



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ,  
ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΑΣ & ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ  
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ: ΧΩΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ  
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

## **Δημιουργία 3D Μοντέλου Πόλης με Πολεοδομική Νομοθεσία Μελέτη Περίπτωσης: η πόλη του Βόλου**



**Διπλωματική Εργασία  
Καραπατή Βιργινία-Μαρία**

**Επιβλέπων Καθηγητής: Λαλένης Κωνσταντίνος**

**Βόλος, Ιούνιος 2018**



**UNIVERSITY OF THESSALY  
SCHOOL OF ENGINEERING**

**DEPARTMENT OF PLANNING  
AND REGIONAL DEVELOPMENT**

**MASTER IN SPATIAL ANALYSIS  
AND ENVIRONMENTAL MANAGEMENT**

**Creation of a 3D City Model and Planning Legislation:  
A Case Study of the City of Volos**



**Editor: Karapati Maria-Virginia**

**Supervisor: Lalenis Konstantinos**

**Volos, June 2018**

*Αφιερωμένο στους γονείς μου*

---

<b>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ</b> .....	1
<b>ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ</b> .....	4
<b>ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ</b> .....	7
<b>ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ</b> .....	7
<b>ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΑΚΡΩΝΥΜΙΩΝ</b> .....	8
<b>ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ</b> .....	11
<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b> .....	12
<b>ABSTRACT</b> .....	12
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1</b> .....	13
<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	13
1.1 ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΑ ΑΣΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ.....	13
1.2 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ ΤΗΣ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ .....	16
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2</b> .....	18
<b>ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ 3D ΑΣΤΙΚΩΝ ΥΠΟΔΕΙΓΜΑΤΩΝ</b> .....	18
2.1 ΧΩΡΟΤΑΞΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΚΑΙ ΑΣΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ .....	19
2.2 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ – ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ.....	27
2.3 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΩΝ .....	36
2.4 ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ.....	39
2.5 ΤΟΥΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΔΕΙΞΗ .....	45
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3</b> .....	53

---

<b>ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ</b> .....	53
3.1 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑ ΚΑΙ ΣΓΠ.....	53
3.1.1 ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΜΕΡΗ ΚΑΙ ΒΑΣΙΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΣΓΠ.....	54
3.1.2 ΨΗΦΙΑΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΔΑΦΟΥΣ .....	56
3.1.3 ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΑ ΣΓΠ –WEBGIS .....	57
3.1.4 GISCLOUD .....	60
3.2 ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΣΓΠ .....	61
3.2.1 ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΑΥΤΟΜΑΤΟΠΟΙΗΜΕΝΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ 3D ΑΣΤΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ.....	65
3.3 ΣΤΑΔΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ ΑΥΤΟΜΑΤΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ ΑΥΘΑΙΡΕΤΗΣ ΔΟΜΗΣΗΣ.....	70
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4</b> .....	73
<b>ΝΟΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ</b> .....	73
4.1 ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ .....	73
4.2 ΟΡΟΙ ΝΟΜΙΜΟΤΗΤΑΣ ΚΤΗΡΙΩΝ.....	85
4.3 Η ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ .....	89
4.4 ΑΥΘΑΙΡΕΤΗ ΔΟΜΗΣΗ .....	94
4.5 ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΑΝΕΠΤΥΓΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΜΗ ΑΝΕΠΤΥΓΜΕΝΩΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΩΝ ΧΩΡΩΝ .....	99
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5</b> .....	105

---

<b>ΕΦΑΡΜΟΓΗ – ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ Η ΠΟΛΗ ΤΟΥ ΒΟΛΟΥ</b> .....	105
5.1 ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ .....	105
5.2 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ .....	113
<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ</b> .....	115
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ</b> .....	118
1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΣΓΠ ΚΑΙ ΛΟΓΙΣΜΙΚΩΝ CAD .....	118
<i>1.1.1 ΠΕΔΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΩΝ ΣΓΠ</i> .....	121
<i>1.1.2 ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΥΠΟΥ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ</i> .....	130
1.2 ΛΟΓΙΣΜΙΚΑ 3D ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ .....	130
<i>1.2.1 CITYGML</i> .....	131
<i>1.2.2 BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)</i> .....	131
<i>1.2.3 SKETCHUP PRO / OPEN SOURCE GOOGLE SKETCHUP</i> .....	132
<i>1.2.4 ARCGIS 3D ANALYST, ESRI</i> .....	133
<i>1.2.5 ΛΟΓΙΣΜΙΚΑ CAD</i> .....	133
<i>1.2.6 CITY PLANNER</i> .....	134
<i>1.2.7 CITYENGINE ΤΗΣ ESRI</i> .....	134
<b>ΕΛΛΗΝΙΚΗ – ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b> .....	137

---

**ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ**

**Εικόνα 1:** Μελέτη με χρήση ημιδιάφανου 3D μοντέλου του κέντρου της πόλης, όπου απεικονίζεται η διαφορά ανάμεσα στα ήδη υπάρχοντα και στα επιτρεπόμενα ύψη κτηρίων, στην πόλη του Φορτ Γουορθ, Τέξας.

**Εικόνα 2:** Τα μοντέλα κτηρίων στο κέντρο του Φορτ Γουορθ έχουν αποτελέσει αντικείμενο μελέτης όσον αφορά την ισχύουσα πολεοδομική ζώνη, τις μελλοντικές και τωρινές χρήσεις γης, το εμβαδό των κτηρίων και τον αριθμό των ορόφων.

**Εικόνες 3-4:** Desert City. Τρισδιάστατες απεικονίσεις σχολείου και γηπέδου ποδοσφαίρου.

**Εικόνα 5:** Desert City. Τρισδιάστατη απεικόνιση της πόλης.

**Εικόνα 6:** Πολεοδομικό σχέδιο της περιοχής Χάφεν Σίτι, στο Αμβούργο.

**Εικόνα 7:** Τρισδιάστατο αστικό μοντέλο του Χάφεν Σίτι στο Αμβούργο.

**Εικόνα 8:** Χρήση τρισδιάστατου μοντέλου του Σικάγο για την οπτικοποίηση-ανάλυση των δυναμικών επιπτώσεων του κατευθυντήριου άξονα του σχεδίου.

**Εικόνες 9-10:** Τεχνική φωτομοντάζ υπό διαφορετικές κλίμακες και επίπεδα λεπτομέρειας για τον υπολογισμό των ορατών επιπτώσεων της προτεινόμενης επέκτασης του κέντρου του Σικάγο σε τοπικό επίπεδο.

**Εικόνα 11:** Τρισδιάστατο μοντέλο της πόλης του Βερολίνου.

**Εικόνα 12:** Εκτίμηση κατανομής των θερμοκρασιών από το αμιγώς αγωγίμο Μοντέλο Α (αριστερά) και από το συζευγμένο Μοντέλο Β (δεξιά) σε επιλεγμένα σταθερά επίπεδα βάθους (κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας): α) θερμοκρασίες σε βάθος 3.000 μ., β) θερμοκρασίες σε βάθος 4.000 μ., γ) θερμοκρασίες σε βάθος 6.000 μ., που χρησιμοποιούνται ως το χαμηλότερο θερμικό όριο για τις συζευγμένες θερμικές προσομοιώσεις.

**Εικόνες 13-15:** Τρισδιάστατες απεικονίσεις του Βερολίνου για την αξιολόγηση ενεργειακών αναγκών και προοπτικών των κτηρίων.

**Εικόνα 16:** Με τη χρήση της τεχνολογίας ρομποτικής και lidar, οι ερευνητές της Penbay δημιούργησαν έναν ακριβή χάρτη της υπόγειας υποδομής του κέντρου της Φιλαδέλφειας, που συνδέει ορισμένα κτήρια στη Market Street.

**Εικόνα 17:** Η νέα βάση δεδομένων περιλαμβάνει στοιχεία του εσωτερικού των κτηρίων και της τεράστιας υπόγειας υποδομής του κέντρου της Φιλαδέλφειας.

**Εικόνα 18:** Τρισδιάστατο μοντέλο της παράκτιας πόλης του Παντάνγκ.

**Εικόνα 19:** Επικάλυψη της έκτασης του μοντέλου-τσουνάμι και το ύψος της πλημμύρας με διαβαθμισμένα κτήρια στο Παντάνγκ.

**Εικόνα 20:** Η Χονολούλου μέσα από το CityEngine, όπου παρουσιάζονται τα επίπεδα της κεντρικής σιδηροδρομικής γραμμής, παρέχοντας σε κατοίκους και σχεδιαστές μια δυναμική άποψη των δυνητικών αλλαγών στην πόλη.

**Εικόνα 21:** Προετοιμασία 3D μοντέλου της Χονολούλου για εκτύπωση και προβολή ολογραφικού τύπου.

**Εικόνα 22:** Εκτίμηση της ηλιακής ακτινοβολίας σε κτήρια του κεντρικού Μανχάταν, Ν. Υόρκη.

**Εικόνα 23:** Τρισδιάστατο μοντέλο κτηρίων της πόλης της Ν. Υόρκης.

**Εικόνα 24:** Τρισδιάστατη ιδεατή αναπαράσταση των γλυπτών του Παρθενώνα.

**Εικόνα 25:** Τρισδιάστατη αναπαράσταση της σημερινής μορφής του Παρθενώνα από το Πανεπ/μιο της Ν. Καλιφόρνιας και το Ινστιτούτο Δημιουργικών Τεχνολογιών.

**Εικόνα 26:** Αποκατάσταση του Παρθενώνα στην αρχαία Ακρόπολη.

**Εικόνα 27:** Πλάνα από κινούμενες εικόνες, όπου απεικονίζεται η δυτική ζωφόρος που τοποθετήθηκε ψηφιακά στον Παρθενώνα. Η διαμόρφωση έγινε από αρχιτεκτονικά σχέδια του Μανώλη Κορρέ και η χαρτογράφηση με το χέρι.

**Εικόνα 28:** Τρισδιάστατο ψηφιακό μοντέλο του λίθου VI της ανατολικής ζωφόρου του Παρθενώνα, με ενδείξεις των αποκλίσεων από την κατακόρυφο του εδάφους του αναγλύφου.

**Εικόνα 29:** Στερεοσκοπική απόδοση όγκου κτισμάτων για το Δήμο Πατρέων, με χρήση δορυφορικών εικόνων υψηλής ανάλυσης GeoEye-1.

**Εικόνα 30:** Μέσω της τρισδιάστατης σάρωσης με λέιζερ αποτυπώθηκαν και τα αρχαιολογικά χαρακτηριστικά της ακτής (λευκό χρώμα), που περιλαμβάνονται στο 3D μοντέλο της της Αλέτ.

**Εικόνα 31:** Χάρτης GIS, που λειτουργεί με οικονομικές, δημογραφικές και άλλες παραμέτρους.

**Εικόνα 32:** Χάρτης Οικιστικής Πυκνότητας για λήψη αποφάσεων, π.χ. ανάπτυξη υποδομών ΟΤΑ.

**Εικόνα 33:** Χάρτης Πυκνότητας Πληθυσμού.

**Εικόνα 34:** Λειτουργία WeBGIS.



**Εικόνα 35:** Παράδειγμα κανόνα CGA στο 3D λογισμικό CityEngine της ESRI και αποτέλεσμα εκτέλεσης του κανόνα.

**Εικόνα 36:** Παράδειγμα εφαρμογής της τεχνολογίας LIDAR σε 3D μοντέλο τμήματος της ιταλικής πόλης Πάβια.

**Εικόνα 37** Αεροφωτογραφία Oblique Imagery (Eagle View).

**Εικόνα 38:** Στους ήδη κυρωμένους δασικούς χάρτες στο πρώτο 32%, που αντιστοιχεί στο 1/3 της χώρας μας, οι οικιστικές πυκνώσεις ανέρχονται σε 75.593 στρέμματα.

**Εικόνα 39:** Περιοχή μελέτης Αναύρου Βόλου.

**Εικόνα 40:** Σχεδίαση στο QGIS 2.16.3.

**Εικόνα 41:** Βάση δεδομένων των shapefiles.

**Εικόνα 42:** Ψηφιοποίηση πολεοδομικών αδειών.

**Εικόνα 43:** Προοπτική άποψη κτηρίου περιοχής μελέτης.

**Εικόνα 44:** Εφαρμογή κανόνα CGA και δημιουργία 3D κτηρίων.

**Εικόνα 45:** Κτήριο με πιθανή αυθαιρεσία.

**Εικόνα 46:** Σύγκριση πολεοδομικού σχεδίου με φωτογραφία του κτηρίου.

**Εικόνα 47:** Παραμόρφωση αεροφωτογραφίας κατά την εισαγωγή στο λογισμικό CityEngine.

**Εικόνα 48:** Παρουσίαση των αντικειμένων της εικόνας (1) 'Real World' σε μορφή κανάβου (2) και διανύσματος (3).

**Εικόνα 49:** Διαφορετικοί τρόποι γραφικής παρουσίασης δεδομένων από α) διανυσματικά μοντέλα – αριστερά και β) μοντέλα μορφής κανάβου – δεξιά.

**Εικόνα 50:** Υπηρεσία GSA, ΗΠΑ. Η χρήση του 3D λέιζερ παρείχε πληροφορίες για το «πραγματικό» και το ψηφιακό μοντέλο, αντίστοιχα. Αριστερά: Το πραγματικό κτήριο. Κέντρο: καταγραφή 3D λέιζερ. Δεξιά: μοντέλο BIM.

---

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

**Πίνακας 1:** Παραδείγματα διαφορετικών δεδομένων, που έχουν συλλεχθεί για δύο διαφορετικές χρήσεις από ερευνητές διάφορων επιστημονικών πεδίων.

**Πίνακας 2:** Κλασική Φωτογραμμετρία vs LIDAR.

**Πίνακας 3:** Συνολική οικοδομική δραστηριότητα κατά Περιφέρεια για το μήνα Ιανουάριο των ετών 2017 και 2018.

**Πίνακας 4:** Αριθμός δηλώσεων αυθαιρέτων ανά Περιφέρεια.

**Πίνακας 5:** Παραδείγματα ερωτημάτων που απαντώνται από ένα ΣΓΠ.

**Πίνακας 6:** Βασικές λειτουργίες ΣΓΠ και παραδείγματα αυτών.

**Πίνακας 7:** Σύγκριση λειτουργιών ΣΓΠ και παραδοσιακών χαρτογραφικών μεθόδων.

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

**Διάγραμμα 1:** Αυτοματοποιημένη Παραγωγή 3D Αστικού Μοντέλου.

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΑΚΡΩΝΥΜΙΩΝ

ΑΕΠ	Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν
ΑΠΘ	Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
β.δ.	βασιλικό διάταγμα
ΓΟΚ	Γενικός Οικοδομικός Κανονισμός
ΓΠΣ	Γενικό Πολεοδομικό Σχέδιο
ΓΠΧΣΑΑ	Γενικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης
ΓΣΠ	Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών
ΓΥΣ	Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού
ΕΕ	Ευρωπαϊκή Ένωση
ΕΛΣΤΑΤ	Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία
ΕΜΠ	Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
ΕΠΠ	Εισφορά Περιβαλλοντικού Ισοζυγίου
ΕΠΑ	Επιχείρηση Πολεοδομικής Ανασυγκρότησης
ΕΠΟ	Εκτίμηση Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων
ΕΠΧΣΑΑ	Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης
ΕΣΠΑ	Εθνικό Στρατηγικό Πλαίσιο Αναφοράς
ΕΧΣ	Ειδικά Χωρικά Σχέδια
ΖΟΕ	Ζώνες Οικιστικού Ελέγχου
Η.Β.	Ηνωμένο Βασίλειο
Η/Υ	Ηλεκτρονικός Υπολογιστής
ΙΓΜΕ	Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών
ΚΕΣΑ	Κεντρικό Συμβούλιο Αρχιτεκτονικής
ΚΕΣΑΑ	Κεντρικό Συμβούλιο Αρχιτεκτονικής Αιγαίου
ΚΕΣΑΜΑΘ	Κεντρικό Συμβούλιο Αρχιτεκτονικής Μακεδονίας-Θράκης
ΚΕΣΥΠΟΘΑ	Κεντρικό Συμβούλιο Πολεοδομικών Θεμάτων και Αμφισβητήσεων
ΚΕΣΥΠΟΘΑΑ	Κεντρικό Συμβούλιο Πολεοδομικών Θεμάτων και Αμφισβητήσεων Αιγαίου
ΚΕΣΥΠΟΘΑΜΑΘ	Κεντρικό Συμβούλιο Πολεοδομικών Θεμάτων και Αμφισβητήσεων Μακεδονίας-Θράκης
ΚΠΣ	Κοινοτικό Πλαίσιο Στήριξης
ΜΣΔ	Μεταφορά Συντελεστή Δόμησης
ΜΠΕ	Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων
ν.δ.	νομοθετικό διάταγμα
ΝΜΑΑ	Νέο Μουσείο Ακρόπολης των Αθηνών

ΝΟΚ	Νέος Οικοδομικός Κανονισμός
ΟΗΕ	Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών
ΟΤ	Οικοδομικό Τετράγωνο
ΟΤΑ	Οργανισμός Τοπικής Αυτοδιοίκησης
π.δ.	προεδρικό διάταγμα
ΠΕΡΠΟ	Περιοχές Ειδικά Ρυθμιζόμενης Πολεοδόμησης
ΠΕΣΑ	Περιφερειακά Συμβούλια Αρχιτεκτονικής
ΠΕΣΥΠΟΘΑ	Περιφερειακά Συμβούλια Πολεοδομικών Θεμάτων και Αμφισβητήσεων
ΠΜ	Πολεοδομική Μελέτη
Π.Π.	Παγκόσμιος Πόλεμος
ΠΠΧΣ	Περιφερειακά Πλαίσια Χωροταξικού Σχεδιασμού
ΡΣ	Ρυθμιστικά Σχέδια
ΡΣΕ	Ρυμοτομικά Σχέδια Εφαρμογής
ΣΑ	Συμβούλια Αρχιτεκτονικής
ΣΓΠ	Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών
σ.δ.	συντελεστής δόμησης
σ.ο.ε.	συντελεστής κατ' όγκο εκμετάλλευσης
ΣΠΕ	Στρατηγική Περιβαλλοντική Εκτίμηση
ΣΥΠΟΘΑ	Συμβούλια Πολεοδομικών Θεμάτων και Αμφισβητήσεων
ΣΧΟΟΑΠ	Σχέδιο Χωρικής και Οικιστικής Οργάνωσης Ανοικτής Πόλης
ΤΕΕ	Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας
Τράπεζα ΔΔΚΧ	Τράπεζα Δικαιωμάτων Δόμησης και Κοινόχρηστων Χώρων
ΤΧΣ	Τοπικά Χωρικά Σχέδια
ΥΔΟΜ	Υπηρεσίες Δόμησης
ΥΠΕΝ	Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας
ΥΠΕΧΩΔΕ	Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων
ΦΕΚ	Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως
ΨΜΑ	Ψηφιακό Μοντέλο Αναγλύφου
ΨΜΕ	Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους

AM/FM	Automated Mapping / Facilities Management
API	Application Programming Interface
BIM	BUILDING INFORMATION MODELING
CAD	Computer-aided Design
CGA	Computer Generated Architecture
CGIS	Canada Geographic Information System
DBMS	Data Base Management Systems
DEM	Digital Elevation Model
DTM	Digital Terrain Model
ESPON	European Observation Network
ESRI	Environmental Systems Research Institute
EU	European Union
GPS	Global Positioning System
GSA	General Services Administration
IBM	Image Based Modelling
LIDAR	Light Detection And Ranging
LOD	Levels of Detail
OGC	Open Geospatial Consortium
SQL	Structured Query Language
TOD	Transit Oriented Development

---

**ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Για την εκπόνηση της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας, ιδιαίτερα σημαντική ήταν η συμβολή ορισμένων ανθρώπων, τους οποίους θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά, καθώς με την πολύτιμη βοήθειά τους επιτεύχθηκε η ολοκλήρωση του κύκλου των μεταπτυχιακών μου σπουδών, αποκομίζοντας σημαντικές γνώσεις πάνω στο αντικείμενο των GIS, τομέας που θέλω να αποτελέσει τον θεμέλιο λίθο της επαγγελματικής μου σταδιοδρομίας.

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Λαλένη Κωνσταντίνο, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε ως προς τη διεκπεραίωση αυτής της εργασίας και για την πολύτιμη καθοδήγησή του.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω, επίσης, τον κ. Μανέτο Παναγιώτη, μέλος ΕΔΙΠ, για την άμεση διαθεσιμότητά του, την προθυμία του να με βοηθήσει σε όλα τα στάδια συγγραφής της εργασίας, αλλά και στην επιλογή των λογισμικών που χρησιμοποίησα.

Επιπροσθέτως, τις θερμές μου ευχαριστίες θα ήθελα να απευθύνω στον κ. Πολυμενίδη Ιωάννη, τοπογράφο μηχανικό και Αναπληρωτή Προϊστάμενο Διεύθυνσης Κοιμητηρίων Δήμου Βόλου, για την εξασφάλιση των πολεοδομικών αδειών της περιοχής μελέτης.

Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένεια και στους φίλους μου, για την αμέριστη υποστήριξη και συμπαράστασή τους.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, μελετώνται τα τρισδιάστατα αστικά υποδείγματα, η εφαρμογή τους στον αστικό σχεδιασμό. Η πολύτιμη συμβολή των 3D αστικών μοντέλων αποδεικνύεται όχι μόνο από την επίλυση σύνθετων αστικών προβλημάτων και τη διαχείριση καταστροφών, αλλά και από τη συμμετοχή του κοινού στο σχεδιασμό αστικών χώρων. Επιπλέον, μέσα από την ανάλυση του νομικού καθεστώτος και της οικοδομικής δραστηριότητας στη χώρα μας, όπως και των διαφορών ανεπτυγμένων και μη ανεπτυγμένων ευρωπαϊκών χωρών, αναδεικνύεται η αποτελεσματικότητα των 3D αστικών μοντέλων στην αντιμετώπιση αδυναμιών του πολεοδομικού σχεδιασμού εν μέσω ταχύτατων κοινωνικών, οικονομικών και οικιστικών αλλαγών.

Στόχος της εργασίας είναι η τρισδιάστατη αναπαράσταση ενός τμήματος της πόλης του Βόλου με τη χρήση του λογισμικού CityEngine και ο εντοπισμός αυθαίρετων κατασκευών. Βάσει των συμπερασμάτων που προκύπτουν, προτείνεται η αξιοποίηση του παραγόμενου 3D μοντέλου ως εργαλείο ελέγχου και αναβάθμισης του δομημένου περιβάλλοντος και για περαιτέρω διερεύνηση σε διάφορες πρακτικές εφαρμογές.

*Λέξεις κλειδιά:* τρισδιάστατα μοντέλα πόλεων, αστικός σχεδιασμός, πολεοδομική και χωροταξική νομοθεσία, CityEngine, αυθαίρετη δόμηση, Βόλος.

## ABSTRACT

The present Master Thesis examines the development of virtual 3D city models and their applications in urban planning. Their significant contribution can be seen not only in solving complex urban problems such as spatial planning analysis and disaster management, but also through the inclusion of effective public participation in decision-making processes. Furthermore, the role of 3D city modeling in evaluating and minimizing the weaknesses of the spatial planning system is identified through the analysis of the developments in planning legislation in Greece and the EU amid rapid urban economic and social change.

The aim of this thesis is to create a 3D model for the case study area of the city of Volos, Greece, in ESRI's CityEngine software and to use the 3D city model for the detection of any illegal constructions. Based on the conclusions drawn, it is proposed to utilize the generated 3D model as a tool to control and improve the built environment and for further investigation in various practical applications.

*Key words:* 3D virtual city models, urban planning, planning legislation, CityEngine, illegal construction, city of Volos .

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

#### 1.1 ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΑ ΑΣΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ

Η μεγάλη αύξηση του πληθυσμού τις τελευταίες δεκαετίες οδήγησε στην έντονη αστικοποίηση και στη δημιουργία σύνθετων αστικών δομών. Η δισδιάστατη αποτύπωση αυτών των πολύπλοκων δομών δεν αρκούσε για να αποδώσει την υφιστάμενη πραγματικότητα ούτε το σύνολο των εμπράγματων δικαιωμάτων που προέκυπταν από αυτές. Ως αποτέλεσμα, το ενδιαφέρον της διεθνούς επιστημονικής κοινότητας στράφηκε στην τρίτη διάσταση, και κυρίως στο χώρο των επιστημών που σχετίζονται με τη γεωγραφική πληροφορία και με την καταγραφή και απεικόνιση διαφόρων φαινομένων (Δημοπούλου, 2015).

Ένα 3D σύστημα πρέπει να έχει την ικανότητα να διατηρεί και να αναλύει τις χωρικές και θεματικές ιδιότητες των πραγματικών γεωγραφικών αντικειμένων, να ενσωματώνει τα απαραίτητα στοιχεία σε ένα τρισδιάστατο χωρικό υπόδειγμα και να παρέχει λειτουργίες αποτελεσματικές για τη δημιουργία και αξιοποίηση ενός τρισδιάστατου υποδείγματος. Με την υλοποίηση αυτών των λειτουργιών, θα μπορεί να αναδομηθεί ένα μοντέλο υψηλής ποιότητας και μεγάλης ακρίβειας, το οποίο θα αναπαριστά όλες τις πλευρές της πραγματικότητας. Η πολυπλοκότητα του χωρικού μοντέλου καθορίζει και τη λειτουργικότητά του, που αποτελεί και τη θεμέλια βάση όλου του συστήματος (Pitouk, 1996).

Τα 3D αστικά υποδείγματα είναι ψηφιακά μοντέλα που περιλαμβάνουν τη γραφική απεικόνιση κτηρίων και άλλων αντικειμένων σε 2.5D ή 3D. Η πρώτη εμφάνιση των 3D αστικών μοντέλων έγινε στο χώρο της ψυχαγωγίας, για την κατασκευή και χρήση ψηφιακού περιβάλλοντος πόλης σε κινηματογραφικές ταινίες και σε ηλεκτρονικά παιχνίδια. Σήμερα, τα 3D μοντέλα πόλεων έχουν γίνει πλέον αναπόσπαστο εργαλείο πολλών επιστημών. Ο συνδυασμός τους με τα ΣΓΠ έχει ως άμεσο αποτέλεσμα ένα μοντέλο που αναπαριστά με μεγαλύτερη ακρίβεια την πραγματικότητα (Σωτηροπούλου, 2014). Όπως αναλύεται και στο επόμενο κεφάλαιο της παρούσας εργασίας, τα 3D μοντέλα μπορούν να ενσωματωθούν με οποιοδήποτε στάδιο διαδικασίας του αστικού σχεδιασμού, επιτυγχάνοντας την καλύτερη κατανόηση της ανάπτυξης της πραγματικότητας. Χάρη στη νέα τεχνολογία εργαλείων και τεχνικών, η



απεικόνιση για τον αποτελεσματικό αστικό σχεδιασμό και τη λήψη αποφάσεων γίνεται εφικτή μαζί με την 3D ανάλυση (Ahmed & Sekar, 2013).

Οι εξελίξεις όσον αφορά την 3D απεικόνιση και τα 3D μοντέλα πόλεων, είναι ραγδαίες και το ενδιαφέρον των ειδικών διαρκώς αυξανόμενο. Οι τεχνικές απεικόνισης 3D μοντέλων αναπτύσσονται με γοργούς ρυθμούς, ενώ τα 3D χωρικά δεδομένα 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 (Τράνακα, 2014). Μέσω της ταχύτατης εξέλιξης της τεχνολογίας στους τομείς της πληροφορίας και των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών – ΣΓΠ (βλ. και Παράρτημα 1.1), τα 3D μοντέλα πόλεων χρησιμοποιούνται σήμερα ευρέως, ως εργαλεία για την προβολή εναλλακτικών λύσεων σχεδίασης και προσομοιώσεων διαφόρων αστικών σεναρίων. Μπορούν να προωθήσουν πρωτοποριακά πειράματα με νέες μορφές επικοινωνίας, απεικόνισης και ανάκτησης πληροφοριών, βοηθώντας τους υπεύθυνους σχεδιασμού, τους κατασκευαστές, τους κυβερνητικούς αξιωματούχους και άλλους συμμετέχοντες στη λήψη αποφάσεων για τη μελλοντική ανάπτυξη της πόλης. Σε ορισμένες περιπτώσεις, μάλιστα, σημαντικό ρόλο στη λήψη αποφάσεων αποτελεί και η συμμετοχή του ίδιου του κοινού (βλ. Κεφ. 2.1.1 Φορτ Γουορθ, Τέξας). Ένας μεγάλος αριθμός πόλεων, ή μέρος αυτών, έχουν αποτυπωθεί μέχρι σήμερα σε τρισδιάστατη μορφή και αρκετά προβλήματα επιλύθηκαν από προσομοιώσεις δύσκολων συνθηκών. Πολλά από αυτά τα δεδομένα είναι ανοιχτού κώδικα, με ελεύθερη πρόσβαση του κοινού.

Οι δυνατές εφαρμογές των 3D μοντέλων πόλης προσδιορίζονται στα παρακάτω πεδία (Singh et al, 2013):

- Αστικός σχεδιασμός
- Δημόσια τάξη
- Προμήθεια ενέργειας και ενεργειακός σχεδιασμός
- Περιβαλλοντική διαχείριση
- Αντιμετώπιση καταστροφών
- Μεταφορές – Πλοήγηση
- Διαχείριση κυκλοφορίας

- Αγορά ακινήτων
- Εμπορική δραστηριότητα της πόλης
- Διαχείριση εκδηλώσεων
- Εικονικός τουρισμός

Επιπροσθέτως, στα πεδία εφαρμογής της τρισδιάστατης μοντελοποίησης μπορεί να συμπεριληφθεί και το Κτηματολόγιο, το οποίο μπορεί να αξιοποιήσει τις δυνατότητες που προσφέρει ένα μοντέλο πόλης, ως βασική δομή στο πλαίσιο ανάπτυξης 3D Κτηματολογίου, αλλά και γενικότερα 3D συστημάτων διαχείρισης γης (Δημοπούλου, 2015).

Από τα ως άνω αναφερόμενα πεδία εφαρμογής τους, γίνεται αντιληπτό ότι τα 3D μοντέλα πόλης επιδρούν θετικά σε μεγάλο αριθμό κυβερνητικών και διοικητικών έργων και διαδικασιών. Με τη χρήση τους επιτυγχάνεται καλύτερη επικοινωνία, βελτίωση στο σχεδιασμό και στον τομέα των κατασκευών, μείωση του χρόνου ολοκλήρωσης των έργων, περιορισμός κινδύνων κ.λπ., με θετικό αποτέλεσμα συνολικά για τους πολίτες, το κράτος και τις επιχειρήσεις. Το κόστος της δημιουργίας και ενήμερης τήρησης ενός 3D μοντέλου εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Οι περισσότερες πόλεις ξεκινούν με ένα μικρό/μερικό μοντέλο με χαμηλό επίπεδο λεπτομέρειας (Level Of Detail 1-2), ενώ παράλληλα αναβαθμίζουν τμήματα της πόλης σε υψηλότερο επίπεδο (επίπεδο 3 ή 4) για τις ανάγκες συγκεκριμένων έργων. Με αυτό τον τρόπο το μοντέλο πόλης μετατρέπεται σταδιακά σε ένα πιο εξελιγμένο «έξυπνο» 3D μοντέλο, διατηρώντας το κόστος σε λογικά επίπεδα. Στη διάρκεια της 3D μοντελοποίησης, οι αρμόδιοι φορείς δημιουργούν πρότυπα που βασίζονται σε ανοικτές δομές προτυποποίησης (π.χ. CityGML, βλ. και Παράρτημα 1.2.1) και σε αντίστοιχες χωρικές βάσεις δεδομένων (De Vries & Zlatanova, 2011, όπως αναφέρεται στο Δημοπούλου, 2015).

Σε παγκόσμια κλίμακα τώρα, υπάρχουν πολλές προσεγγίσεις για την οργάνωση/κατασκευή 3D μοντέλων πόλεων. Η μεθοδολογία κατασκευής των ψηφιακών αστικών μοντέλων έχει εξελιχθεί βάσει εμπειρίας, διαθεσιμότητας, ποιότητας και κόστους των πρωτογενών δεδομένων. Μία από τις σημαντικότερες τεχνικές υλοποίησης περίπλοκων βάσεων δεδομένων είναι η οργάνωση σε επίπεδα λεπτομέρειας (levels of Detail ή LOD). Η λογική αυτή στηρίζεται στον τρόπο που αντιλαμβάνεται ο χρήστης την ποσότητα πληροφορίας, τις ικανότητες ανάλυσης των μέσων απεικόνισης (οθόνη Η/Υ, σύστημα προβολής/κράνος εικονικής

πραγματικότητας) και φυσικά τη δυνατότητα απόδοσης υψηλού βαθμού περιπλοκότητας του υπολογιστικού συστήματος. Ο βαθμός περιπλοκότητας ενός αστικού μοντέλου περιγράφεται από το μέγεθος της γεωμετρικής βάσης που υπολογίζεται σε τρίγωνα (ελάχιστο διακριτό στοιχείο επιφάνειας στο χώρο) από το σύνολο των οποίων δημιουργείται το μοντέλο. Η ικανότητα απόδοσης μεγάλων γεωμετρικών βάσεων εξαρτάται από τις δυνατότητες του υπολογιστικού συστήματος (με ιδιαίτερη έμφαση στο υποσύστημα γραφικών). Η χρήση φωτογραφιών (υφές σε όψεις κτηρίων), το φόντο, τα στοιχεία του περιβάλλοντος (δέντρα, βιτρίνες καταστημάτων κ.λπ.), βοηθούν στην απλούστευση της γεωμετρικής βάσης δεδομένων. Ανάλογα με το μοντέλο, την προβλεπόμενη χρήση του και την ισχύ του υπολογιστικού συστήματος απεικόνισης, ο δημιουργός βρίσκει την ισορροπία ανάμεσα στη χρήση της γεωμετρίας και των υφών για την επιτυχή υλοποίηση του συστήματος. Από τα παραπάνω γίνεται ξεκάθαρη η επιτακτική ανάγκη, τα τρισδιάστατα μοντέλα πόλεων να ενσωματώνουν και σημασιολογικές πληροφορίες, που μοντελοποιούν τις σχέσεις ανάμεσα στα διάφορα στοιχεία της πόλης (Μπουρδάκης, 2004).

Όσον αφορά την Ελλάδα, τα περισσότερα 3D ψηφιακά μοντέλα πόλεων κατασκευάστηκαν για να χρησιμοποιηθούν ως εποπτικά εργαλεία σε πολεοδομικές έρευνες και μελέτες ανάπτυξης, επιτρέποντας την οπτικοποίηση προτεινόμενων μελετών, αλλά και την εύκολη σύγκριση-αξιολόγηση εναλλακτικών προτάσεων (Μπουρδάκης, 2004).

## 1.2 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ ΤΗΣ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Το αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, η οποία εκπονήθηκε στα πλαίσια μεταπτυχιακών σπουδών ειδίκευσης στη Χωρική Ανάλυση και Διαχείριση Περιβάλλοντος, είναι η δημιουργία ενός 3D μοντέλου τμήματος της πόλης του Βόλου και η εφαρμογή του ως εργαλείο για τον εντοπισμό της αυθαίρετης δόμησης. Πιο συγκεκριμένα, οι στόχοι της εργασίας είναι:

1. Να αναλύσει το ρόλο που διαδραματίζουν τα 3D αστικά μοντέλα στους βασικούς τομείς εφαρμογής τους, μέσω πρόσφατων παραδειγμάτων από τη διεθνή και ελληνική βιβλιογραφία (Κεφ. 2).

2. Να εξετάσει την τεχνολογική εξέλιξη των ΣΓΠ από τη δισδιάστατη στην τρισδιάστατη μορφή τους, σε συνδυασμό με τα 3D μοντέλα πόλεων και βάσει αυτών των τεχνολογιών, να ερευνήσει σε θεωρητική βάση το σχεδιασμό ενός ολοκληρωμένου εργαλείου αυτοματοποιημένου εντοπισμού αυθαίρετων κατασκευών, το οποίο θα διευκολύνει και θα επιταχύνει τις ήδη υπάρχουσες διαδικασίες αντιμετώπισης της αυθαίρετης δόμησης, προσφέροντας νέες δυνατότητες ελέγχου της ποιότητας του δομημένου περιβάλλοντος (Κεφ. 3).
3. Να μελετήσει την εξέλιξη της πολεοδομικής νομοθεσίας στην Ελλάδα, προσδιορίζοντας τις ελλείψεις πολεοδομικού σχεδιασμού στη χώρα μας, ειδικότερα όσον αφορά την οικοδομική δραστηριότητα και την αυθαίρετη δόμηση (Κεφ. 4).
4. Μέσω της διαδικασίας δημιουργίας ενός 3D μοντέλου τμήματος της πόλης του Βόλου (Κεφ. 5), απεικονίζεται η υφιστάμενη κατάσταση του αστικού ιστού, η οποία θα μπορεί να συγκριθεί με τις πολεοδομικές άδειες των κτηρίων. Οι όποιες διαφορές προκύπτουν από τη σύγκριση αυτή, θα αποτελούν στοιχεία αυθαίρετης δόμησης. Με την ολοκλήρωση της μελέτης, θα είναι διαθέσιμο ένα πρακτικό εργαλείο, με το οποίο θα είναι εφικτός ο εντοπισμός της αυθαίρετης οικοδομικής δραστηριότητας σε μια περιοχή. Αναλυτικά, παρατίθενται επίσης οι δυσκολίες – περιορισμοί κατά τη δημιουργία και πρακτική εφαρμογή του εν λόγω αυτοματοποιημένου εργαλείου, καθώς και τα γενικά συμπεράσματα αυτών και οι δυνατότητες αξιοποίησής του στο μέλλον, μέσω της ενσωμάτωσης κατάλληλων τεχνολογικών επιτευγμάτων που θα διέπουν την ορθή εφαρμογή και λειτουργία του.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ 3D ΑΣΤΙΚΩΝ ΥΠΟΔΕΙΓΜΑΤΩΝ

Μία από τις σημαντικότερες εξελίξεις της τεχνολογίας Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΣΓΠ) είναι η δυνατότητα επέκτασης της λειτουργικότητας της δισδιάστατης (2D) ανάλυσης στην τρίτη διάσταση (3D). Η τρισδιάστατη απεικόνιση πόλεων έχει αποδειχτεί ιδιαίτερα χρήσιμη για ορισμένες εφαρμογές σε αστικές περιοχές. Συνήθως, το 3D αστικό μοντέλο αποδίδει ρεαλιστικά τη μορφολογία του εδάφους, επιτρέποντας στους σχεδιαστές να εξετάζουν τις τοποθεσίες υπηρεσιών και πραγματικών τόπων με τρόπο διαισθητικό και φιλικό προς χρήση (Chen, 2011).

Η ανάλυση της τρίτης διάστασης έχει ανοίξει ένα νέο επίπεδο κατανόησης του κόσμου μας, βοηθώντας τους ανθρώπους να σχεδιάσουν καλύτερα και να προετοιμαστούν κατάλληλα για το μέλλον. Υπάρχουν πολλές χρήσιμες εφαρμογές του 3D μοντέλου πόλης, στην ανάλυση και στο σχεδιασμό αστικών χώρων, στη διαχείριση της κυκλοφορίας, στη χαρτογράφηση, στη δημιουργία προσομοιώσεων μετάδοσης του θορύβου και εκτίμησης κρίσιμων καταστάσεων, στον τουρισμό και στις τηλεπικοινωνίες (Chen, 2011). Αναλυτικότερα:

- Οι πολεοδόμοι και οι κατασκευαστές οπτικοποιούν τον αντίκτυπο των δυνητικών προτεινόμενων έργων στο αστικό περιβάλλον και μοιράζονται εσώτερες γνώσεις με τα ενδιαφερόμενα μέρη (ESRI, 2013).
- Οι επαγγελματίες εξόρυξης δεδομένων και οι γεωεπιστήμονες εξετάζουν τις υποεπιφανειακές δομές της γης και ελέγχουν τους υπολογισθέντες όγκους (ESRI, 2013).
- Οι διαχειριστές εγκαταστάσεων μπορούν να δημιουργήσουν και να συντηρήσουν δίκτυα κτηρίων, υποδομών και επιχειρήσεων κοινής ωφελείας (ESRI, 2013).
- Οι πολιτικοί μηχανικοί μπορούν να πραγματοποιήσουν αναλύσεις των εφέ σκίασης και της θέσης του ήλιου σε κτήρια, τηλεφωνικούς πυλώνες και υποδομές υπηρεσιών κοινής ωφελείας (ESRI, 2013). Αυτές οι αναλύσεις βοηθούν στον καθορισμό του βέλτιστου τρόπου κατασκευής «πράσινων» κτηρίων, ο εντοπισμός δηλαδή των προοπτικών των κτηρίων σε σχέση με την ηλιακή ενέργεια είναι πλέον εφικτός (Mao, 2012).
- Τα σώματα ασφαλείας μπορούν να αποκτήσουν πλήρη επίγνωση των καταστάσεων (ESRI, 2013).

- Το στρατιωτικό προσωπικό μπορεί να πραγματοποιήσει ρεαλιστικές αναλύσεις του ίχνους πτήσης για την αντιμετώπιση στόχων αποστολών πιθανών απειλών (ESRI, 2013).

Οι εταιρείες εκτίμησης ακινήτων αξιοποιούν τις πληροφορίες των 3D αστικών χαρτών για την αύξηση των ευκαιριών στην αγορά και για την απόκτηση πλεονεκτήματος σε σχέση με ανταγωνιστές. Παράδειγμα αποτελεί η παροχή προβολής προς οποιαδήποτε κατεύθυνση από κάποια τοποθεσία σε ένα κτήριο και η προβολή κενών θέσεων σε γραφεία μισθώσεων μέσω της τοποθεσίας μέσα στο κτήριο με χρήση ημιδιάφανου 3D μοντέλου κτηρίου (ESRI, 2013).

Όσον αφορά στη βελτίωση λειτουργίας των δημόσιων υπηρεσιών (τομείς υγείας, ενέργειας και διαχείρισης), τα 3D μοντέλα αστικών περιοχών είναι αναγκαία για τη ρύθμιση δικαιωμάτων ιδιοκτησίας ή για τη διαχείριση πολιτικών τοπικής φορολογίας. Παράδειγμα αποτελεί η πόλη της Σγκαπούρης, όπου ένα μέρος των τοπικών φόρων καθορίζεται από τη διαθεσιμότητα του κατειλημμένου χώρου και την επίδραση του ήλιου στην εγγύς περιοχή (Rich, 2009).

Βάσει των παραπάνω, κρίθηκε σκόπιμη η ανάλυση παραδειγμάτων πόλεων από τη διεθνή/εθνική βιβλιογραφία, οι οποίες με την εφαρμογή 3D αστικών μοντέλων επίλυσαν σημαντικά αστικά προβλήματα μέσω των δεδομένων που συγκεντρώθηκαν, της διαδικασίας ανάλυσής τους και των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από τη χρήση τους.

## 2.1 ΧΩΡΟΤΑΞΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΚΑΙ ΑΣΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

### *i. ΦΟΡΤ ΓΟΥΟΡΘ, ΤΕΞΑΣ ΗΠΑ*

Το Φορτ Γουορθ είναι η δεύτερη μεγαλύτερη πόλη στη μητροπολιτική περιοχή Ντάλας-Φορτ Γουορθ των ΗΠΑ. Κατέχει τη θέση της ταχύτερα αναπτυσσόμενης αμερικανικής πόλης από το 2000, με πληθυσμό άνω των 500.000 κατοίκων (Surat, 2012).

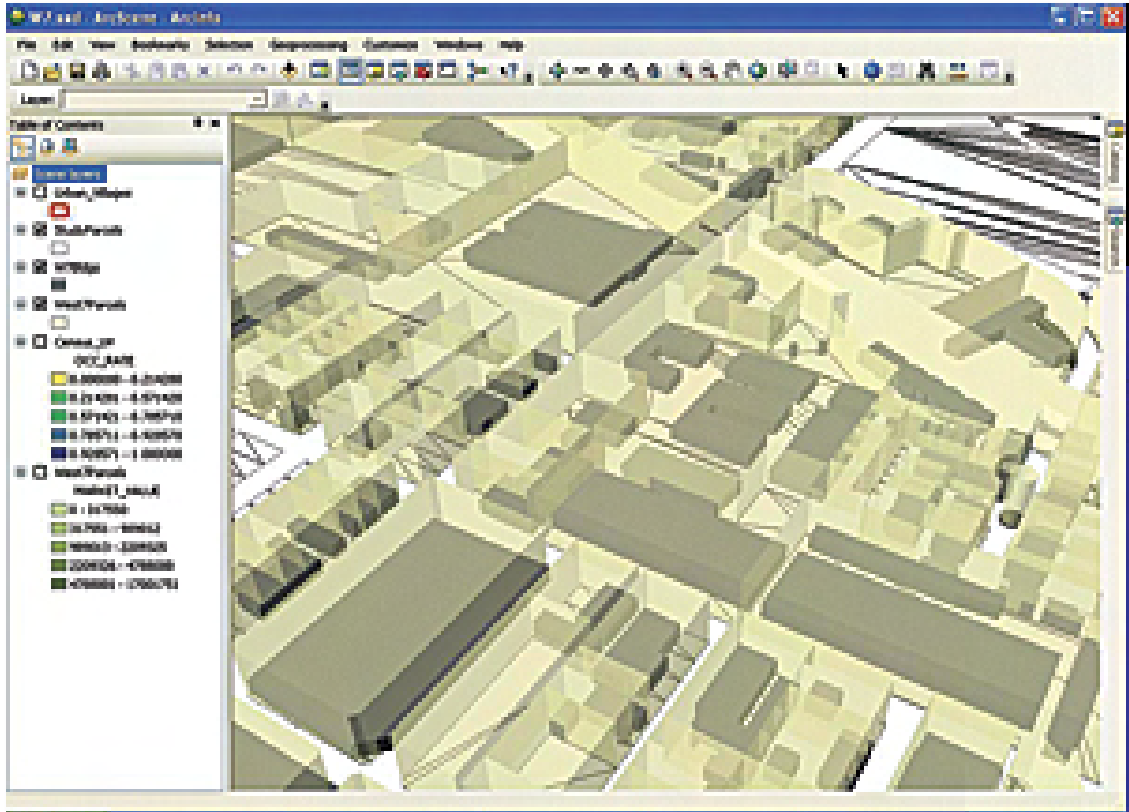
Το βραβευμένο Τμήμα Σχεδιασμού και Ανάπτυξης του Φορτ Γουορθ επικεντρώνει το έργο του στον πολεοδομικό σχεδιασμό αστικών περιοχών και στη δημιουργία μελετών γραφικής και τρισδιάστατης απεικόνισης. Έχει δημιουργήσει δεκαέξι αστικά χωριά και ορισμένες συνοικίες εντός πόλης. Προβλέπει σχέδια ανάπτυξης μικτής χρήσης και περπατήσιμο οδικό περιβάλλον στις εν λόγω περιοχές, με έμφαση στις πεζοδρομημένες ζώνες και σε κτήρια στην ανθρώπινη κλίμακα (Surat, 2012).

Η δημιουργία 3D μοντέλων κτηρίων, που ανταποκρίνονται στα επιθυμητά σχέδια ανάπτυξης των συγκεκριμένων αστικών περιοχών, έχει ως στόχο να γίνουν κατανοητές οι προσπάθειες της πόλης από το κοινό και τους κατασκευαστές. Η ανάπτυξη 3D κτηριακών μοντέλων που επεξηγούν την πολεοδομική νομοθεσία, μπορεί να βοηθήσει το κοινό να ερμηνεύσει ευκολότερα το περιεχόμενο των πολεοδομικών σχεδίων. Λόγω της πρόσφατης αναθεώρησης κανονισμών για τα κτήρια μικτής χρήσης, οι φορείς της πόλης ετοίμασαν ένα νέο ενημερωτικό φυλλάδιο για τα δομικά έργα μικτής χρήσης, το οποίο περιλαμβάνει 3D γραφικά, για να επεξηγήσει το περιεχόμενο του Κώδικα πολεοδομικών ζωνών (Surat, 2012).

Η πόλη διαθέτει χρήστες του λογισμικού ArcGIS (βλ. Παράρτημα 1.2.4) σε όλα τα εμπλεκόμενα τμήματα, που χρησιμοποιούν την τεχνολογία ΣΓΠ σε μελέτες χαρτογράφησης. Το Τμήμα Χωροταξίας διαπίστωσε ότι το λογισμικό ArcGIS 3D Analyst for Desktop είναι το τέλειο εργαλείο τόσο για τη δημιουργία 3D μοντέλων κτηρίων όσο και για την 3D ανάλυση με ένα ή περισσότερα συστήματα βάσης δεδομένων. Εκτός από τη δημιουργία 3D μοντέλων, τα εργαλεία 3D απεικόνισης έχουν χρησιμοποιηθεί και για τη δημιουργία διαφόρων 3D αναλυτικών χαρτών. Για παράδειγμα, μια ανάλυση προσδιορίζει τη βαθμιαία μεταβολή της πυκνότητας του πληθυσμού βάσει της καθ' ύψους ανάπτυξης της πόλης, με τη βοήθεια των 3D εργαλείων, με στόχο τη μεγαλύτερη σαφήνεια στο σχεδιασμό. Μια άλλη μελέτη παρουσιάζει τους 3D χάρτες πολεοδομικών ζωνών, που αντικαθιστούν τα κλασικά χωροταξικά σχέδια. Οι κλασικοί χωροταξικοί χάρτες απεικονίζονται συνήθως με συγκεκριμένο χρώμα, που αντιπροσωπεύει την κατάλληλη επιτρεπόμενη χρήση τους εντός των πολεοδομικών ζωνών. Η ομάδα Αστικού Σχεδιασμού του Φορτ Γουορθ έχει διαπιστώσει πολλές δυνατότητες της 3D παρουσίασης πληροφοριών, που αφορούν στην αποκάλυψη των ήδη υπαρχόντων μοντέλων ανάπτυξης, καθώς και στην εκπόνηση μελλοντικών προτάσεων προς κατασκευαστές, εμπειρογνώμονες και το κοινό (Surat, 2012).

Η 3D μελέτη με διαφανή ανάλυση πραγματοποιείται επίσης με τη βοήθεια των εργαλείων 3D απεικόνισης και είναι ιδιαίτερα χρήσιμη, διότι αποτελεί μέσο απεικόνισης των σύγχρονων μοντέλων ανάπτυξης μαζί με τις μελλοντικές δυνατότητες στην περιοχή του κέντρου. Η πόλη του Φορτ Γουορθ υποστηρίζει τις πολεοδομικές ζώνες μικτής χρήσης και τους αντίστοιχους κανονισμούς στις πιο πυκνοκατοικημένες περιοχές, όπου οι κατασκευαστές μπορούν να κτίσουν κτήρια περισσότερων ορόφων

ακολουθώντας τις ζώνες μικτής χρήσης σε σύγκριση με την πρόταση κατασκευής κτηρίων με ενιαία (δομικά) χρήση. Αν το κτήριο έχει περισσότερες της μίας χρήσεις, τότε μπορεί να είναι ψηλότερο. Με άλλα λόγια, ένα κτήριο μικτής χρήσης μπορεί να είναι ψηλότερο από ένα κτήριο ενιαίας χρήσης. Η ιδέα ενίσχυσης των δομικών έργων μικτής χρήσης απεικονίζεται στον 3D ημιδιάφανο χάρτη (Surat, 2012).

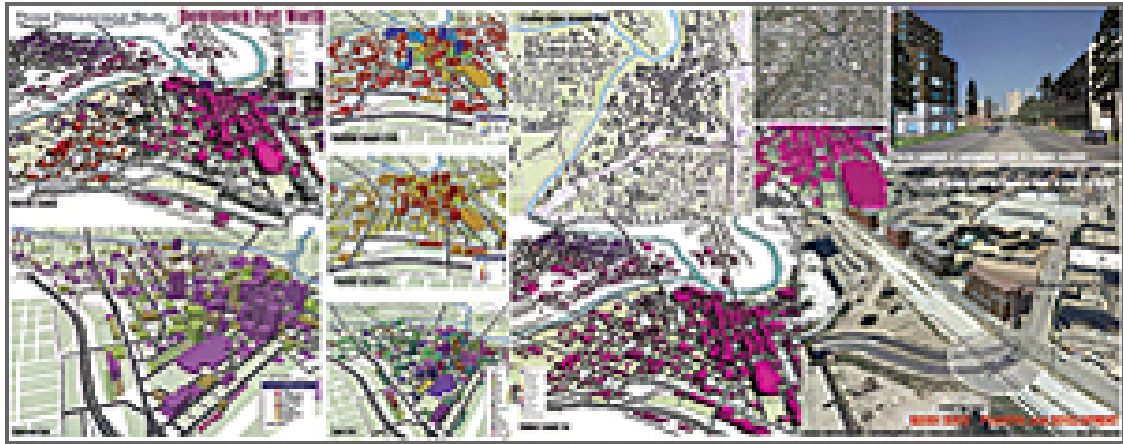


Εικόνα 1. Μελέτη με χρήση ημιδιάφανου 3D μοντέλου του κέντρου της πόλης, όπου απεικονίζεται η διαφορά ανάμεσα στα ήδη υπάρχοντα και στα επιτρεπόμενα ύψη κτηρίων, στην πόλη του Φορτ Γουορθ, Τέξας (Surat, 2012).

Αρχικά, το εξωτερικό γεωτεμάχιο εξωθείται μέχρι το υψηλότερο επιτρεπόμενο ύψος που ορίζει η μικτή ζώνη και στη συνέχεια το υπάρχον ίχνος του κτηρίου εξωθείται μέχρι το πραγματικό ύψος του κτηρίου. Το 3D μοντέλο είναι διάφανο, έτσι ώστε το εσωτερικό μοντέλο του κτηρίου να είναι ορατό. Η μελέτη αποκαλύπτει στο θεατή τις διαφορές ύψους ανάμεσα στα μοντέλα των κτηρίων και στα μοντέλα των γεωτεμαχίων και υποδεικνύει ότι το κτήριο μπορεί να γίνει ακόμα ψηλότερο, σύμφωνα με τους εκάστοτε πολεοδομικούς κανονισμούς κάθε περιοχής (Surat, 2012).



Σε γενικές γραμμές, τα αναλυτικά χωρικά πρότυπα απεικονίζονται δισδιάστατα, όμως αν παρουσιαστούν σε τρισδιάστατη μορφή, η ανάλυση μπορεί να γίνει καλύτερα κατανοητή από το κοινό. Έτσι, οι χάρτες αυτοί ενσωματώθηκαν στα φυλλάδια πολεοδομικών ζωνών και στα έγγραφα σχεδιασμού της πόλης. Το Φορτ Γουορθ βασίζεται στο λογισμικό ArcGIS για την απλουστευμένη παρουσίαση δύσκολων πληροφοριών στο κοινό (Surat, 2012).



Εικόνα 2. Τα μοντέλα κτηρίων στο κέντρο του Φορτ Γουορθ έχουν αποτελέσει αντικείμενο μελέτης όσον αφορά την ισχύουσα πολεοδομική ζώνη, τις μελλοντικές και τωρινές χρήσεις γης, το εμβαδό των κτηρίων και τον αριθμό των ορόφων (Surat, 2012).

#### ii. *DESERT CITY – ΜΙΑ ΠΟΛΗ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΕΡΗΜΟ*

Το 3D υπόδειγμα της πόλης μέσα στην έρημο παρουσιάστηκε στην επίσημη ιστοσελίδα της ArcGIS το 2012 και αποτελείται από ένα πλήρες σύνολο δεδομένων GIS για την ανοικοδόμηση μιας εικονικής πόλης στη Μέση Ανατολή, με τη χρήση του λογισμικού CityEngine (βλ. Παράρτημα 1.2.7). Το σύνολο δεδομένων περιλαμβάνει οδικό δίκτυο, οικοδομικά τετράγωνα, ηλεκτρικό δίκτυο, αποτυπώματα χαρακτηριστικών γνωρισμάτων, δείκτες βλάστησης, τοίχους, τηλεφωνικές γραμμές και πολλά άλλα χαρακτηριστικά. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα επίπεδα λεπτομέρειας, η επιλογή δημιουργίας Collision Mesh για παιχνίδια και διαδραστικές προσομοιώσεις, καθώς επίσης και το γεγονός ότι το έργο περιλαμβάνει ένα πλήρες πρόγραμμα εκμάθησης του λογισμικού (ArcGIS, 2012).



Εικόνες 3-4. Desert City. Τρισδιάστατες απεικονίσεις σχολείου και γηπέδου ποδοσφαίρου (Desert City Tutorial, 2012, σελ. 3,8).

Η εταιρεία συνέχισε τη βελτίωση του πρότζεκτ ‘Desert City’ τα έτη 2013-2014 και 2016, αναβαθμίζοντας συνεχώς τις δυνατότητες του CityEngine και εμπλουτίζοντας το αρχικό μοντέλο της πόλης χρησιμοποιώντας εξελιγμένες τεχνικές απεικόνισης.



Εικόνα 5. Desert City. Τρισδιάστατη απεικόνιση της πόλης (Desert City Tutorial, 2012, σελ.4).

### *iii. ΠΕΡΙΟΧΗ ΧΑΦΕΝ ΣΙΤΙ, ΑΜΒΟΥΡΓΟ, ΓΕΡΜΑΝΙΑ*

Μέσω της 3D απεικόνισης του Χάφεν Σίτι, στο Αμβούργο της Γερμανίας, η υπεύθυνη εταιρεία μελέτης απεικόνισε τρισδιάστατα την έκταση ενδιαφέροντος, που ανερχόταν σε 157 εκτάρια και βρισκόταν παραπλεύρως της ήδη υπάρχουσας πόλης. Κατά τον πολύπλοκο σχεδιασμό, έγινε προσπάθεια να συνυπολογιστούν αστικές, πολεοδομικές και αρχιτεκτονικές συνιστώσες. Για την αποτελεσματικότερη επίτευξη του στόχου δημιουργήθηκε ένα 3D μοντέλο της πόλης, το οποίο βοήθησε τόσο στη χωροθέτηση

διαφόρων εγκαταστάσεων, όσο και στην πρόβλεψη των επιπτώσεων των διαφόρων σεναρίων που προτάθηκαν (Chen, 2011).

Στην έκταση των 157 εκταρίων, μελετήθηκε η δημιουργία ενός νέου αστικού κέντρου με κτήρια μικτής χρήσης, εμπορικά καταστήματα, εστιατόρια/μπαρ, πολιτιστικές υποδομές και χώρους αναψυχής. Κατόπιν σύγκρισης ανάμεσα στους 2D χάρτες, στο 3D αστικό μοντέλο και στο πραγματικό μοντέλο σχεδιασμού του Χάφεν Σίτι, διαπιστώθηκε ότι το 3D μοντέλο της πόλης είναι ένα εργαλείο καλύτερης παραστατικής απεικόνισης και πιο χρήσιμο στις διαδικασίες αστικού σχεδιασμού και συμμετοχής του κοινού. Επιπλέον, είναι ένα ιδιαίτερα σημαντικό εργαλείο σχεδιασμού και κτισίματος μιας πόλης με επίκεντρο τον άνθρωπο, βιώσιμης, με σεβασμό προς το περιβάλλον και αιεφόρο ανάπτυξη. Αποτελεί ένα χρησιμότερο εργαλείο για την εξέταση διαφόρων σεναρίων, σχεδίων και προβλέψεων, σχετικά με την αποτελεσματικότητα του αστικού σχεδιασμού. Το έργο του Χάφεν Σίτι είναι μια διάσημη και επιτυχής κατασκευή νέας πόλης στην Ευρώπη, με αποτελεσματική διατήρηση του ιστορικού, παλαιού κέντρου της πόλης (Chen, 2011).



Εικόνα 6. Πολεοδομικό σχέδιο της περιοχής Χάφεν Σίτι, στο Αμβούργο (Hafen City Zeitung, 2008).



