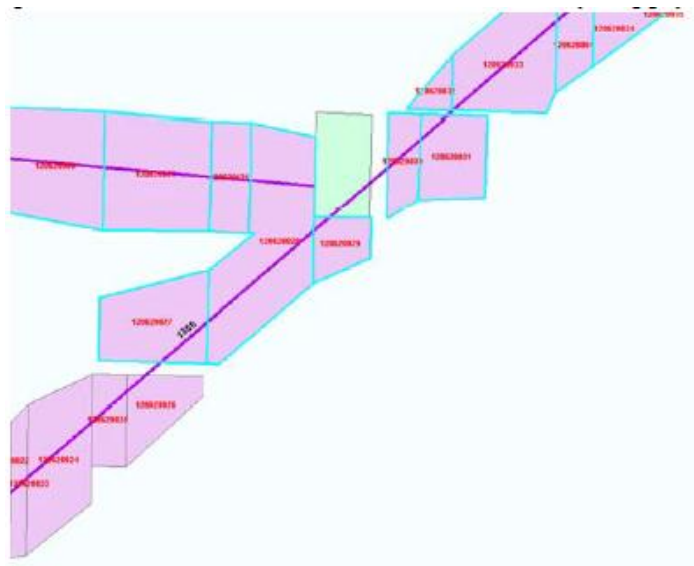
Τέλος, κοινόχρηστοι χώροι κάτω από ιδιόκτητα γεωτεμάχια διαμορφώνονται συνήθως μεταγενέστερα από τις κατασκευές ανωδομής των ιδιόκτητων γεωτεμαχίων και χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι τα τούνελ υπόγειων αυτοκινητόδρομων και των μετρό, καθώς και αρχαιολογικοί χώροι, οι οποίοι εντοπίζονται και λειτουργούν ως κοινόχρηστα τμήματα στα υπόγεια ανωδομής κτιρίων. Στην εικόνα 41 φαίνεται μια περίπτωση διέλευσης γραμμής του μετρό, η οποία είναι υποκείμενη ιδιόκτητων γεωτεμαχίων.





Εικόνα 41 : Γραμμή μετρό, υποκείμενη ιδιόκτητων γεωτεμαχίων (πηγή : Stoter, Van Oosterom, 2006)

Υπάρχουν, επίσης, περιπτώσεις, στις οποίες βρίσκονται υποδομές κάτω από ιδιόκτητη γη. Υπόγεια δίκτυα (εικόνα 42), όπως αγωγοί αερίου ή γραμμές επικοινωνιών, προμηθεύοντας κυρίως βιομηχανικές περιοχές, εκτείνονται συνήθως κάτω από το περιβάλλον δόμησης. Τα δίκτυα κοινής ωφέλειας θα πρέπει να καταχωρούνται ξεχωριστά σε σχέση με την επιφάνεια του γεωτεμαχίου και τις κατασκευές. Αυτή η 3D καταχώρηση διευκολύνει την κατάλληλη και ασφαλή συντήρηση.



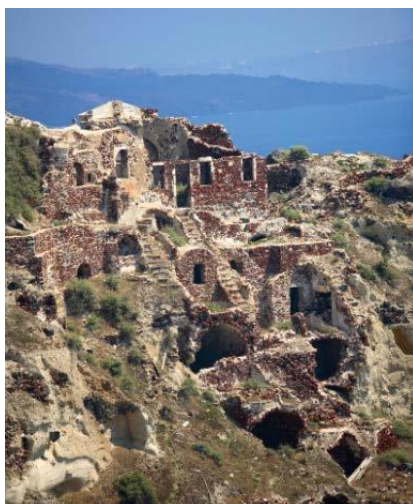
Εικόνα 42 : Τυπική περίπτωση δικτύου αγωγών αερίου (πηγή : Dimoroulou, Gavanas, Zentelis, 2006)

### 3.5.2. Επικάλυψη καθ' ύψος ιδιόκτητων ακινήτων

Λόγω του τρόπου ανάπτυξης παλαιών πόλεων, παραδοσιακών οικισμών και οικισμών του νησιωτικού χώρου έχει προκύψει σε ορισμένες περιοχές συστηματική επικάλυψη καθ' ύψος γεωτεμαχίων ή ακινήτων. Η σύνθετη ανάπτυξη του χώρου, που εμφανίζεται σε αυτές τις περιοχές, παρατηρείται κυρίως είτε με την ύπαρξη αυτοτελών ιδιόκτητων γεωτεμαχίων ή ακινήτων

επικαλυπτόμενων καθ' ύψος, είτε με την ύπαρξη κτισμάτων αυτοτελών ιδιόκτητων ακινήτων, η προβολή των οποίων δε συμπίπτει συνολικά ή εν μέρει με το αντίστοιχο σε αυτά γεωτεμάχιο.

Αυτοτελή ιδιόκτητα γεωτεμάχια ή ακίνητα επικαλυπτόμενα καθ' ύψος παρατηρούνται στην περίπτωση ύπαρξης υπόσκαφων. Πρόκειται για παραδοσιακά κτίσματα, που είναι λαξευμένα στα πρηνή των βράχων πάνω από τη θάλασσα. Το υπόσκαφο είναι ένας στενόμακρος χώρος χωρίς θεμέλια, λαξευμένος με θολωτή οροφή και στενή πρόσοψη. Είναι μια ιδιόμορφη περίπτωση, η οποία συναντάται κυρίως στον ελληνικό νησιωτικό χώρο (π.χ. Σαντορίνη).



Εικόνα 43 : Υπόσκαφα στη Σαντορίνη (πηγή : Google, 2014)

Τα υπόσκαφα παρουσιάζονται σε περιοχές με έντονο ανάγλυφο και μεγάλες κλίσεις εδάφους. Στις περιπτώσεις αυτές, παρατηρείται το φαινόμενο μια ιδιοκτησία να έχει είσοδο στο έδαφος και να εκτείνεται στο υπέδαφος κάτω από υπερκείμενο γεωτεμάχιο με ή χωρίς βελτιώσεις. Αποτέλεσμα αυτού είναι να υπάρχουν ιδιόκτητα γεωτεμάχια ή ακίνητα επικαλυπτόμενα καθ' ύψος και κατά συνέπεια οι ιδιοκτήτες των υποκειμένων είναι διαφορετικοί από αυτούς των επικείμενων ιδιοκτησιών. Υπάρχουν επίσης περιπτώσεις, στις οποίες οι υπόσκαφες ιδιοκτησίες είναι υποκείμενες κοινόχρηστων χώρων.

Μια άλλη περίπτωση επικάλυψης ιδιόκτητων ακινήτων καθ' ύψος, είναι η ύπαρξη κτισμάτων σε αυτοτελές ακίνητο με προβολή σε διαφορετικά γεωτεμάχια. Το φαινόμενο αυτό παρατηρείται συνήθως σε παραδοσιακούς οικισμούς του ελληνικού χώρου με έντονο ανάγλυφο και είναι μια ιδιαίτερα σύνθετη κατάσταση των εμπράγματων δικαιωμάτων, τα οποία έχουν τρισδιάστατη σύσταση. Στις περιπτώσεις αυτές, λοιπόν, με έντονο ανάγλυφο και μεγάλες κλίσεις εδάφους, η ανάπτυξη του οικισμού δε γίνεται οριζοντιογραφικά, αλλά καθ' ύψος και έχει τρισδιάστατη σύσταση. Λόγω αυτής της ανάπτυξης, η αυλή ενός αυτοτελούς ακινήτου είναι στέγη άλλου υποκειμένου εν μέρει αυτοτελούς ακινήτου. Στην εικόνα 44 φαίνεται μια

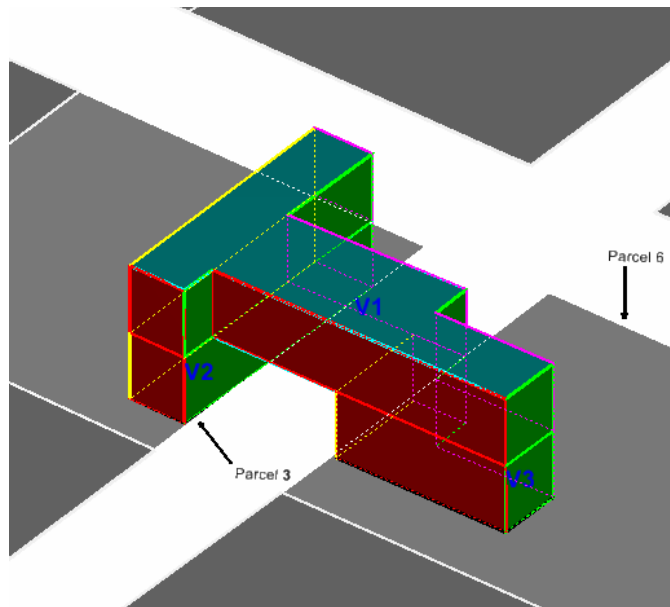
χαρακτηριστική περίπτωση, όπου τα ακίνητα καλύπτονται μερικώς ή ολικώς το ένα με το άλλο.



Εικόνα 44 : Οι οριζόντιες προβολές των γεωτεμαχίων 1 και 2 και των κτιρίων 1 και 2 επικαλύπτονται (πηγή : Δημοπούλου et.al., 2006)

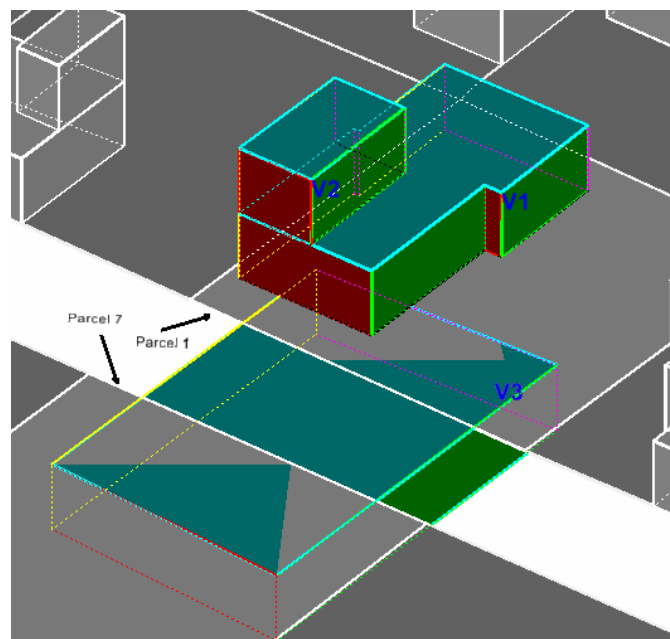
Συμπερασματικά, η αλληλεπικάλυψη ιδιωτικής και δημόσιας περιουσίας σε ένα πολυστρωματικό περιβάλλον δεν μπορεί να περιγραφεί επαρκώς από ένα 2D μοντέλο. Μια 3D προσέγγιση της καταχώρησης μπορεί να παρέχει καλύτερα μέσα ως προς τη διαχείριση του σύγχρονου κόσμου. Η εισαγωγή 3D αντικειμένων στο ίδιο περιβάλλον με τα 2D γεωτεμάχια είναι πολύ σημαντικό για το τρέχον Ε.Κ.. Μια τρίτη διάσταση, η οποία θα προστεθεί στην κτηματολογική καταχώρηση, μπορεί να καθορίσει με σαφήνεια τα ιδιοκτησιακά δικαιώματα και τους περιορισμούς τους μέσα σε ένα εξελισσόμενο αστικό περιβάλλον, το οποίο χαρακτηρίζεται από τον αυξανόμενο αριθμό πολυστρωματικών υποδομών και οικονομικών δραστηριοτήτων, με αποτέλεσμα νέες κατασκευές και σύνθετες ιδιοκτησιακές καταστάσεις. Στις ειδικές περιπτώσεις, στις οποίες κρίνεται απαραίτητο να ενσωματωθεί η τρίτη διάσταση στην κτηματολογική καταχώρηση, απαιτούνται αρκετές τροποποιήσεις στις διαδικασίες καταχώρησης των εμπράγματων δικαιωμάτων, καθώς και στο σχετικό νομικό πλαίσιο.

Παρακάτω παρουσιάζονται παραδείγματα τέτοιων περιπτώσεων, οι οποίες θα μπορούσαν να ενσωματωθούν στον κτηματολογικό χάρτη ως 3D καταχωρήσεις. Στην εικόνα 45 φαίνεται ότι η ιδιοκτησία V2 έχει καταχωρηθεί στο τεμάχιο 3 και η ιδιοκτησία V3 στο τεμάχιο 6. Ο ογκομετρικός ορισμός των μερών V1, V2 και V3 στη μεταξύ τους σχέση κρίνεται απαραίτητος, όπως φαίνεται και από την εικόνα 45.



Εικόνα 45 : Κατασκευές πάνω από δρόμο και γεωτεμάχια (πηγή : Efi Dimopoulou, Ilias Gavanas and Panagiotis Zentelis, 2006)

Ομοίως, στην εικόνα 46 παρουσιάζεται μια ακόμη περίπτωση αλληλοεπικάλυψης ιδιωτικής και δημόσιας περιουσίας, στην οποία η ιδιοκτησία V3 είναι ένα ιδιωτικό παρκινγκ, το οποίο εκτείνεται πέρα από τα όρια του τεμαχίου 7 προς το δρόμο.



Εικόνα 46 : Θέσεις στάθμευσης κάτω από ιδιωτική και από δημόσια περιουσία (πηγή : Efi Dimopoulou, Ilias Gavanas and Panagiotis Zentelis, 2006)

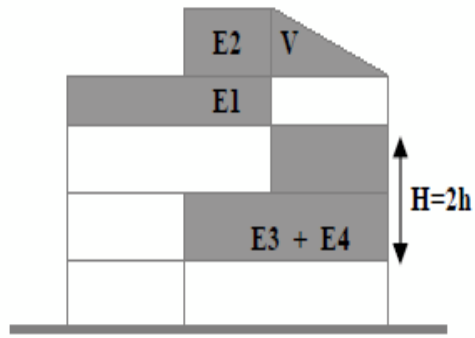
### 3.5.3. Μη συμβατική ανάπτυξη ακινήτων εντός γεωτεμαχίου

Σήμερα, οι δυνατότητες που παρέχονται από τους εξελισσόμενους κτιριακούς κανονισμούς και οι βαθμοί ελευθερίας στο σχεδιασμό των κτιρίων με ένα ή περισσότερα ακίνητα, έχουν στόχο τη βελτίωση της αρχιτεκτονικής των κτιρίων και τη βελτίωση της λειτουργικότητας των ακινήτων εντός των γεωτεμαχίων. Αποτέλεσμα αυτών των δυνατοτήτων είναι η σχεδίαση και η κατασκευή ακινήτων σε κτίρια επί αδιαίρετων γεωτεμαχίων ή αυτοτελή κτίρια μη συμβατικής μορφής. Ο όρος μη συμβατική ανάπτυξη ακινήτων μπορεί να χρησιμοποιηθεί διπλά, είτε αρνητικά για ένα ακίνητο, που δεν μπορεί να περιγραφεί μόνο από την 2D κάτοψη και τον όγκο του, ο οποίος προκύπτει από ένα σταθερό ύψος του ακινήτου, είτε θετικά για ένα ακίνητο, το οποίο απαιτείται να περιγραφεί σε τρεις διαστάσεις (3D), λόγω του μεταβαλλόμενου ύψους του ακινήτου σε διάφορα τμήματα αυτού ή σε κάθε σημείο αυτού. Το μεταβαλλόμενο ύψος είναι το στοιχείο που δημιουργεί την ανάγκη για 3D περιγραφή του ακινήτου.

Η μη συμβατική ανάπτυξη ακινήτου εμφανίζεται και στην ελληνική πραγματικότητα και συγκεκριμένα στις παρακάτω περιπτώσεις :

- Οι ιδιόκτητοι χώροι αναπτύσσονται σε δύο ή περισσότερους ορόφους και έχουν ολικώς ή μερικώς τμήματα με ύψος μεγαλύτερο (συνήθως διπλάσιο) του συμβατικού ύψους.
- Οι ιδιόκτητοι χώροι έχουν τμήματα με όγκο, από τον οποίο δεν προκύπτει επιφάνεια κύριας χρήσης που να προσαυξάνει την επιφάνεια του ακινήτου. Μπορεί για παράδειγμα να υπάρχει στέγη στο ακίνητο, η οποία χαρακτηρίζεται ως μη βατός χώρος ή άλλο μη βατό εσωτερικό πρόβολο του ακινήτου κ.τ.λ..
- Η επιφάνεια της κάτοψης ή των κατόψεων του ακινήτου μπορεί να διαφέρει από τη νόμιμη πραγματική. Για παράδειγμα, σε ένα ισόγειο κατάστημα μεγάλου ύψους με πατάρι, η νόμιμη επιφάνεια του καταστήματος διαφέρει είτε από την επιφάνεια της κάτοψης του ισογείου, είτε από το άθροισμα των επιφανειών των κατόψεων του ισογείου και του παταριού.
- Ανάπτυξη εμπορικού κέντρου με σύνθετη μορφή και μεταβαλλόμενα εσωτερικά ύψη.

Για όλες τις παραπάνω περιπτώσεις, η 3D περιγραφή των ακινήτων προκύπτει κυρίως από τη στερεομετρική απεικόνιση του εγκεκριμένου διαγράμματος κάλυψης από την άδεια οικοδομής. Για τα νέα κτίρια, η 3D περιγραφή των ακινήτων μπορεί να δίδεται και να παρουσιάζεται ψηφιακά από τους μελετητές του έργου κατά την έκδοση της άδειας οικοδομής. Επίσης, η 3D περιγραφή των ακινήτων μπορεί να διασφαλίσει την αποφυγή δημιουργίας αυθαίρετων επεκτάσεων στο εσωτερικό του κτιρίου. Στην εικόνα 47 φαίνεται το παράδειγμα μιας πολυκατοικίας, στην οποία η διαμόρφωση πολλών εσωτερικών χώρων συχνά υπερβαίνει τη συμβατική αντίληψη περί ορόφων, καταλαμβάνοντας επίπεδα σε περισσότερους ορόφους, δημιουργώντας αίθρια, πατάρια ή σοφίτες ή ακόμα και διαμερίσματα, τα οποία επεκτείνονται σε πολλά επίπεδα.



Εικόνα 47 : Ασυνήθης εκμετάλλευση του όγκου κτιρίων (πηγή : Δημοπούλου et.al., 2006)

#### 4. ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Είναι σαφές, ότι η εφαρμογή ενός 3D κτηματολογικού μοντέλου στην Ελλάδα απαιτεί την επίλυση ορισμένων θεμελιωδών ζητημάτων, στα οποία στηρίζεται το λειτουργικό σύστημα του κτηματολογίου και τα οποία διογκώνονται με την πάροδο του χρόνου. Γενικότερα, το τρέχον κτηματολόγιο απέχει από τις αρχές των ηλεκτρονικών υπηρεσιών, οι οποίες πρέπει να διέπουν κάθε κτηματολογικό σύστημα για τη βέλτιστη λειτουργία του. Πιο συγκεκριμένα, η χωρική βάση δεδομένων περιλαμβάνει τις πληροφορίες των κτιρίων, χωρίς όμως τα περιγράμματα και το αποτύπωμα αυτών να μπορούν να ανιχνευθούν στους κτηματολογικούς χάρτες. Επιπλέον, το χωρικό μοντέλο περιλαμβάνει μια επιπρόσθετη οντότητα, η οποία σχετίζεται με τα κτίρια. Έτσι, στην πραγματικότητα είναι εφικτή η απεικόνιση των περιγραμμάτων των κτιρίων, αλλά αυτή η λειτουργία δεν έχει εφαρμοστεί έως τώρα. Το βασικό μειονέκτημα του ελληνικού μοντέλου αποτελεί το γεγονός, ότι περιλαμβάνει μόνο νομικές πληροφορίες των ακινήτων, χωρίς την απεικόνιση της κατανομής των δικαιωμάτων σε δισδιάστατο χώρο. Οι κυριότεροι λόγοι για τους οποίους αποφεύγεται η χωρική οπτικοποίηση των κτιρίων είναι οι εξής :

- για να αποφευχθεί η νομιμοποίηση αυθαίρετων κατασκευών οποιασδήποτε χρήσης
- η συλλογή πληροφοριών σχετικά με τα κτίρια μπορεί να είναι πολύ ακριβή, καθώς πρέπει να ελέγχεται από τοπογραφικές μεθόδους. Αξίζει να σημειωθεί, ότι κατά την κτηματογράφηση του 2003 συγκεντρώθηκαν μόνο οι προσόψεις των κτιρίων από κάθε οικοδομικό τετράγωνο, ενώ τα περιγράμματα υλοποιήθηκαν με ψηφιακά πολύγωνα. Αργότερα, αυτή η πρακτική εγκαταλείφτηκε, καθώς οι πληροφορίες που καταχωρήθηκαν είναι αναποτελεσματικές και ψευδείς.

Τα ειδικά ιδιοκτησιακά αντικείμενα αφορούν σε μια πληθώρα αντικειμένων, τα οποία χαρακτηρίζονται από ποικίλες και σύνθετες τοπολογικές σχέσεις, οι οποίες εφαρμόζονται μεταξύ διαφόρων περιουσιών και είναι οι μόνες 3D που διαχειρίζεται το υπάρχον κτηματολογικό μοντέλο. Σύμφωνα με το Ε.Κ., καταγράφονται όχι ως χωρικές πληροφορίες, αλλά ως περιγραφικές. Για αυτό το λόγο, κατά τη διάρκεια της κτηματογράφησης οι τοπογράφοι, στους οποίους ανατέθηκε από το Ε.Κ. η καταγραφή αυτών των αντικειμένων, αναγκάστηκαν να επισυνάψουν μια σχεσιακή/ τοπολογική κατάσταση στα παραδοτέα τους, η οποία θα περιελάμβανε μια περιγραφή αυτών των αντικειμένων με δομημένο, περιγραφικό τρόπο χρησιμοποιώντας λέξεις όπως "πάνω" ή "κάτω". Από το Ε.Κ. δε δόθηκαν οι τεχνικές προδιαγραφές αναφορικά με τα ειδικά ιδιοκτησιακά αντικείμενα, για αυτό το λόγο οι τοπογράφοι προχώρησαν σε χειραγώγηση των παρακάτω μεθόδων για να αποκτήσουν τις απαιτούμενες πληροφορίες για αυτά τα στοιχεία :

- οι περισσότεροι τοπογράφοι παρέδωσαν μόνο την τοπολογική κατάσταση, χωρίς να παραδώσουν τη χωρική απεικόνιση των αντικειμένων, καθώς το Ε.Κ. δεν τους παρείχε τις τεχνικές προδιαγραφές για την καταχώρηση. Σε αυτή την περίπτωση, τα ειδικά ιδιοκτησιακά αντικείμενα ορίσθηκαν ως τεμάχια με ένα περιγραφικό τρόπο. Συγκεκριμένα, περιγράφηκαν με έναν 12-ψήφιο κτηματολογικό

αριθμό, ο οποίος προσδιορίστηκε από το Ε.Κ. και συνοδεύτηκε από ένα ειδικό σχόλιο, προσδιορίζοντας τους κτηματολογικούς αριθμούς άλλων τεμαχίων με τους οποίους σχετίζονταν

- ορισμένοι τοπογράφοι παρέδωσαν την τοπολογική κατάσταση μαζί με κάποιες στοιχειώδεις χωρικές πληροφορίες αναφορικά με τα ειδικά ιδιοκτησιακά αντικείμενα. Πιο συγκεκριμένα, τα ειδικά ιδιοκτησιακά αντικείμενα χωρίς ποσοστό ιδιοκτησίας στο γεωτεμάχιο, για παράδειγμα ανώγεια και κατώγεια, ήταν συνήθως μη χωρικά εντοπισμένα στο κτηματολογικό μοντέλο. Σε αυτές τις περιπτώσεις, οι μηχανικοί συγκέντρωσαν τις εγγραφές των αντικειμένων, τα οποία μπορούν σήμερα να εντοπισθούν στον κτηματολογικό χάρτη ως σημεία, τα οποία αντιπροσωπεύουν δουλείες, εγγραφές ή είσοδο σε ένα κατώγιο, ανώγιο κ.τ.λ.
- ορισμένοι τοπογράφοι παρέδωσαν την τοπολογική κατάσταση μαζί με τη χωρική αποτύπωση, η οποία μπορεί τώρα να εντοπισθεί στους κτηματολογικούς χάρτες με τη χρήση πολυγώνων σε διαφορετικό θεματικό στρώμα από αυτό των τεμαχίων. Σε ορισμένες περιπτώσεις, ένα τοπογραφικό σχέδιο ή προσχέδιο επισυναπτόταν με τα παραδοτέα
- ορισμένοι τοπογράφοι δεν παρέδωσαν καν την τοπολογική κατάσταση
- οι περισσότεροι τοπογράφοι προέβησαν στην εξαγωγή δεδομένων από τις διαθέσιμες πράξεις ή τίτλους.

Οι μέθοδοι αυτές είναι ανεπαρκείς για την απεικόνιση της διανομής των δικαιωμάτων για τα ειδικά ιδιοκτησιακά αντικείμενα στην κατακόρυφη συνιστώσα, ενώ παράλληλα οδηγούν σε περαιτέρω σύγχυση ως προς τη καταχώρηση αυτών των αντικειμένων. Τα χαρακτηριστικά της 3D φύσης των ακινήτων, όπως τα δάπεδα των κτιρίων στις περιπτώσεις οριζόντιας ιδιοκτησίας, καταχωρούνται μόνο ως ιδιότητα ή περιγραφικά. Επιπροσθέτως, οι πράξεις και οι τίτλοι δεν περιέχουν κατόψεις των διαμερισμάτων. Οι πληροφορίες που τώρα συγκεντρώνονται είναι ο κωδικός του κτιρίου, του πατώματος και του κτηματολογικού αριθμού της ιδιοκτησίας. Επίσης, δεν υπάρχει δυνατότητα διατήρησης και ενημέρωσης των χωρικών δεδομένων, καθώς το τρέχον ιδιοκτησιακό καθεστώς δεν είναι επαρκώς καταχωρημένο στο κτηματολογικό σύστημα, ενώ η σύνδεση μεταξύ χωρικών και περιγραφικών δεδομένων περιορίζεται στον κτηματολογικό αριθμό.

Το σύστημα καταγραφής των δικαιωμάτων επί της γης στην Ελλάδα ασχολούταν με την καταχώριση των πράξεων, η οποία πραγματοποιείται από το λεγόμενο Υποθηκοφυλακείο. Στο πλαίσιο αυτού του συστήματος, ένα αντίγραφο κάθε πράξης μεταβίβασης ιδιοκτησιακού δικαιώματος κατατίθεται στο μητρώο πράξεων με χρονολογική σειρά. Το μητρώο συμπληρώνεται από ένα μητρώο εγγείου ιδιοκτησίας, το οποίο παρέχει πληροφορίες σχετικά με βάρη, υποθήκες, δουλείες και απαιτήσεις δικαιωμάτων. Επιπλέον, παρέχεται ένα ευρετήριο ονομάτων των πωλητών, αγοραστών και των αιτούντων αναφορικά με τον τόμο και τη σελίδα που η πράξη είναι καταχωρημένη. Η καταχώρηση των τεμαχίων βρίσκεται συνήθως σε συνδυασμό με μια εκτεταμένη λεκτική περιγραφή των ορίων ή/ και ένα γραφικό σχέδιο επισυνάπτεται σε κάθε συναλλαγή υποχρεωτικά από το 1977 και κατατίθεται στο συμβολαιογράφο (Zentelis & Dimorouliou, 2001). Σε περιοχές όπου η κτηματογράφηση είναι ακόμα σε εξέλιξη, τα Υποθηκοφυλακεία βρίσκονται σε



ισχύ λειτουργώντας παράλληλα με στα αντίστοιχα γραφεία του κτηματολογίου. Πέραν αυτού, ο νομικός ορισμός της ακίνητης περιουσίας παρέχεται από το παλιό σύστημα και συχνά δεν αντανακλά την πραγματική κατάσταση και δημιουργείται περαιτέρω σύγχυση στο χειρισμό και τη διαχείριση των εδαφικών ζητημάτων στην ελληνική επικράτεια, ώστε ακόμα και τα καλύτερα αποδεικτικά στοιχεία δεν μπορούν εύκολα να το αποδείξουν. Πιο συγκεκριμένα :

- Οι πράξεις δεν περιλαμβάνουν 3D πληροφορίες σχετικά με τα ύψη που εφαρμόζονται επί ακίνητων περιουσιών, αλλά περιλαμβάνουν σχετικές περιγραφικές πληροφορίες. Μοναδική εξαίρεση αποτελεί η νομική περιγραφή της πράξης, η οποία συνοδεύεται από τοπογραφικό σχέδιο, το οποίο περιλαμβάνει συντεταγμένες ή/ και ύψη
- Τα Υποθηκοφυλακεία διατηρούν νομικές πληροφορίες σχετικά με τα γεωτεμάχια και οι πληροφορίες αυτές ενημερώνονταν (και ενημερώνονται) από τις νέες πράξεις, οι οποίες περιγράφουν πρόσφατες συναλλαγές στην ακίνητη περιουσία. Παρόμοια προβλήματα αντιμετωπίζει και το Ε.Κ., καθώς ενημερώνονται μόνο οι νομικές πληροφορίες, ενώ δεν υπάρχει δυνατότητα έως τώρα τα τοπικά γραφεία να διατηρούν και να ενημερώνουν τα χωρικά δεδομένα.

#### **4.1. Μελλοντικά Σχέδια**

Τα μελλοντικά σχέδια του Ε.Κ. έχουν στόχο την επίλυση αυτών των ζητημάτων και την εφαρμογή σοβαρών μέτρων για τη βελτίωση του κτηματολογικού μοντέλου, ώστε να υιοθετηθούν αποτελεσματικά οι διεθνείς εξελίξεις και να απεικονισθεί επαρκώς η σύνθετη 3D πραγματικότητα. Πιο συγκεκριμένα, το Ε.Κ. θα συνεργαστεί με το Υπουργείο Περιβάλλοντος και το Ελληνικό Τεχνικό Επιμελητήριο για τη χωρική καταχώρηση των κτιρίων στην ελληνική επικράτεια και θα διεξαχθεί περαιτέρω μελέτη του κτηματολογίου της Κύπρου, καθώς και των προδιαγραφών και των αρχών του για την επίλυση ζητημάτων (σχετικά με την αποδοτικότητα του Ε.Κ. και τις αρχές της Διαδικτυακής Διακυβέρνησης/ e-Government και της διατήρησης των δεδομένων) του υφιστάμενου Ε.Κ., τα οποία εμποδίζουν την ομαλή λειτουργία του. Επίσης, θα γίνει εξέταση του L.A.D.M. (Land Administration Domain Model). Το L.A.D.M. (εξετάζεται στην ενότητα 2.2) είναι ένα διεθνές πρότυπο, που καθορίζεται από το διεθνή οργανισμό τυποποίησης (ISO) και την τεχνική επιτροπή για γεωγραφικές πληροφορίες της Ευρωπαϊκής Επιτροπής Τυποποίησης και αποτελεί ουσιαστικά μια θεμελιώδη προσπάθεια να τυποποιήσει τα κτηματολογικά συστήματα παγκοσμίως. Το Ε.Κ. δεν έχει υιοθετήσει το L.A.D.M., ωστόσο προτίθεται να προχωρήσει σε περαιτέρω μελέτη και πιθανόν μελλοντικά να το ενσωματώσει ανάλογα στο ελληνικό κτηματολογικό μοντέλο.

#### **4.2. 3D Κτηματολόγιο στην Ελλάδα**

Υπό αυτές τις συνθήκες που επικρατούν στην Ελλάδα, είναι φανερό ότι δεν είναι ακόμα δυνατή η πλήρης υιοθέτηση ενός 3D κτηματολογικού συστήματος. Για αυτό το λόγο, το υβριδικό 3D μοντέλο φαίνεται να είναι μια πιο εφικτή και

αποτελεσματική λύση για το Ε.Κ.. Εκτός από αυτό, η υιοθέτηση ενός υβριδικού εννοιολογικού μοντέλου συνεπάγεται τη διατήρηση του τρέχοντος 2D Κτηματολογίου, με την παράλληλη ενσωμάτωση 3D δεδομένων σε κάθε περίπτωση που κρίνεται απαραίτητο.

Σύμφωνα με τους Stoter και Ploeger (2002), τα δικαιώματα που θα συσταθούν σε 2D τεμάχια μπορούν να απεικονιστούν σε τρεις διαστάσεις, βελτιώνοντας τη γνώση σχετικά με την κατακόρυφη συνιστώσα των δικαιωμάτων. Αυτά είναι γνωστά ως 3D εμπράγματα δικαιώματα αντικειμένων (3D right- objects) ή 3D ογκομετρικά εμπράγματα δικαιώματα (3D right-volumes). Πρόκειται ουσιαστικά για 3D απεικόνιση των δικαιωμάτων σε 2D γεωτεμάχιο και αποτελούν 3D καταγραφή δικαιωμάτων. Η ανάπτυξη τέτοιων αντικειμένων, από τεχνικής και ιδιαίτερα από τοπολογικής πλευράς, και η οπτικοποίησή τους, ακόμα και σε απλά πολύεδρα, αποτελεί μια πρόκληση και ταυτόχρονα την καταλληλότερη 3D προσέγγιση. Επιπρόσθετα, μπορεί να εφαρμοστεί επιτυχώς σε αρκετές περιπτώσεις της σύνθετης ελληνικής πραγματικότητας. Η απεικόνισή τους μπορεί να επιτευχθεί με τις διάφορες μεθόδους, οι οποίες ποικίλουν ανάλογα με την κάθε περίπτωση.

#### ➤ Κτίρια

Μια από τις χαρακτηριστικότερες περιπτώσεις δικαιωμάτων που απαιτούν 3D απεικόνιση, αποτελεί η σύσταση οριζόντιας ιδιοκτησίας και κυρίως στις περιπτώσεις των διαμερισμάτων. Όπως προαναφέρθηκε, οι πράξεις και οι τίτλοι δεν περιλαμβάνουν κατόψεις των διαμερισμάτων, ενώ σήμερα οι πληροφορίες που συγκεντρώνονται από το Ε.Κ. είναι ο κωδικός του κτιρίου, ο όροφος και ο κτηματολογικός αριθμός. Υπό αυτές τις συνθήκες, θα πρέπει αρχικά να αποδοθούν τα περιγράμματα των κτιρίων που δεν απεικονίζονται στον κτηματολογικό χάρτη, προκειμένου να απεικονιστούν στις τρεις διαστάσεις (Tsiliakou, Dimoroulou, 2011). Έτσι, πρέπει να συλλεχθούν τα περιγράμματα των κτιρίων από τα αρχικά αρχεία του κτηματολογικού συστήματος ανά συγκρότημα, στο οποίο έχει συσταθεί οριζόντια ιδιοκτησία. Στη συνέχεια, σύμφωνα με τις Τσιλιάκου και Δημοπούλου, πρέπει να συλλεχθούν οι πληροφορίες σχετικά με τον αριθμό των ορόφων από τα συμβόλαια ή τα περιγραφικά δεδομένα του Ε.Κ. και να ελεγχθεί η περίμετρος των κτιρίων, σε σύγκριση με ορθοφωτογραφίες πολύ μεγάλης (VLSO) και μεγάλης κλίμακας (LSO). Τέλος, μπορεί να τεθεί μια εννοιολογική τιμή στο ύψος ανά όροφο (π.χ. 3 μέτρα), ώστε να προσδιοριστεί ο όγκος του κτιρίου. Αν στο σχέδιο του ορόφου συμπεριλαμβάνονται και τα ύψη, τότε χρησιμοποιούνται οι συντεταγμένες και τα πραγματικά ύψη, ώστε να υπολογιστεί ο όγκος του κτιρίου.

Στις περιοχές που διατίθεται ψηφιακό μοντέλο εδάφους (DSM) από το Ε.Κ., μπορεί να γίνει εξαγωγή των υψών και να τεθεί μια τιμή στο ύψος ανά όροφο, ώστε να απεικονιστεί το ακίνητο σε 3D. Με αυτό τον τρόπο, εκτιμάται και ο αριθμός των ορόφων του κτιρίου. Σε περιπτώσεις μη συμβατικής εκμετάλλευσης των πολυώροφων κτιρίων, όπου υπάρχει σοφίτα ή πατάρι, κρίνονται απαραίτητες οι κατόψεις, ώστε να μπορεί να απεικονιστεί επακριβώς το ιδιοκτησιακό καθεστώς στην κατακόρυφη συνιστώσα.

### 4.3. Συμπεράσματα

Η μετάβαση σε ένα 3D κτηματολογικό μοντέλο απαιτεί περαιτέρω μελέτη και γνώση του υπάρχοντος μοντέλου, καθώς είναι ζωτικής σημασίας για την εξέταση θεμελιωδών ζητημάτων του υπάρχοντος Ε.Κ., όπως το γεγονός ότι τα περιγράμματα κάθε κατασκευής δεν απεικονίζονται στον κτηματολογικό χάρτη. Ακόμα, ένα θέμα που πρέπει να ληφθεί υπόψη είναι το κόστος αυτής της μετάβασης, το οποίο θα είναι αρκετά υψηλό. Για αυτό το λόγο, πρέπει να υπάρχει μεγάλη ακρίβεια και προσοχή κατά τον προγραμματισμό και σχεδιασμό του νέου μοντέλου. Σε κάθε περίπτωση είναι απαραίτητη μια εκ των προτέρων οικονομικά αποδοτική ανάλυση. Το υβριδικό μοντέλο αποτελεί την ιδανικότερη λύση για την Ελλάδα και με την πραγματοποίηση της 3D οπτικοποίησης, το ιδιοκτησιακό καθεστώς ακόμα και των πιο σύνθετων ιδιοκτησιών μπορεί να γίνει κατανοητό (Tsiliakou, Dimoroulou, 2011).

Το βασικό θέμα και κύριο μειονέκτημα της ανάπτυξης του Ε.Κ. είναι καθαρά νομικό και ως εκ τούτου οι περιορισμοί δεν προέρχονται από την αδυναμία των κατασκευαστών και των χρηστών του κτηματολογικού συστήματος, ούτε από τη τεχνογνωσία που έχουν αναπτύξει, αλλά από την ανεπάρκεια και αδράνεια των υφιστάμενων δομών της δημόσιας διοίκησης να προσαρμοστούν στα νέα δεδομένα και στις νέες παγκόσμιες τάσεις και φυσικά στην απροθυμία τους να υποστηρίξουν το επιστημονικό προσωπικό του Ε.Κ., προκειμένου να ενισχυθούν πολλές πτυχές της ελληνικής πραγματικότητας.

## 5. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ (GIS) ΚΑΙ ΤΡΙΤΗ ΔΙΑΣΤΑΣΗ

Ήδη από τα μέσα του 1960 εμφανίστηκε το πρώτο Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών (Geographic Information System), το οποίο έδωσε την αφορμή για την εξέλιξη των 2D χαρτών και τη διαχείριση των γεωγραφικών πληροφοριών. Από τότε έχει υπάρξει μια αυξανόμενη αγορά για ποικίλες εφαρμογές στο πεδίο των Σ.Γ.Π. και έχει αποδειχθεί, ότι είναι ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο για τη διαχείριση και ανάλυση 2D κτηματολογικών δεδομένων. Για πολύ καιρό, η κοινότητα των Σ.Γ.Π. υπέθετε, ότι η 2D εμφάνιση των γεωγραφικών πληροφοριών ήταν κατανοητή, παρόλο που ο πραγματικός κόσμος είναι 3D. Η χρήση της τρίτης διάστασης στα Σ.Γ.Π. άρχισε πριν από περίπου μια δεκαετία, αλλά η αποδοχή της από το μεγαλύτερο μέρος της κοινότητας ήταν περιορισμένη. Ο ορισμός ενός 3D Σ.Γ.Π. είναι σχετικός με αυτόν ενός 2D, με τη σημαντική διαφορά ότι η πληροφορία σχετίζεται πλέον με 3D χωρικά φαινόμενα. Άρα, τα 3D Σ.Γ.Π. πρέπει να είναι ικανά να προσφέρουν την ίδια λειτουργικότητα με τα παραδοσιακά 2D Σ.Γ.Π..