Εικόνα 7. Τρισδιάστατο αστικό μοντέλο του Χάφεν Σίτι στο Αμβούργο (Hafen City Zeitung, 2008).

*iv. ΣΙΚΑΓΟ, ΙΛΙΝΟΙΣ ΗΠΑ*

Αναφορικά με τα έργα αστικού σχεδιασμού και οργάνωσης χώρου σε πόλεις των ΗΠΑ και εστιάζοντας στο Σικάγο, αναλύονται τα βήματα για την επιτυχή έκβαση του «Σχεδίου 1909 του Σικάγο», με το οποίο θα αναδιαμορφωνόταν μια έκταση 12.000 στρεμμάτων, όπου και θα ανεγείρονταν 40.000 νέες οικιστικές μονάδες, κατοικίες και γραφεία από το 2000 μέχρι το 2020. Το εικοσαετές πρόγραμμα είχε ως στόχο να αντιμετωπίσει ορισμένα ερωτήματα σχετικά με τη θέση, την κλίμακα και το σχεδιασμό νέων κτηρίων, για το πώς μπορούν να οργανωθούν οι μελλοντικές χρήσεις γης και οι πυκνότητες. Το πλαίσιο αυτό βασίστηκε σε ένα όραμα για το Σικάγο ως μια παγκόσμια πόλη, που θα γινόταν το κέντρο της Μίντγουεστ, την καρδιά της περιοχής και η πιο πράσινη πόλη των ΗΠΑ (Al-Douri, 2010).

Το σχέδιο οργανώθηκε γύρω από τρία βασικά θέματα: 1) πλαίσιο ανάπτυξης, 2) σύστημα μεταφορών, 3) παραθαλάσσιοι/ανοιχτοί χώροι. Η μελέτη βασίστηκε σε 3D απεικονίσεις του Σικάγο, όπου παρουσιάστηκαν διαφορετικά σενάρια εξέλιξης της πόλης. Είναι γενικά αποδεκτό το γεγονός, ότι η τρισδιάστατη προβολή αποτέλεσε το εργαλείο βάσει του οποίου οι κάτοικοι της πόλης πείστηκαν και επέτρεψαν την πραγματοποίηση του έργου (Al-Douri, 2010).



Εικόνα 8. Χρήση τρισδιάστατου μοντέλου του Σικάγο για την οπτικοποίηση-ανάλυση των δυνατικών επιπτώσεων του κατευθυντήριου άξονα του σχεδίου. Εδώ αναπαρίσταται η νέα στρατηγική διαχωρισμού ζωνών περιοχών του κέντρου, για την εκτίμηση ενδεχόμενων εναλλαγών στη χρήση γης και αλλαγών στη συνολική πυκνότητα της ανάπτυξης, του χαρακτήρα, της υποδομής, του συστήματος μεταφορών και των ανοιχτών χώρων (SOM, 2003).



Εικόνες 9-10. Τεχνική φωτομοντάζ υπό διαφορετικές κλίμακες και επίπεδα λεπτομέρειας για τον υπολογισμό των ορατών επιπτώσεων της προτεινόμενης επέκτασης του κέντρου του Σικάγο σε τοπικό επίπεδο (SOM, 2003).

2.2 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ – ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ*i. ΒΕΡΟΛΙΝΟ, ΓΕΡΜΑΝΙΑ*

Εικόνα 11. Τρισδιάστατο μοντέλο της πόλης του Βερολίνου (Berlin Partner, 2018).

Το Βερολίνο είναι η μοναδική γερμανική πόλη που έχει χαρτογραφηθεί πλήρως σε τρισδιάστατη μορφή. Το 3D μοντέλο του Βερολίνου δίνει νέες διαστάσεις στην εμπορική προώθηση της πόλης, διότι επιτρέπει στους θεατές να βλέπουν την πόλη όπως είναι σήμερα, όπως ήταν παλαιότερα και όπως μπορεί να διαμορφωθεί στο μέλλον. Με τη χρήση 2D και 3D χωρικών δεδομένων, απεικονίζονται οι πρόσφατες ιστορικές αλλαγές, καθώς επίσης και τα έργα αστικής ανάπτυξης (Berlin Partner, 2018).

Η εικονική αναπαράσταση του Βερολίνου ως επιχειρηματική και βιομηχανική ζώνη στο 3D αστικό μοντέλο, σε συνδυασμό με συγκεκριμένα βιομηχανικά δεδομένα για την οικονομία της πόλης, παρέχει στους πιθανούς επενδυτές όλες τις πληροφορίες που χρειάζονται με μια ματιά. Το μοντέλο παρέχει σε όσους θέλουν να εγκατασταθούν στην πόλη και στους επενδυτές, ακριβείς πληροφορίες του προορισμού και των περιχώρων της μελλοντικής τους διεύθυνσης στο Βερολίνο, επιτρέποντάς τους να έχουν εξαρχής πλήρη γνώση της γειτονιάς τους (Berlin Partner, 2018).

Το 3D μοντέλο του Βερολίνου λειτουργεί σε δύο πλατφόρμες, με διαφορετικό περιεχόμενο και εφαρμογές:

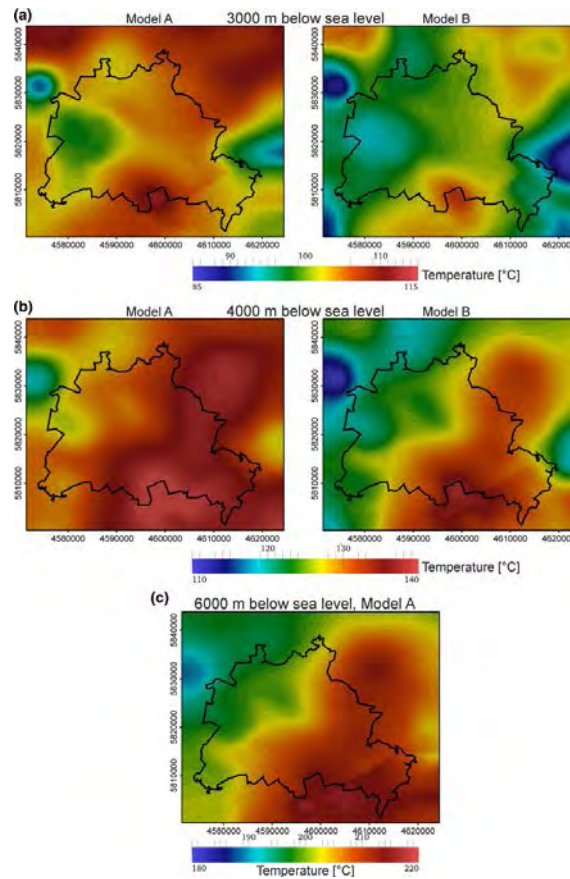
- Οικονομικός Άτλας του Βερολίνου: Ένα 3D μοντέλο της πόλης είναι ενσωματωμένο στον Οικονομικό Άτλαντα του Βερολίνου και διαθέσιμο σε κάθε χρήστη του διαδικτύου. Ο παρατηρητής μπορεί να εξερευνήσει όλο το μοντέλο υπό οποιαδήποτε γωνία (Berlin Partner, 2018).
- Τρισδιάστατη Απεικόνιση Βερολίνου – Διαδικτυακή Πύλη Τηλεφόρτωσης: Τα δεδομένα του 3D αστικού μοντέλου μπορούν να χρησιμοποιηθούν ελεύθερα, ως μέρος της Πρωτοβουλίας Δημιουργίας Ανοιχτών Δεδομένων του Βερολίνου,

χωρίς χρέωση και σε μορφή που ανταποκρίνεται στις ομάδες-στόχους. Η ιστοσελίδα είναι διαθέσιμη ως: [www.businesslocationcenter.de/berlin3d-downloadportal](http://www.businesslocationcenter.de/berlin3d-downloadportal) (Berlin Partner, 2018).

Για τη δημιουργία του 3D μοντέλου της πόλης χρησιμοποιήθηκαν αεροφωτογραφίες περίπου 540.000 κτηρίων σε μια έκταση 890 km<sup>2</sup> και οι σκεπές τους μετρήθηκαν με λέιζερ. Δημιουργήθηκαν περί τα 200 λεπτομερή μοντέλα κτηρίων και αξιοθέατων, πέντε εκ των οποίων μπορούν να ερευνηθούν πλήρως εσωτερικά. Το 3D μοντέλο του Βερολίνου δεν είναι εμπορικό έργο και δεν βασίζεται σε αστικά μοντέλα που διατίθενται στο εμπόριο. Αναπτύχθηκε και χρηματοδοτήθηκε από τις διοικητικές αρχές της κυβέρνησης του Βερολίνου (Berlin Partner, 2018).

Το 2013, στα πλαίσια του ψηφιακού έργου «Ενεργειακός Άτλας του Βερολίνου», δημιουργήθηκε ένα 3D θερμικό μοντέλο της πόλης, με σκοπό την πρόβλεψη κατανομής των θερμοκρασιών στο υπέδαφος και την αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας. Το 3D δομικό μοντέλο αναπτύχθηκε βάσει μετρήσεων σε κλίμακα λιθόσφαιρας και περιλαμβάνει 21 επιμέρους γεωλογικές ενότητες. Αποτελεί τη γεωμετρική βάση για δύο διαφορετικές προσεγγίσεις 3D θερμικών προσομοιώσεων: 1) μετρήσεις προσδιορισμού του γεωθερμικού πεδίου και 2) προσομοιώσεις σύζευξης της ροής ρευστών και της μεταφοράς θερμότητας. Οι διαφορές ανάμεσα στα δύο μοντέλα υπογραμμίζουν την ανάγκη διερεύνησης της περίπλοκης αλληλεπίδρασης γεωθερμικών ρευστών και θερμικών πεδίων, έτσι ώστε να προβλεφθούν με ακρίβεια οι θερμοκρασίες ιζηματικών συστημάτων (Sippel et al., 2013).

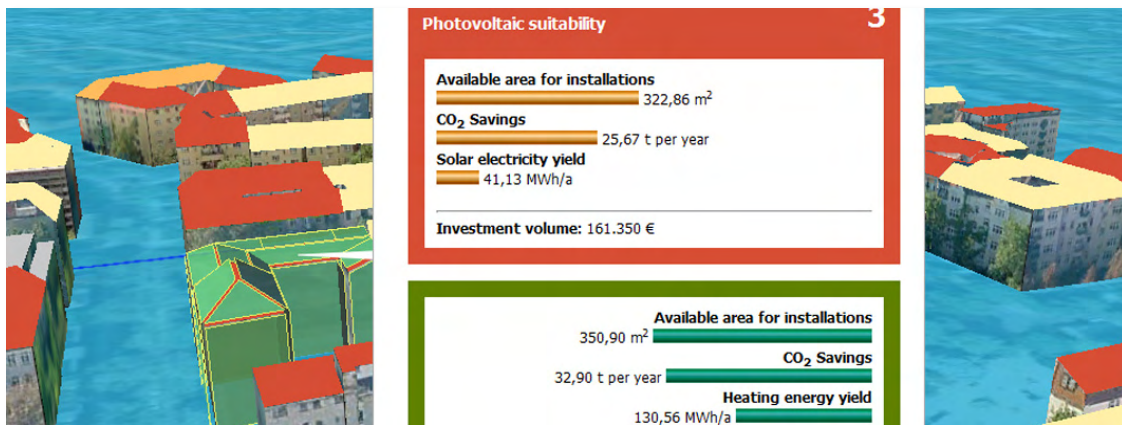
Το προαναφερόμενο σχέδιο χαράσσει τη βασική πορεία της συνήθως αναφερόμενης ως καμπάνιας αναζήτησης και εκμετάλλευσης γεωθερμικής ενέργειας, η οποία αποτελεί την κατευθυντήρια γραμμή των μετέπειτα σταδίων σχεδιασμού αστικών περιοχών (ενεργειακή ζήτηση, υποδομές). Στόχος του έργου είναι η επένδυση στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και η μετάβαση προς μια οικονομία χαμηλών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, που θα βελτιώσει το αστικό περιβάλλον (Sippel et al., 2013). Παρομοίως, η πρόβλεψη θερμοκρασιών βάσει ντετερμινιστικών γεωλογικών μοντέλων και ψηφιακών προσομοιώσεων φυσικών εννοιών έχει ήδη ρίξει φως στο γεωθερμικό δυναμικό της μητροπολιτικής περιοχής του Περθ (Schilling et al., 2013) στην Αυστραλία και της Χάγης στην Ολλανδία (Mottaghy et al., 2011).



Εικόνα 12. Εκτίμηση κατανομής των θερμοκρασιών από το αμιγώς αγώγιμο Μοντέλο Α (αριστερά) και από το συζευγμένο Μοντέλο Β (δεξιά) σε επιλεγμένα σταθερά επίπεδα βάθους (κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας): α) θερμοκρασίες σε βάθος 3.000 μ., β) θερμοκρασίες σε βάθος 4.000 μ., γ) θερμοκρασίες σε βάθος 6.000 μ., που χρησιμοποιούνται ως το χαμηλότερο θερμικό όριο για τις συζευγμένες θερμικές προσομοιώσεις (Sippel et al., 2013).

Στα πλαίσια του «Ενεργειακού Άτλαντα του Βερολίνου», το 3D σημασιολογικό μοντέλο της πόλης χρησιμοποιείται για την εκτίμηση αναγκών θέρμανσης, ηλεκτροδότησης και ζεστού νερού όλων των πολυκατοικιών της πόλης και για τις προοπτικές χρήσης της ηλιακής ενέργειας. Η εκτιμώμενη ενεργειακή ζήτηση προστίθεται στα μεμονωμένα χαρακτηριστικά κάθε κτηρίου, για να χρησιμοποιηθεί στη συνέχεια για την εκτίμηση συγκεκριμένων ενεργειακών ζητήσεων οδών, οικοδομικών τετραγώνων και συνοικιών (Kaden & Kolbe, 2014). Ακολούθως, ο «Ενεργειακός Άτλας» παρέχει τη βάση δεδομένων για τις προβλεπόμενες ενέργειες αύξησης της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων (Energy Atlas Berlin, 2018).





Εικόνες 13-15. Τρισδιάστατες απεικονίσεις του Βερολίνου για την αξιολόγηση ενεργειακών αναγκών και προοπτικών των κτηρίων (Energy Atlas Berlin, 2018).

Παρομοίως, στο Ελσίνκι, πρωτεύουσα της Φινλανδίας, υλοποιούνται 12 πιλοτικά προγράμματα με τη χρήση 3D σημασιολογικού μοντέλου της πόλης, για τη διαχείριση του αστικού περιβάλλοντος αλλά και για την κάλυψη αναγκών του επιχειρηματικού τομέα, του τουρισμού, των συστημάτων πλοήγησης, των αρχών έρευνας και διάσωσης,

της κατασκευής δικτύων τηλεπικοινωνιών, της διαχείρισης κτηρίων και των σχεδίων χωροταξικού προγραμματισμού (City of Helsinki, 2017).

*ii. ΦΟΣΑΝ, ΛΑΪΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ ΤΗΣ ΚΙΝΑΣ*

Η Φοσάν είναι μία από τις μεγαλύτερες πόλεις στην Κίνα, με πληθυσμό περίπου 7,2 εκατ. κατοίκων. Η περιοχή μελέτης, έκτασης 35 km<sup>2</sup>, με επίκεντρο την πόλη της Φοσάν, βρίσκεται βόρεια του δέλτα του ποταμού Περλ, στην επαρχία Γκουανγκτόνγκ της νότιας Κίνας. Το μεγαλύτερο μέρος της περιοχής μελέτης καλύπτεται από τεταρτογενή στρώματα. Σκοπός της έρευνας, που βασίστηκε και ολοκληρώθηκε μέσω ενός 3D γεωλογικού μοντέλου, ήταν η εκτίμηση των υπόγειων φυσικών πόρων της πόλης (Hou et al., 2016).

Από την περιοχή συλλέχθηκαν 475 δείγματα γεωτρήσεων, δημιουργήθηκε χάρτης του γεωλογικού υπόβαθρου και λήφθηκαν εικόνες τηλεπισκόπησης. Οι περισσότερες γεωτρήσεις αφορούσαν μελέτες μηχανικής, γεωλογικές αναλύσεις και εξέταση των τεταρτογενών ιζημάτων. Φυσικές παράμετροι όπως η πυκνότητα, η υγρασία, η γωνία εσωτερικής τριβής, οι δείκτες ρευστότητας και το μέτρο συμπίεσης, εξετάστηκαν στους μαλακούς και υπολειμματικούς σχηματισμούς του εδάφους. Επίσης, λήφθηκαν οι μηχανικές παράμετροι αντοχής της βραχώμαζας. Οι στρωματογραφικές ενότητες για κάθε γεώτρηση ολοκληρώθηκαν βάσει των αντίστοιχων λιθολογικών και γεωμορφολογικών δεδομένων. Τα δεδομένα αποθηκεύτηκαν σε μια γεωλογική βάση δεδομένων. Βάσει των τιμών του εδάφους και των βραχομηχανικών δεδομένων έγινε η αξιολόγηση της ποιότητας των υπόγειων φυσικών πόρων (Hou et al., 2016).

Το 3D γεωλογικό μοντέλο δημιουργήθηκε με το λογισμικό MapGIS (Chen, 2011). Παρόλο που η διαδικασία ήταν χειροκίνητη και χρονοβόρα, η μέθοδος 3D αναπαράστασης αποδείχθηκε τοπολογικά σαφής, αξιοποιώντας βέλτιστα όλα τα γεωλογικά δεδομένα στο 3D μοντέλο. Με τη σύζευξη της ψηφιακής βάσης δεδομένων και του 3D δομικού μοντέλου, δημιουργήθηκε ένα σύστημα αξιολόγησης με βάση δείκτη και ερευνήθηκαν τεχνικές εξόρυξης εντός των ορίων και περιορισμών του 3D γεωλογικού μοντέλου. Το βασικό συμπέρασμα της μελέτης ήταν ότι οι υπόγειοι φυσικοί πόροι της εξεταζόμενης περιοχής είναι κατάλληλοι για περαιτέρω αξιοποίηση.

Παρότι το τελικό αποτέλεσμα μπορεί να διαφοροποιηθεί λόγω κλίμακας, η γενική κατανομή δεν αλλάζει (Hou et al., 2016).

Το 3D γεωλογικό μοντέλο έχει σημαντική επίδραση όσον αφορά στο σχήμα και στην κατανομή των επιπέδων ποιότητας. Η εν λόγω έρευνα επιχείρησε να εισάγει το 3D δομικό γεωλογικό μοντέλο στην εκτίμηση των υπόγειων φυσικών πόρων και απέδειξε ότι απαιτείται περισσότερη εργασία στον τομέα αυτό. Ορισμένες πτυχές της έρευνας πρέπει να αναπτυχθούν περαιτέρω, συμπεριλαμβανομένης της διερεύνησης των αποτελεσμάτων σε άλλες περιπτώσεις μελέτης. Οι πρόσθετες επιπτώσεις ανάλυσης κάθε παράγοντα ξεχωριστά στο τελικό αποτέλεσμα, πρέπει επίσης να διερευνηθούν στο μέλλον (Hou et al., 2016).

Μελέτες με τη χρήση 3D γεωλογικού μοντέλου έχουν πραγματοποιηθεί και στον ελλαδικό χώρο, όπως η μελέτη γεωθερμικού πεδίου Ρίζας Αντιρρίου το 2009, από το Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (ΙΓΜΕ), στα πλαίσια του προγράμματος «Ανταγωνιστικότητα» και του έργου «Μελέτη, καταγραφή, αποτίμηση, προσομοίωση και αξιολόγηση των γεωθερμικών πεδίων της χώρας» (Γ'ΚΠΣ). Στόχος του έργου ήταν η εκτίμηση δυνατοτήτων εκμετάλλευσης της γεωθερμικής ενέργειας (για θέρμανση θερμοκηπίων, αντιπαγετική προστασία, κάλυψη θερμικών αναγκών πτηνοτροφικών μονάδων, θέρμανση οικισμών, ιαματικό τουρισμό κ.ά.) και οι προοπτικές εντοπισμού και άλλων γεωθερμικών πεδίων στις ευρύτερες περιοχές (ΙΓΜΕ, 2009).

### *iii. ΝΑΪΆΓΚΑΡΑ ΦΟΛΣ, Ν. ΥΟΡΚΗ ΗΠΑ*

Η έρευνα έλαβε χώρα στην τουριστική πόλη Ναϊάγκαρα Φολς, στην κομητεία Ναϊάγκαρα της πολιτείας της Ν. Υόρκης και είχε ως στόχους την εκτίμηση ορατότητας των καταρρακτών του ποταμού Νιαγάρα, τη μελέτη τρόπων με τους οποίους τα ξενοδοχεία μπορούν να ενισχύσουν το επιχειρηματικό τους κεφάλαιο εκμεταλλεόμενα τη θέα στους καταρράκτες και κατ' επέκταση την αναβάθμιση της τουριστικής αξίας της περιοχής. Επίσης, μελετήθηκαν οι πιθανές επιπτώσεις ανέγερσης ενός πολυώροφου ξενοδοχείου στην περιοχή του κέντρου (Yin & Hastings, 2007).

Από τα πορίσματα διαπιστώθηκε ότι η πόλη μπορεί να ωφεληθεί από την αναθεώρηση των πολεοδομικών κανονισμών για τα ύψη κτηρίων, που εφαρμόζονται σε όλη την

τουριστική περιφέρεια. Οι τεχνολογίες ΣΓΠ και 3D απεικόνισης ήταν τα ιδανικά εργαλεία για τη συγκεκριμένη περίπτωση μελέτης, λόγω της δυνατότητας ανάλυσης χωρικών σχέσεων και μετατροπής των πληροφοριών σε οπτικοακουστικά προϊόντα. επέτρεψαν τη δημιουργία 3D μοντέλων γεωδομημένων, με συνδυασμό χωρικών, μαθηματικών και αισθητικών κριτηρίων. Πάνω απ' όλα, όμως, παρείχαν πληρέστερη ενημέρωση, βάσει της οποίας οι αρμόδιοι φορείς μπορούν να λάβουν καλύτερες αποφάσεις επί θεμάτων πολεοδομικού κώδικα (Yin & Hastings, 2007).

Το κύριο συμπέρασμα της μελέτης ήταν ότι η πόλη έχει κορυφαία τουριστική και οικονομική αξία. Ωστόσο, δεν ευνοεί ικανό αριθμό ξενοδοχειακών επενδύσεων, που θα μπορούσαν να προσφέρουν οφέλη όπως αύξηση φορολογικών εσόδων, θέσεων εργασίας και ξένων κεφαλαίων, τα οποία θα επέτρεπαν την ανασυγκρότηση της τουριστικής βιομηχανίας της πόλης (Yin & Hastings, 2007).

Η χρήση εργαλείων 3D απεικόνισης απέδειξε ότι η θέα των καταρρακτών είναι εφικτή, αντικρούοντας τη διαδεδομένη εσφαλμένη αντίληψη ότι είναι αδύνατη από την αμερικανική πλευρά. Παρόλα αυτά, ο πολεοδομικός κώδικας περιορίζει το ύψος κτηρίων στους 15 ορόφους, το οποίο επαρκεί οριακά για να προσφέρει θέα στους καταρράκτες και κατά συνέπεια να επιτρέψει στις ξενοδοχειακές μονάδες να αυξήσουν τις χρεώσεις τους. Η θέα στους καταρράκτες δεν αφορά τόσο στη γεωγραφική θέση της πόλης, όσο στο ρυθμιστικό περιβάλλον, το οποίο αποδεικνύεται εμπόδιο για την ανάπτυξη ξενοδοχειακών μονάδων. Από το 3D μοντέλο της πόλης αποδεικνύεται, επίσης, ότι η ανέγερση πολυώροφων κτηρίων δεν επηρεάζει οπωσδήποτε αρνητικά το αισθητικό αποτέλεσμα. Οι πολεοδομικοί περιορισμοί θα μπορούσαν να αναθεωρηθούν βάσει των παραπάνω ευρημάτων. Η καλύτερη θέα από ένα πολυώροφο ξενοδοχείο μπορεί να ενισχύσει την ανάπτυξη ξενοδοχειακών μονάδων, την οποία η πόλη χρειάζεται για να δημιουργήσει νέες αναγκαίες θέσεις εργασίας και να αυξήσει τα φορολογικά της έσοδα (Yin & Hastings, 2007).

#### *iv. ΦΙΛΑΔΕΛΦΕΙΑ, ΠΕΝΣΙΛΒΑΝΙΑ ΗΠΑ*

Η πόλη είχε ανάγκη από μια εκτενή βάση χωρικών δεδομένων, για να κατανοηθούν καλύτερα τα δημόσια έργα υποδομής. Με το συνδυασμό χρήσης ΣΓΠ, συστημάτων LIDAR (βλ. 3.2.1) και ρομπότ, ερευνήθηκαν οι υποδομές εσωτερικά και εξωτερικά. Τα

δεδομένα συλλέχθηκαν σε 20 ώρες, ενώ ελάχιστος χρόνος δαπανήθηκε στις παραδοσιακές μεθόδους συλλογής δεδομένων (ESRI, 2013).

Το κέντρο της πόλης συνδυάζει δίκτυα μεταφορών, καταστήματα, επιχειρήσεις και δημόσιες υπηρεσίες σε διάφορους πολυεπίπεδους χώρους (συμπεριλαμβανομένων των υπογείων), σε ακτίνα ελάχιστων τετραγώνων. Η Φιλαδέλφεια είναι η πέμπτη μεγαλύτερη πόλη σε εθνικό επίπεδο και το κέντρο της κατέχει την τρίτη θέση ως πιο πυκνοκατοικημένου. Οι φορείς της πόλης έχουν δεσμευτεί να ενθαρρύνουν την ανάπτυξη επιχειρήσεων και του τομέα ακινήτων στο κέντρο και έχουν δρομολογήσει ένα έργο καινοτομίας με στόχο την οικιστική ανάπτυξη, ενώ ταυτόχρονα θέλουν να εξασφαλίσουν την ομαλή λειτουργία των επιχειρήσεων της περιοχής (ESRI, 2013).

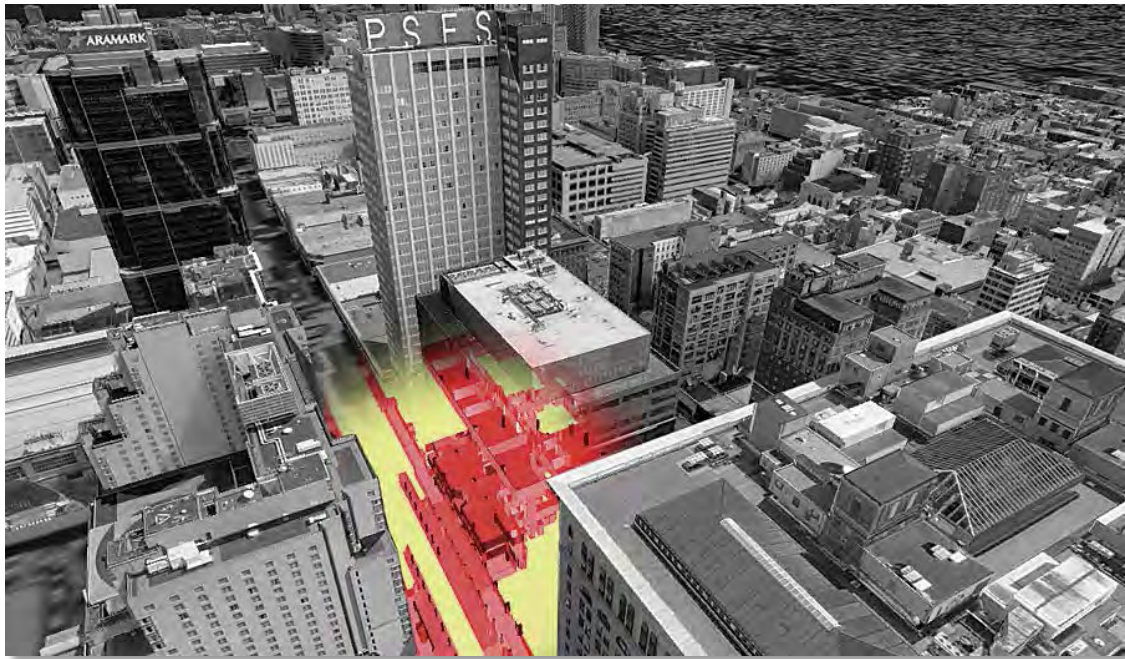
Η εταιρεία PenBay Solutions, (συνεργάτης της ESRI) ανέλαβε τη χαρτογράφηση κτηρίων για το πιλοτικό πρόγραμμα που θα εξέταζε την αποτελεσματικότητα ενός εξολοκλήρου 3D ΣΓΠ, που περιλάμβανε τη συλλογή δεδομένων εσωτερικών χώρων μέσω μιας προηγμένης ρομποτικής πλατφόρμας με 3D LIDAR, καθοδηγούμενα από έναν τοπογράφο στο εσωτερικό των κτηρίων. Τα δεδομένα τοποθετήθηκαν στην ακριβή γεωγραφική τους θέση σε ένα χάρτη υψηλής ανάλυσης των εσωτερικών χώρων. Με αυτό τον τρόπο, ολοκληρώθηκε η χωρική χαρτογράφηση των υπόγειων υποδομών που συνδέουν ορισμένα αξιοσημείωτα κτήρια του κέντρου (στη Market Str.) (ESRI, 2013).

Η πόλη χρησιμοποιεί εδώ και καιρό το ArcGIS, όμως όπως συμβαίνει και στις περισσότερες τοπικές κυβερνητικές εγκαταστάσεις ΣΓΠ, η βάση δεδομένων της δεν περιλάμβανε στοιχεία των εσωτερικών των κτηρίων ή της τεράστιας υπόγειας υποδομής. Για να διατηρήσουν την αποτελεσματική λειτουργία και ανάπτυξη του κέντρου ταυτόχρονα, οι ερευνητές χρειάζονταν μια πλήρη εκτίμηση της υποδομής – εσωτερικά και εξωτερικά – κτηρίων, σιδηροδρόμων και του περιβάλλοντος χώρου, για τη διαχείριση εγκαταστάσεων, της δημόσιας συγκοινωνίας, της ασφάλειας του κοινού, της διαρρύθμισης χώρων και για την ενίσχυση του τομέα των ακινήτων (ESRI, 2013).

Η έρευνα έλαβε χώρα το φθινόπωρο του 2010. Το ρομπότ που χρησιμοποιήθηκε, προωθήθηκε στο εσωτερικό όλων των διαδρόμων και εσωτερικών χώρων με ρυθμό φυσιολογικού βηματισμού. Το LIDAR χρησιμοποιήθηκε από το ρομπότ για τον υπολογισμό αποστάσεων από και προς κάθε αντικείμενο, φωτίζοντας τον εκάστοτε στόχο με παλμικές ακτίνες λέιζερ. Το ρομπότ έλαβε επίσης σφαιρικές εικόνες (κάλυψη 360°) εντός των κτηρίων και κατέγραψε τα γεωγραφικά απεικονισθέντα δεδομένα. Με

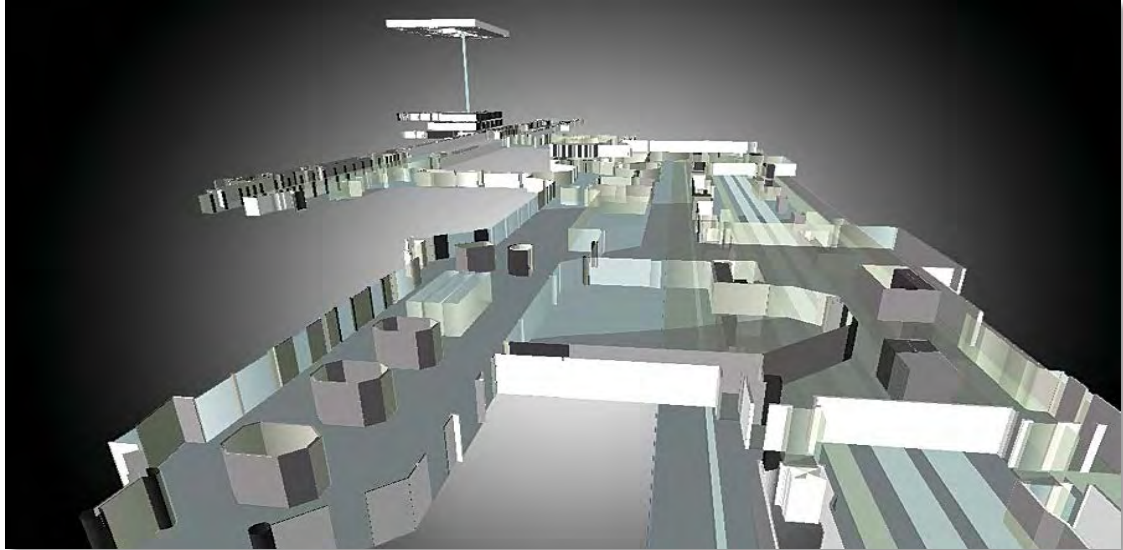
αυτό τον τρόπο απεικονίστηκαν με μεγαλύτερη ακρίβεια τα πραγματικά κτήρια. Συνολικά, χαρτογραφήθηκαν 340.000 ft<sup>2</sup> οριοθετημένων υποδομών (ESRI, 2013).

Με τη χρήση της επέκτασης ArcGIS for Server και της γεωβάσης, οι ερευνητές έχουν πλέον εύκολη πρόσβαση στα δεδομένα μέσω του διαδικτύου. Επιπλέον, δημιουργήθηκε ένα 3D βίντεο όλης της περιοχής του κέντρου, που ενδιαφέρει ιδιαίτερα τους υπεύθυνους δημόσιας συγκοινωνίας και ασφάλειας του κοινού, όσον αφορά στη ροή εργασιών του σχεδιασμού και της ετοιμότητας (ESRI, 2013).



Εικόνα 16. Με τη χρήση της τεχνολογίας ρομποτικής και LIDAR, οι ερευνητές της PenBay δημιούργησαν έναν ακριβή χάρτη της υπόγειας υποδομής του κέντρου της Φιλαδέλφειας, που συνδέει ορισμένα κτήρια στη Market Street (ESRI, 2013).

Μέσω αυτού του πιλοτικού προγράμματος, η πόλη μπόρεσε να υποστηρίξει τη διαχείριση εγκαταστάσεων μέσω της τεχνολογίας ΣΓΠ και LIDAR. Η χαρτογράφηση είναι πλήρης και ακριβής και οι μελέτες κτηρίων μπορούν να πραγματοποιούνται με ταχύτητα, ασφάλεια και με καλή σχέση κόστους-αποτελεσματικότητας (ESRI, 2013).



Εικόνα 17. Η νέα βάση δεδομένων περιλαμβάνει στοιχεία του εσωτερικού των κτηρίων και της τεράστιας υπόγειας υποδομής του κέντρου της Φιλαδέλφειας (ESRI, 2013).

### 2.3 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΩΝ

Πολλές δημόσιες υπηρεσίες ασφαλείας, όπως το πυροσβεστικό σώμα και οι υπηρεσίες παροχής υγείας, χρησιμοποιούν τα 3D αστικά μοντέλα για τον εντοπισμό του διαθέσιμου εξοπλισμού προς αντιμετώπιση πυρκαγιών, για τη διαχείριση τοπικών συγκοινωνιών σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης, αλλά και για να καθυστερήσουν τον εγκαταλελειμμένο πληθυσμό (Mao, 2011).

Μία από τις συνηθέστερες χρήσεις της 3D αστικής χαρτογράφησης είναι η προσομοίωση για τη μοντελοποίηση πλημμυρών, που αποδείχτηκε σημαντικότατο εργαλείο για την εκτίμηση καταστροφών του τυφώνα Κατρίνα (2005). Ο συνδυασμός μοντέλων κτηρίων και Ψηφιακών Μοντέλων Εδάφους (ΨΜΕ – DTM) δημιουργεί προσομοιώσεις που εντοπίζουν με ακρίβεια τις περιοχές υψηλού κινδύνου, βάσει διαφορετικών σεναρίων. Η μοντελοποίηση του 3D περιβάλλοντος μπορεί να συμβάλει και στον καθορισμό των επιπτώσεων ενός τσουνάμι και να βοηθήσει στη χωροθέτηση διαδρομών και κέντρων εκκένωσης (Biljecki et al., 2015).

Η χαρτογράφηση κρίσιμων υποδομών, όπως διανομής ηλεκτρικού ρεύματος, μπορεί επίσης να υλοποιηθεί με μεγαλύτερη ακρίβεια σε 3D μορφή, όπως και στη χαρτογράφηση του σχεδιασμού έκτακτης ανάγκης, στον καθορισμό των απαιτήσεων για τη συνοχή των λειτουργιών και στις προσπάθειες αναπροσαρμογής (ESRI, 2014).

*i. ΠΑΝΤΑΝΓΚ, ΝΗΣΟΣ ΣΟΥΜΑΤΡΑ, ΙΝΔΟΝΗΣΙΑ*

Το Παντάνγκ έχει περίπου 1.000.000 κατοίκους. Στόχος της μελέτης ήταν η δημιουργία ενός 3D μοντέλου της πόλης από πολυαισθητηριακά τηλεπισκοπικά δεδομένα. Οι θεματικές και γεωμετρικές δυνατότητες της πόλης αναπτύχθηκαν μέσω της αντικειμενοστραφούς ανάλυσης. Βάσει του μοντέλου αυτού, μπορούν να παραχθούν προϊόντα υψηλότερης ποιότητας, δείχνοντας τις δυνατότητες της αστικής παρακολούθησης σε κλίμακα. Μελετήθηκαν οι διάφορες παράμετροι των κτηρίων (ισόγειο, ύψος, τύπος οροφής, αριθμός κατοικιών), εκτός από τις διαρθρωτικές παραμέτρους, όπως το μέσο μέγεθος και η πυκνότητα κτηρίου, το ποσοστό των αδιαπέραστων επιφανειών, το τμήμα της βλάστησης και τα βασικά υλικά της στέγης. Με τον τρόπο αυτό, είναι εφικτή η παραγωγή των αστικών δομικών μοντέλων-τύπων και η χαρτογράφηση των αστικών βιοτόπων (Μαστορίδου κ.ά., 2016).

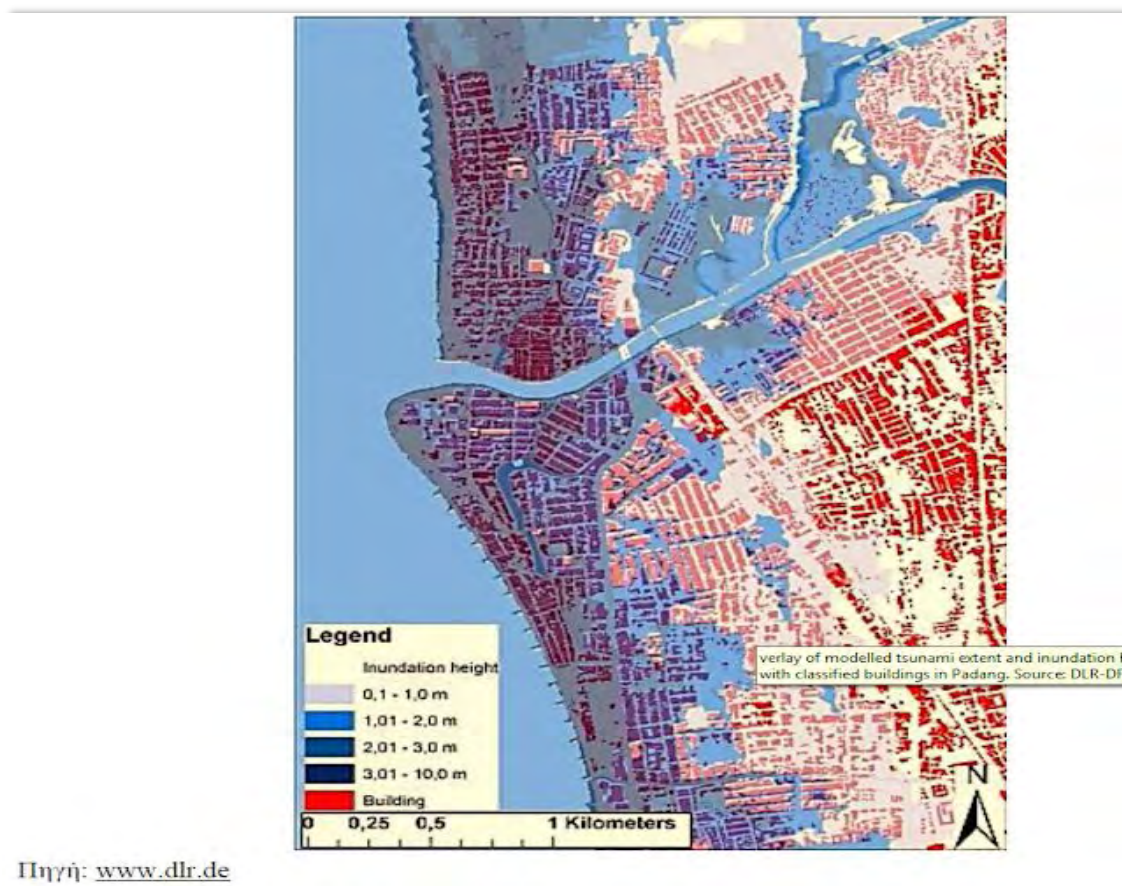


Εικόνα 18. Τρισδιάστατο μοντέλο της παράκτιας πόλης του Παντάνγκ (Μαστορίδου κ.ά., 2016).

Εκτός από τα μοντέλα αυτά, οι αερομεταφερόμενες στερεοκάμερες (βλ.3.2.1) λαμβάνουν πληροφορίες σχετικά με το ανάγλυφο των πόλεων σε επίπεδο τριών διαστάσεων με ακρίβεια ανάλυσης μέχρι 5 εκ. Έτσι είναι δυνατή η λήψη πληροφοριών σχετικά με τμήματα κτηρίων ή αντικείμενα του αστικού εξοπλισμού της πόλης, όπως τμήματα οροφών κτηρίων, οδική σήμανση κ.λπ., που χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση και ενημέρωση του αστικού κτηματολογίου (Setiadi et al., 2010).



Οι εναέριοι αισθητήρες, επιτρέπουν σε πραγματικό χρόνο την παρακολούθηση της αστικής κινητικότητας, πράγμα απαραίτητο για τη μελέτη της κίνησης πληθυσμών. Εκτός των εναέριων και διαστημικών αισθητήρων, σημαντικό ρόλο στον έλεγχο και στην παρακολούθηση των πόλεων διαδραματίζουν και οι επίγειοι αισθητήρες. Η παρακάτω εικόνα δείχνει δύο παραμέτρους: το μέσο μέγεθος κτηρίων και την πυκνότητα ανά μπλοκ, υπολογιζόμενη βάσει του 3D μοντέλου της πόλης του Παντάνγκ (Setiadi et al., 2010).



Εικόνα 19. Επικάλυψη της έκτασης του μοντέλου-τσουνάμι και το ύψος της πλημμύρας με διαβαθμισμένα κτήρια στο Παντάνγκ (Μαστορίδου κ.ά., 2016).

Στην παραπάνω εικόνα απεικονίζεται η μοντελοποίηση της χωρικής έκτασης μιας πλημμύρας από ένα πιθανό τσουνάμι, με διαρθρωτικές πληροφορίες για την πόλη, που προέρχεται από τηλεπισκοπικά δεδομένα. Ο εντοπισμός και η ποσοτικοποίηση των πληγέντων κατασκευών, ο φυσικός τους τύπος, οι αποστάσεις σε ασφαλείς περιοχές ή η εκτίμηση του χρόνου μετακίνησης των πληγέντων ατόμων είναι αποτελέσματα του δείγματος που υποστηρίζουν τον αστικό σχεδιασμό για την πρόληψη του κινδύνου (Goseberg & Schlurmann, 2009).

## 2.4 ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ

### *i. ΧΟΝΟΛΟΥΛΟΥ, ΧΑΒΑΗ*

Η Χονολούλου, πρωτεύουσα της Χαβάης, διεκδικεί μία από τις πρώτες θέσεις ανάμεσα στις αμερικανικές πόλεις με το μεγαλύτερο κυκλοφοριακό πρόβλημα. Η επιδείνωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης οδήγησε τους κατοίκους της πόλης σε αναζήτηση οικονομικά προσιτών κατοικιών στις προαστιακές ζώνες, δημιουργώντας άτακτη αστική εξάπλωση, η οποία με τη σειρά της οδήγησε σε αύξηση της κυκλοφορίας κατά τη μετακίνηση από και προς το αστικό κέντρο στις ώρες αιχμής. Πρόσθετα προβλήματα της άτακτης αστικής εξάπλωσης είναι η μόλυνση του περιβάλλοντος, η απώλεια φυσικών ενδιαιτημάτων και γεωργικών εκτάσεων, αλλά και η εξασθένηση της ανθρώπινης υγείας και ευεξίας (ESRI, 2013).

Προκειμένου να αντιμετωπιστεί η κυκλοφοριακή συμφόρηση, ο δήμος ενέκρινε και ξεκίνησε την κατασκευή ενός ανυψωμένου σιδηροδρομικού συστήματος, το οποίο θα συνδέει τα προάστια με το κέντρο. Ο νέος σιδηρόδρομος δεν θα αλλάξει μόνο ριζικά τον τρόπο μετακίνησης κατοίκων και επισκεπτών της πόλης, αλλά και το σχεδιασμό του περιβάλλοντος χώρου περιμετρικά των σταθμών, μέσω της προσανατολισμένης στη συγκοινωνία ανάπτυξης (Transit Oriented Development – TOD) (ESRI, 2013).

Το τμήμα σχεδιασμού κατέληξε στη δημιουργία ενός 3D μοντέλου πόλης, απαραίτητου για το γεω-σχεδιασμό TOD, με στόχο την άνετη μετακίνηση των πεζών και την αστική ανάπτυξη. Εφόσον η οπτική αναπαράσταση είναι βασικό στοιχείο του γεω-σχεδιασμού και δυναμικό εργαλείο υποστήριξής του, το τρισδιάστατο μοντέλο του φυσικού περιβάλλοντος ήταν απαραίτητο για το διαμετακομιστικό διάδρομο. Το τμήμα σχεδιασμού χρησιμοποίησε το λογισμικό CityEngine της ESRI για τη βελτίωση του μοντέλου, αναπαριστώντας τη γεωμετρία χωροαντικειμένων σε τρεις διαστάσεις και χρησιμοποιώντας υφές βάσει προσαρμοσμένων συνόλων κανόνων. Για να επιτευχθεί η ρεαλιστική προσομοίωση της πόλης, συγκεντρώθηκαν πραγματικές φωτογραφίες προσόψεων κτηρίων, οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν για την προσαρμογή των συνόλων κανόνων, ολοκληρώνοντας την τρισδιάστατη γεωμετρία με τη μετατροπή των απλών αποτυπωμάτων των κτηρίων σε σύνθετες δομές με λεπτομερείς υφές. Το τελευταίο στοιχείο ήταν η τοποθέτηση του προτεινόμενου σιδηροδρομικού δικτύου, το οποίο προστέθηκε από τα υπάρχοντα μηχανικά σχέδια, ολοκληρώνοντας το 3D αστικό μοντέλο της Χονολούλου (ESRI, 2013).

Με τη χρήση των επεκτάσεων ArcGIS 3D Analyst, ArcGIS Spatial Analyst και Model Builder, η ομάδα ΣΓΠ ενίσχυσε τη φιλική προς τους πεζούς ζώνη, την αστική ανάπτυξη και τα μοντέλα εξέτασης διαφορετικών σεναρίων. Ο δήμος προσέγγισε τη συμμετοχή των ενδιαφερόμενων φορέων και του κοινού με μοναδικές τεχνολογίες απεικόνισης, που περιλάμβαναν εντυπωσιακά 3D ολογράμματα και ιστοσελίδες παρουσίασης των πιθανών σεναρίων TOD (ESRI, 2013).



Εικόνα 20. Η Χονολούλου μέσα από το CityEngine, όπου παρουσιάζονται τα επίπεδα της κεντρικής σιδηροδρομικής γραμμής, παρέχοντας σε κατοίκους και σχεδιαστές μια δυναμική άποψη των δυνητικών αλλαγών στην πόλη (ESRI, 2013).



Εικόνα 21. Προετοιμασία 3D μοντέλου της Χονολούλου για εκτύπωση και προβολή ολογραφικού τύπου (ESRI, 2013).

*ii. ΜΟΝΑΧΟ ΚΑΙ ΔΡΕΣΔΗ, ΓΕΡΜΑΝΙΑ*

Το Μόναχο και η Δρέσδη αποτελούν δύο μεγάλα αστικά κέντρα της Γερμανίας, πρωτεύουσες πόλεις ομόσπονδων κρατών. Το Μόναχο έχει περί τους 1.500.000 κατοίκους, ενώ η Δρέσδη 500.000 κατοίκους. Με τη χρήση εικόνων από το δορυφόρο Landsat από το 1972, μελετήθηκε η αστική ανάπτυξη και οι αλλαγές στο αστικό περιβάλλον του Μονάχου και της Δρέσδης των τελευταίων 40 ετών. Επίσης, παράχθηκε και χρησιμοποιήθηκε ένα 3D μοντέλο πόλης για τη χωρική ανάλυση των εικόνων και ποσοτικοποιήθηκαν οι αστικές δομές. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν η μελέτη της πυκνότητας δόμησης, ο τύπος των κατοικιών και ο διαχωρισμός σε μονοκατοικίες ή ψηλά κτήρια (Taubenbock & Dech, 2010).

Από τον Ιούνιο του 2005, οι δημόσιοι φορείς της Δρέσδης χρησιμοποιούν τις σύγχρονες τεχνολογίες για να δημιουργήσουν ένα αποτελεσματικό, τυποποιημένο διοικητικό 3D μοντέλο της πόλης. Βασισμένο σε υψηλό επίπεδο τεχνολογίας, το υπολογιστικό μοντέλο συνδυάζει τα οφέλη της κεντρικής διαχείρισης αποθηκευμένων δεδομένων με τη δυνατότητα χρήσης ευρέως φάσματος εφαρμογών εντός των διοικητικών αρχών. Υπό την επίβλεψη του τμήματος χωρομετρίας, ορισμένες ιδιωτικές επιχειρήσεις, πανεπιστήμια και υπηρεσίες συμμετείχαν στο έργο. Το 3D αστικό μοντέλο βασίζεται σε επίσημα αστικά γεωδεδομένα, ψηφιακά υψομετρικά μοντέλα, ορθοφωτογραφίες, τοπογραφικούς χάρτες, αρχιτεκτονικά μοντέλα, δεδομένα βλάστησης του εδάφους, χωροταξικά σχέδια κ.λπ., τα οποία είναι όλο και περισσότερο προσβάσιμα, καλύτερα ενημερωμένα και υψηλής ποιότητας, σε μια πλήρη βάση δεδομένων για τον αστικό χώρο στο σύνολό του (Dresden.de, 2018).

Η ενσωμάτωση των διαφορετικών πηγών δεδομένων καθιστά το 3D μοντέλο της πόλης ιδιαίτερα εύχρηστο για μια ευρεία κλίμακα εφαρμογών και ως εκ τούτου χρήσιμο για την ενημέρωση και διαφάνεια των διαδικασιών πολεοδομικού σχεδιασμού και διοικητικής διεκπεραίωσης. Τα πιο πρόσφατα έργα περιλαμβάνουν την απεικόνιση των αρτηριών κυκλοφορίας, τη χαρτογράφηση του θορύβου, το σχεδιασμό σταθμών λεωφορείων και τραμ μαζί με τους περιβάλλοντες χώρους, την παρουσίαση τοποθεσιών όπου εδρεύουν εμπορικές επιχειρήσεις και την παραγωγή δεδομένων για τους Χάρτες Google (Dresden.de, 2018).

*iii. ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΓΙΑ ΧΡΗΣΤΕΣ ΚΙΝΗΤΩΝ ΣΥΣΚΕΥΩΝ*

Τα τρισδιάστατα μοντέλα πόλεων χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο ως ένα εργαλείο για ποικίλες εφαρμογές διαχείρισης και σχεδιασμού του αστικού περιβάλλοντος. Οι τρέχουσες εξελίξεις περιλαμβάνουν την οπτική αναπαράσταση των 3D αστικών μοντέλων σε κινητές συσκευές και επιτραπέζιες εφαρμογές. Η οπτικοποίηση 3D μοντέλων σε κινητές συσκευές αποτελεί μια μεγάλη τεχνολογική πρόκληση, λόγω του μεγέθους των μοντέλων αυτών και των περιορισμένων δυνατοτήτων των κινητών συσκευών (Prieto & Izkara, 2012).

Οι Rakkolainen και Vainio παρουσίασαν το 2001 έναν τρισδιάστατο οδηγό πόλης, με στόχο να αποδειχτεί ότι η αναζήτηση και απεικόνιση των πληροφοριών που βασίζονται σε τοποθεσίες μιας πόλης, γίνεται πιο ρεαλιστική με τη χρήση της 3D αναπαράστασης. Για το λόγο αυτό, δημιουργήθηκε μια εφαρμογή πλοήγησης για τους χρήστες κινητών τηλεφώνων, που είχε ως σκοπό την ευκολότερη μετακίνηση στους δρόμους της συγκεκριμένης πόλης. Οι δοκιμές χρηστικότητας απέδειξαν ότι τα 3D μοντέλα βοηθούν τους χρήστες να αναγνωρίζουν ευδιάκριτα χαρακτηριστικά σημεία και να βρίσκουν διαδρομές εντός πόλεων ευκολότερα απ' ό,τι με ένα συμβατικό δισδιάστατο χάρτη.

Τα πλεονεκτήματα και οι εφαρμογές αναπαράστασης σε πραγματικό χρόνο μέσω των 3D μοντέλων είναι πολλά. Η 3D αναπαράσταση ενός πραγματικού τόπου διευκολύνει την αντίληψη διαστάσεων, αποστάσεων, διαμόρφωσης εδάφους και αναγνώρισης χαρακτηριστικών σημείων. Τα 3D αντικείμενα και περιβάλλοντα είναι άκρως διαδραστικά και επιτρέπουν την ανεμπόδιση κίνηση. Επιπλέον, επιτρέπουν τη χρήση οθονών απεικόνισης που προσαρμόζονται στο κεφάλι του χρήστη (κράνη-γυαλιά εικονικής πραγματικότητας). Ορισμένες συσκευές μπορεί επίσης να περιλαμβάνουν ψηφιακή πυξίδα, αισθητήρες αδράνειας, μικροσκοπικές βιντεοκάμερες προσανατολισμού και παρακολούθησης θέσης κ.λπ. (Rakkolainen & Vainio, 2001).

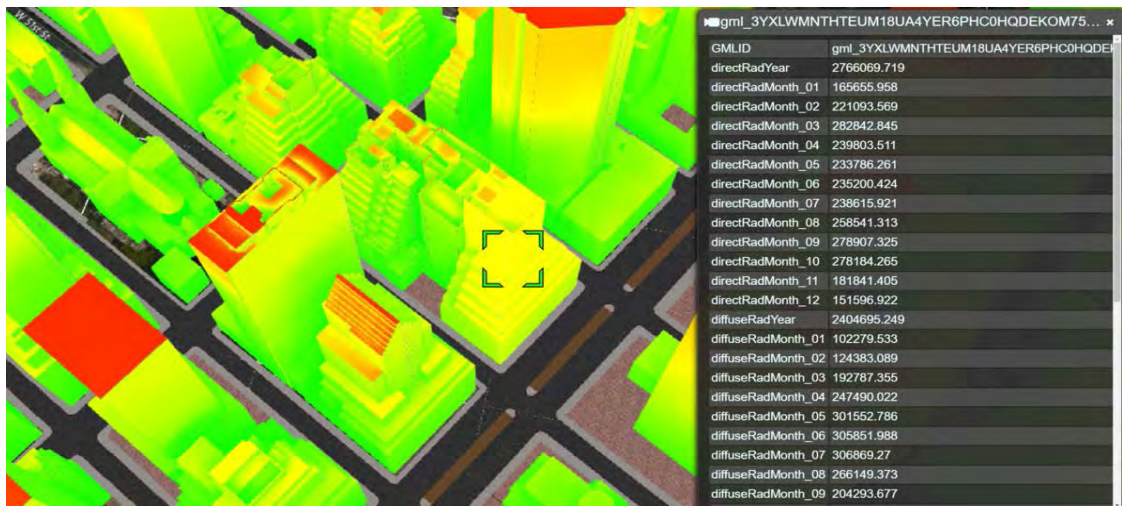
Στις πιο πρόσφατες μελέτες, αναλύονται οι δυνατότητες για παροχή σχετικά εκτενών και/ή λεπτομερών 3D αστικών μοντέλων σε κινητές συσκευές με τη χρήση τεχνικών ΣΓΠ. Υπογραμμίζεται, επίσης, η σημασία περαιτέρω έρευνας σχετικά με τη χρηστικότητα, το περιεχόμενο και τη δισδιάστατη και τρισδιάστατη χαρτογραφική γενίκευση, με στόχο τη δημιουργία κατάλληλων προς χρήση Εφαρμογών (Apps), που ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις της ταχέως αναπτυσσόμενης αγοράς κινητών συσκευών (Ellul & Altenbuchner, 2014).

*iv. ΠΟΛΗ ΤΗΣ ΝΕΑΣ ΥΟΡΚΗΣ, Ν. Υ. ΗΠΑ*

Η πόλη της Νέας Υόρκης είναι η πιο πυκνοκατοικημένη πόλη των ΗΠΑ και ένας από τους πιο πυκνοκατοικημένους οικισμούς παγκοσμίως, με πληθυσμό που εκτιμάται σε 8.622.698 εκατομμύρια, κατανεμημένοι σε μια έκταση μόλις 302,6 mi<sup>2</sup> (784 km<sup>2</sup>) (Wikipedia, 2018).

Το 2015, οι Kolbe, Burger και Cantzler παρουσίασαν τα αποτελέσματα της πρωτοποριακής έρευνάς τους, που αφορούσε στη δημιουργία ενός σημασιολογικού 3D μοντέλου βασισμένου σε σύνολα δεδομένων που συλλέχθηκαν μέσω της διαδικτυακής πύλης ανοιχτών δεδομένων της Ν. Υόρκης. Μέσω της έρευνας αποδείχτηκε ότι διαφορετικοί τύποι 3D στοιχείων μπορούν να εξαχθούν από τα ήδη υπάρχοντα 2D και 3D δημοσιευμένα σύνολα δεδομένων, με τη χρήση χωρικών και σημασιολογικών μετασχηματισμών σε συνδυασμό με (ορισμένες) φωτογραμμετρικές μεθόδους (βλ.3.2.1). Η επεξεργασία δεδομένων ενσωματώνει 26 διαφορετικά σύνολα δεδομένων, προερχόμενα από πέντε διοικητικές υπηρεσίες της Ν. Υόρκης. Το 3D μοντέλο που αναπτύχθηκε, απεικονίζεται ομογενοποιημένο και ολοκληρωμένο σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα CityGML του Open Geospatial Consortium (OGC). Συμπεριλαμβάνει όλα τα κτήρια, τα αγροτεμάχια, τις οδούς, τα πάρκα, το ψηφιακό μοντέλο εδάφους και τα συστήματα επιφανειακών υδάτων της πόλης της Ν. Υόρκης – όλα σε πλήρη 3D μορφή. Τα δεδομένα CityGML που συλλέχθηκαν, είναι προσβάσιμα στη διαδικτυακή πύλη ανοιχτών δεδομένων της Ν. Υόρκης και η παρουσίαση του 3D μοντέλου της πόλης παρέχεται στην ιστοσελίδα παρουσίασης του έργου.