Η πιο σημαντική διαφορά ενός Σ.Γ.Π. με άλλα λογισμικά είναι η δυνατότητα εκτέλεσης χωρικής ανάλυσης και απεικόνισής της. Αυτό ουσιαστικά σημαίνει, ότι τα μοντέλα (τοπολογία, γεωμετρία, δίκτυο, κ.τ.λ.) πρέπει να συμφωνηθούν εκ των προτέρων. Όταν τα μοντέλα είναι διαθέσιμα, μπορούν να χαρτογραφηθούν σε δομές βάσεων δεδομένων ή μορφές αρχείων (π.χ. gml, kml, shape, dxf) και να χρησιμοποιηθούν για διαχείριση ή ανταλλαγή μέσω διαδικτύου και μεταξύ διαφορετικών εφαρμογών. Σήμερα, μπορούν να εκτελεστούν αποτελεσματικά και με ακρίβεια πολλές εργασίες στα περισσότερα 2D Σ.Γ.Π. λογισμικά που είναι διαθέσιμα στην αγορά, αλλά αυτά τα συστήματα δεν ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις των προηγμένων 3D εργασιών. Ένα 3D Σ.Γ.Π. πρέπει να έχει τη δυνατότητα να παρέχει πληροφορία για χωρικά φαινόμενα με την εκτέλεση εργασιών που το 2D παρέχει ήδη, όπως την καταγραφή χωρικών δεδομένων στο σύστημα, τη δόμηση χωρικών δεδομένων σε μια γεωβάση, αλλά και ανάλυση και απεικόνιση του αποτελέσματος. Πρέπει να σημειωθεί, ότι οι περισσότερες από τις πρόσφατες διαθέσιμες διαδικτυακές εφαρμογές στοχεύουν στην απεικόνιση 3D δεδομένων και σπάνια εστιάζουν στην επεξεργασία και ανάλυσή τους (Zlatanova, 2013).

Στον τομέα της 3D απεικόνισης παρουσιάζονται ραγδαίες εξελίξεις, αφού οι τεχνικοί περιορισμοί στη χρήση της 3D πληροφορίας (όπως ισχύς των υπολογιστών και εργαλεία για 3D απεικόνιση) έχουν σχεδόν ξεπεραστεί και η ανάπτυξη των 3D αντικειμένων συνεχίζεται πολύ δυναμικά. Σπουδαίο ρόλο σε αυτές τις εξελίξεις παίζουν τα νέα διαδικτυακά απεικονιστικά περιβάλλοντα, όπως Google Earth και Microsoft Virtual Earth, τα οποία δίνουν στο κοινό τη δυνατότητα πρόσβασης και απεικόνισης 3D πληροφορίας με απλό και κατανοητό τρόπο.

Από την άλλη μεριά, στα Συστήματα Ηλεκτρονικής Σχεδίασης (CAD) η επεξεργασία και απεικόνιση 3D πληροφορίας δεν είναι κάτι νέο. Τα συστήματα αυτά, όμως, έχουν σχεδιαστεί για διαφορετικές εφαρμογές σε σχέση με τα Σ.Γ.Π.. Τα Συστήματα Ηλεκτρονικής Σχεδίασης έχουν εστιάσει

μερικώς στην ανάπτυξη ισχυρών 3D εργαλείων επεξεργασίας και αποτελεσματικής 3D απεικόνισης. Μια ένωση των δύο συστημάτων θα ήταν ωφέλιμη και για τα δύο πεδία και υπάρχει μια τάση από τους προμηθευτές για μείωση του κενού, που δημιουργείται μεταξύ αυτών των δύο συστημάτων.

Η κύρια διαφορά μεταξύ τους είναι, ότι τα συστήματα Ηλεκτρονικής Σχεδίασης σχεδιάστηκαν αρχικά για τη μοντελοποίηση των ανθρωπίνων κατασκευών σε ένα τοπικό σύστημα συντεταγμένων, π.χ. κτίρια, βιομηχανικές εγκαταστάσεις κ.τ.λ., ενώ τα Σ.Γ.Π. σχεδιάστηκαν για να απεικονίσουν την πραγματικότητα σε ένα σύστημα γεωγραφικών συντεταγμένων, σαν αντικατάσταση των κλασικών γεωγραφικών αναλογικών χαρτών. Επίσης, τα συστήματα CAD υποστηρίζουν θεμελιώδη στοιχεία, όπως σφαίρα, κύλινδρος, κώνος κ.τ.λ., για τη διαχείριση σύνθετων κατασκευών, ενώ τα Σ.Γ.Π. υποστηρίζουν σημεία, γραμμές και πολύγωνα με περιεχόμενες ιδιότητες. Η εξέλιξη και των δύο συστημάτων πλέον τα φέρνει πιο κοντά. Για παράδειγμα, η Ηλεκτρονική Σχεδίαση έχει επεκταθεί στη δυνατότητα να δουλεύει με 2D προβολές, ορίζοντας σύνθετη ιεραρχία ιδιοτήτων και να εκτελεί ανάλυση σαν τα Σ.Γ.Π. (Zlatanova, 2006), ενώ η κοινότητα των Σ.Γ.Π. απαιτεί περισσότερο ρεαλιστική απεικόνιση, δυνατότητες 3D επεξεργασίας και βέλτιστες δυνατότητες πλοήγησης.

Η κύρια δυσκολία, όμως, για τη συγχώνευση των δύο συστημάτων είναι η ύπαρξη διαφορών μεταξύ των τύπων δεδομένων, δυσκολεύοντας έτσι την εξαγωγή μοντέλων μεταξύ των δύο συστημάτων χωρίς απώλεια δεδομένων. Εφόσον, λοιπόν, τα Σ.Γ.Π. δεν υποστηρίζουν όλα τα βασικά σχήματα που υποστηρίζουν τα συστήματα CAD, είναι δυνατόν να υπάρξουν απώλειες γεωμετρίας κατά την εξαγωγή από CAD σε GIS. Για παράδειγμα, ένα αντικείμενο που απεικονίζεται με ελεύθερης μορφής σχήματα στα CAD, θα απεικονίζεται με γραμμές και πολύγωνα στα Σ.Γ.Π.. Από την άλλη μεριά, ένα μοντέλο που μετατρέπεται από Σ.Γ.Π. σε CAD μπορεί να χάσει σημασιολογική πληροφορία, γιατί ένα σύστημα CAD δεν επικεντρώνεται τόσο στις σημασιολογικές πληροφορίες.

Στόχος των Σ.Γ.Π. είναι η αποθήκευση γεωγραφικής, αλλά και σημασιολογικής πληροφορίας σε ένα σύστημα και η υποστήριξη ανάλυσης και στα δύο πεδία. Στη σημασιολογική μοντελοποίηση, τόσο τα σταθερά, όσο και τα μη σταθερά αντικείμενα έχουν γεωμετρία και πολλά χαρακτηριστικά, όπως ιδιότητες (όνομα, λειτουργία κ.τ.λ.), σχέσεις και συνθήκες σε ένα αντικείμενο, αλλά και μεταξύ αντικειμένων. Οι γεωμετρικές και θεματικές ιδιότητες αποτελούν τη σημασιολογία για ένα αντικείμενο. Όσον αφορά στη διαχείριση θεματικών πληροφοριών που σχετίζονται με λειτουργικά αντικείμενα (κτίρια, δρόμοι), τα Σ.Γ.Π. έχουν μακρά ιστορία. Αντίθετα, το ενδιαφέρον των συστημάτων CAD για αυτές τις πληροφορίες έχει αυξηθεί μόλις τα τελευταία χρόνια. Μία ακόμη δυσκολία και στα δύο συστήματα, είναι η συνέπεια στη γεωμετρία, για παράδειγμα κατά τη σύνθετη μοντελοποίηση.

Ένα ανώτερο επίπεδο σημασιολογίας κατά την ανταλλαγή δεδομένων θα μπορούσε να αποτρέψει των απώλεια πληροφορίας, για παράδειγμα της τοπολογίας. Η γεωμετρία καθορίζει πού βρίσκεται το 3D αντικείμενο στο χώρο και η τοπολογία περιγράφει τις σχέσεις μεταξύ των αντικειμένων, όπως γειτνίαση, επικάλυψη, έγκληση κ.τ.λ.. Άρα, η τοπολογία μπορεί να είναι

συμπλήρωμα της γεωμετρίας, αλλά και γενικότερα το θεμέλιο για τις περισσότερες χωρικές λειτουργίες. Η τοπολογική ιδιότητα ενός αντικειμένου καθορίζεται από τη γεωμετρία των αντικειμένων. Για παράδειγμα, για να βρεθεί η γειτνίαση δύο αντικειμένων, πρέπει πρώτα να μελετηθεί η γεωμετρία, για ανεύρεση κοινών σημείων, γραμμών και πολυγώνων, μια διαδικασία που απαιτεί διερεύνηση, υπολογισμό και σύγκριση μεταξύ της γεωμετρίας των αντικειμένων. Λόγω του ότι η 3D πληροφορία είναι πολύ πιο σύνθετη και έχει υψηλότερη ποιότητα, η διαδικασία αυτή είναι πολύ πιο ακριβής σε σχέση με αυτή που πραγματοποιείται για την 2D πληροφορία.

Ένα 3D Σ.Γ.Π. πρέπει να έχει τη δυνατότητα να εκτελεί χωρικές λειτουργίες, όπως :

- Λειτουργίες ανάκτησης, όπως ποια είναι η τρέχουσα πληροφορία για ένα συγκεκριμένο αντικείμενο
- Λειτουργίες ερωτημάτων, για παράδειγμα ανάκτηση δεδομένων που ικανοποιούν συγκεκριμένες συνθήκες
- Ενιαία ανάλυση χωρικών και σημασιολογικών δεδομένων, για παράδειγμα ταξινόμηση, μέτρηση κ.τ.λ.
- Λειτουργίες γειτνίασης, για παράδειγμα τοπογραφικές λειτουργίες, αναζήτηση
- Λειτουργίες συνδεσιμότητας, ζωνών επιρροής κ.τ.λ.
- Υπολογισμό αποστάσεων εμβαδού και όγκου στην τρίτη διάσταση.

Σήμερα, οι περισσότερες λειτουργίες είναι δυστυχώς διαθέσιμες μόνο για τις δύο διαστάσεις. Πολλά πακέτα Σ.Γ.Π. μπορούν να κατασκευάσουν 2D τοπολογικά μοντέλα, ενώ κάποια πακέτα CAD παρέχουν εργαλεία για τον έλεγχο της τοπολογικής συνέπειας. Για τη μετάβαση από 2D σε 3D, είναι αναγκαίο να οριστούν νέες προσεγγίσεις, κανόνες και απεικονίσεις, αφού και η πολυπλοκότητα των σχέσεων θα αυξηθεί.

Συμπερασματικά, η επιτυχία των 3D Σ.Γ.Π. θα εξαρτηθεί από την ανάπτυξη αποτελεσματικών 3D μοντέλων. Πολλοί ειδικοί και προμηθευτές εξετάζουν συνεχώς την τρίτη διάσταση και μελετούν την ανάπτυξη ενός διαλειτουργικού 3D μοντέλου. Ωστόσο, δεν είναι δυνατόν να υπάρχει ένα 3D μοντέλο, το οποίο να μπορεί να εξυπηρετεί όλους τους τομείς εφαρμογών. Δεν μπορεί, όμως, να είναι τόσο δύσκολο να αναπτυχθεί ένα βασικό 3D ενιαίο μοντέλο, το οποίο θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως αναφορά για πολλές εφαρμογές. Για πολλές δεκαετίες, οι τοπογραφικοί χάρτες έχουν διαδραματίσει αυτό το ρόλο για τις δύο διαστάσεις. Πρέπει, λοιπόν, να δημιουργηθεί ένα μοντέλο, το οποίο θα αντιμετωπίζει τις ανάγκες των αγορών και της έρευνας και θα εμποδίσει την εμφάνιση χιλιάδων διαφορετικών μοντέλων.

## **5.1. 3D Μοντελοποίηση**

Σε 3D γραφικά υπολογιστών, η 3D μοντελοποίηση είναι η διαδικασία ανάπτυξης μιας μαθηματικής αναπαράστασης κάθε τρισδιάστατης επιφάνειας ενός αντικειμένου (άψυχου ή έμψυχου) μέσω εξειδικευμένου λογισμικού. Το τελικό προϊόν ονομάζεται 3D μοντέλο και μπορεί να δημιουργηθεί είτε αυτόματα, είτε χειροκίνητα. Πρόσφατα, νέες τάσεις και τεχνολογίες στην 3D

μοντελοποίηση έχουν αρχίσει να αναδύονται, όπως η μοντελοποίηση της κίνησης ενός 3D αντικειμένου.

Τα 3D μοντέλα αντιπροσωπεύουν ένα 3D αντικείμενο, χρησιμοποιώντας μια συλλογή από σημεία στον 3D χώρο, που συνδέονται με διάφορες γεωμετρικές οντότητες, όπως τρίγωνα, γραμμές, καμπύλες επιφάνειες κ.τ.λ.. Έχοντας μια συλλογή δεδομένων (σημεία και άλλες πληροφορίες), τα 3D μοντέλα μπορούν να δημιουργηθούν με το χέρι αλγοριθμικά (κανονιστική μοντελοποίηση-procedural modeling/ εξετάζεται στην ενότητα 5.2.4).

Σήμερα, τα 3D μοντέλα χρησιμοποιούνται σε μια ευρεία ποικιλία τομέων. Η ιατρική βιομηχανία χρησιμοποιεί λεπτομερή 3D μοντέλα των οργάνων, η βιομηχανία του κινηματογράφου χρησιμοποιεί 3D μοντέλα ως χαρακτήρες και ως αντικείμενα για τα κινούμενα σχέδια, αλλά και για κινηματογραφικές ταινίες της πραγματικής ζωής, η βιομηχανία των βιντεοπαιχνιδιών τα χρησιμοποιεί ως πρώτη ύλη για τη δημιουργία των παιχνιδιών, ο τομέας της επιστήμης τα χρησιμοποιεί ως εξαιρετικά λεπτομερή μοντέλα των χημικών ενώσεων, η αρχιτεκτονική τα χρησιμοποιεί για να προβάλλει κτίρια και τοπία μέσω λογισμικών αρχιτεκτονικών μοντέλων (Software Architectural Model), η κοινότητα των μηχανικών τα χρησιμοποιεί ως σχέδια των νέων συσκευών, οχημάτων και δομών, καθώς και για μια σειρά άλλων χρήσεων και οι γεωλόγοι κατασκευάζουν 3D γεωλογικά μοντέλα ως πάγια πρακτική τις τελευταίες δεκαετίες.

Σχεδόν όλα τα 3D μοντέλα μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες :

- Στερεά- Συμπαγή (Solid) : τα μοντέλα αυτά καθορίζουν τον όγκο του αντικειμένου που αντιπροσωπεύουν. Αυτά είναι πιο ρεαλιστικά, αλλά πιο δύσκολο να δημιουργηθούν. Τα στερεά μοντέλα χρησιμοποιούνται κυρίως σε προσομοιώσεις της ιατρικής και των μηχανικών, για CAD περιβάλλοντα και για εξειδικευμένες εφαρμογές γραφικών
- Οριοθετημένα (Shell/ boundary) : αυτά τα μοντέλα αντιπροσωπεύουν την επιφάνεια, π.χ. το όριο ενός αντικειμένου, όχι τον όγκο του. Είναι πιο εύκολο να εργαστεί κανείς με αυτά τα μοντέλα, παρά με στερεά. Σχεδόν όλα τα εικονικά μοντέλα που χρησιμοποιούνται σε παιχνίδια και ταινίες είναι μοντέλα αυτής της κατηγορίας.

Πολλά από τα πρώτα 3D μοντέλα χρησιμοποιούνται για γεωμετρική μοντελοποίηση. Στόχος τους είναι η τήρηση της τοπολογίας των γεωμετρικών μοντέλων, ώστε να επιτευχθεί σωστή επεξεργασία και απεικόνιση. Τα μοντέλα αυτά έχουν επιφάνειες καλώς ορισμένες, δηλαδή είναι κλειστά, προσανατολισμένα, οριοθετημένα και συνδεδεμένα. Ένα άλλο σύνολο μοντέλων έχει αναπτυχθεί για διαχείριση δεδομένων και στοχεύουν στη δημιουργία και αποθήκευση ερωτημάτων και στη διατήρηση πολλών ιδιοτήτων. Τέλος, μια άλλη ομάδα μοντέλων χρησιμοποιείται για ρεαλιστική και γρήγορη απεικόνιση. Τα μοντέλα αυτά παρέχουν εκτεταμένα εργαλεία για τη δημιουργία γραφικής σκηνής, διατηρώντας τις υφές, το φωτισμό και τις κινούμενες εικόνες.

### 5.1.1. 3D γεωμετρικά μοντέλα

Τα γεωμετρικά μοντέλα είναι ευρέως διαθέσιμα και χρησιμοποιούνται πολύ. Είναι τα πιο απλά και γρήγορα 3D μοντέλα και απαιτούν από τα υφιστάμενα Συστήματα Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων (ΣΔΒΔ) να είναι συμβατά για τη διαχείριση χωρικών δεδομένων. Τα μοντέλα αυτά διατηρούν τις συντεταγμένες μαζί με τα αντικείμενα, αλλά δημιουργούν μεγάλο όγκο δεδομένων, γιατί για παράδειγμα ένα ζεύγος συντεταγμένων μπορεί να επαναληφθεί πολλές φορές στην περιγραφή ενός από τα χαρακτηριστικά.

Για τους προμηθευτές των ΣΔΒΔ, η τρίτη διάσταση είναι πραγματική πρόκληση. Πολλές μελέτες έχουν γίνει για να διαπιστωθούν οι δυνατότητες αποθήκευσης χωρικών ερωτημάτων και απεικόνισης αντικειμένων με τις 3D συντεταγμένες τους. Τα γνωστά ΣΔΒΔ διατηρούν 3D δεδομένα με ένα σχετικά τυποποιημένο τρόπο και τα δεδομένα μπορούν να απεικονίζονται σε πολλές εφαρμογές. Η Oracle Spatial 11g έχει εφαρμόσει τον πρώτο 3D τύπο δεδομένων (πολύεδρο) και ακολουθούν και άλλα ΣΔΒΔ.

### 5.1.2. 3D τοπολογικά μοντέλα

Για τα 3D τοπολογικά μοντέλα έχουν γίνει πολλές έρευνες, αλλά δεν υπάρχει ακόμα διαθέσιμη εφαρμογή που να στηρίζει 3D τοπολογία. Τα μοντέλα αυτά χρειάζονται αναγνωριστικές ιδιότητες για όλα τα στοιχεία, οι οποίες χρησιμοποιούνται για τον ορισμό των χαρακτηριστικών και των σχέσεων που δημιουργούνται μεταξύ τους. Τα τοπολογικά μοντέλα είναι χρήσιμα, γιατί διατηρούν συνέπεια στα δεδομένα, αποφεύγουν τον πλεονασμό στην αποθήκευση των δεδομένων και πραγματοποιούν χωρικές αναλύσεις που είναι εύκολο να εκτελεστούν. Η πολυπλοκότητά τους, όμως, είναι πιο μεγάλη από τα 3D γεωμετρικά μοντέλα.

Μεγάλη έρευνα έχει γίνει για το 3D μοντέλο TEN (Tetrahedral Network), το οποίο είναι απλό και καλώς ορισμένο και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μοντελοποίηση όλων σχεδόν των φυσικών και ανθρώπινων φαινομένων, με την αποδοχή ότι τα πραγματικά 3D αντικείμενα είναι ογκομετρικά.

### 5.1.3. 3D σημασιολογικά μοντέλα

Απαραίτητο στοιχείο για τα 3D αντικείμενα είναι, εκτός από τη γεωμετρία και την τοπολογία, η σημασιολογία. Για 3D μοντελοποίηση αστικού τοπίου υπάρχουν λίγα σημασιολογικά μοντέλα. Τα κτίρια και τα αντικείμενα εδάφους είναι τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά για την απεικόνιση ενός 3D μοντέλου πόλης. Βάσει αυτού, η έκδοση του CityGML που κυκλοφορεί τώρα, αναφέρεται μόνο στην επιφάνεια του εδάφους και στα αντικείμενα πάνω από αυτό. Το CityGML είναι το μόνο 3D πρότυπο, το οποίο παρουσιάζει γεωμετρία, τοπολογία, απεικόνιση και σημασιολογία στα εικονικά 3D μοντέλα πόλης.

Έχουν δημιουργηθεί και άλλα 3D σημασιολογικά μοντέλα, τα οποία έχουν γίνει πρότυπα, όπως το North American Data Model (μοντέλο δεδομένων της βορείου Αμερικής) και η GeoSciML- Geology Science Markup Language, η οποία χρησιμοποιείται για απεικόνιση γεωλογικών φαινομένων. Πολλές από



αυτές τις απεικονίσεις αποτελούν παραδείγματα καταμερισμού του αστικού χώρου, χωρίς όμως τη χαρτογράφηση των 3D γεωμετρικών απεικονίσεων.

## **5.2. Τεχνικές 3D Μοντελοποίησης**

Σε αυτή την ενότητα παρουσιάζονται κάποιες από τις σημαντικότερες τεχνικές 3D μοντελοποίησης, για παράδειγμα τεχνικές με χρήση φωτογραμμετρίας, μοντελοποίηση βάσει εικόνων, αυτόματη μοντελοποίηση και εξετάζεται περισσότερο η κανονιστική μοντελοποίηση (Procedural Modeling). Κάθε τεχνική επεξεργάζεται την εικόνα και δημιουργεί γεωμετρία στις τρεις διαστάσεις και χρησιμοποιείται ανάλογα με το σκοπό κάθε μελέτης και το απαιτούμενο τελικό 3D μοντέλο.

### **5.2.1. Χρήση της φωτογραμμετρίας στη 3D μοντελοποίηση**

Τα 3D μοντέλα των αρχιτεκτονικών δομών είναι πολύ σημαντικά, προκειμένου να μελετηθούν, να αναλυθούν, να ανακατασκευαστούν και να τεκμηριωθούν αυτές οι δομές. Η οπτικοποίηση των μοντέλων αυτών επιτρέπει στο χρήστη να έχει τη φωτορεαλιστική αίσθηση των δομών, σε σχέση με τα μοντέλα αντικειμένων που στηρίζονται σε γραφικά. Η 3D απεικόνιση έχει πολλές εφαρμογές στους τομείς της αρχιτεκτονικής, του πολιτικού μηχανικού, του τουρισμού κ.τ.λ.. Κανονικά, οι έρευνες πεδίου είναι πιο ακριβείς από τις φωτογραμμετρικές μετρήσεις. Ωστόσο, χρειάζονται περισσότερο προσωπικό και καταναλώνουν πολύ χρόνο. Η φωτογραμμετρία είναι μια μετρητική τεχνολογία, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εξαγωγή 3D σημείων από εικόνες.

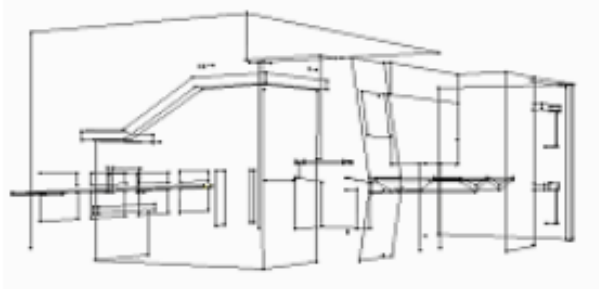
Η φωτογραμμετρία, υπό έναν περιορισμένο ορισμό, είναι η διαδικασία μέτρησης στοιχείων σε μια φωτογραφία. Ένα ολοκληρωμένο ψηφιακό σύστημα φωτογραμμετρίας ορίζεται ως το υλικό και το λογισμικό (hardware, software) που παράγει φωτογραμμετρικά προϊόντα από ψηφιακές εικόνες, χρησιμοποιώντας χειροκίνητες και αυτόματες τεχνικές. Σήμερα, υπάρχει μια αυξανόμενη ζήτηση για πλήρη τρισδιάστατα δεδομένα για το σχεδιασμό, την αρχιτεκτονική, την περιβαλλοντική ανάλυση, τον τουρισμό κ.τ.λ. Για να απεικονιστεί η πραγματική κατάσταση του αντικειμένου και για να είναι δυνατή η μέτρηση όλων των 3D χαρακτηριστικών του και ιδιαίτερα των δυσπρόσιτων σημείων, είναι απαραίτητη η δημιουργία 3D μοντέλων με μεγάλη ακρίβεια. Τα τελευταία χρόνια έχει γίνει μεγάλη πρόοδος στη 3D γεωμετρική μοντελοποίηση ιστορικών μνημείων και ιδιαίτερα στις δομικές λεπτομέρειες και στις υφές τους (Koeva, 2004).

Μέσω της φωτογραμμετρίας είναι δυνατή η εξαγωγή 3D σημείων από εικόνες, τα οποία είναι χρήσιμα για την 3D μοντελοποίηση και οπτικοποίηση με μεγάλη ακρίβεια. Η ψηφιακή φωτογραμμετρία αντλεί όλες τις κατάλληλες μετρήσεις από τις εικόνες και όχι με απευθείας μετρήσεις στα αντικείμενα. Λόγω της ψηφιακής ροής δεδομένων, η φωτογραμμετρία έχει γίνει τώρα μια αποτελεσματική εναλλακτική λύση για μετρήσεις σε κτίρια και για μεθόδους ανασυγκρότησης.

Τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται μπορεί να είναι είτε φωτογραφίες που έχουν ληφθεί με αναλογικές φωτογραφικές μηχανές, είτε ψηφιακές φωτογραφίες. Στην πρώτη περίπτωση, οι φωτογραφίες πρέπει να σαρωθούν σε μηχανήματα υψηλής ανάλυσης. Σήμερα, είναι διαθέσιμες ψηφιακές κάμερες πολύ καλής ανάλυσης σε λογικές τιμές και έτσι παρακάμπτεται το στάδιο της σάρωσης. Οι φωτογραφικές μηχανές κατατάσσονται σε μετρητικές και ερασιτεχνικές. Οι δεύτερες είναι πιο διαδεδομένες για τις φωτογραμμετρικές μεθόδους, λόγω του ότι είναι πιο οικονομικές. Καθώς το κόστος απόκτησης των φωτογραφιών είναι μηδενικό, μπορούν να ληφθούν πολλές φωτογραφίες και να αποφασιστεί ύστερα ποιες είναι οι καλύτερες ανάλογα με κάθε έργο.

Στη συνέχεια, γίνεται η επεξεργασία των δεδομένων. Οι φωτογραφίες εισάγονται σε ένα λογισμικό φωτογραμμετρικής μοντελοποίησης, όπως είναι για παράδειγμα το Photomodeler. Επιλέγονται στο κτίριο σημεία αναφοράς, για παράδειγμα οι γωνίες του κτιρίου, τα οποία αναγνωρίζονται και διαχωρίζονται εύκολα. Κάθε βασικό σημείο αναγνωρίζεται σε όλες τις φωτογραφίες.

Η δημιουργία του 3D μοντέλου γίνεται διαδραστικά με την τμηματοποίηση των σημείων σε χωριστά αντικείμενα και με την επεξεργασία του παραγόμενου αποτελέσματος. Για μεγάλης κλίμακας τοπία, η τεχνική αυτή απαιτεί μεγάλο αριθμό εικόνων, με αποτέλεσμα να είναι απαραίτητη η ανθρώπινη παρέμβαση, παρά το γεγονός ότι οι 3D συντεταγμένες των σημείων υπολογίζονται αυτόματα (El-Hakim et.al., 2003). Ένα 3D μοντέλο χωρίς επιφάνειες και υφές είναι ένα μοντέλο-σκελετός, ένα γράφημα πλέγματος, το οποίο φαίνεται στην εικόνα 48. Το μοντέλο αυτό παρουσιάζει το κτίριο ως μία ποσότητα από κορυφές και ακμές και είναι μια γενική μορφή του κτιρίου.



Εικόνα 48 : Το 3D μοντέλο-σκελετός του κτιρίου (πηγή : Sashi, Jain, 2007)

Το 3D μοντέλο-σκελετός είναι απλά η σχεδιαστική γραμμή που δίνει το σχήμα του κτιρίου. Για τη ρεαλιστική αναπαράσταση του κτιρίου πρέπει να προστεθούν οι υφές σε κάθε μεριά του κτιρίου. Οι υφές δίνουν μια νέα ποιότητα στο 3D μοντέλο και το κάνουν να μοιάζει με το πραγματικό αντικείμενο και έτσι γίνεται πιο επαρκές για την ανθρώπινη αντίληψη και κατανόηση. Οι υφές μπορούν να αποδοθούν αυτόματα, επιλέγοντας την εικόνα με την καλύτερη ορατότητα ή χειροκίνητα, επιλέγοντας το κατάλληλο πρόσωπο στην επιθυμητή εικόνα.



Εικόνα 49 : Το 3D μοντέλο του κτιρίου με υφές (πηγή : Sashi, Jain, 2007)

Η ακρίβεια και η ποιότητα του τελικού μοντέλου εκτιμάται από τις διαφορές μεταξύ των συντεταγμένων των εικόνων που έχουν σημειωθεί από το χρήστη πάνω στις εικόνες και από τις συντεταγμένες των εικόνων που έχουν υπολογισθεί με βαθμονόμηση της φωτογραφικής μηχανής.

Συμπερασματικά, η φωτογραμμετρία προσφέρει μία πολύ αποτελεσματική και με μεγάλη ακρίβεια εναλλακτική λύση για τη 3D μοντελοποίηση και αναπαράσταση. Η ακρίβεια που λαμβάνεται στα 3D μοντέλα ανταποκρίνεται τέλεια στις απαιτήσεις διαφόρων έργων, όπως είναι η ανασυγκρότηση κτιρίων κ.τ.λ.. Οι φωτογραμμετρικές τεχνικές εξάγουν τόσο γεωμετρική, όσο και σημασιολογική πληροφορία από εικόνες ακόμα και με χρήση υπερύθρων.

### **5.2.2. Μοντελοποίηση βάσει εικόνων (Image- based modeling, IBM)**

Η μοντελοποίηση βάσει εικόνων είναι μια ερευνητική μέθοδος που βοηθά τους επιστήμονες να κατανοήσουν τη φυσική συμπεριφορά των υλικών, των δομών και των συστημάτων. Εν συντομία, η μέθοδος αυτή περιλαμβάνει τη δημιουργία μοντέλων μέσω υπολογιστών και βασίζεται σε πραγματικές γεωμετρίες. Η μέθοδος χρησιμοποιείται σε πολλούς κλάδους, συμπεριλαμβανομένων των μηχανικών, της επιστήμης των υλικών, τις επιστήμες της γης, τη βιολογία, την ιατρική και την οδοντιατρική. Τα τελευταία χρόνια, η μέθοδος αυτή έχει κερδίσει αξιοσημείωτη προσοχή στον τομέα των γραφικών υπολογιστών, λόγω της δυνατότητάς της να δημιουργεί πολύ ρεαλιστικές εικόνες.

Στα γραφικά των υπολογιστών και στο χώρο του προγραμματισμού, η μοντελοποίηση και η απόδοση μέσω εικόνων (image- based modeling and rendering, IBMR) βασίζονται σε ένα σύνολο 2D εικόνων μιας σκηνής, με σκοπό την παραγωγή ενός 3D μοντέλου και τη δυνατότητα όψης αυτής της σκηνής από διαφορετικές προοπτικές.

Τα λογισμικά IBM χρειάζονται πολλές εικόνες για τη δημιουργία 3D γεωμετρίας και για την απόδοση υφών στο τελικό μοντέλο. Σύμφωνα με τον Wonka, τα πακέτα IBM είναι μία πολλά υποσχόμενη λύση για την αστική ανοικοδόμηση, αλλά παρά την πρόοδο που έχει σημειωθεί, απαιτούν εντατική δουλειά και αποτελούν μόνο ένα από τα χαρακτηριστικά άλλων καθιερωμένων πακέτων 3D μοντελοποίησης, όπως τα SketchUp, 3DS max και Zbrush.

Ένα από τα σημαντικότερα οφέλη αυτής της τεχνικής είναι η ικανότητα να συλλάβει πολύ μικρές λεπτομέρειες και επιδράσεις του πραγματικού κόσμου που σχετίζονται με τις ατέλειες της πραγματικότητας, κάτι που μέχρι τώρα οι ερευνητές δεν ήξεραν, ώστε να τις μοντελοποιήσουν και να τις αποδώσουν. Με τη χρήση εικόνων, η μέθοδος αυτή μπορεί να βοηθήσει στην αντιμετώπιση δύο σημαντικών και μακροχρόνιων προβλημάτων στα γραφικά υπολογιστών : στην ανάγκη για τεχνικές απλούστερης μοντελοποίησης, κατάλληλες για την αναπαράσταση πολύπλοκων σκηνών και στην επιτακτική ανάγκη για επιτάχυνση της απόδοσης. Η λύση στο πρώτο πρόβλημα μπορεί να επιτευχθεί με αντικατάσταση των συμβατικών (γεωμετρικών) μοντέλων από αναπαράσταση βάσει εικόνων. Η επιτάχυνση της απόδοσης μπορεί να επιτευχθεί, αφαιρώντας χρόνο από την πολυπλοκότητα της σκηνής και με την εκ νέου δειγματοληψία προ-σκιασμένων εικόνων.

Μια τελευταία εξέλιξη στα λογισμικά IBM είναι η δυνατότητα παραγωγής νεφών σημείων από ένα σύνολο εικόνων, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται 3D αντικείμενα μεγάλης ακρίβειας, αφού πρώτα βαθμονομηθεί το λογισμικό για να διορθώσει την παραμόρφωση από το φακό.

### **5.2.3. Αυτόματη μοντελοποίηση**

Η ζήτηση για 3D μοντέλα πόλεων μεγάλης κλίμακας έχει αυξηθεί σημαντικά λόγω της διάδοσης του αστικού σχεδιασμού και των εφαρμογών εικονικής πραγματικότητας, αλλά και λόγω της ανάγκης για πλοήγηση στην πόλη. Παρόλα αυτά, η αυτόματη εκτεταμένη ανοικοδόμηση των αστικών περιοχών εξακολουθεί να είναι ένας απατηλός στόχος (Dorado, Demir, Aliaga, 2013). Διάφορες υπηρεσίες, όπως Google Earth/ Maps, Apple Maps, Bing Maps και OpenStreetMap, διαθέτουν αστικές εικόνες και γεωγραφικές πληροφορίες για όλο τον κόσμο. Η χρήση δεδομένων LIDAR είναι μια επιλογή για τη μοντελοποίηση πόλεων, ωστόσο εξακολουθεί να έχει προβλήματα και τα δεδομένα αυτά δεν είναι πάντα στη διάθεση των χρηστών. Στο επίπεδο του εδάφους παρέχονται εικόνες υψηλής ανάλυσης, αλλά είναι συνήθως αποσπασματικές και ελλιπείς. Εναέριες εικόνες παρέχουν εκτεταμένη και ομοιόμορφη κάλυψη μεγάλων εκτάσεων, αν και είναι σε χαμηλότερη ανάλυση και είναι ευρέως διαθέσιμες για τους περισσότερες πόλεις. Ως εκ τούτου, για την ανοικοδόμηση μεγάλων αστικών περιοχών, οι αεροφωτογραφίες είναι προτιμότερες.

Οι τεχνικές αυτόματης μοντελοποίησης των κτιρίων πραγματοποιούνται αφού συλλεχθούν τα δεδομένα, η ποιότητα και η ποσότητα των οποίων είναι το μεγάλο πλεονέκτημα της μεθόδου. Ένα παράδειγμα πλήρους αυτοματισμού είναι η χρήση πολυακτινικής φωτογραμμετρίας, όπου χρειάζονται πολλά ζεύγη επικαλυπτόμενων φωτογραφιών των 3D κτιρίων (ή 3D αντικειμένων γενικότερα) και του ανάγλυφου.

Οι τεχνικές αυτές δημιουργούν 3D μοντέλα αστικών τοπίων μεγάλης κλίμακας πολύ γρήγορα σε σχέση με τις χειροκίνητες μεθόδους, αλλά το μειονέκτημά τους είναι η διαθεσιμότητα κάποιων δεδομένων.

#### 5.2.4. Κανονιστική μοντελοποίηση

Με τον όρο Κανονιστική Μοντελοποίηση (Procedural Modeling) εννοείται ένα σύνολο από τεχνικές σε γραφικά υπολογιστών για τη δημιουργία 3D μοντέλων και υφών μέσω κανόνων. Τα L- Systems και η γενεσιουργός μοντελοποίηση (generative modeling) είναι κανονιστικές τεχνικές μοντελοποίησης, εφόσον εφαρμόζονται αλγόριθμοι για την παραγωγή σκηνών. Το σύνολο των κανόνων μπορεί είτε να ενσωματωθεί στον αλγόριθμο, ο οποίος ρυθμίζεται από παραμέτρους, είτε να είναι ξεχωριστό από τη βασική μηχανή. Το αποτέλεσμα που προκύπτει, ονομάζεται κανονιστικό περιεχόμενο (procedural content) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ηλεκτρονικά παιχνίδια και ταινίες, καθώς και να "μεταφορτωθεί" στο διαδίκτυο και οι διάφοροι χρήστες έχουν τη δυνατότητα να το επεξεργαστούν χειρωνακτικά. Τα κανονιστικά μοντέλα συχνά ενισχύουν τη βάση δεδομένων, γεγονός που σημαίνει ότι μεγάλες σκηνές μπορούν να παραχθούν από ένα πολύ μικρό σύνολο κανόνων.

Παρά το γεγονός, ότι όλες οι τεχνικές μοντελοποίησης σε έναν υπολογιστή απαιτούν αλγόριθμους για τη διαχείριση και αποθήκευση δεδομένων σε κάποιο σημείο της διαδικασίας, η κανονιστική μοντελοποίηση εστιάζει στη δημιουργία ενός μοντέλου από ένα σύνολο κανόνων και όχι στην επεξεργασία του μοντέλου με χειρωνακτικές διαδικασίες από το χρήστη. Η κανονιστική μοντελοποίηση εφαρμόζεται συχνά, όταν είναι πολύ δύσκολο και χρονοβόρο να δημιουργηθεί ένα 3D μοντέλο με χρήση γενικών τεχνικών 3D μοντελοποίησης ή όταν απαιτούνται πιο εξειδικευμένα εργαλεία. Τέτοιες περιπτώσεις είναι η αρχιτεκτονική, τα τοπία, ακόμα και η βλάστηση.

Η κανονιστική μοντελοποίηση είναι ένας δυναμικός τρόπος περιγραφής σύνθετων, αλλά δομημένων γεωμετριών. Μερικά σχήματα μπορεί να είναι πολύ σύνθετα στην αναπαράστασή τους, αλλά αποδεικνύεται τελικά ότι είναι πολύ πιο απλά μέσω της διαδικασίας, που δημιουργεί σταδιακά το σχήμα μέσω βασικών κανόνων και λειτουργιών. Τα κτίρια είναι ένα αντιπροσωπευτικό παράδειγμα αυτών των σύνθετων γεωμετριών, τα οποία μπορούν να θεωρηθούν ως το αποτέλεσμα μιας επαναληπτικής διαδικασίας, η οποία αντικαθιστά διαδοχικά κάποια απλά μέρη με αλλά απλά μέρη. Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας, η συνολική πολυπλοκότητα του παραγόμενου σχήματος, καθώς και ο αριθμός των πράξεων αυξάνονται, αλλά κάθε πράξη συνεχίζει να περιλαμβάνει μόνο βασική γεωμετρία. Η ισχύς της κανονιστικής μοντελοποίησης έγκειται στη σύνθεση απλών κανόνων, οι οποίοι κωδικοποιούν τις σημασιολογικές- γεωμετρικές σχέσεις και όχι στην εγγενή πολυπλοκότητα των εμπλεκόμενων στοιχείων.

Η κανονιστική μοντελοποίηση με τη χρήση CGA Shape Grammar (γραμματική σχήματος) χρειάζεται μικρή γνώση προγραμματισμού και είναι ένα καλό σημείο εκκίνησης για όσους αναγκάζονται ή ενδιαφέρονται να μάθουν γλώσσες προγραμματισμού κατά τη χρήση τους στα GIS. Η δυνατότητα καθορισμού των όρων δόμησης μέσω παραμέτρων και η τροποποίησή τους στον πλοηγό (navigator), δείχνει άμεσα ότι είναι ένας έξυπνος τρόπος να κάνει κανείς εικονικό προγραμματισμό.