Η περαιτέρω ανάπτυξη του 3D μοντέλου από τους Kolbe και Beil το 2017, επικεντρώθηκε στη λεπτομερή απεικόνιση βασικών στοιχείων του οδικού δικτύου της πόλης, όπως ονόματα, αριθμό λωρίδων, καταστρώματα οδών, πεζοδρόμια ή πλατείες, καθώς και σε νέα μοντέλα κτηρίων σε επίπεδο λεπτομέρειας LoD2. Πάνω από 1.000.000 οικοδομικών έργων και 500.000 στοιχεία σύνθεσης των οδών συλλέχθηκαν εξολοκλήρου από τη διαδικτυακή πύλη ανοιχτών δεδομένων της Ν. Υόρκης. Η λεπτομερής απεικόνιση του οδικού δικτύου είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για πολλαπλές εφαρμογές, όπως η εκτίμηση της ηλιακής ακτινοβολίας, οι προσομοιώσεις κυκλοφορίας ή η διαχείριση της χρήσης γης (Beil & Kolbe, 2017).



Εικόνα 22. Εκτίμηση της ηλιακής ακτινοβολίας σε κτήρια του κεντρικού Μανχάταν, Ν. Υόρκη. Οι υψές των επιφανειών αντιστοιχούν σε τιμές ακτινοβολίας (kWh ανά έτος), που κυμαίνονται από τις χαμηλότερες έντονου πράσινου χρώματος, σε φυσιολογικές κίτρινου και υψηλές κόκκινου χρώματος. Οι μηνιαίες διακυμάνσεις των τιμών ακτινοβολίας κάθε κτηρίου εμφανίζονται κάνοντας κλικ πάνω στο κτήριο (<http://www.gis.bgu.tum.de>).



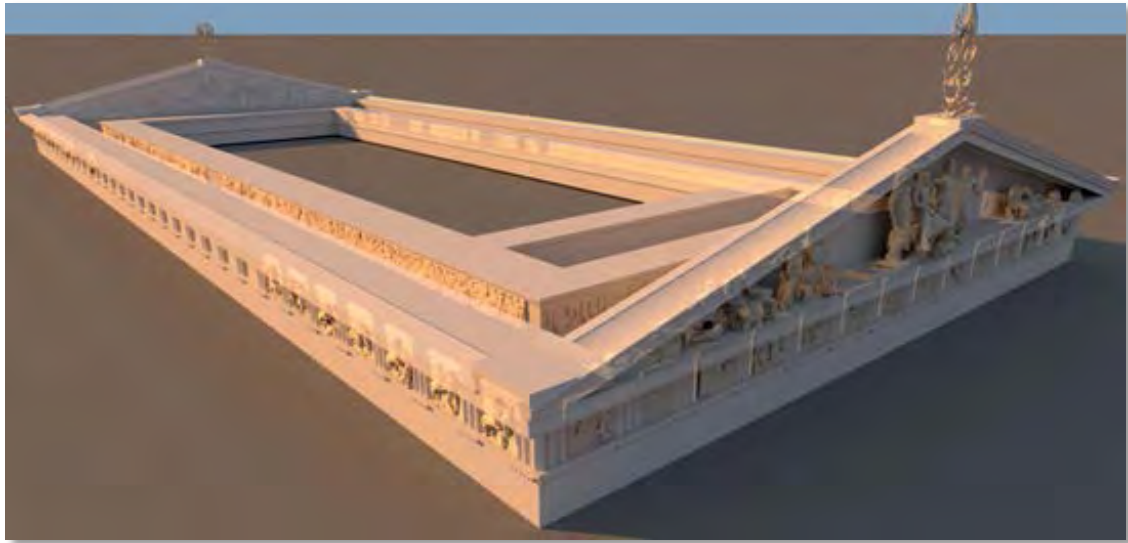
Εικόνα 23. Τρισδιάστατο μοντέλο κτηρίων της πόλης της Ν. Υόρκης ([www1.nyc.gov/site/doitt/initiatives/3d-building.page](http://www1.nyc.gov/site/doitt/initiatives/3d-building.page)).

## 2.5 ΤΟΥΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΔΕΙΞΗ

Η 3D απεικόνιση τοποθεσιών και αντικειμένων με ιστορικό και αρχαιολογικό ενδιαφέρον προσέδωσε νέα δυναμική στο χώρο της αρχαιολογίας, δημιουργώντας το πεδίο της «εικονικής αρχαιολογίας». Οι αρχαιολόγοι μπορούν να οπτικοποιήσουν πολύπλοκα δεδομένα της αρχαιολογικής έρευνας, αξιοποιώντας τις δυνατότητες της εικονικής και επαυξημένης πραγματικότητας, που επιτρέπει μια δυναμική διαδραστική οπτικοποίηση-αναπαράσταση. Τα 3D μοντέλα αρχαιολογικών χώρων, τοποθετημένα μέσα σε προβαλλόμενα περιβάλλοντα εικονικής πραγματικότητας, αυξάνουν σημαντικά το βαθμό αλληλεπίδρασης με το χρήστη και παρέχουν νέες δυναμικές δυνατότητες στην εξερεύνηση αρχαίων πολιτισμών, στην οπτικοποίηση χαρακτηριστικών αντικειμένων, σύνθετων εννοιών και γεγονότων. Επιπλέον, σταθερές ή κινούμενες εικόνες μνημείων μπορούν να προβάλλονται με ηλεκτρονικά μέσα και στο διαδίκτυο, αυξάνοντας την επισκεψιμότητά τους. Το διαδίκτυο παρέχει εκτεταμένες δυνατότητες προβολής εικονικών εκθέσεων στο ευρύ κοινό, που αφορούν σε αντικείμενα και σε ολόκληρους αρχαιολογικούς χώρους, προωθώντας τη βελτιωμένη παρουσίαση των αποτελεσμάτων της ανασκαφικής έρευνας και προστατεύοντας παράλληλα τα ευρήματα από τον κίνδυνο φυσικής έκθεσής τους σε περιβαλλοντικούς παράγοντες, κλοπή ή βανδαλισμό. Τα πολιτιστικά αγαθά, σε 3D ψηφιακή μορφή, είναι διαθέσιμα στους επισκέπτες χωρίς να απαιτείται πλέον η φυσική επίσκεψή τους στο χώρο των μνημείων (Κουρτζέλλης, 2010).

Τα 3D εικονικά μοντέλα ανασκαφών, αρχαιολογικών χώρων, τοπίων και καλλιτεχνημάτων χρησιμοποιούνται στο χώρο του πολιτισμού στους τομείς: 1) ψηφιακής διαχείρισης της πολιτιστικής κληρονομιάς, 2) πολιτιστικής επικοινωνίας και διάδοσης της πολιτιστικής κληρονομιάς, 3) ενίσχυσης της εκπαιδευτικής-μαθησιακής διαδικασίας, 4) τρισδιάστατης αναπαράστασης και εικονικής πραγματικότητας αρχαιολογικών τόπων και αντικειμένων. Η εικονική αρχαιολογία παρέχει τη δυνατότητα συνεχούς συνεργασίας ερευνητών και αρχαιολόγων πεδίου με επιστήμονες από όλο τον κόσμο. Την ολοκλήρωση της ανασκαφικής έρευνας ακολουθεί η επιστημονική δημοσίευση των αποτελεσμάτων, η οποία συμπληρώνεται από τις 3D αναπαραστάσεις ενισχύοντας το εκτενές κείμενο και την παραδοσιακή σχεδιαστική αποκατάσταση. Επιπλέον, τα 3D μοντέλα ανανεώνονται διαρκώς, όταν προκύπτουν νέα στοιχεία, καθιστώντας τις διαδικασίες ανακατασκευής, φυσικής αναστήλωσης ή της συμπλήρωσης δεδομένων σαφώς ευκολότερη και πληρέστερη (Κουρτζέλλης, 2010).



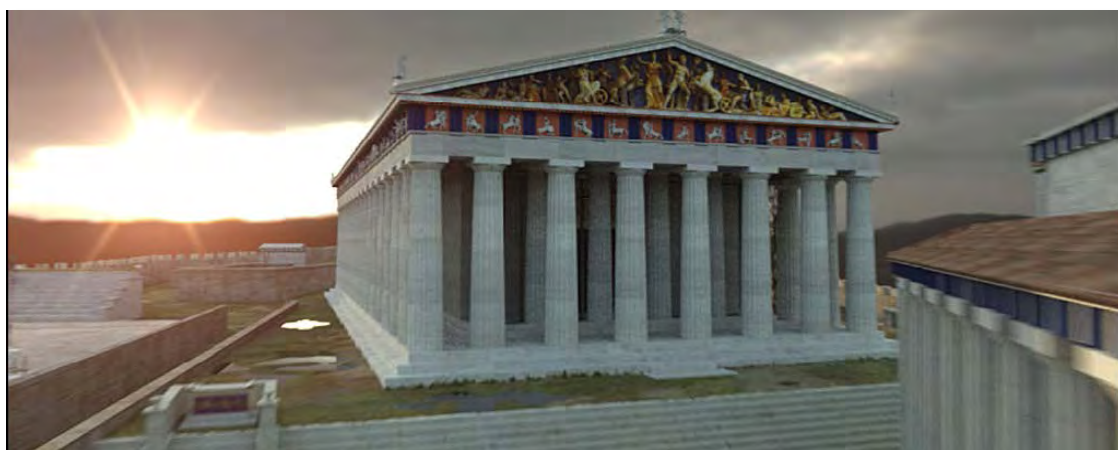
*i. Η ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΤΟΥ ΜΝΗΜΕΙΟΥ ΤΟΥ ΠΑΡΘΕΝΩΝΑ*

Εικόνα. 24. Τρισδιάστατη ιδεατή αναπαράσταση των γλυπτών του Παρθενώνα  
(*Αρχαιολογία και Τέχνες*, 2010).

Η τοποθεσία, η κατάσταση και ο αριθμός των γλυπτών του Παρθενώνα παρουσιάζει μια σημαντική πρόκληση για αρχαιολόγους και ερευνητές που μελετούν το μνημείο. Ο Παρθενώνας στέκεται περήφανα στην Ακρόπολη της Αθήνας μετά από σχεδόν 2.500 χρόνια, όμως πολλά από τα γλυπτά του έχουν καταστραφεί ή χαθεί. Το 2003, το Παν/μιο της Νότιας Καλιφόρνιας και το Ινστιτούτο Δημιουργικών Τεχνολογιών μελέτησαν την ψηφιακή επανένωση των διασπαρμένων γλυπτών του Παρθενώνα. Η 3D αποτύπωση του μνημείου και των γλυπτών του ολοκληρώθηκε με τη χρήση τρισδιάστατης σάρωσης με ακτίνες λέιζερ, φωτογραμμετρικών μεθόδων αποτύπωσης, φωτορεαλιστικών απεικονίσεων, τεχνικών φωτοσκίασης και μετρήσεων ανάκλασης (Stumpf et al., 2003).



Εικόνα 25. Τρισδιάστατη αναπαράσταση της σημερινής μορφής του Παρθενώνα από το Πανεπ/μιο της Ν. Καλιφόρνιας και το Ινστιτούτο Δημιουργικών Τεχνολογιών (*Αρχαιολογία και Τέχνες, 2010*).

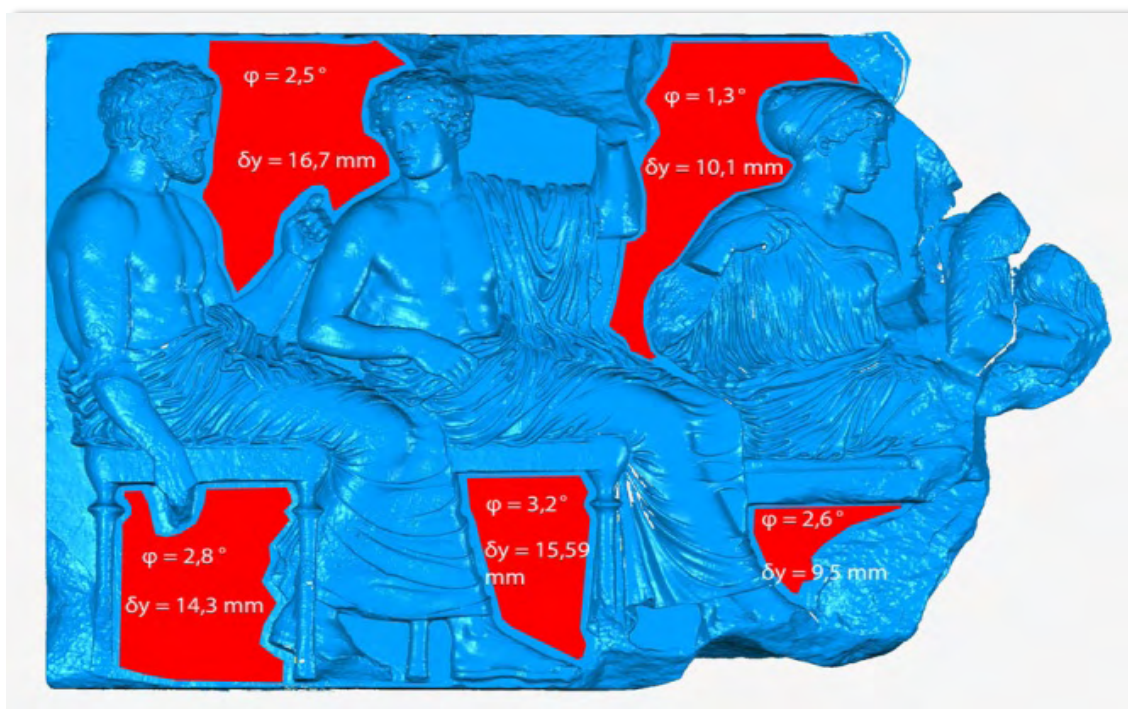


Εικόνα 26. Αποκατάσταση του Παρθενώνα στην αρχαία Ακρόπολη (Debevec, 2003).



Εικόνα 27. Πλάνα από κινούμενες εικόνες, όπου απεικονίζεται η δυτική ζωφόρος που τοποθετήθηκε ψηφιακά στον Παρθενώνα. Η διαμόρφωση έγινε από αρχιτεκτονικά σχέδια του Μανώλη Κορρέ και η χαρτογράφηση με το χέρι (Stumpf et al., 2003).

Το 2013, το Νέο Μουσείο Ακρόπολης των Αθηνών (NMAA), σε συνεργασία με το Εργαστήριο Εργαλειομηχανών και Διαμορφωτικής Μηχανολογίας του Πολυτεχνείου του Αριστοτέλειου Παν/μίου Θεσσαλονίκης (ΑΠΘ) και την εταιρεία Γεωανάλυσις ΑΕ, ξεκίνησαν τη μελέτη 3D ψηφιακής συναρμολόγησης των ανάγλυφων λίθων της δυτικής ζωφόρου του Παρθενώνα. Για την καταγραφή της γεωμετρίας και του χρώματος των λίθων, που εκτίθενται στο NMAA, εφαρμόστηκε η ψηφιοποίησή τους μέσω σάρωσης με ακτίνες λέιζερ (βλ. 3.2.1). Λόγω του όγκου των λίθων της ζωφόρου, που είναι τοποθετημένοι σε μόνιμες θέσεις, χρησιμοποιήθηκε ένας φορητός σαρωτής με κατάλληλο λογισμικό. Η τεχνική αυτή αποδείχτηκε ευέλικτη στην αντιμετώπιση φαινομένων σκιάσεων, εμφανίζοντας παράλληλα τις κρυμμένες επιφανειακές λεπτομέρειες και αξιολογώντας άμεσα τα δεδομένα που καταγράφονται. Αρχικά, οι επιφάνειες των λίθων ψηφιοποιήθηκαν σε διαδοχικές επιμέρους υποπεριοχές και στη συνέχεια συναρμολογήθηκαν σε μία καθολική ανάγλυφη επιφάνεια μέσω της επεξεργασίας των ληφθέντων αριθμητικών αποτελεσμάτων. Έτσι επιτεύχθηκε η ψηφιακή χαρτογράφηση της ακριβούς γεωμετρίας των λίθων. (Μπουζάκης κ.ά., 2014).



Εικόνα 28. Τρισδιάστατο ψηφιακό μοντέλο του λίθου VI της ανατολικής ζωφόρου του Παρθενώνα, με ενδείξεις των αποκλίσεων από την κατακόρυφο του εδάφους του αναγλύφου (φωτ. NMAA, Archaeology and Arts, 2014).

Η συστηματική αξιολόγηση των αριθμητικών δεδομένων αποκάλυψε στοιχεία των γεωμετρικών χαρακτηριστικών και μία κοινή κλίση του επιπέδου του υπόβαθρου για όλα τα ανάγλυφα των λίθων. Η θεωρητική εκτίμηση και προσέγγιση των πλάγιων πλευρών των λίθων πραγματοποιήθηκε λαμβάνοντας υπόψη ένα ενιαίο πλάτος ραφών ανάμεσα στις γειτονικές λίθους. Η ψηφιακή γεωμετρία των λίθων εισήχθη σε ένα εικονικό περιβάλλον, όπου προσομοιώθηκε η ανάρτησή τους στα αντίστοιχα επικλινή επιστύλια. Οι κλίσεις του επιστυλίου προσδιορίστηκαν με βάση τα δημοσιευμένα αποτελέσματα των μετρήσεων διευκολύνοντας τον εντοπισμό της αρχικής θέσης των λίθων στο ναό του Παρθενώνα. Η τελευταία διάταξη των λίθων συγκλίνει αρκετά με αυτή των αυθεντικών λίθων που εκτίθενται στο ΝΜΑΑ. (Μπουζάκης Δ. κ.ά., 2014). Το 2014, το πρόγραμμα «Ψηφιοποίηση Ζωφόρου Παρθενώνα» και τα πρώτα συμπεράσματα της μελέτης παρουσιάστηκαν σε ημερίδα του ΝΜΑΑ (Archaeology and Arts, 2014) και στο Β΄ Συμπόσιο της Ακαδημίας Θεσμών και Πολιτισμών ΤΟΥ ΑΠΘ (Ακαδημία Θεσμών και Πολιτισμών, 2014).

#### ii. ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΤΗΣ ΠΑΤΡΑΣ

Η Πάτρα είναι το μεγαλύτερο οικονομικό, εμπορικό και πολιτιστικό κέντρο της Πελοποννήσου και της δυτικής Ελλάδας. Αποκαλείται «Πύλη της Ελλάδας προς τη Δύση», καθώς είναι διεθνές εμπορικό κέντρο, μεγάλο λιμάνι και κομβικό σημείο για το εμπόριο και την επικοινωνία με την Ιταλία και την ευρωπαϊκή δύση ευρύτερα (Βικιπαίδεια, 2018).

Η Geospatial Enabling Technologies προμήθευσε την εταιρεία MaP ΕΠΕ με στερεοσκοπικές δορυφορικές εικόνες υψηλής ανάλυσης για τη δημιουργία 3D μοντέλου πόλης για το Δήμο Πατρέων στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος BRISIDE, στο οποίο συμμετέχει η εταιρεία EPSILON NET ΑΕ. Οι εταιρείες GET και MaP ΕΠΕ δημιουργούν ένα 3D μοντέλο πόλης του Δήμου Πατρέων, για την εταιρεία EPSILON NET ΑΕ. Η προμήθεια στερεοσκοπικών δορυφορικών εικόνων υψηλής ανάλυσης πραγματοποιήθηκε από τη GET. Η MaP εκτέλεσε επιτυχώς την 3D απόδοση των κτηριακών όγκων για το σύνολο του οικιστικού ιστού της Πάτρας. Οι στερεοσκοπικές δορυφορικές εικόνες προέρχονται από νέα λήψη του δορυφόρου Geoeye, που προγραμματίστηκε από την GET και την egeos. Η τεχνολογία που χρησιμοποιήθηκε για το έργο βασίζεται στην ψηφιακή φωτογραμμετρία, εφαρμοσμένη σε δορυφορικές εικόνες. Η επιλογή δορυφορικού στερεοζεύγους GeoEye-1, πολύ

μεγάλης διακριτικής ικανότητας (0,50 m) αποτελεί το πιο εξελιγμένο εμπορικά διαθέσιμο προϊόν. Τα δεδομένα GeoEye-1 είναι ιδανικά για την 3D στερεοσκοπική απόδοση κτηρίων σε λεπτομέρεια όγκου (MaP ΕΠΕ, 2006).

Ο κάθε όγκος είναι σε διανυσματική μορφή GIS 2D με στοιχεία βάσης: Υψόμετρο Εδάφους, Υψόμετρο Όγκου, Ύψος Όγκου. Η συνημμένη πληροφορία παρέχει τη δυνατότητα, αν χρειαστεί, της μετατροπής των 2D δεδομένων σε 3D διανύσματα ή 3D απεικόνιση (οι δύο μετατροπές είναι onestep). Το έργο πραγματοποιήθηκε σε συνεργασία με την EPSILON ΑΕ, στα πλαίσια ανάπτυξης ευρύτερου GIS. Τα κύρια προϊόντα των παραπάνω διαδικασιών είναι:

- Διανυσματικοί Οικιστικοί Όγκοι με 3D πληροφορία
- Ορθοεικόνα RGB – I
- Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους
- Ψηφιακό Μοντέλο Επιφάνειας Κτηρίων (MaP ΕΠΕ, 2006).



Εικόνα 29. Στερεοσκοπική απόδοση όγκου κτισμάτων για τον Δήμο Πατρέων με χρήση δορυφορικών εικόνων υψηλής ανάλυσης GeoEye-1 (MaP ΕΠΕ, 2006).

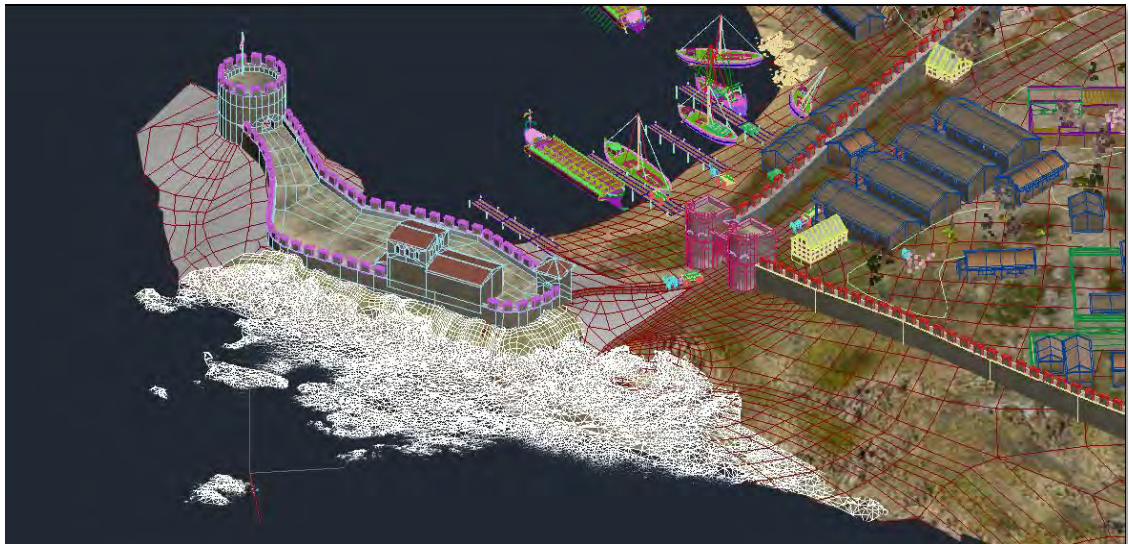
*iii. ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΑΛΑΙΑΣ ΠΟΛΗΣ ΒΟΛΟΥ*

Η ψηφιακή τρισδιάστατη αποτύπωση του ιστορικού κέντρου της πόλης του Βόλου είναι περίπλοκη και ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα. Η τεκμηριωμένη αδιάλειπτη κατοίκηση της περιοχής από την 3η χιλιετία π.Χ. δίνει μια σημαντική διάσταση στην εξέλιξη της πόλης, της πολεοδομίας της, των αρχαιολογικών ανασκαφών και ευρημάτων, έως τη σύγχρονη εκδοχή της πόλης. Το μοντέλο εξελίχθηκε στα πλαίσια ερευνητικού προγράμματος χρηματοδοτούμενου από το Υπουργείο Παιδείας, Έρευνας και Θρησκευμάτων. Χρησιμοποιώντας υπάρχοντα ψηφιακά υπόβαθρα της σύγχρονης πόλης του Βόλου, δημιουργήθηκαν αξονικοί χάρτες (axial maps) του πολεοδομικού συγκροτήματος του Βόλου ακολουθώντας τις αρχές της συντακτικής ανάλυσης χώρου (Spaces Syntax Analysis). Η διαστρωμάτωση των αποτελεσμάτων της ανάλυσης αυτής μετατράπηκε σε εικονικό περιβάλλον. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια μεταπτυχιακού μαθήματος του Τμήματος Χωροταξίας, Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας (Μπουρδάκης, 2004).

*iv. ΑΡΧΑΙΑ ΠΟΛΗ ΑΛΕΤ, ΓΑΛΛΙΑ*

Η μελέτη τρισδιάστατης αναπαράστασης της αρχαίας πόλης Αλέτ ξεκίνησε το 2015. Η περιοχή υπό μελέτη περιλαμβάνει το περίφημο κέλτικο και ρωμαϊκό λιμάνι του Σεν Μαλό, κέντρο ανάπτυξης της γαλατικής φυλής των Κοριοσολιτών. Βάσει των ιστορικών στοιχείων και μελετών που υπήρχαν για την περιοχή έγινε προσπάθεια αναπαράστασης του παρελθόντος, με σκοπό την εξαγωγή συμπερασμάτων για τον τρόπο διαβίωσης των παλαιών οικισμών, συνυπολογίζοντας παραμέτρους όπως η τοπογραφία, ως τμήμα της παράκτιας γεωμορφολογίας, η περιβαλλοντική βλάστηση και οι ναυτικές δραστηριότητες. Επιπλέον, γίνεται μια απόπειρα να παρουσιαστεί η περιβαλλοντική και φυσική εξέλιξη της περιοχής (Bernard et al., 2017).

Η 3D απεικόνιση, προσαρμόσιμη στις νέες επιστημονικές ανακαλύψεις, αποτελεί τη δυναμική σύνθεση αρχαιολογικής γνώσης πολλών ετών, συμβάλλοντας στην κατανόηση και καλύτερη ανάλυση της οργανωτικής δομής της πόλης. Η ιδιαιτερότητα της περίπτωσης μελέτης της Αλέτ είναι οι διαφοροποιημένες και αλληλοσυμπληρούμενες διαθέσιμες πηγές δεδομένων: χερσαία και υποβρύχια αρχαιολογία, ιστορικές πηγές (κειμένα, αρχαίοι χάρτες, φωτογραφικό υλικό και σχέδια), γεωφυσικές έρευνες και παρακολούθηση, περιβαλλοντικές μελέτες κ.λπ.



Εικόνα 30. Μέσω της τρισδιάστατης σάρωσης με λέιζερ αποτυπώθηκαν και τα αρχαιολογικά χαρακτηριστικά της ακτής (λευκό χρώμα), που περιλαμβάνονται στο 3D μοντέλο της της Αλέτ (Bernard et al., 2017).

Καμία πηγή, εξεταζόμενη μεμονωμένα, δεν επαρκούσε για το σχεδιασμό μιας πλήρους εικόνας του παρελθόντος της περιοχής. Ωστόσο, ο συνδυασμός των δεδομένων βοήθησε σημαντικά στην 3D αναπαράσταση της πόλης κατά τη ρωμαϊκή εποχή, ενώ μέσω της 3D σάρωσης με λέιζερ (βλ. 3.2.1) επιτεύχθηκε η ανάλυση των περιβαλλοντικών αλλαγών στην ευρύτερη περιοχή με την πάροδο των ετών.

Η μελέτη περίπτωσης της Αλέτ θεωρείται ως προκαταρκτική εργασία για τη βελτίωση των μεθοδολογικών διαδικασιών 3D αναπαράστασης. Στόχος των ερευνητών είναι η ανάπτυξη αυτών των διαδικασιών σε ένα ευρύτερο γεωγραφικά και πολιτιστικά πεδίο, που θα καλύψει την περιοχή της Αρμορικής (π.χ. η ευρύτερη δυτική Γαλλία κατά τη ρωμαϊκή εποχή), με 3D αναπαραστάσεις των ρωμαϊκών πόλεων και αντικειμενικό σκοπό τη δυνατότητα συγκριτικής προσέγγισης εντός του ευρύτατου πλαισίου εξάπλωσης των περιοχών της Ρωμαϊκής Αυτοκρατορίας (Bernard et al., 2017).

Από το σύνολο των παραδειγμάτων που εξετάστηκαν στο παρόν κεφάλαιο, προκύπτει το συμπέρασμα ότι στις ανεπτυγμένες χώρες (π.χ. ΗΠΑ και Βόρεια Ευρώπη) τα 3D μοντέλα πόλεων αποτελούν ήδη ένα αναπόσπαστο εργαλείο σε πολλούς τομείς και εφαρμογές που σχετίζονται με το χώρο. Εν αντιθέσει, στις υπό ανάπτυξη χώρες (π.χ. Ελλάδα) η χρήση της τρισδιάστατης τεχνολογίας περιορίζεται ως επί το πλείστον στο οπτικό αποτέλεσμα, κυρίως λόγω έλλειψης κρατικών πόρων και αδυναμία διατήρησης εξειδικευμένου προσωπικού.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

#### 3.1 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑ ΚΑΙ ΣΓΠ

Η τεχνολογική εξέλιξη των 3D αστικών μοντέλων είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την εξέλιξη των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών. Το Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών – ΣΓΠ, ή Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών – ΓΣΠ, γνωστό ευρέως ως Geographical Information System – GIS, είναι ένα πληροφοριακό σύστημα που παρέχει σε ψηφιακό περιβάλλον τη δυνατότητα συλλογής, αποθήκευσης, επεξεργασίας, ανάλυσης και οπτικοποίησης των σχετικών με το χώρο δεδομένων –γεωγραφικών, χαρτογραφικών ή χωρικών, με σκοπό την έγκαιρη, αποτελεσματική και αποδοτική συνεργασία, επίλυση προβλημάτων και λήψη αποφάσεων (Βικιπαίδεια). Το ΣΓΠ είναι ο ‘έξυπνος χάρτης’, βάσει του οποίου παρουσιάζεται μια περίληψη του πραγματικού κόσμου. Ο χρήστης αποκτά τη δυνατότητα να θέσει διαδραστικά ερωτήματα χωρικού χαρακτήρα, να αναλύσει τα αποτελέσματα και να τα προσαρμόσει αναλόγως. Η απόδοση των δεδομένων γίνεται σε αναλογικά ή ψηφιακά μέσα (Δασκαλάκης κ.ά., 2011) (βλ. και Παράρτημα 1.1. – 1.1.3).

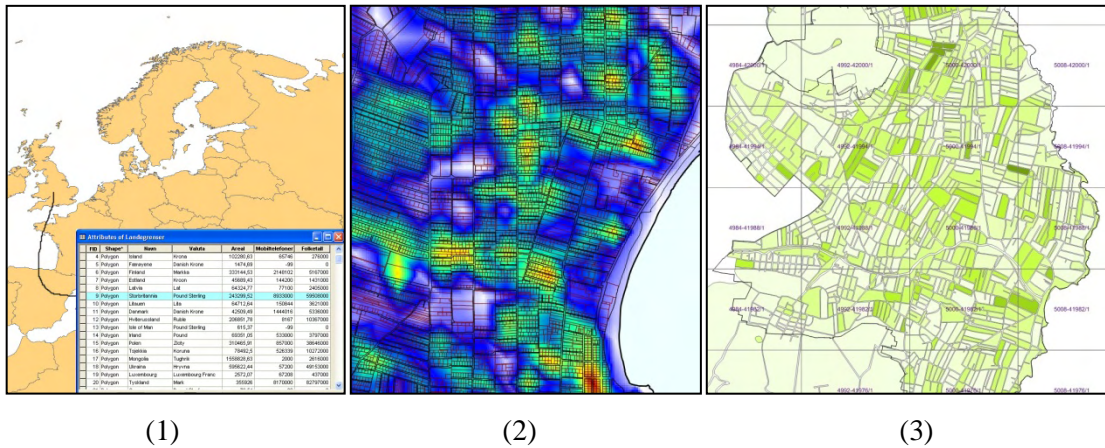
Τα ΣΓΠ αποτελούν βασικό εργαλείο συλλογής, καταγραφής, διαχείρισης και επεξεργασίας πληροφοριών που σχετίζονται με το χώρο· δεν είναι απλά ένα μέσο παραγωγής χαρτών και διαγραμμάτων, αλλά μια ολοκληρωμένη τεχνολογία για την ανάλυση-μελέτη του χώρου, σε συνάρτηση με τον άνθρωπο, τη γη, την κοινωνία και το περιβάλλον (Βικιπαίδεια). Είναι ένα πλαίσιο οργάνωσης, επικοινωνίας και κατανόησης των επιστημών του κόσμου μας (ESRI, 2018). Εκτός από την παροχή πληροφοριών για την κατάσταση των πραγμάτων (συνθήκες, περιστάσεις), τις ιδιότητες και τις αμοιβαίες σχέσεις των παραγόντων σε μια γεωγραφική περιοχή, ένα ακόμη χαρακτηριστικό των ΣΓΠ είναι αυτό του χρόνου. «Οι ιδιότητες μπορούν να αλλάξουν χαρακτήρα με το χρόνο, αλλά διατηρούν την ίδια θέση κατά χώρο ή οι ιδιότητες παραμένουν ίδιες, αλλά αλλάζει η θέση τους» (Ελληνική Κοινότητα Δασολόγων).

Τα ΣΓΠ είναι σήμερα ο χώρος όπου συγκλίνουν πολλά επιστημονικά/τεχνολογικά πεδία. Καθένα από αυτά παρέχει το υπόβαθρο το οποίο στο σύνολό του οικοδομεί τα ΣΓΠ. Ορισμένα από τα εν λόγω πεδία ασχολούνται:

- με τον τρόπο με τον οποίο ο άνθρωπος αντιλαμβάνεται το χώρο (Γεωγραφία, Ψυχολογία κ.λπ.),



- με τη συλλογή – επεξεργασία χωρικών δεδομένων (Τοπογραφία, Χαρτογραφία, Τηλεανίχνευση, Σύστημα Παγκόσμιου Εντοπισμού Θέσης – GPS κ.λπ.),
- με τη θεωρητική και μεθοδολογική θεμελίωση των ΣΓΠ (Μαθηματικά, Στατιστική, Πληροφορική κ.λπ.),
- με συγκεκριμένες εφαρμογές (Πολεοδομία, Χωροταξία, Αρχιτεκτονική, Γεωλογία, Δασολογία, Αρχαιολογία, Βιολογία, Φωτογραμμετρία κ.λπ.) (Χαλκιάς, 2011).



Εικ. 31. Χάρτης GIS, που λειτουργεί με οικονομικές, δημογραφικές και άλλες παραμέτρους,  
 Εικ. 32. Χάρτης Οικιστικής Πυκνότητας για λήψη αποφάσεων, π.χ. ανάπτυξη υποδομών ΟΤΑ,  
 Εικ. 33. Χάρτης Πυκνότητας Πληθυσμού (Βικιπαίδεια, 2017).

### 3.1.1 ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΜΕΡΗ ΚΑΙ ΒΑΣΙΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΣΓΠ

Τα συστατικά μέρη που αποτελούν ένα Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών είναι:

- το ανθρώπινο δυναμικό,
- τα δεδομένα,
- ο εξοπλισμός,
- το λογισμικό-διαδικασίες και
- το δίκτυο.

Το ανθρώπινο δυναμικό που ασχολείται με το ΣΓΠ, είναι ο σημαντικότερος παράγοντας, ως συντονιστής του συστήματος που υποστηρίζει βάσει της γνώσης, της ικανότητας και της εμπειρίας του την ανάπτυξη και λειτουργία του ΣΓΠ (Χαλκιάς, 2011).

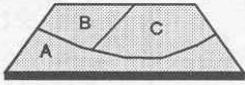
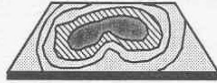

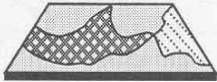
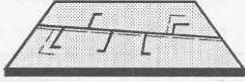

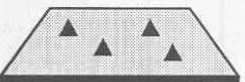
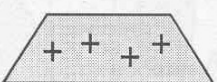
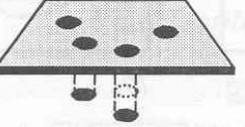
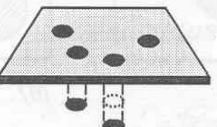
Τα δεδομένα αποτελούν τη βάση ανάπτυξης του ΣΓΠ και η διαδικασία συλλογής και επεξεργασίας τους απαιτεί εξαρχής σημαντική επένδυση χρόνου και κόστους, σε συνδυασμό με το σωστό σχεδιασμό. Η σχέση κόστους μεταξύ δεδομένων-λογισμικού-

εξοπλισμού είναι συνήθως αρκετά δυσανάλογη, ενώ στις μεγάλες εφαρμογές αγγίζει την αναλογία 100-10-1. Η αναλογία αυτή αποδεικνύει τη σπουδαιότητα των ακριβών, ενήμερων, ολοκληρωμένων και σωστά καταχωρημένων δεδομένων, χωρικών ή μη χωρικών (Χαλκιάς, 2011).

Ο εξοπλισμός περιλαμβάνει όλες τις απαραίτητες για την ανάπτυξη του συστήματος μονάδες. Εκτός από την κεντρική μονάδα επεξεργασίας, δύναται να περιλαμβάνει επίσης τους τερματικούς σταθμούς εργασίας και περιφερειακές συσκευές, όπως ψηφιοποιητή (digitizer), σαρωτή (scanner), σχεδιογράφο (plotter), συσκευές αποθήκευσης αντιγράφων (backup media), αδιάλειπτα τροφοδοτικά τάσης (ups) (Χαλκιάς, 2011).

Ως λογισμικό, νοούνται όλα τα αναγκαία προγράμματα και εργαλεία για την αποθήκευση, επεξεργασία, ανάλυση και εμφάνιση των γεωγραφικών πληροφοριών. Το λογισμικό ενός ΣΓΠ αποτελείται από τα εξής τμήματα: 1) εισαγωγής και διόρθωσης δεδομένων, 2) αποθήκευσης και διαχείρισης δεδομένων, 3) παρουσίασης και παραγωγής προϊόντων εξόδου, 4) μετασχηματισμών, 5) αλληλεπίδρασης και επικοινωνίας με τους χρήστες.

Αναλόγως του μεγέθους της εφαρμογής, η βάση δεδομένων (database) στην οποία στηρίζεται ένα ΣΓΠ, μπορεί να αποτελεί ξεχωριστό περιβάλλον εργασίας, δηλ. μια εξωτερική βάση δεδομένων (π.χ. ORACLE, ACCESS, SYBASE, INFORMIX, DBASE), ή να είναι ενσωματωμένη στο γενικευμένο λογισμικό ΣΓΠ (Χαλκιάς, 2011). Η βάση αυτή αποτελείται από μια σειρά πληροφοριακών επιπέδων που αφορούν την ίδια γεωγραφική περιοχή και μπορεί να χρησιμοποιηθεί από διάφορους χρήστες για την κάλυψη πληροφοριακών αναγκών. Κάθε πληροφοριακό επίπεδο περιλαμβάνει είτε μη επεξεργασμένα δεδομένα (π.χ. τοπογραφικά, δορυφορικά κ.λπ.) είτε θεματικές πληροφορίες (π.χ. τύπος εδαφών, είδη βλάστησης, κλίση και έκθεση του αναγλύφου κ.λπ.) (Αστάρης & Οικονομίδης). Οι διαδικασίες αφορούν στη διαχείριση του ΣΓΠ. Ένας οργανισμός μέσα από διάφορους μηχανισμούς πρέπει να διασφαλίζει ότι οι δραστηριότητες των ΣΓΠ δεν υπερβαίνουν τους προϋπολογισμούς, ότι η ποιότητά τους διατηρείται σε υψηλά επίπεδα και ότι ικανοποιούν τις εκάστοτε ανάγκες του οργανισμού (Longley, 2010).

ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΑΡΧΕΙΩΝ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ		ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ	
	ΣΧΕΔΙΑΖΟΜΕΝΕΣ ΖΩΝΕΣ		ΑΝΑΓΛΥΦΟ ΤΗΣ ΓΗΣ
	ΑΓΡΟΤΕΜΑΧΙΑ		ΕΛΑΦΟΛΟΓΙΚΟΙ ΧΑΡΤΕΣ
	ΧΡΗΣΕΙΣ		ΠΟΤΑΜΟΙ ΚΑΙ ΛΙΜΝΕΣ
	ΓΕΛΙΩΔΕΤΙΚΑ ΣΗΜΕΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ		ΣΤΑΘΜΕΣ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΡΟΦΟΡΕΩΝ
	ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΑΠΟ ΕΛΑΦΟΛΟΓΙΚΕΣ ΤΟΜΕΣ		ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ (ΕΛΑΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ, ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ)

Πίνακας 1. Παραδείγματα διαφορετικών δεδομένων, που έχουν συλλεχθεί για δύο διαφορετικές χρήσεις από ερευνητές διαφόρων επιστημονικών πεδίων (Burrough & McDonnell, 2000).

Το δίκτυο αναφέρεται στο τοπικό δίκτυο του Η/Υ αλλά και στο ευρύτερο σύστημα του διαδικτύου, διότι και τα δύο συμβάλλουν στη διάδοση των δεδομένων και των χαρτών. Χωρίς το δίκτυο δεν είναι δυνατή η άμεση επικοινωνία και η κοινή χρήση ψηφιακών δεδομένων και χαρτών (Longley, 2010). Η δυνατότητα δικτυακής επικοινωνίας πολλών συστημάτων και η σύνδεση μεταξύ διαφορετικών συστημάτων και χρηστών καθιστά εφικτή τη δημιουργία μιας εφαρμογής WebGIS και το διαμοιρασμό της με μεγάλο αριθμό χρηστών μέσω του διαδικτύου (Χαλκιάς, 2011).

Εκεί που παρατηρείται σημαντικό έλλειμμα, ιδιαίτερα στην Ελλάδα, είναι στον τομέα των δεδομένων, το πιο δαπανηρό και χρονοβόρο τμήμα στη διαδικασία υλοποίησης ενός ΣΓΠ. Στη χώρα μας, σε πολλά έργα υλοποίησης ΣΓΠ δαπανάται σημαντικός χρόνος και πόροι στις διαδικασίες δημιουργίας της βάσης χωρικών και περιγραφικών δεδομένων, λόγω του περιορισμένου όγκου διαθέσιμων δεδομένων από επίσημους φορείς. Επίσης, παρατηρείται έλλειψη καταρτισμένου επιστημονικού προσωπικού για την υποστήριξη του σχεδιασμού και της αξιοποίησης ΣΓΠ (Χαλκιάς, 2011).

### 3.1.2 ΨΗΦΙΑΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΛΑΦΟΥΣ

Το Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (ΨΜΕ) ή Ψηφιακό Μοντέλο Αναγλύφου (Digital Terrain Model – DTM) ή Ψηφιακό Ύψομετρικό Μοντέλο (Digital Elevation Model –

DEM) είναι ένα χρήσιμο εργαλείο ανάλυσης, επεξεργασίας και παρουσίασης των γεωγραφικών πληροφοριών. Η δημιουργία και επεξεργασία του ΨΜΕ γίνεται στο περιβάλλον του ΣΓΠ. Ως ΨΜΕ θεωρείται «κάθε ψηφιακή αναπαράσταση της συνεχούς μεταβολής του αναγλύφου στο χώρο». Ο όρος DEM είναι πιο ειδικός και αναφέρεται μόνο στην ψηφιακή αναπαράσταση του αναγλύφου. Ο όρος DTM είναι πιο γενικός και χρησιμοποιείται επίσης και για οποιαδήποτε άλλη αναπαράσταση ενός χαρακτηριστικού συνεχούς μεταβολής στο χώρο (Χαλκιάς, 2007).

Οι βασικές πηγές δεδομένων για τη δημιουργία ΨΜΑ είναι οι εξής:

1. Τα δεδομένα υπαίθρου, με απευθείας εδαφικές μετρήσεις, που επιτρέπουν την άμεση καταγραφή των δεδομένων και τη μεταφορά τους σε έναν Η/Υ.
2. Οι τοπογραφικοί χάρτες, των οποίων τα δεδομένα ψηφιοποιούνται.
3. Οι αεροφωτογραφίες ή οι δορυφορικές εικόνες (Βαϊόπουλος κ.ά., 2002).

Η χρήση των ΨΜΕ είναι πολύ σημαντική και έχει πολλαπλές εφαρμογές, όπως:

- Χωροθέτηση τηλεπικοινωνιακών δικτύων (τηλεόραση, ραδιόφωνο, κινητή τηλεφωνία)
- Σχεδιασμός μεγάλων τεχνικών έργων (κατασκευή και συντήρηση αυτοκινητοδρόμων, λιμένων, διωρύγων, αεροδρομίων, πετρελαιαγωγών, σταθμών παροχής ηλεκτρικής ενέργειας κ.ά.)
- Μελέτες διάβρωσης (με μελέτη κλίσεων, περιγραφή γεωμορφολογικών μονάδων κ.λπ.)
- Μελέτες επιφανειακής απορροής υδάτων, ανάλυση στραγγίσεων, πρόληψη πλημμυρών.
- Σχεδιασμός δικτύων στράγγισης και άρδευσης γεωργικών εκτάσεων.
- Εξομοίωση πτήσεων και καθοδήγηση πυραύλων (Βαϊόπουλος κ.ά., 2002).

### 3.1.3 ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΑ ΣΓΠ – WEBGIS

Τα διαδικτυακά Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (WeBGIS) είναι τα ΣΓΠ που χρησιμοποιούν ως βάση το διαδίκτυο, με στόχο να δώσουν δημόσια πρόσβαση στις διάφορες εφαρμογές και τα χωρικά δεδομένα (Ratray, 2006). Ένα διαδικτυακό ΣΓΠ είναι το μόνο λογισμικό που μπορεί να δημιουργήσει ιστοσελίδες με δυναμικούς χάρτες, διότι τα συνήθη πρωτόκολλα ανάπτυξης ιστοσελίδων (html, xml κ.λπ.) δεν επιτρέπουν τη δημιουργία σελίδων στον παγκόσμιο ιστό που να έχουν τα χαρακτηριστικά των κλασικών ΣΓΠ (Ελληνική Κοινότητα Δασολόγων).

Με την ανάπτυξη του πρωτοκόλλου HTTP και της γλώσσας προγραμματισμού HTML, από το 1993 λειτουργεί η πρώτη υπηρεσία *web mapping*. Αυτές οι πρώτες εφαρμογές παρείχαν στην ουσία ορισμένες προκαθορισμένες πληροφορίες από τον πάροχο, ενώ επέτρεπαν μικρές τροποποιήσεις από τον τελικό χρήστη. Αφορούσαν, κυρίως, στη λεπτομερή απεικόνιση μιας περιοχής, την οποία επέλεγε ο χρήστης στέλνοντας εντολή (κάνοντας click) πάνω σε αυτή. Αργότερα, δημιουργήθηκαν υπηρεσίες εύρεσης διευθύνσεων και διαδρομών χρησιμοποιώντας τις βασικές λειτουργίες των ΣΓΠ, όπως τα MapQuest, Streetmap και MultiMap, καθώς και πιο εξειδικευμένες εφαρμογές, όπως το ArcServer της ESRI (Ελληνική Κοινότητα Δασολόγων).

Η κοινοπραξία OGC ιδρύθηκε το 1994 και έπαιξε σημαντικό ρόλο στην ανταλλαγή γεωγραφικών δεδομένων από χρήστες, εταιρείες, κυβερνητικές υπηρεσίες και πανεπιστήμια, ενώ τέθηκαν πρότυπα διαλειτουργικότητας αυτών (Ελληνική Κοινότητα Δασολόγων). Στόχος του OGC είναι να κάνει τη γεωγραφική πληροφορία ένα βασικό στοιχείο της παγκόσμιας υποδομής πληροφοριών. Τα μέλη του – πάροχοι και χρήστες της τεχνολογίας – αναπτύσσουν μέσα από συνεργασία ανοιχτά πρότυπα διεπαφής και κωδικοποίησης, καθώς επίσης και βέλτιστες τεχνικές που επιτρέπουν στους προγραμματιστές να δημιουργούν πληροφοριακά συστήματα που μπορούν εύκολα να ανταλλάσσουν χωρική πληροφορία και να αλληλεπιδρούν με άλλα πληροφοριακά συστήματα. Οι απαιτήσεις κυμαίνονται από σύνθετο προγραμματισμό και έλεγχο δορυφόρων παρακολούθησης της Γης, μέχρι την απεικόνιση απλών χαρτών στο διαδίκτυο και κωδικοποίηση της πληροφορίας θέσης σε λίγα bytes πληροφορίας για σύνθεση μηνυμάτων και μαρκάρισμα πληροφορίας θέσης (geo-tagging) (OSGeo Live). Γενικά μέχρι το 2005, ενώ υπήρχε η δυνατότητα ανταλλαγής γεωγραφικών πληροφοριών μέσω του διαδικτύου, η ανάπτυξη διαδικτυακών εφαρμογών χαρτογράφησης (internet-based mapping applications) παρέμεινε πολύπλοκη, με υψηλό κόστος και μικρό αριθμό προγραμματιστών. Σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη του web mapping, εκτός της εξάπλωσης του ευρυζωνικού διαδικτύου, είχαν και το Web 2.0 (η νέα γενιά του Παγκόσμιου Ιστού), το GPS, οι τεχνικές ανάπτυξης σελίδων AJAX και τα API (Ελληνική Κοινότητα Δασολόγων).

Τα διαδικτυακά ΣΓΠ αποτελούνται από τέσσερα βασικά συστατικά μέρη, που διασυνδέονται για να παράξουν την τελική πληροφορία:

1. Ο πελάτης-χρήστης (Client). Ο τομέας του χρήστη χρησιμοποιείται ως το περιβάλλον εργασίας με το οποίο ο εκάστοτε χρήστης αλληλεπιδρά και

- επικοινωνεί με το λογισμικό των διαδικτυακών ΣΓΠ (Ελληνική Κοινότητα Δασολόγων). Ενώ τα παραδοσιακά desktop ΣΓΠ βασίζονται στη χρήση ενός λογισμικού για να δημιουργήσουν τον χρήστη, τα WebGIS βασίζονται σε λειτουργίες του διαδικτύου και στα προϊόντα add-ons (Τζιμόπουλος κ.ά., 2013).
2. Ο εξυπηρετητής του διαδικτύου (Web Server) μαζί με τον εξυπηρετητή της εφαρμογής (Application Server). Ο εξυπηρετητής του διαδικτύου λαμβάνει τα αιτήματα των χρηστών, διανέμει στατικές ιστοσελίδες και θέτει σε λειτουργία τους εξυπηρετητές των εφαρμογών. Ο εξυπηρετητής της εφαρμογής διαχειρίζεται τις συναλλαγές και την ασφάλεια του server. Παράλληλα, ρυθμίζει και την ισορροπία του συστήματος. (Ελληνική Κοινότητα Δασολόγων).
  3. Ο εξυπηρετητής των χαρτών (Map Server). Επεξεργάζεται τα αιτήματα των χρηστών και παράγει τους απαιτούμενους χάρτες (Ελληνική Κοινότητα Δασολόγων). Είναι ο πυρήνας της εργασίας των WebGIS, καθώς εκπληρώνει τα χωρικά ερωτήματα, διεξάγει τη χωρική ανάλυση και παράγει και διανέμει χάρτες, ανάλογα με τα αιτήματα των χρηστών. Ο Map Server δηλαδή παρέχει τις παραδοσιακές-βασικές λειτουργίες των ΣΓΠ (Τζιμόπουλος κ.ά., 2013).
  4. Ο εξυπηρετητής των δεδομένων (Data Server), ο οποίος διανέμει χωρικά και μη χωρικά δεδομένα, ενώ παράλληλα παρέχει πρόσβαση και διαχείριση μέσω της γλώσσας προγραμματισμού SQL (Structured Query Language) ή μέσω κάποιας άλλης γλώσσας, ανάλογα με το λογισμικό που χρησιμοποιείται κάθε φορά (Ελληνική Κοινότητα Δασολόγων).

Τα WebGIS υιοθετούν το μοντέλο αρχιτεκτονικής τριών επιπέδων ή γενικότερα των επιπέδων χρήστη-εξυπηρετητή. Τυπικά, υπάρχει ο χρήστης (client), ένας εξυπηρετητής διαδικτύου (web server) και ένας εξυπηρετητής εφαρμογών (application server), ενώ παράλληλα υπάρχει ένας ή περισσότεροι εξυπηρετητές ΣΓΠ και εξυπηρετητές της βάσης δεδομένων (data servers). Ανάλογα με τον τρόπο σύνδεσης στο διαδίκτυο, τα WebGIS μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες (Ελληνική Κοινότητα Δασολόγων): WebGIS που συνδέονται ενσύρματα (Internet GIS) και WebGIS που συνδέονται ασύρματα (mobile GIS).



Εικόνα 34. Λειτουργία WebGIS (Ελληνική Κοινότητα Δασολόγων).

### 3.1.4 GISCLOUD

Το GISCloud είναι μια υπηρεσία υπό συνεχή ανάπτυξη, η οποία επιτρέπει σε κάθε χρήστη να φιλοξενεί, να διαχειρίζεται και να έχει πρόσβαση στα γεωχωρικά του δεδομένα στο «σύννεφο». Επιπλέον, επιτρέπει τη δημιουργία-επεξεργασία-δημοσίευση των χαρτών από τα γεωχωρικά δεδομένα. Ειδικότερα, το GISCloud είναι ένα WebGIS ήδη διαθέσιμο, που δεν αναγκάζει το χρήστη να κάνει την εγκατάστασή του. Είναι μια νέα υπηρεσία γεωγραφικών εργαλείων, που διαθέτει αυτόματα τα γεωγραφικά δεδομένα στο διαδίκτυο και με το WebGIS που επισυνάπτεται στην παρούσα υπηρεσία. Τα GISCloud είναι ένα κομμάτι του υπολογιστικού νέφους (cloud computing), που σημαίνει ότι οι εφαρμογές βρίσκονται σε απομακρυσμένα κέντρα δεδομένων. Δηλαδή βοηθάει για να μειώσει το λειτουργικό κόστος και το χρόνο για την αξιοποίηση μιας βάσης δεδομένων. Είναι μία αξιοποιήσιμη λύση για το δημόσιο τομέα και μια πηγή καλύτερης πληροφόρησης όσον αφορά στις υπηρεσίες του πολίτη (Μελιάδου, Ελληνική Κοινότητα Δασολόγων).

Η εφαρμογή GISCloud αποτελείται από έξι ενότητες. Η πρώτη περιλαμβάνει τα εργαλεία χαρτογράφησης για τη συμμετοχή του χρήστη. Η δεύτερη αφορά τη διάχυση των χαρτών στο διαδίκτυο. Η τρίτη ενότητα αφορά την εισαγωγή της εφαρμογής σε κινητή πλατφόρμα (mobile platform). Η τέταρτη περιλαμβάνει τη θεματική

χαρτογράφηση και η πέμπτη την εισαγωγή σε υπάρχοντα συστήματα. Η τελική ενότητα της εφαρμογής αντιστοιχεί στο ‘personal cloud’, περιλαμβάνει δηλαδή τις ατομικές και προσωπικές εφαρμογές WebGIS. Το GISCloud API επιτρέπει στους προγραμματιστές πρόσβαση και ενσωμάτωση των δεδομένων και της λειτουργικότητας του GISCloud σε άλλες εφαρμογές. Ενδεικτικά παραδείγματα των μεθόδων API είναι η δημιουργία-διόρθωση-διαγραφή χαρτών, η δημιουργία-προσθήκη επιπέδων και των χαρακτηριστικών τους (Μελιάδου, Ελληνική Κοινότητα Δασολόγων).

### 3.2 ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΣΓΠ

Οι περιορισμοί της ανάλυσης σε δισδιάστατη μορφή αυξάνουν συνεχώς την ανάγκη για πληροφορία σε τρισδιάστατη μορφή. Σύμφωνα με τους Stoter και Zlatanova (2003), οι εξελίξεις στις τεχνικές συλλογής δεδομένων στον κλάδο της Πληροφορικής, αποτέλεσαν τον πιο σημαντικό παράγοντα για τη χρήση 3D δεδομένων στα ΣΓΠ. Οι αισθητήρες συλλογής δεδομένων έχουν γίνει γρηγορότεροι και ακριβέστεροι, παρέχοντας τη δυνατότητα απόκτησης λεπτομερών και φωτορεαλιστικών δεδομένων. Παράλληλα, το υλικό των Η/Υ (επεξεργαστές, κάρτες γραφικών, χώρος αποθήκευσης) καθιστούν πλέον δυνατή την επεξεργασία και αποθήκευση μεγάλου όγκου δεδομένων, με αποτέλεσμα να είναι δυνατή η χρήση 3D δεδομένων και η ανάπτυξη εφαρμογών/εργαλείων επεξεργασίας τους μέσω των ΣΓΠ.

Οι πολύπλοκες διαδικασίες πολλών εφαρμογών απαιτούν την ενσωμάτωση των χωρικών και θεματικών 3D δεδομένων με τις αμοιβαίες σχέσεις μεταξύ τους. Τα ήδη υπάρχοντα συστήματα δεν μπορούν να αντιμετωπίσουν την 3D γεωμετρία ή στερούνται εκτεταμένης χωρικής/θεματικής ανάλυσης. Επομένως, το 3D GIS είναι η ασφαλέστερη επιλογή, διότι έχει τη δυνατότητα διατήρησης της θεματικής και χωρικής πληροφορίας ταυτόχρονα με την 3D τοπολογία (Zlatanova & Tempfli, 2000). Κύρια πεδία εφαρμογής των 3D GIS είναι ο αστικός σχεδιασμός και η ανάλυση της αστικής ανάπτυξης, οι τηλεπικοινωνίες, η παρακολούθηση του περιβάλλοντος για την αντιμετώπιση κρίσεων και καιρικών φαινομένων, ο σχεδιασμός τοπίου και οι υπηρεσίες δημόσιας διάσωσης (Harder, 2015).

Τα ΣΓΠ σε δισδιάστατη μορφή παρουσιάζουν ορισμένες σημαντικές διαφορές σε σχέση με τα ΣΓΠ σε τρισδιάστατη μορφή. Καταρχήν, επεξεργάζονται διαφορετικές ποσότητες δεδομένων. Ενδεικτικό παράδειγμα αποτελούν οι αστικές εφαρμογές ΣΓΠ,



όπου οι βάσεις δεδομένων των δισδιάστατων ΣΓΠ δεν μπορούν να αντιμετωπίσουν τον μεγάλο όγκο και την υψηλή ποιότητα των δεδομένων ή την περίπλοκη φύση τους, όπως μπορούν τα 3D ΣΓΠ. Μια άλλη βασική διαφορά τους είναι η διεπαφή με το χρήστη. Το περιβάλλον διεπαφής με το χρήστη στα δισδιάστατα ΣΓΠ είναι σημαντικά αργό, καθώς χρειάζονται από μερικά δευτερόλεπτα έως λεπτά για την ανανέωση της οθόνης μετά από μια αλλαγή οπτικής γωνίας, ζουμ, ορατών επιπέδων κ.ά. Η περιήγηση στον τρισδιάστατο χώρο προσφέρει μεγαλύτερη ελευθερία και αποδεικνύεται εντελώς απίθανο να συμβεί χωρίς την άμεση ορατή ανατροφοδότηση. Επιπλέον, η οπτικοποίηση του κάθε πλαισίου απαιτεί πολύπλοκους αλγόριθμους, γιατί η ποσότητα των απαραίτητων δεδομένων για τη διαδικασία rendering ενός πλαισίου είναι μεγαλύτερη απ' ό,τι στις εφαρμογές των δισδιάστατων ΣΓΠ. Το πιο φανερό, όμως, πλεονέκτημα των 3D GIS είναι ο αυξημένος ρεαλισμός, γιατί όχι μόνο η διεπαφή με το χρήστη γίνεται ευκολότερη μειώνοντας το χρόνο εκπαίδευσης των επαγγελματιών χρηστών των ΣΓΠ, αλλά και τα δεδομένα είναι προσβάσιμα σε νέους χρήστες χωρίς εμπειρία στα ΣΓΠ. Επίσης, τα δεδομένα σε τρισδιάστατη μορφή χρησιμοποιούνται και σε ορισμένες εφαρμογές που δεν ήταν δυνατές μόνο με τη χρήση δισδιάστατων δεδομένων, όπως π.χ. η προσομοίωση δημογραφικής ανάλυσης (Βασιλέλλη, 2017).

Οι τύποι 3D δεδομένων που υποστηρίζουν οι λειτουργίες 3D GIS, είναι τα δεδομένα LIDAR, τα ολοκληρωμένα πλέγματα δεδομένων και τα δεδομένα εικόνων που συλλέγονται μέσω drone (Harder, 2015) (βλ. και 3.2.1). Ορισμένοι προσανατολισμοί της πραγματικότητας που χρησιμοποιούνται κατά την 3D απεικόνιση δεδομένων, σε σύγκριση με τα δισδιάστατα, είναι οι προβολές, η αναγνωσιμότητα των δεδομένων και η επιλογή των στοιχείων στον 3D χώρο. Συνήθως, τα 3D μοντέλα ασχολούνται με μεγάλα σύνολα δεδομένων, που απαιτούν αποτελεσματικό υλικό και λογισμικό. Τα κύρια προβλήματα αποθήκευσης των πολυ-αναπαραστάσεων είναι το πώς θα χωρέσουν τα δεδομένα υψηλής ποιότητας που αναπαρίστανται με χαμηλό επίπεδο λεπτομέρειας και η περιττή αποθήκευση των αναπαραστάσεων. Για να επιτευχθεί μια πιο ρεαλιστική απεικόνιση, προστίθενται στη γεωμετρία στοιχεία φωτισμού, σκίασης, ομίχλης, υφών, χρώματος και υλικού. Στην περίπτωση του 3D GIS, πολλά νέα δεδομένα χρειάζεται να οργανωθούν στη βάση δεδομένων, συμπεριλαμβανομένων όχι μόνο της χωρικής πληροφορίας και των στοιχείων του αντικειμένου, αλλά και των χαρακτηριστικών του (π.χ. φυσικές ιδιότητες, συμπεριφορά του αντικειμένου) (Stoter & Zlatanova, 2003).

Τα 3D GIS μοντέλα διακρίνονται σε τρεις τύπους:

1. *Γεωμετρικά μοντέλα*, που χρησιμοποιούνται ευρέως καθότι είναι τα πιο απλά 3D μοντέλα, ενώ απαιτούν τη συμβατότητα των υφιστάμενων συστημάτων διαχείρισης βάσεων δεδομένων για τη διαχείριση των χωρικών δεδομένων. Τα γεωμετρικά μοντέλα διατηρούν τις συντεταγμένες μαζί με τα αντικείμενα, ωστόσο δημιουργούν μεγάλο όγκο δεδομένων (Lee & Zlatanova, 2008).
2. *Τοπολογικά μοντέλα*, για τα οποία έχουν γίνει πολλές έρευνες, όμως δεν έχει δημιουργηθεί ακόμα κάποια ειδική εφαρμογή που να υποστηρίζει την 3D τοπολογία. Αυτά τα μοντέλα χρειάζονται τις αναγνωριστικές ιδιότητες όλων των στοιχείων που χρησιμοποιούνται για τον ορισμό των χαρακτηριστικών και των σχέσεων που δημιουργούνται μεταξύ τους (Lee & Zlatanova, 2008). Τα τοπολογικά μοντέλα διατηρούν τη συνέπεια των δεδομένων αποφεύγοντας τον πλεονασμό στην αποθήκευσή τους και εκτελούν χωρικές αναλύσεις με ευκολία. Η πολυπλοκότητά τους, όμως, είναι μεγαλύτερη από αυτή των 3D γεωμετρικών μοντέλων (Zlatanova, 2013).
3. *Σημασιολογικά μοντέλα*. Η σημασιολογία είναι επίσης απαραίτητο στοιχείο των 3D αντικειμένων. Δεν υπάρχουν πολλά σημασιολογικά μοντέλα για την 3D μοντελοποίηση αστικού τοπίου. Τα αντικείμενα εδάφους και τα κτήρια είναι τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά για την 3D αναπαράσταση ενός αστικού μοντέλου (Zlatanova, 2013).

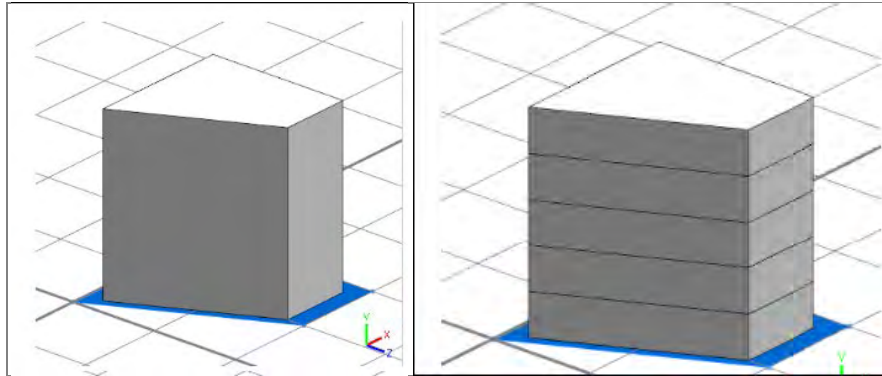
Οι τεχνικές μοντελοποίησης για τη δημιουργία 3D μοντέλων, είναι:

- Η *μοντελοποίηση βάσει εικόνων (Image Based Modelling – IBM)*. Η IBM είναι η τεχνική μέσω της οποίας δημιουργούνται μοντέλα για τα φυσικά υπάρχοντα αντικείμενα. Η 3D γεωμετρία απαιτεί πολλές εικόνες στο επίπεδο του εδάφους, για να δημιουργηθεί ένα πλέγμα 3D κτηρίου. Οι υφές του αποδίδονται με τη χρήση εικόνων. Η διαδικασία αυτοματοποιείται και κλιμακώνεται αναλόγως της εφαρμογής για την οποία προορίζεται το μοντέλο (Quan, 2010). Η IBM χρησιμοποιεί φωτογραφίες για τον καθορισμό της γεωμετρίας ενός σκηνικού, του φωτισμού, των χαρακτηριστικών ανάκλασης και των κινηματικών ιδιοτήτων, καθιστώντας τη φωτορεαλιστική μοντελοποίηση ευκολότερη. Επίσης, η IBM δίνει τη δυνατότητα παραγωγής νεφών σημείων από ένα σύνολο εικόνων, η οποία έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία 3D αντικειμένων υψηλής ακριβείας, με την πρωτότερη βαθμονόμηση του λογισμικού για τη διόρθωση παραμορφώσεων του φακού (Τράνακα, 2014).

- Η *αυτοματοποιημένη μοντελοποίηση*. Περιλαμβάνει διαδικασίες προσομοίωσης, μοντελοποίησης, ποιοτικής συλλογιστικής, γραφήματα δεσμών και δυναμικά συστήματα. Αναπτύσσει τα κατάλληλα εργαλεία για τη μοντελοποίηση, μέσω των οποίων μπορεί να διορθωθεί και ολοκληρωθεί το κατάλληλο μοντέλο. Η διαδικασία διευκολύνεται με την αυτοματοποίηση της συναρμολόγησης διαφορετικών υπο-μοντέλων του αρχικού μοντέλου (Smith & Xia, 1996). Βασικό πλεονέκτημα της αυτοματοποιημένης μοντελοποίησης είναι η ποιότητα και η ποσότητα των δεδομένων που συλλέγονται (Hu et al., 2016).
- Η *φωτογραμμετρική μοντελοποίηση*. Η διαδικασία αναδόμησης κτηρίων με μόνη πηγή δεδομένων τη χρήση αεροφωτογραφιών θεωρείται οικονομική και ταχεία ως τεχνική, ωστόσο η διαδικασία αποδείχτηκε πολύπλοκη. Ένας τρόπος απλοποίησης της διαδικασίας είναι ο συνδυασμός αεροφωτογραφιών μαζί με άλλες πηγές δεδομένων, έτσι ώστε να αξιοποιούνται όλα τα δυναμικά στοιχεία των φωτογραφιών, αλλά και άλλων τύπων δεδομένων. Τα γεωμετρικά αντικείμενα εντοπίζονται στις αεροφωτογραφίες και εν συνεχεία δημιουργούνται οι ακριβείς απεικονίσεις τους, εφόσον οι κλίμακες είναι γνωστές (Χναράκης, 2009) (βλ. 3.2.1).
- Η *κανονιστική μοντελοποίηση (Procedural Modeling)*. Περιλαμβάνει ένα σύνολο διαφορετικών τεχνικών σε γραφικά Η/Υ για τη δημιουργία 3D μοντέλων και υφών μέσω κανόνων, επιτρέποντας τη διεύρυνση της βάσης δεδομένων. Παραδείγματα κανονιστικής μοντελοποίησης είναι τα L-Systems, fractals και generative modelling. Τα L-Systems χρησιμοποιούνται για τη μοντελοποίηση αστικών δομών, της ανάπτυξης φυτών, οργανικών αντικειμένων και fractals. Οι κανόνες της κανονιστικής μοντελοποίησης ενσωματώνονται στον αλγόριθμο που ρυθμίζεται από ορισμένες παραμέτρους ή διαχωρίζονται από τη μηχανή αξιολόγησης. Τα αποτελέσματα που εξάγονται, χρησιμοποιούνται σε ταινίες, παιχνίδια, διαμοιράζονται μέσω του διαδικτύου ή επεξεργάζονται χειροκίνητα από το χρήστη. Σε αυτή τη διαδικασία μοντελοποίησης, τα περιορισμένα δεδομένα εισόδου παράγουν ποικίλα δεδομένα εξόδου, έτσι η διαδικασία δεν χρειάζεται να σχεδιαστεί, αποθηκευτεί ή διαβιβαστεί (Τράνακα, 2014). Μέσω της κανονιστικής μοντελοποίησης καθίσταται δυνατή η περίπλοκη αναπαράσταση κτηρίων με σύνθετη γεωμετρία. Ένα επίσης σημαντικό στοιχείο αυτής της μεθόδου είναι η χρήση της γραμματικής σχήματος (Computer Grammar Architecture – CGA), που αποτελεί μια μοναδική γλώσσα προγραμματισμού για την παραγωγή αρχιτεκτονικού περιεχομένου. Η μοντελοποίηση βάσει της γραμματικής ενός

σχήματος εξαρτάται από τον καθορισμό κανόνων που αυξάνουν τα επίπεδα λεπτομέρειας (Βασιλέλλη, 2017) (βλ. και Παράρτημα 1.2.7). Περιλαμβάνει 3D πακέτα λογισμικού που βασίζονται στην αρχή ότι όλα τα αντικείμενα ακολουθούν κανόνες στη δομή τους (π.χ. CityEngine, Vue, Bryce, Terragen, Autodesk Softimage, Autodesk 3ds Max, κ.ά.) (Τσιλιάκου & Δημοπούλου, 2015).

```
Lot → s('0.8, '1, '0.8) center(xz) extrude(20) Envelope
Envelope → split(y) {-4: Floor. }*
```



Εικόνα 35. Παράδειγμα κανόνα CGA στο 3D λογισμικό CityEngine της ESRI και αποτέλεσμα εκτέλεσης του κανόνα (City Engine Help Manual, Shape Operations).

- Η *παραμετρική μοντελοποίηση*. Χρησιμοποιείται κυρίως σε εφαρμογές της πολεοδομίας για τη δημιουργία προσομοιώσεων, στην εκπαίδευση, σε ταινίες και παιχνίδια, διότι η κατασκευή μοντέλων δεν απαιτεί υψηλό κόστος ούτε πολύ χρόνο. Το παραμετρικό μοντέλο συλλαμβάνει τις πληροφορίες του σχετικά με τα δεδομένα των παραμέτρων του, έτσι μπορεί να προβλέψει τις μελλοντικές τιμές των δεδομένων του. Η μέθοδος ενδείκνυται και για την τροποποίηση του επιπέδου λεπτομέρειας LOD κατά την κατασκευή ενός κτηρίου με παρόμοιες μεθόδους με αυτές της IBM (Βασιλέλλη, 2017).

### 3.2.1 ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΑΥΤΟΜΑΤΟΠΟΙΗΜΕΝΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ 3D ΑΣΤΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ

Η διαρκής τεχνολογική ανάπτυξη των μεθόδων διαχείρισης γεωχωρικών δεδομένων καθιστά διαθέσιμη μια μεγάλη ποικιλία τεχνικών συλλογής γεωγραφικών δεδομένων στις τρεις διαστάσεις. Έτσι, η αποτελεσματικότητα όσον αφορά την ταχύτητα, τη λεπτομέρεια, τη ρεαλιστική αποτύπωση, την ακρίβεια της γεωαναφοράς και της 3D απεικόνισης στον τομέα της χαρτογράφησης, έχει βελτιωθεί σημαντικά. Αυτό το

γεγονός οφείλεται στην πρόσβαση σε δεδομένα που προέρχονται από (Takase κ.ά. 2003, Σταματοπούλου, 2013):

- δισδιάστατους ψηφιακούς χάρτες (σχέδια πόλης, γεωλογικοί χάρτες, κτηματολογικά διαγράμματα κ.λπ.),
- φωτογραφίες (επίγειες, αεροφωτογραφίες, δορυφορικές, ορθοφωτογραφίες),
- δέκτες λέιζερ (επίγεια και εναέρια συστήματα LIDAR).

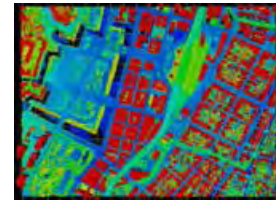
### 2D Ψηφιακοί Χάρτες



### Αεροφωτογραφίες



### Δέκτες Λέιζερ



↓ ↓ ↓

**Σύστημα Αυτοματοποιημένης Παραγωγής 3D Αστικού Μοντέλου**



### Φωτορεαλιστικό 3D Αστικό Μοντέλο

Διάγραμμα.1. Αυτοματοποιημένη Παραγωγή 3D Αστικού Μοντέλου (Takase κ.ά., 2003).

Με το παραπάνω υλικό είναι εφικτή η ακριβής 3D μοντελοποίηση πόλεων και διευρυμένων περιοχών γενικότερα (βλ. και Κεφ. 2), ενώ τα δεδομένα αυτά είναι πλέον ευρέως διαθέσιμα, όπως και η δυνατότητα απεικόνισής τους σε πραγματικό χρόνο, από ελεύθερα και 3D εργαλεία θέασης (π.χ. Google Earth, Global Mapping, Bing Maps, [www.ktimanet.gr/CitizenWebApp/SearchAerophotos.aspx](http://www.ktimanet.gr/CitizenWebApp/SearchAerophotos.aspx), κ.ά.).

Οι κυριότερες μέθοδοι συλλογής 3D δεδομένων είναι οι εξής:

- *Τοπογραφικά όργανα στο ύπαιθρο.* Τα δεδομένα υπαίθρου εξάγονται με απευθείας εδαφικές μετρήσεις, που επιτρέπουν την άμεση καταγραφή των δεδομένων και τη μεταφορά τους σ' έναν Η/Υ. Μέχρι πρόσφατα οι μετρήσεις γίνονταν με τοπογραφικά όργανα, όμως πλέον πραγματοποιούνται με τη χρήση διαφορετικών

GPS. Από τα δεδομένα υπαίθρου, και μέσω χωρικής παρεμβολής, δημιουργούνται ΨΜΑ. Η ανάλυση των δεδομένων σε πραγματικό χρόνο καθιστά τις διαδικασίες πιο λειτουργικές και ευέλικτες. Παρόλο που οι μετρήσεις με τοπογραφικό όργανο στο ύπαιθρο παρέχουν τα πιο αξιόπιστα δεδομένα, τείνουν να εκλείψουν ως μέθοδος συλλογής δεδομένων, λόγω του ιδιαίτερα υψηλού κόστους, του περιορισμένου αριθμού λήψης σημείων ανά ημέρα εργασίας, της αδυναμίας πρόσβασης σε πολλές περιοχές λόγω αναγλύφου ή ειδικών συνθηκών και της ανάγκης παρεμβολής για τα σημεία που δεν έχουν συλλεχθεί δεδομένα (Νικολακόπουλος κ.ά., 2015).

- *Φωτογραμμετρία και Τηλεπισκόπηση:* Οι ορθοφωτογραφίες που έχουν ληφθεί από αεροπλάνο ή δορυφόρο, μετά από φωτοερμηνεία παρέχουν πληροφορίες υψηλής ανάλυσης, ενώ η χρήση επικαλυπτόμενων αεροφωτογραφιών δημιουργεί στερεομοντέλα, στα οποία αναπαρίσταται η τρίτη διάσταση των αντικειμένων που απεικονίζονται στις φωτογραφίες. Η τηλεπισκόπηση είναι αξιόπιστη όσον αφορά την αναγνώριση-ανάλυση των ιδιοτήτων της εκάστοτε εξεταζόμενης χωρικής ενότητας, ορισμένες φορές όμως η χρήση της μεθόδου της φωτογραμμετρίας σε ένα ζεύγος εικόνων δεν παρέχει επαρκή πληροφόρηση, διότι οι αεροφωτογραφίες έχουν διάφορα κρυφά σημεία, που δεν μπορεί να αποτυπωθούν σε αυτές (Σταματοπούλου, 2013). Πολλές φορές και η ποιότητα των αεροφωτογραφιών, λόγω καιρικών συνθηκών ή συνθηκών πτήσης, δεν είναι η αναμενόμενη. Επίσης, κατά τη διαδικασία παραγωγής ΨΜΑ υπεισέρχονται σφάλματα καθώς οι αεροφωτογραφίες (σε χαρτί ή σε φιλμ) σαρώνονται, οπότε υπεισέρχεται σφάλμα λόγω της διαδικασίας σάρωσης, και στη συνέχεια γεωαναφέρονται (σφάλμα γεωαναφοράς) (Νικολακόπουλος κ.ά., 2015).

Μια καινοτομία στη λήψη αεροφωτογραφιών αποτελούν τα *μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα* (UAV), που βοηθούν στην οργάνωση των δεδομένων μιας πτήσης εκ των προτέρων, καθώς μειώνουν σημαντικά το κόστος μιας εργασίας σε σύγκριση με τις συμβατικές μεθόδους λήψης αεροφωτογραφιών. Τα ιπτάμενα μη επανδρωμένα σκάφη, γνωστά ως *drones*, παρέχουν μεγαλύτερη ταχύτητα στη συλλογή δεδομένων, άρα και μειωμένο κόστος. Παρέχουν μια συνεχή συλλογή σημείων στο χώρο, ώστε να είναι εφικτή μια πραγματικά συνεχής αποτύπωση, ενώ επικοινωνούν και τροφοδοτούν τα ΣΓΠ. Σε συνθήκες νεφοκάλυψης δεν επηρεάζουν καμία λήψη, καθώς πετούν σε χαμηλότερα υψόμετρα. Για την ορθή εξαγωγή αποτελεσμάτων απαιτείται ένα εξειδικευμένο λογισμικό και γνώσεις

φωτογραμμετρίας, ενώ μεγάλη προσοχή χρειάζεται κατά την επιλογή ρυθμίσεων για τη λήψη φωτογραφιών, καθώς αυτές δημιουργούν και το τελικό αποτέλεσμα. Για την αποφυγή ενδεχόμενου μηχανικού ή προγραμματιστικού λάθους, χρειάζεται έλεγχος της ορθότητας των φωτογραφιών που τραβάει το drone κατά τη διάρκεια της πτήσης, διότι εξαιτίας των κτηρίων και γενικότερα εμποδίων, είναι συνηθισμένο το drone να χάνει επαφή με το τηλεχειριστήριο και ενώ ακολουθεί την προκαθορισμένη πορεία, να μην «τραβάει» τις φωτογραφίες που πρέπει (Τσαρούχας, 2017).

Όσον αφορά τα *οπτικά δορυφορικά δεδομένα*, η χρήση τους για τη δημιουργία ΨΜΕ έχει αυξηθεί ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια. Ο δορυφόρος παρέχει στερεοζεύγη εικόνων, που επιτρέπουν την εξαγωγή υψομετρικής πληροφορίας για μεγάλες περιοχές της Γης. Η κατά μήκος της τροχιάς σχεδόν ταυτόχρονη λήψη των στερεοζευγών θεωρείται ότι δίνει πιο αξιόπιστα αποτελέσματα, μειώνοντας τις ραδιομετρικές διαφορές μεταξύ των εικόνων του ζεύγους και αυξάνοντας τις πιθανότητες επιτυχούς συσχέτισης. Με φωτογραμμετρική επεξεργασία, αντίστοιχη με αυτή των αεροφωτογραφιών, δημιουργείται το ψηφιακό στερεομοντέλο και εξάγεται το τελικό ΨΜΕ. Πλεονεκτήματα των δορυφορικών δεδομένων είναι η υψηλή υψομετρική ακρίβεια, το χαμηλό κόστος (ειδικά των δεδομένων αρχείου), η διαθεσιμότητα (προσφέρουν παγκόσμια κάλυψη, ακόμα και σε περιοχές με αδύνατη με άλλα μέσα πρόσβαση) και η κάλυψη μεγάλων περιοχών (π.χ., ένα στερεοζεύγος SPOT ή ASTER καλύπτει έκταση 3600 km<sup>2</sup>. Για να καλυφθεί αντίστοιχη περιοχή από αεροφωτογραφίες, θα χρειαζόταν η δημιουργία μωσαϊκού χιλιάδων αεροφωτογραφίες). Τα μειονεκτήματα λήψης/χρήσης δορυφορικών εικόνων είναι η εξάρτηση από καιρικές συνθήκες, η μειωμένη ακρίβεια σε σχέση με άλλες μεθόδους και η ανάγκη ύπαρξης εξειδικευμένου προσωπικού και ειδικού λογισμικού (Νικολακόπουλος κ.ά., 2015).

- *Laser Scanning*: Οι προηγμένοι 3D σαρωτές λέιζερ τροφοδοτούνται συνεχώς με δεδομένα διαφορικών GPS και χρησιμοποιούνται στη συλλογή πληροφοριών απόστασης/ύψους σε ελάχιστο χρόνο. Η συλλογή δεδομένων υψηλής ακριβείας από δέκτες LIDAR επιτρέπει την παραγωγή ΨΜΑ και τον αυτόματο εντοπισμό αντικειμένων που βρίσκονται στο έδαφος. Η τεχνολογία LIDAR είναι μια ταχεία μέθοδος υψηλής πυκνότητας δειγματοληψίας νέφους σημείων, της γήινης επιφάνειας, με υψηλή ακρίβεια. Χρησιμοποιεί τις γεωμετρικές ιδιότητες των κτηρίων για την ανασυγκρότηση των πλαισίων των κτηρίων και γενικά

οποιοδήποτε ανυψωμένου επιπέδου (Elaksher & Bethel, 2002). Σημαντικό πλεονέκτημα της χρήσης LIDAR, σε σχέση με τις παραδοσιακές μεθόδους τοπογραφικής χαρτογράφησης, είναι ότι παρέχουν τη δυνατότητα συλλογής δεδομένων εδάφους από απότομες πλαγιές και σκιασμένες δυσπρόσιτες επιφάνειες (Harder, 2015), το κόστος όμως είναι πολύ υψηλό και η κάλυψη που προσφέρουν πολύ μικρή (Νικολακόπουλος κ.ά., 2015). Η αερομεταφερόμενη τεχνολογία σάρωσης με laser είναι ένας εξειδικευμένος τύπος LIDAR βασισμένος στα αεροσκάφη, που διασφαλίζει εξαιρετικά ακριβείς 3D μετρήσεις εδάφους, βλάστησης και ανθρωπογενών κατασκευών, για την παραγωγή χαρτών της γήινης επιφάνειας, απαλλαγμένων από χρονοβόρα και δαπανηρά επίγεια συνεργεία επίβλεψης (Σταματοπούλου, 2013). Ελεύθερα δεδομένα LIDAR (όχι για την Ελλάδα) μπορούν να «κατέβουν» από αρκετές διευθύνσεις στο διαδίκτυο, όπως οι <https://earthexplorer.usgs.gov/>, <http://www.lidar-online.com/> κ.ά. (Ελληνική Κοινότητα Δασολόγων).

Στον Πίνακα που ακολουθεί, καταγράφονται οι κυριότερες διαφορές ανάμεσα στην κλασική φωτογραμμετρία και στα συστήματα LIDAR (Γεωργόπουλος, 2015).

LIDAR	ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΕΤΡΙΑ
24ωρη λειτουργία	Δεδομένα μόνο την ημέρα
Άμεση συλλογή 3D πληροφορίας	Πολύπλοκες διαδικασίες για προσδιορισμό 3D
Καλύτερη ακρίβεια στα υψόμετρα	Καλύτερη ακρίβεια στην οριζοντιογραφία
Δύσκολη ερμηνεία από τα νέφη σημείων, όμως οι τιμές της έντασης παράγουν χρήσιμες «εικόνες»	Πλούσια σε ερμηνευτική πληροφορία

Πίνακας 2. Κλασική Φωτογραμμετρία vs. LIDAR (Γεωργόπουλος, 2015).





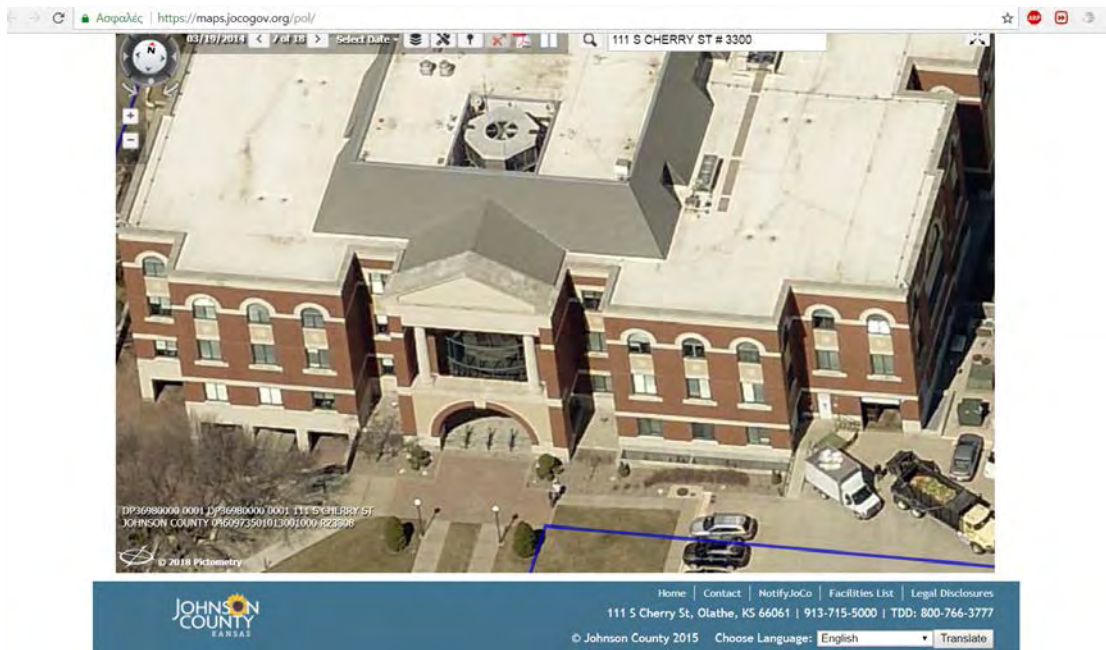
Εικόνα 36. Παράδειγμα εφαρμογής της τεχνολογίας LIDAR σε 3D μοντέλο τμήματος της ιταλικής πόλης Πάβια (Γεωργόπουλος, 2015).

### 3.3 ΣΤΑΔΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ ΑΥΤΟΜΑΤΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ ΑΥΘΑΙΡΕΤΗΣ ΔΟΜΗΣΗΣ

Στην παρούσα ερευνητική εργασία, βάσει ορισμένων τεχνικών τρισδιάστατης μοντελοποίησης που αναλύθηκαν στην προηγούμενη υποενότητα, παρουσιάζονται τα στάδια σχεδιασμού ενός αυτοματοποιημένου σχεδιαστικού εργαλείου, το οποίο παρέχει στο χρήστη τη δυνατότητα να παράγει ένα ορισμένο επιθυμητό αποτέλεσμα, καθορίζοντας με ακρίβεια τη διαδικασία που πρέπει να ακολουθηθεί και επιτυγχάνοντας παράλληλα μείωση του απαιτούμενου χρόνου, κόπου και κόστους. Το αποτέλεσμα είναι η μεγαλύτερη παραγωγικότητα σε σύγκριση με το χειροκίνητο σχεδιασμό, η μείωση των σχεδιαστικών λαθών, καθώς και σε πολλές περιπτώσεις η μεγαλύτερη ακρίβεια των υπολογισμών, λόγω περιορισμένης παρέμβασης του ανθρώπινου παράγοντα. Πιο συγκεκριμένα, στον τομέα της τρισδιάστατης σχεδίασης ένα αυτοματοποιημένο εργαλείο επιτυγχάνει την καλύτερη αντίληψη ενός σχεδίου ταχύτερα και παραστατικότερα.

Για τη δημιουργία ενός εργαλείου αυτοματοποιημένου εντοπισμού αυθαίρετης δόμησης, απαιτούνται τα εξής στάδια:

1. Εντοπισμός και αποθήκευση της εικόνας της περιοχής ενδιαφέροντος μέσω ελεύθερων διαδικτυακών εφαρμογών, όπως π.χ. τα Google Earth, Global Mapping, Bing Maps κ.ά.
2. Εντοπισμός συντεταγμένων ευδιάκριτων σταθερών σημείων της εικόνας στο προβολικό σύστημα που αντιστοιχεί στην περιοχή μελέτης.
3. Γεωαναφορά της εικόνας.
4. Ψηφιοποίηση των χωρικών δεδομένων, όπως οικοδομικά τετράγωνα, κτήρια, δρόμοι κ.λπ. (πραγματικό σχέδιο).
5. Ταυτοποίηση πληροφοριών, όπως π.χ. αριθμός ορόφων κτηρίου, μέσω λογισμικών τύπου Oblique Imagery (Eagle View – αεροφωτογραφίες που λαμβάνονται υπό γωνία 45°, επιτρέποντας την κάθετη και πλάγια μέτρηση αντικειμένων), Street View της Google, Bird's Eye View του Bing Maps κ.ά.



Εικόνα 37. Αεροφωτογραφία Oblique Imagery (Eagle View)  
(Johnson County, Kansas, 2014).

6. Δημιουργία βάσης δεδομένων για κάθε ένα από τα ψηφιοποιημένα δεδομένα – όσο καλύτερα ενημερωμένη η βάση δεδομένων, τόσο ακριβέστερο το τελικό αποτέλεσμα.
7. Δημιουργία ενός δισδιάστατου σχεδίου της περιοχής βάσει των πολεοδομικών κανονισμών (θεωρητικό σχέδιο).

8. Εισαγωγή της γεωαναφερμένης εικόνας, των ψηφιοποιημένων δεδομένων και της βάσης αυτών σε κάποιο λογισμικό τρισδιάστατης απεικόνισης, εφόσον όλα τα παραπάνω έχουν εξαχθεί σε μία συμβατή με το λογισμικό μορφή.
9. Επεξεργασία δισδιάστατου σχεδίου δεδομένων των κτηρίων με τη χρήση της υψομετρικής πληροφορίας. Στο στάδιο αυτό, για την αυτοματοποίηση της διαδικασίας απαιτείται η εισαγωγή κανόνων γραμματικής σχήματος (μορφή γλώσσας προγραμματισμού CGA).
10. Εφαρμογή των κανόνων CGA τόσο στο θεωρητικό όσο και στο πραγματικό σχέδιο για την ανέγερση των κτηρίων, βασισμένη στο ύψος τους. Οι όγκοι που προκύπτουν, πρέπει να αποδοθούν με δύο διαφορετικά χρώματα.
11. Τοποθέτηση του θεωρητικού σχεδίου πάνω από το πραγματικό και σύγκρισή τους.
12. Στα σημεία όπου εμφανίζονται όγκοι με το χρώμα του πραγματικού σχεδίου, πιθανότατα υπάρχουν δείγματα αυθαίρετης κατασκευής.

Τα παραπάνω βήματα σχεδιασμού του εν λόγω εργαλείου μπορούν να εφαρμοστούν στα περισσότερα στάδια, ανεξάρτητα από τα λογισμικά που θα επιλεγούν κατά περίπτωση.

Πριν την εφαρμογή του ως άνω σχεδιαστικού εργαλείου στην περιοχή μελέτης της πόλης του Βόλου, θεωρείται αναγκαία η εκτενής αναφορά στην εξέλιξη του νομοθετικού πλαισίου στην Ελλάδα, ώστε ο αναγνώστης να αποκτήσει ολοκληρωμένη αντίληψη όσον αφορά την αυθαίρετη δόμηση στη χώρα μας.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### ΝΟΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Η διερεύνηση στο πλαίσιο αυτού του κεφαλαίου πραγματοποιήθηκε με σκοπό την ανάλυση νομοθετικών/ιστορικών δεδομένων πολεοδομικού και χωροταξικού σχεδιασμού, τα οποία επηρέασαν και τη διάρθρωση του σημερινού ιστού της υπό μελέτη πόλης του Βόλου. Καθότι η Νομοθεσία και η Πολεοδομία αλληλοεπηρεάζονται και επηρεάζουν και το ίδιο το αντικείμενο που πραγματεύονται, τους ανθρώπινους οικισμούς (Αβδελίδης, 2010), κρίθηκε σκόπιμη η κατάδειξη του τρόπου με τον οποίο το πολεοδομικό θεσμικό πλαίσιο επηρεάζει τη δομή του αστικού περιβάλλοντος.

#### 4.1 ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

Το 1923 ήταν ένα έτος ορόσημο για την ελληνική πολεοδομία, διότι εκδόθηκε το νομοθετικό διάταγμα (ν.δ.) της 17/07/1923 «Περί σχεδίων πόλεων, κωμών και συνοικισμών του Κράτους και οικοδομής αυτών». Βάσει του εν λόγω διατάγματος, η πόλη πρέπει να αναπτύσσεται βάσει σχεδίου που παράγεται με την ευθύνη του κράτους (ΥΠΕΝ, 2009-2018) και η τοπική διοίκηση λαμβάνει και επικυρώνει όλες τις αποφάσεις που αφορούν στους όρους δόμησης πόλεων και κωμών, με ή χωρίς εγκεκριμένο ρυμοτομικό σχέδιο. Η Ελλάδα διακρίνεται σε περιοχές εντός και εκτός σχεδίου πόλεως, διαχωρίζοντας έμμεσα τις προνομιούχες από τις μη προνομιούχες περιοχές. Η διάκριση αυτή δεν είναι τεκμηριωμένη επιστημονικά, ωστόσο τίθεται σε ισχύ εξυπηρετούμενη πελατειακές σχέσεις και οργανωμένα οικονομικά συμφέροντα (Χριστοφιλόπουλος, 2002). Το ν.δ. του 1923 συμπληρώθηκε από το προεδρικό διάταγμα (π.δ.) της 23/10/1928 «Περί καθορισμού των όρων και περιορισμών της εντός και εκτός σχεδίου ζώνης των πόλεων κ.λπ. του Κράτους ανεγέρσεως οικοδομών», που προσδιόρισε τις εντός κι εκτός σχεδίου περιοχές και τις περιοχές περιμετρικά του σχεδίου εντός ζώνης σταθερού πλάτους από το όριό του. Όριο αποδόθηκε και στους παλαιούς οικισμούς που υπήρχαν πριν από το 1923, αλλά δεν είχαν σχέδιο (Χριστοδούλου, 2008). Με το π.δ. της 22/04/1929 «Περί γενικού οικοδομικού κανονισμού του Κράτους», θεσμοθετήθηκε ο πρώτος γενικευμένος κώδικας κτηριοδομικής νομοθεσίας της νεότερης Ελλάδας, που συμπλήρωσε νομικά και προγραμματικά κενά παρεμβαίνοντας στην ιδιωτική «οικοδομική εκμετάλλευση του εδάφους» και εισήγαγε μια καινοτόμο αντίληψη τόσο του αστικού περιβάλλοντος, όπου ο ιδιωτικός χώρος συντίθεται σε συνάρτηση με τις γεωμετρικές ποιότητες του

δημοσίου, όσο και των νομικών θεσμών ως συγκεντρωτικών κατευθύνσεων (Παπαδάμ, 2014).

Μετά τον Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο (1939-1945) και τον ελληνικό εμφύλιο (1946-1949), τα σοβαρά προβλήματα της μεταπολεμικής Ελλάδας επιβράδυναν σημαντικά την ανασυγκρότησή της. Το 1955, το βασιλικό διάταγμα (β.δ.) «Περί Γενικού Οικοδομικού Κανονισμού του Κράτους» (ΦΕΚ Α΄ 266/30.09.1955) πραγματεύεται ανάλογα θέματα με τον προηγούμενο νόμο. Η ενσωμάτωση της νέας τεχνολογίας (διατάξεις πυροπροστασίας) και η αφαίρεση διατάξεων περί πολεοδομικού σχεδιασμού έφεραν τον Γενικό Οικοδομικό Κανονισμό (ΓΟΚ) πιο κοντά στην ουσία του κτηριοδομικού κώδικα, υποδηλώνοντας μεγαλύτερη εμπειρία στη σχεδιαστική διεργασία. Ωστόσο, οι οικονομικές συνθήκες επηρέασαν τη συνολική αντιμετώπιση της σχέσης ιδιωτικού και δημοσίου χώρου. Τα επιτρεπόμενα ύψη των οικοδομημάτων αντιπροσώπευαν πλέον το σημαντικότερο μετρικό μέγεθος, το οποίο μάλιστα ανεξάρτητο από τα μετρικά δεδομένα του περιβάλλοντος χώρου, εξελέχθηκε εις βάρος των οικιστικών ενοτήτων (Παπαδάμ, 2014).

Μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 1970 δεν υπήρξε κάποια ουσιαστική νομοθετική εξέλιξη στον τομέα του χωρικού σχεδιασμού. Το επόμενο ν.δ. που εκδόθηκε, ήταν το 1262/1972 «Περί ρυθμιστικών σχεδίων Αστικών Περιοχών» και προέβλεπε τη δημιουργία σχεδίων διευθέτησης της ευρύτερης αστικής περιοχής και την ιεραρχική δομή σύμφωνα με τα αμερικανικά πρότυπα (Master Plans), τα βρετανικά (Development Plans) και τα γαλλικά (Schémas directeurs). Λόγω της έλλειψης προγραμματισμού και εφαρμογής εκείνης της περιόδου, το ν.δ. 1262/1972 εφαρμόστηκε ελάχιστα στην πράξη (Χριστοφιλόπουλος, 2002). Το 1973 θεσμοθετήθηκε νέος ΓΟΚ (που κατά βάση επαναλάμβανε τον ΓΟΚ του 1955), περιλαμβάνοντας την αμιγή ελεύθερη δόμηση και την ελεύθερη δόμηση μέσα σε οικισμούς, καθώς και το πλαίσιο για την εμφάνιση πολύ υψηλών κτηρίων. Οι όροι δόμησης αναφέρονται ανά οικοδομικό σύστημα, με αποτέλεσμα να διασπάται η ενότητα των σημαντικών εννοιών και να είναι σχεδόν αδύνατη η διατήρηση μιας καθαρής συνολικής εικόνας, γεγονός που οφείλεται εξ αρχής στην απουσία πολιτικής βούλησης να επιβάλλει ενιαία μέτρα σε κάθε περίπτωση (Παπαδάμ, 2014).

Η αναθεώρηση του Συντάγματος της Ελλάδας το 1975 περιλάμβανε δύο σχετικά με τη χωρική ανάπτυξη άρθρα: το Άρθρο 17, όπου αναγνωρίζονται τα δικαιώματα, οι υποχρεώσεις και οι περιορισμοί που απορρέουν από την ατομική ιδιοκτησία και το

Άρθρο 24, όπου το κράτος, υποχρεούμενο να διαφυλάξει το φυσικό και πολιτιστικό περιβάλλον, αναλαμβάνει την ευθύνη της χωρικής αναδιάρθρωσης της χώρας με σκοπό την εξασφάλιση των καλύτερων δυνατών όρων διαβίωσης (Σύνταγμα της Ελλάδος).

Ο Νόμος 360/1976 «Περί χωροταξίας και περιβάλλοντος» που ψηφίστηκε στη συνέχεια από τη Βουλή, αναφερόταν στις διαδικασίες εκπόνησης/αναθεώρησης των σχεδίων, καθιερώνοντας ως επίπεδα σχεδιασμού: το Εθνικό Χωροταξικό Σχέδιο, το Περιφερειακό Χωροταξικό Σχέδιο (αναλόγως κλίμακας) και το Ειδικό Χωροταξικό Σχέδιο (αναλόγως δραστηριότητας, τομέα παραγωγής κ.ά.). Το τότε Υπουργείο Συντονισμού και Προγραμματισμού ήταν υπεύθυνο για τη σύνταξη, τροποποίηση και μέριμνα προς έγκριση των Εθνικών, Περιφερειακών και Ειδικών Χωροταξικών Σχεδίων και Προγραμμάτων (Ν. 360/1976, ΦΕΚ 151/Α'/22-6-76). Με την ψήφιση του Ν. 360/1976 συστάθηκε το Εθνικό Συμβούλιο Χωροταξίας και Περιβάλλοντος στο Υπουργείο Συντονισμού και Προγραμματισμού. Ο Ν. 360/1976 εφαρμόστηκε ελάχιστα (κυρίως μεταξύ 1976-1980) και όσες φορές αυτό έγινε, αφορούσε διαφορετικής φύσης ζητήματα και όχι την εκπόνηση ή εφαρμογή χωροταξικών σχεδίων (Γουργιώτης & Τσιλιμίγκας, 2016). Ακολούθησε η οικιστική πολιτική και νομοθεσία της περιόδου 1978-1980, η δημιουργία του Υπουργείου Χωροταξίας, Οικισμού και Περιβάλλοντος (Ν. 1032/1980) και η «Επιχείρηση Πολεοδομικής Ανασυγκρότησης» (ΕΠΑ) (1982-1984), η ψήφιση του νέου Οικιστικού Ν. 1337/1983 «Επέκταση των πολεοδομικών σχεδίων, οικιστική ανάπτυξη και σχετικές ρυθμίσεις» και του Ν. 1650/1986 «Για την προστασία του περιβάλλοντος» (Γουργιώτης & Τσιλιμίγκας, 2016). Τα φτωχά αποτελέσματα της ΕΠΑ (Χριστοδούλου, 2008) και η μη επάρκεια του οικιστικού θεσμικού πλαισίου του Ν. 1337/83 κατέστησαν εμφανή την αναγκαιότητα ενός νέου, ολοκληρωμένου και οριστικού οικιστικού Νόμου που θα συμπλήρωνε το τότε ισχύον θεσμικό πλαίσιο (Τσουκαλά, 2005).

Με το Ν. 1577 του 1985 θεσμοθετήθηκε νέος ΓΟΚ. Σκοπός του ΓΟΚ/1985 είναι ο καθορισμός όρων, περιορισμών και προϋποθέσεων για την εκτέλεση οποιασδήποτε κατασκευής εντός ή εκτός των εγκεκριμένων σχεδίων πόλεων ή οικισμών, ώστε να προστατεύεται το φυσικό, οικιστικό και πολιτιστικό περιβάλλον και να εξυπηρετείται το κοινωνικό συμφέρον (Ν. 1577/17.12.1985). Η δομή του ΓΟΚ/1985 κατέρριψε κάθε ρεκόρ απλοποίησης, συμπυκνώνοντας τους απαραίτητους κανονισμούς σε 35 άρθρα και 3 κεφάλαια. Η Παπαδάμ (2014) εύστοχα σημειώνει ότι: παρά τον προηγούμενο Ν. 1337/83 και τις εξαγγελίες περί πολεοδομικού σχεδιασμού, η πρώτη ενότητα του ΓΟΚ

του 1985, που περιέχει τις ρυθμίσεις για την ιδιωτική και δημόσια οικοδόμηση, φέρει τον άστοχο τίτλο «πολεοδομικός κανονισμός», με συνέπεια τον μη επακριβή διαχωρισμό αυτών των τόσο διαφορετικών εννοιών. Ο ΓΟΚ/1985 αναθεωρήθηκε το 1994-1995 και συμπληρώθηκε το 2000 και το 2004. Επανεισήγαγε την ιδέα του ιδεατού στερεού και διεύρυνε αυτή των υποχρεωτικών ακαλύπτων, επιτρέποντας την ενοποίησή τους σε έναν ενεργό κοινόχρηστο χώρο στο εσωτερικό του οικοδομικού τετραγώνου. Έστω και αργά, η κίνηση αυτή ήταν μια προσπάθεια για την καλλιέργεια της συλλογικής κοινωνικής συνείδησης ως προς το δημόσιο χώρο, που δυστυχώς απέτυχε, θυσιαζόμενη στο βωμό της ανταποδοτικότητας. Πάντως, παρά τις παρεκκλίσεις και τις εξαιρέσεις, ο ΓΟΚ/1985 αποτέλεσε ένα νομοθέτημα-σταθμό στην ιστορία των ΓΟΚ, όντας ο πιο ευδιάκριτος, ευνόητος και αποφασιστικός.

Ο Νέος Οικοδομικός Κανονισμός (ΝΟΚ) που ισχύει από το 2012, θα μπορούσε να λειτουργήσει καθοριστικά ως μέρος της ευρύτερης οικιστικής πολιτικής για την ανάπτυξη και τη βιωσιμότητα. Όμως, η δομή του είναι απεριθμητική και το περιεχόμενο επαναληπτικό σε σημείο αντιγραφής. Διατάξεις που αρχικά φαίνονται νεωτερικές και υποσχόμενες, νικούνται τελικά από την ελαστικότητα των θεσμών. Συμπερασματικά, σημειώνεται ότι στη διάρκεια ενός σχεδόν αιώνα, η δομή και το περιεχόμενο των ΓΟΚ καλλιέργησαν τις πελατειακές σχέσεις, τη γραφειοκρατία και την στερεοτυπική αντιμετώπιση των όρων δόμησης. Οι νεότεροι ΓΟΚ εμφανίζουν εκσυγχρονιστικές τάσεις, οι οποίες όμως αποδεικνύονται αδύναμες στην πράξη. Τα κείμενα είναι δαιδαλώδη και ο θεωρητικός κορμός τους διακατέχεται από ένα γενικό κλίμα 'επιβράβευσης' έναντι κάποιας θετικής ενέργειας ή πρωτοβουλίας για τον κοινό χώρο. Υπό αυτές τις συνθήκες, η νομοθεσία πρακτικά ενήργησε ως διαρρηκτικό εργαλείο της μικροκλίμακας του δομημένου χώρου (Παπαδάμ, 2014).

Σημαντικό ήταν και το π.δ. του 1987 «Κατηγορίες και περιεχόμενο χρήσεων γης», με το οποίο καθορίζονται δύο κατηγορίες χρήσεων γης στις περιοχές εντός γενικών πολεοδομικών σχεδίων, η πρώτη σύμφωνα με τη γενική πολεοδομική λειτουργία τους και η δεύτερη σύμφωνα με την ειδική, με τη δυνατότητα προσθήκης και άλλων χρήσεων για την Αθήνα και τη Θεσσαλονίκη, εφόσον είναι απαραίτητες για την πραγματοποίηση των στόχων των αντίστοιχων ρυθμιστικών σχεδίων και των προγραμμάτων προστασίας περιβάλλοντος (π.δ. 23.02.1987/ΦΕΚ 166/Δ' /06.03.1987). Μεταξύ 1990-1993, παρόλο που επιχειρήθηκε μια πιο νεοφιλελεύθερη στροφή στην πολεοδομική νομοθεσία, η ανταπόκριση της αγοράς δεν ήταν σημαντική (Γουργιώτης & Τσιλιμίκας, 2016). Στα τέλη της δεκαετίας του 1990 ψηφίστηκαν ο Ν. 2508/1997

«Βιώσιμη οικιστική ανάπτυξη των πόλεων και οικισμών της χώρας και άλλες διατάξεις» (ως συνέχεια του πολεοδομικού καθεστώτος που εισήγαγε ο Ν. 1337/1983) και ο Ν. 2742/1999 «Χωροταξικός σχεδιασμός και αιφόρος ανάπτυξη και άλλες διατάξεις». Ο Ν. 2508/1997 καθιέρωσε ρητά δύο επίπεδα πολεοδομικού σχεδιασμού. Στο πρώτο επίπεδο ανήκουν δύο ειδών εργαλεία στρατηγικού πολεοδομικού σχεδιασμού (ΥΠΕΝ, 2009-2018):

1. Τα *Ρυθμιστικά Σχέδια (ΡΣ) και Προγράμματα Προστασίας Περιβάλλοντος*. Τα ΡΣ αποτελούν επιτελικά σχέδια με στόχο την οικιστική οργάνωση, την προστασία του φυσικού και δομημένου περιβάλλοντος και την ανάπτυξη των ευρύτερων περιοχών των μεγάλων αστικών κέντρων της χώρας, πλην Αθήνας και Θεσσαλονίκης. Αποτυπώνουν το χαρακτήρα κάθε πολεοδομικού συγκροτήματος διαπιστώνοντας αδυναμίες και προοπτικές και προτείνουν ορισμένους στόχους, κατευθύνσεις, προγράμματα και μέτρα για την πόλη και την ευρύτερη περιοχή της. Επίσης, τα ΡΣ δύνανται να περιέχουν κανονιστικές διατάξεις που αφορούν σε θέματα μείζονος και επείγουσας σημασίας για την προστασία του περιβάλλοντος του συγκεκριμένου αστικού κέντρου.
2. Τα *Γενικά Πολεοδομικά Σχέδια (ΓΠΣ) και τα Σχέδια Χωρικής και Οικιστικής Οργάνωσης Ανοικτής Πόλης (ΣΧΟΟΑΠ)*, που εκπονούνται στα διοικητικά όρια των πρωτοβάθμιων Οργανισμών Τοπικής Αυτοδιοίκησης (ΟΤΑ). Προσδιορίζουν το αναπτυξιακό προφίλ, τα οικιστικά χαρακτηριστικά και τα στοιχεία του φυσικού και δομημένου περιβάλλοντος κάθε ΟΤΑ, ήτοι τις περιοχές (απόλυτης ή μέτριας) προστασίας, τις περιοχές ελέγχου και περιορισμού δόμησης για την προστασία του περιαστικού κι εξωαστικού χώρου από την ανεξέλεγκτη διασπορά της δόμησης εκτός σχεδίου, τις πολεοδομημένες περιοχές (ήδη υπάρχοντες οικισμοί) και τις νέες περιοχές όπου επιτρέπεται η πολεοδόμηση (επεκτάσεις, παραγωγικές χρήσεις).

Στο δεύτερο επίπεδο, που αποτελεί την εξειδίκευση-εφαρμογή του πρώτου επιπέδου, περιλαμβάνονται: 1) οι κάθε είδους *Πολεοδομικές Μελέτες (ΠΜ)*, όπως μελέτες επέκτασης πόλεων/οικισμών, μελέτες αναθεώρησης ρυμοτομικών σχεδίων, μελέτες Περιοχών Ειδικά Ρυθμιζόμενης Πολεοδόμησης (ΠΕΡΠΟ), μελέτες άλλων πολεοδομούμενων περιοχών (π.χ. παραγωγικών πάρκων), μελέτες αναπλάσεων ή άλλες ειδικές μελέτες και 2) οι *Πράξεις Εφαρμογής*, ήτοι τα σχέδια και οι εργασίες επί εδάφους για την εφαρμογή του πολεοδομικού σχεδιασμού.



Κατά την εκπόνηση των ΓΠΣ/ΣΧΟΟΑΠ και των ΠΜ, εφαρμόζονται βάσει της απόφασης 10788/05.03.2004 (ΦΕΚ 285Δ') ορισμένα πολεοδομικά σταθερότυπα (standards), καθώς και ανώτατα όρια πυκνοτήτων. Αυτά τα πρότυπα αποτελούν τις ποιοτικές και ποσοτικές παραμέτρους που εξασφαλίζουν τις ποιοτικές και ποσοτικές απαιτήσεις, αντίστοιχα, για κάθε λειτουργία που χωροθετείται κατά τις διαδικασίες πολεοδομικού σχεδιασμού (ΥΠΕΝ, 2009-2018).

Ο Ν. 2742/99 «Χωροταξικός σχεδιασμός και αιφόρος ανάπτυξη και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ 207/Α'/07.10.1999) αποτέλεσε το πλαίσιο που έθεσε τους μηχανισμούς εφαρμογής του χωροταξικού σχεδιασμού, προβλέποντας:

- μια σειρά χωροταξικών πλαισίων σε εθνικό και περιφερειακό επίπεδο (Γενικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού, Ειδικά Πλαίσια Χωροταξικού Σχεδιασμού και Περιφερειακά Πλαίσια Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης),
- τα όργανα χωροταξικού σχεδιασμού, που είναι η Επιτροπή Συντονισμού της Κυβερνητικής Πολιτικής στον τομέα του Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης και το Εθνικό Συμβούλιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης,
- τη διαδικασία θεσμοθέτησης και εφαρμογής των εργαλείων αυτών.

Βάσει του Ν. 2742/1999 θεσμοθετήθηκαν τα πρώτα Περιφερειακά Πλαίσια Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης των ελληνικών περιφερειών. Τα σχέδια εκπονήθηκαν μεταξύ 1998-2000, κατόπιν σχετικής πρόσκλησης ενδιαφέροντος του τότε Υπουργείου Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων (ΥΠΕΧΩΔΕ), που χρηματοδοτήθηκε από το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα (ΕΠ) «Περιβάλλον» του 2<sup>ου</sup> ΚΠΣ. Τα αποτελέσματα των αρχικών μελετών επικαιροποιήθηκαν το 2002 και η θεσμοθέτησή τους ολοκληρώθηκε το 2003-2004. Μεταξύ 2008-2011 θεσμοθετήθηκαν για πρώτη φορά χωροταξικά σχέδια εθνικού επιπέδου, παρέχοντας τις γενικές κατευθύνσεις χωρικής ανάπτυξης και οργάνωσης της Ελλάδας, ήτοι (Γουργιώτης & Τσιλιμίκας, 2016):

- Το *Γενικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης* (ΓΠΧΣΑΑ), ως βασικό εργαλείο εθνικού χωροταξικού σχεδιασμού. Ως κατευθυντήριο σχέδιο στρατηγικού χαρακτήρα, το ΓΠΧΣΑΑ περιλαμβάνει ένα σύνολο κειμένων και διαγραμμάτων/χαρτών, με το οποίο α) καταγράφονται-αξιολογούνται οι παράγοντες που επηρεάζουν τη μακροπρόθεσμη χωρική ανάπτυξη και διάρθρωση

του εθνικού χώρου, β) αποτιμώνται οι χωρικές επιπτώσεις των διεθνών-ευρωπαϊκών-εθνικών πολιτικών και γ) προσδιορίζονται με προοπτική 15 ετών οι προτεραιότητες και στρατηγικές κατευθύνσεις για την ολοκληρωμένη χωρική ανάπτυξη και την αειφόρο οργάνωση του εθνικού χώρου (ΥΠΕΝ, 2009-2018).

- Τα *Ειδικά Πλαίσια Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης* (ΕΠΧΣΑΑ), που αποτελούν σχεδιαστικές πρακτικές προς συμπλήρωση των γενικών κατευθύνσεων του ΓΠΧΣΑΑ και αφορούν: α) τη χωρική οργάνωση των παραγωγικών τομέων/κλάδων δραστηριοτήτων εθνικής σημασίας, β) των δικτύων/υπηρεσιών τεχνικής, κοινωνικής και διοικητικής υποδομής, γ) τις ειδικές περιοχές που υπάγονται σε συμβάσεις για την περιβαλλοντική προστασία και τις περιοχές με κρίσιμα αναπτυξιακά και κοινωνικά προβλήματα. Τα ισχύοντα ειδικά πλαίσια είναι: ΕΠΧΣΑΑ για τις Υδατοκαλλιέργειες (ΦΕΚ 2505/Β'/2011), ΕΠΧΣΑΑ για τον Τουρισμό (ΦΕΚ 3155/Β'/12.12.2013), ΕΠΧΣΑΑ για τη Βιομηχανία (ΦΕΚ ΑΑΠ/151/13.4.2009), ΕΠΧΣΑΑ για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) (ΦΕΚ 2464/Β'/3.12.2008), ΕΠΧΣΑΑ των Καταστημάτων Κράτησης (ΦΕΚ 1575/Β'/28.11.2001) (Γουργιώτης & Τσιλιμίγκας, 2016, ΥΠΕΝ, 2009-2018). Τα παραπάνω ειδικά σχέδια/πλαίσια εναρμονίζονται με τις κατευθύνσεις του Ευρωπαϊκού Παρατηρητηρίου Χωρικού Σχεδιασμού (European Observation Network – ESPON), που υποστηρίζει τη διαμόρφωση πολιτικής σε ευρωπαϊκό επίπεδο μέσω της ανάπτυξης μιας ευρωπαϊκής επιστημονικής κοινότητας σε αυτό το επιστημονικό πεδίο (Σιόλας κ.ά., 2015).

Σε *περιφερειακό επίπεδο*, ο χωροταξικός σχεδιασμός πραγματοποιείται μέσω των Περιφερειακών Πλαισίων Χωροταξικού Σχεδιασμού (ΠΠΧΣ), που στοχεύουν στην αξιολόγηση της θέσης κάθε περιφέρειας σε σχέση με τον εθνικό και διεθνή χώρο βάσει της σφαιρικής καταγραφής της υφιστάμενης κατάστασης και της αποτίμησης των χωρικών επιπτώσεων των διαφόρων πολιτικών. Σε *τοπικό επίπεδο*, η κατάσταση διαφοροποιείται σύμφωνα με τη χωρική περιοχή αναφοράς. Σε *υπο-περιφερειακό επίπεδο* (1ο υποεπίπεδο) περιφερειακής ενότητας ο σχεδιασμός πραγματοποιείται με χωροταξικά εργαλεία σε ειδικά ρυθμιζόμενες περιοχές, όπως οι Ζώνες Οικιστικού Ελέγχου (ΖΟΕ) και οι ΠΕΡΠΟ, αλλά και με εργαλεία πολεοδομικής φύσης, όπως το ΡΣ. Σε *επίπεδο δήμου* (2ο υποεπίπεδο), τα εργαλεία είναι πολεοδομικά, με το ΓΠΣ και το ΣΧΟΟΑΠ να αποτελούν τα σχεδιαστικά εργαλεία στην κλίμακα αυτή. Σε *ενδοαστικό επίπεδο*, η ΠΜ αποτελεί τη σχεδιαστική πρακτική μέσα από την οποία πραγματοποιούνται οριοθετήσεις οικισμών, αναπλάσεις, επεκτάσεις πόλεων, ανάπτυξη

παραγωγικών πάρκων και πράξεις εφαρμογής. Σε σημειακό επίπεδο και για μεμονωμένα έργα, η *Στρατηγική Περιβαλλοντική Εκτίμηση* (ΣΠΕ), η *Εκτίμηση Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων* (ΕΠΟ) και η αρχιτεκτονική μελέτη με την έκδοση Άδειας Δόμησης αποτελούν τα βασικά εργαλεία σχεδιασμού (Σιόλας κ.ά., 2015). Τα παραπάνω επίπεδα/εργαλεία ίσχυσαν ως το 2014, που θεσμοθετήθηκε ο Ν.4269/2014 «Χωροταξική και πολεοδομική μεταρρύθμιση και βιώσιμη ανάπτυξη», ο οποίος τροποποίησε σε μεγάλο βαθμό τη λογική του χωρικού σχεδιασμού στην Ελλάδα. Παρότι διατηρούνται τα τρία επίπεδα χωρικού σχεδιασμού (εθνικό, περιφερειακό, τοπικό), οι όροι ‘χωροταξία’ και ‘πολεοδομία’ τροποποιούνται. Αντί του όρου ‘χωροταξικός σχεδιασμός’ προτείνεται ο όρος ‘στρατηγικός σχεδιασμός’ και αντί του όρου ‘πολεοδομικός σχεδιασμός’ προτείνεται ο όρος ‘ρυθμιστικός σχεδιασμός’ (Ν. 4269/2014, άρθ. 1).