### 5.2.4.1. L- System

Ένα L- Σύστημα ή σύστημα Lindenmayer είναι ένα παράλληλο σύστημα επανεγγραφής και ένα είδος επίσημης γραμματικής. Ένα L- Σύστημα αποτελείται από ένα αλφάβητο συμβόλων, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή «strings» (συβόλων). Στον προγραμματισμό ηλεκτρονικών υπολογιστών, ένα string είναι παραδοσιακά μια ακολουθία από χαρακτήρες, είτε ως κυριολεκτική σταθερά, είτε ως κάποιο είδος μεταβλητής, μια συλλογή κανόνων παραγωγής, οι οποίοι επεκτείνουν κάθε σύμβολο σε κάποια μεγαλύτερη σειρά από σύμβολα, στην οποία μπορεί να αρχίσει η κατασκευή και η μετατροπή των παραγόμενων strings σε γεωμετρικές δομές. Τα L- Συστήματα εισήχθησαν και αναπτύχθηκαν το 1968 από τον Aristid Lindenmayer, έναν Ούγγρο θεωρητικό βιολόγο και βοτανολόγο, στο Πανεπιστήμιο της Ουτρέχτης. Ο Lindenmayer χρησιμοποιούσε τα L- Συστήματα για να περιγράψει τη συμπεριφορά των φυτικών κυττάρων και να μοντελοποιήσει τη διαδικασία ανάπτυξης των φυτών. Τα L- Συστήματα έχουν επίσης χρησιμοποιηθεί για να μοντελοποιηθεί η μορφολογία μιας ποικιλίας οργανισμών. Ένα L- σύστημα ορίζεται από μια τετράδα (N, T, R,  $\omega$ ), όπως μια τυπική γραμματική.



Εικόνα 50 : Ρεαλιστικά μοντέλα φυσικών μοτίβων από L- Συστήματα (πηγή : Wikipedia, 2014)

Ο γλωσσολόγος Νόαμ Τσόμσκι είναι διάσημος για την εργασία του σχετικά με επίσημες γραμματικές (Formal Grammars) το 1956, οι οποίες τελικά βρήκαν εφαρμογή σε μια ευρεία ποικιλία τομέων, όπως ο προγραμματισμός ηλεκτρονικών υπολογιστών και οι μεταγλωττιστές.

Σε γενικές γραμμές, μια τυπική (string) γραμματική  $G$  ορίζεται από μια τετράδα (N, T, R,  $\omega$ ) όπου:

- N είναι ένα σύνολο μη τερματικών συμβόλων
- T είναι ένα σύνολο από τερματικά σύμβολα ώστε  $N \cap T = \emptyset$
- R είναι ένα σύνολο κανόνων αντικατάστασης, έτσι ώστε ο κανόνας να είναι μια συνάρτηση της μορφής :

$$(N \cup T)^* N (N \cup T)^* \rightarrow (N \cup T)^*$$

όπου το \* αναφέρεται στον Kleene τελεστή.

- $\omega \in N$  είναι ένα σύμβολο εκκίνησης ή αλλιώς αξίωμα.

Ξεκινώντας από το αξίωμα  $\omega$ , οι κανόνες εφαρμόζονται διαδοχικά (ένας κάθε φορά) για την τρέχουσα συμβολοσειρά, αντικαθιστώντας το μοτίβο που βρίσκεται στην αριστερή πλευρά (LHS) του κανόνα από το σχέδιο που βρίσκεται στην δεξιά πλευρά (RHS) του κανόνα, μέχρι η συμβολοσειρά να αποτελείται μόνο από τερματικά σύμβολα, και ως εκ τούτου κανένας κανόνας δεν μπορεί να εφαρμοστεί πλέον. Αυτή η διαδοχική διαδικασία αντικατάστασης καλείται διαδικασία παραγωγής.

Η ουσιώδης διαφορά μεταξύ των γραμματικών Τσόμσκι και των L-Συστημάτων έγκειται στη διαδικασία παραγωγής. Στις γραμματικές Τσόμσκι οι κανόνες εφαρμόζονται διαδοχικά, ενώ στα L-Συστήματα εφαρμόζονται παράλληλα, αντικαθιστώντας ταυτόχρονα όλα τα γράμματα σε μια δεδομένη λέξη. Η διαφορά αυτή αντανάκλα το βιολογικό κίνητρο των L-Συστημάτων. Η διαδικασία παραγωγής τους προορίζεται για να συλλάβει τις κυτταρικές διαιρέσεις, που πραγματοποιούνται σε πολυκύτταρους οργανισμούς, όπου μπορούν να συμβούν πολλές διαιρέσεις ταυτόχρονα. Παρά την εφαρμογή ενός κανόνα κάθε φορά ανά στάδιο, οι κανόνες στα L-Συστήματα εφαρμόζονται ταυτόχρονα σε όλα τα μη-τερματικά σύμβολα της τρέχουσας συμβολοσειράς. Έτσι, αυτή η παράλληλη διαδικασία αντικατάστασης είναι πράγματι σημαντική για τη μοντελοποίηση μιας διαδικασίας ανάπτυξης: για παράδειγμα, η ανάπτυξη των οργάνων ενός φυτού ή ενός βιολογικού συστήματος είναι γνησίως παράλληλες.

Αξιοποιώντας αυτά τα εργαλεία, που αρχική τους χρήση ήταν η μοντελοποίηση φυτών, είναι πλέον δυνατή η απεικόνιση και άλλων σχημάτων της πραγματικότητας και ειδικά του αστικού περιβάλλοντος. Η πρώτη επέκταση ήταν τα οδικά δίκτυα. Οι Parish και Müller (2001) προτείνουν ένα εκτεταμένο L-Σύστημα στο λογισμικό CityEngine, το οποίο επιτρέπει την ανάπτυξη οδών και οδικών αρτηριών, με τρόπο παρόμοιο με αυτόν που αναπτύσσονται τα κλαδιά σε ένα δέντρο. Αυτά τα συστήματα λαμβάνουν υπόψη εξωτερικούς περιορισμούς, όπως τις πυκνότητες πληθυσμών και πιθανά αστικά μοτίβα, όπως την ακτινική οργάνωση γύρω από πλατείες, όπως στο Παρίσι. Ενσωματώνουν, δηλαδή, γεωχωρικά δεδομένα μέσα στην αναπτυξιακή διαδικασία των L-Συστημάτων. Τα συστήματα αυτά, εκτός από τη δημιουργία οδικών αρτηριών, έχουν χρησιμοποιηθεί και για τη μοντελοποίηση κτιρίων.

Γίνεται, λοιπόν, φανερό ότι η φύση των κτιρίων αναγκάζει τους ειδικούς να επεκτείνουν τα L-Συστήματα με διαφορετικούς τρόπους: μετατρέπουν τα τερματικά σύμβολα σε λειτουργίες και επαναπροσδιορίζουν την ερμηνεία των συμβολών. Τα L-Συστήματα είναι πολύ αποτελεσματικά και ακριβή στη μοντελοποίηση αυξανόμενων δομών, όπως τα φυτά, αλλά παρόλο που μπορούν να μετασχηματιστούν προκειμένου να απεικονίζουν κτίρια, τέτοιες γεωμετρικές δεν προσαρμόζονται πάντοτε καλά στο πλαίσιο των L-Συστημάτων. Τα κτίρια είναι ένα αντιπροσωπευτικό παράδειγμα ανάπτυξης των ποικίλων επιπέδων κατάτμησης των ανθρώπινων κατασκευών, για

παράδειγμα μία πρόσοψη αποτελείται από ορόφους, οι οποίοι αποτελούνται από παράθυρα, έχουν μπαλκόνια κ.τ.λ.. Συνεπώς, για την αναπαράσταση των κτιρίων είναι καταλληλότερα άλλα πλαίσια γραμματικών, όπως οι γραμματικές σχήματος.

#### 5.2.4.2. Shape Grammars (Γραμματικές Σχήματος)

Η πρώτη επίσημη δημοσίευση για γραμματικές σχήματος χρονολογείται το 1972 σε ένα άρθρο των Stiny, G. and Gips, J. Οι γραμματικές σχήματος εκτελούν υπολογισμούς με σχήματα σε δύο στάδια : την αναγνώριση ενός συγκεκριμένου σχήματος και την πιθανή αντικατάστασή του. Τα σχήματα που θα αντικατασταθούν, αλλά και ο τρόπος που θα γίνει αυτό, προσδιορίζονται από κανόνες. Πίσω από τους κανόνες είναι μετασχηματισμοί, που επιτρέπουν ένα σχήμα να είναι μέρος ενός άλλου.

Η αρχική ιδέα για τις γραμματικές σχήματος ήταν να χρησιμοποιούνται στη ζωγραφική και στη γλυπτική, αλλά αποδείχθηκε να είναι μια επιτυχία και από τότε η έννοια είναι σε συνεχή ανάπτυξη (Stiny et.al., 1972). Οι Pascal Muller και Yoan I.H. Parish πειραματίστηκαν με την ιδέα της εφαρμογής των γραμματικών σχήματος για εξώθηση 2D πολυγώνων σε 3D χώρο και για την εφαρμογή των υφών τους. Η προσέγγιση αυτή έδειξε πώς θα μπορούσε μια ολόκληρη πόλη να μοντελοποιηθεί σε λίγα λεπτά χωρίς την ανάγκη μοντελοποίησης κάθε κτιρίου ξεχωριστά (Parish et.al., 2001).

Μια γραμματική σχήματος αποτελείται από τους κανόνες σχήματος (shape rules) και μια μηχανή παραγωγής (generation engine), η οποία επιλέγει και επεξεργάζεται τους κανόνες. Ένας κανόνας σχήματος καθορίζει πώς ένα υπάρχον σχήμα ή μέρος αυτού μπορεί να μετασχηματιστεί. Ένας κανόνας σχήματος αποτελείται από δύο μέρη, τα οποία χωρίζονται από ένα βέλος που δείχνει από αριστερά προς τα δεξιά. Το αριστερό μέρος του βέλους ονομάζεται αριστερή πλευρά (LHS- Left Hand Side) και απεικονίζει ένα σχήμα και ένα δείκτη. Το δεξί μέρος του βέλους ονομάζεται δεξιά πλευρά (RHS) και απεικονίζει πώς το σχήμα LHS πρέπει να μετασχηματιστεί και πού είναι τοποθετημένος ο δείκτης. Ο δείκτης βοηθά να εντοπιστεί και να προσανατολιστεί το νέο σχήμα.

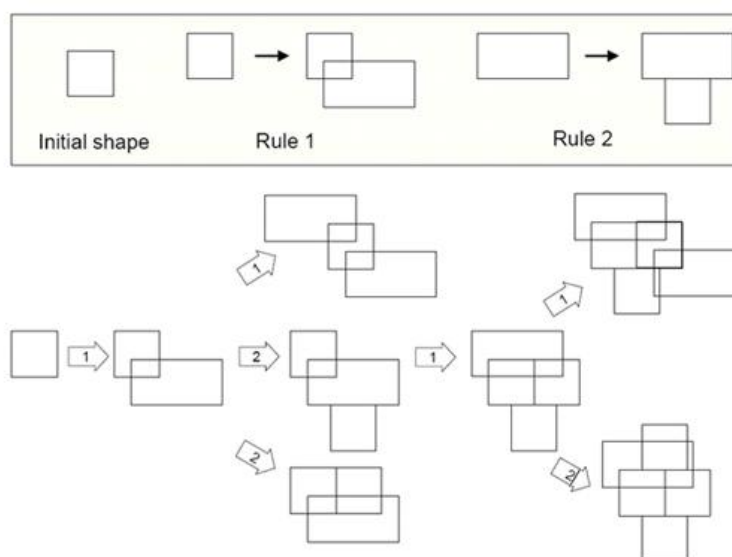
Μια γραμματική σχήματος αποτελείται το ελάχιστο από τρεις κανόνες σχήματος : τον αρχικό κανόνα (start rule), τουλάχιστον έναν κανόνα μετασχηματισμού (transformation rule) και έναν κανόνα τερματισμού (termination rule). Ο κανόνας εκκίνησης (start rule) είναι απαραίτητος για να ξεκινήσει η διαδικασία δημιουργίας σχήματος. Αντίστοιχα, ο κανόνας τερματισμού είναι απαραίτητος για να σταματήσει η διαδικασία παραγωγής του σχήματος. Ο πιο απλός τρόπος τερματισμού της διαδικασίας είναι με έναν κανόνα σχήματος που αφαιρεί το δείκτη. Οι γραμματικές σχήματος διαφέρουν από τις γραμματικές του Chomsky στο εξής : οι κανόνες παραγωγής μπορούν να εφαρμόζονται διαδοχικά (όπως γίνεται και με τις Chomsky γραμματικές) ή παράλληλα (πράγμα που δεν επιτρέπεται στις Τσόμσκι γραμματικές), παρόμοια με τη διαδικασία παραγωγής των L- Systems.

Ένα σύστημα γραμματικής σχήματος έχει επιπλέον ένα χώρο εργασίας, στον οποίο εμφανίζεται η γεωμετρία που δημιουργείται. Η μηχανή παραγωγής



(generation engine) ελέγχει την υπάρχουσα γεωμετρία, που συχνά αναφέρεται ως σχήμα τρέχουσας εργασίας (CWS- Current Working Shape), για το ποιες συνθήκες ταιριάζουν στο LHS του κανόνα σχήματος. Οι κανόνες σχήματος που ταιριάζουν με το σχήμα LHS μπορούν να επιλεγθούν για χρήση. Αν ταιριάζουν περισσότεροι από έναν κανόνα, η μηχανή παραγωγής επιλέγει ποιος κανόνας θα εφαρμοστεί.

Οι γραμματικές σχήματος είναι πιο χρήσιμες όταν περιορίζονται σε ένα μικρό πρόβλημα παραγωγής, σαφώς ορισμένο, όπως σχεδιαγράμματα στέγασης και βελτίωση κατασκευών. Επειδή οι κανόνες σχήματος συνήθως ορίζονται σε μικρά σχήματα, μια γραμματική σχήματος μπορεί σύντομα να περιέχει πολλούς κανόνες. Για παράδειγμα η palladian villas shape grammar, η οποία παρουσιάστηκε από τον William Mitchell, περιέχει 69 κανόνες, οι οποίοι παρουσιάζονται μόνο σε οκτώ στάδια.



Εικόνα 51 : Ένα απλό παράδειγμα γραμματικής σχήματος δύο κανόνων (πηγή : <http://www.engineering.leeds.ac.uk/dssg/objectives.htm>, 2014)

Μια πραγματική ανακάλυψη έλαβε χώρα το 2003, όταν ο Wonka και άλλοι εισήγαγαν την έννοια της γραμματικής διάσπασης (Split Grammars). Στην απλούστερη μορφή της, η γραμματική διάσπασης χωρίζει (διασπάει) ένα 3D αντικείμενο στις συνιστώσες του (συστατικά), όπως επιφάνειες, προσόψεις, ακμές και κορυφές. Σε μια τέτοια γραμματική, η διαχείριση των σχημάτων γίνεται με το σκάλισμά τους κατά μήκος ενός άξονα σε διάφορα σχήματα. Η στοχαστική προϋπόθεση αυξάνει την πολυπλοκότητα της δημιουργίας του κτιρίου. Όντως, θα μπορούσε κανείς να φανταστεί, ότι με το να έχει πολλούς κανόνες διάσπασης για να μετατρέψει ένα βασικό σχήμα ορόφου σε μια ακολουθία από βασικά σχήματα τοίχου και παραθύρου, θα πρόεκυπτε ένας όροφος ολοκληρωμένος, αλλά το πιθανότερο είναι να δημιουργηθούν ασυνεπή κτίρια. Η αρχιτεκτονική που προτείνει ο Wonka δεν είναι γραφικά τέλεια ακόμα, αλλά οι γραμματικές σχήματος από την άλλη μπορούν να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικά για τη δημιουργία τυχαίων 3D κτιρίων. Η

εργασία αυτή από τον Wonka πραγματικά ξεκίνησε ένα κύμα κανονιστικής μοντελοποίησης, καθώς τέτοιες μηχανές μοντελοποίησης και συγκεκριμένα παραδείγματα γραμματικών για οποιοδήποτε αρχιτεκτονικό στυλ έχουν πρόσφατα πολλαπλασιαστεί.

Συνδυάζοντας τη γραμματική διάσπασης με τις γραμματικές σχήματος ανέπτυξαν μια νέα μέθοδο μοντελοποίησης κτιρίων (Wonka et.al., 2003). Η κατάληξη αυτής της εργασίας ήταν το λογισμικό CityEngine, το οποίο κυκλοφορεί στο εμπόριο από το 2008. Το πρόγραμμα εκμεταλλεύτηκε τη γραμματική διάσπασης και τις γραμματικές σχήματος για κανονιστική μοντελοποίηση 3D αρχιτεκτονικής από 2D πολύγωνα .

#### 5.2.4.3. CGA Grammar

Η CGA (Computer Generated Architecture) γραμματική, η οποία χρησιμοποιείται στο πρόγραμμα CityEngine (παρουσιάζεται αναλυτικά στο κεφάλαιο 6) είναι μια γλώσσα προγραμματισμού, που ορίζεται για τη δημιουργία αρχιτεκτονικών 3D περιεχομένων. Η ιδέα της μοντελοποίησης, που βασίζεται στη γραμματική, είναι να καθορίσει τους κανόνες που βελτιώνουν επαναληπτικά ένα σχέδιο, με τη δημιουργία όλο και περισσότερων λεπτομερειών. Οι κανόνες αυτοί λειτουργούν σε σχήματα, τα οποία αποτελούνται από μία γεωμετρία σε ένα τοπικό προσανατολισμό και οριοθετημένο πλαίσιο (bounding box), το λεγόμενο πεδίο εφαρμογής. Στην εικόνα 52 φαίνεται η διαδικασία παραγωγής : από το αρχικό σχήμα καταλήγει στο 3D μοντέλο που δημιουργείται.



Εικόνα 52 : Διαδικασία παραγωγής του τελικού 3D μοντέλου με χρήση CGA Grammar (πηγή : esri.com, 2014)

Μια γραμματική σχήματος (shape grammar) που χρησιμοποιείται για σχεδιασμό έχει πολλά πλεονεκτήματα, γιατί γίνεται ταχεία και λεπτομερής απεικόνιση των αστικών σχεδίων, συμπεριλαμβανομένων των κτιρίων, των δρόμων, των τοποθεσιών και της βλάστησης, γίνεται οπτικοποίηση των νόμων σχεδιασμού και τέλος είναι σημαντική για τη χρήση των φυσικών ενεργειακών πόρων (ηλιακή και αιολική ενέργεια), γιατί παρουσιάζονται οι επιπτώσεις τους στην εικονική αναπαράσταση της πόλης. Τα 3D μοντέλα που βασίζονται σε τέτοιες γραμματικές, εφαρμόζονται σε αστική κλίμακα, γεγονός που θα μπορούσε να είναι μεγάλη βοήθεια για το σχεδιασμό των μελλοντικών πόλεων, ώστε να έχουν εξαιρετικά μειωμένη κατανάλωση ενέργειας. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω του σημασιολογικού συστήματος της γραμματικής σχήματος.

Τα μεγάλης κλίμακας τοπία και ο αστικός σχεδιασμός έργων είναι δύσκολο να χειριστούν με χειρωνακτικούς τρόπους και ειδικά όταν εμπλέκεται μεγάλο μέρος διεπιστημονικής γνώσης. Για να διασφαλιστεί η αξιοπιστία και η ποιότητα των σχεδίων θα χρειαζόταν η χειρωνακτική εργασία πολλών ατόμων, ώστε να διαμορφωθεί λεπτομερώς το 3D μοντέλο πόλης και τοπίων.

Το σχήμα CGA αντιπροσωπεύει μια νέα μορφή γραμματικής για την κανονιστική μοντελοποίηση CG αρχιτεκτονικής στα γραφικά υπολογιστών. Το CGA σχήμα είναι μια επέκταση των γραμματικών διάσπασης, που εισήγαγε ο Wonka. Ο συμβολισμός της γραμματικής και οι γενικοί κανόνες για την προσθήκη, την κλίμακα, τη μετάφραση και τον προσανατολισμό των σχημάτων είναι εμπνευσμένα από τα L- Συστήματα, αλλά επεκτείνονται και στην αρχιτεκτονική μοντελοποίηση. Ενώ οι parallel grammars, όπως τα L-Συστήματα, είναι προσαρμοσμένες για να συλλάβουν την ανάπτυξη με την πάροδο του χρόνου, η διαδοχική εφαρμογή των κανόνων επιτρέπουν το χαρακτηρισμό της δομής, δηλαδή της χωρικής κατανομής των χαρακτηριστικών και των συστατικών. Επομένως, το CGA σχήμα είναι μια διαδοχική γραμματική (παρόμοια με τη γραμματική του Chomsky). Το πλαίσιο του CGA σχήματος αποτελείται από τον ορισμό του σχήματος, τη διαδικασία παραγωγής (production process), το συμβολισμό του κανόνα με πράξεις σχήματος και την αποθήκευση των στοιχείων.

Ορισμός του σχήματος : Ένα σχήμα αποτελείται από τη γεωμετρία του, ένα σύμβολο και τα χαρακτηριστικά του. Οι πιο σημαντικές ιδιότητες είναι η θέση, τρία ορθογώνια διανύσματα  $x$ ,  $y$ ,  $z$ , τα οποία περιγράφουν ένα τοπικό σύστημα συντεταγμένων και ένα διάνυσμα μεγέθους  $s$  (εικόνα 54).

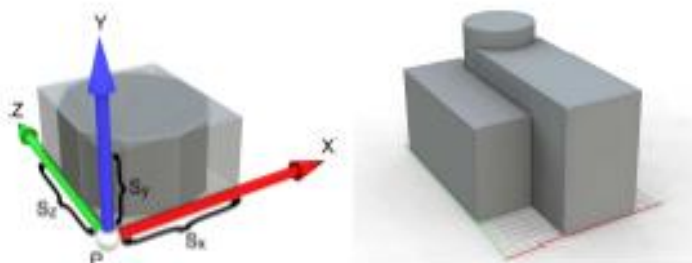
Παραγωγική διαδικασία για τα κτίρια : οι κανόνες παραγωγής παράγουν αρχικά ένα ακατέργαστο ογκομετρικό μοντέλο του κτιρίου, το οποίο ονομάζεται μοντέλο μάζας (building mass model), στη συνέχεια δομούν την πρόσοψη και τέλος προσθέτουν λεπτομέρειες, όπως παράθυρα, πόρτες και διακοσμητικά στοιχεία.

Το κύριο πλεονέκτημα της μεθόδου είναι ότι η δημιουργία της ιεραρχικής κατασκευής καθορίζεται κατά την μοντελοποίηση. Αυτή η σημασιολογική πληροφορία είναι σημαντική για την επαναχρησιμοποίηση των κανόνων σχεδίασης για κανονιστικές διαφοροποιήσεις και συνεπώς για τη δημιουργία μιας μεγάλης αρχιτεκτονικής ποικιλίας που χαρακτηρίζει μια ολόκληρη πόλη.



Εικόνα 53 : Εφαρμογή του CGA σχήματος στην κανονιστική μοντελοποίηση αρχιτεκτονικής γραφικών υπολογιστών (πηγή : Müller, Wonka, Haegler, Ulmer, 2006)

Η εικόνα 53 δείχνει την εφαρμογή του CGA σχήματος, μια καινοτόμος γραμματική σχήματος, για την κανονιστική μοντελοποίηση CG (Computer Graphics) αρχιτεκτονικής. Αρχικά, η γραμματική παράγει κανονιστικές παραλλαγές του κτιριακού μοντέλου μάζας, χρησιμοποιώντας ογκομετρικά σχήματα και στη συνέχεια προχωρά στη δημιουργία πρόσοψης. Οι κανόνες διασφαλίζουν ότι οντότητες, όπως τα παράθυρα ή οι πόρτες δεν τέμνονται με άλλους τείχους, ότι οι πόρτες δεν ξεπερνούν τις βεράντες, ότι οι βεράντες οριοθετούνται από κιγκλιδώματα κ.τ.λ..



Εικόνα 54 : Αριστερά φαίνεται το πεδίο εφαρμογής ενός σχήματος. Το σημείο P, σε συνδυασμό με τους τρεις άξονες X, Y, Z και το διάνυσμα μεγέθους S, ορίζουν ένα κουτί στο χώρο, που περιέχει το σχήμα. Δεξιά φαίνεται ένα απλό κτιριακό μοντέλο μάζας (building mass model), που αποτελείται από τρία θεμελιώδη γεωμετρικά στερεά (πηγή : Müller, Wonka, Haegler, Ulmer, 2006)

Η CGA γραμματική σχήματος είχε εφαρμοστεί σε γλώσσα προγραμματισμού C++ και εντάχθηκε στο πλαίσιο του προγράμματος CityEngine. Μπορεί να επεξεργαστεί αστικά περιβάλλοντα οποιουδήποτε μεγέθους, κυμαίνοντας από ένα απλό πολύγωνο μέχρι ολόκληρη πόλη. Τα δεδομένα εισόδου αναπαρίστανται σε μορφή GIS και αποτελούνται από διάφορες θεματικές ενότητες, όπως δρόμοι, γεωτεμάχια, αποτυπώσεις κτιρίων, βεράντες κ.τ.λ. και υποστηρίζονται από την εισαγωγή δεδομένων bitmap ή γεωγραφικών διανυσματικών δεδομένων, όπως KML του Google Earth, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία κτιριακών μοντέλων μάζας. Επιπλέον, αυτές οι θεματικές ενότητες περιέχουν πληροφορίες μεταδεδομένων, οι οποίες καθορίζονται από το χρήστη στο γραφικό περιβάλλον (GUI- Graphical User Interface) του CityEngine.

Από τη στιγμή που το CityEngine παρουσιάζει μια εφαρμογή 3D μοντελοποίησης, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να δει το μοντέλο από πολλές και διαφορετικές όψεις- προοπτικές : 1) η κάτοψη παρουσιάζει μια γενική εικόνα των οικοπέδων- πολυγώνων, των δρόμων και των κτιριακών συγκροτημάτων και αποτυπώσεων- ιχνών, 2) μέσω 3D προβολής, οι κανόνες της γραμματικής μπορούν να αναλυθούν ως το επίπεδο του building mass model (κτιριακό μοντέλο μάζας), 3) μια λεπτομερής απεικόνιση της γεωμετρίας δείχνει την τελική γεωμετρία, 4) ένα πρόγραμμα επεξεργασίας κειμένου χρησιμεύει ως είσοδος για τη γραμματική σχήματος. Ανάλογα με τις ιδιότητες των μεταδεδομένων, οι θεματικές ενότητες ενεργοποιούν την επιλογή και εφαρμογή των αντίστοιχων κανόνων της γραμματικής σχήματος. Ως εκ τούτου, συνήθως ένα πολύγωνο τροφοδοτείται ως αρχικό σχήμα στον κινητήρα γραμματικής και εφαρμόζοντας τους επιλεγμένους κανόνες,

δημιουργείται ένα πολύπλοκο σχέδιο. Στη συνέχεια, μπορεί να γίνει ή προεπισκόπηση του μοντέλου που προκύπτει, στο OpenGL (Open Graphics Library) πρόγραμμα προβολής του CityEngine ή φωτορεαλιστική απεικόνιση σε μια 3D εφαρμογή, όπως το Maya της Autodesk .

### **5.3. 3D Απεικόνιση και 3D Μοντέλα Πόλεων**

Η 3D απεικόνιση των πόλεων είναι γνωστή με αυξανόμενη ακρίβεια και από πολλαπλές οπτικές γωνίες μέσω των δορυφορικών λήψεων (π.χ. Google map). Κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών, οι τεχνικές απεικόνισης 3D μοντέλων έχουν αναπτυχθεί πολύ γρήγορα. Τα χωρικά δεδομένα τριών διαστάσεων βρίσκουν χρησιμότητα σε πολλές εφαρμογές, ειδικά στις πόλεις, όταν για παράδειγμα είναι επιθυμητή η οπτική αναπαράσταση της φυσικής γήινης πραγματικότητας για το σχεδιασμό και την ανάπτυξη του περιβάλλοντος χώρου.

Οι κατασκευές μεγάλης κλίμακας απαιτούν 3D στοιχεία για τη διαμόρφωση και υλοποίηση των μελλοντικών αναπτυξιακών έργων, όπως είναι ο σχεδιασμός πόλεων, η διοικητική μέριμνα μεγάλων τμημάτων γης, η προβολή των προς πώληση οικοπέδων και κτιρίων και πολλές άλλες εφαρμογές. Αυτές οι νέες απαιτήσεις επιφέρουν αλλαγές στη χωρική απεικόνιση και επομένως δεν μπορούν να αφήσουν ανεπηρέαστο το σύστημα του Κ, τόσο από νομική, όσο και από τεχνική άποψη.

Τα G.I.S. παρέχουν ποικίλα εργαλεία για την αποθήκευση και καταγραφή της 3D πληροφορίας σε μια 2,5D βάση αναπαράστασης της πραγματικότητας. Η απόκτηση 3D δεδομένων μπορεί να γίνει είτε με G.P.S. γρήγορα και οικονομικά, είτε με φωτογραμμετρικές μεθόδους. Κατάλληλες αεροφωτογραφίες μπορούν να χρησιμεύσουν για την ανακατασκευή, με φωτογραμμετρικό τρόπο, κτιρίων σε αστικές περιοχές. Από πολλές διαδοχικές αεροφωτογραφίες μπορεί να γίνει εξαγωγή 3D πληροφοριών. Πολλά μοντέλα αναπτύσσονται σε διάφορα επιστημονικά ιδρύματα, που επιτρέπουν συνδυασμό στοιχείων γεωμετρίας, τοπολογίας και της ίδιας της κατασκευής. Η στερεοφωτογραμμετρία απαιτεί επικαλυπτόμενα ζεύγη αεροφωτογραφιών που έχουν ληφθεί ταυτόχρονα για τη δημιουργία ενός στερεοζεύγους εικόνων, το οποίο επιτρέπει στον χρήστη να εντοπίσει τα περιγράμματα των κτιρίων αλλά και το υψόμετρό τους. Αυτή η βασική γεωμετρία ομαδοποιείται για να σχηματίσει απεικονίσεις αστικών αντικειμένων- π.χ. κτίρια, γη, δρόμους ή δέντρα κ.τ.λ.. Η διαδικασία διευκολύνεται με αυτόματα σημεία (automatic point) ή εξαγωγή αντικειμένων (object extraction), ή σε μικρότερο βαθμό, με την χρησιμοποίηση ανοιχτών βιβλιοθηκών (Remondino, 2008). Συνεπώς, οι φωτογραμμετρικές τεχνικές περιλαμβάνουν την εξαγωγή τόσο γεωμετρικής όσο και σημασιολογικής πληροφορίας από εικόνες. Με άλλα λόγια, αρχιτεκτονικά και χαρακτηριστικά τοπίου, όπως κτίρια, γέφυρες, σιδηροδρομικοί σταθμοί και δενδροστοιχίες μπορούν να διακριθούν και να μοντελοποιηθούν αναλόγως, ενώ προσωρινά χαρακτηριστικά, όπως αμάξια και άνθρωποι μπορούν να αποκλειστούν. Η συγκέντρωση συγκεκριμένων σημασιολογικών πληροφοριών πραγματοποιείται με τη συλλογή πληροφορίας από αεροφωτογραφίες, όπως υπέρυθρες.

### 5.3.1. 3D απεικόνιση στο κτηματολόγιο

Η χρήση των παραδοσιακών 2D χαρτών και διαγραμμάτων δεν είναι πλέον επαρκής και κατάλληλη για την απεικόνιση 3D κτηματολογικών αντικειμένων. Για τη βέλτιστη αναπαράσταση της ιδιοκτησίας είναι απαραίτητη η απεικόνιση αυτών των 3D αντικειμένων στον 3D κτηματολογικό χάρτη, στον οποίο φαίνεται η θέση και το περιεχόμενο των αντικειμένων και των ιδιοκτησιών στο χώρο.

Το ενδιαφέρον της απεικόνισης του 3D κτηματολογίου στρέφεται στην κατανομή του 3D γεωχώρου, των 3D ιδιοκτησιακών μονάδων και άλλων 3D κτηματολογικών αντικειμένων. Αντίθετα, η 3D απεικόνιση στην αρχιτεκτονική ή στην αστική προσομοίωση γενικότερα, εστιάζει στην εικονική προσομοίωση της εξωτερικής υφής και των επιφανειών των μοντέλων και στην απόδοση υφών με εικόνες, χωρίς να αναφέρεται στις εσωτερικές μονάδες, πίσω από το εξωτερικό περίβλημα. Το σημαντικότερο στοιχείο της 3D απεικόνισης στον τομέα του κτηματολογίου είναι η ακριβής περιγραφή των ορίων των ιδιοκτησιακών μονάδων. Τα κτηματολογικά αντικείμενα εστιάζουν στο γεωχώρο κάτω από τα κτηματολογικά δικαιώματα, παρά το γεγονός ότι ο γεωχώρος μπορεί να περιορίζεται από τοίχους ή άλλα αρχιτεκτονικά στοιχεία. Οι απεικονίσεις του 3D κτηματολογίου παρουσιάζουν την κατανομή της κατοχής και τον καταμερισμό του χώρου σε όρους δικαιωμάτων.

Η μέχρι τώρα εμπειρία δείχνει, ότι οι ακριβείς 3D περιγραφές της ιδιοκτησίας αποτελούν επιτακτική ανάγκη για την καλύτερη δυνατή διαχείριση των ιδιοκτησιακών δικαιωμάτων. Απαιτήση όλων είναι η ανάπτυξη 3D μοντέλων της πραγματικότητας με μια στοιχειώδη απόδοση των υφών των κτιρίων, αφού και η τεχνολογική πρόοδος επιτρέπει υψηλότερη ακρίβεια και ποιότητα. Σε ένα κτηματολογικό σύστημα, η 3D απεικόνιση αποτελεί ένα από τα βασικότερα συστατικά. Ένα ψηφιακό 3D κτηματολόγιο πρέπει να περιλαμβάνει 3D κτηματολογικά δεδομένα, καθώς και εφαρμογές και συστήματα απεικόνισης στις τρεις διαστάσεις.

Για την απεικόνιση του 3D κτηματολογίου έχουν αναπτυχθεί πολλά πρότυπα, με χρήση διαφόρων τεχνολογιών, όπως χωρικές βάσεις δεδομένων, Συστήματα Ηλεκτρονικής Σχεδίασης (CAD) και Σ.Γ.Π.. Επίσης, έχουν αναπτυχθεί συστήματα για απεικόνιση χωρικών δεδομένων μέσω του διαδικτύου. Σε ένα σύστημα 3D κτηματολογίου πρέπει να απεικονίζονται τα φυσικά και τα νομικά δεδομένα ανεξάρτητα, ώστε να μη δημιουργούνται ασάφειες. Σε αυτό, βέβαια, βοηθάει και η συμπλήρωση περιγραφικής πληροφορίας. Κυρίως, όμως, η ασάφεια στα ιδιοκτησιακά αντικείμενα μειώνεται με την έννοια "partition of space", σύμφωνα με την οποία ο χώρος χωρίζεται σε 3D νομικά αντικείμενα.

Οι τεχνικές 3D απεικόνισης στο κτηματολόγιο είναι οι εξής (Poscada, 2006) :

- Τεχνικές γεωμετρικής απλοποίησης, οι οποίες χρησιμοποιούνται για την απλοποίηση των γεωμετριών σε συστήματα απεικόνισης
- Αναπαράσταση βάσει εικόνων, όπου χρησιμοποιείται η υφή του αντικειμένου για να φανεί η πολυπλοκότητα των γεωμετριών
- Τεχνικές culling (απόκρυψη- ορατότητα), στις οποίες γίνεται αποκλεισμός των "απορροφημένων" (occluded) επιφανειών.

Αυτές οι τεχνικές απεικόνισης παρουσιάζουν, σύμφωνα με μελέτες, κάποιες ελλείψεις, οι οποίες μπορεί να επηρεάσουν την 3D κτηματολογική απεικόνιση. Τέτοιες ελλείψεις μπορεί να είναι :

- Η έλλειψη ενός πλήρως υποστηριζόμενου συστήματος απεικόνισης του 3D κτηματολογίου
- Η έλλειψη σαφών απαιτήσεων και προδιαγραφών για συστήματα 3D κτηματολογικής απεικόνισης
- Η έλλειψη της κατάλληλης τεχνικής για την 3D απεικόνιση κτηματολογικών δεδομένων.

### **5.3.2. Αποτελούν τα 3D μοντέλα χωρικών σχέσεων μια χρήσιμη λύση για το 3D κτηματολόγιο;**

Για πολλά χρόνια, οι τεχνικές και οι υπολογιστικές διαδικασίες εξελίσσονται συνεχώς, με αποτέλεσμα τα πρακτικά εμπόδια και όρια που τίθενται στη χρήση της 3D πληροφορίας να μειώνονται. Αλλά στις περισσότερες περιπτώσεις και ειδικά σε ό,τι αφορά στο αστικό περιεχόμενο, η εξέλιξη στα 3D γεω- αντικείμενα είναι μάλλον αργή. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί μέσω ενός απαγορευτικού παράγοντα, ο οποίος είναι η υιοθέτηση του 2D τρόπου σκέψης. Η πρωταρχική κίνηση όταν αναβαθμίζεται ένα 2D μοντέλο, για παράδειγμα ένα κτηματολογικό μοντέλο, πρέπει να είναι η διατήρηση του 2D ορισμού των αντικειμένων με εισαγωγή μερικών 3D επεκτάσεων. Ακόμα και αν το αποτέλεσμα είναι ικανοποιητικό, η προσέγγιση είναι ατελής και περιοριστική. Η δυνατότητα χρήσης 3D πληροφορίας επιτρέπει στο χρήστη να φανταστεί τον 3D κόσμο, όπου πολλά αντικείμενα μπορούν να εξελιχθούν σημαντικά. Αν ένα αντικείμενο έχει ένα νέο ορισμό, ο οποίος συνδέεται έντονα με την τρίτη διάσταση, τότε η χρήση ενός 3D μοντέλου αποτελεί επιτακτική ανάγκη. Για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος, πρέπει να χρησιμοποιηθούν κατάλληλοι χειρισμοί και εργαλεία. Το σημαντικότερο και πιο κρίσιμο από όλα είναι η υποστήριξη 3D χωρικής ανάλυσης.

Το αντικείμενο ενδιαφέροντος σε ένα Σ.Γ.Π. είναι παραδοσιακά τα χωρικά αντικείμενα, δηλαδή αντικείμενα που έχουν θεματικά και γεωμετρικά χαρακτηριστικά. Κατά συνέπεια, σε ένα 3D Σ.Γ.Π. τα αντικείμενα παρουσιάζονται γεωμετρικά σε τρεις διαστάσεις. Έχουν ολοκληρωθεί πολλές μελέτες, οι οποίες ερευνούν τα 3D αντικείμενα σε αστικά περιβάλλοντα. Το κοινό συμπέρασμα είναι το γεγονός ότι τα πιο σημαντικά 3D πραγματικά αντικείμενα σε αστικές περιοχές είναι τα κτίρια και τα αντικείμενα του εδάφους (Grün & Dan, 1997, Leberl & Grüber, 1996, Tempfli, 1998). Ο Fuchs (1996) παρουσίασε μία μελέτη σχετικά με τα πραγματικά αντικείμενα σε 3D μοντέλα πόλεων. Αφού χώρισε τα αντικείμενα σε πέντε κατηγορίες (κτίρια, βλάστηση, δίκτυο κυκλοφορίας, επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας, επικοινωνίες), οι έρευνες έδειξαν ότι οι πιο διαδεδομένες χρήσεις και αυτές που είναι περισσότερο αναγκαίες είναι τα κτίρια, το δίκτυο κυκλοφορίας και η βλάστηση. Επίσης, οι Ranzinger και Gleixner (1995) παρουσίασαν ένα εικονικό μοντέλο μιας πλατείας στο Γκρατς της Αυστρίας, το οποίο περιείχε μόνο κτίρια, δίκτυο κυκλοφορίας, στύλους φωτισμού και δέντρα. Ο Dahany (1997) προτείνει τρεις κατηγορίες αντικειμένων : το έδαφος, τη βλάστηση και τον τύπο κτιρίου. Όπως φαίνεται, οι περισσότεροι μελετητές προτείνουν πραγματικά αντικείμενα με

χωρική έκταση. Ωστόσο, οι λειτουργικές πληροφορίες που χρειάζονται για τον αστικό σχεδιασμό και ειδικότερα για το κτηματολόγιο, συχνά υπερβαίνουν τα αντικείμενα ενδιαφέροντος που αναφέρθηκαν παραπάνω. Για παράδειγμα, τα κτηματολογικά γραφεία διατηρούν τα δικαστικά όρια και το νομικό καθεστώς της ακίνητης περιουσίας, δηλαδή στοιχεία, τα οποία δεν μπορούν να ταξινομηθούν ως 3D χωρικά αντικείμενα. Η Zlatanova (2000) προτείνει κάποια αντικείμενα, όπως άνθρωποι, εταιρείες, φόροι κ.τ.λ., να περιλαμβάνονται στο πεδίο εφαρμογής των αντικειμένων που έχουν οργανωθεί σε ένα Σ.Γ.Π.. Έχουν δημιουργηθεί τέσσερις βασικές κατηγορίες, ώστε να διακρίνονται τα πραγματικά αντικείμενα : δικαστικά αντικείμενα- *juridical objects* (για παράδειγμα ιδιωτικά πρόσωπα, οργανισμοί, εταιρείες), τοπογραφικά αντικείμενα- *topographic objects* (για παράδειγμα κτίρια, δρόμοι, επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας), περιγραφικά αντικείμενα- *fictional objects* (για παράδειγμα διοικητικά όρια) και αφηρημένα αντικείμενα- *abstract objects* (για παράδειγμα φόροι, πράξεις- έγγραφα, εισοδήματα). Εφόσον όλα τα αντικείμενα έχουν σημασιολογικό χαρακτήρα, τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των πραγματικών αντικειμένων είναι το κύριο κριτήριο για την ταξινόμηση σε αυτές τις κατηγορίες.