Ο *στρατηγικός χωρικός σχεδιασμός* είναι ο σχεδιασμός με τον οποίο τίθενται, βάσει της ανάλυσης δεδομένων και της πρόγνωσης των μελλοντικών εξελίξεων, οι μεσοπρόθεσμοι ή/και μακροπρόθεσμοι στόχοι ανάπτυξης-οργάνωσης του χώρου και οι γενικές κατευθύνσεις για τη διαμόρφωση των οικιστικών περιοχών, των περιοχών άσκησης παραγωγικών και επιχειρηματικών δραστηριοτήτων και των περιοχών προστασίας, σε εθνική/περιφερειακή κλίμακα. Ο *ρυθμιστικός χωρικός σχεδιασμός* αναφέρεται στο σχεδιασμό με τον οποίο καθορίζονται οι κανόνες για τη χρήση-δόμηση και εκμετάλλευση του εδάφους σε εντός/εκτός σχεδίου πόλης περιοχές. Τα εργαλεία εφαρμογής των δύο επιπέδων σχεδιασμού είναι τα *Εθνικά Χωροταξικά Σχέδια* και τα *Περιφερειακά Χωροταξικά Σχέδια* αναφορικά με τον στρατηγικό σχεδιασμό και τα *Τοπικά Χωρικά Σχέδια* (ΤΧΣ), τα *Ειδικά Χωρικά Σχέδια* (ΕΧΣ) και τα *Ρυμοτομικά Σχέδια Εφαρμογής* (ΡΣΕ) αναφορικά με το ρυθμιστικό σχεδιασμό (Ν. 4269/2014, άρθ. 2).

Ωστόσο, παρά τη θεσμοθέτηση των χωροταξικών εργαλείων που έδωσαν νέες κατευθύνσεις σε εθνικό-περιφερειακό-τοπικό επίπεδο, η χωροταξική και πολεοδομική ‘*πολυφωνία*’ εξακολουθεί να υφίσταται ως μείζον πρόβλημα (Γιαννακούρου, 2010, Γουργιώτης & Τσιλιμίγκας, 2016). Η ταυτόχρονη και ασφυκτική ρύθμιση μιας περιοχής από πολλά επίπεδα και εργαλεία σχεδιασμού δεν ευνοεί την ανάπτυξη και τις επενδύσεις, ενώ οι αργές, μη αποτελεσματικές διαδικασίες κατάρτισης, έγκρισης και αναθεώρησης χωροταξικών και πολεοδομικών σχεδίων, η αναντιστοιχία πολλών χωροταξικών και πολεοδομικών σχεδίων με την οικονομική και κοινωνική

πραγματικότητα, η στασιμότητα του χωρικού σχεδιασμού και οι άκαμπτες ρυθμίσεις χωροθέτησης, αποτελούν μερικά μόνο από τα κύρια προβλήματα του σχεδιασμού. Σύμφωνα με το ΥΠΕΝ (2009-2018), το 'σύστημα' πολεοδομικού σχεδιασμού στην Ελλάδα δεν λειτουργεί αποτελεσματικά, «διότι βαθμιαία έχει δημιουργηθεί ένα παράλληλο σύστημα επιμέρους διατάξεων, εργαλείων και ρυθμίσεων, βάσει των οποίων νοθεύεται ή/και ανατρέπεται το περιεχόμενο του σχεδιασμού. Αυτό το δεύτερο σκέλος του πολεοδομικού δικαίου θεωρείται υπεύθυνο για το δαιδαλώδη, αναποτελεσματικό και αδιαφανή χαρακτήρα της πολεοδομικής νομοθεσίας, με δυσμενή αποτελέσματα στο χώρο πόλεων και οικισμών. Επιπροσθέτως, απαίτηση των τεχνικών φορέων και επιλογή της ηγεσίας του ΥΠΕΝ είναι να αντιμετωπιστεί το ζήτημα της απλοποίησης της πολεοδομικής νομοθεσίας, ώστε ο σχεδιασμός να αποδώσει τα προσδοκώμενα αποτελέσματα προς όφελος του περιβάλλοντος και των πολιτών».

Το 2016 ψηφίστηκε ο φορολογικός Ν. 4389/2016 «Επείγουσες διατάξεις για την εφαρμογή της συμφωνίας δημοσιονομικών στόχων και διαρθρωτικών μεταρρυθμίσεων και άλλες διατάξεις», με τον οποίο (Άρ. 238) καταργήθηκαν τα Άρθρα 14 - 33 του Ν. 4269/2014. Από την κατάργηση των ανωτέρω διατάξεων και μέχρι την έκδοση του π.δ. που προβλέπεται στην παρ. 1 του Άρ. 15 του Ν. 1561/1985 (148 Α'), εφαρμόζεται το από 23.02/06.03.1987 π.δ. «Κατηγορίες και περιεχόμενο χρήσεων γης» (166 Δ'). Εκκρεμείς διαδικασίες σχεδιασμού χωροταξικού-πολεοδομικού επιπέδου, οι μελέτες των οποίων εκπονήθηκαν με εφαρμογή των διατάξεων του Κεφ. Β' του Ν. 4269/2014, ολοκληρώνονται σύμφωνα με αυτές, εφόσον κατά το χρόνο θέσης σε ισχύ της παρούσας διάταξης (ήτοι από 27/05/2016) έχει υποβληθεί πλήρης φάκελος στην αρμόδια υπηρεσία. Οι ενδιαφερόμενοι του προηγούμενου εδαφίου με αίτησή τους στην αρμόδια υπηρεσία μπορούν να εξαιρεθούν από την εφαρμογή της παρούσας μεταβατικής διάταξης (ΦΕΚ 94/Α'/27.05.2016).

Το 2017 ψηφίστηκε ο Ν. 4495/2017 «Έλεγχος και προστασία του δομημένου περιβάλλοντος και άλλες διατάξεις», με τον οποίο θεσμοθετήθηκε ένα νέο πλαίσιο κανόνων που αφορά τη δόμηση με ολιστική θεώρηση, προτάσσοντας τη μέριμνα, την πρόληψη και την προστασία του περιβάλλοντος. Επιπλέον, στοχεύει στην αντιμετώπιση των αιτιών που συμβάλλουν στο άναρχο και αυθαίρετο δομημένο περιβάλλον στην Ελλάδα, δημιουργώντας τους μηχανισμούς εποπτείας και ελέγχου για την ορθολογική και αποτελεσματική διαχείριση της ανάπτυξης του χώρου με όρους αειφορίας (ΕΣΠΑ, 2017, ΦΕΚ 167/Α'/03.11.2017). Συγκεκριμένα, θεσμοθετούνται:

- Το *Παρατηρητήριο Δομημένου Περιβάλλοντος*, που ασχολείται αποκλειστικά με τον έλεγχο και την ποιότητα του δομημένου περιβάλλοντος. Η αρμοδιότητα αυτή εκχωρείται στο Β΄ βαθμό Τοπικής Αυτοδιοίκησης, τις Περιφέρειες, που θα συστήσουν στην έδρα τους υπηρεσίες ελέγχου-περιφερειακά παρατηρητήρια και τοπικά παρατηρητήρια σε επίπεδο περιφερειακής ενότητας.
- Τα *Συμβούλια Αρχιτεκτονικής (ΣΑ)*, με αρμοδιότητες την παροχή σύμφωνης γνώμης επί αρχιτεκτονικών μελετών για κάθε οικοδομική εργασία σε κτήρια ή γήπεδα που βρίσκονται σε παραδοσιακά τμήματα πόλεων/οικισμών, σε ιστορικούς/αρχαιολογικούς χώρους, σε περιοχές ιδιαίτερου φυσικού κάλλους, κτήρια για τα οποία απαιτείται έγκριση Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΜΠΕ) και διατηρητέα κτήρια, έγκριση και νομιμοποίηση οικοδομικών εργασιών κ.ά. Επίσης, συνιστώνται: στο ΥΠΕΝ το *Κεντρικό Συμβούλιο Αρχιτεκτονικής (ΚΕΣΑ)*, στο Υπουργείο Ναυτιλίας και Νησιωτικής Πολιτικής το *Κεντρικό Συμβούλιο Αρχιτεκτονικής Αιγαίου (ΚΕΣΑΑ)*, στο Υπουργείο Εσωτερικών (τομέας Μακεδονίας-Θράκης) το *Κεντρικό Συμβούλιο Αρχιτεκτονικής Μακεδονίας-Θράκης (ΚΕΣΑΜΑΘ)* και στην έδρα κάθε περιφερειακού παρατηρητηρίου *Περιφερειακά Συμβούλια Αρχιτεκτονικής (ΠΕΣΑ)* για την εισήγηση και γνωμοδότηση επί θεμάτων αρχιτεκτονικού σχεδιασμού.
- Η *Επιτροπή Προσβασιμότητας* στην έδρα κάθε περιφέρειας, αρμόδια να γνωμοδοτεί ύστερα από αίτημα του πολίτη επί ειδικών θεμάτων προσβασιμότητας των εμποδιζόμενων ατόμων και επί θεμάτων σχετικών με την εφαρμογή των διατάξεων για την προσβασιμότητα του ΝΟΚ και του Κτηριοδομικού Κανονισμού. Επίσης, συγκροτείται *Κεντρική Επιτροπή Προσβασιμότητας* του ΥΠΕΝ, που εισηγείται ειδικές ρυθμίσεις για τη βελτίωση του θεσμικού πλαισίου που αφορά την προσβασιμότητα των δομικών έργων και των κοινόχρηστων χώρων από εμποδιζόμενα άτομα, παρέχει οδηγίες στο Παρατηρητήριο όσον αφορά τις βέλτιστες πρακτικές σχεδιασμού κτηρίων/κοινόχρηστων χώρων, εξετάζει προσφυγές κατά γνωμοδοτήσεων των Επιτροπών Προσβασιμότητας και γνωμοδοτεί επί ειδικών θεμάτων προσβασιμότητας που προκύπτουν από την εφαρμογή διατάξεων από αρμόδια ελεγκτικά όργανα (π.χ. Υπηρεσίες Δόμησης – ΥΔΟΜ, ΣΑ).
- Τα *Συμβούλια Πολεοδομικών Θεμάτων και Αμφισβητήσεων (ΣΥΠΟΘΑ)*, που εξετάζουν τις προσφυγές κατά των πορισμάτων των ελεγκτών δόμησης, ασκούν τις

αρμοδιότητες των Συμβουλίων Χωροταξίας, Οικισμού και Περιβάλλοντος (βάσει του Άρ. 3 της 75724/1151/1983 κοινής απόφασης των Υπουργών Προεδρίας της Κυβέρνησης και Χωροταξίας, Οικισμού και Περιβάλλοντος) και διερευνούν υποθέσεις παραβάσεων που διαβιβάζονται από τους ελεγκτές δόμησης. Τα *Περιφερειακά Συμβούλια Πολεοδομικών Θεμάτων και Αμφισβητήσεων* (ΠΕΣΥΠΟΘΑ) συγκροτούνται στην έδρα κάθε περιφέρειας για την εξέταση διοικητικών προσφυγών κατά των εκτελεστών πράξεων ή παραλείψεων των οργάνων των ΥΔΟΜ, που εκδίδονται κατά τη διαδικασία έκδοσης οικοδομικών αδειών/αδειών δόμησης/προεγκρίσεων οικοδομικών αδειών. Το *Κεντρικό Συμβούλιο Πολεοδομικών Θεμάτων και Αμφισβητήσεων* (ΚΕΣΥΠΟΘΑ) συνιστάται στο ΥΠΕΝ, καθώς επίσης *ΚΕΣΥΠΟΘΑ Αιγαίου* στο Υπουργείο Ναυτιλίας και Νησιωτικής Πολιτικής και *ΚΕΣΥΠΟΘΑΜΑΘ* (τομέας Μακεδονίας-Θράκης) στο Υπουργείο Εσωτερικών, με αρμοδιότητα την επίλυση ερμηνευτικών προβλημάτων που ανακύπτουν από την εφαρμογή των διατάξεων του ΝΟΚ και της πολεοδομικής νομοθεσίας (λόγω διαφορετικών ερμηνειών των αρμόδιων υπηρεσιών), καθώς και γνωμοδότηση και εξέταση διαφόρων θεμάτων μείζονος σημασίας του ΥΠΕΝ.

- Ο νέος τρόπος έκδοσης πολεοδομικών αδειών. Τροποποιούνται οι διαδικασίες έκδοσης/ελέγχου οικοδομικών αδειών και καθορίζεται για ποιες εργασίες αρκεί άδεια εργασιών μικρής κλίμακας και για ποιες εργασίες δεν απαιτείται.
- Η εντός πενταετίας έκδοση *Ηλεκτρονικής Ταυτότητας Κτηρίου* όλων των δημόσιων οικοδομών και των οικοδομών δημόσιου ενδιαφέροντος και χρήσης (συνάθροισης κοινού, εκπαίδευσης, υγείας και κοινωνικής πρόνοιας κ.λπ.), με σκοπό τη λεπτομερή αποτύπωση της υφιστάμενης κατάστασης των κτηρίων και των αδειών τους, καθώς και την παρακολούθηση και τον έλεγχο των μεταβολών τους κατά τη διάρκεια του χρόνου ζωής τους (Άρ. 52-63).
- Η *Ηλεκτρονική Πολεοδομική Ταυτότητα Δήμου*, για την παρακολούθηση της εξέλιξης του χωρικού σχεδιασμού. Κάθε δήμος καταγράφει αναλυτικά και ενημερώνει υποχρεωτικά ανά οικοδομικό τετράγωνο τα στοιχεία της χωρικής του ταυτότητας και τους κοινόχρηστους ή αδόμητους χώρους, το ισχύον πλαίσιο χωρικού σχεδιασμού του (π.χ. ΓΠΣ, ΡΣ, ΣΧΟΟΑΠ, ΖΟΕ, ΠΕΡΙΠΟ κ.λπ.) και το υπό εκπόνηση πλαίσιο χωρικού σχεδιασμού, τις προστατευόμενες περιοχές κ.ά.

- Η ψηφιακή εφαρμογή της *Τράπεζας Δικαιωμάτων Δόμησης και Κοινόχρηστων Χώρων* (Τράπεζα ΔΔΚΧ) και η αντιστοίχιση μέσω αυτής των τίτλων Μεταφοράς Συντελεστή Δόμησης (ΜΣΔ), με τίτλους Εισφοράς Περιβαλλοντικού Ισοζυγίου (ΕΠΙ), για την εκπλήρωση και την ταχεία πρόοδο της διαδικασίας περιβαλλοντικής αποκατάστασης και την ολοκλήρωση του χωρικού σχεδιασμού (αναπλάσεις, διαμόρφωση-βελτίωση δικτύων κοινόχρηστων χώρων και ασφαλών διαδρομών πεζών, κατεδάφιση αυθαίρετων/επικίνδυνων κτισμάτων, ενεργειακή-λειτουργική αναβάθμιση σχολικών κτηρίων, αποκατάσταση ρεμάτων, διαχείριση αποβλήτων, εκπόνηση μελετών περιβαλλοντικής και πολεοδομικής διαχείρισης κ.ά.)
- Η αντιμετώπιση και τα μέτρα πρόληψης της αυθαίρετης δόμησης, ανά κατηγορία αυθαίρετων κατασκευών και αυθαίρετων αλλαγών χρήσεων. Στο ΥΠΕΝ δημιουργείται και τηρείται διαδικτυακή ψηφιακή πλατφόρμα ορθοφωτοχαρτών, όπου τίθεται σε λειτουργία σύστημα τηλεσκοπικής περιοδικής χαρτογράφησης για τον εντοπισμό κάθε νέου κτίσματος εντός γηπέδου, εκτός σχεδίου πόλεως και εκτός ορίων οριοθετημένων οικισμών και ενημερώνεται σχετικά το Τοπικό Παρατηρητήριο (Αρ. 85 του παρόντος νόμου). Σε κάθε περιφερειακή ενότητα συνιστάται Επιτροπή Εξέτασης Προσφυγών Αυθαιρέτων, (Αρ. 99 του παρόντος νόμου). Στους μηχανισμούς κατά της αυθαίρετης δόμησης εντάσσεται η ηλεκτρονική διαδικασία εντοπισμού ελέγχου και καταγραφής αυθαιρέτων από τα κατά τόπο αρμόδια Τμήματα του Παρατηρητηρίου Δομημένου Περιβάλλοντος.

Σύμφωνα με την πολεοδομική Εγκύκλιο 1 του ΥΠΕΝ, «Διευκρινιστικές οδηγίες για την εφαρμογή μεταβατικών διατάξεων του ν. 4495/2017» (16/11/2017), ο εν λόγω νόμος προβλέπει τις ως άνω νέες δομές προστασίας και ελέγχου του δομημένου περιβάλλοντος και τη δημιουργία νέων συλλογικών οργάνων, «με στόχο την αποσυμφόρηση των υφισταμένων και την αντιμετώπιση δυσλειτουργιών στην εξέλιξη διοικητικών διαδικασιών, για την αποφυγή ταλαιπωρίας του πολίτη και την αποτελεσματικότερη προστασία του δομημένου περιβάλλοντος. Συνεπεία τούτου, είναι επιτακτική, ενόψει και της καθιέρωσης της εφαρμογής των νέων ηλεκτρονικών συστημάτων, η μέριμνα για την ομαλή μετάβαση των υπηρεσιών και συλλογικών οργάνων από το προϋφιστάμενο νομικό καθεστώς στο προβλεπόμενο με το Ν. 4495/2017 χωρίς χάσματα και κενό δικαίου, που θα προξενούν ανασφάλεια δικαίου στους πολίτες και τις υπηρεσίες. Σε αυτό το πλαίσιο, έχουν τεθεί ορισμένες μεταβατικές

διατάξεις ως προς το εφαρμοστέο δίκαιο, για τη διευκόλυνση των υπηρεσιών και οργάνων που επιλαμβάνονται της εφαρμογής αυτών».

#### 4.2 ΟΡΟΙ ΝΟΜΙΜΟΤΗΤΑΣ ΚΤΗΡΙΩΝ

Ο ΝΟΚ (Ν. 4067/2012), με αρκετές τροποποιήσεις μέχρι και το 2017, αντικατέστησε τον προηγούμενο ΓΟΚ (Ν. 1577/1985) επιχειρώντας τον εκσυγχρονισμό και τη ριζική αναμόρφωση του προηγούμενου θεσμικού πλαισίου για την παραγωγή κτηρίων, με την απλοποίηση εννοιών και διαδικασιών, αλλά και την εισαγωγή νέων εννοιών (π.χ. ειδικά κτήρια, βιοκλιματικά κτήρια, κτήρια ελάχιστης ενεργειακής κατανάλωσης, κ.ά.). Σε συνδυασμό με το Ν. 4030/2011 («Νέος τρόπος έκδοσης αδειών δόμησης, ελέγχου κατασκευών και λοιπές διατάξεις») και το Ν. 4495/2017 (Άρθρα 28-129), καθορίζονται αναλυτικά οι διαδικασίες έκδοσης-ελέγχου των οικοδομικών αδειών και οι κατηγορίες αυτών, οι νέες ηλεκτρονικές υπηρεσίες που παρέχονται σε ενδιαφερόμενους και πολίτες και τα μέτρα αντιμετώπισης και πρόληψης της αυθαίρετης δόμησης.

Η δόμηση κτηρίων, ως σύνθετη διαδικασία, περιλαμβάνει ορισμένες παραμέτρους που ρυθμίζονται σε πολεοδομικό επίπεδο και προσδιορίζονται από το *εγκεκριμένο ρυμοτομικό σχέδιο* και τους *όρους δόμησης*. Τα βασικά θεσμικά στοιχεία που περιλαμβάνονται στο εγκεκριμένο ρυμοτομικό σχέδιο είναι: α) τα όρια μεταξύ κοινόχρηστων χώρων και ιδιοκτησιών (*ρυμοτομική γραμμή*) και β) τα όρια μεταξύ περιοχών που επιτρέπεται να οικοδομηθούν και αυτών στις οποίες απαγορεύεται η κατασκευή κτισμάτων (*οικοδομική γραμμή* ή *γραμμή δόμησης*). Στα επίσημα ρυμοτομικά σχέδια περιλαμβάνονται πάντα οι ρυμοτομικές και οικοδομικές γραμμές και οι αριθμοί των οικοδομικών τετραγώνων (ΟΤ). Οι όροι δόμησης που συνοδεύουν τα ρυμοτομικά σχέδια, περιλαμβάνουν κανονιστικά στοιχεία για τα κτήρια που επιτρέπεται να κτιστούν στα ΟΤ. Η γενική νομοθεσία και ειδικότερα ο ΝΟΚ καθορίζουν ορισμένους όρους δόμησης, ενώ άλλοι καθορίζονται για κάθε συγκεκριμένη περιοχή από την αντίστοιχη ΠΜ. Οι κύριοι όροι δόμησης είναι (Οικονόμου, 2002, ΝΟΚ, 2012):

- Ο *συντελεστής δόμησης* (σ.δ.), που είναι ο αριθμός ο οποίος πολλαπλασιαζόμενος επί το εμβαδόν του οικοπέδου ή γηπέδου, δίνει τη συνολική επιτρεπόμενη επιφάνεια δόμησης, ήτοι τη συνολική επιφάνεια των ορόφων του κτηρίου που επιτρέπεται να κατασκευαστεί. Οι σ.δ. εκφράζονται με δεκαδικούς αριθμούς της μορφής 0,4 1,2 κ.λπ. και καθορίζονται από την ΠΜ. Συντελεστές δόμησης που



προκύπτουν έμμεσα από διατάξεις προγενέστερες του ΝΟΚ/2012 εξακολουθούν να ισχύουν έως ότου καθοριστούν αριθμητικά. Στο Άρ. 11 του ΝΟΚ αναφέρονται αναλυτικά ποιες επιφάνειες προσμετρώνται στο σ.δ. και ποιες όχι.

- Το ποσοστό κάλυψης του οικοπέδου, δηλαδή ο λόγος προβολής του κτηρίου στην επιφάνεια του οικοπέδου. Τα ποσοστά κάλυψης εκφράζονται με αριθμούς της μορφής 40%, 50% κ.λπ. Σύμφωνα με το Άρ. 12 του ΝΟΚ, το ποσοστό κάλυψης του οικοπέδου δεν μπορεί να υπερβαίνει το 60% της επιφάνειάς του. Στην περίπτωση που δεν εξασφαλίζεται κάλυψη 120 τ.μ., το μέγιστο ποσοστό κάλυψης προσαυξάνεται έως τα 120 τ.μ., εφόσον η κάλυψη δεν υπερβαίνει το 70% του οικοπέδου και το ισχύον ποσοστό κάλυψης. Καθορίζονται επίσης ποιες επιφάνειες προσμετρώνται και ποιες όχι στον υπολογισμό της επιτρεπόμενης κάλυψης του οικοπέδου.
- Οι ελάχιστες διαστάσεις που πρέπει να έχει ένα οικόπεδο για να είναι οικοδομήσιμο. Άρτιο είναι το οικόπεδο που πληροί τα ελάχιστα όρια εμβαδού και προσώπου, κατά τον κανόνα ή κατά παρέκκλιση, τα οποία καθορίζονται στην περιοχή. Οικοδομήσιμο είναι ένα άρτιο οικόπεδο, όταν και τα όμορα οικόπεδα είναι επίσης άρτια ή όταν η δόμησή του δεν παρεμποδίζει την τακτοποίηση των γειτονικών οικοπέδων. Τα Άρ. 7-10 του ΝΟΚ αναφέρονται στην *αρτιότητα και οικοδομησιμότητα* των ιδιοκτησιών κατά κανόνα και σε ειδικές περιπτώσεις, όπως επίσης και στις δυνατότητες συνενώσεων οικοπέδων.
- Το *όριο κατάτμησης*, ήτοι το ελάχιστο μέγεθος στο οποίο μπορεί να κατατμηθεί μια υπάρχουσα ιδιοκτησία, όπως π.χ. μέσω πώλησης ενός τμήματός της σε νέο ιδιοκτήτη (διαδικασία που δημιουργεί δύο νέες ιδιοκτησίες με αφετηρία την προϋπάρχουσα). Το όριο κατάτμησης δεν μπορεί να είναι μικρότερο από το ελάχιστο εμβαδόν αρτιότητας.
- Το *μέγιστο επιτρεπόμενο ύψος κτηρίου*, που είναι το ύψος του ανώτατου επιπέδου του κτηρίου πάνω από το οποίο απαγορεύεται κάθε δόμηση εκτός από τις εγκαταστάσεις που επιτρέπονται ειδικά και περιοριστικά. Το μέγιστο ύψος προκύπτει έμμεσα βάσει του σ.δ. και του λεγόμενου *ιδεατού στερεού* (δηλ. του υπέργειου στερεομετρικού σχήματος μέσα στο οποίο επιτρέπεται η κατασκευή του κτηρίου και των εγκαταστάσεών του). Το μέγιστο επιτρεπόμενο ύψος του κτηρίου ορίζεται σε συνάρτηση με τον επιτρεπόμενο σ.δ. της περιοχής, ως εξής (Άρ. 15, ΝΟΚ):
  - για σ.δ. έως 0,4 ύψος 10,75 μ.

- για σ.δ. έως 0,8 ύψος 14,00 μ.
- για σ.δ. έως 1,2 ύψος 17,25 μ.
- για σ.δ. έως 1,6 ύψος 19,50 μ.
- για σ.δ. έως 2,0 ύψος 22,75 μ.
- για σ.δ. έως 2,4 ύψος 26,00 μ.
- για σ.δ. 2,4 και άνω, το δεκαπλάσιο του επιτρεπόμενου συντελεστή με μέγιστο ύψος 32,00 μ.

Για τα ειδικά κτήρια, πλην των γραφείων, στις περιοχές με σ.δ. έως 1,2 και αιτιολογημένη πρόταση του αρμόδιου φορέα, οι μέγιστες τιμές είναι:

- για σ.δ. έως 0,4 ύψος 13,00 μ.
- για σ.δ. έως 0,8 ύψος 18,00 μ.
- για σ.δ. έως 1,2 ύψος 21,00 μ.

Επιπλέον, δεν επιτρέπεται, εκτός των περιπτώσεων που εγκρίνονται από τα ΣΑ, η τροποποίηση της φυσικής στάθμης του εδάφους των ακάλυπτων χώρων του οικοπέδου, παρά μόνο προς διευκόλυνση της φυσικής απορροής ομβρίων και μέχρι στάθμης  $\pm 1,00$  μ. από το φυσικό έδαφος. Σε περίπτωση εκσκαφής ακάλυπτων χώρων του οικοπέδου για οικοπέδα με κλίση μεγαλύτερη του 20%, η στάθμη του φυσικού εδάφους μπορεί να υποβιβαστεί τεχνητά έως 2,00 μ. Εκσκαφές ή επιχώσεις εδάφους που υπερβαίνουν τα παραπάνω όρια, για κτήρια δημόσιου ενδιαφέροντος και σημασίας, επιτρέπεται ύστερα από γνωμοδότηση του ΣΑ.

Στο Άρ. 16 του ΝΟΚ καθορίζονται οι διαστάσεις λειτουργικών, ενεργειακών και διακοσμητικών στοιχείων στις όψεις του κτηρίου και στο Άρ. 19 αναφέρονται οι κατασκευές που επιτρέπονται πάνω από το μέγιστο επιτρεπόμενο ύψος της περιοχής και μέσα στο ιδεατό στερεό, ως εξής:

- Σε νέα και υφιστάμενα κτήρια, χώροι κύριας χρήσης αποκλειστικής ή κοινόχρηστης, μέγιστης επιφάνειας 35 τ.μ., με προϋπόθεση τη δημιουργία φυτεμένου δώματος που καλύπτει το 80% της συνολικής επιφάνειας του δώματος και με αναλογία 1 τ.μ. χώρου ανά 5 τ.μ. φύτευσης.
- Καπνοδόχοι, αγωγοί εξαερισμού, εγκαταστάσεις ηλιακών συστημάτων, απολήξεις κλιμακοστασίων με στάση ανελκυστήρα, ασκεπείς πισίνες, στηθαία, διακοσμητικά χωροδικτυώματα έως 3,00 μ., πέργκολες.

- Ο *συντελεστής κατ' όγκο εκμετάλλευσης* (σ.ο.ε.) του οικοπέδου ή γηπέδου, ήτοι ο αριθμός ο οποίος πολλαπλασιαζόμενος με την επιφάνεια του οικοπέδου δίνει το συνολικό επιτρεπόμενο όγκο του πάνω από την οριστική στάθμη του εδάφους. Ο επιτρεπόμενος όγκος κτηρίου είναι ο επιτρεπόμενος όγκος σε κυβικά μέτρα κάθε κτηρίου μέσα στο ιδεατό στερεό και υπολογίζεται από την οριστική στάθμη του εδάφους. Στο Άρ. 13 του ΝΟΚ καθορίζεται ο επιτρεπόμενος συντελεστής κατ' όγκο εκμετάλλευσης σε όλα τα κτήρια σε 5,0 x σ.δ., ενώ για τα χαμηλά και τα ειδικά κτήρια σε 5,5 x σ.δ.

Όσον αφορά τη χρήση κτηρίων, ως *χρήση κτηρίου* ορίζεται αυτή για την οποία έχει χορηγηθεί *Άδεια Δόμησης* ή σε κάθε περίπτωση αυτή που αναγράφεται στην *ταυτότητα κτηρίου*. Οι χώροι κύριας χρήσης των κτηρίων είναι αυτοί που προορίζονται για την εξυπηρέτηση της βασικής χρήσης του κτηρίου και την παραμονή των χρηστών του σε αυτούς (π.χ. υπνοδωμάτια σε κτήρια κατοικίας, γραφεία κ.λπ.). Οι χώροι κύριας χρήσης έχουν για τα κτήρια που κατασκευάζονται μετά την έναρξη ισχύος του ΝΟΚ ελεύθερο ύψος (δηλ. απόσταση από το τελειωμένο δάπεδο μέχρι την τελειωμένη οροφή ή τυχόν ψευδοροφή) τουλάχιστον 2,65 μ. (Άρ. 2, ΝΟΚ). Στο Άρ. 14 του ΝΟΚ καθορίζονται η θέση κτηρίου και εγκαταστάσεων στο οικοπέδο και στα Άρ. 20-21 οι κατασκευές σε δημόσιους κοινόχρηστους χώρους και οι προσωρινές κατασκευές αντίστοιχα.

Σύμφωνα με την παρ. 1 του Άρ. 23 του ΝΟΚ, κτήριο ή τμήμα αυτού θεωρείται νομίμως υφιστάμενο: α) αν έχει ανεγερθεί με νόμιμη άδεια ή αναθεώρηση και σύμφωνα με τους όρους αυτής, β) αν έχει νομιμοποιηθεί με το εδάφιο 5 της παραγράφου 8 του Άρ. 8 του Ν. 1512/1985 ή την παρ. 3 του Άρ. 22 του Ν. 1577/1985, όπως τροποποιήθηκε με το Ν. 2831/2000 ή την παρ. 2 του Άρ. 26 του Ν. 4014/2011, γ) αν προϋπήρχε της έγκρισης του σχεδίου πόλεως και συγχρόνως οποιουδήποτε κανονισμού δόμησης στην περιοχή προ της δημοσίευσης του π.δ. της 23/10/1928 για τις εκτός σχεδίου δόμησης περιοχές και προ της δημοσίευσης του ν.δ. της 16/08/1923 για τις εντός σχεδίου περιοχές, δ) αν προϋφίσταται του β.δ. της 09/08/1955 ή εξαιρέθηκε με τις διατάξεις του Ν. 1337/1983 και μόνο για το τμήμα που δεν αντίκειται είτε στις ισχύουσες διατάξεις είτε σε εκείνες που ίσχυαν κατά το χρόνο κατασκευής του εάν αυτές είναι ευνοϊκότερες, ε) αν πρόκειται για κτήρια που έχουν χαρακτηριστεί νεότερα μνημεία ή διατηρητέα, είτε στο σύνολο είτε μόνο τμήματα αυτών, όπως ιδίως όψεις, φέρουσα τοιχοποιία, στ) αν πρόκειται για κτήριο που έχει ανεγερθεί με οικοδομική άδεια πριν την ισχύ του παρόντος και που έχει πρόσωπο σε οικοδομική γραμμή που βρίσκεται απέναντι από

οικοδομικό τετράγωνο στα ακραία σημεία του σχεδίου και με τους όρους δόμησης του απέναντι οικοδομικού τετραγώνου. Για τα κτήρια ή τα τμήματα των κτηρίων της ως άνω παρ. 1, οι συντελεστές κάλυψης, δόμησης, όγκου και τα ύψη υπολογίζονται βάσει του κανονισμού και των πολεοδομικών διατάξεων που ίσχυαν κατά το χρόνο κατασκευής τους. Προσθήκες επιτρέπονται κατ' επέκταση ή/και καθ' ύψος σύμφωνα με τις διατάξεις του ΝΟΚ και με τις ειδικές πολεοδομικές διατάξεις που ισχύουν στην περιοχή. Η συνολική εκμετάλλευση δεν μπορεί να υπερβαίνει τον ισχύοντα κατά το χρόνο χορήγησης της άδειας δόμησης προσθήκης, σ.δ. της περιοχής. Η επέκταση καθ' ύψος επιτρέπεται μέχρι το περίγραμμα του κτηρίου, έστω κι αν το τελευταίο υπερβαίνει τα όρια του οικοδομήσιμου τμήματος του οικοπέδου, όπως αυτά καθορίζονται από το ΝΟΚ ή από τις ειδικές διατάξεις που ισχύουν στην περιοχή, μόνο για λόγους ενίσχυσης ή συμπλήρωσης της φέρουσας κατασκευής.

#### 4.3 Η ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Από την ανεξαρτησία του ελληνικού κράτους (1830) μέχρι και το 1949 (λήξη εμφυλίου), οι παράγοντες διαμόρφωσης του αστικού χώρου στην Ελλάδα ήταν οι διαρκείς ανακατατάξεις που προκλήθηκαν από τους Βαλκανικούς Πολέμους, τη Μικρασιατική Καταστροφή, τους δύο Π.Π. και τον ελληνικό εμφύλιο. Από το 19ο αι. και μέχρι τις αρχές του 20ού αι. η οικιστική ανάπτυξη χαρακτηρίζεται από την εμπορευματοποιούμενη αγροτική οικονομία, την αργή εκβιομηχάνιση, τη μικρή ατομική ιδιοκτησία στην ύπαιθρο και την πρωτοεμφανιζόμενη αστική τάξη στις πόλεις, με αποτέλεσμα τη σύσταση οικιστικών κέντρων με ιδιόκτητες οικίες στην ελληνική περιφέρεια και την ταχεία ανάπτυξη των μεγαλύτερων πόλεων. Επίσης σημαντικοί παράγοντες για την οικιστική ανάπτυξη ήταν ο μεγάλος αριθμός εδαφικών εκτάσεων που περιήλθαν στην Εκκλησία και σε εύπορους Έλληνες μετά την τουρκοκρατία, (οι οποίες μετέπειτα κατατμήθηκαν σε διάσπαρτες ιδιοκτησίες ευνοώντας την άναρχη αστική επέκταση, κυρίως στην Αθήνα), αλλά και οι μικρές σε πληθυσμό ελληνικές πόλεις (Δήμου, 2015).

Από τη γενικότερη περί ιδιοκτησίας νομοθεσία, όπως κι από τα μέτρα που ακολούθησαν τη Μικρασιατική Καταστροφή, η ιδιοκτησία επί της αστικής γης είχε φτάσει σε σημείο να θεωρείται ασύμφορη επένδυση. Ο Ν. 3741/1929 «Περί της ιδιοκτησίας κατ' ορόφους» επέβαλε ως βασική μορφή κυριότητας σε ακίνητο σε όλη τη χώρα την οριζόντια ιδιοκτησία, συμβάλλοντας στη λύση της καθήλωσης ενοικίων,

λόγω ενοικιοστασίου και καθιστώντας πιο ευέλικτο τον τομέα ιδιοκτησίας των ακινήτων (Βερβερίδης, 1994). Τα συστήματα δόμησης εμφανίστηκαν για πρώτη φορά στον ΓΟΚ του 1929 (π.δ. 3/22.04.1929), όπου και κατοχυρώθηκε το οικοδομικό τετράγωνο ως ελάχιστη μονάδα πολεοδομικής συγκρότησης, συσχετίζοντας την ανοικοδόμηση με τους πολεοδομικούς συντελεστές που έμελλε να την κατευθύνουν. (Παπαδάμ, 2014). Οι ανάγκες στέγασης της νεαρής αστικής τάξης και η ραγδαία αύξηση του πληθυσμού στην Αθήνα και σε άλλα αστικά κέντρα δημιούργησε το κατάλληλο κλίμα για την αλλαγή του δομικού κυττάρου της πόλης και τη μετατροπή του από μονοκατοικία σε πολυκατοικία. Ο θεσμός της οριζόντιας ιδιοκτησίας αποτέλεσε το κατάλληλο εργαλείο αυτής της μεταλλαγής, διότι μείωνε το κόστος της κατοικίας σε κεντρικές αστικές περιοχές και βοηθούσε στη συγκέντρωση των πόλεων με την καθ' ύψος ανάπτυξή τους. Η τόνωση της οικοδομικής δραστηριότητας επέτρεψε παράλληλα την επένδυση κεφαλαίων στον κατασκευαστικό κλάδο (Βερβερίδης, 1994). Ωστόσο, το στεγαστικό πρόβλημα των προσφυγικών πληθυσμών παρέμενε, με αποτέλεσμα πολλοί από αυτούς να καταφύγουν στην αυτοστέγαση. Οι πιο εύποροι οικοδόμησαν εντός του αστικού ιστού και οι υπόλοιποι χωροθέτησαν άναρχα αυθαίρετα κτίσματα σε περιοχές γύρω από τον πολεοδομικό ιστό που μπορούσαν να καταπατήσουν, τα οποία στη συνέχεια αποτέλεσαν προάστια και συνοικισμούς. Η άναρχη οικοδομική ανάπτυξη χαρακτήρισε την οικιστική επέκταση των ελληνικών αστικών κέντρων κατά το Μεσοπόλεμο, κυρίως στην Αθήνα (Δήμου, 2015).

Σύμφωνα με τον Μαρμαρά (1991), πίσω από τους λόγους που έγιναν αιτία να εισαχθεί ο θεσμός της οριζόντιας ιδιοκτησίας στην Ελλάδα, υπάρχει η οικονομική σκοπιμότητα. Η αντιμετώπιση της οικονομικής κρίσης και η επίλυση ιδιοκτησιακών και στεγαστικών αναγκών μέσα από την ενεργοποίηση της παραγωγής της αστικής πολυκατοικίας απαιτεί οικονομικούς χειρισμούς, διαδικασία που στα πλαίσια μιας κεφαλαιοκρατικής οικονομίας έχει ως στόχο το σχηματισμό κέρδους προς όφελος ιδιωτών. Κατά την περίοδο 1925-1941, στο 84,03% των κτηρίων που κατασκευάστηκαν, διαπιστώθηκε ότι: α) ο χρηματοδότης ήταν και ο τελικός ιδιοκτήτης του κτηρίου (67,62% της συνολικής δραστηριότητας), β) διάφοροι μικροϊδιοκτήτες συνέπρατταν για την κατασκευή πολυκατοικιών εκμεταλλευόμενοι το θεσμό της οριζόντιας ιδιοκτησίας με κύρια πηγή χρηματοδότησης τα ιδιωτικά κεφάλαια (15,97% της συνολικής δραστηριότητας), γ) ο κεφαλαιούχος κατασκεύαζε την οικοδομή αποσκοπώντας στη μεταπώλησή της κατά τμήμα ή συνολικά (9,38% της συνολικής δραστηριότητας), δ) ο

οικοπεδούχος εκχωρούσε το οικόπεδό του στον επιχειρηματία-κατασκευαστή με αντάλλαγμα έναν αριθμό διαμερισμάτων-σύστημα αντιπαροχής (7,03% της συνολικής δραστηριότητας). Συνοψίζοντας τα παραπάνω, γίνεται αντιληπτό ότι η ανάπτυξη του οικιστικού περιβάλλοντος στην Ελλάδα μεταξύ 1830-1941 χαρακτηρίστηκε από το μείζον πρόβλημα της στέγασης, την άναρχη δόμηση και τις αυθαιρεσίες, το θεσμό της οριζόντιας ιδιοκτησίας και την καθιέρωση της αντιπαροχής.

Βάσει των επίσημων στοιχείων του τότε Υπουργείου Ανοικοδομήσεως το 1947, το τέλος του Β΄ Π.Π. βρήκε την Ελλάδα με 409.000 κατεστραμμένα «μέσα ελληνικά κτήρια» από ένα σύνολο περίπου 1.720.000 που υπήρχαν πριν από τον πόλεμο (Μαντουβάλου και Μαυρίδου, 1993, Βερβερίδης, 1994). Η κοινωνικο-οικονομική αναταραχή κλιμακώθηκε σε εμφύλιο πόλεμο επιδεινώνοντας την κατάσταση με πρόσθετες καταστροφές. Ανεργοί και αγρότες μετακινήθηκαν μαζικά στα αστικά κέντρα. Το μεγάλο μεταναστευτικό ρεύμα δημιούργησε νέες ανάγκες στέγασης ευνοώντας την άνθιση της οικοδομικής δραστηριότητας, η οποία με τη σειρά της εξασφάλισε την πλήρη απασχόληση, την ανάπτυξη της βιομηχανίας οικοδομικών υλικών και την άνοδο της αγοραστικής δύναμης. Το σύστημα της αντιπαροχής αποτέλεσε βασικό τρόπο χρηματοδότησης για την κατασκευή πολυκατοικιών, με τους οικοπεδούχους να συμμετέχουν ως ανεξάρτητοι συντελεστές, προσφέροντας σε οικοδομικές επιχειρήσεις τα οικόπεδά τους και λαμβάνοντας κτηριακό προϊόν. Η εφαρμογή του συστήματος της αντιπαροχής συντέλεσε στη μείωση του κεφαλαίου κίνησης για την ανοικοδόμηση και διευκολύνθηκε η συμφωνία μεταξύ των ενδιαφερόμενων μερών. Η ανάπτυξη της οικοδομικής δραστηριότητας ακολούθησε γρήγορους ρυθμούς, χάρη στον κερδοσκοπικό χαρακτήρα της αντιπαροχής. Η αστικοποίηση, σε συνδυασμό με την εκβιομηχάνιση και την τουριστική ανάπτυξη από τα τέλη της δεκαετίας του 1950 και κατά τη δεκαετία του 1960, έδωσαν μεγάλη ώθηση στον κατασκευαστικό τομέα. Μεταξύ 1951-1973 το ποσοστό των κατασκευών στο ΑΕΠ σχεδόν διπλασιάστηκε, φτάνοντας σε πολύ αξιόλογα επίπεδα σε σύγκριση με άλλους παραγωγικούς τομείς της οικονομίας (Βερβερίδης, 1994).

Ορισμένες ευνοϊκές ρυθμίσεις των πρώτων ετών της δικτατορίας (π.χ. αύξηση των σ.δ. και των στεγαστικών δανείων) είχαν ως αποτέλεσμα την εξάντληση του αστικού εδάφους και την υποβάθμιση του αστικού περιβάλλοντος, ιδιαίτερα της Αθήνας, λόγω του πολλαπλασιασμού των πολυκατοικιών. Η υποβάθμιση αυτή γενικεύτηκε καταρχήν από την αδυναμία του κράτους να υποστηρίξει την αυξημένη οικοδομική

δραστηριότητα με τα κατάλληλα έργα υποδομής και την έλλειψη θεσμοθετημένου ρυθμιστικού σχεδίου κοινωνικής στεγαστικής πολιτικής, καθώς και από την προσπάθεια μείωσης του κόστους οικοδομής, με συνέπεια την κακή ποιότητα κατασκευής και τον πολλαπλασιασμό αυθαίρετων κτισμάτων, που αποτέλεσαν λύση στο οξύ πρόβλημα στέγασης εσωτερικών μεταναστών. Η απουσία αυστηρού νομοθετικού πλαισίου ενίσχυσε την κερδοσκοπία και η συνεχής αύξηση των σ.δ., οι υπερβάσεις και οι παραβιάσεις του ΓΟΚ επέτρεψαν την αύξηση των περιθωρίων κέρδους από την κατασκευαστική δραστηριότητα. Η γενική οικονομική κρίση που ακολούθησε στα μέσα της δεκαετίας του 1970 (πετρελαϊκές κρίσεις) και ο περιορισμός των ευνοϊκών ρυθμίσεων (διακοπή στεγαστικών δανείων και αύξηση φορολογίας) οδήγησαν σε ύφεση τον κατασκευαστικό κλάδο, μειώνοντας το ρυθμό παραγωγής κατοικιών και οικοδομών, τάση που συνεχίστηκε και τη δεκαετία του 1980. Ο αριθμός νέων κατοικιών στην Αθήνα, από 42.388 το 1980 μειώθηκε σε 28.315 το 1981, διατηρούμενος στα ίδια επίπεδα μέχρι το τέλος του 1990. Αντίστοιχα, οι νέες οικοδομές από 9.577 το 1980 μειώθηκαν σε 8.499 το 1981, με σταθεροποίηση της παραγωγή τους στις 7.500, κατά μέσο όρο, καθ' όλη την περίοδο μέχρι το 1990 (Δήμου, 2015).

Η γενική οικονομική ύφεση της ελληνικής οικονομίας στις αρχές της δεκαετίας του 1990 οδήγησε σε κάμψη της οικοδομικής δραστηριότητας. Οι τεχνικές εταιρείες στράφηκαν στα δημόσια έργα υποδομής. Από τα τέλη του 1995, ορισμένες ευνοϊκές ρυθμίσεις (μείωση επιτοκίων στεγαστικών δανείων, απελευθέρωση μισθώσεων, ένταξη νέων περιοχών στο σχέδιο πόλεως) έδωσαν εκ νέου ώθηση στον κατασκευαστικό κλάδο. Η γενικότερη πορεία της ελληνικής οικονομίας, τα ευρωπαϊκά κονδύλια που επενδύθηκαν σε κατασκευές, οι νέες μέθοδοι χρηματοδότησης έργων και η επέκταση του κλάδου σε νέες αγορές αύξησαν την κερδοφορία της κατασκευαστικής δραστηριότητας. Μετά από την Ολυμπιάδα του 2004, επήλθε νέα κάμψη του κλάδου, λόγω αλλαγής του θεσμικού πλαισίου ανάθεσης έργων και ολοκλήρωσης μεγάλου μέρους των επενδύσεων υποδομής, καθώς επίσης και μείωσης του προγράμματος δημόσιων επενδύσεων. Η ιδιωτική οικοδομική δραστηριότητα διατήρησε ανοδική πορεία μέχρι το 2007, όμως η παγκόσμια οικονομική ύφεση που ξέσπασε το 2008, οδήγησε σε ραγδαία ύφεση του κλάδου. Η Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία (ΕΛΣΤΑΤ) έχει καταγράψει δραματική μείωση της οικοδόμησης και των εκδοθέντων οικοδομικών αδειών μεταξύ 2007-2017, με σοβαρότατες επιπτώσεις για τις κατασκευαστικές εταιρείες, για δεκάδες άλλα επαγγέλματα και κατά συνέπεια την οικονομία της Ελλάδας

συνολικά (πτώση ΑΕΠ, αύξηση ανεργίας κ.λπ.) (Δήμου, 2015, Παρατηρητήριο Εγνατίας Οδού, 2014, ΕΛΣΤΑΤ, 2017, ΤΕΕ, 2017).

Το 2017 ήταν το πρώτο πλήρες έτος ανόδου της οικοδομικής δραστηριότητας από το 2005. Σύμφωνα με εκτιμήσεις του ΤΕΕ, ένα μέρος της ανόδου αποδίδεται και στην έκδοση μεγάλου αριθμού αδειών περίφραξης οικοπέδων ως αποτέλεσμα των νέων δασικών χαρτών. Στο σύνολο του 2017, η ιδιωτική οικοδομική δραστηριότητα εμφανίζει αύξηση 8,7% στον αριθμό οικοδομικών αδειών, 18,2% στην επιφάνεια και 19,4% στον όγκο, σε σχέση με την αντίστοιχη περίοδο Ιαν.-Δεκ. 2016 (ΕΛΣΤΑΤ). Τα τελευταία στοιχεία που ανακοίνωσε η ΕΛΣΤΑΤ για τον Ιανουάριο 2018, όπως παρατίθενται στον Πίνακα που ακολουθεί, δείχνουν αύξηση της οικοδομικής δραστηριότητας κατά 18% στον αριθμό των συνολικών αδειών, κατά 45,2% στην επιφάνεια και κατά 45,8% στον όγκο, σε σχέση με τον αντίστοιχο μήνα του 2017.

**Πίνακας 1. Συνολική Οικοδομική Δραστηριότητα, κατά Περιφέρεια, για το μήνα Ιανουάριο των ετών 2017 και 2018 \***

Περιφέρεια	Αριθμός αδειών			Επιφάνεια (σε χιλ. m <sup>2</sup> )			Όγκος (σε χιλ. m <sup>3</sup> )		
	Ιανουάριος		Μεταβολή (%)	Ιανουάριος		Μεταβολή (%)	Ιανουάριος		Μεταβολή (%)
	2017	2018		2017	2018		2017	2018	
Ανατ. Μακεδονία & Θράκη	25	35	40,0	2,7	6,2	124,7	8,7	23,9	176,3
Κεντρική Μακεδονία	65	131	101,5	13,5	32,5	141,1	79,2	149,1	88,4
Δυτική Μακεδονία	10	14	40,0	1,9	1,8	-5,8	6,4	7,4	16,6
Θεσσαλία	38	38	0,0	13,4	12,2	-9,0	78,6	46,3	-41,1
Ήπειρος	19	30	57,9	2,7	6,5	143,5	8,9	25,3	184,9
Ιόνια Νησιά	57	55	-3,5	15,7	10,8	-31,4	51,0	36,0	-29,3
Δυτική Ελλάδα	58	68	17,2	10,6	17,0	60,7	35,1	65,3	85,8
Στερεά Ελλάδα	76	74	-2,6	8,2	16,1	97,3	34,0	46,4	36,4
Πελοπόννησος	101	96	-5,0	11,8	15,2	28,6	48,5	57,4	18,4
Αττική	167	181	8,4	25,2	38,6	53,4	91,3	173,6	90,2
Βόρειο Αιγαίο	21	34	61,9	2,3	4,6	104,5	7,2	18,7	159,6
Νότιο Αιγαίο	74	80	8,1	14,2	13,5	-5,4	51,5	41,5	-19,5
Κρήτη	74	90	21,6	19,1	30,3	58,1	53,2	116,1	118,1
<b>Σύνολο Χώρας</b>	<b>785</b>	<b>926</b>	<b>18,0</b>	<b>141,3</b>	<b>205,2</b>	<b>45,2</b>	<b>553,5</b>	<b>807,1</b>	<b>45,8</b>

\*Τα στοιχεία για το μήνα Ιανουάριο του 2018 είναι προσωρινά.  
Επισημαίνεται ότι η αύξηση ή η μείωση του αριθμού των εκδοθεισών αδειών δεν συνεπάγεται αύξηση ή μείωση στην επιφάνεια και τον όγκο. Αυτό οφείλεται σε μεμονωμένες άδειες μεγάλης επιφάνειας και όγκου ή σε οικοδομικές άδειες που δε μεταβάλλουν την επιφάνεια και τον όγκο.

Πίνακας 3. Συνολική οικοδομική δραστηριότητα κατά Περιφέρεια για το μήνα Ιανουάριο των ετών 2017 και 2018 (ΕΛΣΤΑΤ).



#### 4.4 ΑΥΘΑΙΡΕΤΗ ΔΟΜΗΣΗ

Βάσει όσων περιγράφηκαν και αναλύθηκαν στις προηγούμενες υποενότητες του παρόντος κεφαλαίου, διαπιστώνεται ότι το φαινόμενο της αυθαίρετης δόμησης είναι άρρηκτα συνδεδεμένο με τη δημιουργία και την εξέλιξη του ελληνικού κράτους, λειτουργώντας ως ένα είδος πρωταρχικού μηχανισμού άτυπης πολεοδομικής επέκτασης των πόλεων και απόκτησης κατοικίας. Σε γενικές γραμμές, οι βασικές αιτίες εμφάνισης αυθαίρετων οικισμών στη χώρα μας είναι (Σαμαράς, 2008):

- Ιστορικές, οικονομικές, κοινωνικές και πολιτικές συνθήκες, που οδηγούν στην αστικοποίηση.
- Οι μαζικές μετακινήσεις πληθυσμών που οδηγούν σε αύξηση του πληθυσμού.
- Η περιθωριοποίηση κοινωνικών ομάδων, η φτώχεια, η έλλειψη στεγαστικής πολιτικής και ουσιαστικών λύσεων για οικονομικά προσιτή κατοικία στις χαμηλού/μεσαίου εισοδήματος κοινωνικές ομάδες.
- Η πολυπλοκότητα και αντιφατικότητα του νομικού πλαισίου για τη διαχείριση της γης.
- Η παράνομη κατάτμηση και ανοικοδόμηση σε αγροτική γη.
- Η υιοθέτηση μη ρεαλιστικών για την Ελλάδα κανονισμών πολεοδομικού σχεδιασμού.
- Η ανεπαρκής υποδομή χωρικής πληροφορίας, κτηματολογίου και σχεδιασμού.
- Η πολιτική αδυναμία/ανοχή/αδιαφορία αντιμετώπισης του προβλήματος της αυθαίρετης δόμησης.

Ως *αυθαίρετη κατασκευή*, σύμφωνα με το Άρθρο 81 του Ν. 4495/2017, ορίζεται κάθε κατασκευή ή εγκατάσταση, η οποία εκτελείται ή έχει εκτελεστεί χωρίς την απαιτούμενη οικοδομική άδεια ή καθ' υπέρβαση αυτής ή κατά παράβαση των ισχυουσών πολεοδομικών διατάξεων ή με βάση άδεια που ανακλήθηκε ή ακυρώθηκε. Ως *αυθαίρετη αλλαγή χρήσης* ορίζεται κάθε μεταβολή της χρήσης για την οποία δεν έχει εκδοθεί η απαιτούμενη οικοδομική άδεια (άδεια δόμησης). Στην έννοια της αυθαίρετης κατασκευής/αλλαγής χρήσης περιλαμβάνονται και οι εξής πολεοδομικές παραβάσεις:

α) κάθε κατασκευή που έχει εκτελεστεί κατά παράβαση εκδοθείσας οικοδομικής άδειας/άδειας δόμησης, με την οποία δημιουργούνται χώροι κύριας ή βοηθητικής χρήσης χωρίς να μεταβάλλονται τα στοιχεία της κάλυψης, της δόμησης, του ύψους και του όγκου του διαγράμματος κάλυψης/δόμησης, και δεν θίγονται στοιχεία του φέροντα

οργανισμού, β) η αλλαγή χρήσης χώρων του κτηρίου από κύρια σε άλλη επιτρεπόμενη στην περιοχή χρήση, χωρίς την απαιτούμενη οικοδομική άδεια σε εντός σχεδίου και ορίων οικισμών, γ) η αλλαγή χρήσης χώρων του υπογείου από βοηθητική σε κύρια, καθ' υπέρβαση του σ.δ., εφόσον τηρούνται οι προϋποθέσεις υπογείου χώρου, δ) η μεταβολή των πολεοδομικών μεγεθών του διαγράμματος δόμησης/κάλυψης (κάλυψη, δόμηση, ύψος), σε ποσοστό έως 10% και έως τα 50 τ.μ., ε) η εκτέλεση εργασιών μικρής κλίμακας (παρ. 2, Άρ. 29 του παρόντος νόμου), που διενεργούνται χωρίς την προηγούμενη έκδοση της εν λόγω έγκρισης, στ) η εκτέλεση εργασιών και εγκαταστάσεων κατά παράβαση διατάξεων του κτηριοδομικού κανονισμού, ζ) οι εργασίες και κατασκευές της Κατηγορίας 3 της περίπτωσης γ' του Άρ. 96 που δεν εντάσσονται στις περιπτώσεις του Άρ. 30 και της παρ. 2 του Άρ. 29.

Σε ό,τι αφορά την τακτοποίηση αυθαιρέτων, ο Ν. 4495/2017 προβλέπει μεγαλύτερο αριθμό δόσεων, μείωση των παραβόλων και σε ορισμένες περιπτώσεις μικρότερα πρόστιμα κατόπιν υπαγωγής στον παρόντα νόμο, θέτοντας παράλληλα σε εφαρμογή ηλεκτρονικές διαδικασίες εντοπισμού/ελέγχου/καταγραφής αυθαιρέτων. Με δελτίο τύπου της 02/04//2018, το ΥΠΕΝ ανακοίνωσε την υπογραφή απόφασης ρύθμισης θεμάτων σχετικά με το στατικό έλεγχο των αυθαίρετων κατασκευών, που υπάγονται στο Ν.4495/2017. Συγκεκριμένα, «καθορίζονται οι προϋποθέσεις για την απαίτηση μελέτης στατικής επάρκειας, το περιεχόμενο αυτής, η διαδικασία υποβολής της, καθώς και η διαδικασία ενίσχυσης του κτηρίου στις περιπτώσεις στατικής ανεπάρκειας. Η εκπόνηση μελέτης στατικής επάρκειας, στις περιπτώσεις που αυτή απαιτείται, έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του ενιαίου ειδικού προστίμου κατά 10%. Εφόσον προκύψει από τη σχετική μελέτη η ανάγκη στατικής ενίσχυσης, προβλέπονται σημαντικές μειώσεις του προστίμου που φτάνουν το 70%, ανάλογα με τις περιοχές σεισμικής επικινδυνότητας, προκειμένου να πραγματοποιηθούν οι απαιτούμενες παρεμβάσεις. Επιπλέον, προσεχώς αναμένεται να κατατεθεί τροπολογία στη Βουλή, στο νομοσχέδιο “Ενσωμάτωση Κοινοτικής Οδηγίας για τη Θαλάσσια Χωροταξία”, σχετικά με την παράταση των προθεσμιών για τις εκπτώσεις του ενιαίου ειδικού προστίμου. Ειδικότερα, παρατείνεται μέχρι τις 09.10.2018 η έκπτωση του 20% του πρώτου εξαμήνου, προκειμένου να εκδοθούν οι απαιτούμενες πράξεις για την εφαρμογή του νόμου».

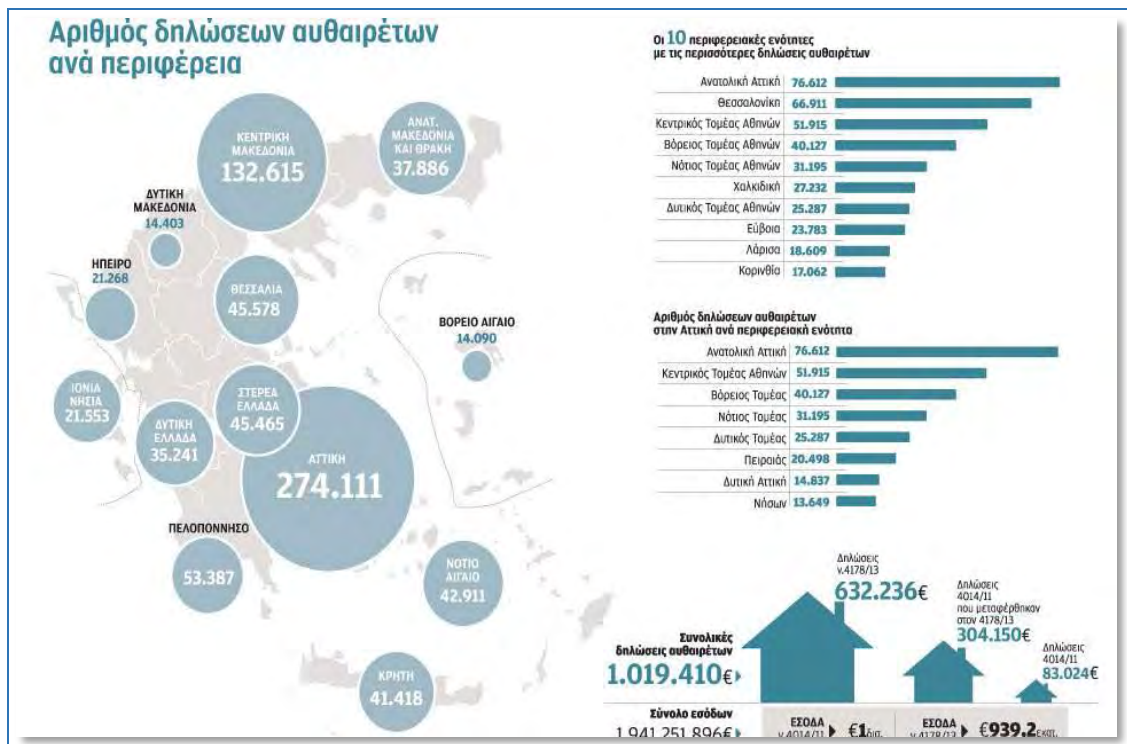
Σύμφωνα με επίσημα στοιχεία της βάσης δεδομένων που διαχειρίζεται το ΤΕΕ για λογαριασμό του ΥΠΕΝ, ο συνολικός αριθμός αυθαιρέτων που ξεκίνησαν διαδικασίες

νομιμοποίησης βάσει των δύο προηγούμενων του Ν. 4495/2017 νόμων, (Ν. 4014/11 και Ν. 4178/13), είναι 1.019.410. Από αυτά, τα 632.236 έχουν δηλωθεί στο ισχύον σήμερα πλαίσιο, 304.150 «μεταφέρθηκαν» από το παλαιό πλαίσιο στο ισχύον και ακόμα 83.024 στο παλαιό. Το σύνολο των εσόδων από τους δύο νόμους είναι 1.941.251.896 ευρώ, τα οποία θα διατεθούν στο Πράσινο Ταμείο. Η χωρική κατανομή των δηλώσεων αυθαιρέτων είναι ιδιαίτερα σημαντική, διότι αποκαλύπτονται οι περιοχές με τη μεγαλύτερη αυθαίρετη δόμηση. Σύμφωνα με στοιχεία του ΤΕΕ, για τις 779.909 δηλώσεις αυθαιρέτων που βρίσκονται σε τέτοιο στάδιο της διαδικασίας ώστε να υπάρχει χωρικός εντοπισμός, οι 274.111 δηλώσεις αφορούν ακίνητα στην Περιφέρεια Αττικής και αντιστοιχούν σε 13,8 εκατομμύρια τετραγωνικά μέτρα κύριων χώρων και 7,6 εκατ. τ.μ. βοηθητικών χώρων. Για να γίνει αντιληπτό το τεράστιο μέγεθος της παρανομίας, αν υποθεθεί ότι το μέσο μέγεθος μιας κατοικίας είναι 80 τ.μ., τότε οι δηλωθείσες πολεοδομικές παρανομίες στην Αττική θα κάλυπταν 267.500 κατοικίες!

Ανά περιφερειακή ενότητα, οι περισσότερες δηλώσεις πολεοδομικών αυθαιρεσιών αφορούν ακίνητα της Ανατολικής Αττικής (76.612), του Κεντρικού Τομέα Αθηνών (51.915), του Βόρειου Τομέα (40.127) και του Νότιου Τομέα (31.195), ενώ μικρότερος αριθμός παρανομιών έχει δηλωθεί από το Δυτικό Τομέα (25.287), τον Πειραιά (20.489), τη Δυτική Αττική (14.837) και τα νησιά της Αττικής (13.649). Η περιφερειακή ενότητα (νομός) που έρχεται δεύτερη στη χώρα μετά την Ανατ. Αττική, είναι της Θεσσαλονίκης, όπου δηλώθηκαν 66.911 πολεοδομικές αυθαιρεσίες και αντιστοιχούν σε 4,3 εκατ. τ.μ. κύριων χώρων και 1,9 εκατ. τ.μ. βοηθητικών χώρων. Στην τρίτη θέση βρίσκεται η Χαλκιδική, όπου δηλώθηκαν 27.232 παρανομίες, που αντιστοιχούν σε 1,4 εκατ. τ.μ. κύριων χώρων και 700.000 τ.μ. βοηθητικών χώρων. Στη νησιωτική Ελλάδα, οι περισσότερες πολεοδομικές παρανομίες δηλώθηκαν στην Κρήτη: 41.418 δηλώσεις, που αντιστοιχούν σε 4,6 εκατ. τ.μ. κύριων χώρων και 1,4 εκατ. τ.μ. βοηθητικών χώρων. Δεύτερη έρχεται η Εύβοια, όπου δηλώθηκαν 23.783 αυθαιρεσίες (1,9 εκατ. τ.μ. κύριων χώρων και 700.000 τ.μ. βοηθητικών) και τρίτη η περιφερειακή ενότητα Ρόδου (συμπεριλαμβανομένων των νήσων Σύμης, Τήλου, Χάλκης και Καστελλόριζου) με 9.997 δηλώσεις αυθαιρεσιών, που αντιστοιχούν σε 1 εκατ. τ.μ. κύριων χώρων και 400.000 τ.μ. βοηθητικών. Μεγάλος ήταν και ο αριθμός των δηλώσεων σε Κέρκυρα (9.100 τ.μ.) και Μύκονο (4.906 τ.μ.).

Σύμφωνα με τα διαθέσιμα στοιχεία του ΥΠΕΝ, ανά περιφέρεια στην πρώτη θέση βρίσκεται η Αττική (274.111 δηλώσεις) και ακολουθούν οι Περιφέρειες Κεντρ.

Μακεδονίας (132.615 δηλώσεις), Πελοποννήσου (53.387 δηλώσεις), Θεσσαλίας (45.578 δηλώσεις), Στερεάς Ελλάδας (45.468 δηλώσεις), Νοτίου Αιγαίου (42.911 δηλώσεις), Κρήτης (41.418 δηλώσεις), Ανατ. Μακεδονίας-Θράκης (37.886 δηλώσεις), Δυτ. Ελλάδα (35.241 δηλώσεις), Ιονίων Νήσων (21.533 δηλώσεις), Ηπείρου (21.268 δηλώσεις), Δυτ. Μακεδονίας (14.403 δηλώσεις) και Βορείου Αιγαίου (14.090 δηλώσεις). Στο σύνολο της χώρας, (πάντα στα αυθαίρετα που βρίσκονται σε τέτοιο στάδιο της διαδικασίας νομιμοποίησης ώστε να υπάρχει γεωγραφικός εντοπισμός), έχουν δηλωθεί 53,79 εκατ. τ.μ. κύριων χώρων και 23,9 εκατ. τ.μ. βοηθητικών χώρων. Αν επαναληφθεί η ίδια υποθετική αναλογία (αντιστοίχιση των τ.μ. των δηλωθέντων αυθαιρεσιών σε κατοικίες των 80 τ.μ.), τότε τα τ.μ. αυτών των 779.909 δηλώσεων αντιστοιχούν σε 971.248 κατοικίες (σύμφωνα με την απογραφή του 2011, το σύνολο των κατοικιών της χώρας είναι 6.384.353) (Λιάλιος, ΤΕΕ, ΥΠΕΝ, 2017).



Πίνακας 4. Αριθμός δηλώσεων αυθαιρέτων ανά περιφέρεια (Λιάλιος, 2017).

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν και τα οικιστικά περιγράμματα στους δασικούς χάρτες, οι λεγόμενες «οικιστικές πυκνώσεις», που προωθεί το 2018 με νέο νομοσχέδιο το ΥΠΕΝ για 1,5 εκατομμύριο «δασικά αυθαίρετα», δηλαδή ακίνητα που βρίσκονται σε διαμορφωμένους οικισμούς περιοχών που είχαν δασικό χαρακτήρα βάσει των αεροφωτογραφιών του έτους 1945. Η κατηγορία των οικιστικών πυκνώσεων προβλέφθηκε στο Ν. 4389/2016, που τροποποίησε τη διαδικασία κατάρτισης δασικών

χαρτών (Ν. 3889/2010) και αφορά προβληματικές περιοχές οικισμών αυθαιρέτων μέσα σε δάση και δασικές εκτάσεις ή οικισμών όπου συχνά συνυπάρχουν νόμιμα και παράνομα κτίσματα. Οι δήμοι έχουν την αρμοδιότητα για την οριοθέτηση των οικιστικών πυκνώσεων, προκειμένου να εξαιρεθούν οι εν λόγω περιοχές από τη διαδικασία ανάρτησης των δασικών χαρτών και στη συνέχεια να εξεταστεί η νομιμοποίηση αυθαιρέτων. Σύμφωνα με το ΥΠΕΝ, ο διαχωρισμός των περιοχών γίνεται για να περιοριστεί ο αριθμός των αντιρρήσεων που θα υποβληθούν, άρα και να επιτευχθεί η διαδικασία κατάρτισης των δασικών χαρτών, που βάσει μνημονιακής υποχρέωσης πρέπει να ολοκληρωθεί ως το 2020.



Εικόνα 38. Στους ήδη κυρωμένους δασικούς χάρτες στο πρώτο 32%, που αντιστοιχεί στο 1/3 της χώρας μας, οι οικιστικές πυκνώσεις ανέρχονται σε 75.593 στρέμματα (Δεμερτζής, 2018).

Με την ολοκλήρωση, το φθινόπωρο του 2017, του πρώτου πακέτου ανάρτησης δασικών χαρτών, η πολιτεία απέκτησε για πρώτη φορά μια εικόνα της έκτασης της παράνομης δόμησης μέσα στα δάση. Συνολικά, οι οικιστικές πυκνώσεις στο 35% των δασικών χαρτών της Ελλάδας καταλαμβάνουν 71.282 στρέμματα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα (σύμφωνα με τα τελευταία διαθέσιμα στοιχεία, καθώς η επεξεργασία δεν

έχει ολοκληρωθεί) είναι η Χαλκιδική, όπου οι οικισμοί αυθαιρέτων καταλαμβάνουν 17.476 στρέμματα. Ακολουθούν η περιφερειακή ενότητα Θεσσαλονίκης, με 14.498 στρέμματα, η Ανατ. Αττική με 8.314 στρέμματα και η Δυτ. Αττική με 7.502 στρέμματα, η Αχαΐα με 3.984 στρέμματα και η περιφερειακή ενότητα Λάρισας με 3.791 στρέμματα. Χαρακτηριστικό είναι ότι στη Μάνδρα Αττικής, που πρόσφατα επλήγη από την καταστροφική πλημμύρα, διαπιστώθηκε κατά την ανάρτηση του δασικού χάρτη ότι έχουν εκχερσωθεί συνολικά 4.500 στρέμματα δασών και δασικών εκτάσεων, ενώ οι οικισμοί αυθαιρέτων καταλαμβάνουν 1.772 στρέμματα (Λάλιος, 2017, Δεμερτζής, 2018). Οι δασικοί χάρτες είναι διαθέσιμοι στην επίσημη ιστοσελίδα του Κτηματολογίου: <https://www.ktimanet.gr>, όπου οι πολίτες μπορούν να αναζητούν τα ακίνητά τους μέσω αεροφωτογραφιών ή συντεταγμένων και να υποβάλλουν αντίρρηση ηλεκτρονικά.

#### 4.5 ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΑΝΕΠΤΥΓΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΜΗ ΑΝΕΠΤΥΓΜΕΝΩΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΩΝ ΧΩΡΩΝ

Εκτός από τους παράγοντες που αναλύθηκαν στις προηγούμενες υποενότητες του παρόντος κεφαλαίου, η επίδραση της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) αποτέλεσε τον πλέον καθοριστικό παράγοντα για τη θεσμοθέτηση και εξέλιξη του χωροταξικού σχεδιασμού στην Ελλάδα (ιδίως μετά το 2000). Κρίθηκε επομένως σκόπιμο, να γίνει μια σύντομη αναφορά στο ευρωπαϊκό θεσμικό πλαίσιο πολεοδομίας και χωροταξίας.

Η ΕΕ ασκεί μια περιφερειακή πολιτική που έχει πολύ σημαντικές χωρικές διαστάσεις, αφού δίνει ιδιαίτερη βαρύτητα στις διαφορές μεταξύ των περιοχών, αλλά και στις ιδιαιτερότητες κάθε περιοχής, με στόχο την ανάπτυξη των λιγότερο ευνοημένων περιοχών. Η χωροταξία δεν αποτελεί αρμοδιότητα της ΕΕ, αφού αυτό δεν προβλέπεται από τις Ευρωπαϊκές Συνθήκες. Ωστόσο, στα πλαίσια της Ένωσης υπήρξε μεγάλος προβληματισμός για το θέμα της χωροταξίας, έτσι η ΕΕ προσανατολίστηκε προς τη χάραξη μιας χωροταξικής πολιτικής σε ευρωπαϊκή κλίμακα. Οι κατευθύνσεις που θέτει το πλαίσιο της χωρικής ανάπτυξης στην Ευρώπη και ο στρατηγικός του χαρακτήρας, καθώς επίσης και η ιδιαίτερη γεωγραφική θέση της Ελλάδας σε σχέση με την Ευρώπη, επηρεάζουν άμεσα το θεσμικό πλαίσιο για το χωροταξικό σχεδιασμό στη χώρα μας (Τέρνις, 2014).

Η εμφάνιση των συστημάτων πολεοδομικού σχεδιασμού στην Ευρώπη έχει αρκετές κοινές ρίζες. Νόμοι-«ομπρέλες», όπως ο Νόμος για το Σχέδιο της Πόλης και Υπαίθρου

(Town and Country Planning Act) του 1947 στο Η.Β., ο Πολεοδομικός Νόμος (Wet op de Ruimtelijke Ordening) του 1965 στην Ολλανδία, ο οικιστικός Νόμος (Loi d'orientation foncière) του 1967 στη Γαλλία κ.ά., καθιέρωσαν το θεσμικό επίπεδο και το σύγχρονο χαρακτήρα του πολεοδομικού σχεδιασμού. Σε όλες τις ευρωπαϊκές χώρες ο χωρικός σχεδιασμός (που αποτελεί δραστηριότητα του δημόσιου τομέα) διαμορφώθηκε ως ένα διακριτό σύστημα θεσμικού χαρακτήρα, που παρέχει το πλαίσιο με το οποίο πραγματοποιείται ο έλεγχος της ανάπτυξης και δόμησης, η προστασία του περιβάλλοντος, η προώθηση αναπτυξιακών ευκαιριών και άλλες πολιτικές χωρικής φύσης (Healey, 2006, Ανδρικοπούλου κ.ά., 2014, όπως αναφέρεται στο Γκέγκας, 2017).

Η δομή του κράτους και η σχέση μεταξύ κεντρικής διοίκησης και τοπικής αυτοδιοίκησης καθόρισαν τα δομικά χαρακτηριστικά των συστημάτων σχεδιασμού των ευρωπαϊκών χωρών. Βάσει αυτής της τυπολογίας, διακρίνονται πέντε μεγάλα ευρωπαϊκά συστήματα σχεδιασμού: το Βρετανικό Σύστημα (Η.Β., Ιρλανδία), το Ναπολέοντειο (Γαλλία, Ολλανδία, Ιταλία, Βέλγιο, Ισπανία, Ελλάδα, Λουξεμβούργο, Πορτογαλία), το Γερμανικό (Γερμανία, Αυστρία, Ελβετία), το Σκανδιναβικό (Σουηδία, Νορβηγία, Δανία, Φινλανδία) και το Ανατολικο-ευρωπαϊκό (χώρες της Ανατολικής Ευρώπης) (Newman & Thornley, 1996). Παρά τις διαφορετικές αφετηρίες χωρικού σχεδιασμού των ευρωπαϊκών χωρών, ο πολεοδομικός τους σχεδιασμός περιλαμβάνει τρεις κοινές λειτουργίες: 1) τη διαμόρφωση των σχεδίων, 2) την προώθηση της αστικής ανάπτυξης και 3) τον έλεγχο της αστικής ανάπτυξης (EC, 1997, Ανδρικοπούλου κ.ά., 2014, όπως αναφέρεται στο Γκέγκας, 2017).

Από τα μέσα περίπου της δεκαετίας του 1990, η ΕΕ δραστηριοποιείται συστηματικά με τις πόλεις. Την ίδια περίοδο ξεκινά το πρώτο ολοκληρωμένο και διατομεακό Κοινοτικό πρόγραμμα URBAN για τα προβλήματα των πόλεων. Βάσει των συμπερασμάτων των διαφόρων αστικών πιλοτικών προγραμμάτων και της Έκθεσης «Αειφόρες πόλεις της Ευρώπης» (1996), η ΕΕ υιοθετεί το 1998 το «Κοινοτικό Πλαίσιο Δράσης για βιώσιμη αστική ανάπτυξη». Το Πλαίσιο δίνει κατευθύνσεις στα παρακάτω θέματα (ΥΠΕΝ, 2009-2018):

1. *Διαχείριση των φυσικών πόρων.* Θα πρέπει να επιδιωχθεί η ελαχιστοποίηση στην κατανάλωση ιδίως των μη ανανεώσιμων φυσικών πόρων, στην παραγωγή

αποβλήτων και στη ρύπανση, καθώς και η αύξηση του φυσικού χώρου και της βιοποικιλότητας στις πόλεις.

2. *Η αστική πολιτιστική κληρονομιά σχετικά με τις δραστηριότητες ελεύθερου χρόνου των κατοίκων και τον αστικό τουρισμό.* Επισημαίνεται ότι η πολιτιστική κληρονομιά μιας πόλης δεν βρίσκεται μόνο στο ιστορικό κέντρο, αλλά και στους νεότερους πυρήνες και στην ενδοχώρα. Ο πολεοδομικός σχεδιασμός θα πρέπει να προστατεύει την πολιτιστική ταυτότητα της πόλης στην ολότητά της (παλιό κέντρο, νεότερη αρχιτεκτονική, στοιχεία ενδοχώρας) και να είναι μακροπρόθεσμος.
3. *Οικονομική ευημερία και κοινωνική συνοχή στα μικρά και μεγάλα αστικά κέντρα.* Η επιχειρηματικότητα που θα υποστηριχθεί, θα πρέπει να είναι πιο φιλική με το περιβάλλον και ενεργειακά αποτελεσματική.
4. *Αστικές μεταφορές.* Ο σχεδιασμός των μεταφορών θα πρέπει να συνδυάζεται με τον πολεοδομικό σχεδιασμό, θα πρέπει να προωθείται η χρήση δημόσιων μέσων μεταφοράς αντί των ΙΧ καθώς και η χρήση του ποδηλάτου και της πεζοπορίας.
5. *Σχεδιασμός χρήσεων γης και Αναπλάσεις.* Θα πρέπει να υιοθετούνται μορφές ολοκληρωμένου και μακροπρόθεσμου σχεδιασμού των πόλεων όπως τα ρυθμιστικά σχέδια, στα πλαίσιά τους να προωθούνται αναπλάσεις υποβαθμισμένων περιοχών, να ενθαρρύνονται οι μικτές χρήσεις αντί του διαχωρισμού σε άκαμπτες ζώνες, ο δε σχεδιασμός της οικιστικής ανάπτυξης να βασίζεται στη φέρουσα ικανότητα του περιβάλλοντος.
6. *Συντονισμός της διακυβέρνησης των αστικών περιοχών, παραγωγή στατιστικών στοιχείων για τις συνθήκες ζωής στα αστικά κέντρα, ευαισθητοποίηση των πολιτών, δικτύωση και ανταλλαγή εμπειριών μεταξύ των πόλεων.*

Η περιφερειακή πολιτική της ΕΕ ασκείται συνήθως με δύο τρόπους: α) χρηματοδοτήσεις για δημόσιες και ιδιωτικές επενδύσεις σε συγκεκριμένες περιοχές και β) θεσμικό πλαίσιο, που ευνοεί ή θέτει περιορισμούς σε ορισμένες δραστηριότητες σε συγκεκριμένες περιοχές (ΕΕ 1999). Στην πράξη, η άσκηση της ευρωπαϊκής περιφερειακής πολιτικής στις χώρες της ΕΕ γίνεται μέσω περιφερειακών ενισχύσεων με στόχο την οικονομική σύγκλιση και μέσα από σχετικές χρηματοδοτήσεις, επηρεάζοντας



άμεσα την οργάνωση του εθνικού και περιφερειακού χώρου κάθε χώρας. Οι προβληματικές περιοχές της ΕΕ κατατάσσονται σε κατηγορίες με το χαρακτηρισμό «Περιοχές Στόχου 1», «Περιοχές Στόχου 2» κ.ο.κ., ανάλογα με την περίπτωση και τον επιδιωκόμενο στόχο. Ενδεικτικά, αναφέρονται οι βασικές κατηγορίες, όπως ίσχυσαν μέχρι το 2000 (Βασενχόβεν, 2004):

- *Αναπτυξιακά καθυστερημένες περιοχές*, ως Περιοχές «Στόχου 1» των διαρθρωτικών ταμείων της ΕΕ, με κατά κεφαλή ΑΕΠ κατά 25% κατώτερο μέσου όρου ΕΕ: Ελλάδα, Πορτογαλία, Ιρλανδία, Τμήματα Ισπανίας-Ιταλίας-Βελγίου-Αυστρίας-Σουηδίας-Φινλανδίας, Κορσική (Γαλλία), Β. Ιρλανδία και τμήμα Σκωτίας (Ην. Βασίλειο), νέα κρατίδια Γερμανίας (πρώην Ανατ. Γερμανία). Κοινά χαρακτηριστικά των περιοχών «Στόχου 1» είναι οι ανεπαρκείς και «γερασμένες» υποδομές δικτύων, τα διαρθρωτικά προβλήματα και οι παραδοσιακές δομές βιομηχανίας και γεωργίας, η ερήμωση αγροτικών περιοχών, οι απομονωμένες περιοχές (π.χ. νησιά ή ορεινοί όγκοι), η πληθυσμιακή υπερσυγκέντρωση, η ανεργία και η έλλειψη εξειδίκευσης.
- *Περιοχές σε βιομηχανική παρακμή*, δηλ. Περιοχές «Στόχου 2» των διαρθρωτικών ταμείων της ΕΕ, με τα εξής κοινά χαρακτηριστικά: φθίνοντες βιομηχανικοί κλάδοι, ανταγωνισμός από νέες βιομηχανικές χώρες, ανεργία, εξάντληση φυσικών πόρων (π.χ. ορυκτών), μεγάλη πληθυσμιακή πυκνότητα, ρύπανση περιβάλλοντος.
- *Προβληματικές γεωργικές περιοχές*, Περιοχές «ΣΤΟΧΟΥ 5β» των διαρθρωτικών ταμείων της ΕΕ (εκτός των αναπτυξιακά καθυστερημένων περιοχών), με τα εξής κοινά χαρακτηριστικά: πληθυσμιακή ερήμωση και χαμηλές πυκνότητες, νησιωτικός χαρακτήρας (σε ορισμένες περιπτώσεις), απομόνωση, παρουσία οικολογικών πόρων.

Οι περιφερειακές ενισχύσεις για την περίοδο 2000-2006 είχαν ως εξής:

- *Περιφέρειες Στόχου 1*: Αναπτυξιακά καθυστερημένες περιφέρειες, που περιλάμβαναν περιφέρειες με κατά κεφαλή ΑΕΠ κάτω του 75% του Κοινοτικού μέσου όρου (μεταξύ αυτών και η Ελλάδα), ορισμένες αραιοκατοικημένες περιοχές Φινλανδίας και Σουηδίας, ιδιαίτερα απομακρυσμένες περιοχές (υπερπόντια διαμερίσματα Γαλλίας, Αζόρες, Κανάριες Νήσοι, Μαδέρα), ορισμένες παράκτιες σουηδικές ζώνες. Χαρακτηριστικοί οικονομικοί δείκτες στις περιφέρειες νέου Στόχου 1 ήταν: το χαμηλό επίπεδο επενδύσεων, το υψηλό ποσοστό ανεργίας, η

έλλειψη υπηρεσιών προς πρόσωπα και επιχειρήσεις, οι χαμηλές χρηματοδοτήσεις σε βασικές υποδομές.

- Περιφέρειες Στόχου 2: Περιφέρειες υπό ανασυγκρότηση, με κοινά προβλήματα τη μεταλλαγή τομέων βιομηχανίας και υπηρεσιών, την παρακμή παραδοσιακών δραστηριοτήτων στις αγροτικές ζώνες, την κρίση στο αστικό περιβάλλον, προβλήματα στην αλιευτική δραστηριότητα.

Μετά το 2007, ο ορισμός των περιφερειών-στόχων της ευρωπαϊκής περιφερειακής πολιτικής αλλάζει. Οι στόχοι προτεραιότητας 2007-2013 είναι η Σύγκλιση και Ανταγωνιστικότητα, η Περιφερειακή Ανταγωνιστικότητα και Απασχόληση και η Ευρωπαϊκή Εδαφική Συνεργασία (Ανδρικοπούλου, 2004, Τέρψης, 2014). Κομβικά σημεία της ευρωπαϊκής πολιτικής για τις πόλεις αποτέλεσαν η «Θεματική Στρατηγική για το Αστικό Περιβάλλον» (2006) και η «Χάρτα της Λειψίας για Βιώσιμες Ευρωπαϊκές Πόλεις» (2007). Οι κατευθύνσεις των δύο αυτών κειμένων συνοψίζονται στα εξής (ΥΠΕΝ, 2009-2018):

- Ολοκληρωμένες πολιτικές και προγράμματα αστικής ανάπτυξης.
- Αρχή της συμπαγούς πόλης, αποτροπή της άτακτης αστικής διάχυσης.
- Στροφή του πολεοδομικού σχεδιασμού προς το εσωτερικό της πόλης, με σκοπό την αναβάθμισή της από άποψη πολεοδομικού ιστού, συγκρούσεων χρήσεων γης, υποβάθμισης δημόσιου χώρου, παλαιώσης κτηριακού αποθέματος, εγκλωβισμού χαμηλοεισοδηματικών στρωμάτων ή μειονοτήτων σε συγκεκριμένες γειτονίες, αναγκών στεγαστικής αποκατάστασης ορισμένων ομάδων πληθυσμού κ.λπ.
- Προστασία αστικής βιοποικιλότητας, ελάττωση της στεγανοποίησης του εδάφους.

Η *εδαφική συνοχή* (territorial cohesion/ cohesion territoriale), η προαγωγή της οποίας καθορίζεται ως μείζονος σημασίας για την ΕΕ (Συνθήκη της Λισσαβόνας, 2009), αποτελεί τη βάση για τη σταδιακή ανάπτυξη ευρωπαϊκού κεκτημένου σε θέματα χωρικού προγραμματισμού-σχεδιασμού. Η βάση αυτή περιλαμβάνει διακηρύξεις και αρχές όπως η «*Εδαφική Ατζέντα της Ευρωπαϊκής Ένωσης 2020*» και συγκεκριμένες δράσεις και πολιτικές, όπως η δημιουργία δικτύων ανταλλαγής γνώσεων και εμπειριών, καθώς και η διερεύνηση θεμάτων ενδυνάμωσης της πολυκεντρικής ανάπτυξης του ευρωπαϊκού χώρου, εισαγωγής νέων μορφών συνεταιρισμού μεταξύ αστικών και αγροτικών περιοχών, αξιοποίησης των προοπτικών ανάπτυξης περιοχών με γεωγραφικές και άλλες ιδιομορφίες, εισαγωγής της χωρικής διάστασης και ευαισθησίας

σε τομεακές πολιτικές (αγροτική πολιτική, πολιτική μεταφορών, πολιτική συνοχής, στρατηγική για την αειφόρο ανάπτυξη κ.ά.), ενδυνάμωσης των δικτύων οικολογικών και πολιτιστικών πόρων, προώθησης της συνεργασίας στη διαχείριση απειλών (π.χ. πρόληψη εδαφικών επιπτώσεων λόγω της αλλαγής του κλίματος) κ.ά. Στόχος παραμένει η «μείωση των διαφορών μεταξύ των επιπέδων ανάπτυξης των διαφόρων περιοχών και η μείωση της καθυστέρησης των πλέον μειονεκτικών περιοχών», όπως οι αγροτικές περιοχές, οι ζώνες όπου συντελείται βιομηχανική μετάβαση και οι περιοχές που πλήττονται από σοβαρά και μόνιμα φυσικά ή δημογραφικά προβλήματα, όπως οι υπερβόρειες περιοχές που είναι ιδιαίτερα αραιοκατοικημένες και οι νησιωτικές, διασυννοριακές και ορεινές περιοχές των ευρωπαϊκών χωρών. (Γιαννακούρου, 2009, Τμήμα Πολεοδομίας και Οικήσεως Κυπριακής Δημοκρατίας, 2011-2018).

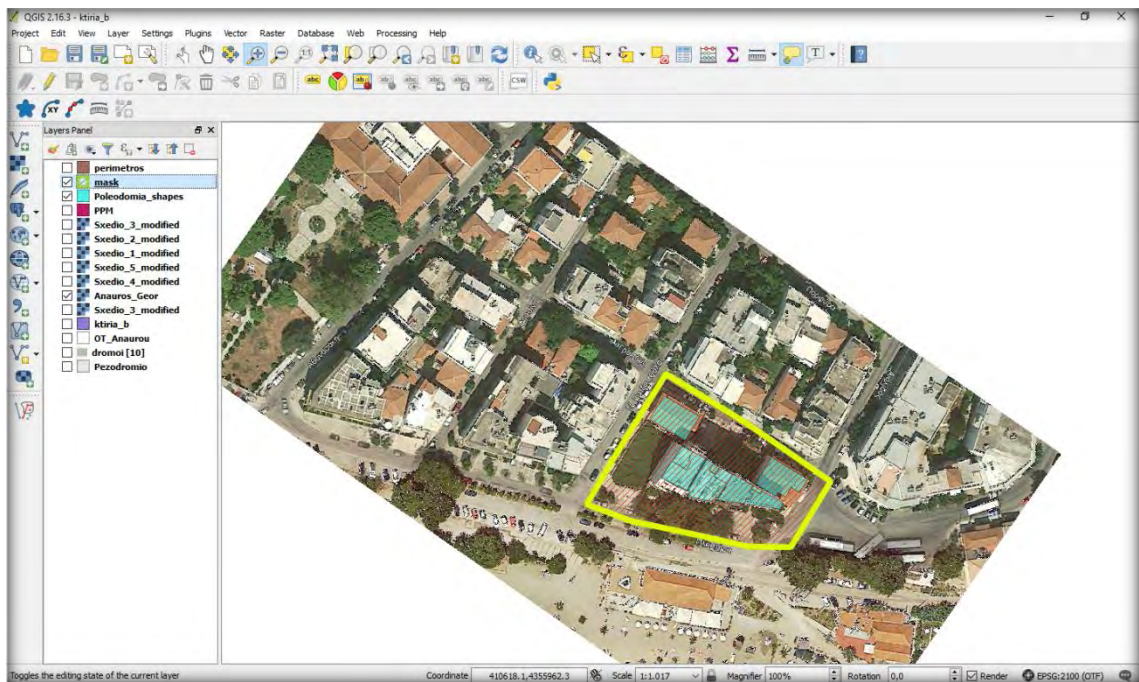
Το 2016, ο ΟΗΕ διοργάνωσε στο Κίτο του Ισημερινού την 3<sup>η</sup> Διάσκεψη για τη Στέγαση και τη Βιώσιμη Αστική Ανάπτυξη (HABITAT III). (Η 1<sup>η</sup> Διάσκεψη HABITAT I έγινε στο Βανκούβερ το 1976 και η 2<sup>η</sup> Διάσκεψη HABITAT II είκοσι χρόνια αργότερα, το 1996, στην Κωνσταντινούπολη). Στόχος της Διάσκεψης HABITAT III ήταν η υιοθέτηση μιας *Νέας Αστικής Ατζέντας* (NAA), ένα κείμενο που θέτει παγκόσμιες προδιαγραφές με γνώμονα την επίτευξη βιώσιμης αστικής ανάπτυξης, επανεξετάζοντας τον τρόπο που κτίζουμε, διαχειριζόμαστε τις πόλεις και ζούμε σε αυτές, μέσω του σχεδιασμού συνεργασιών με όλους τους αρμόδιους εταίρους, τους εμπλεκόμενους, τους αστικούς φορείς σε όλα τα επίπεδα Διοίκησης, καθώς και τον ιδιωτικό τομέα. Η *Νέα Αστική Ατζέντα 2016-2036*, γνωστή ως «Διακήρυξη του Κίτο», υιοθετήθηκε από όλα τα κράτη-μέλη την 20/10/2016. Η ανά εικοσαετία διοργάνωση της εν λόγω Διάσκεψης επιτρέπει τη μακροπρόθεσμη εφαρμογή των κατευθύνσεων της Αστικής Ατζέντας και την εκτίμηση των επιπτώσεών τους σε ένα ρεαλιστικό χρονικό πλαίσιο (ΥΠΕΝ, 2009-2018).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### ΕΦΑΡΜΟΓΗ – ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ Η ΠΟΛΗ ΤΟΥ ΒΟΛΟΥ

#### 5.1 ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

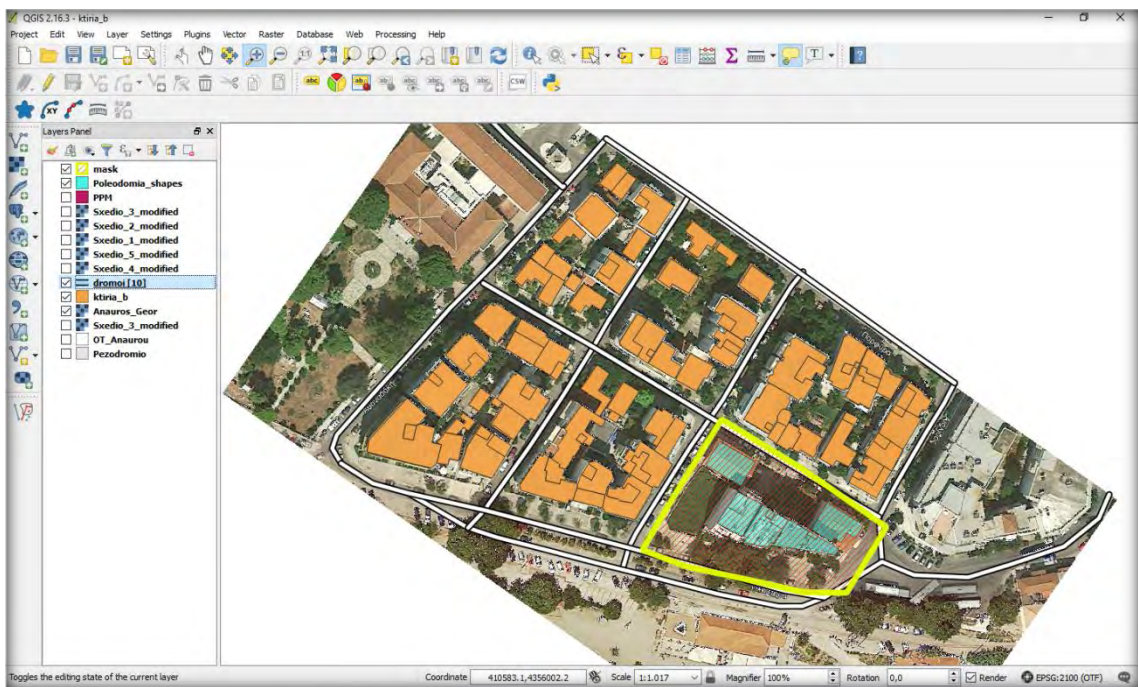
Ως περιοχή μελέτης επιλέχθηκε το Ο.Τ. με αρ. 795 επί των οδών Γρυπάρη (βόρεια), Πλαστήρα Ν. (νότια), Γαντζοπούλου (ανατολικά) και Αιολίδος (δυτικά), το οποίο βρίσκεται νοτιοανατολικά της πόλης του Βόλου, στην περιοχή Αναυρος. Η επιλογή ήταν τυχαία, με μοναδικό κριτήριο τη διάθεση των πολεοδομικών αδειών για κάθε μία οικοδομή.



Εικόνα 39. Περιοχή μελέτης Αναύρου Βόλου (Google Earth Pro, 2018, ίδια επεξεργασία).

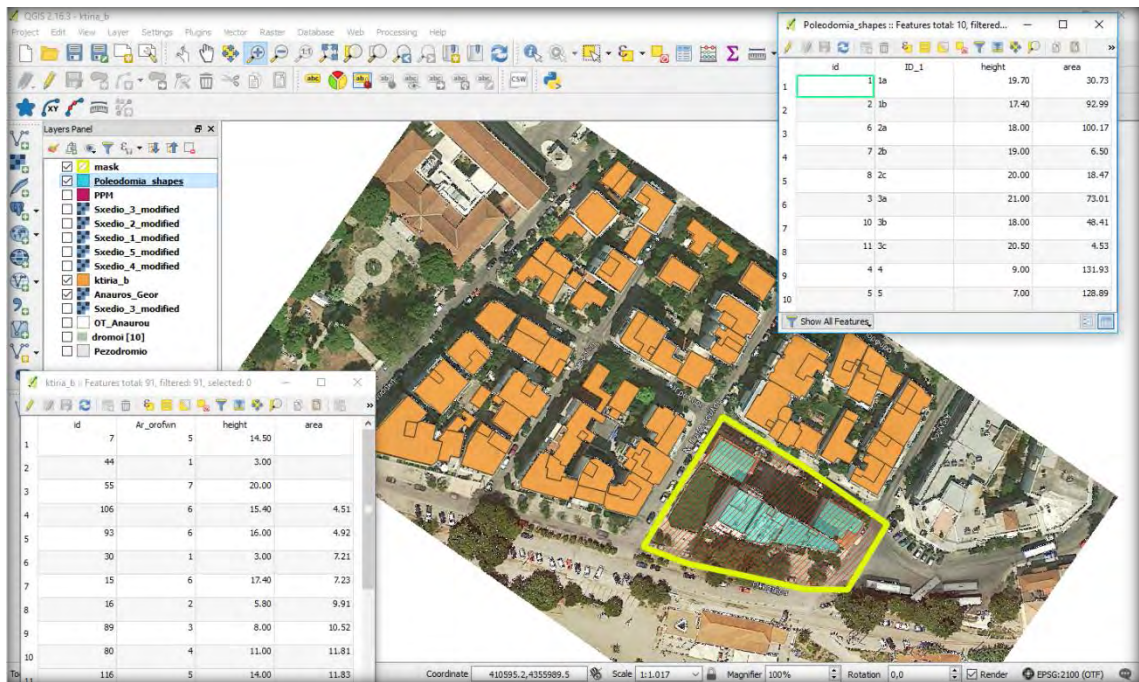
Στη συνέχεια εντοπίστηκε και απομονώθηκε η εικόνα της περιοχής μέσω του Google Earth. Δόθηκε έμφαση στο επίπεδο εστίασης, ώστε να είναι σχετικά ευδιάκριτες οι περισσότερες λεπτομέρειες των κτηρίων. Προηγουμένως, έγιναν αρκετές απόπειρες να κατέβει η εικόνα τόσο από το Bing Maps (μέσω της εφαρμογής Mapper.exe) και το λογισμικό Global Mapper και από τους ορθοφωτοχάρτες του Ελληνικού Κτηματολογίου. Παρατηρήθηκε, όμως, ότι σε κάποιες περιπτώσεις οι λήψεις των εικόνων ήταν παλαιότερες. Αποφασίστηκε η διαδικασία της εφαρμογής να πραγματοποιηθεί σε ένα μόνο οικοδομικό τετράγωνο, ώστε να περιοριστεί ο όγκος των δεδομένων που θα απαιτούσαν επεξεργασία. Και αυτό γιατί οι απαιτήσεις σε εξοπλισμό hardware του λογισμικού CityEngine που χρησιμοποιήθηκε, είναι μεγάλες.

Η εικόνα αποθηκεύτηκε με τη μορφή .png και ακολούθησε η επεξεργασία της στο λογισμικό ανοικτού κώδικα QGIS 2.16.3, όπου εισήχθη ως raster και πραγματοποιήθηκε η διαδικασία της γεωαναφοράς. Εντοπίστηκαν πέντε σταθερά ευδιάκριτα σημεία, στα οποία ορίστηκαν οι συντεταγμένες (x, y) στο ελληνικό προβολικό σύστημα ΕΓΣΑ '87. Στη συνέχεια δημιουργήθηκαν shapefiles και αποτυπώθηκαν όλα τα στοιχεία που απαρτίζουν την περιοχή ενδιαφέροντος, τα όμορα οικοδομικά τετράγωνα, αποκλειστικά για αισθητικούς λόγους και οι κατόψεις των κτηρίων βάσει των πολεοδομικών αδειών τους.



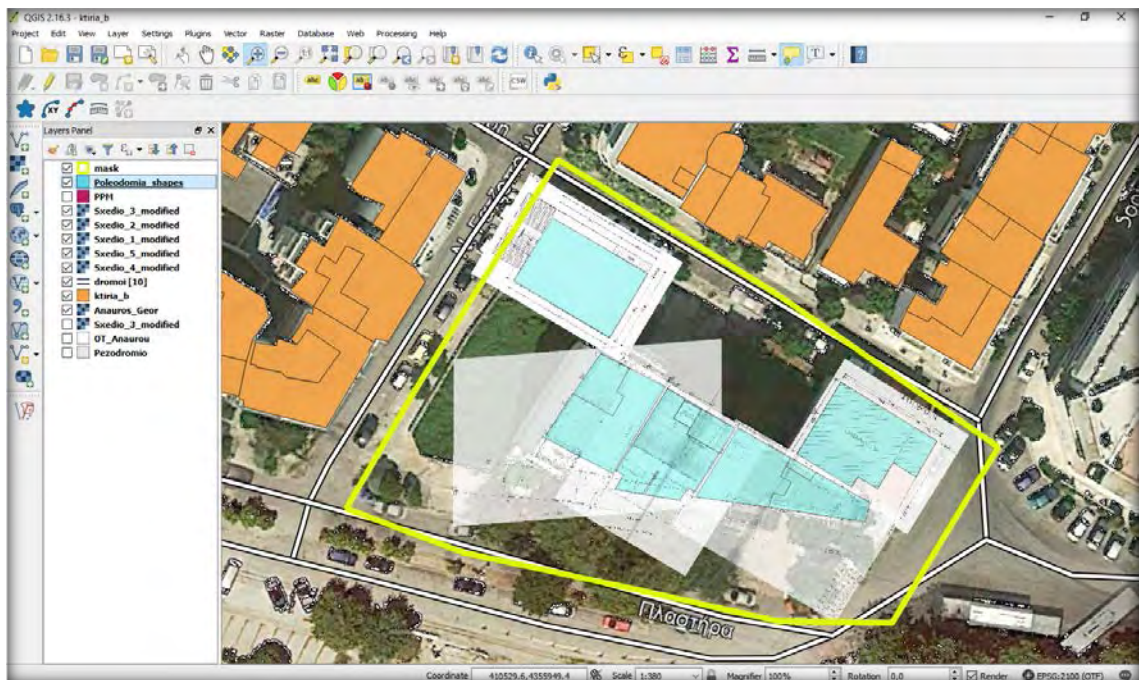
Εικόνα 40. Σχεδίαση στο QGIS 2.16.3 (ιδία επεξεργασία).

Για κάθε πολυγωνικό ή γραμμικό αρχείο δημιουργήθηκε ένας αντίστοιχος πίνακας ιδιοτήτων (attribute table), με έμφαση στα shapefiles των κτηρίων. Οι ιδιότητες αυτών των shapefiles παρουσιάζονται στην εικόνα 41.



Εικόνα 41. Βάση δεδομένων των shapfiles (ιδία επεξεργασία).

Αναφορικά με το Ο.Τ. που αποτελεί την περιοχή μελέτης, πρέπει να τονιστεί ότι δημιουργήθηκαν δύο διαφορετικά shapfiles για τα κτήρια. Στο ένα ψηφιοποιήθηκαν τα κτήρια με βάση την αεροφωτογραφία, ενώ στο δεύτερο σύμφωνα με τις πολεοδομικές άδειες, αφού εισήχθησαν μία-μία για κάθε κτήριο ξεχωριστά. (βλ. εικόνα 42).



Εικόνα 42. Ψηφιοποίηση πολεοδομικών αδειών (ιδία επεξεργασία).

Τα δεδομένα ύψους των κτηρίων συλλέχθηκαν από το λογισμικό Google Earth Pro (εφαρμογή Street View) και επιβεβαιώθηκαν από τις πολεοδομικές άδειες.



Εικόνα 43. Προοπτική άποψη κτηρίου περιοχής μελέτης (Street View, Google Earth Pro, 2018).

Τέλος, έγινε η εξαγωγή τόσο του raster με τη μορφή .tif όσο και των shapefiles, σε μορφές δηλαδή αρχείων, συμβατές με το CityEngine 2015.2. Κατά την εισαγωγή στο CityEngine, πρωταρχικά βήματα είναι η δημιουργία ενός νέου project, στο οποίο δόθηκε το όνομα 'Απανρος' και ενός νέου σκηνικού (scene). Μετά την εισαγωγή της εικόνας, η οποία λειτουργεί ως «έδαφος», εισήχθησαν ένα-ένα τα shapefiles.

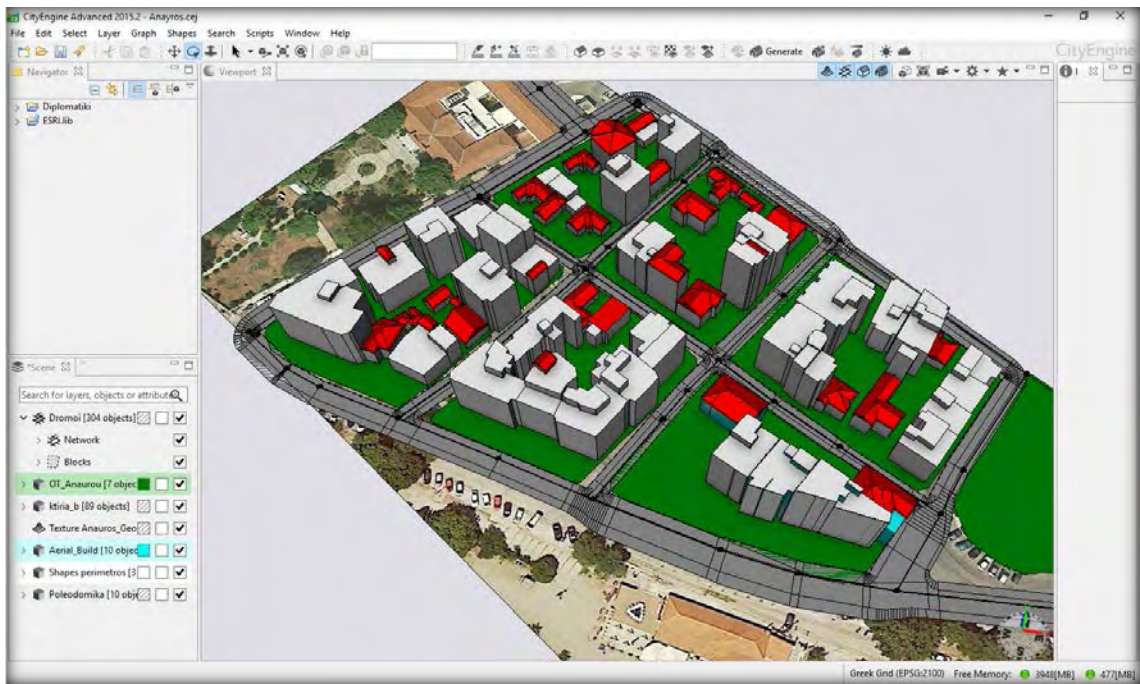
Για την τρισδιάστατη απεικόνιση των κτηρίων, χρησιμοποιήθηκε η γεωαναφερμένη κάτοψη και μετά από τη σύνταξη του παρακάτω γραμματικού κανόνα CGA και την εφαρμογή του μέσω της εντολής *Generate*, πραγματοποιήθηκε η ανέγερση των κτηρίων βάσει του πραγματικού τους ύψους και δημιουργήθηκαν οι στέγες/ταράτσες των κτηρίων βάσει της αεροφωτογραφίας.

```
/**
 * File: Buildings.cga
 * Created: 8 May 2018 23:24:33 GMT
 * Author: maria
 */
version"2015.2"

attrheight = 20
@Range ("Gamble", "Hip", "Flat")
attrRoofType = "Gable"

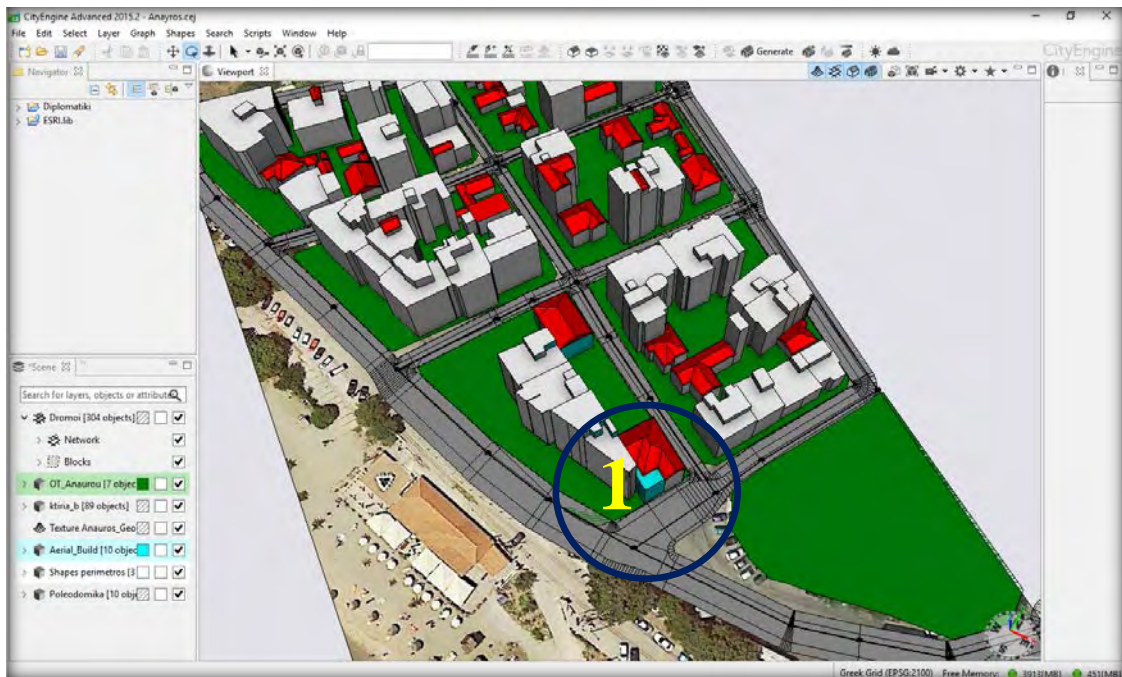
@startRule
BuildingFootprint-->
  extrude(height)
  comp(f){top:Roof|side:Wall}
  Wall-->
  color(0,2,0)
  Roof-->
  caseRoofType == "Gamble":PrintRoof
  caseRoofType == "Hip":PrintRoof
  caseRoofType == "Flat":PrintRoof
  else:PrintRoof
  PrintRoof-->
  print("My roof is " + RoofType)
```





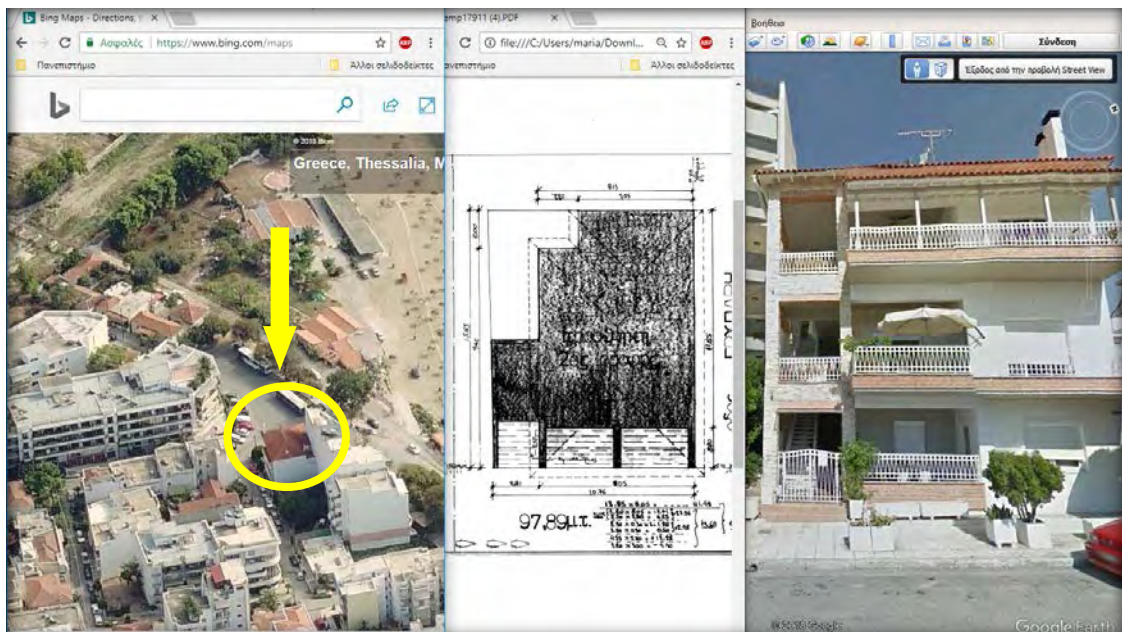
Εικόνα 44. Εφαρμογή κανόνα CGA και δημιουργία 3D κτηρίων (ίδια επεξεργασία).

Τα δύο shapfiles που αναφέρονται στα κτήρια α) Poleodomika (θεωρητικό) και β) Aerial\_Build (πραγματικό) σχεδιάστηκαν με μια μικρή υψομετρική και ογκομετρική διαφορά, για να είναι διακριτή η χωρική πληροφορία χωρίς να αλλοιώνεται, αλλά και να μην αναμιγνύονται τα χρώματα των δύο θεματικών επιπέδων. Τοποθετώντας πάνω στο πραγματικό σχέδιο (Aerial\_Build) το θεωρητικό (Poleodomika) και συγκρίνοντας τα δυο σχέδια, οι όποιες ογκομετρικές διαφορές προκύπτουν, αποτελούν μη καταχωρημένη κατασκευαστική πληροφορία και κατ' επέκταση πιθανή αυθαίρετη παρέμβαση. Στη συγκεκριμένη περιοχή μελέτης παρατηρείται σε ένα κτήριο ογκομετρική διαφορά όπως φαίνεται και στην εικόνα 45:



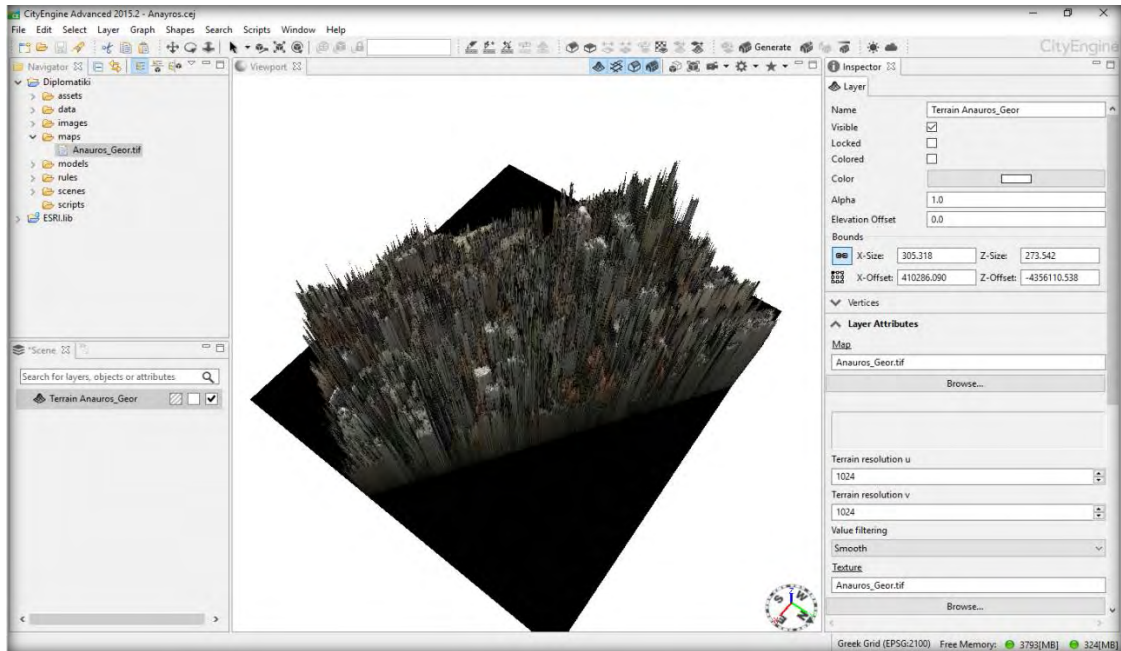
Εικόνα 45. Κτήριο με πιθανή αυθαιρεσία (ιδία επεξεργασία).

Σε αυτή την περίπτωση, το γαλάζιο χρώμα που φαίνεται ξεκάθαρα, αποδεικνύει την ύπαρξη διαφοροποίησης μεταξύ της οικοδομικής άδειας και του σχεδίου που παράχθηκε από την αεροφωτογραφία. Συγκεκριμένα, το σχέδιο της πολεοδομίας παρουσιάζει κάποιον ανοιχτό χώρο, που στην πορεία οι ιδιοκτήτες του το κάλυψαν με στέγη. Από τη σύγκριση της πολεοδομικής άδειας με τις αεροφωτογραφίες από τα λογισμικά Bing Maps και Google Earth Pro, επαληθεύεται η συγκεκριμένη υπόθεση.



Εικόνα 46. Σύγκριση πολεοδομικού σχεδίου του κτηρίου (κέντρο) με αεροφωτογραφίες από το Bing Maps (αριστερά) και το Google Earth Pro (αριστερά) (ιδία επεξεργασία).

Καθ' όλη τη διάρκεια λειτουργίας του λογισμικού CityEngine, προέκυψαν πολλές δυσκολίες τόσο κατά την εγκατάσταση του λογισμικού όσο και κατά την εισαγωγή των δεδομένων, κυρίως λόγω του μεγάλου όγκου τους. Σε πολλές περιπτώσεις, τα εισαγόμενα στοιχεία είτε δεν εισάγονταν είτε παραμορφώνονταν, όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα 47.



Εικόνα 47. Παραμόρφωση αεροφωτογραφίας κατά την εισαγωγή στο λογισμικό CityEngine (ιδία επεξεργασία).

## 5.2 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Όπως αποδεικνύεται τόσο από τις αεροφωτογραφίες όσο και από το τρισδιάστατο σχέδιο των κτηρίων που δημιουργήθηκε, τα κτήρια χαρακτηρίζονται από έντονη πολυπλοκότητα, ανομοιομορφία και πολλές αρχιτεκτονικές ιδιαιτερότητες, που συναντώνται όχι μόνο στην περιοχή μελέτης, αλλά στο ευρύτερο ελληνικό τοπίο. Αυτό το γεγονός καθιστά ιδιαίτερα δύσκολη την τρισδιάστατη αποτύπωση της πραγματικότητας με ρεαλισμό και ακρίβεια.