Υπάρχουν αντικείμενα τα οποία μπορεί να περιέχουν : μη ολοκληρωμένα γεωμετρικά χαρακτηριστικά (για παράδειγμα αν υπάρχει μόνο τοποθεσία), ολοκληρωμένα γεωμετρικά χαρακτηριστικά και ύπαρξη στον πραγματικό κόσμο, ολοκληρωμένα γεωμετρικά χαρακτηριστικά, αλλά περιγραφική ύπαρξη και τέλος καθόλου γεωμετρικά χαρακτηριστικά. Σύμφωνα με αυτή την ταξινόμηση, τα 3D τοπογραφικά αντικείμενα είναι ουσιαστικά επί του παρόντος τα 3D χωρικά αντικείμενα, τα οποία περιέχονται (ή προτίθενται να περιέχονται) σε πληθώρα Σ.Γ.Π.. Η ανάγκη για 3D περιγραφικά αντικείμενα δεν είναι συνήθως τόσο ξεκάθαρη. Ενώ η εξέλιξη από μία 2D παρουσίαση ενός κτιρίου σε μια 3D παρουσίαση φαίνεται φυσιολογική, γιατί έτσι είναι η πραγματικότητα, αυτό δεν ισχύει για τα περιγραφικά αντικείμενα (δημοτικές ενότητες, στατιστικές ενότητες ή άλλα πλασματικά φαινόμενα).

Η πρόκληση για ένα 3D Σ.Γ.Π. είναι να μπορεί να υποστηρίξει ανάλυση μεταξύ όλων των διαφορετικών τύπων των πραγματικών αντικειμένων. Αν το 3D Σ.Γ.Π. ενσωματώνει μόνο 3D τοπογραφικά αντικείμενα και όχι 3D περιγραφικά αντικείμενα, τότε η ανάλυση απλοποιείται ή ακόμα χειρότερα γενικεύεται. Τέτοιου είδους απλοποιήσεις μπορεί να αποτελέσουν τροχοπέδη στην εξέλιξη των 3D Σ.Γ.Π.. Επομένως, τόσο τα τοπογραφικά, όσο και τα περιγραφικά αντικείμενα πρέπει να αποτελούν μέρος των μοντέλων χωρικών σχέσεων.

Η ανάπτυξη μιας μαθηματικής θεωρίας για την κατηγοριοποίηση των σχέσεων μεταξύ χωρικών αντικειμένων έχει προσδιοριστεί από τις αρχές της δεκαετίας του '80 ως απαραίτητο έργο, ώστε να αντιμετωπιστούν οι ατέλειες και η ποικιλομορφία των χωρικών σχέσεων, που πραγματοποιούνται σε διαφορετικά συστήματα πληροφοριών. Εντατικές έρευνες οδήγησαν στην ανάπτυξη ενός πλαισίου, το οποίο βασίστηκε στο συνδυασμό θεωρίας, γενικών τοπολογικών αρχών και εννοιών (Pullar & Egenhofer, 1988). Το πλαίσιο αυτό αξιοποιεί τις θεμελιώδεις έννοιες της τοπολογίας, με σκοπό να διερευνήσει τις αλληλεπιδράσεις των χωρικών αντικειμένων. Το βασικό κριτήριο για τη διάκριση των διαφορετικών σχέσεων είναι ο εντοπισμός των



τομών μεταξύ των τοπολογικών αρχετύπων. Οι τομές ή αλλιώς οι σχέσεις μεταξύ του εσωτερικού και των ορίων δύο αντικειμένων είναι  $2^4=16$ . Προφανώς, πολλές σχέσεις δεν μπορούν να διακριθούν θεωρώντας μόνο δύο τοπολογικά αρχέτυπα. Επομένως, έχει υιοθετηθεί η αξιολόγηση του εξωτερικού χώρου (9- intersection model, Egenhofer & Herring, 1990). Έτσι, ο αριθμός των ανιχνεύσιμων σχέσεων μεταξύ δύο αντικειμένων αυξάνεται στις  $2^9=512$ . Επειδή δεν είναι δυνατές όλες οι σχέσεις στην πραγματικότητα, οι τομές δεν μπορούν να διερευνηθούν περαιτέρω και έτσι οι τομές πολλών αντικειμένων θεωρούνται ισοδύναμες.

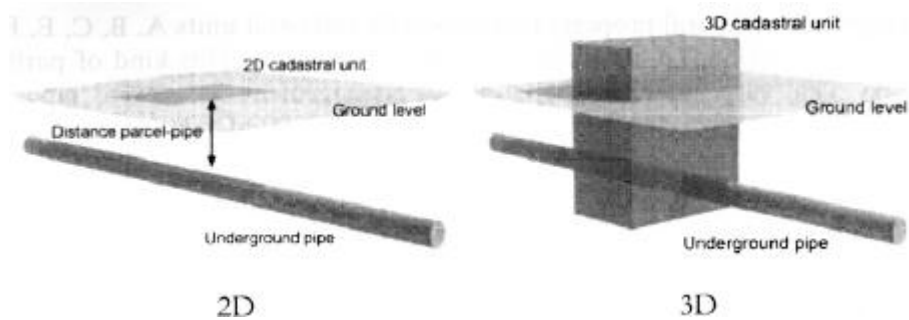
Στην τρίτη διάσταση τα πιο συχνά απλά χωρικά αντικείμενα που προκύπτουν στις γραφικές αναπαραστάσεις είναι το σημείο, η γραμμή, το πολύγωνο και το πολυέδρο.

### 5.3.2.1. Εφαρμογή στο 3D κτηματολόγιο

Το 3D μοντέλο συνήθως σχετίζεται μόνο με τη 3D αναπαράσταση και οι 3D χωρικές ερωτήσεις, οι οποίες αποτελούν ένα από τα βασικά θέματα ενός λειτουργικού 3D Σ.Γ.Π., συχνά υποτιμούνται. Στη συνέχεια παρατίθενται ενδεχόμενα 3D ερωτήματα και έννοιες σχετικά με το 3D κτηματολογικό μοντέλο, όπως παρουσιάστηκαν από τους Zatlanova & Billen (2003).

- Επίδραση της αναπαράστασης του αντικειμένου (2D/ 3D) στα χωρικά ερωτήματα

Μια αρκετά συχνή ερώτηση στον αστικό σχεδιασμό είναι ο προσδιορισμός όλων των ιδιοκτητών, οι οποίοι επηρεάζονται από γεωγραφικά φαινόμενα (σωλήνες, δρόμοι, ηχορύπανση κ.τ.λ.). Η 2D λύση είναι η επιλογή όλων των κτηματολογικών γεωτεμαχίων, τα οποία τέμνονται ή εφάπτονται από συγκεκριμένα γεωγραφικά φαινόμενα. Η 2D αναπαράσταση των φαινομένων γίνεται με υπέρθεση αυτών πάνω από το κτηματολογικό αντικείμενο και το ερώτημα είναι το εξής : «επίλεξε όλα τα αντικείμενα που έχουν κοινά μέρη». Ουσιαστικά, γίνεται μια επιλογή γεωτεμαχίων, η οποία βασίζεται σε τοπολογικά κριτήρια. Η πρόκληση για τους ερευνητές είναι να εξελίξουν το ερώτημα αυτό σε ένα 3D μοντέλο. Μία λύση είναι να επεκταθεί η έννοια στις τρεις διαστάσεις και να διατηρηθεί ο ίδιος ορισμός, δηλαδή να διατηρηθεί ως κτηματολογική μονάδα το 2D γεωτεμάχιο. Αυτό είναι δυνατό, γιατί το 3D μοντέλο δεν επιβάλλει διατήρηση μόνο 3D χωρικών αντικειμένων, για παράδειγμα ένα πολύγωνο (δηλαδή ένα 2D αντικείμενο) ενσωματωμένο στις τρεις διαστάσεις (έχει δηλαδή 3D συντεταγμένες) έχει ακόμα τις δύο διαστάσεις. Αν είναι αναγκαία η έκφραση των σχέσεων μεταξύ αντικειμένων πάνω ή κάτω από το έδαφος, τότε είναι απαραίτητο να υπολογιστεί και να ενσωματωθεί ως ιδιότητα στην κτηματολογική μονάδα η απόσταση των δύο αντικειμένων. Είναι σημαντικό να έχει οριστεί επίσης η κατεύθυνση της απόστασης. Στην εικόνα 55 παρουσιάζεται ένα παράδειγμα μιας 2D κτηματολογικής μονάδας και ένας υπόγειος σωλήνας. Το χωρικό ερώτημα μπορεί να τεθεί ως εξής: «ο σωλήνας βρίσκεται σε συγκεκριμένη απόσταση από την 2D κτηματολογική μονάδα;».



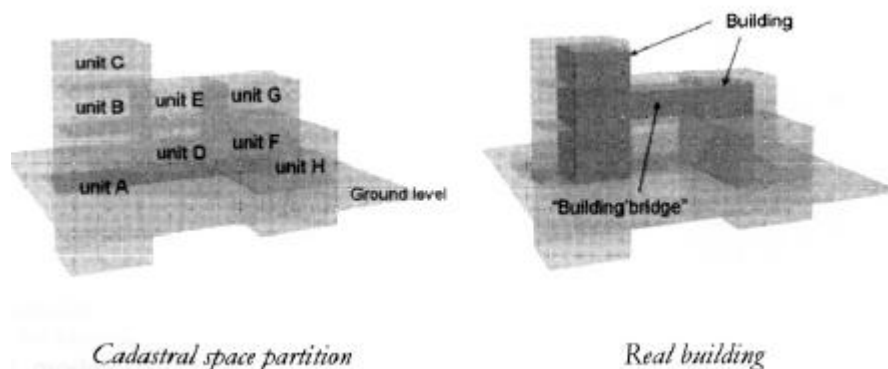
Εικόνα 55 : Χωρικό ερώτημα : «Περνά ο σωλήνας μέσα από την κτηματολογική μονάδα;» (πηγή : Zatlanova & Billen, 2003)

Μια άλλη λύση είναι η δημιουργία ενός νέου 3D αντικειμένου, δηλαδή μιας 3D κτηματολογικής μονάδας, η οποία μπορεί να παρουσιαστεί από ένα πολύεδρο. Σε αυτή την περίπτωση, το ερώτημα γίνεται : «ο σωλήνας τέμνεται ή συμπεριλαμβάνεται στην 3D κτηματολογική μονάδα» (εικόνα 55, 3D). Το χωρικό ερώτημα τότε έχει την ίδια έννοια με το αρχικό ερώτημα στις δύο διαστάσεις, είναι δηλαδή τοπολογικό.

Το συμπέρασμα είναι ότι οι 3D χωρικές ερωτήσεις είναι πολύ σημαντικές για την τρίτη διάσταση, ανεξάρτητα από την επιλογή της 2D ή 3D κτηματολογικής μονάδας. Στην περίπτωση, όμως, που η κτηματολογική μονάδα οριστεί ως ένα 3D αντικείμενο, πρέπει να υποστηρίζονται 3D τοπολογικές σχέσεις. Επομένως, πρέπει να θεωρηθεί μια 3D τοπολογική δομή πληροφοριών.

#### ➤ 3D κατάτμηση του χώρου

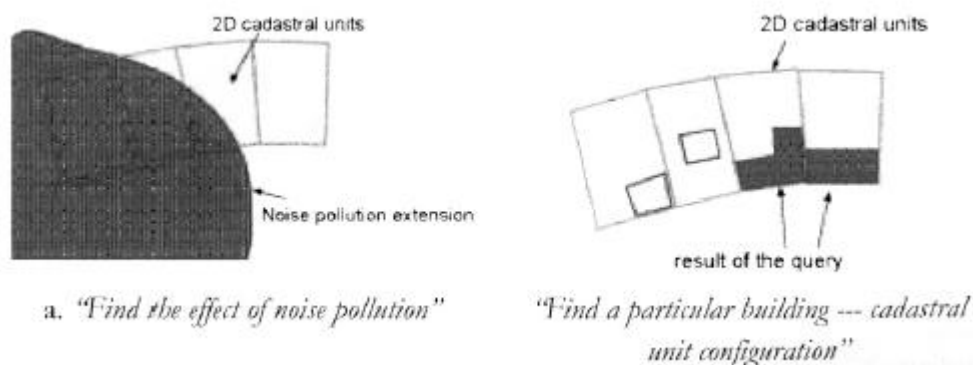
Η χρήση της 3D κτηματολογικής μονάδας μπορεί να οδηγήσει σε μια νέα προσέγγιση και σε μια νέα κατανομή του ιδιοκτησιακού χώρου. Στην εικόνα 56 φαίνεται η κατάτμηση του κτηματολογικού χώρου. Το κτίριο έχει κατασκευασθεί πάνω ή μέσα σε μία ιδιωτική κτηματολογική ιδιοκτησία, η οποία αποτελείται από τα κτηματολογικά τμήματα A, B, C, E, F, G και το τμήμα D αποτελεί τμήμα του δρόμου, είναι δηλαδή ιδιοκτησία του δήμου. Τέτοιου είδους κατατμήσεις παρουσιάζουν μεγάλο ενδιαφέρον σε προγράμματα διαχείρισης, όπως υπόνομοι, σωλήνες κ.τ.λ.. Προφανώς, τέτοιες προσεγγίσεις απαιτούν την υποστήριξη 3D χωρικών σχέσεων και 3D χωρικών αντικειμένων.



Εικόνα 56 : Κατάτμηση κτιρίου (πηγή : Zatlanova & Billen, 2003)

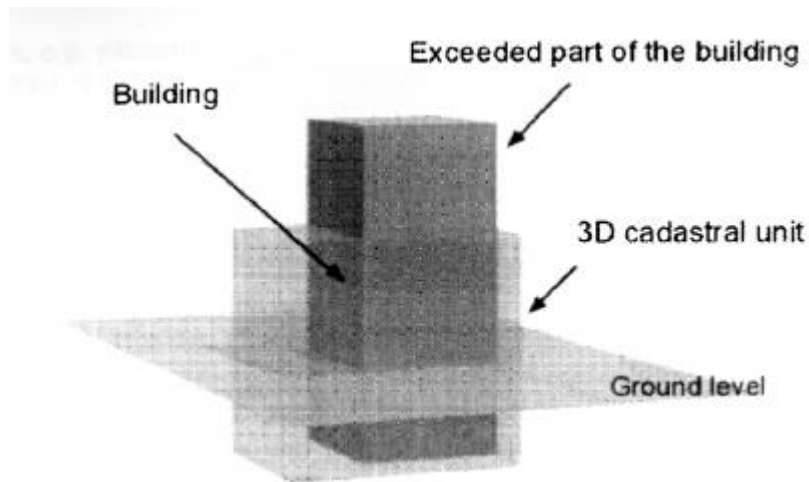
➤ 3D μοντέλο και χωρική ανάλυση

Οι 3D σχέσεις επιτρέπουν στο χρήστη να χρησιμοποιεί πολύ απλούς ή πολύ σύνθετους συνδυασμούς χωρικών σχέσεων. Σε περιπτώσεις χωρικών ερωτήσεων, όπως αυτές παρουσιάστηκαν παραπάνω, αυτά τα διαφορετικά επίπεδα πολυπλοκότητας μπορούν να οδηγήσουν είτε σε απλοποιημένες, είτε σε πολύ συγκεκριμένες περιγραφές των σχέσεων μεταξύ των χωρικών αντικειμένων. Για κάποια ερωτήματα οι απλοποιημένες σχέσεις είναι επαρκείς. Ωστόσο, κάποιες σύνθετες χωρικές ερωτήσεις είναι απαραίτητες, όταν όλα τα στοιχεία παίζουν ρόλο, για παράδειγμα : «Βρείτε όλα τα κτίρια που ακουμπούν σε τουλάχιστον ένα άκρο της κτηματολογικής μονάδας». Στην εικόνα 57 παρουσιάζονται παραδείγματα χωρικών ερωτήσεων στις δύο διαστάσεις, όπως η επίδραση της ηχορύπανσης σε κτηματολογικές μονάδες και αυτή που αναφέρθηκε παραπάνω.



Εικόνα 57 : Παραδείγματα χωρικών ερωτήσεων στις δύο διαστάσεις (πηγή : Zatlanova & Billen, 2003)

Στην εικόνα 58 παρουσιάζεται ένα παράδειγμα χωρικής ερώτησης στις τρεις διαστάσεις. Η ερώτηση τίθεται ως εξής : «Βρείτε όλα τα κτίρια, τα οποία υπερβαίνουν την κτηματολογική μονάδα και υπολογίστε το υπερκείμενο τμήμα». Και στις δύο περιπτώσεις (2D, 3D), το μοντέλο παρέχει τις κατάλληλες απαντήσεις στα χωρικά ερωτήματα.

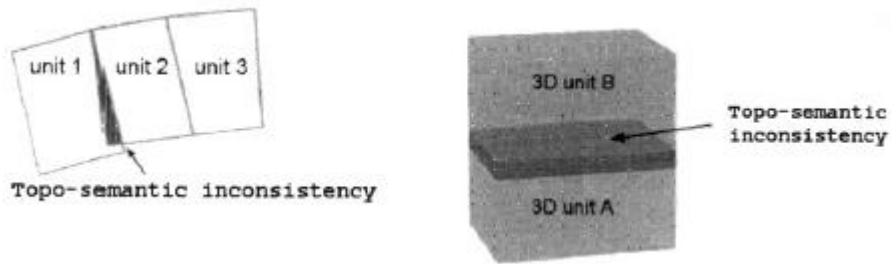


Εικόνα 58 : Παράδειγμα χωρικής ερώτησης στις τρεις διαστάσεις (πηγή : Zatlanova & Billen, 2003)

➤ Συνέπεια και συνοχή των δεδομένων

Μια από τις κύριες προκλήσεις της διαχείρισης του κτηματολογίου ήταν πάντα και συνεχίζει να είναι η ποιότητα και η συνέπεια των δεδομένων. Η συνέπεια των τοπογραφικών σχέσεων μεταξύ των αντικειμένων θεωρείται συνήθως ως το κύριο κριτήριο για την ποιότητα του μοντέλου. Τα παραδείγματα που αναφέρθηκαν παραπάνω αναφέρονται στην αλληλεπίδραση μεταξύ κτηματολογικών και άλλων αντικειμένων (τοπογραφικών ή περιγραφικών). Χωρικές σχέσεις, όμως, υπάρχουν και μεταξύ κτηματολογικών αντικειμένων. Για παράδειγμα, ένα σημαντικό έργο για το κτηματολόγιο είναι η ταξινόμηση της γης με βάση ένα ιδιοκτησιακό κριτήριο. Εξ ορισμού, ένα κομμάτι γης μπορεί να μην ανήκει σε περισσότερες από μία κτηματολογικές μονάδες και όλα τα τμήματα του μοντελοποιημένου χώρου να ανήκουν σε μία ακριβώς κτηματολογική μονάδα ή στα όριά της. Αυτό μπορεί να ελεγχθεί μέσω τοπολογικών σχέσεων μεταξύ όλων των κτηματολογικών μονάδων, για παράδειγμα μία κτηματολογική μονάδα να μην τέμνει κάποια άλλη.

Είναι προφανές, ότι για την πραγματοποίηση 3D κτηματολογικών μοντέλων πρέπει να υιοθετηθούν προσαρμοσμένες τοπολογικές δομές. Επίσης, υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τύποι ασυνέπειας στα χωρικά δεδομένα. Η σημασιολογική ασυνέπεια των δεδομένων απασχολεί πολύ τους ερευνητές για το πώς επηρεάζει τις τοπολογικές σχέσεις μεταξύ των αντικειμένων. Στην εικόνα 59 παρουσιάζονται παραδείγματα 2D και 3D σημασιολογικής ασυνέπειας.



Εικόνα 59 : Παραδείγματα 2D και 3D σημασιολογικής ασυνέπειας (πηγή : Zatlanova & Billen, 2003)

### ➤ Συμπέρασμα

Ο τελικός στόχος των 3D Σ.Γ.Π. είναι η ολοκλήρωση ενός 3D μοντέλου της πραγματικότητας για τοπογραφικά και περιγραφικά αντικείμενα. Αυτό που φαίνεται συνετό από τους ερευνητές, είναι η δημιουργία πραγματικών 3D εννοιών για το κτηματολόγιο, μέσω της εξέλιξης της έννοιας του κτηματολογικού γεωτεμαχίου από ένα 2D χωρικό τμήμα σε μια εκτεταμένη κτηματολογική μονάδα. Οποιοδήποτε 2D ή 3D κτηματολογικό αντικείμενο και αν επιλεγθεί, πρέπει να επιτευχθεί ένα συγκεκριμένο επίπεδο 3D χωρικής ανάλυσης. Πρέπει να χρησιμοποιούνται εξίσου δομές τοπολογικών δεδομένων, αλλά και να αναπτυχθούν 3D χωρικοί φορείς για δομές μη τοπολογικών δεδομένων.

## 6. CityEngine

Η μοντελοποίηση μιας πόλης θέτει μια σειρά από προβλήματα στα γραφικά των υπολογιστών. Κάθε αστική περιοχή έχει ένα δίκτυο μεταφορών που ακολουθεί τις πληθυσμιακές και περιβαλλοντικές επιρροές και συχνά ένα σχέδιο μοτίβο. Οι εμφανίσεις των κτιρίων ακολουθούν ιστορικούς, αισθητικούς και νομικούς κανόνες. Η παραγωγή μιας εικονικής πόλης, προαπαιτεί το σχεδιασμό ενός χάρτη των δρόμων και τη δημιουργία ενός μεγάλου αριθμού κτιρίων. Οι Parish και Müller προτείνουν ένα σύστημα μοντελοποίησης πόλης, που χρησιμοποιεί κανονιστική διαδικασία, η οποία είναι βασισμένη στα L-Συστήματα. Από διάφορους χάρτες, για παράδειγμα τα όρια γης- νερού και η πυκνότητα του πληθυσμού, οι οποίοι χρησιμοποιούνται ως δεδομένο εισόδου, το σύστημα που προτείνουν, παράγει ένα σύστημα αυτοκινητόδρομων και οδών, χωρίζει τη γη σε πολύγωνα (lots) και δημιουργεί την κατάλληλη γεωμετρία για τα κτίρια στις αντίστοιχες διανομές. Για τη δημιουργία ενός χάρτη με τους δρόμους της πόλης, τα L- Συστήματα έχουν επεκταθεί με μεθόδους που επιτρέπουν την εξέταση των παγκόσμιων στόχων και τοπικών περιορισμών και μειώνουν την πολυπλοκότητα των κανόνων παραγωγής. Ένα L- Σύστημα που δημιουργεί γεωμετρία, ένα σύστημα που δημιουργεί υφή με βάση την υφή των υλικών- στοιχείων και κανονιστικές μέθοδοι μπορούν να συνθέσουν τα κτίρια.

Η μοντελοποίηση και η οπτικοποίηση συστημάτων, που έχουν δημιουργηθεί από τον άνθρωπο, όπως μεγάλες πόλεις, είναι μια μεγάλη πρόκληση για τα γραφικά υπολογιστών. Οι πόλεις είναι συστήματα με υψηλή λειτουργική και οπτική πολυπλοκότητα. Αντανακλούν κάθε πτυχή των ιστορικών, πολιτιστικών, οικονομικών και κοινωνικών αλλαγών που συμβαίνουν με την πάροδο του χρόνου. Εξετάζοντας εικόνες μιας μεγάλης κλίμακας πόλης, όπως η Νέα Υόρκη, προκύπτει μια μεγάλη ποικιλία από δρομάκια, κτίρια, μορφές και υφές. Η μοντελοποίηση και η οπτικοποίηση των μεγάλων σε έκταση πόλεων με τη χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών έχει γίνει εφικτή λόγω της μεγάλης μνήμης, της επεξεργασίας και της ισχύς των γραφικών των σημερινών hardware (υλικό υπολογιστή). Οι πιθανές εφαρμογές για κανονιστική δημιουργία καταλαμβάνουν μεγάλο εύρος για ερευνητικούς και εκπαιδευτικούς σκοπούς, όπως πολεοδομικός σχεδιασμός και δημιουργία εικονικών περιβαλλόντων για προσομοίωση. Ειδικά η αγορά της ψυχαγωγίας, όπως η βιομηχανία ταινιών και βιντεοπαιχνιδιών, έχει υψηλή ζήτηση για γρήγορη δημιουργία σύνθετων περιβαλλόντων.

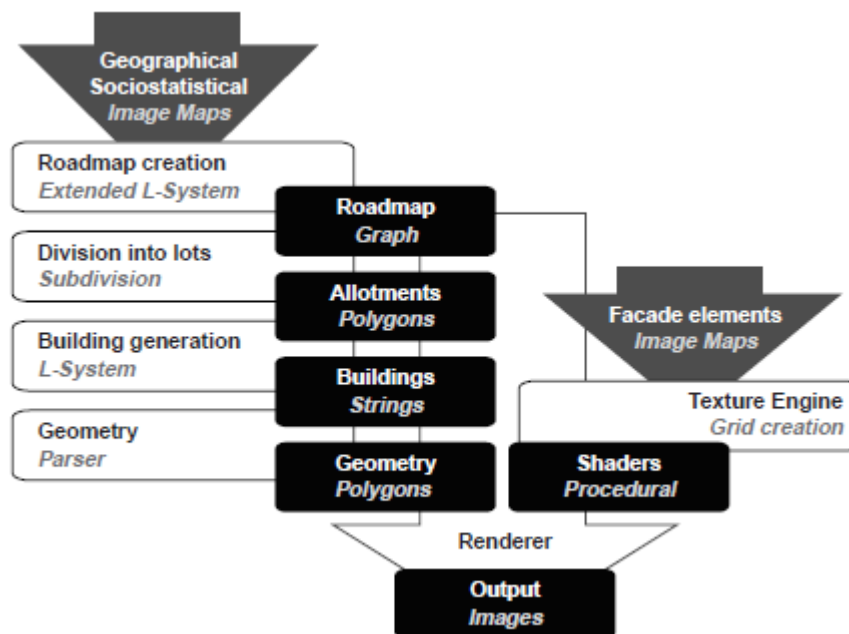
Η εικονική μοντελοποίηση μεγάλων και πολύπλοκων συστημάτων έχει μια μακρά παράδοση στα γραφικά υπολογιστών. Οι περισσότερες από αυτές τις προσεγγίσεις αντιμετωπίζουν την εμφάνιση φυσικών φαινομένων. Πολλές από τις αποφάσεις αυτών των αποδόσεων, στηρίζονται στη δυνατότητα να απεικονιστεί η πολυπλοκότητα συστημάτων μεγάλης κλίμακας, τα οποία αποτελούνται από απλούστερα στοιχεία.

Το CityEngine έχει τη δυνατότητα μοντελοποίησης μιας πλήρους πόλης, χρησιμοποιώντας ένα σχετικά μικρό σύνολο στατιστικών και γεωγραφικών δεδομένων εισόδου και είναι ιδιαίτερα ελεγχόμενο από το χρήστη. Το πρόγραμμα αυτό δημιουργεί αστικά περιβάλλοντα από το μηδέν, με βάση μια

ιεραρχική σειρά από κατανοητούς κανόνες, οι οποίοι μπορούν να επεκταθούν ανάλογα με τις ανάγκες των χρηστών.

## 6.1. System Architecture

Το σύστημα του CityEngine αποτελείται από αρκετά διαφορετικά εργαλεία, τα οποία σχηματίζουν τη ροή εργασιών του προγράμματος (εικόνα 60). Σε πρώτο βήμα, τα δεδομένα εισόδου τροφοδοτούνται στο σύστημα δημιουργίας δρόμων, χρησιμοποιώντας ένα L- Σύστημα που έχει επεκταθεί. Στη συνέχεια, οι περιοχές μεταξύ των οδών χωρίζονται για να καθοριστεί πού θα τοποθετηθούν τα κτίρια. Εφαρμόζοντας ένα άλλο L- Σύστημα, τα κτίρια δημιουργούνται ως αναπαράσταση συμβόλων, σε απλά στερεά σχήματα. Τέλος, ένας αναλυτής ερμηνεύει όλα τα αποτελέσματα για το λογισμικό απεικόνισης. Το λογισμικό απεικόνισης πρέπει να είναι σε θέση να επεξεργάζεται γεωμετρίες πολυγώνων και χάρτες με υφή. Αυτή είναι η διαδικασία για σχεδόν οποιαδήποτε 3D συσκευή απεικόνισης.



Εικόνα 60 : Η ροή εργασιών στο CityEngine. Τα μαύρα κουτιά δείχνουν τα αποτελέσματα και τα άσπρα ορθογώνια τις δομές των δεδομένων των μεμονωμένων εργαλείων (πηγή : Parish και Müller, 2001)

Τα περισσότερα από τα δεδομένα εισόδου για τη δημιουργία εικονικής πόλης προέρχονται από 2D χάρτες- εικόνες που ελέγχουν τη συμπεριφορά του συστήματος. Αυτές οι εικόνες μπορούν εύκολα να παραχθούν είτε με ζωγραφική, είτε σαρώνοντας τις από στατιστικούς και γεωγραφικούς χάρτες. Τα δεδομένα μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο γενικές κατηγορίες:

- Γεωγραφικοί Χάρτες (υψομετρικοί χάρτες, χάρτες γης, νερού, βλάστησης)
- Κοινωνικο- στατιστικοί χάρτες (πυκνότητα του πληθυσμού, χάρτες ζωνών, για παράδειγμα οικιστική, εμπορική ή μικτή ζώνη, μοτίβα και σχέδια δρόμων, χάρτες με τα ύψη των κτιρίων)

Δύο διαφορετικά L- Συστήματα χρειάζονται για τη δημιουργία πλήρους πόλης, ένα για το δρόμο και ένα για την παραγωγή των κτιρίων. Ο μηχανισμός του L-Συστήματος έχει σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο, ώστε διαφορετικά μοτίβα δρόμων να απεικονίζονται, χρησιμοποιώντας τους ίδιους κανόνες παραγωγής.

Αφού δημιουργηθεί ο χάρτης των δρόμων, η γη χωρίζεται σε μικρότερες περιοχές, δηλαδή οικοδομικά τετράγωνα, τα οποία περιβάλλονται από δρόμους. Αυτές οι περιοχές μπορεί να έχουν καταταμηθεί γεωμετρικά, με σκοπό να καθορισθεί το μερίδιο επί γης που αντιστοιχεί σε κάθε μεμονωμένο κτίριο.



Εικόνα 61 : Αριστερά φαίνεται ο χάρτης των δρόμων. Στη μέση φαίνονται τα οικοδομικά τετράγωνα που δημιουργήθηκαν από τις διασταυρώσεις των δρόμων. Δεξιά φαίνονται οι αποτυπώσεις των κτιρίων (πηγή : Parish και Müller, 2001)

Τα κτίρια δημιουργούνται από ένα στοχαστικό, παραμετρικό L- Σύστημα. Έχουν θεωρηθεί τρεις τύποι κτιρίων : ουρανοξύστες, εμπορικά κτίρια και κτίρια κατοικίας. Αυτό καθορίζεται από τη ζώνη που βρίσκεται κάθε κτίριο, σύμφωνα με τους κανόνες χωροταξίας και ελέγχεται με χρήση χαρτών εικόνων. Για κάθε τύπο κτιρίου εκτελείται ένα διαφορετικό σύνολο κανόνων παραγωγής.

Τα κτίρια δημιουργούνται βάσει της κάτοψής τους. Οι μονάδες του L-Συστήματος αποτελούνται από μονάδες μετασχηματισμού (κλίμακα και κίνηση), μια μονάδα εξώθησης και μία τερματισμού, καθώς και από γεωμετρικά πρότυπα για στέγες, κεραίες κ.τ.λ.. Η τελική μορφή του κτιρίου καθορίζεται από την κάτοψή του, η οποία μετασχηματίζεται από το L-Σύστημα. Αν και μια μεγάλη ποικιλία τύπων κτιρίου μπορεί να παραχθεί με αυτό τον τρόπο, αυτό είναι ένας περιορισμός του συστήματος, καθώς η λειτουργικότητα των κτιρίων δεν μπορεί να αναπαρασταθεί, χρησιμοποιώντας μόνο αυτούς τους απλούς κανόνες. Παρ' όλα αυτά, μπορεί να επιτευχθεί ένας υψηλός βαθμός εικονικής πολυπλοκότητας (εικόνα 62).





Εικόνα 62 : Πέντε διαδοχικά στάδια παραγωγής ενός κτιρίου στο CityEngine. Το L- Σύστημα επιτρέπει την οριοθέτηση των κτιρίων, δίνοντας έτσι τη δυνατότητα παραγωγής διαφορετικών επιπέδων λεπτομέρειας- LOD (πηγή : Parish και Müller, 2001)

Το παραγόμενο αποτέλεσμα από το L- Σύστημα τροφοδοτείται σε ένα άλλο πρόγραμμα ανάλυσης, το οποίο μεταφράζει το εξαγόμενο σύμβολο (string) σε γεωμετρία, η οποία μπορεί να «διαβαστεί» από τα συστήματα οπτικοποίησης.

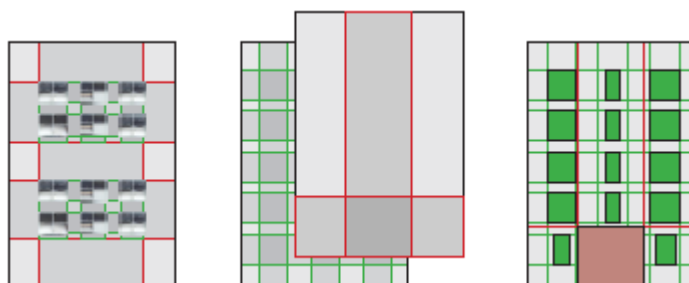
Για την τελική απεικόνιση, δημιουργούνται οι υφές των προσόψεων, χρησιμοποιώντας μία ημι- κανονιστική προσέγγιση. Κάθε πρόσοψη χωρίζεται σε τμήματα (tiles), σε μορφή πλέγματος. Στα κελιά κάθε πλέγματος, που προκύπτουν από αυτή την υποδιαίρεση, αποδίδεται υφή.

Ένας μεγάλος βαθμός των λεπτομερειών της σκηνής, μπορεί να επιτευχθεί χρησιμοποιώντας λεπτομερείς υφές των κτιρίων. Στις υπάρχουσες εφαρμογές σκανάρονται εικόνες των πραγματικών κτιρίων, τροποποιούνται και προβάλλονται πάνω στις επιφάνειες της γεωμετρίας των κτιρίων. Αν και η μέθοδος αυτή αναπαράγει την πιο λεπτομερή πρόσοψη, το ποσό της εργασίας για να προετοιμαστούν οι υφές είναι υπερβολικά υψηλό, σε σύγκριση με το χρόνο δημιουργίας της γεωμετρίας. Επίσης, για ένα μεγάλο αριθμό κτιρίων, οι περιορισμοί μνήμης δημιουργούν μείζον πρόβλημα για πολλά συστήματα. Οι περισσότερες από αυτές τις δυσκολίες μπορούν να αντιμετωπιστούν με τη χρήση κανονιστικών υφών. Δυστυχώς όμως, δεν μπορούν να μοντελοποιηθούν όλες οι μικρότερες λεπτομέρειες που συνθέτουν την εμφάνιση μιας πρόσοψης μπορεί με αυτές τις υφές. Ορισμένα μοτίβα, όπως πέτρα και τούβλα τοίχου, μπορούν να αναλυθούν και να συντεθούν, αλλά η περιγραφή μιας γενικής πρόσοψης δεν μπορεί να περιγραφεί με τις προσεγγίσεις αυτές.

Για αυτό το λόγο, έχει σχεδιαστεί ένα εργαλείο για την ημι- αυτόματη δημιουργία των προσόψεων με χρήση θεματικών επιπέδων (layering) και μιας απλής τεχνικής σύνθεσης, η οποία λέγεται layered grids (πολυεπίπεδα στρώματα). Οι προσόψεις παρουσιάζουν μία ή περισσότερες επικαλυπτόμενες δομές ή δομές που μοιάζουν με δικτυωτά πλέγματα, όπου τα περισσότερα κελιά του πλέγματος πραγματοποιούν την ίδια λειτουργία, για παράδειγμα τα παράθυρα και οι πόρτες αποδίδουν τα ανοίγματα. Επίσης, συγκεκριμένα κελιά του πλέγματος επηρεάζουν τις θέσεις και τα μεγέθη των γύρω κελιών, για παράδειγμα τα παράθυρα στο επίπεδο του εδάφους ή τα παράθυρα πάνω από μια πόρτα έχουν διαφορετικά μεγέθη. Τα λάθη στη δομή του πλέγματος επηρεάζουν κυρίως τις πλήρεις γραμμές και στήλες των δικτύων και όχι τα μεμονωμένα κελιά του πλέγματος.

Ο χρήστης χρησιμοποιεί πολλές εικόνες για να αποδώσει την υφή σε ένα αντικείμενο. Για παράδειγμα, για ένα παράθυρο έχει πολλές εικόνες που σε κάποιες φαίνεται κλειστό και σε άλλες ανοιχτό. Με τυχαία εφαρμογή των διαφορετικών εικόνων σε κάθε κελί του πλέγματος, αποδίδεται εύκολα η πολυπλοκότητα της πρόσοψης.

Τα στρώματα μπορούν να στοιβάζονται το ένα πάνω στο άλλο. Για να διαπιστωθεί η επίδραση των διαφόρων στρωμάτων σε κάθε άλλο, μπορούν να καθοριστούν λειτουργίες μεταξύ των στρωμάτων. Η αρχή αυτού του μηχανισμού φαίνεται στις εικόνες 63, 64. Μια αδυναμία του συστήματος μέχρι τώρα είναι ότι κάθε διαφορετικό στυλ υφής πρέπει να οριστεί με το χέρι.



Εικόνα 63 : Αριστερά φαίνεται ένα στρώμα, στο οποίο έχει αποδοθεί μία εικόνα. Στη μέση φαίνεται μια στοίβα επικαλυπτόμενων στρωμάτων και δεξιά φαίνεται πώς το κόκκινο στρώμα επηρεάζει την κλίμακα των ενεργών κελιών στο πράσινο στρώμα (πηγή : Parish και Müller, 2001).



Εικόνα 64 : Αριστερά και στη μέση φαίνεται μια πρόσοψη κτιρίου που αποτελείται από τούβλα, η οποία έχει αποδοθεί με διαφορετικές παραμέτρους- κανόνες. Δεξιά φαίνονται τούβλα διαφορετικού μεγέθους και χρώματος γύρω από την πόρτα και το παράθυρο, για να γίνουν κατανοητές οι λειτουργίες μεταξύ των στρωμάτων (πηγή : Parish και Müller, 2001).