Στη συγκεκριμένη εργασία, οι ως άνω αναφερόμενες δυσκολίες αποτέλεσαν περιοριστικό παράγοντα για τον εντοπισμό πολλών αυθαιρεσιών, με αποτέλεσμα να δοθεί έμφαση στον όγκο των κτηρίων. Πιο συγκεκριμένα, οι δυσκολίες που παρουσιάστηκαν κατά τη διάρκεια της μελέτης, συνοψίζονται σε:

- Αρχιτεκτονική πολυπλοκότητα
- Αδυναμία εντοπισμού και ελέγχου υπόγειων κατασκευών (γκαράζ, αποθήκη κ.ά.)
- Φυσικά εμπόδια (βλάστηση)
- Μη επαρκής ανάλυση αεροφωτογραφιών από open data λογισμικά
- Σφάλματα λόγω κλίσεων κατά τη λήψη των αεροφωτογραφιών
- Δυσκολίες στο χειρισμό του λογισμικού CityEngine, το οποίο απαιτεί σύγχρονο εξοπλισμό συγκεκριμένων προδιαγραφών για τη διαχείριση μεγάλου όγκου δεδομένων (βλ. Παράρτημα 1.2.7).

Οι παραπάνω δυσκολίες μπορούν να αντιμετωπιστούν με τη συνδυαστική χρήση ορισμένων λογισμικών για την πιο εύχρηστη και ταχύτερη επεξεργασία των δεδομένων. Ανάλογα, δηλαδή, με το αποτέλεσμα που πρέπει να επιτευχθεί βάσει συγκεκριμένου κόστους και χρόνου μελέτης, μπορεί να επιλεγούν διαφορετικά λογισμικά ή ακόμα και διαφορετικές μέθοδοι συλλογής τρισδιάστατων δεδομένων (βλ. 3.2.1).

Παρά τις όποιες δυσκολίες, η συγκεκριμένη εφαρμογή δεν απαιτεί επιτόπιο έλεγχο ή μετρήσεις πεδίου, γεγονός το οποίο συντελεί σε σημαντική μείωση χρόνου και κόστους λόγω π.χ. εξοπλισμού και ανθρώπινου δυναμικού.

Όσον αφορά τα πλεονεκτήματα της συγκεκριμένης εφαρμογής, σχετίζονται κατά βάση με τη χρήση του CityEngine, το οποίο επιτρέπει με απλά βήματα τη μαζική

ανέγερση κτηρίων ανεξαρτήτως αριθμού και είναι συμβατό με ένα μεγάλο αριθμό λογισμικών 3D απεικόνισης (βλ. Παράρτημα 1.2.7).

Με το συγκεκριμένο σχεδιασμό μπορεί να εντοπιστεί με σχετική ευκολία μια οποιαδήποτε ογκομετρική διαφορά, αν εφαρμοστεί διαφορετική χρωματική απεικόνιση του πραγματικού από το θεωρητικό σχέδιο. Αυτό αποτελεί το πρώτο βήμα για τον εντοπισμό αυθαιρεσιών. Ωστόσο, ο εντοπισμός μη νόμιμων παρεμβάσεων σε ανοίγματα κτηρίων, όπως πόρτες, παράθυρα, στέγαστρα κ.ά., είναι μια διαδικασία που απαιτεί λεπτομερή εξωτερικό σχεδιασμό του κτηρίου, ιδιαίτερα χρονοβόρα και με δυσκολίες στην αυτοματοποιημένη εφαρμογή της.

Επιπροσθέτως, μια γενική παρατήρηση σχετικά με την αυθαίρετη δόμηση είναι ότι, τα κτήρια όπου συναντώνται συχνότερα αυθαιρεσίες, είναι τα ιδιόκτητα. Σε τέτοιες περιπτώσεις οι ιδιοκτήτες προς διευκόλυνση των αναγκών τους επεμβαίνουν με αυθαίρετες μετατροπές, χωρίς αυτές να δηλώνονται στην αρμόδια αρχή.

---

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Η ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας τις τελευταίες δεκαετίες έχει δημιουργήσει έναν κόσμο πιο αυτοματοποιημένο και καλύτερα ελεγχόμενο σε όλους τους τομείς. Ειδικότερα στον κατασκευαστικό κλάδο, η αποτύπωση της τρίτης διάστασης προκάλεσε ριζικές αλλαγές στην εξελικτική του πορεία. Σε πολλές εύρωστες χώρες, έχει δημιουργηθεί πληθώρα τρισδιάστατων αστικών μοντέλων, τα οποία κατάφεραν να δώσουν λύσεις σε χωρικά ζητήματα που σχετίζονται με τη χωροταξία, την ενέργεια, την πρόβλεψη και αντιμετώπιση καταστροφών κ.ά., με αξιόλογα αποτελέσματα στη βελτίωση του δομημένου περιβάλλοντος.

Στην Ελλάδα παρατηρείται ελάχιστη ανάπτυξη τέτοιων μοντέλων και όπως προκύπτει από την έρευνα στην παρούσα εργασία, οι αυθαιρεσίες στον κατασκευαστικό τομέα αποτελούν μείζον πρόβλημα, με αντίκτυπο κοινωνικό, οικονομικό και κυρίως περιβαλλοντικό. Για το λόγο αυτό, κρίθηκε σκόπιμη η διερεύνηση του νομικού πλαισίου στη χώρα μας, ώστε να διαπιστωθούν τα αίτια και το μέγεθος του φαινομένου της αυθαίρετης δόμησης.

Μέσω της συγκεκριμένης μελέτης επιχειρείται η επίλυση του εν λόγω ζητήματος με την ανάπτυξη της μεθοδολογίας για τη δημιουργία ενός τρισδιάστατου αυτοματοποιημένου εργαλείου εντοπισμού της αυθαίρετης δόμησης και η αξιοποίησή του από τους αρμόδιους δημόσιους και ιδιωτικούς φορείς. Όπως παρουσιάζεται αναλυτικά και στη μεθοδολογική προσέγγιση, για την επίτευξη δημιουργίας ενός τέτοιου εργαλείου απαιτούνται υψηλής ανάλυσης δεδομένα (αεροφωτογραφίες, δεδομένα από LIDAR ή drones κ.ά.), εξελιγμένη τεχνολογία υλικού-λογισμικών και εξειδικευμένο προσωπικό.

Η εφαρμογή του ως άνω εργαλείου πραγματοποιήθηκε σε ένα Ο.Τ. της πόλης του Βόλου με χρήση των λογισμικών CityEngine 2015.2, QGIS 2.16.3 (ανοιχτού κώδικα), ενώ τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν, προήλθαν από ελεύθερης πρόσβασης διαδικτυακές πηγές, όπως Bing Maps (Bird's Eye View) και Google Earth Pro (Street View). Τα πλεονεκτήματα της εφαρμογής συνοψίζονται στα εξής:

- Ταχύτερη μέθοδος εντοπισμού αυθαιρεσιών.
- Οικονομικότερη μέθοδος.
- Εξάλειψη ανάγκης επιτόπιων ελέγχων (μετρήσεις πεδίου).

- Λιγότερες ώρες εκπαίδευσης για την εκμάθηση των λογισμικών, παράλληλα όμως απαιτείται ικανότητα του χρήστη να αντιμετωπίσει τις κατά περίπτωση ασυμβατότητες μεταξύ λογισμικών και hardware.
- Δυνατότητα περαιτέρω μελλοντικών ελέγχων.
- Εύκολη δημιουργία ενός τέτοιου εργαλείου από τους ενδιαφερόμενους φορείς, καθόσον έχουν άμεση πρόσβαση σε πόρους και σε απαιτούμενα δεδομένα.

Ο αρχικός στόχος της εφαρμογής του αυτοματοποιημένου εργαλείου επιτεύχθηκε, διότι εντοπίστηκε πιθανή αυθαιρεσία σε ένα από τα κτήρια της περιοχής μελέτης, απαιτείται όμως περαιτέρω έρευνα ως προς την ακρίβεια του αποτελέσματος, με χρήση καλύτερης ποιότητας δεδομένων και software/hardware, ή/και σε συνδυασμό με άλλες μεθόδους (π.χ. LIDAR).

Σημαντική προϋπόθεση για την ορθή λειτουργία ενός τέτοιου εργαλείου, αλλά και για τη συνολική αντιμετώπιση της αυθαίρετης δόμησης, είναι η σταδιακή εξάλειψη ‘πελατειακών σχέσεων’ μεταξύ κράτους-μηχανικών-πολιτών. Σύμφωνα με το Ν. 4495/2017, επιχειρείται για πρώτη φορά ο έλεγχος του αυθαίρετου δομημένου περιβάλλοντος μέσω ολοκληρωμένων ηλεκτρονικών μηχανισμών εποπτείας. Επομένως, μια σημαντική πρόταση για πρόσθετη διερεύνηση αποτελεί η δημιουργία και υποχρεωτική χρήση μιας δημόσιας βάσης δεδομένων τύπου blockchain<sup>1</sup>, η οποία μπορεί να βοηθήσει στη συγκέντρωση όλων των πολεοδομικών δεδομένων για άμεση χρήση από τους ενδιαφερόμενους φορείς με απόλυτη διαφάνεια.

Η μείωση της αυθαίρετης δόμησης μπορεί να επιτευχθεί εάν μέσω των εμπλεκόμενων φορέων δοθούν κίνητρα τόσο σε μηχανικούς όσο και σε πολίτες, κυρίως οικονομικής φύσεως. Για παράδειγμα, μπορεί να οριστεί συγκεκριμένο χρονικό περιθώριο

---

<sup>1</sup> Σειρά καταχωρήσεων που αφορούν συναλλαγές, σε ένα δημόσιο κατάλογο. Κάθε νέα ομάδα καταχωρήσεων (block) συνδέεται με τα προηγούμενα, δημιουργώντας μία «αλυσίδα» καταχωρήσεων. Λειτουργεί ως αποκεντρωμένο λογιστικό καθολικό, κοινό για όλους τους συμμετέχοντες, καθότι οι εμπλεκόμενοι αποθηκεύουν ένα αντίγραφο του, εξασφαλίζοντας ασφάλεια, διαφάνεια συναλλαγών και αυτόματη διάχυση της πληροφορίας, διευκολύνοντας παράλληλα την ελεγκτική διαδικασία (με την εξάλειψη κάθε ενδεχομένου παραβάσεων, εξαιτίας της δημόσιας φύσης των δεδομένων) και καταργώντας την ανάγκη για ενδιάμεσα μέρη που αυξάνουν τα κόστη, αφού όλες οι πληροφορίες που αφορούν στη συναλλαγή βρίσκονται κρυπτογραφημένες μέσα στο blockchain (Μαλλάς, 2018).

διεκπεραίωσης της νομιμοποίησης με έκπτωση προστίμου, όπως προβλέπεται και από τον ισχύοντα νόμο, ενώ με το πέρας του προβλεπόμενου χρόνου το ποσό του προστίμου να πολλαπλασιάζεται σημαντικά. Για τις νέες δε αυθαιρεσίες, μπορούν να προβλέπονται ιδιαίτερα αυξημένες κυρώσεις.

Συμπερασματικά, τα σύγχρονα λογισμικά-εργαλεία σε συνδυασμό με πολλαπλές πηγές δεδομένων (τόσο ως προς την πηγή όσο και ως προς το είδος της πληροφορίας), παρέχουν νέες δυνατότητες αξιοποίησης του διαθέσιμου όγκου πληροφοριών για τον αστικό ιστό. Εκτός όμως από τη διαθεσιμότητα δεδομένων και εργαλείων είναι κρίσιμο να υλοποιηθούν/διερευνηθούν συγκροτημένες μεθοδολογικές προσεγγίσεις ώστε να αξιοποιηθούν στο μέγιστο οι δυνατότητες για πολεοδομική/αστική χρήση, όπως η συγκεκριμένη που παρουσιάστηκε. Όπως προέκυψε και από την περίπτωση μελέτης, η προτεινόμενη μεθοδολογική προσέγγιση όχι μόνο είναι αποτελεσματική αλλά και ταχύτατη συγκριτικά με τις κλασσικές μεθόδους αποτύπωσης. Τέλος, υπάρχουν πολλά περιθώρια περαιτέρω έρευνας, καθώς συνεχώς βελτιώνονται όλα τα επιμέρους στάδια της μεθοδολογίας (νέοι αλγόριθμοι, ακριβέστερα δεδομένα, υπολογιστική ισχύ κλπ.), γεγονός που καταδεικνύει τις μελλοντικές δυνατότητες εξέλιξης της παρούσας εργασίας.



---

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

### 1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΣΓΠ ΚΑΙ ΛΟΓΙΣΜΙΚΩΝ CAD

Τα χωρικά δεδομένα και οι μέθοδοι αποτύπωσης-διανομής της γης απασχολούν τον άνθρωπο από τη στιγμή που πέρασε από τη νομαδική ζωή στη δημιουργία οργανωμένων οικισμών. Ανάμεσα στις επιστήμες που αναπτύχθηκαν με την πάροδο του χρόνου, βρίσκονται η Γεωδαισία και η Χαρτογραφία. Παράλληλα, η συγκέντρωση και αξιοποίηση πληροφοριών για τις χρήσεις της γης έγινε απαραίτητη. Ο πρώτος γνωστός συνδυασμός χαρτογραφικού υλικού και άλλων περιγραφικών πληροφοριών εμφανίστηκε σε γεωγραφικούς άτλαντες στα μέσα του 19ου αι. Σε πολλές περιπτώσεις χρησιμοποιήθηκαν επάλληλοι χάρτες, βασισμένοι στο ίδιο υπόβαθρο, που απεικόνιζαν διαφορετικές λεπτομέρειες, τοπικά ή χρονικά. Η ίδια τεχνική χρησιμοποιείται ακόμα σήμερα, όταν δεν υπάρχει δυνατότητα ψηφιακής επεξεργασίας και μοιάζει με τα επίπεδα σχεδίασης (layers) που χρησιμοποιούνται στα λογισμικά CAD και ΣΓΠ. Γεωγραφικοί άτλαντες διαφόρων χωρών από τα μέσα του 19ου αι. συνδύαζαν χωρικές και περιγραφικές πληροφορίες, στοιχεία για τον πληθυσμό, τη γεωλογία, την τοπογραφία, τις δημογραφικές και στατιστικές πληροφορίες. Αυτοί οι χάρτες αποτέλεσαν την πρώιμη μορφή των ΣΓΠ (Wikipedia, 2011).

Η συστηματική επιστημονική ανάπτυξη των ΣΓΠ άρχισε στη δεκαετία του 1940, που εμφανίστηκαν οι πρώτοι ηλεκτρονικοί υπολογιστές (H/Y) σε παρόμοιες εφαρμογές. Οι πρώτες εφαρμοσμένες, ολοκληρωμένες προσπάθειες αναφέρονται στα μέσα περίπου της δεκαετίας του 1960. Το πρώτο μεγάλο ΣΓΠ που αναπτύχθηκε, ήταν το Canada Geographic Information System (CGIS), με σκοπό να παράγει στατιστικά αγροτικά στοιχεία για την αποτελεσματική ανάπτυξη χρήσεων γης των αγροτικών περιοχών του Καναδά. Τα στοιχεία που περιείχε, αναπτύσσονταν σε επτά χαρτογραφικά επίπεδα με τη μορφή των επάλληλων, ψηφιοποιημένων με ειδικό σαρωτή, χαρτών. Την ίδια εποχή, ένας μεγάλος αριθμός λογισμικών προϊόντων για αυτοματοποιημένη χαρτογραφία και ΣΓΠ άρχισε να παράγεται στο Laboratory of Computer Graphics and Spatial Analysis του Παν/μίου του Harvard (Wikipedia, 2011).

Το 1969 ιδρύθηκε η Environmental Systems Research Institute (ESRI), η οποία παρήγαγε λογισμικό βάσει των εφαρμοσμένων τεχνικών του Harvard. Το 1980, η ESRI διέθεσε στην αγορά το ARC/INFO, το πρώτο πρόγραμμα ΣΓΠ που εκμεταλλεύτηκε τις δυνατότητες των μικρο-υπολογιστών που κατασκευάστηκαν από εταιρείες, όπως η

IBM, δημιουργώντας το πλέον αναγνωρίσιμο, μέχρι και σήμερα, εμπορικό πακέτο διαχείρισης γεωγραφικών πληροφοριών (Wikipedia, 2011).

Αλλα λογισμικά πακέτα ΣΓΠ που χρησιμοποιήθηκαν κυρίως στις ΗΠΑ κατά τις δεκαετίες 1960-1970, ήταν: το MLMIS (διαχείριση πληροφοριών κατανομής/χρήσεων γης), το NARIS (αποθήκευση/διαχείριση δεδομένων του φυσικού περιβάλλοντος), το MIDAS (διαχείριση του δασικού περιβάλλοντος), το STORET (καταγραφή υδρολογικών δεδομένων). Τα συστήματα αυτά λειτουργούσαν σε mainframe συστήματα ΗΥ και ήταν δυσχερή όσον αφορά στη λειτουργία τους και οικονομικά ασύμφορα (Wikipedia, 2011).

Στις αρχές της δεκαετίας του 1980, η κατασκευή σταθμών εργασίας-workstations (Sun, HP, Apollo, Intergraph) οδήγησε στη σύνταξη νέου λογισμικού σε λειτουργικό σύστημα UNIX. Αυτά τα υπολογιστικά συστήματα ήταν οι κύριες πλατφόρμες χρήσης των ΣΓΠ μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 1990 (Wikipedia, 2011).

Με την ανάπτυξη των λειτουργικών συστημάτων Windows και των ισχυρών προσωπικών Η/Υ (desktop PCs), η σύνταξη λογισμικού για ΣΓΠ εισήλθε στη νέα εποχή του φιλικού προς το χρήστη περιβάλλοντος εργασίας και του χαμηλού κόστους λειτουργίας (Wikipedia, 2011). Η συσχέτιση των ΣΓΠ με τα συστήματα παρακολούθησης οχημάτων, δικτύων ή άλλων αντικειμένων πάνω στη γη, μέσω της τεχνολογίας των δορυφόρων και των τηλεπικοινωνιών, συνέβαλε στη διάδοσή τους (Ελληνική Κοινότητα Δασολόγων). Τα ΣΓΠ χρησιμοποιούνται πλέον ευρέως για την οργάνωση και την οπτικοποίηση χωρικών δεδομένων. Οι χάρτες δημιουργούνται δυναμικά βάσει αιτήσεων των χρηστών, οι υπηρεσίες διοχετεύονται αυτόματα μέσω εξυπηρετητών στο διαδίκτυο από τους προγραμματιστές, ενώ οι υπηρεσίες παρέχονται μάλιστα με συγκεκριμένες διαπροσωπείες, που είναι προσβάσιμες από το δίκτυο παρέχοντας με φθηνή χρέωση τη δυνατότητα εκμετάλλευσης γεωγραφικών πληροφοριών (Foresman, 1998).

Όσον αφορά στην πορεία εξέλιξης των ΣΓΠ στην Ελλάδα, η πρώτη τους εγκατάσταση έγινε από τη Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού (ΓΥΣ) και στη συνέχεια από το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (ΕΜΠ), το ΑΠΘ και το Παν/μιο Πατρών, το 1963. Σκοπός της χρήσης ΣΓΠ σε διάφορες ελληνικές πόλεις ήταν η αντιμετώπιση των φυσικών καταστροφών και των συνεπειών τους. Η Καλαμάτα ήταν η πρώτη που εγκατέστησε ΣΓΠ μετά από τους σεισμούς το 1987 για την πολεοδομική ανασυγκρότηση της πόλης.

Στην Αθήνα πραγματοποιήθηκε το 1991 η πρώτη πανελλήνια συνάντηση χρηστών του ARC/INFO. Το 1992, το ελληνικό Δημόσιο ανέφερε για πρώτη φορά ότι η συνεργασία με επιστήμονες εξειδικευμένους στα ΣΓΠ ήταν απαραίτητη, σε πρόσκληση ενδιαφέροντος για την εκπόνηση Ειδικής Χωροταξικής Μελέτης και η ΓΥΣ, σε διαφημιστικά φυλλάδια, έκανε αναφορά στη διάθεση ψηφιακών δεδομένων κατάλληλης μορφής, με στόχο την εισαγωγή τους σε ΣΓΠ (Καϊμάρης & Καρανικόλας, 2013).

Μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του 1990, η τεχνολογία των ΣΓΠ εισήλθε δυναμικά στα τεχνικά δρώμενα της χώρας μας, στα προγράμματα σπουδών της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης, στον ιδιωτικό τομέα και στο ελληνικό Δημόσιο. Ο φορέας του Δημοσίου της Κοινωνίας της Πληροφορίας, χρησιμοποιώντας τα κοινοτικά κονδύλια του Γ΄ ΚΠΣ, σχεδίασε μεγάλο αριθμό έργων Γεωπληροφορικής. Αρκετοί ΟΤΑ εφάρμοσαν τις διαδικασίες γεωπληροφορικής στις καθημερινές τους δραστηριότητες. Παράλληλα, η οδηγία 2000/60 της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για τη διαχείριση των υδατικών πόρων των κρατών-μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ), υπέδειξε τον κυρίαρχο ρόλο της διαχείρισης της γεωγραφικής πληροφορίας σε αυτό τον ευαίσθητο τομέα. Η Κοινωνία της Πληροφορίας προέβη μέσα από τη δράση «Περιφερειακά Γεωγραφικά Συστήματα και Καινοτόμες Ενέργειες» την τριετία 2002-2004 σε προκηρύξεις έργων, που αφορούν την κεντρική, περιφερειακή και τοπική αυτοδιοίκηση (Δασκαλάκης κ.ά., 2011).

Μεταξύ 2004-2006, η μεγάλη ανάπτυξη διαδικτυακών εφαρμογών παραγωγής και διαχείρισης της γεωγραφικής πληροφορίας και τα έργα γεωπληροφορικής έγιναν αναπόσπαστο τεχνολογικό γεγονός της καθημερινότητας. Μεγάλη πρόκληση της περιόδου αυτής ήταν και η έναρξη συζητήσεων για την κοινοτική δράση INSPIRE, η οποία βάσει της οδηγίας της ΕΕ συμβάλλει στη θέσπιση κοινών προτύπων για τη γεωγραφική πληροφορία σε όλα τα κράτη-μέλη και σε κάθε επίπεδο χρήσης της, όπως η παραγωγή, διαχείριση, διάθεση κ.λπ. Το INSPIRE πραγματοποιήθηκε μέσω της εφαρμογής του Ν.3882/2010 «Εθνική Υποδομή Γεωχωρικών Πληροφοριών – Εναρμόνιση με την οδηγία 2007/2/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 14ης Μαρτίου 2007» και τα επίσημα γεωγραφικά δεδομένα διατίθενται ανοιχτά πλέον από κρατικές ιστοσελίδες όπως οι <http://www.data.gov.gr/>, [www.geodata.gov.gr/](http://www.geodata.gov.gr/), [www.ktimatologio.gr](http://www.ktimatologio.gr) κ.λπ. (Δασκαλάκης κ.ά., 2011).

### 1.1.1 ΠΕΛΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΩΝ ΣΓΠ

Οι κύριες κατηγορίες ερωτημάτων που απαντώνται από ένα ΣΓΠ, ταξινομούνται ως εξής:

- *Τι βρίσκεται...;* (προσδιορισμός γεωγραφικών οντοτήτων σε μία θέση)
- *Πού βρίσκεται...;* (προσδιορισμός των σημείων του χώρου, στα οποία ικανοποιούνται συγκεκριμένες συνθήκες)
- *Πόσο έχει αλλάξει...;* (προσδιορισμός γεωγραφικών συμβάντων ή τάσεων που έχουν αλλάξει ή βρίσκονται σε διαδικασία αλλαγής)
- *Ποια δεδομένα σχετίζονται...;* (ανάλυση χωρικών σχέσεων μεταξύ γεωγραφικών οντοτήτων)
- *Ερωτήματα μοντελοποίησης του χώρου* (π.χ. υπολογισμός-εμφάνιση βέλτιστης διαδρομής, κατάλληλης θέσης, κ.ά., βάσει κάποιου μοντέλου) (Χαλκιάς, 2011).

Στον παρακάτω Πίνακα παρουσιάζονται παραδείγματα ερωτημάτων που απαντώνται από ένα ΣΓΠ. Τα ερωτήματα αυτά χρειάζονται χρόνο και κόπο για να απαντηθούν με τα κλασικά μέσα. Αυτό και η δυνατότητα προσαρμογής ενός ΣΓΠ σε πληθώρα χρηστικών αναγκών καθιστά την τεχνολογία των ΣΓΠ ένα απαραίτητο εργαλείο στα χέρια των σύγχρονων γεωγράφων (Χαλκιάς, 2011).

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΩΝ ΠΟΥ ΑΠΑΝΤΩΝΤΑΙ ΑΠΟ ΕΝΑ ΣΓΠ
✓ Πού βρίσκεται ο οικισμός Πελασγία;
✓ Ποιοι Δήμοι συνορεύουν με το Δήμο Σπάρτης;
✓ Ποια είναι η μέση τιμή του υψόμετρου για τη νήσο Σίκινο;
✓ Πόσοι και ποιοι οικισμοί βρίσκονται σε ευθεία απόσταση μικρότερη των 10 χλμ. από την Εθνική Οδό Αθηνών-Λαμίας;
✓ Ποια είναι η συνολική έκταση των Εθνικών Δρυμών;
✓ Ποιες είναι οι διακυμάνσεις του δείκτη γήρανσης στο Ν. Αρκαδίας τα τελευταία 50 χρόνια;
✓ Ποιο είναι το μήκος του ρήγματος του σεισμού της Πάρνηθας;
✓ Ποια είναι η συντομότερη οδός από το Χαροκόπειο Παν/μιο μέχρι το σταθμό ΗΣΑΠ Πειραιά;
✓ Ποιες γεωτρήσεις βρίσκονται εντός ζώνης 300 μ. από τα σημεία ελεύθερης απόρριψης απορριμμάτων;
✓ Ποια δημοτικά διαμερίσματα έχουν πυκνότητα πληθυσμού <40 κατοίκων/τ.χλμ. ΚΑΙ

μέσο υψόμετρο >250μ. ΚΑΙ μέση χρονοαπόσταση από πρωτεύουσα Νομού >30 λεπτά;

Πίνακας 5. Παραδείγματα ερωτημάτων που απαντώνται από ένα ΣΓΠ (Χαλκιάς,2011).

Για να απαντηθούν τα παραπάνω ερωτήματα, ένα ΣΓΠ πρέπει να υποστηρίζει: την καταγραφή και επεξεργασία δεδομένων, τη διαχείριση και ανάκτηση δεδομένων, τη χωρική ανάλυση, τη διενέργηση μετρήσεων, την οπτικοποίηση και τη γραφική απεικόνιση (Χαλκιάς, 2011).

ΒΑΣΙΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΣΓΠ	ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ
Καταγραφή – επεξεργασία δεδομένων	Ψηφιοποίηση αναλογικού χάρτη
Διαχείριση – ανάκτηση δεδομένων	Επιλογή δεδομένων με ερωτήματα στη βάση περιγραφικών δεδομένων
Χωρική ανάλυση – μετρήσεις	Επιθέσεις θεματικών επιπέδων, μετρήσεις μηκών, εμβαδών ή αποστάσεων μεταξύ γεωγραφικών οντοτήτων
Οπτικοποίηση – γραφική απεικόνιση	Δημιουργία θεματικών χαρτών, δημιουργία 3D απεικονίσεων του χώρου

Πίνακας 6. Βασικές λειτουργίες ΣΓΠ και παραδείγματα αυτών (Χαλκιάς, 2011).

Οι γεωγραφικές πληροφορίες ταξινομούνται σε δύο τύπους:

1. Η *χωρική (γραφική) πληροφορία*, ο προσδιορισμός δηλαδή της θέσης των γεωγραφικών δεδομένων βάσει ενός συστήματος αναφοράς και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά αυτών των γεωγραφικών δεδομένων, όπως π.χ. οι συστάδες αριστερά και δεξιά από ένα συγκεκριμένο οικόπεδο.
2. Η *περιγραφική (μη γραφική) πληροφορία*, δηλαδή τα χαρακτηριστικά των γεωγραφικών δεδομένων που σχετίζονται με τις ποιοτικές και ποσοτικές ιδιότητες του γεωγραφικού χώρου. Για παράδειγμα, ποιοτική πληροφορία είναι η κατανομή χρήσεων γης μιας συγκεκριμένης περιοχής σε ένα χάρτη, ενώ ποσοτική πληροφορία είναι η κατανομή δασών μαύρης πεύκης σε διάφορους ελληνικούς νομούς (Ελληνική Κοινότητα Δασολόγων).

Τα ΣΓΠ έχουν τη δυνατότητα να συνδέουν τις χωρικές-γραφικές πληροφορίες με τις περιγραφικές-μη γραφικές και να πραγματοποιούν αριθμητικές και λογικές πράξεις μεταξύ χαρτών. Έτσι μπορούν να συσχετιστούν οι συστάδες με τους κωδικούς τους όχι απλά σαν μια γραφική παράσταση κειμένου πάνω σε ένα σχέδιο, όπως γίνεται με τη

χρήση των CAD πακέτων, αλλά μέσω κάποιας βάσης δεδομένων και πινάκων συσχέτισης. Επιπλέον, η δυνατότητα πράξεων μεταξύ των χαρτών (λογικών πράξεων αρχικά και στη συνέχεια αριθμητικών), καθιστά δυνατή τη συσχέτιση πληροφοριών που δίνουν διαφορετικοί χάρτες. Με αυτό τον τρόπο δίνονται αυτόματες απαντήσεις σε σύνθετα ερωτήματα, ενώ ταυτόχρονα παράγεται και ο ανάλογος χάρτης. Με απλά λόγια, τα εν λόγω λογισμικά επιτρέπουν αφενός την καταχώρηση χωρικής-γραφικής πληροφορίας, αφετέρου την καταχώρηση περιγραφικής-μη γραφικής πληροφορίας και στη συνέχεια τη δημιουργία σχέσεων μεταξύ αυτών των πληροφοριών, ολοκληρώνοντας τη δόμηση της εισαγόμενης πληροφορίας στον ψηφιακό χάρτη. Η πληροφορία αυτή, σε συνδυασμό με διάφορα αναλυτικά μοντέλα υποστήριξης, βοηθά το χρήστη στη λήψη συγκεκριμένων αποφάσεων, που χαρακτηρίζονται για τη δυναμική ευελιξία τους (Ελληνική Κοινότητα Δασολόγων).

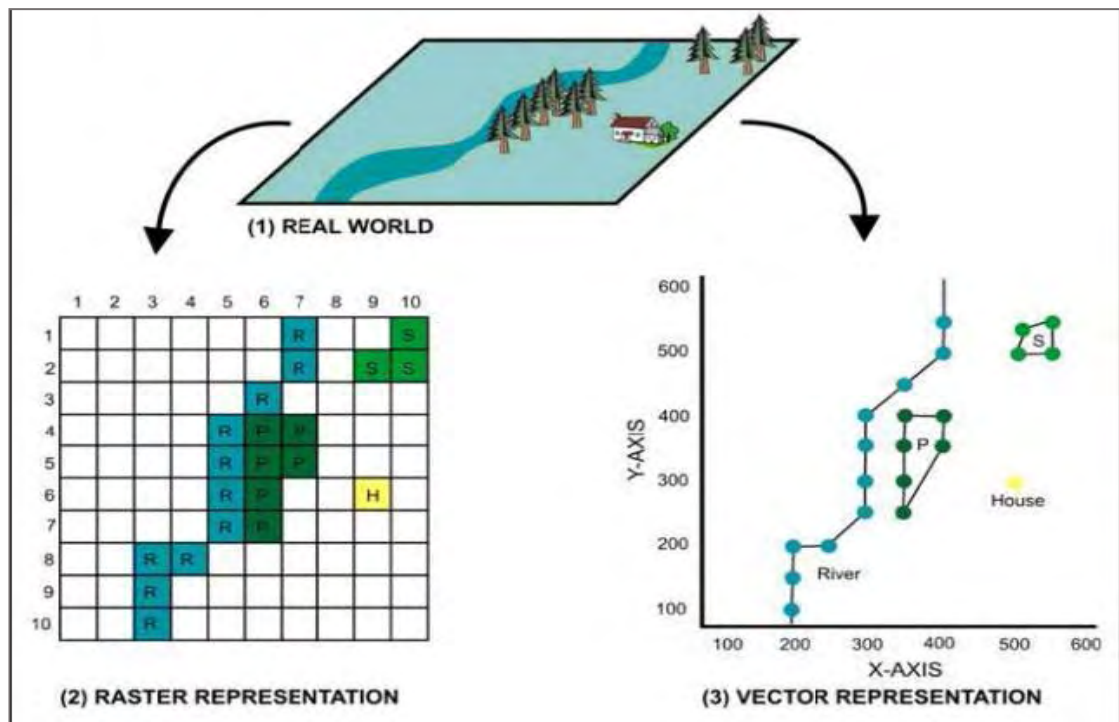
Ο τρόπος με τον οποίο δομείται ένας ψηφιοποιημένος χάρτης διαχωρίζει τα ΣΓΠ σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

- *Διανυσματικά συστήματα (vector) και*
- *Συστήματα μωσαϊκού ή κανάβου (raster ή grid)*

Τα διανυσματικά ΣΓΠ αποθηκεύουν τη γεωγραφική πληροφορία σε αναλυτική μορφή συντεταγμένων. Η καταγραφή-επεξεργασία χωρικών πληροφοριών γίνεται με χρήση της γεωμετρίας των διανυσμάτων που περιλαμβάνει σημεία, γραμμές και πολύγωνα, με τα οποία αντιπροσωπεύονται αντίστοιχα τα εξής γεωμετρικά στοιχεία του χώρου: τόποι, γραμμικά στοιχεία και επιφάνειες (Ελληνική Κοινότητα Δασολόγων).

Τα ΣΓΠ μωσαϊκού τύπου αποθηκεύουν τη γεωγραφική πληροφορία σε μορφή πλέγματος ψηφίδων. Βασίζονται στην αρχή στοιχειωδών επιφανειών (raster, cells, pixels). Οι στοιχειώδεις επιφάνειες είναι συνήθως τετράγωνα, παραλληλόγραμμα, τρίγωνα ή εξάγωνα. Δημιουργείται ένα πλέγμα πάνω από μία εικόνα, συνήθως έναν ψηφιακά σαρωμένο χάρτη, το οποίο διαχωρίζει την εικόνα σε πολύ μικρά στοιχειώδη τμήματα-ψηφίδες, παρόμοιες με αυτές που φαίνονται όταν μεγεθύνεται πάρα πολύ μια ψηφιακή φωτογραφία (Ελληνική Κοινότητα Δασολόγων).

Οι χάρτες μωσαϊκού υστερούν στη δημιουργία των χωρικών συσχετίσεων που πετυχαίνουν οι διανυσματικοί χάρτες. Γι' αυτό τα σύγχρονα ΣΓΠ χρησιμοποιούν διανυσματικούς χάρτες και περιλαμβάνουν ειδικές εφαρμογές μετατροπής των χαρτών μωσαϊκού σε διανυσματικούς χάρτες (Ελληνική Κοινότητα Δασολόγων).



Εικόνα 48. Παρουσίαση των αντικειμένων της εικόνας (1) ‘Real World’ σε μορφή κανάβου (2) και διανύσματος (3) (GIS Cookbook, 2007).

VECTOR	Points	Lines	Areas	RASTER	Points	Lines	Areas
Feature data				Feature data			
Areal units				Areal units		-	
Networks				Networks	-	-	-
Sampling records				Sampling records		-	
Surface data				Surface data		-	
Label/text				Label/text	-	-	-
Symbols				Symbols			
Relations				Relations			

Εικόνα 49. Διαφορετικοί τρόποι γραφικής παρουσίασης δεδομένων από α) διανυσματικά μοντέλα – αριστερά και β) μοντέλα μορφής κανάβου – δεξιά (Burrough & McDonnell, 1998).

Οι διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα κατά τη λειτουργία ενός ΣΓΠ, είναι οι εξής:

- Συλλογή δεδομένων,
- Κωδικοποίηση και εισαγωγή δεδομένων,
- Αποθήκευση και διαχείριση δεδομένων,
- Ανάκτηση δεδομένων,
- Επεξεργασία-ανάλυση δεδομένων,
- Απεικόνιση δεδομένων.

Κάθε ΣΓΠ μοντελοποιεί το χώρο συλλέγοντας και συνδυάζοντας ένα πλήθος δεδομένων σε ένα σύνολο από διαφορετικά θεματικά επίπεδα (layers), όπως π.χ. δρόμοι, κτήρια, αγωγοί, πόλεις, γεωγραφικό ανάγλυφο, ποταμοί, λίμνες, δάση, οικόπεδα και λοιπά σημεία ενδιαφέροντος. Όλες οι θεματικές βαθμίδες συνδέονται μέσω γεωγραφικών συντεταγμένων σε δύο ή και τρεις διαστάσεις. Αυτή είναι και η απλή, αλλά εξαιρετικά ισχυρή αρχή λειτουργίας των ΣΓΠ, πολύτιμη για την επίλυση πολλών προβλημάτων (Ελληνική Κοινότητα Δασολόγων).

Η συλλογή δεδομένων που εισάγονται στο ΣΓΠ πραγματοποιείται ανάλογα με τη φύση των δεδομένων και την απαιτούμενη αξιοπιστία. Οι μέθοδοι συλλογής δεδομένων είναι πολυάριθμες και τις περισσότερες φορές δαπανηρές. Ο τρόπος συλλογής δεδομένων βασίζεται στο είδος της μελέτης, στην ειδικευση του προσωπικού που χειρίζεται το ΣΓΠ, στις οικονομικές δυνατότητες του φορέα που διεξάγει την έρευνα και στο βαθμό ενημέρωσης των δεδομένων από την πηγή συλλογής τους (Βαϊόπουλος κ.ά., Ελληνική Κοινότητα Δασολόγων).

Τη συλλογή των στοιχείων ακολουθεί η κωδικοποίηση και εισαγωγή των δεδομένων με συγκεκριμένες διεργασίες, ανάλογα με τη φύση των στοιχείων. Στις διαδικασίες αυτές περιλαμβάνονται διάφορες τροποποιήσεις της μορφής των δεδομένων, ο εντοπισμός και η διόρθωση λαθών όπου είναι απαραίτητο και η δημιουργία σημείων, γραμμών και πολυγώνων. Ένας απλός τρόπος για κάθε αναλυτή είναι η απευθείας εισαγωγή δεδομένων στο ΣΓΠ από τους κλασικούς χάρτες, με έμφαση στο είδος των δεδομένων που θα εισαχθούν στον Η/Υ. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται *ψηφιοποίηση*. Πριν ξεκινήσει η ψηφιοποίηση των στοιχείων, γίνεται ο ορθός προσανατολισμός του χάρτη στις γήινες συντεταγμένες, έτσι ώστε τα αποτελέσματα να είναι ακριβή. Η ορθή αποθήκευση δεδομένων στα επίπεδα πληροφορίας είναι εξαιρετικά σημαντική, διότι επιτρέπει τη μελλοντική επεξεργασία τους. Συνήθως, προτιμάται η αποθήκευση ανά ομάδες όμοιων χαρακτηριστικών σε διαφορετικά επίπεδα πληροφορίας, για να είναι



αποδοτικότερη η περαιτέρω διαχείρισή τους, που αφορά στην ανάκτησή τους σε μορφή χαρτών ή στη χρήση τους ως στατιστικά δεδομένα (Βαϊόπουλος κ.ά., Ελληνική Κοινότητα Δασολόγων).

Η αποθήκευση-διαχείριση δεδομένων γίνεται μέσω ειδικών προγραμμάτων Διαχείρισης Βάσεων Δεομένων, γνωστά ως Data Base Management Systems – DBMS. Τα DBMS προσφέρουν στο χρήστη αποτελεσματική αποθήκευση, ανάκτηση-ενημέρωση δεδομένων και αποφυγή πολλαπλών όμοιων καταγραφών στοιχείων. Τα επίπεδα σχεδίασης ή layers συνδέονται και συνεργάζονται με ισχυρές βάσεις δεδομένων για την παρουσίαση πρόσθετων πληροφοριών για το κάθε στοιχείο τους. Ο χρήστης ορίζει τα πεδία της βάσης δεδομένων που πρέπει να εμφανίζονται όταν ζητά πληροφορίες για τα στοιχεία ενός layer. Συνήθως, η βάση δεδομένων συμβαδίζει με τα πρότυπα και τη δομή μίας από τις γνωστές βάσεις του εμπορίου. Επιπλέον, μπορεί να δεχθεί δεδομένα και από αρχεία βάσεων άλλης μορφής, τα οποία μετατρέπονται καταλλήλως. Η εμφάνιση πληροφοριών που αφορούν ένα στοιχείο της οθόνης πραγματοποιείται επιλέγοντας το στοιχείο αυτό με το ποντίκι του Η/Υ. Το ΣΓΠ έχει τη δυνατότητα επεξεργασίας πολλαπλών επιλεγμένων σημείων με τα αντίστοιχα στοιχεία της βάσης δεδομένων και εξαγωγής δευτερογενών πεδίων πληροφοριών από το συνδυασμό ή τη στατιστική τους επεξεργασία. Επίσης, ένα ΣΓΠ διαχειρίζεται περισσότερες από μία βάσεις δεδομένων, όμως ο χρόνος επεξεργασίας και συσχέτισμού αυξάνεται αναλογικά με το πλήθος τους (Βαϊόπουλος κ.ά., Ελληνική Κοινότητα Δασολόγων).

Τα ΣΓΠ διαχειρίζονται και απευθείας ψηφιακές εικόνες σε μορφή raster. Ο διαχωρισμός ή η αναζήτηση στοιχείων δεν είναι δυνατά με αυτό τον τρόπο, αλλά είναι δυνατή η ψηφιοποίηση στοιχείων που λείπουν κατά τη διάρκεια της μελέτης, χωρίς να είναι αναγκαία η εκ των προτέρων ψηφιοποίηση όλων των στοιχείων των raster εικόνων (Βαϊόπουλος κ.ά., Ελληνική Κοινότητα Δασολόγων).

Τα ΣΓΠ ως πληροφοριακές υποδομές έχουν σημαντικό ρόλο στη βελτίωση των κοινωνικών συνθηκών (κοινωνικές υποδομές), στην καλύτερη διαχείριση του περιβάλλοντος (υποδομές περιβάλλοντος), στη βελτίωση των συνθηκών ζωής (αστικές υποδομές), στην αναβάθμιση των επιχειρήσεων (οικονομικές υποδομές) και βεβαίως στην αναβάθμιση της γνώσης (εκπαιδευτικές υποδομές). Οι εφαρμογές αυτές υλοποιούνται είτε από μεγάλους οργανισμούς είτε από μικρότερους ανεξάρτητους φορείς και ερευνητές και ταξινομούνται ως εξής:

- ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ: Δημιουργία – διαχείριση βάσεων περιβαλλοντικών δεδομένων, σε τοπικό/εθνικό/παγκόσμιο επίπεδο, εφαρμογές στις γεωεπιστήμες, δασολογικές εφαρμογές, οικολογικές έρευνες, φυσικές καταστροφές, διαχείριση αποβλήτων κ.λπ. Χρησιμοποιούνται χάρτες μικρής και μέσης κλίμακας και τεχνικές επίθεσης μεταξύ χαρτών, σε συνδυασμό με αεροφωτογραφίες και δορυφορικές εικόνες για τη διαχείριση φυσικών πόρων και την ανάλυση περιβαλλοντικών επιπτώσεων.
- ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ: Κτηματολόγιο, δημογραφικές έρευνες, εφαρμογές στις επιστήμες της υγείας, εκπαίδευση, διαχείριση επειγόντων περιστατικών, αστυνομία, εγκληματολογία, στρατιωτικές εφαρμογές, δίκτυα κοινής ωφελείας, συστήματα πληροφοριών γης, γεωργία ακριβείας, αρχαιολογία, εφαρμογές ανάλυσης αγοράς, εκτιμήσεις ακινήτων κ.λπ. Μεγάλης κλίμακας χάρτες κτηματολογίου χρησιμοποιούνται για εφαρμογές διαχείρισης κτηματολογίου, φορολογικές εφαρμογές κ.λπ.
- ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ: Χωροταξικός/Πολεοδομικός σχεδιασμός, εφαρμογές χωροθέτησης, τοπική αυτοδιοίκηση, πλοήγηση, μεταφορές, μελέτες κυκλοφοριακών συνθηκών κ.λπ. Χρησιμοποιούνται κυρίως χάρτες μεγάλης κλίμακας για τη διαχείριση υπηρεσιών κοινής ωφελείας. Συχνά χρησιμοποιείται ο όρος AM/FM – Automated Mapping / Facilities Management. Για τις εφαρμογές σχεδιασμού σε αστικές περιοχές, χρησιμοποιούνται χάρτες μεγάλης ή μέσης κλίμακας σε συνδυασμό με μοντέλα. Για τα οδικά δίκτυα χρησιμοποιούνται χάρτες μεγάλης ή μέσης κλίμακας και τεχνικές χωρικής ανάλυσης για τον καθορισμό διαδρομών, τη χωροθέτηση υπηρεσιών κ.λπ. (Χαλκιάς, 2011).

Η ανάπτυξη των ΣΓΠ κωδικοποιεί σε ενιαίο λογισμικό περιβάλλον τις βασικές έννοιες της *Γεωμετρίας* (θέση και τοπολογία), των *Θεμάτων* (χαρακτηρισμοί-ιδιότητες) και του *Χρόνου* (διαχρονικές μεταβολές). Αναλόγως της εφαρμογής και χρήσης ενός ΣΓΠ, ορισμένες φορές αποκτά μεγαλύτερη σημασία η έννοια της γεωμετρίας ή του θέματος ή του χρόνου και ορισμένες φορές οι συνδυασμοί τους ή και οι τρεις έννοιες ταυτόχρονα. Οι τρεις αυτές βασικές έννοιες αποκαλύπτουν τις εξής δυνατότητες των ΣΓΠ:

- Δυνατότητα εισόδου στο περιβάλλον δεδομένων (γραφικών αλφαριθμητικών) σε ψηφιακή διανυσματική ή ψηφιδωτή μορφή.

- Δυνατότητα διατύπωσης ερωτήσεων από το χρήστη, οι οποίες απαντώνται από το σύστημα κατόπιν ανάλυσης των γεωμετρικών, θεματικών, διαχρονικών δεδομένων και πληροφοριών που έχουν αποθηκευτεί και επεξεργαστεί ως κάποιο βαθμό.
- Δυνατότητα γρήγορης ανάκτησης πληροφοριών, που είναι αποθηκευμένες σε διάφορα επίπεδα και μορφές.
- Δυνατότητα υποστήριξης μετασχηματισμών της γραφικής πληροφορίας, για τη δημιουργία παράγωγων πληροφοριών με μαθηματική/στατιστική επεξεργασία και παράλληλα δυναμική σύνθεση/ανάλυση για τη δημιουργία θεματικών χαρτών.
- Δυνατότητα εξόδου πληροφοριών σε διάφορες μορφές και μέσα (διανυσματική/ψηφιδωτή μορφή – ηλεκτρονικό/μαγνητικό/αναλογικό μέσο) (Ελληνική Κοινότητα Δασολόγων).

Τα βασικά στοιχεία των ΣΓΠ και η κατανόησή τους βοηθούν στη σωστή χρήση των τεχνολογιών που αναφέρονται ή χρησιμοποιούν χωρικά – γεωγραφικά δεδομένα, καθώς και της τεχνολογίας των ΣΓΠ. Οι νέες δυνατότητες που προσφέρονται στους χρήστες των ΣΓΠ αποτελούν μια προέκταση της ανθρώπινης νόησης και γνώσης και αν αξιοποιηθούν κατάλληλα τα αποτελέσματά τους, δίνουν μια νέα διάσταση στη διαχείριση πληροφοριών. Ο παρακάτω Πίνακας (7) παρουσιάζει μια συγκριτική αναφορά μεταξύ των λειτουργιών των ΣΓΠ και των παραδοσιακών χαρτογραφικών λειτουργιών (Ελληνική Κοινότητα Δασολόγων).

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΠΟΥ ΠΡΟΣΦΕΡΟΥΝ ΤΑ ΣΓΠ	ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΕΣ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ
1. Είσοδος δεδομένων	
- Ψηφιοποίηση χαρτών - σάρωση	Σχεδίαση χάρτη
- Είσοδος δεδομένων από το πληκτρολόγιο	Γράψιμο πινάκων
2. Διόρθωση χαρτών	
- Με ψηφιοποιητή	Διόρθωση / επανασχεδίαση χαρτών
3. Επανάκτηση χάρτη από τη βάση δεδομένων	Αναζήτηση χάρτη στα αρχεία
4. Συνένωση χαρτών	Επανασύνταξη με αλλαγή της κλίμακας
5. Υπολογισμός εκτάσεων από εμβαδόμετρο	Μέτρηση με στιγμές ή συντεταγμένες
6. Υπολογισμός αποστάσεων	Μετρήσεις με χάρακα
7. Χωρική αναζήτηση από βάση δεδομένων	Οπτική εξέταση του χάρτη και των συγγενών δεδομένων
8. Επικάλυψη χαρτών	Φυσική επικάλυψη χαρτών

9. Εμφάνιση δεδομένων	
- Οθόνη Η/Υ	Χαρτογραφική σχεδίαση και χρωματισμός με το χέρι
- Εκτύπωση σε σχεδιογράφο ή εκτυπωτή	
- Εμφάνιση πινάκων	Χειροκίνητη εγγραφή
- Δημιουργία γραφικών, σχεδιαγραμμάτων	Χειροκίνητη σχεδίαση

Πίνακας 7. Σύγκριση λειτουργιών ΣΓΠ και παραδοσιακών χαρτογραφικών μεθόδων (Ελληνική Κοινότητα Δασολόγων).

Ένα ΣΓΠ έχει το πλεονέκτημα ότι μπορεί να διαχειρίζεται ξεχωριστά την αποθήκευση δεδομένων από την οπτική αναπαράσταση των χαρτών, με αποτέλεσμα τα ίδια δεδομένα να μπορούν να αποτυπωθούν με διάφορους τρόπους. Ενδεικτικά παραδείγματα είναι η δυνατότητα μεγέθυνσης του ψηφιακού χάρτη ή η εμφάνιση συγκεκριμένων επιπέδων-layers της ψηφιακής πληροφορίας, όπως στους Χάρτες της Google, όπου ο χρήστης μπορεί και επιλέγει μόνο τον γεωφυσικό ή τον πολιτικό χάρτη ή και τους δύο μαζί και πάνω σε αυτούς μπορεί να εμφανίσει άλλες διαθέσιμες πληροφορίες (πόλεις, οδούς, σημεία τουριστικού ενδιαφέροντος κ.λπ.). Επιπλέον, στα πλεονεκτήματα των ΣΓΠ συγκαταλέγεται το γεγονός ότι μπορούν να εκτελεστούν ποικίλοι υπολογισμοί με τα γεωγραφικά δεδομένα και όποια άλλη πληροφορία μπορεί να συνδυαστεί με αυτά, όπως π.χ. ο υπολογισμός αποστάσεων μεταξύ τοποθεσιών και ο χρόνος μιας διαδρομής. Επίσης, μπορούν να δημιουργηθούν πίνακες που περιλαμβάνουν διάφορα χαρακτηριστικά του ψηφιακού χάρτη ή να προστεθεί οποιαδήποτε νέα πληροφορία πάνω στο χάρτη (Ελληνική Κοινότητα Δασολόγων).

Η δυνατότητα προσδιορισμού των διαθέσιμων πληροφοριών στο γεωγραφικό χώρο, που προσφέρουν τα ΣΓΠ, ονομάζεται «γεωκωδικοποίηση» (*geocoding*). Κατά τη διαδικασία αυτή, γίνεται μετατροπή των χωρικών δεδομένων σε ψηφιακή μορφή, διατηρώντας τα τοπολογικά χαρακτηριστικά τους, ενώ είναι εφικτή η σύνδεση ορισμένων θεματικών επιπέδων (Αστάρης και Οικονομίδης, 2007). Ένα ενδεικτικό παράδειγμα χρήσης της γεωκωδικοποίησης είναι ο αυτόματος μετασχηματισμός της διεύθυνσης ενός πελάτη σε συντεταγμένες ενός σημείου στον ψηφιακό χάρτη της αντίστοιχης πόλης (Ελληνική Κοινότητα Δασολόγων).

### *1.1.2 ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΥΠΟΥ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ*

Η ύπαρξη δύο μοντέλων απεικόνισης δεδομένων στα ΣΓΠ (Vector και Raster) και η αναποτελεσματική ορισμένες φορές λειτουργία των προγραμμάτων μετατροπής, μπορεί να περιπλέξει τη διαδικασία επιλογής. Παρά την τεχνολογική πρόοδο, η απάντηση στην ερώτηση για την εγκατάσταση Vector ή Raster ΣΓΠ, εξαρτάται από το είδος της εργασίας που πρέπει να επιτευχθεί. Πρέπει, επίσης, να λαμβάνεται υπόψη, ότι οι οθόνες έχουν τη δυνατότητα να λειτουργούν σε Vector ή σε Raster επίπεδο, ανεξάρτητα από τη μορφή με την οποία είναι δοσμένα τα δεδομένα. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται ορισμένες εφαρμογές και το προτεινόμενο είδος ΣΓΠ για τη λήψη καλύτερων αποτελεσμάτων:

- Ο Vector τύπος χρησιμοποιείται για την επεξεργασία δεδομένων που αφορούν στα μορφολογικά χαρακτηριστικά. Επιπλέον, χρησιμοποιείται για την ανάλυση και μελέτη δικτύων, όπως το τηλεπικοινωνιακό και το συγκοινωνιακό. Σε περίπτωση που το πεδίο ενδιαφέροντος εστιάζεται σε σχέδια και γραμμές ιδιαίτερα υψηλής ευκρίνειας, η επιλογή Vector τύπου δομής δεδομένων και αναπαραγωγής εικόνας είναι επίσης προτιμότερη.
- Η μέθοδος Raster βρίσκει ευρεία εφαρμογή στην κατασκευή γρήγορων και φθηνών χαρτών, όπως επίσης και σε περιπτώσεις χωρικής ανάλυσης. Ο αλγόριθμος Raster χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις προσομοίωσης φαινομένων και δημιουργίας μοντέλων, ιδιαίτερα όταν αυτά εμπεριέχουν επιφάνειες.
- Ο συνδυασμός Raster και Vector μπορεί να δώσει εμφανίσεις και εκτυπώσεις με γραμμές μεγάλης ευκρίνειας, με καλή ποιοτικά διαγράμμιση και χρωματισμό εμβαδών. Σε αυτή την περίπτωση, τα δεδομένα των γραμμών δίνονται σε Vector μορφή και η σκιαγράφηση σε Raster μορφή (Ελληνική Κοινότητα Δασολόγων).

### 1.2 ΛΟΓΙΣΜΙΚΑ 3D ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ

Ορισμένα λογισμικά ΣΓΠ έχουν συμβάλει σημαντικά στον τρισδιάστατο σχεδιασμό πόλεων. Είναι διαθέσιμα στην αγορά ως πλήρη εμπορικά πακέτα, αλλά και ως δωρεάν δοκιμαστικές/διαφημιστικές εκδόσεις και λογισμικά ανοικτού κώδικα (ΕΛ/ΛΑΚ, opensource). Εν συντομία αναφέρονται τα λογισμικά που καλύπτουν το μεγαλύτερο μερίδιο της αγοράς των ΣΓΠ και μοντέλων επεξεργασίας χωρικών δεδομένων σε τρεις

διαστάσεις, με εκτενέστερη αναφορά στο CityEngine της ESRI, το οποίο και χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εργασία.

### *1.2.1 CITYGML*

Το CityGML είναι ένα ανοιχτό μοντέλο δεδομένων, που χρησιμοποιείται στην ανταλλαγή και αποθήκευση των εικονικών τρισδιάστατων προτύπων πόλεων. Χρησιμοποιείται για τη γραφική εμφάνιση των προτύπων πόλεων, αλλά εξετάζει και τις σημασιολογικές και θεματικές ιδιότητες, τις ταξινομήσεις και τις ομαδοποιήσεις τους. Περιλαμβάνει ένα γεωμετρικό και ένα θεματικό πρότυπο. Το πρότυπο γεωμετρίας επιτρέπει το συνεπή και ομοιογενή καθορισμό των γεωμετρικών/τοπολογικών ιδιοτήτων των χωρικών αντικειμένων μέσα στα 3D πρότυπα πόλεων. Το θεματικό πρότυπο χρησιμοποιεί το πρότυπο γεωμετρίας για τους διαφορετικούς θεματικούς τομείς (όπως ΨΜΕ, τοποθεσίες, βλάστηση, χρήσεις γης, υδάτινοι οργανισμοί, εγκαταστάσεις μεταφορών κ.λπ.). Το CityGML αντιπροσωπεύει τέσσερις διαφορετικές πτυχές του 3D εικονικού μοντέλου πόλης: τη σημασιολογική, τη γεωμετρική, την τοπολογική και την εμφανισιακή. Όλα τα αντικείμενα μπορούν να αναπαρασταθούν σε πέντε διαφορετικά, σαφώς ορισμένα επίπεδα λεπτομέρειας (LOD0 έως LOD4, με αυξανόμενη ακρίβεια και δομική πολυπλοκότητα). Επιπλέον, το CityGML συμπληρώνει πρότυπα απεικόνισης όπως το X3D ή το KML. Ενώ αυτά εστιάζουν στην παρουσίαση, συμπεριφορά και αλληλεπίδραση των 3D μοντέλων, το CityGML επικεντρώνεται στην ανταλλαγή των υποκείμενων αστικών πληροφοριών που βρίσκονται πίσω από τα 3D αντικείμενα. Επίσης, το CityGML συμπληρώνει το BIM και πρότυπο IFC σε μικρότερη κλίμακα με τις κλάσεις τοπογραφικών χαρακτηριστικών και τη γεωαναφορά (Δημοπούλου, 2015, Μαντά, 2015).

### *1.2.2 BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)*

Η μεθοδολογία BIM χρησιμοποιεί ένα ψηφιακό μοντέλο που ενσωματώνει πληροφορίες και παραμέτρους που σχετίζονται με τη μορφή, τη δομή και τα συστήματα του πραγματικού κτηρίου. Μετά την ολοκλήρωση της σχεδίασης, το BIM ψηφιακό μοντέλο αντιπροσωπεύει την ακριβή γεωμετρία και τα δεδομένα που απαιτούνται για το σχεδιασμό, την οργάνωση και την αξιοποίηση του κτηρίου. Επιπλέον, μετά από την ολοκλήρωση της κατασκευής, το ψηφιακό μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη διαχείριση-συντήρηση του πραγματικού κτηρίου (Παναγιωτίδου, 2016). Τα

οφέλη του BIM αναφέρονται κυρίως σε: βελτιωμένη αποδοτικότητα στη μελέτη και την κατασκευή εξαιτίας της εύκολης διάθεσης πληροφοριών, άμεση ανανέωση και μεγαλύτερη ακρίβεια σχεδίων, μεγαλύτερη ακρίβεια μετρήσεων, κόστους και καλύτερης ποιότητας μελέτη, μελέτη ενεργειακής απόδοσης πολύ γρήγορα και πολύ νωρίς στη μελετητική διαδικασία, γρηγορότερη παράδοση έργου και έλεγχο κατασκευασιμότητας, που οδηγούν σε μείωση ρίσκου και κόστους (Φαρμάκης, 2013). Δουλεύοντας σε ένα συνεργατικό 3D μοντέλο BIM, όλοι οι συμμετέχοντες είναι διαρκώς σε επαφή με το τελικό μοντέλο και τις όποιες αλλαγές κατά τη φάση του σχεδιασμού. Ως αποτέλεσμα, η διάρκεια της φάσης του σχεδιασμού του έργου μειώνεται και η ποιότητα αυξάνεται (Παναγιωτίδου, 2016).