Το CityEngine είναι ένα λογισμικό 3D μοντελοποίησης, το οποίο αναπτύχθηκε από την Esri R&D Center Zurich και ειδικεύεται στην παραγωγή 3D αστικών περιβαλλόντων. Με την κανονιστική μοντελοποίηση, το CityEngine επιτρέπει την αποτελεσματική δημιουργία μεγάλης κλίμακας 3D μοντέλων πόλης μεγάλης λεπτομέρειας, με μόνο μερικά κλικ του ποντικιού, σε αντίθεση με άλλες χρονοβόρες και εξαντλητικές μεθόδους, που χρειάζονται εντατική εργασία για δημιουργία αντικειμένων μέσω χειροκίνητων οδηγιών τοποθέτησης. Η πρόσφατη απόκτηση του CityEngine από την Esri έχει ως

στόχο να ωθήσει τις καινοτομίες στα 3D GIS και στις τεχνολογίες σχεδιασμού της γης (geodesign technology).

Η εταιρεία Esri είναι ένας διεθνής προμηθευτής λογισμικών για Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS), GIS μέσω του διαδικτύου και εφαρμογών διαχείρισης βάσεων γεωγραφικών δεδομένων. Η εταιρεία έχει την έδρα της στο Redlands της Καλιφόρνια και ιδρύθηκε ως Ινστιτούτο Έρευνας Περιβαλλοντικών Συστημάτων (Environmental Systems Research Institute) το 1969, σαν μια εταιρεία για συμβουλές όσον αφορά στις χρήσεις γης. Τα προϊόντα της Esri και ιδιαίτερα το ArcGIS Desktop, κατέχουν το 40,7% του παγκόσμιου μεριδίου της αγοράς.

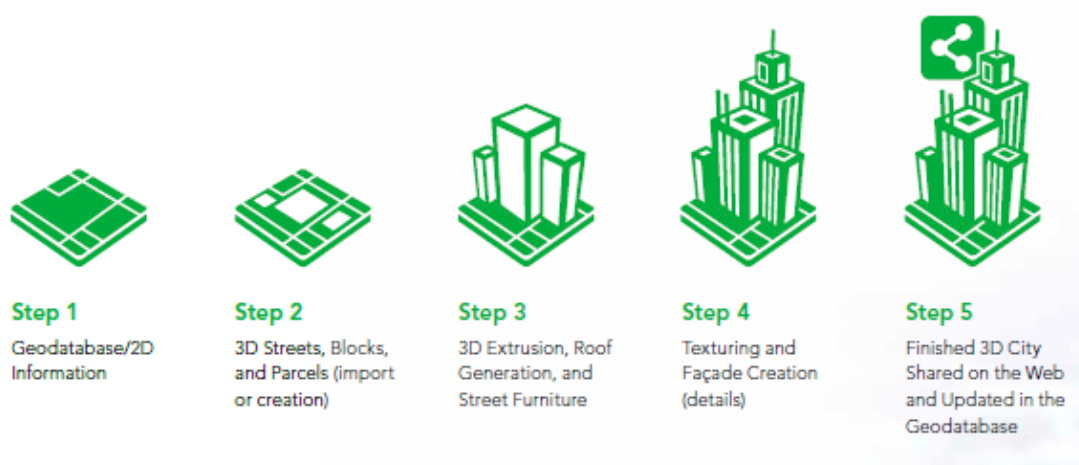
Το CityEngine αναπτύχθηκε στο πολυτεχνείο της Ζυρίχης (ETH Zürich-Eidgenössische Technische Hochschule Zürich) από τον αρχικό δημιουργό Pascal Müller, κατά τη διάρκεια του διδακτορικού του στο ETH Computer Vision Lab. Ο Müller εφηύρε μια σειρά πρωτοποριακών τεχνικών για την κανονιστική μοντελοποίηση 3D αρχιτεκτονικών περιεχομένων και κατέληξε στη δημιουργία του CityEngine. Σε δημοσίευση το 2001 (Κανονιστική Μοντελοποίηση πόλεων- Yoan Parish και Pascal Mueller) το CityEngine παρουσιάζεται για πρώτη φορά εκτός της ερευνητικής κοινότητας. Από τότε έχουν γίνει πολλές ερευνητικές εργασίες σχετικά με αυτό το πρόγραμμα.

Το 2008, η πρώτη εμπορική έκδοση του CityEngine κυκλοφόρησε από την ελβετική εταιρεία Procedural Inc και χρησιμοποιείται από επαγγελματίες στον αστικό σχεδιασμό, στην αρχιτεκτονική, στην οπτικοποίηση, στην ανάπτυξη παιχνιδιών, στη διασκέδαση, στα GIS, στην αρχαιολογία και στην πολιτιστική κληρονομιά.

Το CityEngine χρησιμοποιεί μια προσέγγιση κανονιστικής μοντελοποίησης, που σημαίνει ότι δημιουργεί μοντέλα αυτόματα με ένα προκαθορισμένο σύνολο κανόνων. Οι κανόνες ορίζονται με ένα σύστημα γραμματικής CGA σχήματος, το οποίο επιτρέπει τη δημιουργία πολύπλοκων- σύνθετων παραμετρικών μοντέλων. Ο χρήστης μπορεί να αλλάξει ή να προσθέσει πράγματα στη γραμματική σχήματος, παρέχοντας έτσι χώρο στις νέες σχεδιαστικές δυνατότητες. Η γραμματική σχήματος είναι πρακτικά ο ορισμός κάθε κτιρίου και μπορεί να τροποποιηθεί ανάλογα με τις απαιτήσεις και τις ανάγκες του χρήστη ή είναι δυνατή η χειρωνακτική προσαρμογή των παραμέτρων, οδηγώντας με αυτόν τον τρόπο στον επανασχεδιασμό και τη βελτίωση του αρχικού μοντέλου. Ένας κανονιστικός κανόνας στο CityEngine, αποθηκεύεται ως .cga αρχείο και λειτουργεί πολύ σαν μια ιεραρχική πρωτότυπη γλώσσα προγραμματισμού.

Η δημιουργία μοντέλου ενός αστικού περιβάλλοντος στο CityEngine συνήθως ξεκινά με τη δημιουργία ενός οδικού δικτύου, είτε με τα εργαλεία σχεδίασης δρόμων, είτε μέσω χαρτών, οι οποίοι εισάγονται από το Openstreetmap.org. Το επόμενο βήμα είναι η δημιουργία οικοδομικών τετραγώνων, τα οποία στη συνέχεια υποδιαιρούνται σε πολύγωνα- τεμάχια και τέλος υλοποιούνται τα ίχνη των κτιρίων. Αυτό μπορεί να γίνει με την εισαγωγή αρχείων shapfiles ή CAD σχεδίων ή δεδομένων από το Openstreetmap.org, που σηματοδοτούν αυτά τα ίχνη και συνοδεύονται από τα ύψη των κτιρίων. Με την ολοκλήρωση της παραπάνω διαδικασίας, θα έχει δημιουργηθεί μια νέα πόλη ή

οποιοδήποτε τυπικό αστικό περιβάλλον, που περιλαμβάνει βασικά στοιχεία, όπως δρόμους, οικοδομικά τετράγωνα κ.τ.λ., αλλά μέχρι αυτό το σημείο αποτελεί απλή γεωγραφική πληροφορία σε δύο διαστάσεις. Προκειμένου να δοθεί η τρίτη διάσταση, πρέπει να δημιουργηθεί ο όγκος των κτιρίων και επομένως πρέπει να εφαρμοστεί ο κανόνας εξώθησης (extrude). Έτσι, επιλέγοντας μερικά ή όλα τα πολύγωνα, δίνεται η οδηγία στο CityEngine να αρχίσει να παράγει τα κτίρια. Χάρη στην τεχνολογία της κανονιστικής μοντελοποίησης, όλα τα κτίρια μπορούν να δημιουργηθούν έτσι, ώστε να διαφέρει το ένα από το άλλο και να επιτευχθεί η αστική αισθητική. Σε αυτό το σημείο, το αστικό μοντέλο μπορεί να επανασχεδιαστεί και να προσαρμοστεί με αλλαγή των παραμέτρων ή της γραμματικής σχήματος.



Εικόνα 65 : Τα στάδια δημιουργίας 3D μοντέλου πόλης στο CityEngine (πηγή : Esri.com, 2014)

Υπάρχουν τρεις τύποι μοτίβων που μπορεί ο χρήστης να επιλέξει κατά τη δημιουργία μιας πόλης με αυτόν τον τρόπο : οργανικό (organic), ψηφιακό (raster) και ακτινικό (radial). Η οργανική μέθοδος δημιουργεί δρόμους που έχουν το χαρακτηριστικό της παλιάς μεσαιωνικής πόλης και μοιάζουν με μικρές ομάδες που εξελίσσονται σε μια μεγαλύτερη πόλη. Η ακτινική μέθοδος στηρίζεται σε πόλεις όπως το Παρίσι, όπου η πόλη εξελίχθηκε γύρω από ένα κεντρικό σημείο. Αυτό είναι πολύ συνηθισμένο σε πόλεις που εξελίχθηκαν ως φρούριο, το οποίο περιβάλλεται από τείχος. Η ψηφιακή μέθοδος δημιουργεί μια πόλη από την αρχή, όπου παράλληλοι δρόμοι τη διασχίζουν και τέμνονται με γωνία περίπου 90°. Η Νέα Υόρκη είναι ένα αντιπροσωπευτικό παράδειγμα μιας τέτοιας πόλης. Ο χρήστης επιλέγει ένα από αυτά τα μοτίβα για δρόμους ή σσονος σημασίας, οι οποίοι περιβάλλουν τα πολύγωνα (lots) στα οποία θα σχεδιαστούν τα κτίρια. Τα πολύγωνα μπορούν στη συνέχεια να υποδιαιρεθούν αναδρομικά (recursive subdivision), σκελετικά (skeletal subdivision), με offset υποδιαίρεση ή να μην υποστούν υποδιαίρεση (no subdivision), ανάλογα με το στυλ που θέλει να επιτύχει ο χρήστης. Ο χρήστης μπορεί επίσης να χρησιμοποιήσει υψομετρικούς χάρτες και χάρτες με εμπόδια (obstacle maps) για να περιορίσει την πόλη. Η χρήση πληθυσμιακών δεδομένων είναι επίσης αποδεκτά για να επηρεάσουν τα σχέδια ανάπτυξης των δρόμων (Maren et.al., 2012, Parish et.al., 2001).

Σύμφωνα με τον Niels Lehmann, μέλος της ομάδας του CityEngine, «η μετατροπή των νόμων χωροταξίας σε 3D απεικονίσεις μέσω του CityEngine, θα αλλάξει δραστικά τον τρόπο που αντιλαμβάνεται και σχεδιάζει ο άνθρωπος το μελλοντικό βιώσιμο μέλλον του».

Με το CityEngine είναι δυνατός ο σχεδιασμός μιας έξυπνης πόλης. Βελτιώνει τον αστικό και αρχιτεκτονικό σχεδιασμό, χρησιμοποιώντας τη δύναμη της 3D απεικόνισης για να παρουσιάσει τις σχέσεις των έργων, να αξιολογήσει τη σκοπιμότητά τους και να παρουσιάσει την υλοποίησή τους. Έτσι, το CityEngine βοηθά να παρθούν οι κατάλληλες και οι πιο ποιοτικές αποφάσεις, που θα ωφελήσουν οποιαδήποτε περιοχή για δεκαετίες.

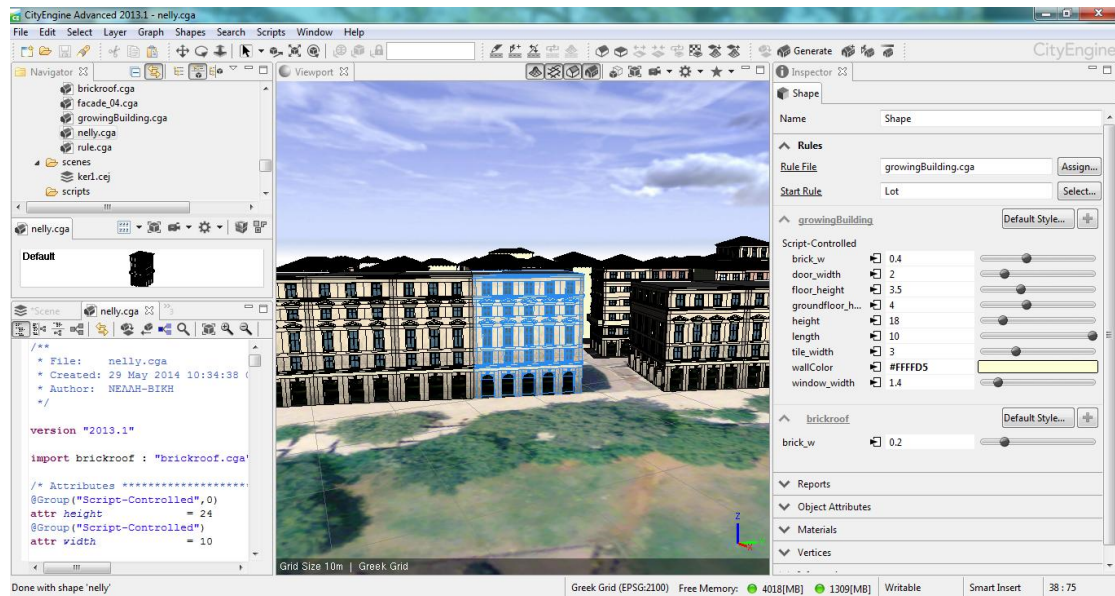
Το CityEngine δημιουργεί ευέλικτα σενάρια πιο γρήγορα από άλλα προγράμματα, συγκρίνοντας και αναλύοντας κάθε πρόταση σχετικά με τη δημιουργία κτιρίων από κάθε οπτική γωνιά. Ο χρήστης μπορεί να κάνει όσα σενάρια επιθυμεί και να τα τροποποιήσει, ακόμα και να δημιουργήσει σενάριο για μια ολόκληρη μελλοντική πόλη, εξοικονομώντας έτσι χρόνο και χρήμα. Το πρόγραμμα του δίνει τη δυνατότητα να δημιουργήσει ένα ρεαλιστικό πλαίσιο, δείχνοντάς του αν για παράδειγμα ένα προτεινόμενο κτίριο εμποδίζει τη θέα σε ένα άλλο, ή πού πέφτει η σκιά κάθε κτιρίου, ακόμα και το πώς αντανακλά τον ήλιο. Κάνοντας την εικονική 3D απεικόνιση όσο το δυνατό πιο ρεαλιστική-πραγματική στη φάση του σχεδιασμού, αποφεύγονται τα δαπανηρά λάθη στη φάση κατασκευής.

Το CityEngine δίνει τη δυνατότητα στους χρήστες να μοιραστούν διαδικτυακά το 3D αστικό μοντέλο τους και να το δημοσιεύσουν, δίνοντας έτσι την ευκαιρία σε άλλους χρήστες να το επεξεργαστούν και να το κατανοήσουν και πιθανόν να πάρουν χρήσιμες πληροφορίες για τη βελτίωση των δικών τους περιοχών.

Συμπερασματικά, η 3D προβολή δεδομένων GIS προσφέρει πολλές δυνατότητες δημιουργίας νέων και διορατικών τρόπων για την περιγραφή του κόσμου. Το CityEngine επιτρέπει την εφευρετική χρήση 3D σχημάτων, μοντέλων, χρωμάτων και υφών για την περιγραφή του πολύπλοκου κόσμου με ένα πιο φυσικό και οικείο τρόπο. Τα 3D αντικείμενα γίνονται άμεσα κατανοητά, γιατί χρησιμοποιούνται σύμβολα γνωστά και αναγνωρίσιμα και οι κανόνες στο CityEngine λαμβάνουν υπόψη τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα για να δημιουργήσουν διαφορετικά 3D σύμβολα.

## **6.2. Επιφάνεια του Χρήστη**

Η επιφάνεια εργασίας του χρήστη στο CityEngine (εικόνα 66) είναι πολύ καλά σχεδιασμένη και οργανωμένη και έχει σχεδιαστεί για χρήση σε μεγάλες ή πολλαπλές οθόνες. Το λογισμικό έχει πολλές προηγμένες λειτουργίες που τρέχουν και η επιφάνεια του χρήστη είναι σχετικά φιλική προς το χρήστη. Στην εικόνα 66 φαίνεται ένα στιγμιότυπο της κύριας επιφάνειας του χρήστη και πώς είναι τοποθετημένα τα διάφορα στοιχεία.



Εικόνα 66 : Η επιφάνεια εργασίας του χρήστη στο CityEngine

Στην επάνω αριστερή γωνία της επιφάνειας του χρήστη είναι ο πλοηγός (**navigator**), ο οποίος διαχειρίζεται τα αρχεία του CityEngine. Όταν δημιουργείται μια νέα εργασία στο CityEngine, δημιουργείται και ένας φάκελος, ο οποίος περιέχει μια συγκεκριμένη δομή φακέλων όπως ορίζεται από το πρόγραμμα. Συγκεκριμένα, οι φάκελοι αυτοί περιέχουν assets, data, images, maps, models, rules, scenes και scripts. Οι πιο σημαντικοί φάκελοι είναι ο φάκελος assets, ο φάκελος rules και ο φάκελος scenes. Ο πρώτος μπορεί να περιέχει όλα τα απαραίτητα δεδομένα για την «επένδυση» του αστικού περιβάλλοντος, δηλαδή τις υφές (τοίχοι, παράθυρα κ.τ.λ.), αλλά και έτοιμα 3D αντικείμενα, όπως δέντρα, άνθρωποι, αυτοκίνητα, αρχιτεκτονικά διακοσμητικά κτιρίων κ.τ.λ.. Ο φάκελος rules περιέχει όλους εκείνους τους CGA κανόνες, οι οποίοι χρειάζονται για τη δημιουργία του αστικού περιβάλλοντος, είναι ουσιαστικά ο αρχιτέκτονας της όλης διαδικασίας. Τέλος, ο φάκελος scenes περιέχει το συνολικό 3D περιβάλλον που έχει δημιουργηθεί σε κάθε σκηνή.

Κάτω από τον πλοηγό είναι το παράθυρο προεπισκόπησης (**preview window**), στο οποίο ο χρήστης μπορεί να δει όλους τους τύπους δεδομένων που μπορεί να διαβάσει το CityEngine, όπως 3D μοντέλα, αρχεία .obj, .jpeg, .tiff, .png και πολλά άλλα, όπως shapefiles, αρχεία γεωβάσεων της ESRI, Collada, Autodesk FBX, 3DS, RenderMan RIB, mental ray MI και e-on software's Vue, για την ανταλλαγή των 3D δεδομένων.

Κάτω από το παράθυρο προεπισκόπησης είναι ο επεξεργαστής της σκηνής (**scene editor**). Όταν ο χρήστης ανοίγει μια σκηνή εμφανίζονται τα διαφορετικά επίπεδα της 3D σκηνής στο παράθυρο του επεξεργαστή. Ο χρήστης μπορεί να πατήσει πάνω σε κάθε επίπεδο προκειμένου να αναδιπλωθούν και να εμφανιστούν όλα τα σχήματα και τα δίκτυα, αλλά και τα στατικά μοντέλα που αυτό εμπεριέχει.

Ο επεξεργαστής κανόνων (**rule editor**) εμφανίζεται ως διαφορετικό παράθυρο μέσα στο παράθυρο του επεξεργαστή της σκηνής. Είναι ένας απλός επεξεργαστής κείμενου για τη δημιουργία και τροποποίηση των CGA κανόνων, αλλά μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί και για την επεξεργασία αρχείων κείμενου, όπως .txt ή .mtl.

Ένα από τα πιο σημαντικά μέρη της επιφάνειας του χρήστη είναι το παράθυρο προβολής (**viewport**), το οποίο βρίσκεται στο μέσο της οθόνης. Εκεί ο χρήστης μπορεί να απεικονίσει και να επεξεργαστεί μέσω κανόνων, αλλά και χειρωνακτικά τα μοντέλα. Στο παράθυρο προβολής μπορούν να επιλεχθούν σχήματα προς επεξεργασία και να αποδοθούν οι CGA κανόνες. Επίσης, εκεί δημιουργούνται νέα σχήματα και αυτά που εισάγονται μπορούν να μετατραπούν σε στατικά μοντέλα για χειρωνακτική επεξεργασία. Το παράθυρο αυτό έχει ποικίλες προοπτικές θέασης και οι χρήστες μπορούν να καθορίσουν οπτικά εφέ. Το αρνητικό είναι ότι όσο αυξάνονται τα γραφικά, τόσο η ταχύτητα απόδοσης μειώνεται.

Το παράθυρο επιθεώρησης (**inspector tab group**) βρίσκεται στο πάνω δεξί άκρο της επιφάνειας του χρήστη και επιτρέπει στο χρήστη να συλλέξει πληροφορίες από επιλεγμένα σχήματα, όπως κορυφές, υλικά και άλλα, αλλά κυρίως δείχνει τις ιδιότητες του επιλεγμένου αντικείμενου και τους κανόνες που έχουν αποδοθεί σε αυτό. Επίσης, χρησιμοποιείται για να αποδοθούν οι CGA κανόνες στα σχήματα.

### 6.3. Façade Wizard

Το CityEngine διαθέτει ένα βελτιωμένο διαδραστικό εργαλείο για την ταχεία δημιουργία 3D προσώπων με υφές. Το εργαλείο αυτό λέγεται Façade Wizard και εξάγει κωδικούς CGA, οι οποίοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο CityEngine, όπως και κάθε άλλο κομμάτι του κώδικα CGA. Προς το παρόν, ο χρήστης δεν μπορεί να εισάγει μία πρόσοψη με τους αντίστοιχους κανόνες, αλλά οι κανόνες CGA που έχουν δημιουργηθεί μπορούν εύκολα να τροποποιηθούν, χρησιμοποιώντας τον CGA επεξεργαστή γραφικών ή κείμενου.

Είναι ένα εύχρηστο εργαλείο που επιτρέπει στο χρήστη να δημιουργήσει σύνθετα πρότυπα CGA κανόνων και το μεγάλο πλεονέκτημα είναι ότι δε χρειάζεται ο χρήστης να γράψει τον κώδικα, αλλά παράγεται αυτόματα στο «background» του CityEngine. Ιδιαίτερα πολύπλοκες δομές μπορούν να παραχθούν πολύ αποτελεσματικά και εύκολα.

Η ομορφιά της διαδικασίας είναι ότι οι νέοι κανόνες CGA έχουν τέτοιο αποτέλεσμα, το οποίο μπορεί να προσαρμοστεί σε οποιαδήποτε δεδομένη γεωμετρική πρόσοψη.

Στην εικόνα 67 φαίνεται ένα παράδειγμα μιας πρόσοψης και το παραγόμενο μοντέλο, μετά την εφαρμογή των κανόνων σε προσόψεις κτιρίου διαφορετικών μεγεθών. Ο αριθμός των παραθύρων προσαρμόζεται ανάλογα με το μέγεθος της πρόσοψης.

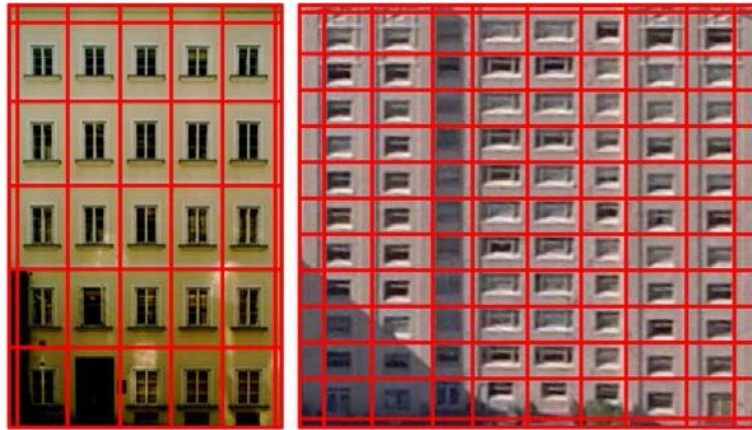


Εικόνα 67 : Προσαρμόσιμο πρότυπο πρόσοψης (πηγή : esri.com, 2014)

Η λειτουργία *façade wizard* είναι ουσιαστικά ένας τρόπος μοντελοποίησης προσόψεων βάσει εικόνων. Συγκεκριμένα, εφαρμόζονται «κοψίματα» στην ορθοανηγμένη εικόνα πρόσοψης, τα οποία μεταφράζονται σε CGA κανόνες αυτόματα από το πρόγραμμα. Οι εικόνες που εισάγονται μπορεί να είναι είτε επίγειες, είτε αεροφωτογραφίες και πρέπει να διορθωθούν, ώστε να αποδοθεί το βέλτιστο 3D μοντέλο. Το CityEngine διαθέτει δικό του εργαλείο αυτόματης διόρθωσης.

Η διαδικασία μετατροπής μιας εικόνας προσόψεως σε 3D μοντέλο με υφές αποτελείται από τέσσερα στάδια. Αρχικά, γίνεται ανίχνευση της δομής της πρόσοψης και η ανάλογη κατάτμηση αυτής, δηλαδή, η αρχική εικόνα που εισάγεται διαιρείται σε ορόφους και πλάκες (εικόνα 68).

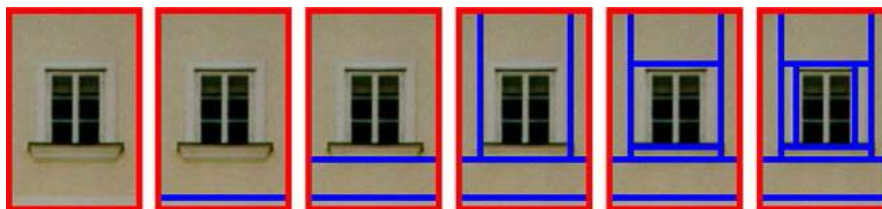




Εικόνα 68 : Κατάτμηση της πρόσοψης σε ορόφους και πλάκες (πηγή : Müller, 2007)

Κατά το δεύτερο στάδιο γίνεται εντοπισμός συμμετρίας, εντοπίζονται δηλαδή παρόμοιοι όροφοι και πλάκες στην εικόνα. Ο αλγόριθμος αναζητά συμμετρία πρώτα στην κάθετη διεύθυνση και μετά στην οριζόντια. Συνήθως, στην οριζόντια διεύθυνση, οι όροφοι παρουσιάζουν μια επαναλαμβανόμενη ακολουθία πλακών και μοτίβων. Πραγματοποιείται μια διαδικασία υπολογισμού της ομοιότητας για όλες τις θέσεις  $x$ ,  $y$  και τελικά αποδίδεται η καλύτερη τιμή συμμετρίας για όλες τις οριζόντιες γραμμές της εικόνας και η τιμή  $h$ , η οποία δείχνει το ύψος που υπάρχει η καλύτερη τιμή συμμετρίας.

Στο τρίτο στάδιο γίνεται κατάτμηση των πλακών, αλλά σε μικρότερες περιοχές, με έναν αλγόριθμο, ο οποίος επιλέγει σταδιακά την καλύτερη γραμμή διάσπασης στην περιοχή που ενδιαφέρει το χρήστη (εικόνα 69). Στη συνέχεια, αυτός ο τρόπος διάσπασης πρέπει να εφαρμοστεί συνολικά στην εικόνα.



Εικόνα 69 : Σταδιακή κατάτμηση των πλακών με τις μπλε γραμμές (πηγή : Müller, 2007)

Τέλος, γίνεται η επεξεργασία και η εξαγωγή του κανόνα. Η πρόσοψη που προκύπτει δεν περιλαμβάνει πληροφορία βάθους και έτσι ο χρήστης μπορεί να επιλέξει ομάδες στοιχείων και να προσαρμόσει διαδραστικά το βάθος. Στη συνέχεια, η κατάτμηση που έχει υπολογισθεί, μετατρέπεται σε κανόνες γραμματικής σχήματος, οι οποίοι περιλαμβάνουν την ιεραρχική πληροφορία και τις σωστές διαστάσεις. Όταν δημιουργηθεί ένα πλήρες σύνολο με κανόνες, που περιγράφει την κατακερματισμένη πρόσοψη, μπορούν να εφαρμοστούν οι κανόνες σε προσόψεις διαφορετικών μεγεθών, αλλά και μέρος των κανόνων να χρησιμοποιηθεί σε σχέδια άλλων κτιρίων.

## 6.4. Αδυναμίες του CityEngine

Το CityEngine έχει πολλά χαρακτηριστικά που πρέπει να εξελιχθούν περαιτέρω, ώστε το λογισμικό να αξιοποιεί πλήρως τις δυνατότητές του. Ένα μεγάλο θέμα με το πρόγραμμα είναι το πώς διαχειρίζεται τόξα και κύκλους, καθώς δεν είναι συμβατό με τον τρόπο που τα χειρίζεται η γεωβάση. Η ιδέα πίσω από το CityEngine, είναι ότι ο χρήστης μπορεί να εισάγει τα υπάρχοντα 2D δεδομένα σε αυτό και να δημιουργήσει πόλεις. Σε πολλές περιπτώσεις, οι πιο πρόσφατες βάσεις γεωγραφικών δεδομένων (geodatabases) περιέχουν αντικείμενα που αποτελούνται από τόξα, τα οποία με τη σειρά τους παράγονται μόνο από τα τελικά σημεία (endpoints). Το CityEngine ωστόσο δεν έχει αυτή τη λειτουργία και όταν μια τέτοια καμπύλη εισάγεται, προστίθενται πολλά σημεία πάνω στην καμπύλη σε πολύ μικρές μεταξύ τους αποστάσεις, ώστε να προκύψει μια ικανοποιητική καμπύλη, αλλά αυτό είναι εξαιρετικά χρονοβόρο.

Ένα άλλο πρόβλημα σχετικά με τα σχήματα, είναι ότι δεν υπάρχει εργαλείο για τη δημιουργία κυκλικών σχημάτων στον επεξεργαστή. Όπως συμβαίνει και με τα τόξα, αν θέλει για παράδειγμα ο χρήστης να προσθέσει ένα αποτύπωμα κολώνας, για την εξώθησή της πρέπει να σχεδιάσει με ευθείες γραμμές ένα «σφιχτό» σχηματισμό, έως ότου να μοιάσει με κύκλο. Στη χειροκίνητη επεξεργασία λείπουν, επίσης, άλλα βασικά συστατικά, όπως ένα εργαλείο για την εξακρίβωση των διαστάσεων των σχεδίων. Το snapping (σύνδεση σημείων) γίνεται αυτόματα κατά την επεξεργασία με το χέρι, αλλά θα έπρεπε να είναι επιλογή, όπως συμβαίνει και στο ArcGIS, δεδομένου ότι στο CityEngine δεν είναι ακόμη δυνατό να δημιουργηθούν τόξα και τα σημεία που απαιτούνται πρέπει να είναι σε αυστηρά κοντινή διάταξη. Επίσης, δεν υπάρχει πλήρης υποστήριξη για όλα τα προβλεπόμενα συστήματα συντεταγμένων, για τη συγκεκριμένη, όμως, εργασία δεν παρουσιάστηκε πρόβλημα.

Το CityEngine έχει, επίσης, ένα ελάττωμα σε σχέση με την τοπολογία του. Συγκεκριμένα, όταν εισάγονται πολύγωνα που περιέχουν "τρύπες" (έλλειψη πληροφορίας), το λογισμικό "γεμίζει" αυτόματα τις τρύπες αυτές. Αυτό μπορεί να δημιουργήσει σοβαρό πρόβλημα κατά τη χρήση του CityEngine και ειδικά στον καθορισμό των υφών του εδάφους πάνω σε αντικείμενα, όπως δρόμοι και πεζοδρόμια, αφού το λογισμικό δεν υποστηρίζει την υπέρθεση επιπέδων (layers). Η λύση σε αυτό το πρόβλημα είναι να κοπούν όλα τα πολύγωνα που περιέχουν τρύπες σε δύο ή περισσότερα τμήματα. Αυτή είναι, όμως, μια διαδικασία πολύ χρονοβόρα και το κυριότερο είναι ότι θα μπορούσε να χαλάσει τα δεδομένα. Το CityEngine θα έπρεπε, λοιπόν, να επωφεληθεί από τη σωστή διάταξη σε θεματικά επίπεδα (layers), όπως συνηθίζεται στα λογισμικά των GIS. Εάν ένα επίπεδο τοποθετείται πάνω σε ένα άλλο, αρχίζει η ανάμειξη και το αποτέλεσμα είναι θολές διπλές υφές.

Ένα από τα κρίσιμα ζητήματα που αφορούν στο CityEngine, είναι η τεχνολογία αιχμής των 3D GIS και αυτός είναι ο τρόπος που το CityEngine εξάγει σήμερα τα δεδομένα σε ένα αρχείο γεωβάσης. Δεν υπάρχουν προφανείς λύσεις σε αυτό, αλλά το πρόβλημα είναι ότι τα δεδομένα εξάγονται σε μια νέα γεωβάση και δεν μπορούν να προστεθούν σε μια υπάρχουσα, παρά μόνο μέσω του ArcCatalog σε επόμενο βήμα. Υπάρχουν κάποια ενδιαφέροντα θέματα που αφορούν στις ιδιότητες, μετά την εξαγωγή του

μοντέλου. Πρώτον, το CityEngine εξάγει τα δεδομένα ως επίπεδα που μπορούν να προβληθούν σε όλα τα ArcGIS προγράμματα, αλλά δεν μπορούν να επεξεργαστούν περαιτέρω. Αυτό είναι κατανοητό, δεδομένου ότι σχετίζεται με το μοντέλο δεδομένων, το οποίο είναι ατελές, αλλά θέτει το ερώτημα του πώς θα υλοποιηθεί ο στόχος του CityEngine σε ένα λογισμικό GIS. Θα συνεχίσει να είναι ένα αυτόνομο προϊόν ή οι λειτουργίες του θα συγχωνευθούν με ένα πρόγραμμα, όπως το ArcScene; Τα μοντέλα εξάγονται ως τύπος multipatch<sup>3</sup>, που επιτρέπει τριγωνικά πλέγματα και κύκλους με υφή, και τα αποτελέσματα φαίνονται αρκετά καλά στο ArcScene. Ωστόσο, δεν είναι δυνατή η επεξεργασία των θεματικών επιπέδων στις παραδοσιακές σουίτες λογισμικού ArcMap και αυτό γίνεται κατανοητό, αν ληφθεί υπόψη ότι το μοντέλο δεδομένων είναι ατελές.

Τέλος, το λογισμικό θα έπρεπε να έχει μια βιβλιοθήκη χαρτών και αντικειμένων, για παράδειγμα παγκάκια, φώτα, δέντρα κ.τ.λ.. Αυτά τα αντικείμενα μπορούν να εξαχθούν από τα διάφορα διαδικτυακά βοηθήματα (tutorials), αλλά θα πρέπει να διατίθεται σε μεγάλο βαθμό από το ίδιο το πρόγραμμα, με τον ίδιο τρόπο που είναι διαθέσιμες οι υφές και οι ετικέτες επισήμανσης στο ArcGIS.

## 6.5. Πλεονεκτήματα του CityEngine

Το CityEngine είναι ένα ισχυρό λογισμικό για την παραγωγή ρεαλιστικών 3D μοντέλων πόλης και τοπίων από 2D δεδομένα ΣΓΠ, όπως shapefiles και γεωβάσεις. Η δημιουργία των μοντέλων γίνεται με ταχύτητα και ειδικά αν ο χρήστης δουλεύει με περιγράμματα κτιρίων, των οποίων τα ύψη περιέχονται σε έναν πίνακα ιδιοτήτων, ένα χαμηλής λεπτομέρειας μοντέλο μεγαλούπολης μπορεί να γίνει μέσα σε λίγα λεπτά. Ένα τέτοιο μοντέλο θα μπορούσε, για παράδειγμα να χρησιμοποιηθεί άμεσα για ανάλυση της γραμμής του ορίζοντα (skyline). Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να επιλέξει σε ποια τμήματα της πόλης επιθυμεί να προσθέσει επιπλέον πληροφορία, είτε χειρωνακτικά χρησιμοποιώντας τα εργαλεία επεξεργασίας, είτε μεταβάλλοντας τον CGA κανόνα.

Η κανονιστική μοντελοποίηση με CGA γραμματικές σχήματος χρειάζεται μικρή γνώση προγραμματισμού και είναι ένα καλό σημείο εκκίνησης για όσους χειρίζονται ΣΓΠ, οι οποίοι όλο και περισσότερο αναγκάζονται να μάθουν

---

<sup>3</sup> Η MultiPatch γεωμετρία είναι ένας ειδικός τύπος shapefile, που διευκολύνει την απεικόνιση ενός 3D αντικείμενου με μία προσέγγιση πολυέδρου. Αυτός ο τύπος shapefile κτίζεται πάνω στα OpenGL 3D θεμελιώδη στοιχεία των τριγώνων και αποθηκεύει χαρακτηριστικά σαν πραγματική 3D γεωμετρία σε μια προσωπική γεωβάση (ESRI, 1998). Γνωρίζοντας τις X, Y, Z συντεταγμένες του χώρου του πραγματικού κόσμου, το MultiPatch μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να απεικονίσει ο,τιδήποτε, από απλά σε σύνθετα αντικείμενα, συμπεριλαμβανόμενων σφαιρών, κύβων, κτηρίων κ.τ.λ.. Ουσιαστικά, είναι ένα παραδοσιακό 3D αντικείμενο κατασκευασμένο από τρίγωνα, κύκλους και τόξα, τα οποία είναι συνδεδεμένα μέσα στη γεωβάση, συνεπώς το 3D αντικείμενο εμφανίζεται σαν μεμονωμένο αντικείμενο στον πίνακα ιδιοτήτων. Θεωρητικά, αυτό είναι ένα στερεό 3D αντικείμενο, αλλά δυστυχώς δεν έχει αναπτυχθεί τοπολογία ακόμα για αυτό στην τωρινή έκδοση του ArcGIS.

Μια εγγραφή σε MultiPatch κλάση χαρακτηριστικών σε μια γεωβάση δε διαφέρει από μία εγγραφή σε ένα κλασικό shapefile. Δηλαδή, για ένα 3D χαρακτηριστικό θα υπάρξει ένα μόνο πεδίο γεωμετρίας στον πίνακα. Αυτό καθιστά δυνατή την αποθήκευση πολύπλοκων 3D χαρακτηριστικών, που αποτελούνται από πολλαπλά πεδία γεωμετρίας ως ενιαία εγγραφή.

γλώσσες προγραμματισμού. Η δυνατότητα καθορισμού των όρων δόμησης μέσω παραμέτρων και τροποποίησής τους στον πλοηγό (navigator), έχει ως αποτέλεσμα την άμεση θέαση του παραγόμενου προϊόντος και είναι ένας έξυπνος τρόπος δημιουργίας εικονικής αναπαράστασης μέσω προγραμματισμού.

Η επιφάνεια εργασίας του χρήστη είναι πολύ καλά οργανωμένη και εύχρηστη και έχει πολλούς καλούς επεξεργαστές, όπως το facade wizard, που επιτρέπει την οπτική επεξεργασία μιας πρόσοψης και τη δημιουργία κανόνων, οι οποίοι εφαρμόζονται στις προσόψεις. Υπάρχει επίσης ένα χαρακτηριστικό του CityEngine, που λέγεται crop image tool και το οποίο, αν και δε χρησιμοποιείται στην παραγωγή των δρόμων, είναι ένας βολικός τρόπος για να επεξεργαστεί ο χρήστης την υφή και τις εικόνες της πρόσοψης, χωρίς να χρειάζεται να μεταβεί σε άλλο ειδικό λογισμικό επεξεργασίας εικόνας. Επίσης, το CityEngine είναι πολύ χρήσιμο για την παραγωγή εσωτερικών τοίχων, κρασπέδων, κάγκελων και άλλων μικρότερων λεπτομερειών του μοντέλου. Αυτή είναι μια ιδιότητα που θα βελτιωθεί σε μελλοντικές εκδόσεις .

## **7. 3D ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΤΗΣ ΠΑΛΙΑΣ ΠΟΛΗΣ ΤΗΣ ΚΕΡΚΥΡΑΣ ΜΕ ΤΟ CITYENGINE**

Στο κεφάλαιο αυτό, αφού γίνει αρχικά μια σύντομη περιγραφή της περιοχής μελέτης, θα παρουσιαστούν αναλυτικά οι κανόνες CGA που συντάχθηκαν, με σκοπό τη δημιουργία 3D χαρακτηριστικών κτιρίων της Παλιάς Πόλης της Κέρκυρας στο λογισμικό CityEngine. Οι κανόνες αυτοί θα εφαρμοστούν σε ψηφιοποιημένα γεωτεμάχια, σε ορθοφωτογραφίες πολύ μεγάλης κλίμακας της περιοχής αυτής και θα αξιολογηθεί κατά πόσο η μέθοδος της κανονιστικής μοντελοποίησης, και κατ' επέκταση το CityEngine, μπορεί να εξυπηρετήσει την 3D οπτικοποίηση στα πλαίσια ενός 3D κτηματολογικού συστήματος.

### **7.1. Περιγραφή της Περιοχής Μελέτης**

Ο νομός Κερκύρας βρίσκεται στο βορειοδυτικό τμήμα της Ελλάδας και ανήκει στην περιφέρεια των Ιονίων Νήσων. Είναι ένα νησιωτικό σύμπλεγμα, που απαρτίζεται από τα νησιά Κέρκυρα, Παξοί, Αντίπαξοι, Οθωνοί, Ερείκουσσα και Μαθράκι. Η συνολική έκταση του νομού είναι 641 km<sup>2</sup> και ο πληθυσμός του είναι περίπου 104.371 κάτοικοι σύμφωνα με την απογραφή του 2011. Στην πόλη της Κέρκυρας ζουν 24.838 κάτοικοι, από τους οποίους οι 7.200 ζουν στα όρια της Παλιάς Πόλης. Πρωτεύουσα του νομού Κερκύρας και της περιφέρειας Ιονίων Νήσων είναι η πόλη της Κέρκυρας. Βρίσκεται στο κέντρο του νησιού και συγκεκριμένα στην ανατολική ακτή. Κύριο χαρακτηριστικό της πόλης είναι το έντονο βενετσιάνικο στοιχείο συνοδευόμενο από αγγλικές και γαλλικές επιρροές.

Το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό της πόλης είναι ότι χωρίζεται στην παλιά και στη νέα πόλη. Η Παλιά Πόλη θυμίζει περασμένες εποχές· οι ευρωπαϊκές επιδράσεις είναι ορατές παντού και συνυπάρχουν αρμονικά μεταξύ τους, χαρίζοντας στην πόλη το ιδιαίτερο χρώμα της. Το νέο φρούριο και λίγο μακρύτερα το παλαιό είναι από τα πιο χαρακτηριστικά σημεία της πόλης. Είναι και τα δύο ενετικά κτίσματα, ανάμεσα στο οποία είναι χτισμένη η Παλιά Πόλη, η οποία περιβαλλόταν από τα τείχη για προστασία από τις εισβολές των πειρατών. Στις μέρες μας, σώζονται μόνο κάποια τμήματα εκείνων των τειχών. Η Παλιά Πόλη χαρακτηρίζεται από τα γραφικά καντούνια, τα οποία είναι στενά δρομάκια ανάμεσα στα κτίρια και θυμίζουν έντονα εικόνες ιταλικού νότου. Η παλαιότερη συνοικία της πόλης ονομάζεται Καμπιέλλο και μοιάζει με μια συνοικία της Βενετίας με το ίδιο όνομα. Η παλιά πόλη της Κέρκυρας ανακηρύχθηκε μνημείο παγκόσμιας κληρονομιάς από την UNESCO το 2007.

Η παλιά πόλη της Κέρκυρας αποτελεί τη μοναδική αυτού του μεγέθους ελληνική ιστορική πόλη που διατηρείται βασικά αναλλοίωτη μέχρι σήμερα. Οι πολιτιστικές αξίες του μνημειακού χώρου της Κέρκυρας έχουν αναγνωριστεί σε ελληνικό επίπεδο και προστατεύονται μετά την με αρ. Υ.Α. Β1/Φ33/29925/828/27-5-80/ΦΕΚ 512/Β/4-6-80 κήρυξη της παλιάς πόλης της Κέρκυρας από το Υπουργείο Πολιτισμού, ως «ιστορικό διατηρητέο Μνημείο», όπου εφαρμόζεται μια θεσμοθετημένη πολιτική προστασίας. Το 2006 η Παλιά Πόλη της Κέρκυρας προτάθηκε από το Υπουργείο Πολιτισμού για ένταξη στον κατάλογο Μνημείων Παγκόσμιας Κληρονομιάς της UNESCO. Η επιδιωκόμενη ένταξη στον κατάλογο Μνημείων Παγκόσμιας Κληρονομιάς θα προσδώσει μια

διεθνή αναγνώριση στις πολιτιστικές αξίες της πόλης και θα συγκεντρώσει ένα διευρυμένο, οικουμενικό πλέον ενδιαφέρον για το μνημείο.

Η δόμηση της Παλιάς Πόλης, που είναι πυκνή και πολυώροφη, αλλά και η μορφολογία των κτιρίων, συνθέτουν μία μοναδική ενότητα με διεθνή αξία και με ιδιαίτερη σημασία για την ιστορία της αρχιτεκτονικής, της πολεοδομίας και των καλών τεχνών. Τα κτίρια της Ενετικής περιόδου, είτε πρόκειται για δημόσια κτίρια και εκκλησίες, είτε για αρχοντικές κατοικίες, αποτελούν σήμερα ένα σπάνιο δείγμα αρχιτεκτονικής, που ενώ αναπτύχθηκε σε ελληνικό χώρο είχε άμεση εξάρτηση από τα ξένα σύγχρονά της πρότυπα, αντιπροσωπεύοντας την ελληνική συμμετοχή στα κινήματα του δυτικού πνεύματος (Αναγέννησης, Μπαρόκ). Παράλληλα, η Κέρκυρα όντας από τους λίγους χώρους του ελληνισμού στους οποίους ο πολιτισμός εξελίχθηκε ομαλά και δεν διακόπηκε βίαια, αποτελεί μοναδικό διατηρημένο παράδειγμα ομαλής μετάβασης στον νεοκλασικισμό, που, όπως και στην δύση, ακολούθησε ως φυσική συνέχεια των προηγούμενων μορφών, δένοντας με αυτές με μοναδική ομοιογένεια. Εκτός από το μορφολογικό ενδιαφέρον της, η Κέρκυρα είναι σημαντική και για την μελέτη της εξέλιξης της αστικής πολυκατοικίας, αφού είναι η πρώτη ελληνική πόλη στην οποία εμφανίζεται ο θεσμός της οριζόντιας ιδιοκτησίας. Τα σχέδια και τα έγγραφα, που είναι σχετικά κυρίως με την αστική αρχιτεκτονική κατά τον 19ο αιώνα, αλλά και για δημόσια ή ιδιωτικά έργα της ενετικής περιόδου, σώζονται σήμερα στο Ιστορικό της Αρχείο.

### **7.1.1. Αρχιτεκτονική**

Η κερκυραϊκή αρχιτεκτονική παράδοση, που βασίστηκε αρχικά, λόγω των ιστορικών συνθηκών, στα στοιχεία της ιταλικής αναγέννησης και του μπαρόκ, πέρασε στη συνέχεια ομαλά στον κλασικισμό στην πιο πρώιμη έκφρασή του, με μορφές ενταγμένες στα ευρωπαϊκά ακαδημαϊκά πρότυπα, έτσι ώστε να διαμορφωθεί τελικά ένα σύνολο αστικό αρμονικό, εξαιρετικής σημασίας, που ελάχιστα μεταβλήθηκε από τη δεισδουση αθηναϊκών ή άλλων επιδράσεων μετά την ένωση των Επτανήσων με την Ελλάδα (1864) και που διατηρείται ακόμα σε σημαντικό βαθμό αναλλοίωτο (Μπιρμπίλη, 2002). Ο πολεοδομικός ιστός της Κέρκυρας είχε διαμορφωθεί πλήρως στα χρόνια της ενετοκρατίας (1214). Οι περίοδοι γαλλικής και αγγλικής κατοχής είχαν ελάχιστες επιπτώσεις σε αυτόν, άφησαν όμως σε σημαντικό βαθμό τη σφραγίδα τους στον αρχιτεκτονικό χαρακτήρα της πόλης.

Η σφραγίδα της αγγλικής περιόδου (1818- 1864) πολύ πιο έντονη απλώνεται σε όλη την πόλη. Χτίστηκε τότε πλήθος κτιρίων, απλών και επίσημων (ενδεικτικών και του επιπέδου της οικονομικής και της γενικότερης ανάπτυξης της) από προικισμένους μηχανικούς, που εγκλιμάτισαν και το ρεύμα του κλασικισμού στο χώρο, δίνοντας νέο χρώμα στην πρωτεύουσα των Επτανήσων. Τα σημαντικότερα έργα των αρχών της περιόδου οφείλονται σε ξένους τεχνικούς. Από το 1830 όμως περίπου, μια σειρά Ελλήνων μηχανικών παίρνει στα χέρια της και την επίσημη αρχιτεκτονική, επανδρώνοντας παράλληλα και την τεχνική υπηρεσία. Οι βασικότερες επεμβάσεις των Άγγλων, που είχαν κάποιες επιπτώσεις στην πολεοδομική εξέλιξη της πόλης, σχετίζονται με το αμυντικό της σύστημα.

Οι οικοδομικές άδειες του Ιονίου Κράτους προσφέρουν γενικά λίγες πληροφορίες για την τυπολογία των κτιρίων. Οι κατόψεις, όταν υπάρχουν, δείχνουν στα περισσότερα παραδείγματα (και σε εφαρμογή του νόμου του 1819) μόνο τους περιμετρικούς τοίχους με τα ανοίγματά τους, όπως επίσης και τις θέσεις της εστίας και της αποχέτευσης. Έτσι, τα στοιχεία που μπορεί να προκύψουν είναι η θέση της κουζίνας και εφόσον σημειώνονται περισσότερες από μία εστίες, αν πρόκειται για περισσότερα από ένα διαμερίσματα ανά όροφο. Υπάρχει, όμως, και ένα μικρό ποσοστό μεταξύ των αδειών, στο οποίο φαίνονται και τα εσωτερικά χωρίσματα ή τουλάχιστον η θέση του κλιμακοστασίου και που αποτελεί μια σημαντική αυθεντική πηγή για την τεκμηρίωση της διάρθρωσης των κατοικιών.

Οι κατοικίες της Παλιάς Πόλης που χτίστηκαν κατά την Αγγλοκρατία ανήκουν σε σημαντικό ποσοστό στον τύπο της πολυκατοικίας και είναι κυρίως μεγαλύτερου ύψους από αυτές της ενετοκρατίας, για να καλύψουν τις νέες ανάγκες στέγασης, οι οποίες αντιμετωπίστηκαν και με προσθήκες 1,2 ή ακόμα και 3 ορόφων στις περισσότερες από τις παλιές οικοδομές. Υπάρχουν επίσης και αξιόλογα πολυώροφα μέγαρα ή μεγαλοαστικά κτίρια παλιών ευγενών ή εύπορων αστών, όπως και μονώροφα και διάφορα κτίρια απλής μορφής.

Οι πολυκατοικίες (μεσοαστικές, λαϊκές), που αποτελούν μεγάλο ποσοστό των κτισμάτων της αγγλοκρατίας κατοικούνταν από οικογένειες με μεσαία ή χαμηλότερα εισοδήματα. Είναι κτίρια μεγαλύτερης ή μικρότερης επιφάνειας, με τρεις έως πέντε ορόφους και σπάνια έξι, με ένα συνήθως διαμέρισμα ανά όροφο και με ύψος ορόφου από 2,5 έως 3 μέτρα. Σε πολύ μικρά οικόπεδα μπορεί ένα διαμέρισμα να εκτείνεται σε δύο ορόφους, με πρόσβαση όμως πάντοτε από το μοναδικό κοινό κλιμακοστάσιο, στοιχείο που δείχνει, ότι αυτού του τύπου οι κατοικίες πρέπει μάλλον να ανήκαν σε συγγενικά πρόσωπα. Αξίζει να σημειωθεί, ότι δεν υπάρχουν υπόγεια στις πολυκατοικίες λόγω βραχώδους εδάφους και υγρασίας.

Τα κτίρια της αγγλοκρατίας ακολούθησαν, όπως ήταν επόμενο, το ήδη υπάρχον συνεχές σύστημα δόμησης, με οικόπεδα τετράπλευρου συνήθως σχήματος που τείνει προς ορθογώνιο και με ποσοστό κάλυψης σε ορισμένες περιπτώσεις 100%. Εκτός από ένα μικρό αριθμό που κατασκευάστηκε σε θέση που δεν υπήρχαν προηγουμένως οικοδομές, οι νέες οικοδομές χτίστηκαν στη θέση προϋπαρχόντων, σε ένα είδος «ανακύκλωσης» του αστικού εδάφους. Σε ένα ποσοστό, σε κεντρικές κυρίως θέσεις, διαπιστώνεται αύξηση του εμβαδού σε σχέση με την προηγούμενη περίοδο, που δημιουργείται κυρίως με ένωση δύο ή περισσότερων οικοπέδων, με κατάληψη της υπάρχουσας αυλής κ.τ.λ.. Διατηρήθηκαν βέβαια, παρά την τάση για κατάληψη κάθε ελεύθερης επιφάνειας, λίγοι και μικρού μεγέθους ακάλυπτοι χώροι ή κήποι στο πίσω συνήθως μέρος ή στενές αυλές στο πλάι των κτιρίων, όπως επίσης και οι «κανιζέλες» για τον αερισμό των πίσω δωματίων σε μη διαμπερή οικόπεδα.

Οργανωμένη δόμηση μεγάλης έκτασης δεν εμφανίζεται στην πόλη, προερχόμενη είτε από κρατική, είτε από ιδιωτική πρωτοβουλία με κατεδαφίσεις και ανακατασκευές, εκτός από μία περίπτωση σε μία μικρή σειρά κατασκευών. Διαπιστώνεται οπωσδήποτε μια προσπάθεια

διαμόρφωσης ομοιόμορφων διατάξεων, κυρίως σε κεντρικές θέσεις, που όμως αφορά μόνο στις όψεις των κτιρίων.

Από άποψη ιδιοκτησίας, από την απογραφή των ετών 1828-1831 φαίνεται ότι υπήρχαν αρκετοί ιδιοκτήτες δύο ή τριών ακινήτων, αλλά και ορισμένοι μεγαλοϊδιοκτήτες με 15- 20 ή και περισσότερα ακίνητα. Επίσης, εμφανίζονται ιδιοκτήτες μέρους κτιρίου (1/2 ή 1/3 κ.τ.λ.) ή πιο σπάνια ενός διαμερίσματος.

Όσον αφορά στη διάταξη του εσωτερικού χώρου, στις μεγαλύτερες και πλουσιότερες κατασκευές (μέγαρα και πολυκατοικίες) που φέρουν τη σφραγίδα ενός μελετητή μηχανικού, προφανώς υπάρχει διαφορά στην αντιμετώπιση της αρχιτεκτονικής σύνθεσης, τόσο μορφολογικά, όσο και λειτουργικά. Γίνεται προσπάθεια για ορθολογική κατανομή των χώρων, συμμετρία, όπου τουλάχιστον υπάρχει αυτή η δυνατότητα, αλλά και ευελιξία, όπως επίσης και ανέσεις και βελτίωση συνθηκών υγιεινής. Επίσης, στις πιο προσεγγμένες οικοδομές συναντώνται τζάκια για θέρμανση, που γενικά ήταν σπάνια σε παλιότερες περιόδους, αλλά και χρήση πολυτελών υλικών στα δάπεδα, στα εσωτερικά θυρώματα κ.τ.λ., όπως και ζωγραφικών διακοσμήσεων στην ανώτερη ζώνη των τοίχων και στις οροφές.

Τα παραδείγματα των σχεδίων των οικοδομικών αδειών που δείχνουν των εσωτερική διάρθρωση αφορούν σε μικρού εμβαδού κατοικίες με ένα διαμέρισμα ανά όροφο και περιλαμβάνουν στο μεγαλύτερο ποσοστό κατοικίες με ένα χώρο ή και με δύο. Γενικά η επικοινωνία γίνεται από το ένα δωμάτιο στο άλλο χωρίς να υπάρχει συνήθως διάδρομος και ο χώρος της εισόδου είναι ελάχιστος στα περισσότερα παραδείγματα.

Μορφολογικά, οι όψεις των κατοικιών ακολουθούν τα χαρακτηριστικά του κλασικισμού, με λιτότητα και χωρίς έμφαση στη χρήση διακόσμου και με στοιχεία κυρίως αναγεννησιακά (τόξα κ.τ.λ.). Ο κλασικισμός της Κέρκυρας, που αποτέλεσε την πιο πρώιμη έκφραση του στυλ στον ελληνικό χώρο, ήρθε ως αποτέλεσμα μιας συνεχούς εξέλιξης με ομαλή μετάπτωση από το ένα ρυθμικό σύστημα στο επόμενο και πηγάζει –λόγω των ιστορικών συγκυριών– από τον αγγλικό παλλαδιανισμό και τον ιταλικό κλασικισμό. Έλληνες και ξένοι αρχιτέκτονες ή στρατιωτικοί μηχανικοί είναι φορείς αυτής της ιστορικής μορφολογίας, διαμορφώνοντας μια αρχιτεκτονική ενιαίου ύφους και με σημαντική διαφοροποίηση από τα άλλα ελληνικά κέντρα, τα οποία παίρνουν την κατεύθυνσή τους από την Αθήνα (Μπιρμπίλη, 2002).

Γενικά η χρήση ρυθμών στην οργάνωση των όψεων των κατοικιών είναι διακριτική ή ελάχιστη, ενώ είναι βασική για την οργάνωση των συνθέσεων των επίσημων κτιρίων. Τα ρυθμολογικά στοιχεία (σχεδόν πάντα τοσκανικά στις κατοικίες) χρησιμοποιούνται βασικά σε παραστάδες, πεσσούς και γείσα (θυρωμάτων, επιστέψεων, τοξοστοιχιών, γωνιών ή και των ορίων του κεντρικού τμήματος των κτιρίων, όταν προέχει ελαφρά). Οι όψεις είναι σχεδόν επίπεδες και με τάση προς την οριζόντια διάρθρωση. Ασύμμετρες διατάξεις εμφανίζονται κυρίως σε περιπτώσεις προσθηκών καθ ύψος ή κατ επέκταση και σε ενώσεις κτιρίων, αν και ενίοτε γίνεται αναμόρφωση των όψεων με μεταφορά των παλαιών ανοιγμάτων, ώστε να βρίσκονται στον ίδιο κατακόρυφο άξονα με τα νεώτερα. Βασικό ρόλο στη μορφολογική έκφραση



παίζει ο μεγάλος αριθμός ορόφων, οδηγώντας σε λύσεις ρυθμικές και καθ ύψος επανάληψης.

Η τάση προς την οριζόντια διάρθρωση εκφράζεται με τις ρυθμικές σειρές των παραθύρων, τις στοές και τις τοξοστοιχίες και με τις οριζόντιες ζώνες μεταξύ των ορόφων, συνήθως τοποθετημένες κάτω από τα παράθυρα και σπανιότερα στην στάθμη του πατώματος. Σε πολλές περιπτώσεις εμφανίζεται εντονότερος ο διαχωρισμός του ισόγειου από το υπόλοιπο κτίριο, με τη δημιουργία μιας πιο φαρδιάς ζώνης. Περιορισμένη είναι η χρήση αετώματος, που ίσως οφείλεται και στο μεγάλο ύψος των κτιρίων, ενώ είναι συνήθης η χρήση σοφίτας με υπερύψωση της στέγης. Κατά κανόνα, το ισόγειο βρίσκεται στο επίπεδο του δρόμου.

Τα βασικά υλικά δομής των κερκυραϊκών κτιρίων είναι πέτρα, τούβλα και ξύλο. Από τα λατομεία του νησιού βγαίνει μια σκληρή ασβεστολιθική πέτρα λευκή και κοκκινωπή, κατάλληλη για λαξευτές τοιχοποιίες, πλακοστρώσεις, πλαίσια κ.τ.λ., αλλά και ασβεστολιθικά πετρώματα κατάλληλα για ασβέστη. Υπάρχουν επίσης λατομεία, όπου βγαίνει ένα αμμώδες κιτρινωπό πέτρωμα και ένας κοκκινωπός πωρόλιθος. Στο νησί υπάρχει επίσης άμμος, άργιλος κ.τ.λ. σε μεγάλη ποσότητα, δηλαδή αφθονία υλικού για την κατασκευή τούβλων και κεραμιδιών.

### **7.1.2. Ιδιοκτησιακό καθεστώς**

Το ιδιοκτησιακό καθεστώς και η διαχείριση της πόλης της Κέρκυρας σήμερα είναι αρκετά σύνθετα ζητήματα και επειδή διαμορφώνονται από παραμέτρους και συνθήκες, που έχουν προκύψει σε προηγούμενες ιστορικές φάσεις μεταφέρουν σημαντικές πληροφορίες σχετικά με τη φύση και την ιδιαιτερότητα του προς διαχείριση χώρου.

Η μεγάλη πλειοψηφία των ακινήτων και της διατιθέμενης γης ανήκει σε ιδιώτες, γεγονός που συνδυαζόμενο με το καθεστώς πολυϊδιοκτησίας των ακινήτων αυξάνει αρκετά σημαντικά τον αριθμό των αποδεκτών όποιων μέτρων διαχείρισης του χώρου πρόκειται να εφαρμοστούν. Υπάρχει επίσης ένας μικρός αριθμός φορέων (Ελληνικό Δημόσιο, Δήμος Κερκυραίων και διάφορα Νομικά Πρόσωπα Δημοσίου Δικαίου, όπως Ορφανοτροφείο, Γηροκομείο, Νοσοκομείο Κέρκυρας, Ψυχιατρείο Κέρκυρας), που κατέχουν συνολικά αρκετά σημαντικό αριθμό ακινήτων, όμως η μεγάλη πλειοψηφία αυτών των ιδιοκτησιών αποτελεί κατακερματισμένες και μικρές ιδιοκτησίες διαμερισμάτων, που βρίσκονται σε διασπορά σε ορόφους πολυιδιόκτητων σπιτιών. Όσον αφορά στα Φρούρια, το καθεστώς είναι διαφοροποιημένο. Τα Φρούρια ανήκουν στην ιδιοκτησία του Ελληνικού Δημοσίου και είναι παραχωρημένα στο Υπουργείο Πολιτισμού. Διαχειρίζονται και προστατεύονται από αυτό, ενώ συγκεκριμένοι κτιριακοί χώροι έχουν παραχωρηθεί για χρήση σε οργανισμούς ή άλλους φορείς του Δημοσίου (Υπουργείο Παιδείας, Ιόνιο Πανεπιστήμιο, Δήμος Κερκυραίων).

### **7.1.3. Παραδοσιακός οικισμός**

Σύμφωνα με το Φ.Ε.Κ. 274/ 80, η περιοχή της Παλιάς Πόλης της Κέρκυρας χαρακτηρίζεται ως παραδοσιακός οικισμός. Συνεπώς, για την επισκευή, αποκατάσταση, ανακατασκευή και διαρρύθμιση εσωτερικών χώρων παλιών κτιρίων, τα οποία είναι αντιπροσωπευτικά της παραδοσιακής αρχιτεκτονικής (αυτό αποδεικνύεται μέσω φωτογραφιών, που έχουν θεωρηθεί από την αρμόδια προς έκδοση οικοδομικών αδειών αρχή), χορηγείται άδεια οικοδομής με έγκριση της επιτροπής ασκήσεως αρχιτεκτονικού ελέγχου. Για τις εργασίες αυτές δεν πρέπει να γίνει υπέρβαση του συντελεστή δόμησης, που έχει ορισθεί από το Προεδρικό Διάταγμα 4/1/1979.

### **7.1.4. Υφιστάμενη κατάσταση και προβλήματα του Εθνικού Κτηματολογίου στην Κέρκυρα**

Η εφαρμογή του κτηματολογίου στην Κέρκυρα σηματοδοτείται με την απόφαση 24414/4876/8.9.1997 του Υπουργού ΠΕΧΩΔΕ, που κήρυσσε υπό κτηματογράφηση το Δήμο Κερκυραίων και τις Κοινότητες Αλεπούς, Καναλιών και Κάτω Κορακιάνας. Στην Κέρκυρα λειτουργούν από τον Ιούνιο του 2005 τέσσερα κτηματολογικά γραφεία στο Δήμο και στις κοινότητες που αναφέρθηκαν. Το Τμήμα Κέρκυρας του Τ.Ε.Ε. θεωρεί, ότι το Εθνικό Κτηματολόγιο δεν είναι μόνο απαίτηση κάποιων κλάδων του επιστημονικού κόσμου, αλλά αδήριτη αναγκαιότητα για τη χώρα και για την Κέρκυρα, της οποίας τα σημαντικότερα προβλήματα συνδέονται με τις πολιτικές για τη γη. Σύμφωνα με τον πρόεδρο του Τ.Ε.Ε. Κερκύρας, το Ε.Κ. αντιμετώπισε προβλήματα από την αρχή, από τη φάση της σύνταξης του. Επίσης, στην πρώτη περίοδο λειτουργίας του τα προβλήματα ήταν πολλά. Τα περισσότερα από αυτά ήταν αναπόφευκτα σε μια χώρα με ατελείς πολιτικές, οργανωτικές και οικονομικές δομές, σε μια χώρα με τόσο περίπλοκο ιδιοκτησιακό καθεστώς, σε συνδυασμό με την τοπική ιδιαιτερότητα του Ιόνιου Κώδικα και με ανεπαρκή δημόσια διοίκηση. Υπήρξαν, λοιπόν, καθυστερήσεις, υπερβάσεις του κόστους του έργου και διαχειριστικά λάθη.

Τα συνήθη προβλήματα που παρουσιάζονται κατά τη λειτουργία των κτηματολογικών γραφείων οφείλονται, είτε σε ανακριβείς πρώτες εγγραφές (λόγω εσφαλμένης δήλωσης ή εσφαλμένης επεξεργασίας δήλωσης ή αδυναμίας εντοπισμού ακινήτου ή έλλειψης δήλωσης από ιδιώτες ή δημόσιες υπηρεσίες), είτε σε σφάλματα κατά την επεξεργασία των κτηματολογικών στοιχείων στα λειτουργούντα κτηματολογικά γραφεία. Αυτά οδηγούν σε διαφορές, είτε ως προς την ταυτότητα του ακινήτου (όρια, γεωμετρία, εμβαδόν), είτε ως προς τη νομική κατάστασή του (στοιχεία δικαιούχου, δικαιωμάτων, τίτλων). Το ισχύον νομικό πλαίσιο και η ερμηνεία του προβλέπουν διαδικασίες διόρθωσης των ανακριβών κτηματολογικών εγγραφών, είτε οίκοθεν αν πρόκειται για εσφαλμένη επεξεργασία από το γραφείο κτηματογράφησης ή το κτηματολογικό γραφείο, είτε κατόπιν σχετικής αίτησης του ενδιαφερομένου.

Τα προβλήματα, λοιπόν, που αντιμετωπίστηκαν στην Κέρκυρα ήταν τα εξής :

- Αρκετές περιπτώσεις, στις οποίες αμφισβητείται η γεωμετρική ταυτότητα του ακινήτου. Αμφισβητούνται, δηλαδή, τα όρια και το εμβαδόν των ιδιοκτησιών
- Αρκετά μεγάλος αριθμός ακινήτων, των οποίων ο ιδιοκτήτης παραμένει άγνωστος κατά 100%. Όπως βέβαια και ακίνητα στα οποία δεν είναι γνωστό το σύνολο των ιδιοκτητών
- Σημαντικός αριθμός δικαιωμάτων, τα οποία έχουν δηλωθεί μέχρι σήμερα και δεν έχουν αναγνωρισθεί, γιατί δεν εντοπίζεται το γεωτεμάχιο ή γιατί υπήρχαν ελλείψεις ή δεν υπήρχαν καθόλου τίτλοι ιδιοκτησίας
- Ένας άγνωστος αριθμός δικαιωμάτων, που δεν έχουν δηλωθεί καθόλου, για παράδειγμα δουλείες διελεύσεως .

Σύμφωνα με απόφαση του Ο.Κ.Χ.Ε., έχουν περαιωθεί οι κτηματογραφήσεις στις περιοχές Κάτω Κορακιάνας, Καναλιών και Αλεπούς. Στοιχεία από την Κτηματολόγιο Α.Ε. και από το Δήμο Κερκυραίων δείχνουν, ότι υπάρχει μια σειρά προβλημάτων λόγω σφαλμάτων, τα οποία έχουν υπεισέλθει από τη διαδικασία της κτηματογράφησης. Οι μηχανικοί που ασχολούνται με το έργο αυτό θεωρούν πολύ σημαντικό βήμα την πύκνωση του δικτύου πολυγωνομετρικών σημείων στις περιοχές του κτηματολογίου.

Πιο συγκεκριμένα, στην περιοχή της Κάτω Κορακιάνας, το 71% των κτηματογραφήσεων προέκυψαν λάθος και μόνο το 29% σωστό. Ο αριθμός των γεωτεμαχίων αγνώστου κατά 100% ιδιοκτήτη στην Κ. Κορακιάνα είναι 912 σε σύνολο 4315 γεωτεμαχίων ή σε ποσοστό είναι 21,14 % .Το ποσοστό αυτό είναι πολύ μεγάλο αν συγκριθεί με τον πανελλήνιο μέσο όρο και για τα 3 προγράμματα κτηματογράφησης, που το Τ.Ε.Ε υπολογίζει σε 6,41 % . Αν συγκριθεί με το μέσο όρο των αγροτικών Ο.Τ.Α. που είναι 9.34 %, τα πράγματα είναι καλύτερα, αλλά παραμένει μεγάλη η διαφορά. Πρέπει όμως να ληφθεί υπόψη, ότι από τα 912 γεωτεμάχια, για τα 876 εξ αυτών έχει δηλωθεί χρησιμότητα. Στην πραγματικότητα επομένως για τα γεωτεμάχια αυτά δεν έχει αναγνωρισθεί το δικαίωμα.

Στην Αλεπού και στα Κανάλια τα πράγματα φαίνεται ότι είναι πολύ καλύτερα. Στα Κανάλια ο αριθμός των γεωτεμαχίων αγνώστου ιδιοκτήτη είναι περίπου 250 σε ένα σύνολο 3123 γεωτεμαχίων και σε ποσοστό 8% περίπου. Υπάρχουν 456 δικαιώματα αγνώστων σε σύνολο 8095 και 378 αδήλωτα δικαιώματα. Στη δε Αλεπού ο αριθμός γεωτεμαχίων αγνώστου ιδιοκτήτη είναι περίπου 100 σε ένα σύνολο 1481 γεωτεμαχίων ή 6.75%. Υπάρχουν επίσης 179 δικαιώματα αγνώστων σε σύνολο 8139.

Σε ό,τι αφορά στην πρώτη κατηγορία προβλημάτων, δηλαδή ως προς τις αμφισβητήσεις του εμβαδού και των ορίων, που παρουσιάζονται μάλιστα σε μεγάλη έκταση στην Κ. Κορακιάνα, ανέρχονται σύμφωνα με στοιχεία του Δήμου στο 40 % των περιπτώσεων.

Τα προβλήματα αυτά προέρχονται από μια σειρά σφαλμάτων που έχουν υπεισέλθει κατά τη διαδικασία της κτηματογράφησης. Οι πιο συνήθεις περιπτώσεις είναι αυτές, στις οποίες το γεωτεμάχιο δεν είχε εμφανή και καλά προσδιορισμένα στο έδαφος σημεία. Υπάρχουν και μια σειρά άλλων πηγών σφαλμάτων, όπως :

- Ασαφής/ εσφαλμένη υπόδειξη ορίων
- Σφάλματα τοπογραφικών και κτηματολογικών υποβάθρων. Πολλές φορές οι ιδιοκτήτες προσκόμιζαν τοπογραφικά διαγράμματα που ελάχιστη σχέση είχαν με την πραγματικότητα
- Σφάλματα φωτοερμηνευτικής αναγνώρισης των γεωτεμαχίων στα υπόβαθρα, ιδίως στις περιπτώσεις ορίων που δεν έχουν υλοποιηθεί, σε περιπτώσεις σκιασμένων περιοχών και πυκνής δεντροκάλυψης. Η Κ. Κορακιάνα ειδικά είναι μία κατ'εξοχήν δύσκολη περιοχή για φωτοερμηνεία, λόγω του έντονου ανάγλυφου και των μεγάλων ελαιώνων που διαθέτει, οι οποίοι στην αεροφωτογραφία διακρίνονται ως πυκνά δάση.

Τέλος, ο πρόεδρος του Τ.Ε.Ε. Κερκύρας αναφέρει, ότι τα προβλήματα δημιουργήθηκαν και από τον τρόπο που έγινε η κτηματογράφηση των ακινήτων από τον ανάδοχο του έργου και το χειρισμό του θέματος από πλευράς Ο.Κ.Χ.Ε. και της ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ Α.Ε.. Ο Ν.2308/1995 παρέχει πολλά εργαλεία με τα οποία θα μπορούσε να γίνει σωστή κτηματογράφηση, τα οποία όμως δε χρησιμοποιήθηκαν. Για παράδειγμα, το άρθρο 3 του νόμου αυτού προβλέπει ότι «Για τη σύνταξη των προσωρινών κτηματολογικών διαγραμμάτων και πινάκων τίθενται ενδεικτικώς ως βάση τα τοπογραφικά υπόβαθρα που διαθέτει ο Ο.Κ.Χ.Ε., οι συνυποβαλλόμενοι με τις δηλώσεις τίτλοι, τα στοιχεία και οι πληροφορίες που συλλέγει ο Ο.Κ.Χ.Ε. από άλλες υπηρεσίες και από τους οριοδείκτες ή με επιτόπια έρευνα ή με οποιονδήποτε άλλον τρόπο. Ο Ο.Κ.Χ.Ε. και η ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ Α.Ε. μπορούν να ζητούν απ' ευθείας ή μέσω του γραφείου κτηματογράφησης τη χορήγηση πιστοποιητικών ή άλλων στοιχείων, καθώς και την εν γένει παροχή υπηρεσιών από τον αρμόδιο φύλακα των μεταγραφών και υποθηκών.

Το άρθρο 8 του ίδιου νόμου ορίζει ότι «Μετά τη διαδικασία του άρθρου 6 (υποβολή αιτήσεων διόρθωσης κτηματολογικής εγγραφής ή προδήλων σφαλμάτων) το γραφείο κτηματογράφησης, αφού ζητήσει μέσω του Ο.Κ.Χ.Ε. ή της ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ Α.Ε. από τον αρμόδιο φύλακα μεταγραφών και υποθηκών, εφόσον κριθεί αναγκαίο, τη χορήγηση πιστοποιητικών ή άλλων στοιχείων, προβαίνει στις αναγκαίες αναμορφώσεις των προσωρινών διαγραμμάτων και πινάκων, λαμβάνοντας προς το σκοπό αυτόν υπόψη και τις δηλώσεις των εγγραπτών δικαιωμάτων, καθώς και κάθε άλλο στοιχείο που συλλέχτηκε εν τω μεταξύ κατά τις διατάξεις του νόμου αυτού. Αναμορφώσεις των στοιχείων του πίνακα και των διαγραμμάτων μπορεί να γίνεται και οίκοθεν, εάν από την επεξεργασία αυτών εντοπισθεί ανακρίβεια που εμφιλοχώρησε στην προηγούμενη εγγραφή».

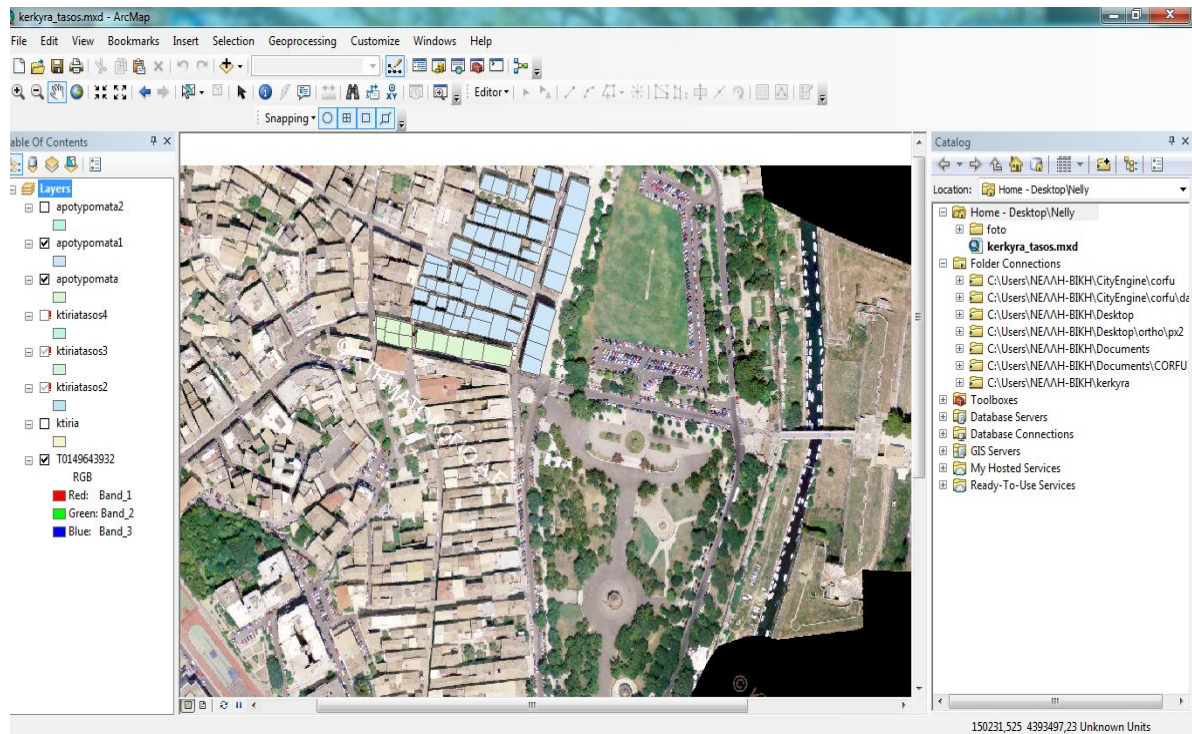
Το άρθρο 8α του ίδιου νόμου ορίζει επίσης ότι «Το αρμόδιο γραφείο κτηματογράφησης μπορεί να ζητάει μέσω του Ο.Κ.Χ.Ε. ή της ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ Α.Ε. από τον αρμόδιο φύλακα μεταγραφών και υποθηκών τη χορήγηση πιστοποιητικών ή άλλων στοιχείων και πριν από την υποβολή αιτήσεων διόρθωσης κτηματολογικής εγγραφής ή προδήλων σφαλμάτων». Και το άρθρο 8β ορίζει ακόμα ότι «Ο Ο.Κ.Χ.Ε. για τη διασφάλιση της ορθότητας των πρώτων κτηματολογικών εγγραφών, μπορεί να ζητάει την παροχή πληροφοριών και εν γένει υπηρεσιών από τους αρμόδιους φύλακες μεταγραφών και υποθηκών».

Το ΤΕΕ Κερκύρας, λοιπόν, προτείνει να γίνεται χρήση των εργαλείων και δυνατοτήτων που παρέχει ο νόμος και να καθυστερήσει η διαπιστωτική πράξη περάτωσης της όλης διαδικασίας κτηματογράφησης, μέχρις ότου επανεξεταστούν τα δικαιώματα, τα οποία αφορούν σε ακίνητα «άγνωστου ιδιοκτήτη» ή είναι «ανεντόπιστα». Να κληθούν οι ενδιαφερόμενοι, να ληφθούν στοιχεία από το Υποθηκοφυλακείο, να πραγματοποιηθεί τοπογράφηση των ακινήτων και γενικά να χρησιμοποιηθεί κάθε πρόσφορο μέσον προκειμένου να γίνει αναμόρφωση των λανθασμένων καταχωρήσεων, ούτως ώστε να παραδοθεί ένα κτηματολόγιο για την πόλη της Κέρκυρας όσο μπορεί πιο σωστό, πιο αξιόπιστο, πιο δίκαιο, πιο γρήγορο στη λειτουργία του, ένα πραγματικό εργαλείο για την ανάπτυξη.