Εικόνα 50. Υπηρεσία GSA, ΗΠΑ. Η χρήση του 3D λέιζερ παρείχε πληροφορίες για το «πραγματικό» και το ψηφιακό μοντέλο, αντίστοιχα. Αριστερά: Το πραγματικό κτήριο. Κέντρο: καταγραφή 3D λέιζερ. Δεξιά: μοντέλο BIM (Παναγιωτίδου, 2016).

### 1.2.3 SKETCHUP PRO / OPEN SOURCE GOOGLE SKETCHUP

Το SketchUp Pro είναι ένα φιλικό προς το χρήστη λογισμικό για το σχεδιασμό 3D μοντέλων, που παρέχει πλήρη δυνατότητα σχεδιασμού του συνόλου των κτηρίων (εξωτερικά και εσωτερικά μέρη κτηρίου). Στο SketchUp μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορες μέθοδοι, είτε μέσω των στερεών ή των επιφανειών ή των δαπέδων, ανάλογα κυρίως με τις απαιτήσεις ή προδιαγραφές του τελικού μοντέλου. Το SketchUp Pro περιλαμβάνει λειτουργίες για την ταξινόμηση των αντικειμένων και την εξαγωγή των αρχείων σύμφωνα με ορισμένα από τα πιο κοινά κτηριακά πρότυπα μοντελοποίησης BIM. Μοντέλα που δημιουργήθηκαν με το SketchUp Pro μπορούν να εξαχθούν σε AutoCAD και άλλες μορφές CAD, 3D studio μορφή (.3ds), Collada (.dae), KML (Keyhole Markup Language) / KMZ, VRML (.wrl) (Panchal et al, 2011, όπως αναφέρεται στο Μαντά, 2015). Το SketchUp σχεδιάστηκε ειδικά για αρχιτέκτονες και πολιτικούς μηχανικούς και είναι περισσότερο προσανατολισμένο στη λεπτομερή 3D

σχεδίαση κτηρίων. Το Google SketchUp είναι ένα αυτόνομο πρόγραμμα 3D σχεδιασμού, συνυφασμένο με το Google Earth.. Αποτελεί ουσιαστικά το εργαλείο για τη δημιουργία της βιβλιοθήκης 3D μοντέλων του Google Earth, ενώ δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να «ανεβάσει» το παραγόμενο μοντέλο του στο διαδικτυακό πρόγραμμα περιήγησης της γήινης επιφάνειας (Σταματοπούλου, 2013).

#### *1.2.4 ARCGIS 3D ANALYST, ESRI*

Το 3D Analyst (3DA) είναι μια πρόσθετη διαθέσιμη εφαρμογή του λογισμικού ArcGIS της ESRI. Το ArcView έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να λειτουργεί ως αυτόνομη καθώς και ευρεία εταιρική μονάδα (χρησιμοποιώντας server εξυπηρέτησης πελατών-εταιρειών) επεξεργασίας χωρικών δεδομένων σε 3D περιβάλλον. Με το 3DA ο χρήστης αποκτά τη δυνατότητα διαχείρισης δεδομένων (όπως η ψηφιακή παραγωγή της γήινης επιφάνειας, ογκομετρική επεξεργασία, επεξεργασία επικάλυψης αρχείων με ψηφιδωτή δομή - raster κ.ά.) σε δύο διαστάσεις, συμπεριλαμβάνοντας ταυτόχρονα και την αίσθηση του ύψους. Το όλο σύστημα δουλεύει κυρίως πάνω σε διανυσματικά δεδομένα (vector). Τα raster αρχεία μπορούν να ενσωματωθούν στο 3DA για τη βελτίωση της απεικόνισης των διανυσματικών δεδομένων. Η ESRI έχει αναπτύξει περαιτέρω την επέκταση 3DA εισάγοντάς την στην πλατφόρμα 3D απεικόνισης ArcScene. Το ArcScene έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να λειτουργεί αποκλειστικά ως αυτόνομη μονάδα χρηστών, που παρέχει παραπλήσιες στο χρήστη δυνατότητες με αυτές που παρέχει η επέκταση 3DA, έχοντας βελτιώσει σε μεγάλο βαθμό την τρισδιάστατη περιήγηση στο παραγόμενο μοντέλο (Zlatanova κ.ά, 2002, όπως αναφέρεται στο Σταματοπούλου, 2013).

#### *1.2.5 ΛΟΓΙΣΜΙΚΑ CAD*

Τα Computer-aided Design (CAD) συστήματα προϋπήρχαν των ΣΓΠ. Εξελίσσονται ραγδαία από τη δεκαετία του 1980, που πρωτοεμφανίστηκαν. Υπάρχουν διάφοροι τύποι CAD συστημάτων για μια ποικιλία εργασιών στα πλαίσια της απασχόλησης μηχανικών και γεωεπιστημόνων. Το πλέον διαδεδομένο εργαλείο CAD είναι το λογισμικό AutoCAD, που δίνει στο χρήστη τη δυνατότητα δισδιάστατου και τρισδιάστατου σχεδιασμού.



### 1.2.6 CITY PLANNER

Το City Planner είναι μια διαδικτυακή υπηρεσία υπολογιστικού νέφους, η οποία παρέχει τη δυνατότητα οπτικοποίησης μεγάλου όγκου 2D, 3D δεδομένων και δεδομένων ΣΓΠ σε 3D περιβάλλον. Το City Planner είναι απλό στο χειρισμό του και ο χρήστης μπορεί να δημιουργήσει ολοκληρωμένα 3D μοντέλα, επιλέγοντας τις σχετικές ρυθμίσεις χαρακτηριστικών και παρουσίασης (σε μέλη ομάδας ή δημοσίευσης στο διαδίκτυο). Στην ιστοσελίδα του City Planner (<https://cityplanneronline.com/site/>) είναι διαθέσιμη η δωρεάν δοκιμαστική έκδοση 30 ημερών και οι πλήρεις εμπορικές εκδόσεις του.

### 1.2.7 CITYENGINE ΤΗΣ ESRI

Το 2011 ήταν μια χρονιά-σταθμός για την εξάπλωση της 3D απεικόνισης χωρικών δεδομένων με ΣΓΠ, καθώς η ESRI, μία από τις μεγαλύτερες εταιρείες στο χώρο των ΣΓΠ, αγόρασε από την εταιρεία Procedural το λογισμικό *CityEngine*, διευρύνοντας τους ορίζοντες της αστικοποίησης του χώρου και συγκεκριμένα των αστικών περιβαλλόντων. Μέχρι τότε, για τη μοντελοποίηση μιας πόλης έπρεπε να κατασκευαστούν ξεχωριστά μοντέλα CAD κάθε κτηρίου, για να φορτωθούν στη συνέχεια στο διαδίκτυο, διαδικασία χρονοβόρα και ασύμφορη. Εν αντιθέσει, το CityEngine μοντελοποιεί επιτόπου ολόκληρη την πόλη, εστιάζοντας στη γρήγορη και εύκολη παραγωγή μοντέλων μεγάλων αστικών περιοχών, τα οποία φέρουν ιδιότητες που καθιστούν δυνατή την περαιτέρω ανάλυση και επεξεργασία τους (Σωτηροπούλου, 2014).

Το CityEngine χρησιμοποιεί CGA (Computer Generated Architecture) κανόνες για τη δημιουργία αστικών σεναρίων και είναι ικανό να δημιουργεί αστικά περιβάλλοντα από το μηδέν, με βάση την ιεραρχική σειρά κατανοητών κανόνων που μπορούν να επεκταθούν ανάλογα με τις ανάγκες του χρήστη. Αυτή η προσέγγιση επιτρέπει την αποτελεσματική δημιουργία λεπτομερών 3D αστικών μοντέλων μεγάλης κλίμακας, σε σύντομο χρόνο (Μαντά, 2015). Τα κύρια χαρακτηριστικά του CityEngine είναι τα εξής (Βασιλέλλη, 2017):

- Η μοντελοποίηση των δεδομένων γίνεται βάσει κανόνων γραμματικής σχήματος (rule-based modeling), κανονιστικά, ήτοι επιτρέπει τον έλεγχο μαζικών γεωμετρικών χαρακτηριστικών, αναλογικών δεδομένων και την απόδοση υψών κτηρίων και δρόμων σε μια ευρεία κλίμακα πόλης. Πολύ σημαντικό στοιχείο είναι

και ο οδηγός όψεων (façade wizard), που παρέχει τη δυνατότητα δημιουργίας κανόνων γραμματικής σχήματος και εργαλεία καθορισμού των όψεων των κτηρίων μέσα από εικόνες.

- Υποστηρίζει δεδομένα από τεχνολογίες ΣΓΠ και CAD (π.χ. shapfiles, γεωβάσεις δεδομένων και δεδομένα από το Open Street Map), γεγονός που επιτρέπει την εισαγωγή-εξαγωγή οποιωνδήποτε χωρικών ή διανυσματικών δεδομένων.
- Υποστηρίζει και ένα περιβάλλον παραμετρικής μοντελοποίησης, που ελέγχει διαδραστικά συγκεκριμένες παραμέτρους δρόμων ή κτηρίων (π.χ. ύψος, χρονολογία).
- Διαθέτει ως πρόγραμμα τη δυναμική διάταξη πόλης, ήτοι η επεξεργασία και τροποποίηση των αστικών διατάξεων αποτελείται από κυρτούς δρόμους, οικοδομικά τετράγωνα και πεζοδρόμια.
- Η μοντελοποίηση του αστικού περιβάλλοντος είναι ελεγχόμενη από χάρτη, άρα οι παράμετροι κτηρίων και δρόμων μπορούν να ελεγχθούν από χάρτες εικόνων.
- Διαθέτει εργαλεία δημιουργίας και κατασκευής δρόμων σε αστικά περιβάλλοντα.
- Υποστηρίζει τους τύπους αρχείων 3D δεδομένων (Collada, Autodesk FBX, 3DS, Wavefront OBJ, KMZ, Renderman κ.ά.).

Το CityEngine αποτελεί ένα ισχυρό εργαλείο για την παραγωγή 3D φωτορεαλιστικών αστικών μοντέλων με τη χρήση 2D δεδομένων ΣΓΠ. Βασικό πλεονέκτημά του είναι η ταχύτατη παραγωγή των μοντέλων αυτών, εφόσον είναι διαθέσιμες οι αναγκαίες πληροφορίες. Επίσης σημαντικό στοιχείο του προγράμματος είναι η θέαση του παραγόμενου προϊόντος άμεσα, με την αλλαγή των παραμέτρων και των όρων δόμησης. Επιπλέον, είναι δυνατή η διαλειτουργικότητα με άλλα προγράμματα, για περαιτέρω επεξεργασία και ανάλυση του τελικού μοντέλου, σε διάφορες μορφές εξαγόμενων προϊόντων. Για την κανονιστική μοντελοποίηση με γραμματικές σχήματος απαιτούνται σχετικά μικρές γνώσεις γλωσσών προγραμματισμού, ώστε να μπορεί να το διαχειριστεί και ο απλός χρήστης. Ωστόσο, καθώς το πρόγραμμα χρησιμοποιεί γλώσσα προγραμματισμού για την παραγωγή των 3D μοντέλων, ο χρήστης θα πρέπει να έχει κάποιες ελάχιστες γνώσεις γλωσσών προγραμματισμού, για να κατανοήσει την κανονιστική μοντελοποίηση ως ένα βαθμό (Singh et al., 2014, όπως αναφέρεται στο Βασιλέλλη, 2017).

Ένα μειονέκτημα του CityEngine είναι ότι δεν μπορούν να μετρηθούν άμεσα οι διαστάσεις ενός κτηρίου και οι φωτογραφίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως υφές πρέπει να είναι τετράγωνα ή ορθογώνια για τη χρήση του Façade Wizard. Επίσης, η αναπαράσταση και φόρτωση όλων των μοντέλων σε ένα σκηνικό είναι αρκετά χρονοβόρα, διότι αποτελούνται από πολλά επιμέρους τμήματα και υφές. Μειονέκτημα αποτελεί και η δυσκολία διαχείρισης/δημιουργίας τόξων και κύκλων στο πρόγραμμα (παρά μόνο η εισαγωγή τους σε αυτό ή ο σχεδιασμός ενός σχηματισμού όμοιου με κύκλο ή τόξο, με μικρές αποστάσεις ανάμεσα στις γραμμές). Σημαντικό θέμα είναι και αδυναμία υπέρθεσης θεματικών επιπέδων (layers), με αποτέλεσμα να χαλάει η γεωμετρία ορισμένων πολυγώνων, για παράδειγμα, που δεν είναι κλειστά και να υπάρχουν θολές διπλές υφές. Όσον αφορά τα εξαγόμενα δεδομένα, μπορούν να προβληθούν σε άλλα προγράμματα, αλλά η επεξεργασία τους είναι δύσκολη έως αδύνατη, διότι εξάγονται ως τύποι multipatch, τα οποία επιτρέπουν τριγωνικά πλέγματα και κύκλους με υφή, αλλά δεν κρατούν τις πληροφορίες των σχημάτων και των αντικειμένων (Singh et al., 2014, όπως αναφέρεται στο Βασιλέλλη, 2017). Τέλος, παρόλο που το CityEngine είναι ένα εκπληκτικό εργαλείο για τη διαχείριση τεράστιων μαζών κτηρίων που υπακούουν όμως στους ίδιους κανόνες, υστερεί στην αναδημιουργία μεμονωμένων κτηρίων (Matthias Buehler – ESRI Senior, όπως αναφέρεται στο Βασιλέλλη, 2017).

**ΕΛΛΗΝΙΚΗ – ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- Αβδελίδης, Κ. (2010), *‘Η Χωρική Εξέλιξη Τεσσάρων Μεγάλων Ελληνικών Πόλεων’*, Έρευνα-Μελέτη, Εθνικό Κέντρο Κοινωνικών Ερευνών, Ινστιτούτο Αστικής και Αγροτικής Κοινωνιολογίας, Αθήνα
- Αραβαντινός, Α. (2007), *‘Πολεοδομικός σχεδιασμός: Για μια βιώσιμη ανάπτυξη του αστικού χώρου’*, Αθήνα, Εκδ. Συμμετρία
- Al-Douri, F.A. (2010), *‘The impact of 3D modeling function usage on the design content of urban design plans in US cities’*, *Environment and Planning B: Planning and Design 2010*, vol. 37, pp. 75-98
- Βαϊόπουλος, Δ.Α., Νικολακόπουλος, Κ., Σκιάνης, Γ. (2002), *‘Δημιουργία ψηφιακών μοντέλων αναγλύφου με ψηφιοποίηση ισοϋψών και από τοπογραφικούς χάρτες και στατιστική ποσοτικοποίηση του σφάλματος που υπεισέρχεται κατά την κατασκευή τους’*, Πανελλήνια Γεωγραφικά Συνέδρια, Συλλογή Πρακτικών, 6<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Γεωγραφικό Συνέδριο, Τόμος Β
- Βασιλέλλη, Χ.Ι. (2017), *‘3D GIS: Κανονιστική Μοντελοποίηση του κέντρου της Θεσσαλονίκης’*, Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας και Ανάπτυξης ΑΠΘ
- Βερβερίδης, Ν. (1994), *‘Οικοδομικές Επιχειρήσεις – Οικοδομική Δραστηριότητα στην Ελλάδα’*, Πτυχιακή Εργασία, ΤΕΙ Καβάλας, Σχολή Διοίκησης και Οικονομίας, Τμήμα Διοίκησης Επιχειρήσεων
- Beil, C., Kolbe, T.H. (2017), *‘CityGML and the Streets of New York -a Proposal for Detailed Street Space Modelling’*, *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, v. IV-4/W5, pp. 9-16
- Bernard, Y., Barreau, J.B., Bizien-Jaglin, C., Quesnel, L., Languet, L., Daire, M.Y. (2017), *‘3D Model as a dynamic compilation of knowledge: Interim results on the city of Alet’*, *Virtual Archaeology Review*, v. 8 (16), pp. 51-60.
- Biljecki, F., Ledoux, H., Stoter, J. και Zlatanova, S. (2015). Geo-Inf. Wolfgang Kainz. Reviewed in: *‘Applications of 3D City Models: State of the Art Review’*, *ISPRS International Journal of Geo-Information*.
- Burrough, P.A., McDonnell, R.A. (1998), *‘Principles of Geographical Information Systems’*, Oxford University Press, pp. 17-34

- 
- Γιαννακούρου, Γ. (2010), *‘Η χωροθέτηση των επενδύσεων στην Ελλάδα: ιστορικές μεταμορφώσεις και σύγχρονα αιτήματα’*, στο Οικονόμου, Δ., Πετράκος, Γ. (επιμ.) *‘Η ανάπτυξη των ελληνικών πόλεων’*, (Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας-Gutenberg), σσ. 457-480.
  - Γουργιώτης, Α., Τσιλιμίγκας, Γ. (2016), *‘Μια νέα προσέγγιση για το χωροταξικό σχεδιασμό στην Ελλάδα’*, Επιστημονικό Περιοδικό *Αειχώρος* (26), Παν/μιο Θεσσαλίας, Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης
  - Chen, R. (2011), *‘The Development of 3D City Model and Its Applications in Urban Planning’*, 19<sup>th</sup> International Conference on Geoinformatics
  - Δήμου, Σ. (2015), *‘Η Διαχρονική Εξέλιξη της Οικοδομικής Δραστηριότητας των Περιφερειακών Ενοτήτων της Ελλάδας’*, Διπλωματική Εργασία, Παν/μιο Θεσσαλίας, Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης
  - Debevec, P.E. (2003), *‘Making the Parthenon’* (Invited Paper), University of Southern California, Institute for Creative Technologies
  - Ellul, C., Altenbuchner, J. (2014), *‘Investigating approaches to improving rendering performance of 3D city models on mobile devices’*, *Geo-spatial Information Science*, v. 17 (2), pp. 73-84
  - Foresman, T.W. (1998), *‘The History of Geographic Information Systems: Perspectives from the Pioneers’*, Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
  - Goseberg, N., Schlurmann, T. (2009), *‘Enhanced hazard mapping on a medium-resolved numerical grid for the city of Padang, West Sumatra’*, *Journal of ship technology* 5, 2 (1), pp. 13-21
  - Hou, W., Yang, L., Deng, D., Ye J., Clarke, K., Yang, Z., Zhuang, W., Liu J., Huang, J. (2016), Research paper *‘Assessing quality of urban underground spaces by coupling 3D geological models: The case study of Foshan city, South China’*, *Computers & Geosciences*, v. 89, pp. 1-11
  - Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών, Δ/νση Γεωθερμίας και Θερμομεταλλικών Υδάτων (2009), *‘Τελική μελέτη γεωθερμικού πεδίου Ρίζας Αντιρρίου’*, σσ. 33-35, σ. 118

- Καϊμάρης, Δ., Καρανικόλας, Ν. (2013), *‘Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών-Θεωρητική προσέγγιση και εργαστηριακές ασκήσεις’*, Θεσσαλονίκη, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσ/νίκης
- Κουρτζέλλης, Γ. (2010), *‘Εικονική αρχαιολογία και η συμβολή των τρισδιάστατων γραφικών στην αρχαιολογική έρευνα’*, *Αρχαιολογία και Τέχνες*, τ. 109, σσ. 87-94
- Κουρτζέλλης, Γ. (2013), *‘Κριτική προσέγγιση των ψηφιακών τρισδιάστατων αναπαραστάσεων μνημείων’*, *Αρχαιολογία και Τέχνες*, τ. 113, σσ. 11-16
- Longley, P. (2010), *‘Συστήματα και επιστήμη γεωγραφικών πληροφοριών (GIS)’* (μεταφρ. από τη 2η αμερικανική έκδοση), Αθήνα, Εκδόσεις Κλειδάριθμος
- Μαντά, Δ. (2015), *‘Ανάπτυξη μοντέλου CityGML και ενσωμάτωση ενεργειακών δεδομένων σε κτήριο’*, (Διπλωματική Εργασία), Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, ΕΜΠ
- Μαντουβάλου, Μ., Μαυρίδου, Μ. (1993), *‘Αυθαίρετη Δόμηση: Μονόδρομος σε αδιέξοδο?’*, Δελτίο του Συλλόγου Αρχιτεκτόνων, τ. 7 Απρ.-Ιούν. 1993.
- Μαρμαράς, Ε.Β. (1991), *‘Η Αστική Πολυκατοικία της Μεσοπολεμικής Αθήνας: Η αρχή της εντατικής εκμετάλλευσης του αστικού εδάφους’*, Πολιτιστικό και Τεχνολογικό Ίδρυμα ΕΤΒΑ
- Mao, B. (2011), *‘Visualisation and Generalisation of 3D City Models’*, Στοκχόλμη: e-print
- Mao, B. et al. (2012), *‘Detection and typification of linear structures for dynamic visualization of 3D city models’*, *Computers, Environment and Urban Systems*, vol. 36, pp. 233–244
- Μπουζάκης, Κ.-Δ., Παντερμαλής, Δ., Μυρσιδής, Ι., Γρηγοριάδου, Μ., Βαρύτης, Ε., Σακελλαρίδου, Α., Μπουζάκη, Α., Ευσταθίου, Κ., Θεοδωρίδου, Σ., Παπαχαρίση, Α., Διαμάντη, Ε. (2014), *‘Τρισδιάστατη σάρωση με ακτίνες λέιζερ και ψηφιακή συναρμολόγηση των ανάγλυφων λίθων της δυτικής ζωφόρου του Παρθενώνα’*, Ακαδημία Θεσμών και Πολιτισμών, Σειρά: η Ελληνική Σκέψη, Β΄ Συμπόσιο: Νέες τεχνολογίες στην υπηρεσία της αρχαιογνωστικής έρευνας
- Μπουρδάκης, Β. (2004), *‘Εικονικά Αστικά Μοντέλα και οι Πολεοδομικές Εφαρμογές τους’*, 2<sup>ο</sup> Συνέδριο Πολιτιστικής Σύγκλισης και Ψηφιακής Τεχνολογίας, Ίδρυμα Μείζονος Ελληνισμού
- Newman, P., Thornley, A. (1996), *‘Urban Planning in Europe’*, Routledge, London

- 
- Οικονόμου, Δ. (2002), 'Πολεοδομία II: Πολεοδομικός Σχεδιασμός', Σημειώσεις Ακαδημαϊκού Έτους 2002-2003, Παν/μιο Θεσσαλίας, Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης
  - Παπαδάμ, Μ. (2014), 'Αστικός Χώρος και Νομοθεσία: Αθήνα-Θεσσαλονίκη-Πάτρα', Ερευνητική Εργασία, ΕΜΠ, Σχολή Αρχιτεκτόνων Μηχανικών
  - Παρατηρητήριο Εγνατίας Οδού (2014), 'Εξέλιξη της οικοδομικής δραστηριότητας στις ζώνες επιρροής της Εγνατίας Οδού και των Κάθετων Αξόνων 2009-2012', Εγνατία Οδός Α.Ε., Θεσσαλονίκη
  - Pilouk, M. (1996), 'Integrated Modelling for 3D GIS', PhD Thesis, International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences, Publication No 40, The Netherlands
  - Prieto, I., Izgara, J. L. (2012), 'Visualization of 3D city models on mobile devices', Proceedings of the 17th International Conference on 3D Web Technology - Web3D '12.
  - Quan, L. (2010), 'Image Based Modelling', Springer, London
  - Rakkolainen, I., Vainio, T. (2001), 'A 3D City Info for mobile users', Computer & Graphics, v. 25, pp. 619-625.
  - Σαμαράς, Γ. (2008), 'Η Αυθαίρετη δόμηση στην Ελλάδα: Προσδιοριστικοί παράγοντες και ιστορική εξέλιξη', Διπλωματική Εργασία, Παν/μιο Θεσσαλίας, Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης
  - Σιόλας, Α., Βάσση, Α., Βλαστός, Θ., Κυριακίδης, Χ., Μπακογιάννης, Ε., Σίτη, Μ. (2015), 'Μέθοδοι, Εφαρμογές και Εργαλεία Πολεοδομικού Σχεδιασμού', Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
  - Σταματοπούλου, Χ. (2013), 'Τρισδιάστατη Ψηφιακή Αναπαράσταση για Αξιοποίηση Τουριστικών Διαδρομών στο Δήμο Λαμιέων' (Διπλωματική Εργασία), Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας & Περιφερειακής Ανάπτυξης, Παν/μιο Θεσσαλίας
  - Σωτηροπούλου, Α. (2014), 'Βελτιστοποιημένη Οπτικοποίηση Αστικού Περιβάλλοντος – Η Περίπτωση της Λάρισας', Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Γεωγραφίας, Χαροκόπειο Παν/μιο, Αθήνα
  - Setiadi, N., Taubenbock, H., Raupp, S., Birkmann, J. (2010), 'Integrating Socio-Economic Data in Spatial Analysis: An Exposure Analysis Method for Planning

- Urban Risk Mitigation*, Real Corp 2010: Cities for Everyone. Liveable, Healthy, Prosperous. pp. 367-374.
- Schilling, O., Sheldon, H.A., Reid, L.B., Corbel, S., (2013), '*Hydrothermal models of the Perth metropolitan area, Western Australia: implications for geothermal energy*', Hydrogeology Journal, vol. 21 (3), pp. 605-621
  - Sippel, J., Fuchs, S., Cacace, M., Braatz, A., Kastner, O., Huenges, E. & Scheck-Wenderoth, M. (2013), '*Deep 3D thermal modelling for the city of Berlin (Germany)*'. *Environmental Earth Sciences*, vol. 70, pp. 3545-3566
  - Stoter, J., Zlatanova, S. (2003), '*3D GIS, where are we standing?*', Section GIS Technology, Delft University of Technology, The Netherlands
  - Stumpf, J., Tchou, C., Hawkins, T., Martinez, P., Emerson, B., Brownlow, M., Jones, A., Yun, N., Debevec, P. (2003), '*Digital Reunification of the Parthenon and its Sculptures*', University of Southern California, Institute for Creative Technologies, 4th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Intelligent Cultural Heritage
  - Τέρψης, Μ. (2014), '*Χωροταξικός Σχεδιασμός: το πλαίσιο στην Ελλάδα και την Ευρωπαϊκή Ένωση*', (Ερευνητική Εργασία), Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας και Ανάπτυξης, Πολυτεχνική Σχολή ΑΠΘ
  - Τράνακα, Π. (2014), '*3D Κανονιστική Μοντελοποίηση Κτιρίων της Παλιάς Πόλης της Κέρκυρας*' Διπλωματική Εργασία, ΕΜΠ, Τμήμα Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών, Αθήνα
  - Yin, L., & Hastings, J. (2007), '*Capitalizing on Views: Assessing Visibility by Using 3D Visualization and GIS Technologies for Hotel Development in the City of Niagara Falls, New York*', Journal of Urban Technology, v. 14 (3), pp. 59-82
  - Χαλκιάς, Χ. (2011), '*Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών*' (Συμπληρωματικές Σημειώσεις), Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Τμήμα Γεωγραφίας
  - Χριστοδούλου, Χ. (2008), '*Ο σχεδιασμός του ακραίου αστικού και περιαστικού χώρου των ελληνικών πόλεων: Θεσμικό πλαίσιο και αποσπασματικές πολεοδομικές πρακτικές στην περιφέρεια της Θεσσαλονίκης*', *Τεχνικά Χρονικά* (Νοέμ.-Δεκ. 2008).
  - Χριστοφιλόπουλος, Δ. Γ. (2002), '*Πολιτιστικό περιβάλλον, χωρικός σχεδιασμός και βιώσιμη ανάπτυξη*', Αθήνα, Εκδ. Σάκκουλα.
  - Zlatanova, S., Tempfli, K. (2000), '*Modelling for 3D GIS: Spatial Analysis and Visualization Through the Web*', IAPRS, v. XXXIII, Amsterdam



## ΘΕΣΜΙΚΑ ΚΕΙΜΕΝΑ

- Βασιλικό Διάταγμα 9/30.09.1955, *‘Περί Γενικού Οικοδομικού Κανονισμού του Κράτους’*, ΦΕΚ Α’ 266.
- Νόμος 360/1976, *‘Περί χωροταξίας και περιβάλλοντος’*, ΦΕΚ 151/Α’/22-06-1976
- Νόμος 1337/1983, *‘Επέκταση των πολεοδομικών σχεδίων, οικιστική ανάπτυξη και σχετικές ρυθμίσεις’*, ΦΕΚ 33/Α’/14.03.1983
- Νόμος 1577/1985, *‘Γενικός Οικοδομικός Κανονισμός’*, ΦΕΚ 210/Α’/18.12.1985
- Νόμος 2508/1997, *‘Βιώσιμη οικιστική ανάπτυξη των πόλεων και οικισμών της χώρας και άλλες διατάξεις’*, ΦΕΚ 124/13.06.1997
- Νόμος 2742/1999, *‘Χωροταξικός Σχεδιασμός και αιεφόρος ανάπτυξη & άλλες διατάξεις’*, ΦΕΚ 207/Α’/07.10.1999
- Νόμος 4030/2011, *‘Νέος τρόπος έκδοσης αδειών δόμησης, ελέγχου κατασκευών και λοιπές διατάξεις’*, ΦΕΚ 249/Α’/25.11.2011
- Νόμος 4067/2012, *‘Νέος Οικοδομικός Κανονισμός’*, ΦΕΚ 79/Α’/09.04.2012
- Νόμος 4269/2014, *‘Χωροταξική και πολεοδομική μεταρρύθμιση – Βιώσιμη ανάπτυξη’*, ΦΕΚ 142/28.06.2014
- Νόμος 4389/2016, *‘Επείγουσες διατάξεις για την εφαρμογή της συμφωνίας δημοσιονομικών στόχων και διαρθρωτικών μεταρρυθμίσεων και άλλες διατάξεις’*, ΦΕΚ 94/Α’/27.05.2016
- Νόμος 4495/2017, *‘Έλεγχος και προστασία του Δομημένου Περιβάλλοντος και άλλες διατάξεις’*, ΦΕΚ 167/Α’/03.11.2017
- Πολεοδομική Εγκύκλιος 1 (16.11.2017), *‘Διευκρινιστικές οδηγίες για την εφαρμογή μεταβατικών διατάξεων του ν. 4495/2017’*, Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, Γραφείο Γενικής Γραμματέως Χωρικού Σχεδιασμού και Αστικού Περιβάλλοντος
- Προεδρικό Διάταγμα 23.02.1987, *‘Κατηγορίες και περιεχόμενο χρήσεων γης’*, ΦΕΚ 166/Δ’/06.03.1987

## ΙΣΤΟΤΟΠΟΙ

- Ahmed, F., Sekar, P. (2013), '*Three-dimensional (3D) volumetric analysis as a tool for urban planning: a case study of Chennai*', διαθέσιμο στο [https://www.researchgate.net/profile/Faiz\\_Ahmed6/publication/266622841\\_Three-dimensional\\_3D\\_Volumetric\\_Analysis\\_As\\_A\\_Tool\\_For\\_Urban\\_Planning\\_A\\_Case\\_Study\\_Of\\_Chennai/links/5785b20108aec5c2e4e12141/Three-dimensional-3D-Volumetric-Analysis-As-A-Tool-For-Urban-Planning-A-Case-Study-Of-Chennai.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Faiz_Ahmed6/publication/266622841_Three-dimensional_3D_Volumetric_Analysis_As_A_Tool_For_Urban_Planning_A_Case_Study_Of_Chennai/links/5785b20108aec5c2e4e12141/Three-dimensional-3D-Volumetric-Analysis-As-A-Tool-For-Urban-Planning-A-Case-Study-Of-Chennai.pdf) (τελευταία πρόσβαση: 07/04/2018)
- Albrecht, F., Kosar, B., Moser, J. (2010), '*Beyond Visualization – 3D GIS Analysis for Virtual City Models*', International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, v. XXXVIII-4/W15, pp.143-146, διαθέσιμο στο [http://misc.gis.tuberlin.de/3dgeoinfo/ISPRS\\_Conference\\_CD/Paper\\_ISPRS/Poster/14\\_3DGeoInfo2010\\_147\\_Moser\\_3D\\_GIS\\_Analyses.pdf](http://misc.gis.tuberlin.de/3dgeoinfo/ISPRS_Conference_CD/Paper_ISPRS/Poster/14_3DGeoInfo2010_147_Moser_3D_GIS_Analyses.pdf) (τελευταία πρόσβαση: 07/04/2018)
- ArcGIS, '*Example Desert City*' (2012), διαθέσιμο στο <http://www.arcgis.com/home/item.html?id=fd5ec0177cab473fbb3879fa4cfb3137> (τελευταία πρόσβαση: 27/03/2018)
- ArcGIS, '*Example Desert City*' (2013, 2014, 2016.0), διαθέσιμα στο <http://www.arcgis.com/home/search.html?q=Desert%20City&t=content&start=1&sortOrder=desc&sortField=relevance> (τελευταία πρόσβαση: 27/03/2018)
- ArcGIS Resources, '*Tutorial 17Q Desert City Tutorial*' (2012), διαθέσιμο στο [http://resources.arcgis.com/en/help/pdf/cityengine/10.2/tutorial\\_17\\_desert\\_city\\_tutorial.pdf](http://resources.arcgis.com/en/help/pdf/cityengine/10.2/tutorial_17_desert_city_tutorial.pdf) (τελευταία πρόσβαση: 27/03/2018)
- ArchaeologyandArts, '*Η ψηφιοποίηση της ζωφόρου του Παρθενώνα*', διαθέσιμο στο <https://www.archaiologia.gr/print-article/?print=66113> (τελευταία πρόσβαση: 29/03/2018)
- Αστάρας, Θ., Οικονομίδης, Δ., '*Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών*' (e-book), διαθέσιμο στο [http://www.geo.auth.gr/courses/gge/gge656e/k3\\_gsp.swf](http://www.geo.auth.gr/courses/gge/gge656e/k3_gsp.swf) (τελευταία πρόσβαση 06/04/2018)

- 
- Αστάρας, Θ., Οικονομίδης, Δ., Μουρατίδης, Α. (2007), ‘Ψηφιακή Χαρτογραφία και Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών’ (e-book), Τμήμα Γεωλογίας ΑΠΘ, διαθέσιμο στο <http://www.geo.auth.gr/656/> (τελευταία πρόσβαση 07/04/2018)
  - Βαϊόπουλος, Δ., Ευελπίδου, Ν., Βασιλόπουλος, Α., ‘Βασικές Λογικές Αρχές Λειτουργίας των ΓΣΠ’, Ελληνική Κοινότητα Δασολόγων, διαθέσιμο στο <http://dasodata.gr/index.php/gis> (τελευταία πρόσβαση: 06/04/2018)
  - *Berlin Partner for Business and Technology*, Berlin Business Location Center (2018), διαθέσιμο στο <http://www.businesslocationcenter.de/en/berlin-economic-atlas/the-project> (τελευταία πρόσβαση: 28/03/2018)
  - Βικιπαίδεια, *Πάτρα* (2018), διαθέσιμο στο <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A0%CE%AC%CF%84%CF%81%CE%B1> (τελευταία πρόσβαση: 29/03/2018)
  - Βικιπαίδεια, *Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών* (2017), διαθέσιμο στο [https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A3%CF%8D%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BC%CE%B1\\_%CE%93%CE%B5%CF%89%CE%B3%CF%81%CE%B1%CF%86%CE%B9%CE%BA%CF%8E%CE%BD\\_%CE%A0%CE%BB%CE%B7%CF%81%CE%BF%CF%86%CE%BF%CF%81%CE%B9%CF%8E%CE%BD](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A3%CF%8D%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BC%CE%B1_%CE%93%CE%B5%CF%89%CE%B3%CF%81%CE%B1%CF%86%CE%B9%CE%BA%CF%8E%CE%BD_%CE%A0%CE%BB%CE%B7%CF%81%CE%BF%CF%86%CE%BF%CF%81%CE%B9%CF%8E%CE%BD) (τελευταία πρόσβαση: 03/04/2018)
  - Γεωργόπουλος, Α. (2015), ‘Συστήματα σάρωσης με *laser-LiDAR*’, διαθέσιμο στο [https://ocw.aoc.ntua.gr/modules/document/file.php/SURVEY121/Foto\\_II\\_08\\_2015\\_LiDAR.pdf](https://ocw.aoc.ntua.gr/modules/document/file.php/SURVEY121/Foto_II_08_2015_LiDAR.pdf) (τελευταία πρόσβαση: 06/05/2018)
  - ‘*CityEngine Help-Shape Operations*’, CityEngine Manual, διαθέσιμο στο <https://cehelp.esri.com/help/index.jsp?topic=/com.procedural.cityengine.help/html/manual/toc.html> (τελευταία πρόσβαση: 07/04/2018)
  - City of Helsinki (2017), ‘*Utilising the next-generation city information model*’, διαθέσιμο στο <https://www.hel.fi/helsinki/en/administration/information/general/3d/utilising/> (τελευταία πρόσβαση: 26/03/2018)
  - Γιαννακούρου, Τ. (2009), ‘*Η Ευρωπαϊκή Διάσταση του Χωροταξικού Σχεδιασμού: Από την Ενιαία Ευρωπαϊκή Πράξη στη Μεταρρυθμιστική Συνθήκη (Μάρτιος 2009)*’,

- διαθέσιμο στο [http://nomosphysics.org.gr/11684/i-europaiki-diastrasi-tou-xorotaksikou-sxediasmou-apo-tin-eniaia-europaiki-praksi-sti-metarruthmistiki-sunthiki-martios-2009/#\\_ftn7](http://nomosphysics.org.gr/11684/i-europaiki-diastrasi-tou-xorotaksikou-sxediasmou-apo-tin-eniaia-europaiki-praksi-sti-metarruthmistiki-sunthiki-martios-2009/#_ftn7) (τελευταία πρόσβαση: 27/04/2018)
- Δασκαλάκης, Γ., Ζήσου, Α., Καλογεράκης, Σ., Κοτζαμάνογλου, Β., Λένη, Σ., Τσάταρης, Α. (2011), *Επιμορφωτικό Πρόγραμμα, 'Δημιουργία, Επεξεργασία & Ανάλυση Περιβαλλοντικών, Πολεοδομικών και Χωτοταξικών Δεδομένων με τη Χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών'*, s.l.: Εθνικό Κέντρο Δημόσιας Διοίκησης & Αυτοδιοίκησης, Ινστιτούτο Επιμόρφωσης, διαθέσιμο στο <http://resources.ekdd.gr/gnosis/index.php/2012-09-20-11-36-31/4-27/22-g-i-s> (τελευταία πρόσβαση: 03/04/2018)
  - Δεμερτζής, Α. (2018), 'ΥΠΕΝ: Σχέδιο 7 σημείων για 1,5 εκατομμύριο αυθαίρετα – Πώς και ποια ακίνητα νομιμοποιούνται – Σύντομα στη Βουλή το σ.ν. για τις οικιστικές πυκνώσεις', Άρθρο 25/03/2018, *EcoPress - Περιβάλλον, Αυτοδιοίκηση, Τεχνική Ενημέρωση*, διαθέσιμο στο <http://ecopress.gr/?p=7094> (τελευταία πρόσβαση: 22/04/2018)
  - Δημοπούλου, Ε. (2015), α) 'Νομικό και διοικητικό πλαίσιο ανάπτυξης 3D Κτηματολογίων', [Κεφάλαιο Συγγράμματος]. Στο Δημοπούλου, Ε. 2015, *nD Κτηματολόγιο*. [ηλεκτρ. βιβλ.] Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. Κεφ 2, διαθέσιμο στο: <http://hdl.handle.net/11419/3658> (τελευταία πρόσβαση: 14/05/2018)  
β) 'Τρισδιάστατος Σχεδιασμός του Αστικού Χώρου' [Κεφάλαιο 6 Συγγράμματος]. Στο Δημοπούλου, Ε. (2015), *nD Κτηματολόγιο*, [ηλεκτρ. βιβλ.], Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών, διαθέσιμο στο: [https://repository.kallipos.gr/pdfviewer/web/viewer.html?file=/bitstream/11419/3663/1/02\\_chapter\\_6.pdf](https://repository.kallipos.gr/pdfviewer/web/viewer.html?file=/bitstream/11419/3663/1/02_chapter_6.pdf) (τελευταία πρόσβαση: 07/05/2018)
  - Dresden.de, City Council, Statistics, '3D City model' (2018), διαθέσιμο στο [http://www.dresden.de/en/02/06/3d\\_city\\_model.php](http://www.dresden.de/en/02/06/3d_city_model.php) (τελευταία πρόσβαση: 28/03/2018)
  - Ελληνική Κοινότητα Δασολόγων, α) 'Ανάπτυξη Εφαρμογών Web GIS', διαθέσιμο στο <http://dasodata.gr/index.php/anaptyksi-efarmogon-me-diadiktyako-gsp> (τελευταία πρόσβαση: 05/04/2018)

- β) 'Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (ΓΣΠ)', διαθέσιμο στο <http://dasodata.gr/index.php/gis> (τελευταία πρόσβαση 02/04/2018)
- γ) 'Τεχνολογία LIDAR', διαθέσιμο στο <http://dasodata.gr/index.php/kainotomes-efarmoges/528-texnologia-lidar/507-texnologia-lidar> (τελευταία πρόσβαση 06/05/2018)
- Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία (2017-2018), α) 'Μηνιαία Ιδιωτική Οικοδομική Δραστηριότητα, αριθμός αδειών, επιφάνεια και όγκος, 2007-2017', διαθέσιμο στο [http://www.statistics.gr/el/statistics?p\\_p\\_id=3&p\\_p\\_lifecycle=0&p\\_p\\_state=maximized&p\\_p\\_mode=view&\\_3\\_struts\\_action=%2Fsearch%2Fsearch&\\_3\\_redirect=%2Ffel%2Fstatistics%2F-%2Fpublication%2FSAM05%2F-&\\_3\\_keywords=%CE%9F%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CE%B4%CE%BF%CE%BC%CE%B9%CE%BA%CE%AE+%CE%B4%CF%81%CE%B1%CF%83%CF%84%CE%B7%CF%81%CE%B9%CF%8C%CF%84%CE%B7%CF%84%CE%B1&\\_3\\_groupId=0](http://www.statistics.gr/el/statistics?p_p_id=3&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&_3_struts_action=%2Fsearch%2Fsearch&_3_redirect=%2Ffel%2Fstatistics%2F-%2Fpublication%2FSAM05%2F-&_3_keywords=%CE%9F%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CE%B4%CE%BF%CE%BC%CE%B9%CE%BA%CE%AE+%CE%B4%CF%81%CE%B1%CF%83%CF%84%CE%B7%CF%81%CE%B9%CF%8C%CF%84%CE%B7%CF%84%CE%B1&_3_groupId=0) (τελευταία πρόσβαση: 25/04/2018)
  - β) 'Έρευνα Οικοδομικής Δραστηριότητας: Ιανουάριος 2018', διαθέσιμο στο <http://www.statistics.gr/documents/20181/9022976/%CE%9D%CF%8C%CE%BC%CE%B9%CE%BC%CE%B7+%CE%9F%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CE%B4%CE%BF%CE%BC%CE%B9%CE%BA%CE%AE+%CE%94%CF%81%CE%B1%CF%83%CF%84%CE%B7%CF%81%CE%B9%CF%8C%CF%84%CE%B7%CF%84%CE%B1+%28+%CE%99%CE%B1%CE%BD%CE%BF%CF%85%CE%AC%CF%81%CE%B9%CE%BF%CF%82+2018+%29/705f629d-99d2-493d-834d-c5e690dc994a?version=1.0> (τελευταία πρόσβαση: 25/04/2018)
  - *Energy Atlas Berlin, Application Areas*, διαθέσιμο στο <http://energyatlas.energie.tu-berlin.de/en/warneedarfsschatzung/> (τελευταία πρόσβαση: 26/03/2018)
  - ESPANEWS (2017), 'N. 4495/2017, Έλεγχος και προστασία του δομημένου περιβάλλοντος και άλλες διατάξεις – Νέος νόμος ρύθμισης αυθαιρέτων και νέες διαδικασίες έκδοσης αδειών', διαθέσιμο στο <https://www.espa.io/n-4495-2017-elegxos-kai-prostasia-tou-domimenou-perivallontos-kai-alles-diatakseis-neos-nomos-rithmisis-afthaireton-kai-nees-diadikasies-ekdosis-adeion/> (τελευταία πρόσβαση 17/04/2018)

- 
- ESRI (2013), 'A New Dimension 3D GIS Brings The Virtual World To Life', διαθέσιμο στο <http://www.esri.com/library/ebooks/a-new-dimension.pdf> (τελευταία πρόσβαση: 28/03/2018)
  - ESRI, 'What is GIS' (Overview), διαθέσιμο στο <https://www.esri.com/en-us/what-is-gis/overview> (τελευταία πρόσβαση: 30/03/2018)
  - GIS Cookbook (2007), διαθέσιμο στο <http://www.cookbook.hlurb.gov.ph/> (τελευταία πρόσβαση 05/04/2018)
  - Hafen City, Hamburg, 'Video introduction to Hafen City, Hafen City Hamburg GmbH', διαθέσιμο στο <http://www.HafenCity.com> (τελευταία πρόσβαση: )
  - Hafen City Zeitung (2008), διαθέσιμο στο <http://www.hafencitynews.de/?p=147#prettyPhoto> (τελευταία πρόσβαση: 27/03/2018)
  - Harder, C., (2015) 'The ArcGIS Book', (e-book), Esri Press, διαθέσιμο στο: <http://downloads.esri.com/LearnArcGIS/pdf/The-ArcGIS-Book.pdf> (τελευταία πρόσβαση: 06/05/2018)
  - Hou, J., You, S., Neumann, U., Park, K.K. (2016), 'Building Modeling from Lidar and Aerial Imagery', διαθέσιμο στο <http://graphics.usc.edu/cgit/publications/papers/ASPRS.pdf> (τελευταία πρόσβαση 07/04/2018)
  - Johnson County, Kansas (2014), 'Pictometry Obliques', διαθέσιμο στο <https://maps.jocogov.org/pol/> (τελευταία πρόσβαση: 17/05/2018)
  - Καυκαλάς, Γ., Βιτοπούλου, Α., Γεμενετζή, Γ., Γιαννακού, Α., Τασοπούλου, Α. (2015), 'Η αστική αναγέννηση και αναζωογόνηση ως απόκριση στην αστική αλλαγή', (Κεφάλαιο Συγγράμματος), Στο Καυκαλάς, Γ., Βιτοπούλου, Α., Γεμενετζή, Γ., Γιαννακού, Α., Τασοπούλου, Α. 2015. *Βιώσιμες πόλεις*. [ηλεκτρ. βιβλ.] Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. κεφ 3, διαθέσιμο στο: <http://hdl.handle.net/11419/2229> (τελευταία πρόσβαση 25/04/2018)
  - Κουρτζέλλης, Γ. (2011), 'Εικονική Αρχαιολογία και η συμβολή των τρισδιάστατων γραφικών στην αρχαιολογική έρευνα', *Αρχαιολογία και Τέχνες*, τ.109, διαθέσιμο στο <https://www.archaiologia.gr/wp-content/uploads/2011/07/109-15.pdf> (τελευταία πρόσβαση: 29/03/2018)
  - Kolbe, T.H., Burger, B., Cantzler, B. (2015), 'CityGML goes to Broadway', Photogrammetric Week '15, pp.343-355, διαθέσιμο στο <http://www.ifp.uni->

- [stuttgart.de/publications/phowo15/330Kolbe.pdf](http://stuttgart.de/publications/phowo15/330Kolbe.pdf) (τελευταία πρόσβαση: 28/03/2018)
- Lee, J., Zlatanova, S. (2008), ‘A 3D data model and topological analyses for emergency response in urban areas’, διαθέσιμο στο [https://ocw.tudelft.nl/wp-content/uploads/3D\\_data\\_model\\_topological\\_analyses.pdf](https://ocw.tudelft.nl/wp-content/uploads/3D_data_model_topological_analyses.pdf) (τελευταία πρόσβαση: 06/04/2018)
  - Λιάλιος, Γ. (2017), α) ‘Ένα εκατομμύριο αυθαίρετα προς νομιμοποίηση’, (Άρθρο), εφημερίδα *Η Καθημερινή* (Ελλάδα), διαθέσιμο στο <http://www.kathimerini.gr/924029/article/epikairothta/ellada/ena-ekatommyrioyaythaireta-pros-nomimopoihsh> (τελευταία πρόσβαση: 24/04/2018)  
β) ‘Δασικοί Χάρτες: Αυθαίρετα σε 71.282 στρέμματα δάσους’, (Άρθρο), εφημερίδα *Η Καθημερινή* (Ελλάδα), διαθέσιμο στο <http://ecopress.gr/?p=3943> (τελευταία πρόσβαση: 23/04/2018)
  - Μαλλάς, Δ. (2018), ‘Τι είναι το blockchain και γιατί είναι τόσο σημαντικό’, (Άρθρο), διαθέσιμο στο <http://www.cnn.gr/oikonomia/story/117710/ti-einai-to-blockchain-kai-giati-einai-toso-simantiko> (τελευταία πρόσβαση: 27/05/2018)
  - Μαστορίδου, Β., Αποστόλου, Α., Σταμουλίδης, Κ., (2016), ‘Τηλεπισκόπηση και ανάλυση του αστικού και περιαστικού χώρου: Παραδείγματα και εφαρμογές’, διαθέσιμο στο <http://www.citybranding.gr/2016/04/blog-post.html> (τελευταία πρόσβαση: 28/03/2018)
  - MaP ΕΠΕ (2006), ‘Παραγωγή τρισδιάστατου μοντέλου πόλης’, διαθέσιμο στο [http://map4u.gr/wp-content/uploads/2016/03/68\\_GETMAP-PJ-PHO-PATRA-0085.pdf](http://map4u.gr/wp-content/uploads/2016/03/68_GETMAP-PJ-PHO-PATRA-0085.pdf) (τελευταία πρόσβαση: 28/03/2018)
  - Μελιάδου, Β., Ελληνική Κοινότητα Δασολόγων, ‘Διαδικτυακό ΓΣΠ’, διαθέσιμο στο <http://dasodata.gr/index.php/genikes-ennoies-diadiktyakoy-gsp> (τελευταία πρόσβαση: 05/04/2018)
  - Mottaghy, D., Pechnig, R., Vogt, C. (2011), ‘The geothermal project Den Haag: 3D numerical models for temperature prediction and reservoir simulation’, *Geothermics* 40:199–210 Nield DA, Bejan A (2006) Convection in porous media, διαθέσιμο στο [https://www.researchgate.net/publication/255719709\\_Deep\\_3D\\_thermal\\_modelling\\_for\\_the\\_city\\_of\\_Berlin\\_Germany](https://www.researchgate.net/publication/255719709_Deep_3D_thermal_modelling_for_the_city_of_Berlin_Germany) (τελευταία πρόσβαση: 27/03/2018)

- 
- Νικολακόπουλος, Κ., Κατσάνου, Κ., Λαμπράκης, Ν. (2015), ‘Ψηφιακά μοντέλα αναγλύφου’, [Κεφάλαιο Συγγράμματος]. Στο Νικολακόπουλος, Κ., Κατσάνου, Κ., Λαμπράκης, Ν. (2015), ‘Υδρολογία με χρήση γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών και δεδομένων τηλεπισκόπησης’, [ηλεκτρ. βιβλ.], Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών, Κεφ 8, διαθέσιμο στο: [https://repository.kallipos.gr/pdfviewer/web/viewer.html?file=/bitstream/11419/252/5/1/Nikolakopoulos\\_Chapter\\_08.pdf](https://repository.kallipos.gr/pdfviewer/web/viewer.html?file=/bitstream/11419/252/5/1/Nikolakopoulos_Chapter_08.pdf) (τελευταία πρόσβαση: 06/05/2018)
  - OSGeoLive, ‘Πρότυπα Open Geospatial Consortium’, διαθέσιμο στο <https://live.osgeo.org/el/standards/standards.html> (τελευταία πρόσβαση: 05/04/2018)
  - Παναγιωτίδου, Ν. (2016), ‘Τα πλεονεκτήματα του *building information modeling* για τους αρχιτέκτονες’, (Άρθρο), διαθέσιμο στο <http://kataskevesktirion.gr/%CF%84%CE%B1-%CF%80%CE%BB%CE%B5%CE%BF%CE%BD%CE%B5%CE%BA%CF%84%CE%AE%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1-%CF%84%CE%BF%CF%85-building-information-modeling-%CE%B3%CE%B9%CE%B1-%CF%84%CE%BF%CF%85%CF%82-%CE%B1%CF%81/> (τελευταία πρόσβαση: 07/05/2018)
  - Rattrey, N. (2006), ‘A User-Centered Model for Community-based Web-GIS’, URISA Journal, v. 18 (2), pp. 26-34, διαθέσιμο στο [http://seminar1.te.ugm.ac.id/pdf/07087\\_2006%20A%20User-Centered%20Model%20for%20Community-based%20Web-GIS.pdf](http://seminar1.te.ugm.ac.id/pdf/07087_2006%20A%20User-Centered%20Model%20for%20Community-based%20Web-GIS.pdf) (τελευταία πρόσβαση: 05/04/2018)
  - Rich, S. (2009), ‘The Need for Comprehensive 3D City Models – Part 1’, διαθέσιμο στο <http://www.spatalexplorations.net/blog> (τελευταία πρόσβαση: 24/03/2018)
  - Σύνταγμα της Ελλάδας (2008), Βουλή των Ελλήνων, διαθέσιμο στο <http://www.hellenicparliament.gr/UserFiles/8c3e9046-78fb-48f4-bd82-bbba28ca1ef5/SYNTAGMA.pdf> (τελευταία πρόσβαση: 14/04/2018)
  - Singh S.P., Jain K., Mandla V.R. (2013), ‘Virtual 3D City Modeling: Techniques And Applications’, διαθέσιμο στο <https://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XL-2-W2/73/2013/isprsarchives-XL-2-W2-73-2013.pdf> (τελευταία πρόσβαση: 11/05/2018)



- Smith, N., Xia, S. (1996), 'Automated modelling: a discussion and review', The Knowledge Engineering Review, v. 11 (2), pp.137-160, διαθέσιμο στο <https://www.cambridge.org/core/journals/knowledge-engineering-review/article/automated-modelling-a-discussion-and-review/501985084D07F4503E6AEB6E3A6BD4D8> (τελευταία πρόσβαση: 06/04/2018)
- SOM, 2003, 'Chicago central area plan', διαθέσιμο στο [https://www.som.com/projects/chicago\\_central\\_area\\_plan](https://www.som.com/projects/chicago_central_area_plan) (τελευταία πρόσβαση: 26/03/2018)
- Surat, H. (2012), GISP, 'Three-Dimensional Spatial Analytics and Modeling Is Now SOP for the City of Forth Worth, Texas', Fall 2012 issue of ArcNews, διαθέσιμο στο <http://www.esri.com/news/arcnews/fall12articles/three-dimensional-spatial-analytics-and-modeling-is-now-sop-for-the-city-of-forth-worth-texas.html>. (τελευταία πρόσβαση: 26/03/2018)
- Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας (2017), 'Διεθνή Πρότυπα Μετρήσεων και η Εφαρμογή τους στην Ελλάδα', διαθέσιμο στο <http://web.tee.gr/eidisis/ti-ipothike-stin-ekdilosi-tou-tee-se-synergasia-me-to-rics-greece-gia-ta-diethni-protypa-metriseon-ke-tin-efarmogi-tous-stin-ellada/> (τελευταία πρόσβαση: 25/04/2017)
- Τζιμόπουλος, Κ., Τσομπάνογλου, Σ., Φώτης, Γ.Ν. (2013), 'Ανάπτυξη διαδικτυακών εφαρμογών GIS ως εργαλείο της ανοικτής διακυβέρνησης σε επίπεδο Τοπικής Αυτοδιοίκησης', Ομιλία στο 11<sup>ο</sup> Τακτικό Επιστημονικό Συνέδριο, Πάτρα 14-15/06/2013, διαθέσιμο στο <https://www.citybranding.gr/2013/10/gis.html> (τελευταία πρόσβαση: 05/04/2018)
- Τμήμα Πολεοδομίας και Οικήσεως Κυπριακής Δημοκρατίας (2011-2018), 'Διακυβερνητική Συνεργασία για τη Χωρική Συνοχή και Πολεοδομικά Θέματα', Υπουργείο Εσωτερικών Κυπριακής Δημοκρατίας, διαθέσιμο στο [http://www.moi.gov.cy/moi/tph/tph.nsf/page22\\_gr/page22\\_gr?OpenDocument](http://www.moi.gov.cy/moi/tph/tph.nsf/page22_gr/page22_gr?OpenDocument) (τελευταία πρόσβαση: 28/04/2018)
- Τσιλιάκου, Ε., Δημοπούλου, Ε. (2015), 'Μοντελοποίηση με Κανόνες για Απεικόνιση στο 3D Κτηματολόγιο', διαθέσιμο στο <http://www.marathondata.gr/conf/2014/cadastral/%CE%9A%CE%91%CE%9D%CE%9F%CE%9D%CE%99%CE%A3%CE%A4%CE%99%CE%9A%CE%97%CE%A3%20%CE%9C%CE%9F%CE%9D%CE%A4%CE%95%CE%9B%CE%9F%>

- [CE%A0%CE%9F%CE%99%CE%97%CE%A3%CE%97%CE%A3\\_3D.pdf](#)  
(τελευταία πρόσβαση: 15/05/2018)
- Τσουκαλά, Α. (2005), 'Προβλήματα Εφαρμογής των Εργαλείων Πολεοδομικού Σχεδιασμού', Ηράκλειο Κρήτης, διαθέσιμο στο [http://library.tee.gr/digital/ker/ker\\_m271/ker\\_m271\\_tsoukala.pdf](http://library.tee.gr/digital/ker/ker_m271/ker_m271_tsoukala.pdf) (τελευταία πρόσβαση: 12/04/2018)
  - Taubenbock, H., Dech, S. (2010), 'Remote Sensing and Urban Planning: A Common Future?', διαθέσιμο στο [http://www.dpi.inpe.br/Miguel/AnaPaula/DAlasta/Taubenbock&Dech\\_CommonFuture\\_RS\\_UrbanPlaning\\_2010.pdf](http://www.dpi.inpe.br/Miguel/AnaPaula/DAlasta/Taubenbock&Dech_CommonFuture_RS_UrbanPlaning_2010.pdf) (τελευταία πρόσβαση: 28/03/2018)
  - Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας (2009-2018), διαθέσιμο στο <http://www.ypeka.gr/> (τελευταία πρόσβαση 25/04/2018)
  - Φαρμάκης, Δ. (2013), 'Building Information Modeling (BIM): Ορισμός, τα οφέλη και οι εφαρμογές', (Άρθρο), διαθέσιμο στο [https://www.b2green.gr/el/post/483/building-information-modeling-\(bim\)-orismos-ta-ofeli-kai-oi-efarmoges](https://www.b2green.gr/el/post/483/building-information-modeling-(bim)-orismos-ta-ofeli-kai-oi-efarmoges) (τελευταία πρόσβαση: 06/05/2018)
  - Χναράκης, Ν. (2009), 'Περιγραφή πολυ-μεθοδολογικής προσέγγισης για τη σχεδίαση εικονικών περιβαλλόντων, δίνοντας έμφαση στη διαδικασία σχεδίασης του εικονικού κόσμου', Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Μηχανικών Σχεδίασης Προϊόντων και Συστημάτων Παν/μίου Αιγαίου
  - Wikipedia, GIS (2011), διαθέσιμο στο [http://wiki.gis.com/wiki/index.php/New\\_to\\_GIS#Related\\_links](http://wiki.gis.com/wiki/index.php/New_to_GIS#Related_links) (τελευταία πρόσβαση: 01/04/2018)
  - Wikipedia, New York City (2018), διαθέσιμο στο [https://en.wikipedia.org/wiki/New\\_York\\_City](https://en.wikipedia.org/wiki/New_York_City) (τελευταία πρόσβαση: 25/03/2018)
  - Zlatanova, S. (2013), '3D topology for modelling of urban structures', Geospatial World, διαθέσιμο στο <https://www.geospatialworld.net/article/3d-topology-for-modelling-of-urban-structures/> (τελευταία πρόσβαση: 06/04/2018)