## **7.2. Μεθοδολογική Προσέγγιση**

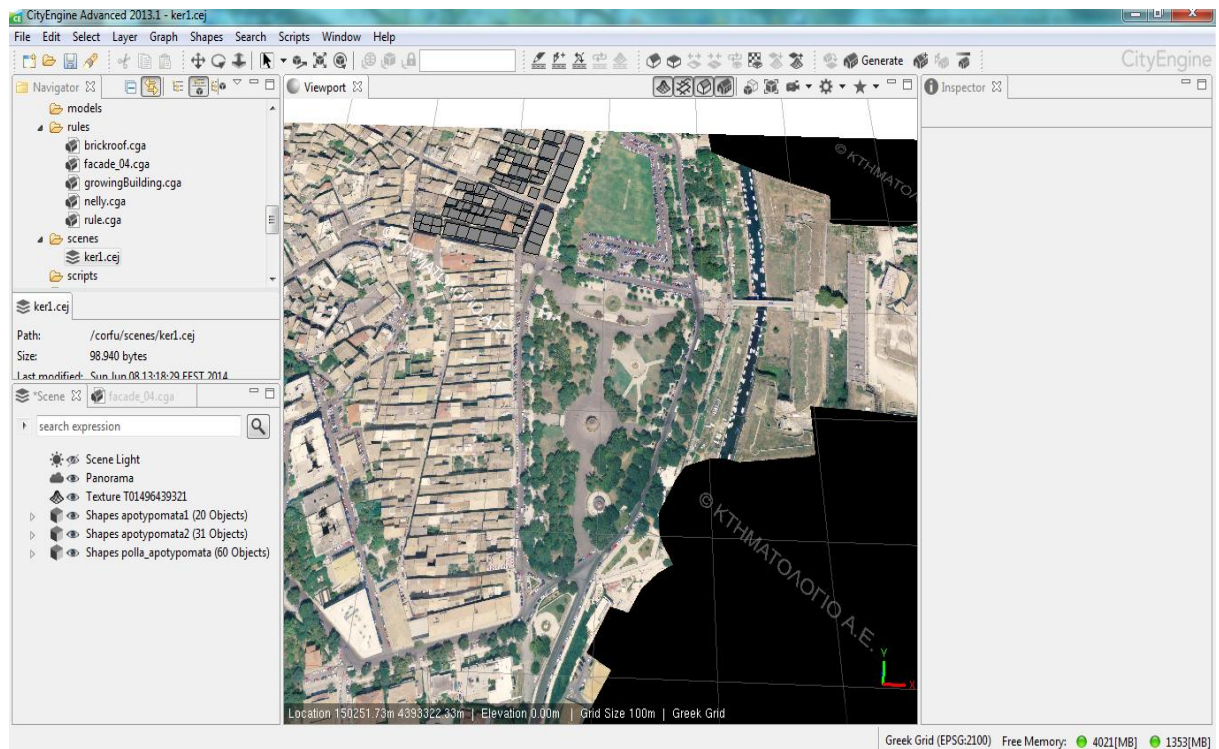
Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται 3D μοντέλα αντιπροσωπευτικών κτιρίων της Παλιάς Πόλης της Κέρκυρας και εξετάζεται αν με αυτά μόνο τα μοντέλα μπορεί να δημιουργηθεί ένα μέρος της πόλης. Τα 3D κτίρια δημιουργήθηκαν στο λογισμικό CityEngine 2013.1, χρησιμοποιώντας ως τεχνική μοντελοποίησης την Κανονιστική Μοντελοποίηση μέσω CGA κανόνων (ενότητα 5.2.4.3). Μέσω αυτής της εφαρμογής, θα αξιολογηθεί η Κανονιστική Μοντελοποίηση για το αν είναι μία τεχνική γρήγορης μοντελοποίησης 3D περιεχομένου και για το αν μπορεί να χρησιμεύσει ως εργαλείο 3D απεικόνισης σε ένα 3D κτηματολογικό σύστημα. Κατ' επέκταση, θα εξεταστεί κατά πόσο το CityEngine μπορεί να βοηθήσει στην 3D οπτικοποίηση, η οποία αποτελεί ένα από τα βασικότερα ζητούμενα ενός 3D κτηματολογικού συστήματος.

Αρχικά, για την υλοποίηση αυτή της εφαρμογής χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό ArcGIS 10.2.1. της Esri. Στο λογισμικό αυτό έγινε εισαγωγή πολύ μεγάλης κλίμακας ορθοφωτογραφιών (VLSO- Very Large Scale Orthophoto) του Ο.Κ.Χ.Ε. για την Παλιά Πόλη της Κέρκυρας. Στις ορθοφωτογραφίες αυτές, πραγματοποιήθηκε ψηφιοποίηση των γεωτεμαχίων (εικόνα 70), πάνω στα οποία έγινε αργότερα η εφαρμογή των CGA κανόνων στο CityEngine, με σκοπό τη δημιουργία των 3D κτιρίων. Όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 7, στην Παλιά Πόλη, η δόμηση είναι άναρχη, πυκνή και πολυώροφη και η ρυμοτομική γραμμή συμπίπτει με την οικοδομική γραμμή. Αυτό διευκόλυνε την εφαρμογή, γιατί τα ψηφιοποιημένα γεωτεμάχια των ορθοφωτογραφιών αποτελούσαν και τα αποτυπώματα των κτιρίων.



Εικόνα 70 : Ψηφιοποίηση γεωτεμαχίων της Παλιάς Πόλης της Κέρκυρας στο ArcMap

Στη συνέχεια, έγινε εξαγωγή (export) του layer που δημιουργήθηκε στο ArcMap με τα ψηφιοποιημένα γεωτεμάχια και αποθηκεύτηκε στο CityEngine ως Shapefile. Τα δύο αυτά λογισμικά έχουν άμεση σύνδεση μεταξύ τους και, όπως ήδη αναφέρθηκε, το CityEngine δέχεται ως δεδομένα εισόδου αρχεία Shapefile, αρχεία DXF και δεδομένα από openstreetmaps.org. Στην εικόνα 71 φαίνονται οι ορθοφωτογραφίες και τα ψηφιοποιημένα γεωτεμάχια σε μορφή Shapefile στο περιβάλλον του CityEngine. Πρέπει να σημειωθεί ότι και οι ορθοφωτογραφίες και το layer των ψηφιοποιημένων γεωτεμαχίων είναι γεωαναφερμένα στο Ε.Γ.Σ.Α.'87. Σε διαφορετική περίπτωση, όταν θα γινόταν η εξαγωγή στο CityEngine, τα γεωτεμάχια δε θα βρίσκονταν στη σωστή οριζοντιογραφική θέση τους και φυσικά η κλίμακα δε θα ήταν σωστή.



Εικόνα 71 : Τα ψηφιοποιημένα γεωτεμάχια σε μορφή Shapefile στο περιβάλλον του CityEngine

Κατά τη δημιουργία των CGA κανόνων, όπως θα παρουσιαστούν αναλυτικά στη συνέχεια, καθορίζεται η γεωμετρία της πρόσοψης ενός κτιρίου, των πλαϊνών όψεων, της οροφής και της πίσω όψης. Μια ιδιαιτερότητα, όμως, του CityEngine, είναι το γεγονός ότι δεν υπάρχει η δυνατότητα να ορίσει ο χρήστης στους κανόνες αυτούς σε ποιο ευθύγραμμο τμήμα αντιστοιχεί η πρόσοψη του κτιρίου στο 2D ψηφιοποιημένο γεωτεμάχιο. Στην περίπτωση που δύο κτίρια εφάπτονται και συνεπώς έχουν κοινή μία ακμή και δύο ή και παραπάνω κορυφές (vertex) κοινές, τότε το λογισμικό αναγνωρίζει αυτό το ευθύγραμμο τμήμα ως πρόσοψη και για τα δύο κτίρια. Τελικά, το πρόβλημα αυτό λύνεται ως εξής : το λογισμικό αναγνωρίζει ως πρόσοψη το ευθύγραμμο τμήμα μεταξύ δύο κορυφών ενός σχήματος, το οποίο έχει σχεδιαστεί πρώτο από όλα τα ευθύγραμμο τμήματα του περιγράμματος και κατά τη δεξιόστροφη φορά. Έτσι, κατά την ψηφιοποίηση στο ArcMap ο χρήστης πρέπει να είναι πολύ προσεκτικός, ώστε κάθε γεωτεμάχιο να έχει τη σωστή πρόσοψη και οι κανόνες στο CityEngine να εφαρμοστούν σωστά και σύμφωνα με την πραγματικότητα. Αν σχεδιαστεί με αυτό τον τρόπο, η αναγνώριση της πρόσοψης δεν επηρεάζεται από την ύπαρξη κοινών κορυφών και κοινών ακμών μεταξύ δύο ή περισσότερων σχημάτων.

### 7.2.1. 3D μοντέλα κτιρίων

Για τη δημιουργία του 3D μοντέλου των κτιρίων ορίστηκε αρχικά στους κανόνες το ύψος των κτιρίων. Όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο 7, τα κτίρια της Παλιάς Πόλης της Κέρκυρας έχουν τρεις έως πέντε ορόφους και σπάνια έξι, με ένα συνήθως διαμέρισμα ανά όροφο και με ύψος ορόφου από 2,5 έως

3 μέτρα. Σε αυτά τα κτίρια δεν υπάρχουν υπόγεια λόγω βραχώδους εδάφους και υγρασίας, αλλά στην περίπτωση που υπήρχαν, το CityEngine δίνει τη δυνατότητα 3D σχεδιασμού χώρων κάτω από την επιφάνεια του εδάφους. Επίσης, τα κτίρια αυτά ακολουθούν το συνεχές σύστημα δόμησης και είναι οικόπεδα τετράπλευρου συνήθως σχήματος που τείνει προς ορθογώνιο, με ποσοστό κάλυψης που στις περισσότερες περιπτώσεις αγγίζει το 100%.

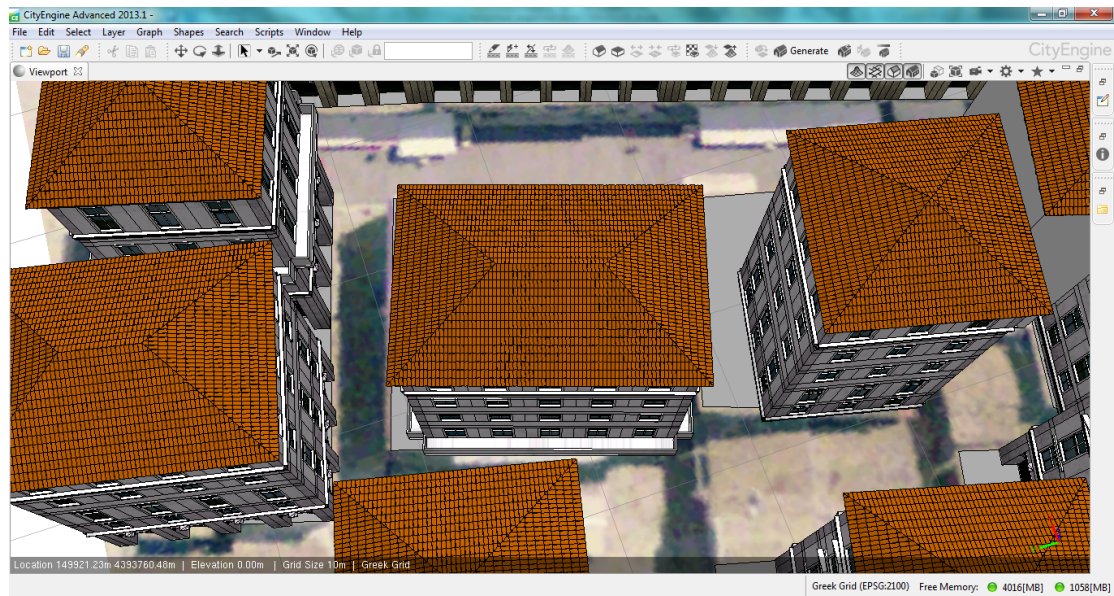
Στο CityEngine δημιουργήθηκαν τρεις μορφές χαρακτηριστικών κτιρίων μέσω κανόνων. Οι κανόνες αυτοί, όμως, τροποποιήθηκαν σε κάθε κτίριο, ανάλογα με τον αριθμό και το μέσο ύψος των ορόφων. Παρακάτω παρουσιάζονται τα 3D μοντέλα των κτιρίων με τους αντίστοιχους κανόνες CGA.

Ένα χαρακτηριστικό στα κτίρια της Παλιάς Πόλης είναι ότι τα περισσότερα από αυτά έχουν σκεπή από κεραμίδια, όπως αυτό που φαίνεται στην εικόνα 72. Γι' αυτό το λόγο, δημιουργήθηκε ένας κανόνας CGA για τη δημιουργία της σκεπής, ο οποίος παρουσιάζεται παρακάτω, και το αποτέλεσμα στο CityEngine φαίνεται στην εικόνα 73.



Εικόνα 72 : Παράδειγμα σκεπής σε κτίριο της Παλιάς Πόλης της Κέρκυρας (πηγή : Google, 2014)





Εικόνα 73 : Παράδειγμα σκεπής στο CityEngine, η οποία δημιουργήθηκε από CGA κανόνες

Ο κανόνας CGA που δημιουργήθηκε για τη σκεπή παρουσιάζεται παρακάτω :

```

/**
 * File:      skeph_keramid.cga
 * Created:   8 May 2014 15:03:54 GMT
 * Author:    ΝΕΛΛΗ-ΒΙΚΗ
 */

version "2013.1"

attr brick_w = 0.2
const brick_l = 2*brick_w

Roof -->
# create the roof mass
roofHip(25)
RoofMass

RoofMass -->
# scale to create some overhang
s(scope.sx+1, '1, scope.sz+1) center(xz)
# get the roof mass components (faces)

comp(f){top : RoofFace}

RoofFace -->
# create Bricks and Beams on each roof face
Bricks
Beams

```

```

Bricks -->
  # Repeatedly split in x and y and insert Bricks
  split(x){~brick_w : split(y){ {brick_l : Brick}* } }*

const rot = 1.5/brick_w

Brick -->
  # simply insert cube, scale it, rotate it
  s('1','1,brick_w/3) r(-rot,0,0) i("builtin:cube")
  # and add some random rotation to make it irregular
  r(rand(5),rand(5),rand(5))
  color("#B35900")

Beams -->
  # repeat-split in x to distribute the roof beams, scale and
insert the,
  split(x){~1 : s(0.2,'1,-0.2) center(x) Beam}*

Beam -->
  # simply insert a cube asset as beam
  i("builtin:cube")

```

Στην εικόνα 74 φαίνεται ένα 3D μοντέλο κτιρίου, που αποτελείται από τρεις ορόφους και στο ισόγειο (groundfloor) φαίνονται οι χαρακτηριστικές καμάρες που διακοσμούν τα περισσότερα κτίρια της Παλιάς Πόλης.



Εικόνα 74 : 3D μοντέλο χαρακτηριστικού κτιρίου της Παλιάς Πόλης της Κέρκυρας στο CityEngine

Στην εικόνα 75 φαίνεται η πίσω όψη του ίδιου κτιρίου, στην οποία δεν υπάρχουν τα 3D αντικείμενα (3D objects) που διακοσμούν την πρόσοψη. Το ίδιο ισχύει και για τις πλαϊνές όψεις του κτιρίου. Τα 3D objects που βρίσκονται πάνω από τα παράθυρα και πάνω από τις καμάρες, είναι διαθέσιμα από το ίδιο το πρόγραμμα μέσα σε βιβλιοθήκες (εικόνα 76).



Εικόνα 75 : Η πίσω όψη του 3D μοντέλου στο CityEngine



Εικόνα 76 : 3D αντικείμενα του CityEngine, που χρησιμοποιήθηκαν για τη διακόσμηση των προσόψεων των 3D μοντέλων των κτιρίων

Στη συνέχεια παρουσιάζεται αναλυτικά ο CGA κανόνας που δημιουργήθηκε για το παραπάνω κτίριο :

```
/**
 * File:      ktirio_ker.cga
 * Created:   10 May 2014 15:31:30 GMT
 * Author:    ΝΕΛΛΗ-ΒΙΚΗ
 */
```

```
version "2013.1"
```

Αρχικά γίνεται εισαγωγή του αρχείου με τον CGA κανόνα για τη δημιουργία της σκεπής.

```
import brickroof : "brickroof.cga"
```

Στην αρχή κάθε αρχείου που περιλαμβάνει τους CGA κανόνες, καθορίζονται οι ιδιότητες (Attributes) των στοιχείων των 3D κτιρίων, για παράδειγμα το ύψος του ορόφου και του ισογείου, το πλάτος της πόρτας κ.τ.λ., και δημιουργούνται σύνδεσμοι με τις αντίστοιχες υφές στο φάκελο assets στο navigator του CityEngine.

```
/* Attributes *****/
```

```
@Group("Script-Controlled",0)
attr height           = 18
attr groundfloor_height = 4
attr floor_height     = 3.5
attr tile_width       = 3
attr wallColor        = "#ffffff"
attr window_width     = 1.4
attr door_width       = 2
attr length           = 10
attr brick_w          = 0.4
```

```
/* Assets *****/
```

Σε αυτό το σημείο αναφέρονται τα 3D αντικείμενα που θα τοποθετηθούν πάνω από τα παράθυρα και τις καμάρες, καθώς και οι προεξοχές στο τελείωμα του τοίχου. Τα αντικείμενα αυτά βρίσκονται στο φάκελο facades μέσα στο φάκελο assets.

```
# Geometries
const window_asset           = "facades/elem.window.frame.obj"
const tri_wintop_asset       = "facades/triangle_windowtop.obj"
const halfarc_asset          = "facades/arc_thin.obj"
const ledge_asset            =
"facades/ledge.03.twopart_lessprojection.obj"
const modillion_asset        =
"facades/ledge_modillion.03.for_cornice_ledge_closed.lod0.obj"
```

Αυτή η λειτουργία επιλέγει τυχαία μία από τις υφές που υπάρχουν στο φάκελο assets για τα παράθυρα, τις πόρτες και τους τοίχους.

```

# Textures
const wall_tex           ="facades/textures/brickwall2.jpg"
const wall2_tex          ="facades/textures/brickwall2_bright.jpg"
const dirt_tex           ="facades/textures/dirtmap.15.jpg"
const doortop_tex       ="facades/textures/doortoptex.jpg"

```

Σε αυτήν την φάση ξεκινά η δημιουργία της 3D γεωμετρίας με τον κανόνα εξώθησης.

```

/* Initial Shape starting rule *****/

```

Ο ακόλουθος κανόνας (*Lot*) εξωθεί τον όγκο από το 2D περίγραμμα σύμφωνα με το ύψος του κτιρίου, το οποίο έχει ήδη καθοριστεί στις ιδιότητες (*Attributes*) του αρχείου.

```

# extrude the lot to building height
@StartRule
Lot -->
    extrude(height) Building

```

Ο κανόνας *Building* διασπά την γεωμετρία του κτιρίου στις πλευρές του, πρόσοψη, πλάγιες όψεις και πίσω όψη.

```

//Building --> comp(f) { front : FrontfacadeTex | side : Check }
Building --> comp(f) { front : FrontfacadeTex | side : CheckFacade |
top : CheckRoof }

```

Ο κανόνας *Frontfacade* διασπά την πρόσοψη του κτιρίου κατά τον άξονα *YY'* (*split y*) στο ισόγειο και στους υπόλοιπους ορόφους (τα ύψη όλων έχουν ορισθεί). Με τον ίδιο τρόπο υλοποιούνται οι διασπάσεις και στους υπόλοιπους κανόνες. Επίσης, ορίζεται το μέγεθος των 3D αντικειμένων κατά τους τρεις άξονες.

```

FrontfacadeTex -->
    setupProjection(0, scope.xy, 2.25, 1.5, 1)
    setupProjection(2, scope.xy, scope.sx, scope.sy)
    Frontfacade

# the front facade is subdivided into one front groundfloor
# and upper floors

Frontfacade -->
    setupProjection(0, scope.xy, 2.25, 1.5, 1)
    setupProjection(2, scope.xy, scope.sx, scope.sy)
    split(y) { groundfloor_height : Floor(split.index)
        | floor_height : Floor(split.index)

        | floor_height : Floor(split.index)
        | {~floor_height : Floor(split.index)}*
        | floor_height : Floor(999)

        | 0.5 : s('1','1,0.3) LedgeAsset}

```

Αντίστοιχα, ο κανόνας *CheckFacade* διασπά τις πλαϊνές όψεις του κτιρίου κατά τον άξονα *YY'* (*split y*).

```
CheckFacade -->
  setupProjection(0, scope.xy, 2.25, 1.5, 1)
  setupProjection(2, scope.xy, scope.sx, scope.sy)
  split(y){ groundfloor_height : Floor(split.index)
    | floor_height : Floor(split.index)

    | floor_height : Floor(split.index)
    | {~floor_height : Floor(split.index)}*
    | floor_height : Floor(999)

    | 0.5: Wall}
```

Στη συνέχεια, οι όροφοι χωρίζονται (*split y*), ανάλογα με το αν έχουν 3D αντικείμενα στο τελειώμά τους (προεξοχές) ή αν έχουν μόνο παράθυρα.

```
# depending on the floor index, floors are split into bottom ledge,
# tile (window) and top ledge area
Floor(floorindex) -->
  case floorindex == 0 :
    // Groundfloor has tiles only, no ledges
Subfloor(floorindex)
  case floorindex == 2:
    // because windows start at floor level, no bottom ledge
# for second floor

split(y){~1 : Subfloor(floorindex) | 0.5 : TopLedge}
  else :
split(y){1 : BottomLedge(floorindex) | ~1 : Subfloor(floorindex) |
0.5 : TopLedge}
```

Οι όροφοι τώρα διασπούνται κατά τον άξονα *XX'* (*split x*). Κάθε τμήμα (*tile*) αποτελείται από 0,5 m τοίχο, από το *tile* παραθύρου ή της πόρτας (ανάλογα με το αν αναφέρεται στους ορόφους ή στο ισόγειο) και από 0,5 m τοίχο. Στη συνέχεια, κάθε *tile* παραθύρου ή πόρτας διασπάται σε 1 m τοίχο, στο παράθυρο ή την πόρτα αντίστοιχα και σε 1 m τοίχο.

```
# -----
# Tiles
# -----

# Tiles consist of small wall areas on left and right edges and
# repeating tiles in between
Subfloor(floorindex) -->
  split(x){ 0.5 : Wall(1)
    | { ~tile_width : Tile(floorindex) }*
    | 0.5 : Wall(1) }

# a tile consists of a centered window element and
# wall elements left and right.
Tile(floorindex) -->
  case floorindex == 0 :

  split(x){ ~1 : SolidWall
    | door_width : DoorTile
    | ~1 : SolidWall }
```

```

else :
    split(x){ ~1 : Wall(getStyle(floorindex))
              | window_width : WindowTile(floorindex)
              | ~1 : Wall(getStyle(floorindex)) }

```

Στο σημείο αυτό εισάγονται τα 3D αντικείμενα που τοποθετούνται πάνω από τα *tile* των παραθύρων, καθώς και οι διαστάσεις τους κατά τους τρεις άξονες.

```

# -----
# Windows
# -----

WindowTile(floorindex) -->
    case floorindex == 1 || floorindex == 999 || comp.sel ==
"side": Window
    else : Window WindowLedge t(0,'1,0) WindowOrnamentTriangle

# set dimensions for the triangle window element and insert it
WindowOrnamentTriangle -->
    s('1.7, 1.2, 0.3) center(x) i(tri_wintop_asset) Wall(0)

WindowMod -->
// the modillion asset is scaled in negative y direction
// which aligns its top at the window top edge
    s(0.2,'1.3,'0.6) t(0,'-1,0) center(x) i(modillion_asset)
Wall(0)

WindowLedge -->
    s('1.5, 0.2, 0.1) t(0,-0.2,0) center(x) i("builtin:cube")
Wall(0)

```

Ο κανόνας *Window* καθορίζει τη θέση του παραθύρου και το βάθος (κλίμακα), που ενισχύει τον τρισδιάστατο χαρακτήρα του. Επίσης, προστίθεται ένα επίπεδο τζάμι πίσω από το παράθυρο, που βρίσκεται στο φάκελο των υφών και ορίζονται και οι δικές του διαστάσεις στους τρεις άξονες.

```

Window -->
s('1,'1,0.2) t(0,0,-0.2)
t(0,0,0.02)
[ i(window_asset) Wall(0) ]
Glass

Glass -->
setupProjection(0,scope.xy, scope.sx, scope.sy)
set(material.colormap, getWindowTex(ceil(rand(7))))
projectUV(0)

```

Ο κανόνας *DoorTile* διασπά την πόρτα του ισογείου σε κύριο μέρος, στο τόξο και στο ανώτερο μέρος. Για να αποφευχθούν τα λάθη στη δημιουργία του τόξου, πρέπει το ύψος αυτής της περιοχής (του τόξου) να είναι το μισό από το πλάτος της κύριας πόρτας.



```

# -----
# Door
# -----

# The door tile is split vertically into door, arc and top area
DoorTile -->

    split(y){~1 : Door | scope.sx/2 : Arcs | 0.5 : Arctop}

```

Εδώ ορίζονται κατά τους τρεις άξονες τα μέρη από τα οποία αποτελείται το tile της πόρτας και εισάγεται η υφή τους.

```

Arctop -->
    Wall(1)
    s(0.5,'1,0.3) center(x) i(modillion_asset) Wall(1)

```

```

Arcs -->
    s('1,'1,wall_inset) t(0,0,-wall_inset)
    Doortop i("builtin:cube")
    split(x){ ~1 : ArcAsset
              | ~1 : r(0,0,-90) t('-1,0,0) ArcAsset}

```

```

Doortop -->
    setupProjection(0,scope.xy, scope.sx, scope.sy)
    set(material.colormap, doortop_tex)
    projectUV(0)

```

```

# inserts the actual arc asset
ArcAsset --> i(halfarc_asset) Wall(1)

```

Ο κανόνας Door καθορίζει τη θέση της πόρτας και το βάθος (κλίμακα), που ενισχύει τον τρισδιάστατο χαρακτήρα της.

```

Door -->
    //s('1,'1,0.1)
    t(0,0,-wall_inset)
    setupProjection(0,scope.xy, scope.sx*2, scope.sy)
    set(material.colormap, getDoorTex(ceil(rand(3))))
    projectUV(0)

```

Στη συνέχεια, ορίζονται κατά τους τρεις άξονες οι προεξοχές/ περβάζια (ledges) που υπάρχουν πάνω από τα παράθυρα και εισάγονται οι υφές τους.

```

# -----
# Ledges
# -----

TopLedge --> WallStripe

BottomLedge(floorindex) -->

    case floorindex == 1 : split(y){~1 : Wall(0) | ~1 :
s('1,'1,0.2) LedgeAsset}
    case floorindex == 999 : split(y){~1 : WallStripe | ~1 :
s('1,'1,0.2) LedgeAsset}
    else : WallStripe

```

```

WallStripe --> split(x){ 0.5 : Wall(1) | ~1 : Wall(2) | 0.5 : Wall(1)
}
LedgeAsset --> i(ledge_asset) Wall(0)
Ο κανόνας Wall προσθέτει την υφή του τοίχου στο σύνολο του κτιρίου και την
εφαρμόζει στο δισδιάστατο επίπεδο κάθε όψης.

# -----
# Wall
# -----

getStyle(floorindex) =
  case floorindex == 0 : 1
  case floorindex == 1 : 1
  else : 2

Wall(type) -->

  case type == 1 :
    color(wallColor)
    set(material.colormap, wall_tex)
    set(material.dirtmap, dirt_tex)
    projectUV(0) projectUV(2)

  case type == 2 :
    color(wallColor)
    set(material.colormap, wall2_tex)
    set(material.dirtmap, dirt_tex)
    projectUV(0) projectUV(2)

  else :
    color(wallColor)
    set(material.dirtmap, dirt_tex)
    projectUV(2)

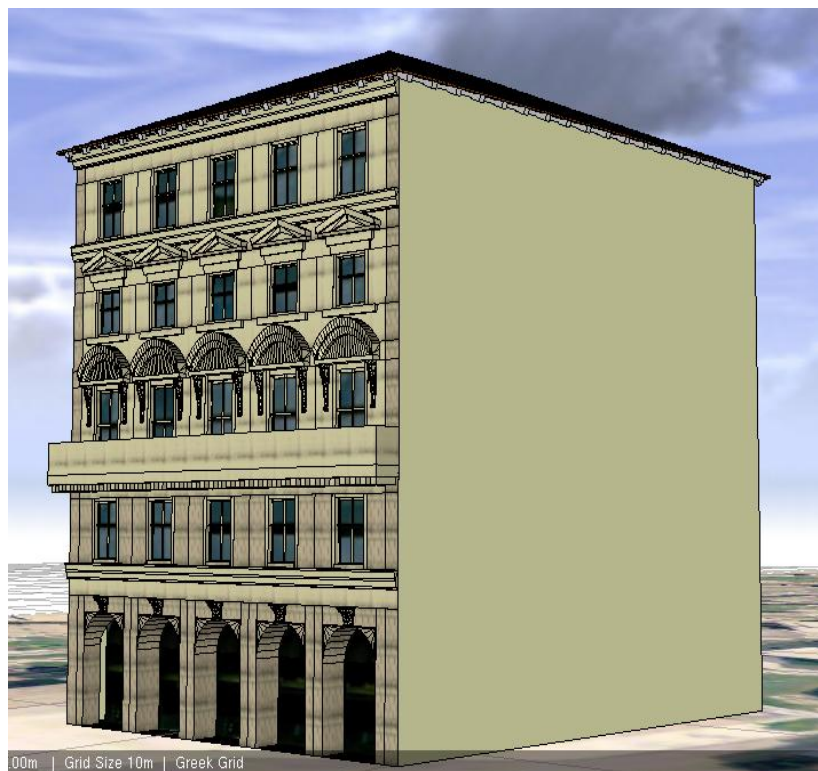
SolidWall -->
  s('1','1,wall_inset) t(0,0,-wall_inset)
  i("builtin:cube:notex")
  Wall(1)
  report("edges", 1)

```

Στη συνέχεια, δημιουργήθηκε ένα 3D μοντέλο κτιρίου με τέσσερις ορόφους και το ισόγειο, στο οποίο, όμως, εφαρμόστηκε ο κανόνας μόνο στην πρόσοψή του. Το μοντέλο αυτό χρησιμοποιήθηκε στις περιπτώσεις, κατά τις οποίες ένα κτίριο είχε τις πλαϊνές όψεις ή ακόμα και την πίσω όψη κοινές με τα διπλανά κτίρια. Η διαφορά με το προηγούμενο μοντέλο είναι ότι σε αυτό το μοντέλο υπάρχει μπαλκόνι και χρησιμοποιούνται πιο πολλά 3D αντικείμενα. Στις εικόνες 77, 78 φαίνεται το μοντέλο αυτό και ακολουθεί ο CGA κανόνας που εφαρμόστηκε.



Εικόνα 77 : 3D μοντέλο κτιρίου στο CityEngine, στο οποίο εφαρμόστηκε κανόνας CGA μόνο στην πρόσοψή του



Εικόνα 78 : Το ίδιο 3D μοντέλο από άλλη οπτική γωνία

Ακολουθεί ο κανόνας CGA για αυτό το 3D μοντέλο, ο οποίος λειτουργεί όπως και ο προηγούμενος (εξηγήθηκε παραπάνω), με τη διαφορά ότι δε γίνεται διάσπαση των πλαινών όψεων και της πίσω όψης . Η μόνη προσθήκη είναι η δημιουργία του μπαλκονιού.

```
/**
 * File: facade_04.cga
 * Created: 3 May 2014 15:31:30 GMT
 * Author: nelly
 */
```

**version** "2013.1"

Αρχικά γίνεται εισαγωγή του αρχείου με τον CGA κανόνα για τη δημιουργία της σκεπής.

```
import brickroof : "brickroof.cga"
```

Στην αρχή κάθε αρχείου που περιλαμβάνει τους CGA κανόνες, καθορίζονται οι ιδιότητες (Attributes) των στοιχείων των 3D κτιρίων, για παράδειγμα το ύψος του ορόφου και του ισογείου, το πλάτος της πόρτας κ.τ.λ., και δημιουργούνται σύνδεσμοι με τις αντίστοιχες υφές στο φάκελο assets στο navigator του CityEngine. Η λειτουργία @Range ορίζει το σύνολο τιμών που μπορεί να πάρει κάθε χαρακτηριστικό.

```
/* Attributes *****/
@Group("Building",1) @Range(5,40)
attr height = 18
@Group("Floor",2) @Range(3,6)
attr groundfloor_height = 4
@Group("Floor") @Range(3,6)
attr floor_height = 3.5

@Group("Tile",3) @Range(2,5)
attr tile_width = 3.1
@Group("Tile")
attr wallColor = "#ffffff"
@Group("Tile") @Range(1,3)
attr window_width = 1.4
@Group("Tile") @Range(1,3)
attr door_width = 2.1

/* Assets *****/
```

Σε αυτό το σημείο αναφέρονται τα 3D αντικείμενα που θα τοποθετηθούν πάνω από τα παράθυρα και τις καμάρες, καθώς και οι προεξοχές στο τελείωμα του τοίχου. Τα αντικείμενα αυτά βρίσκονται στο φάκελο facades μέσα στο φάκελο assets.

```
# Geometries
const window_asset = "facades/elem.window.frame.obj"
const round_wintop_asset = "facades/round_windowtop.obj"
const tri_wintop_asset = "facades/triangle_windowtop.obj"
const halfarc_asset = "facades/arc_thin.obj"
```

```

const ledge_asset          =
"facades/ledge.03.twopart_lessprojection.obj"
const modillion_asset     =
"facades/ledge_modillion.03.for_cornice_ledge_closed.lod0.obj"

# Textures
const wall_tex            = "assets/facades/textures/brickwall2.tif"
const wall2_tex          =
"assets/facades/textures/brickwall2_bright.tif"
const dirt_tex           = "assets/facades/textures/dirtmap.15.tif"
const doortop_tex       = "assets/facades/textures/doortoptex.jpg"

/* Functions *****/

```

Αυτή η λειτουργία επιλέγει τυχαία μία από τις υφές που υπάρχουν στο φάκελο `assets` για τα παράθυρα, τις πόρτες και τους τοίχους.

```

# this function will return the requested texture string
# of the type facade/window.x.tif

randomWindowTex = fileRandom("*/facades/textures/window*.jpg")
randomDoorTex   = fileRandom("*/facades/textures/doortex*.jpg")

const wall_inset = 1

```

Σε αυτήν την φάση ξεκινά η δημιουργία της 3D γεωμετρίας με τον κανόνα εξώθησης.

```

/* Initial Shape starting rule *****/

```

Ο ακόλουθος κανόνας (*Lot*) εξωθεί τον όγκο από το 2D περίγραμμα σύμφωνα με το ύψος του κτιρίου, το οποίο έχει ήδη καθοριστεί στις ιδιότητες (*Attributes*) του αρχείου

```

# extrude the lot to building height
@StartRule
Lot --> extrude(height) Building

```

Ο κανόνας *Building* διασπά την γεωμετρία του κτιρίου στις πλευρές του, πρόσοψη, πλάγιες όψεις και οροφή. Σε αυτό το παράδειγμα ασχολούμαστε μόνο με την πρόσοψη.

```

# split the building geometry into its facade components
Building -->
  comp(f) { front : Frontfacade | side : Sidefacade | top: Roof}

CheckRoof -->
  brickroof.Roof

```

Ο κανόνας *Frontfacade* διασπά την πρόσοψη του κτιρίου κατά τον άξονα  $YY'$  (split  $y$ ) στο ισόγειο και στους υπόλοιπους ορόφους (τα ύψη όλων έχουν ορισθεί). Επίσης, ορίζεται το μέγεθος των 3D αντικειμένων κατά τους τρεις άξονες.

```

FrontfacadeTex -->
  setupProjection(0, scope.xy, 2.25, 1.5, 1) // setup
2.25m x 1.5m texture tiles (and distortion in z)

```

```

        setupProjection(2, scope.xy, '1, '1) // setup texture
channel 2 for dirt mapping over whole facade
    Frontfacade

# the front facade is subdivided into one front groundfloor
# and upper floors
Frontfacade -->
    split(y){ groundfloor_height : Floor(split.index)
              | floor_height : Floor(split.index)

              | floor_height : Floor(split.index)
              | {~floor_height : Floor(split.index)}*
              | floor_height : Floor(999)

              | 0.5 : s('1, '1, 0.3) LedgeAsset}

```

Ο κανόνας *Roof* εφαρμόζει την αντίστοιχη υφή στην οροφή του κτιρίου.

```

# a roof texture is applied to the roof face
Roof1 -->
    color(wallColor)
    setupProjection(0, scope.xy, scope.sx, scope.sy)
    projectUV(0)

```

Για τις πλαϊνές όψεις ορίζεται μόνο το χρώμα, δε γίνεται διάσπαση κατά τους άξονες  $XX'$  και  $YY'$ .

```

Sidefacade -->
    color(wallColor)
    setupProjection(0, scope.xy, scope.sx, scope.sy)
    projectUV(0)

```

Στη συνέχεια, οι όροφοι χωρίζονται (*split y*), ανάλογα με το αν έχουν 3D αντικείμενα στο τελείωμά τους (προεξοχές) ή αν έχουν μόνο παράθυρα.

```

# depending on the floor index, floors are split into bottom ledge,
tile (window) and top ledge area
Floor(floorindex) -->
    case floorindex == 0 :
        // Groundfloor has tiles only, no ledges
        Subfloor(floorindex)
    case floorindex == 2 :
        // because windows start at floor level, no bottom ledge
for second floor
        // but balcony instead
    split(y){~1 : Subfloor(floorindex) Balcony | 0.5 : TopLedge}
    else :
        // all other floors have bottom ledge, tile and top ledge
area
    split(y){1 : BottomLedge(floorindex) | ~1 :Subfloor(floorindex)
| 0.5 : TopLedge}

```

Οι όροφοι τώρα διασπούνται κατά τον άξονα  $XX'$  (*split x*). Κάθε τμήμα (*tile*) αποτελείται από 0,5 m τοίχο, από το *tile* παραθύρου ή της πόρτας (ανάλογα με το αν αναφέρεται στους ορόφους ή στο ισόγειο) και από 0,5 m τοίχο. Στη συνέχεια, κάθε *tile* παραθύρου ή πόρτας διασπάται σε 1 m τοίχο, στο παράθυρο ή την πόρτα αντίστοιχα και σε 1 m τοίχο. Το σύμβολο \* ορίζει ότι το συγκεκριμένο *tile* θα εφαρμοστεί όσες φορές χρειάζεται, ανάλογα με τις διαστάσεις του εκάστοτε κτιρίου.

```

# -----
# Tiles
# -----

# Tiles consist of small wall areas on left and right edges and
repeating tiles in between
Subfloor(floorindex) -->
    split(x){ 0.5 : Wall(1)
              | { ~tile_width : Tile(floorindex) }*
              | 0.5 : Wall(1) }

# a tile consists of a centered window element and
# wall elements left and right.
Tile(floorindex) -->
    case floorindex == 0 :
        // the groundfloor has different dimensions and different
shapes
        split(x){ ~1 : SolidWall
                  | door_width : DoorTile
                  | ~1 : SolidWall }
    else :
        split(x){ ~1 : Wall(getWalltype(floorindex))
                  | window_width : WindowTile(floorindex)
                  | ~1 : Wall(getWalltype(floorindex)) }

```

*Στο σημείο αυτό εισάγονται τα 3D αντικείμενα που τοποθετούνται πάνω από τα tile των παραθύρων, καθώς και οι διαστάσεις τους κατά τους τρεις άξονες.*

```

# -----
# Windows
# -----

# different window ornaments for windowtiles on different floors
WindowTile(floorindex) -->
    case floorindex == 1 || floorindex == 999: Window
    case floorindex == 2 : Window t(0,'1,0) WindowOrnamentRound
    else : Window WindowLedge t(0,'1,0) WindowOrnamentTriangle

# set dimensions for the triangle window element and insert it
WindowOrnamentTriangle -->
    s('1.7, 1.2, 0.3) center(x) i(tri_wintop_asset) Wall(0)

# set dimensions for the triangle window element and insert it
WindowOrnamentRound -->
    s('1.7, 1.2, 0.4) center(x) i(round_wintop_asset) Wall(0)
    split(x){~1 : WindowMod | window_width : NIL | ~1 :
WindowMod }

WindowMod -->
// the modillion asset is scaled in negative y direction
// which aligns its top at the window top edge
    s(0.2,'1.3,'0.6) t(0,'-1,0) center(x) i(modillion_asset)
Wall(0)

WindowLedge -->
    s('1.5, 0.2, 0.1) t(0,-0.2,0) center(x) i("builtin:cube")
Wall(0)

```

Ο κανόνας *Window* καθορίζει τη θέση του παραθύρου και το βάθος (κλίμακα), που ενισχύει τον τρισδιάστατο χαρακτήρα του. Επίσης, προστίθεται ένα επίπεδο τζάμι πίσω από το παράθυρο, που βρίσκεται στο φάκελο των υφών και ορίζονται και οι δικές του διαστάσεις στους τρεις άξονες.

```
Window -->
    s('1','1',0.2) t(0,0,-0.2)
    t(0,0,0.02)
    [ i(window_asset) Wall(0) ]
    Glass

Glass -->
    setupProjection(0,scope.xy, '1, '1)
    projectUV(0)
    texture(randomWindowTex)
    set(material.specular.r, 1) set(material.specular.g, 1)
    set(material.specular.b, 1)
    set(material.shininess, 4)
```

Ο κανόνας *DoorTile* διασπά την πόρτα του ισογείου σε κύριο μέρος, στο τόξο και στο ανώτερο μέρος. Για να αποφευχθούν τα λάθη στη δημιουργία του τόξου, πρέπει το ύψος αυτής της περιοχής (του τόξου) να είναι το μισό από το πλάτος της κύριας πόρτας.

```
# -----
# Door
# -----

# The door tile is split vertically into door, arc and top area
DoorTile -->

    split(y){~1 : Door | scope.sx/2 : Arcs | 0.5 : Arctop}

Arctop -->
    Wall(1)
    s(0.5,'1',0.3) center(x) i(modillion_asset) Wall(1)

Arcs -->
    s('1','1',wall_inset) t(0,0,-wall_inset) Doortop
    i("builtin:cube")
    split(x){ ~1 : ArcAsset
              | ~1 : r(0,0,-90) t('-1,0,0) ArcAsset}

Doortop -->
    setupProjection(0, scope.xy, '1, '1)
    texture(doortop_tex)
    projectUV(0)

# inserts the actual arc asset
ArcAsset --> i(halfarc_asset) Wall(1)
```

Ο κανόνας *Door* καθορίζει τη θέση της πόρτας και το βάθος (κλίμακα), που ενισχύει τον τρισδιάστατο χαρακτήρα της.

```
Door -->
    t(0,0,-wall_inset)
    setupProjection(0,scope.xy, '1, '1)
    texture(randomDoorTex)
    projectUV(0)
```



Στη συνέχεια, ορίζονται κατά τους τρεις άξονες οι προεξοχές/ περβάζια (ledges) που υπάρχουν πάνω από τα παράθυρα και εισάγονται οι υφές τους.

```
# -----
# Ledges
# -----

TopLedge --> WallStripe

BottomLedge(floorindex) -->
    case floorindex == 1 : split(y){~1 : Wall(0) | ~1 :
s('1','1,0.2) LedgeAsset}
    case floorindex == 999 : split(y){~1 : WallStripe | ~1 :
s('1','1,0.2) LedgeAsset}
    else : WallStripe
WallStripe --> split(x){ 0.5 : Wall(1) | ~1 : Wall(2) | 0.5 : Wall(1) }

LedgeAsset --> i(ledge_asset) Wall(0)
```

Ο κανόνας Balcony ορίζει τις διαστάσεις του μπαλκονιού κατά τους τρεις άξονες και τη θέση του και προσθέτει την υφή του.

```
# -----
# Balcony
# -----

Balcony -->
    s('1,2,1) t(0,-0.3,0) i("builtin:cube")
    split(y){0.2 : BalconyBeams
                | 0.3 : BalconyFloor
                | 1 : RailingBox }

# The beams supporting the balcony are created with a repeating split
BalconyBeams -->
    split(x){ ~0.4 : s(0.2,'1,'0.9) center(x) Wall(0) }*

# Get the front, left and right components (faces) of the RailingBox
shape
RailingBox -->
    comp(f){front : Rail | left : Rail | right : Rail} // | left :
Rail | right : Rail}}

# set rail dimensions and insert cube to create balcony rails
Rail -->
    s('1.1,'1,0.1) t(0,0,-0.1) center(x) i("builtin:cube") Wall(0)

BalconyFloor --> Wall(0)
```

Ο κανόνας Wall προσθέτει την υφή του τοίχου στο σύνολο του κτιρίου και την εφαρμόζει στο δισδιάστατο επίπεδο κάθε όψης.

```
# -----
# Wall
# -----
```

```

# for the wall asset, setting the texture scale params u and v
# guarantees a texture mapping that nicely fits over the whole facade
getWalltype(floorindex) =
    case floorindex == 0 : 1
    case floorindex == 1 : 1
    else : 2

Wall(walltype) -->
    // dark bricks with dirt
    case walltype == 1 :
        color(wallColor)
        texture(wall_tex)
        set(material.dirtmap, dirt_tex)
        projectUV(0) projectUV(2)
    // bright bricks with dirt
    case walltype == 2 :
        color(wallColor)
        texture(wall2_tex)
        set(material.dirtmap, dirt_tex)
        projectUV(0) projectUV(2)
    // dirt only
    else :
        color(wallColor)
        set(material.dirtmap, dirt_tex)
        projectUV(2)

SolidWall -->
    s('1','1,wall_inset) t(0,0,-wall_inset)
    i("builtin:cube:notex")
    Wall(1)

    attr brick_w = 0.2
const brick_l = 2*brick_w

Roof -->
    # create the roof mass
    roofHip(25)
    RoofMass

RoofMass -->
    # scale to create some overhang
    s(scope.sx+1,'1,scope.sz+1) center(xz)
    # get the roof mass components (faces)

    comp(f){top : RoofFace}

RoofFace -->
    # create Bricks and Beams on each roof face
    Bricks
    Beams

Bricks -->
    # Repeatedly split in x and y and insert Bricks
    split(x){~brick_w : split(y){ {brick_l : Brick}* } }*

const rot = 1.5/brick_w

Brick -->
    # simply insert cube, scale it, rotate it

```

```

s('1','1,brick_w/3) r(-rot,0,0) i("builtin:cube")
# and add some random rotation to make it irregular
r(rand(5),rand(5),rand(5))
color("#B35900")

Beams -->
# repeat-split in x to distribute the roof beams, scale and
insert the,
split(x){~1 : s(0.2,'1,-0.2) center(x) Beam}*

Beam -->
# simply insert a cube asset as beam
i("builtin:cube")

```

Τέλος, δημιουργήθηκε ένα 3D μοντέλο κτιρίου με πέντε ορόφους και το ισόγειο, στο οποίο εφαρμόστηκε CGA κανόνας σε όλες τις όψεις του και η διαφορά με το προηγούμενο είναι ότι το μπαλκόνι βρίσκεται περιμετρικά του κτιρίου. Ακολουθούν οι εικόνες (79, 80) αυτές του μοντέλου και ο κανόνας που δημιουργήθηκε.



Εικόνα 79 : 3D μοντέλο κτιρίου στο CityEngine, στο οποίο εφαρμόστηκε κανόνας CGA σε όλες τις όψεις



Εικόνα 80: 3D μοντέλο του ίδιου κτιρίου στο CityEngine, από άλλη οπτική γωνία

Ακολουθεί ο CGA κανόνας που δημιουργήθηκε για το παραπάνω μοντέλο :

```

/**
 * File:      nelly.cga
 * Created:   29 May 2014 10:34:38 GMT
 * Author:    ΝΕΛΛΗ-ΒΙΚΗ
 */

version "2013.1"

import brickroof : "brickroof.cga"

/* Attributes *****/
@Group("Script-Controlled",0)
attr height      = 24
@Group("Script")
attr width       = 10

attr groundfloor_height = 5.5
attr floor_height      = 4.5

```

```

attr tile_width           = 3
attr wallColor            = "#ffffff"
attr window_width        = 1.4
attr door_width          = 2
attr length               = 10
attr brick_w              = 0.4

/* Assets *****/

# Geometries
const window_asset        = "facades/elem.window.frame.obj"
const round_wintop_asset  = "facades/round_windowtop.obj"
const tri_wintop_asset    = "facades/triangle_windowtop.obj"
const halfarc_asset       = "fcades/arc_thin.obj"
const ledge_asset         = "facades/ledge.03.twopart_lessprojection.obj"
const modillion_asset     = "facades/ledge_modillion.03.for_cornice_ledge_closed.lod0.obj"

# Textures
const wall_tex            = "facades/textures/brickwall2.jpg"
const wall2_tex           = "facades/textures/brickwall2_bright.jpg"
const dirt_tex            = "facades/textures/dirtmap.15.jpg"
const doortop_tex         = "facades/textures/doortoptex.jpg"

/* Functions *****/

getWindowTex(inst) = "facades/textures/window." + inst + ".jpg"

getDoorTex(inst) = "facades/textures/doortex." + inst + ".jpg"

const wall_inset = 1

/* Initial Shape starting rule *****/

# extrude the lot to building height
@StartRule
Lot -->
    set(material.specular.r,0)
    set(material.specular.g,0)
    set(material.specular.b,0)

    s(length,height,width)
    i("builtin:cube")
    Building

Building --> comp(f) { front : FrontfacadeTex | side : CheckFacade |
top : CheckRoof }

CheckRoof -->
    case width > 1.9 : brickroof.Roof
    else : NIL

CheckFacade -->
    case width > 1 : FrontfacadeTex
    else : NIL

```

```

FrontfacadeTex -->
    setupProjection(0, scope.xy, 2.25, 1.5, 1)           // setup
2.25m x 1.5m texture tiles (and distortion in z)
    setupProjection(2, scope.xy, scope.sx, scope.sy)
Frontfacade

# the front facade is subdivided into one front groundfloor
# and upper floors
Frontfacade -->
    setupProjection(0, scope.xy, 2.25, 1.5, 1)           // setup
2.25m x 1.5m texture tiles (and distortion in z)
    setupProjection(2, scope.xy, scope.sx, scope.sy)       // setup
texture channel 2 for dirt mapping over whole facade
    split(y){ groundfloor_height      : Floor(split.index)
    | floor_height : Floor(split.index)

    | floor_height : Floor(split.index)
    | {~floor_height : Floor(split.index)}*
    | floor_height : Floor(999)

    | 0.5 : s('1','1,0.3) LedgeAsset}

# depending on the floor index, floors are split into bottom ledge,
tile (window) and top ledge area
Floor(floorindex) -->
    case floorindex == 0 :
        // Groundfloor has tiles only, no ledges
        Subfloor(floorindex)
    case floorindex == 2:
        // because windows start at floor level, no bottom ledge
for second floor
        // but balcony instead
        split(y){~1 : Subfloor(floorindex) Balcony | 0.5 :
TopLedge}
    else :
        // all other floors have bottom ledge, tile and top ledge
area
        split(y){1 : BottomLedge(floorindex) | ~1 :
Subfloor(floorindex) | 0.5 : TopLedge}

# -----
# Tiles
# -----

# Tiles consist of small wall areas on left and right edges and
repeating tiles in between
Subfloor(floorindex) -->
    split(x){ 0.5 : Wall(1)
    | { ~tile_width : Tile(floorindex) }*
    | 0.5 : Wall(1) }

# a tile consists of a centered window element and
# wall elements left and right.
Tile(floorindex) -->
    case floorindex == 0 :
        split(x){ ~1 : SolidWall

```

```

        | door_width : DoorTile
        | ~1 : SolidWall }
    else :
        split(x){ ~1 : Wall(getStyle(floorindex))
        | window_width : WindowTile(floorindex)
        | ~1 : Wall(getStyle(floorindex)) }

# -----
# Windows
# -----

# different window ornaments for windowtiles on different floors
WindowTile(floorindex) -->
    case floorindex == 1 || floorindex == 999 || comp.sel ==
"side": Window
    case floorindex == 2 : Window t(0,'1,0) WindowOrnamentRound
    else : Window WindowLedge t(0,'1,0) WindowOrnamentTriangle

# set dimensions for the triangle window element and insert it
WindowOrnamentTriangle -->
    s('1.7, 1.2, 0.3) center(x) i(tri_wintop_asset) Wall(0)

# set dimensions for the triangle window element and insert it
WindowOrnamentRound -->
    s('1.7, 1.2, 0.4) center(x) i(round_wintop_asset) Wall(0)
    split(x){~1 : WindowMod | window_width : NIL | ~1:WindowMod }

WindowMod -->
    s(0.2,'1.3,'0.6) t(0,'-1,0) center(x) i(modillion_asset) Wall(0)

WindowLedge -->
    s('1.5, 0.2, 0.1) t(0,-0.2,0) center(x) i("builtin:cube") Wall(0)

Window -->
    s('1,'1,0.2) t(0,0,-0.2)
    t(0,0,0.02)
    [ i(window_asset) Wall(0) ]
    Glass

Glass -->
    setupProjection(0,scope.xy, scope.sx, scope.sy)
    set(material.colormap, getWindowTex(ceil(rand(7))))
    projectUV(0)

# -----
# Door
# -----

# The door tile is split vertically into door, arc and top area
DoorTile -->

    split(y){~1 : Door | scope.sx/2 : Arcs | 0.5 : Arctop}

```

```

Arctop -->
    Wall(1)
    s(0.5,'1,0.3) center(x) i(modillion_asset) Wall(1)

Arcs -->
    s('1,'1,wall_inset) t(0,0,-wall_inset)
    Doortop i("builtin:cube")
    split(x){ ~1 : ArcAsset
              | ~1 : r(0,0,-90) t('-1,0,0) ArcAsset}

Doortop -->
    setupProjection(0,scope.xy, scope.sx, scope.sy)
    set(material.colormap, doortop_tex)
    projectUV(0)

# inserts the actual arc asset
ArcAsset --> i(halfarc_asset) Wall(1)

# and geometry insert
Door -->
    //s('1,'1,0.1)
    t(0,0,-wall_inset)
    setupProjection(0,scope.xy, scope.sx*2, scope.sy)
    set(material.colormap, getDoorTex(ceil(rand(3))))
    projectUV(0)

# -----
# Ledges
# -----

TopLedge --> WallStripe

BottomLedge(floorindex) -->

    case floorindex == 1 : split(y){~1 : Wall(0) | ~1 :
s('1,'1,0.2) LedgeAsset}
    case floorindex == 999 : split(y){~1 : WallStripe | ~1 :
s('1,'1,0.2) LedgeAsset}
    else : WallStripe

WallStripe --> split(x){ 0.5 : Wall(1) | ~1 : Wall(2)|0.5 : Wall(1) }

LedgeAsset --> i(ledge_asset) Wall(0)

# -----
# Balcony
# -----

Balcony -->
    s('1,2,1) t(0,-0.3,0) i("builtin:cube")
    split(y){0.2 : BalconyBeams
             | 0.3 : BalconyFloor
             | 1 : RailingBox }

# The beams supporting the balcony are created with a repeating split

```



```

BalconyBeams -->
    split(x){ ~0.4 : s(0.2,'1','0.9) center(x) Wall(0) }*

# Get the front, left and right components (faces) of the RailingBox
shape
RailingBox -->
    comp(f){front : Rail | left : Rail | right : Rail} // | left :
Rail | right : Rail}}

# set rail dimensions and insert cube to create balcony rails
Rail -->
    s('1.1','1,0.1) t(0,0,-0.1) center(x) i("builtin:cube") Wall(0)

BalconyFloor --> Wall(0)

# -----
# Wall
# -----

getStyle(floorindex) =
    case floorindex == 0 : 1
    case floorindex == 1 : 1
    else : 2

Wall(type) -->

    case type == 1 :
        color(wallColor)
        set(material.colormap, wall_tex)
        set(material.dirtmap, dirt_tex)
        projectUV(0) projectUV(2)

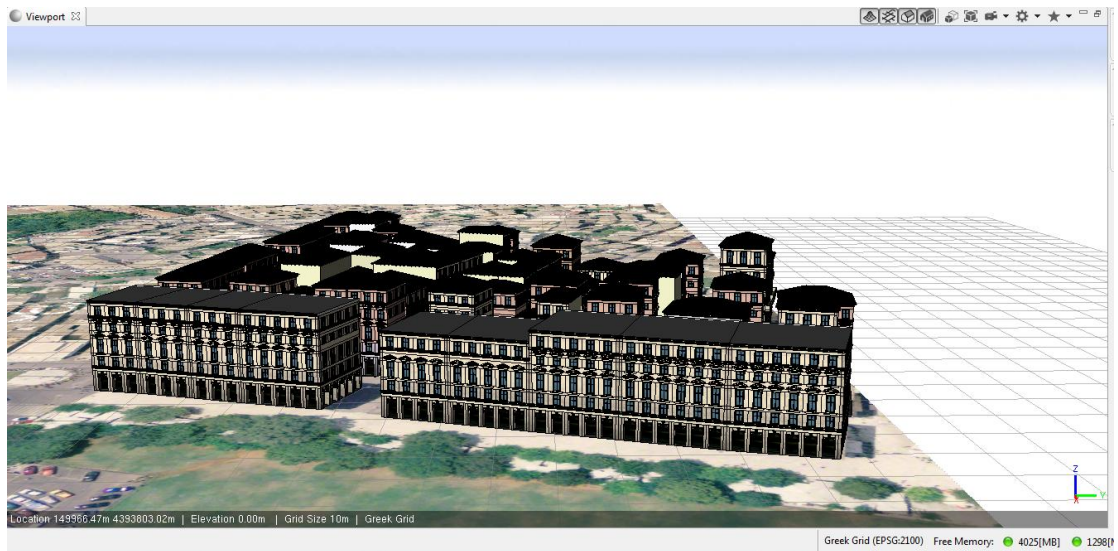
    case type == 2 :
        color(wallColor)
        set(material.colormap, wall2_tex)
        set(material.dirtmap, dirt_tex)
        projectUV(0) projectUV(2)

    else :
        color(wallColor)
        set(material.dirtmap, dirt_tex)
        projectUV(2)

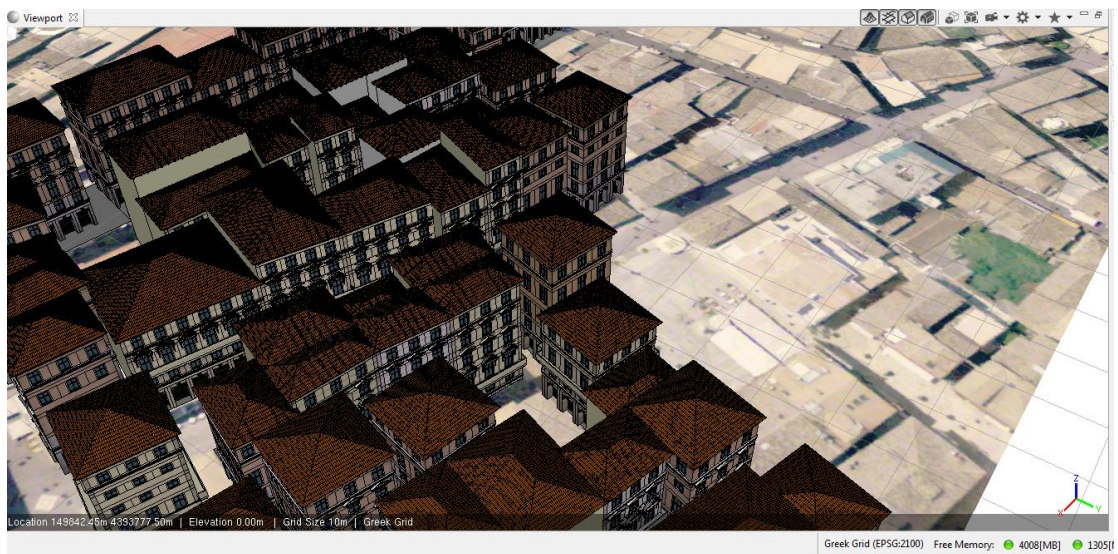
SolidWall -->
    s('1','1,wall_inset) t(0,0,-wall_inset)
    i("builtin:cube:notex")
    Wall(1)
    report("edges", 1)

```

Έτσι, χρησιμοποιώντας τα παραπάνω 3D μοντέλα, δημιουργήθηκε το τελικό μοντέλο μιας περιοχής της Παλιάς Πόλης της Κέρκυρας. Οι κανόνες CGA που παρουσιάστηκαν παραπάνω, δίνουν τη δυνατότητα τροποποίησης ανάλογα με την κάθε περίπτωση κτιρίου. Ακολουθούν εικόνες αυτού του τελικού μοντέλου :



Εικόνα 81 : Άποψη του 3D μοντέλου της Παλιάς Πόλης της Κέρκυρας



Εικόνα 82 : Άποψη του 3D μοντέλου της Παλιάς Πόλης της Κέρκυρας



Εικόνα 83 : Άποψη των 3D μοντέλων των κτιρίων στο CityEngine



Εικόνα 84 : Άποψη των 3D μοντέλων των κτιρίων στο CityEngine



Εικόνα 85 : Άποψη των 3D μοντέλων των κτιρίων



Εικόνα 86 : Άποψη των 3D μοντέλων των κτιρίων



Εικόνα 87 : Άποψη των 3D μοντέλων των κτιρίων



Εικόνα 88 : Άποψη των 3D μοντέλων των κτιρίων



Εικόνα 89 : Άποψη των 3D μοντέλων των κτιρίων



Εικόνα 90 : Άποψη των 3D μοντέλων των κτιρίων

### 7.3. Συμπεράσματα

Σε ένα εξελισσόμενο δομούμενο περιβάλλον, στο οποίο δημιουργείται μια αυξανόμενη μη συμβατική παραγωγή χώρου, είναι πλέον σαφές, ότι ένα 2D κτηματολόγιο, με μοναδικό επίπεδο αναφοράς το γεωτεμάχιο, δεν μπορεί να αντιμετωπίσει επιτυχώς τις περιπτώσεις πολλαπλής και σύνθετης χρήσης του χώρου. Ένα 2D κτηματολόγιο δεν μπορεί να αποδώσει ικανοποιητικά την απαραίτητη τρισδιάστατη απόδοση των χωρικών πληροφοριών. Στις μέρες μας, λόγω της εξέλιξης της τεχνολογίας και κατά συνέπεια της αντιμετώπισης πολλών προβλημάτων του παρελθόντος, αναπτύσσονται πολύ γρήγορα τεχνικές για 3D απεικόνιση και δημιουργία λεπτομερών 3D μοντέλων πόλεων, μεγάλης ακρίβειας, τα οποία είναι πολύ αντιπροσωπευτικά της πραγματικότητας. Οι τεχνικοί περιορισμοί στη χρήση της 3D πληροφορίας έχουν σχεδόν ξεπεραστεί και η ανάπτυξη των 3D αντικειμένων συνεχίζεται πολύ δυναμικά. Τα διάφορα λογισμικά και οι διάφορες τεχνολογίες που έχουν δημιουργηθεί για αυτό το σκοπό, έχουν άμεση σύνδεση μεταξύ τους και λόγω της διαλειτουργικότητάς τους, είναι δυνατός ο συνδυασμός αυτών, με συνέπεια καλύτερα και πιο ακριβή αποτελέσματα.

Τα χωρικά δεδομένα τριών διαστάσεων βρίσκουν χρησιμότητα σε πολλές εφαρμογές, ειδικά στις πόλεις, όταν για παράδειγμα είναι επιθυμητή η οπτική αναπαράσταση της φυσικής γήινης πραγματικότητας για το σχεδιασμό και την ανάπτυξη του περιβάλλοντα χώρου. Έτσι, και στο χώρο του κτηματολογίου, για τη βέλτιστη αναπαράσταση της ιδιοκτησίας είναι απαραίτητη η απεικόνιση των 3D κτηματολογικών αντικειμένων στον 3D κτηματολογικό χάρτη, στον οποίο φαίνεται η θέση και το περιεχόμενο των αντικειμένων και των ιδιοκτησιών στο χώρο. Οι απαιτήσεις της σύγχρονης πραγματικότητας μπορούν να ικανοποιηθούν από γεωμετρικά και τοπολογικά μοντέλα καταγραφής των τρισδιάστατων ακινήτων στον τρισδιάστατο χώρο.

Σε ένα κτηματολογικό σύστημα, η 3D απεικόνιση αποτελεί ένα από τα βασικότερα συστατικά. Οι ακριβείς 3D περιγραφές της ιδιοκτησίας αποτελούν επιτακτική ανάγκη για την καλύτερη δυνατή διαχείριση των ιδιοκτησιακών δικαιωμάτων. Απαιτήση όλων είναι η ανάπτυξη 3D μοντέλων της πραγματικότητας με μια στοιχειώδη απόδοση των υφών των κτιρίων, αφού και η τεχνολογική πρόοδος επιτρέπει υψηλότερη ακρίβεια και ποιότητα. Ένα ψηφιακό 3D κτηματολόγιο πρέπει να περιλαμβάνει 3D κτηματολογικά δεδομένα, καθώς και εφαρμογές και συστήματα απεικόνισης στις τρεις διαστάσεις. Οι εξελίξεις στην 3D απεικόνιση στον τομέα του 3D κτηματολογίου είναι ραγδαίες και πολύ θετικές. Ωστόσο, αυτές οι εξελίξεις πρέπει να συνοδεύονται από αντίστοιχη πρόοδο στη διαχείριση των βάσεων δεδομένων και στη συνεπή 3D τοπολογία και γεωμετρία.

Ύστερα από την παραπάνω εφαρμογή στο CityEngine διαπιστώνεται ότι το λογισμικό αυτό μπορεί να ικανοποιήσει σε μεγάλο βαθμό τις απαιτήσεις του 3D κτηματολογίου για ρεαλιστική και γρήγορη μοντελοποίηση. Το CityEngine είναι ένα ισχυρό λογισμικό για την παραγωγή ρεαλιστικών 3D μοντέλων πόλης και τοπίων από 2D δεδομένα Σ.Γ.Π., όπως shapefiles και γεωβάσεις. Η δημιουργία των μοντέλων γίνεται με ταχύτητα και ειδικά αν ο χρήστης δουλεύει με περιγράμματα κτιρίων, των οποίων τα ύψη περιέχονται σε έναν πίνακα ιδιοτήτων, ένα χαμηλής λεπτομέρειας μοντέλο μεγαλούπολης μπορεί

να γίνει μέσα σε λίγα λεπτά. Επίσης, το CityEngine είναι πολύ χρήσιμο για την παραγωγή εσωτερικών τοίχων, κρασπέδων, κάγκελων και άλλων μικρότερων λεπτομερειών του μοντέλου. Αυτή είναι μια ιδιότητα που θα βελτιωθεί σε μελλοντικές εκδόσεις. Ένα πολύ σημαντικό στοιχείο είναι το γεγονός, ότι το συγκεκριμένο λογισμικό εμφανίζει υψηλό επίπεδο διαλειτουργικότητας με το ArcMap και το ArcScene. Τα 3D μοντέλα, όμως, που δημιουργούνται μέσω του CityEngine, εξάγονται σε μια νέα γεωβάση σε γεωμετρία Multipatch και δεν είναι δυνατή η περαιτέρω επεξεργασία τους σε περιβάλλον Σ.Γ.Π.. Άρα, το λογισμικό πρέπει να εισχωρήσει περισσότερο στις λειτουργίες του ArcScene και γενικά πολλά από τα χαρακτηριστικά του πρέπει να εξελιχθούν περαιτέρω, ώστε να αξιοποιεί πλήρως τις δυνατότητές του.

Μια άλλη δυνατότητα του CityEngine, η οποία είναι πολύ χρήσιμη για το 3D κτηματολόγιο, είναι η λεπτομερής 3D οπτικοποίηση εσωτερικών χώρων. Ο χρήστης, έχοντας για παράδειγμα μια κάτοψη ενός διαμερίσματος, μπορεί να δημιουργήσει το 3D μοντέλο αυτού του διαμερίσματος και δημιουργώντας έναν πίνακα ιδιοτήτων, μπορεί να χαρακτηρίσει τους διαφορετικούς χώρους μέσα σε κάθε διαμέρισμα. Αυτό μπορεί να επαναληφθεί για όλα τα διαμερίσματα σε μια πολυώροφη πολυκατοικία, με αποτέλεσμα να δημιουργηθεί ένα ολοκληρωμένο 3D μοντέλο των εσωτερικών χώρων μιας σύνθετης κατασκευής. Λόγω αυτής της δυνατότητας, μπορούμε να πούμε, ότι το CityEngine μπορεί να συμβαδίσει με τις προδιαγραφές του CityGML. Το CityGML, όπως έχει ήδη αναφερθεί, είναι το νεότερο πρότυπο για απεικόνιση πραγματικής 3D πληροφορίας και ένα διεθνές πρότυπο για την αναπαράσταση και ανταλλαγή 3D σημασιολογικών μοντέλων πόλης και τοπίων. Το CityEngine, λοιπόν, μπορεί να ορίσει τη σημασιολογία των αντικειμένων και να φτάσει σε επίπεδο λεπτομέρειας LOD4, το οποίο σύμφωνα με όσα έχουν αναφερθεί για το CityGML, ολοκληρώνει το LOD3 (υποδηλώνει αρχιτεκτονικό μοντέλο με πληροφορίες για τους τοίχους, τις πόρτες, τα παράθυρα και τις οροφές), προσθέτοντας εσωτερικά στοιχεία, όπως δωμάτια, σκάλες, ταβάνι και έπιπλα.

Όσον αφορά στην κανονιστική μοντελοποίηση, συμπεραίνεται ότι είναι μια πολύ χρήσιμη μέθοδος σε εφαρμογές που είναι δύσκολο και χρονοβόρο να δημιουργηθεί ένα 3D μοντέλο με χρήση γενικών τεχνικών 3D μοντελοποίησης ή όταν απαιτούνται πιο εξειδικευμένα εργαλεία. Η κανονιστική μοντελοποίηση με τη χρήση CGA Shape Grammar χρειάζεται μικρή γνώση προγραμματισμού και είναι ένα καλό σημείο εκκίνησης για όσους αναγκάζονται ή ενδιαφέρονται να μάθουν γλώσσες προγραμματισμού κατά τη χρήση τους στα GIS. Η δυνατότητα καθορισμού των όρων δόμησης μέσω παραμέτρων και η τροποποίησή τους στον πλοηγό (navigator), δείχνει άμεσα ότι είναι ένας έξυπνος τρόπος να κάνει κανείς εικονικό προγραμματισμό. Οι CGA κανόνες έχουν πολλά πλεονεκτήματα, γιατί γίνεται ταχεία και λεπτομερής απεικόνιση των αστικών σχεδίων, συμπεριλαμβανομένων των κτιρίων, των δρόμων, των τοποθεσιών και της βλάστησης. Τέλος, η κανονιστική μοντελοποίηση εφαρμόζει καλύτερα σε αστικά περιβάλλοντα, στα οποία παρατηρείται επαναληπτικότητα των δομών και των μοτίβων στις όψεις των κτιρίων, όπως συμβαίνει και στην Παλιά Πόλη της Κέρκυρας.



## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. Ammar, R., Neeraj, D., (2013). «SLRB Bahrain– 3D Property Registration System», Bahrain
2. Arens, C., Stoter, J., Van Oosterom, P., (2005). «Modeling 3D spatial objects in a geo-DBMS using a 3D primitive», Computers & Geosciences, (pp. 165-177)
3. Beirão, J., Montenegro, N., Arrobas, P., (2012). «City Information Modeling : parametric urban models including design support data», TU Delft
4. Benhamu, M., Doytsher, Y., (2003). «Toward a spatial 3D cadastre in Israel», Computers, Environment and Urban Systems, (pp. 359-374)
5. Breunig, M., Zlatanova, S., (2011). «3D geo-database research: Retrospective and future directions», Germany (pp. 791- 803)
6. Bydłosz, J., Ph. D., (2013). «Transition of 2D Cadastral Objects into 3D ones», AGH University of Science and Technology, Poland
7. Dimopoulou, E., Gavanas, I., Zentelis, P., (2006). «3D Registrations in the Hellenic Cadastre», Greece
8. Döllner, J., Baumann, K., & Buchholz, H., (2006). «Virtual 3D city models as foundation of complex urban information spaces», Vienna, Austria
9. Dore, C., & Murphy B., (2013). «Semi-Automatic Modeling of Building Facades with Shape Grammars using Historic Building Information Modeling», (pp 57-64)
10. Edvardsson, K., (2013). «3D GIS modeling using ESRI's CityEngine», Spain
11. Elizarova, G., Sapelnikov, S., Vandysheva, N., Van Oosterom, P., Stoter, J., (2012). «Russian-Dutch Project : 3D Cadastre Modeling in Russia», China
12. Erba, A., (2012). «Application of 3D Cadastres as a Land Policy Tool», Lincoln Institute of Land Policy
13. Gal, O., Doytsher, Y. (2012). «Spatial 3D Analysis of Built-up Areas», Israel
14. García, J., Soriano, L., Varés, A.. «3D Modeling and Representation of the Spanish Cadastral Cartography and the INSPIRE buildings model»

15. Garcia- Dorado, I., Demir, I., Aliaga, D., (2013). «Automatic Urban Modeling using Volumetric Reconstruction with Surface Graph Cuts», Purdue University, USA
16. Ghawana, T., Hespanha, J., Khandelwal, P., Van Oosterom, P., (2013). «3D Cadastral Complexities in Dense Urban Areas of Developing countries: Case Studies from Delhi and Satellite Towns»
17. Goswell, P., & Jo, J., (2012). «Real-Time 3D City Generation using Shape Grammars with LOD Variations», World Academy of Science, Engineering and Technology
18. Gröger, G., Kutzner, T., Kolbe, T., (2013). «A CityGML-based encoding for the INSPIRE Data Specification on Buildings», Italy
19. Halatsch, J., Kunze, A., Schmitt, G., (2008). «Using Shape Grammars for Master Planning», ETH Zurich, Switzerland
20. INSPIRE, (2013). «D2.8.III.2 Data Specification on Buildings– Draft Technical Guidelines»
21. Jarroush, J., & Even-Tzur, G., (2004). «Constructive solid geometry as the basis of 3D future cadastre», Proceedings of FIG working Athens, Greece
22. Karki, S., Thompson, R., McDougall, K., (2010). «Data validation in 3D cadastre», Berlin (pp. 92- 122)
23. Kolbe, T., Gröger, G., Plümer, L., (2005). «CityGML- Interoperable Access to 3D City Models», Germany
24. Kolbe, T., (2009). «Representing and exchanging 3D city models with CityGML», 3D Geo-Information Sciences, LNG&C, Springer Verlag, (pp. 15-31)
25. Kolbe, T., Nagel, C., Herreruella, J., König, G., (2013). «3D City Database for CityGML», Institute for Geodesy and Geoinformation Science Technische Universität Berlin
26. Lee, J. & Zlatanova, S., (2008). «A 3D data model and topological analyses for emergency response in urban areas». London, (pp. 143–168)
27. Lemmen, C., van Oosterom, P., Thompson, R., Hespanha, J. P., & Uitermark, H., (2010). «The modeling of spatial units (parcels) in the Land Administration Domain Model (LADM)», Sydney, Australia
28. Maren, G., Shephard, N., Schubiger, S., (2012). «Developing with Esri CityEngine», California Gert

29. Muller, P., Wonka, P., Haegler, S., Ulmer, A., Gool, L.V., (2006). «Procedural Modeling of Buildings»
30. Oliveira, M., (2002). «Image-Based Modeling and Rendering Techniques: A Survey», Brasil
31. Papaefthymiou, M., Labropoulos, T., Zentelis, P., (2004). «3D Cadastre in Greece– Legal, Physical and Practical Issues Application on Santorini Island», Greece
32. Parish, Y., Muller, P., (2001). «Procedural modeling of cities», ETH Zürich, Switzerland
33. Rajabifard, A., Kalantari, M., Williamson, I., (2012). «Land and Property Information in 3D», Australia
34. Rokos, D., (2001). «Conceptual Modeling of Real Property Objects for the Hellenic Cadastre», Delft, The Netherlands
35. Shashi, M., Kamal, J., (2007). «Use of photogrammetry in 3D modeling and visualization of buildings»
36. Shephard, N., (2012). «New, insightful ways to describe the world», 3D Visualization Product Engineer Lead, (pp. 6- 9)
37. Siew, C., Abdul Rahman, A., (2012). « Compression Techniques for 3D SDI», Malaysia
38. Stoter, J.E., H.D. Ploeger, (2003). «Property in 3D-registration of multiple use of space : current practice in Holland and the need for a 3D cadastre», Computers, Environment and Urban Systems
39. Stoter, J., (2004). «3D Cadastre», Technische Universiteit Delft
40. Stoter, J., Hendrik, P., Louwman, W., Van Oosterom, P., Wunsch, B., (2011). «Registration of 3D situations in land administration in the Netherlands», Delft, The Netherlands
41. Tomić, H., Roić, M., Mastelić Ivić, S., (2012). «Use of 3D Cadastral Data for Real Estate Mass Valuation in the Urban Areas», Croatia
42. Tsiliakou, E., Dimopoulou, E. (2011). «Adjusting the 2D Hellenic Cadastre to the Complex 3D World– Possibilities and Constraints», Greece (pp. 115-136)
43. Zlatanova, S., Billen, R., (2003). «3D spatial relationships model : a useful concept for 3D cadastre?», The Netherlands
44. Zlatanova, S., Emgard, K. L., (2007). «Design of an integrated 3D information model», London

45. Zlatanova, S., Kibria, M. S., Itard, L., van Dorst, M., (2009). «GeoVEs as tools to communicate in Urban Projects: requirements for functionality and visualization», (pp. 379- 395)
46. Αγοροπούλου- Μπιρμπίλη, Α., (2002). «Κέρκυρα, Αστική Αρχιτεκτονική Περίοδος Αγγλοκρατίας», Αθήνα
47. Γαβανάς, Η., (2005). «3D Γ.Σ.Π. Μοντέλα Κτηματολογικής Καταγραφής- Διεθνής εμπειρία και Δυνατότητα Εφαρμογής στο Εθνικό Κτηματολόγιο», Διπλωματική εργασία, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Ε.Μ.Π., Αθήνα
48. Δημοπούλου, Ε., (2006). «Υποθηκοφυλακεία και Κτηματολογικά Γραφεία», Σημειώσεις από τις παραδόσεις του μαθήματος Κτηματολόγιο, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Αθήνα
49. Δημοπούλου, Ε., (2010). «3D Καταγραφές στο Εθνικό Κτηματολόγιο», Σημειώσεις από τις παραδόσεις του μαθήματος θέματος Ανάπτυξη & Διαχείριση Συστημάτων Κτηματολογίου, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Αθήνα
50. Ζεντέλης Π., (2011). «Περί Κτημάτων Λόγος και Κτηματολόγιο», Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα
51. Ντόκου, Α., (2004). «Χωρικές διαδικασίες τεκμηρίωσης τρισδιάστατης πληροφορίας ιδιοκτησιακών αντικειμένων», Βόλος
52. Παπαευθυμίου, Μ., (2003). «Προοπτικές Μετάβασης σε Μοντέλο Τρισδιάστατης Κτηματολογικής Καταγραφής», Διπλωματική Εργασία, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Ε.Μ.Π., Αθήνα
53. Σκούρτης, Κ., (2005). «ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΕΘΝΙΚΟΥ ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ ΣΤΗΝ ΚΕΡΚΥΡΑ», Τ.Ε.Ε. Τμήμα Κέρκυρας
54. Σπίγγος Σ., (2006). «Προβλήματα Εθνικού Κτηματολογίου στην Κέρκυρα», Τ.Ε.Ε. Τμήμα Κέρκυρας

## **Ιστογραφία**

<http://www.academia.edu>

<http://www.citygml.org>

<http://www.corfu.gr>

<http://www.esri.com>

<http://www.esri.com/software/cityengine>

<http://el.wikipedia.org>

<http://www.gdmc.nl/zlatanova/publications.htm>

<http://www.gdmc.nl/3DCadastres>

<http://www.ktimatologio.gr>

<http://www.okxe.gr>

<http://resources.arcgis.com>

<http://www.tekerk.gr>

<http://www.wikipedia.org>

<http://www.3dcitydb.net/3dcitydb/publications>