



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΝΙΚΗΣ ΓΕΩΔΑΙΣΙΑΣ

ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΤΡΙΔΙΑΣΤΑΤΟΥ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΟΥ
ΜΕ ΕΠΙΓΕΙΕΣ ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ

Εφαρμογή στο Τεχνολογικό και Πολιτιστικό Πάρκο Λαυρίου



Ιωαννίδου Στεφανία
Διπλωματική Εργασία

Επιβλέπουσα:
Ευαγγελία Λάμπρου
Αναπληρώτρια Καθηγήτρια ΕΜΠ

ΑΘΗΝΑ ΙΟΥΛΙΟΣ 2018



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΝΙΚΗΣ ΓΕΩΔΑΙΣΙΑΣ

ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΤΡΙΔΙΑΣΤΑΤΟΥ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΟΥ
ΜΕ ΕΠΙΓΕΙΕΣ ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ

Εφαρμογή στο Τεχνολογικό και Πολιτιστικό Πάρκο Λαυρίου

Διπλωματική Εργασία

της

Ιωαννίδου Στεφανίας

Επιβλέπουσα:
Ευαγγελία Λάμπρου
Αναπληρώτρια Καθηγήτρια ΕΜΠ

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή:

(Υπογραφή)

(Υπογραφή)

(Υπογραφή)

.....
Ευαγγελία Λάμπρου
Αν. Καθηγήτρια Ε.Μ.Π.

.....
Γεώργιος Πανταζής
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Μαρία Τσακίρη
Καθηγήτρια Ε.Μ.Π.

ΑΘΗΝΑ ΙΟΥΛΙΟΣ 2018

(Υπογραφή)

.....
ΙΩΑΝΝΙΔΟΥ ΣΤΕΦΑΝΙΑ

Διπλωματούχος Αγρονόμος και Τοπογράφος Μηχανικός Ε.Μ.Π.

Copyright © Ιωαννίδου Στεφανία, 2018

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

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

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Μετά το τέλος της εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας, θα ήθελα να εκφράσω τις θερμότερες και ειλικρινείς ευχαριστίες μου στους Καθηγητές της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών του ΕΜΠ κα. **Ευαγγελία Λάμπρου** και κ. **Γιώργο Πανταζή** για την διατύπωση και την ανάθεση ενός τόσο ενδιαφέροντος, απαιτητικού και πολύπλευρου θέματος, το οποίο λάμβανε υπόψιν τα ενδιαφέροντά μου.

Ιδιαίτερα θα ήθελα να τους ευχαριστήσω για την εμπιστοσύνη που μου έδειξαν, την καθοδήγηση, αλλά και την συνεχή βοήθειά τους τόσο στις εργασίες πεδίου, όσο και σε όλη τη σύνταξη της εργασίας, μα και στην επίλυση αποριών καθ' όλη τη διάρκεια της εργασίας.

Επιπλέον ευχαριστώ πολύ τον κ. **Ασημάκη Χαδουμέλλη**, Διευθυντή του Τεχνολογικού και Πολιτιστικού Πάρκου Λαύριου, στο οποίο πραγματοποιήθηκε η εφαρμογή της παρούσας διπλωματικής εργασίας, καθώς μας υποδέχτηκε εγκάρδια στον χώρο και ήταν πάντα πρόθυμος και συνεργάσιμος για οτιδήποτε χρειαστήκαμε τις ημέρες των εργασιών υπαίθρου.

Επιπροσθέτως, οφείλω και θέλω να ευχαριστήσω τον Υποψήφιο Διδάκτορα ΕΜΠ **Νίκο Κανελλόπουλο**, που βρισκόταν μαζί μας στο ύπαιθρο και μας έλυσε συνεχώς απορίες σχετικά με το θεωρητικό υπόβαθρο αλλά και την πρακτική εφαρμογή, αλλά και τον Διπλωματούχο Τοπογράφο Μηχανικό του ΕΜΠ, **Βασίλη Ζαφείρη** που βοήθησε όσο μπορούσε με την λήψη και επεξεργασία δεδομένων με τη χρήση UAV.

Το μεγαλύτερο μου ευχαριστώ θέλω να το εκφράσω στον πολύ καλό μου φίλο και συμφοιτητή **Κώστα Αζναβουρίδη**, που εκπονήσαμε μαζί τις μετρήσεις στο ύπαιθρο, καθώς και την επεξεργασία, τόσο των γεωδαιτικών όσο και των φωτογραμμετρικών δεδομένων του UAV, και ήταν πάντα ο ένας δίπλα στον άλλο για ό,τι προέκυπτε. Τέλος ευχαριστώ μέσα από την καρδιά μου τους γονείς μου **Νατάσα** και **Ισαάκ**, αλλά και τον θείο μου **Γιώργο**, που χωρίς τις θυσίες τους, την αμέριστη υποστήριξή τους αλλά και την κατανόησή τους στα άγχη και τις αγωνίες μου, δεν θα ήμουν σε θέση να ολοκληρώσω τις σπουδές μου και να επιτύχω στο έπακρο τους στόχους μου.

Ιωαννίδου Στεφανία

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η συνεχής εξέλιξη της τεχνολογίας και των γεωδαιτικών οργάνων οδήγησε στην κατασκευή γεωδαιτικών σταθμών όπου έχουν την δυνατότητα να μετρούν μήκος χωρίς την χρήση ανακλαστήρα. Οι Reflectorless γεωδαιτικοί σταθμοί, όπως αλλιώς λέγονται, κατέκλισαν την αγορά και άνοιξαν ένα νέο κεφάλαιο στην επιστήμη της γεωδαισίας. Το κεφάλαιο αυτό αφορούσε κυρίως στην επίλυση προβλημάτων δημιουργίας τριδιάστατων απεικονίσεων.

Το γεγονός αυτό γέννησε την ιδέα δημιουργίας ενός τριδιάστατου τοπογραφικού, όπου θα περιλάμβανε όλη την πληροφορία που έχει το απλό τοπογραφικό, με την μόνη διαφορά πως αυτή θα σχεδιάζεται και θα απεικονίζεται σε τρεις διαστάσεις.

Επιπλέον η ανάπτυξη των τριδιάστατων εκτυπωτών, αποτέλεσε αφορμή η ιδέα αυτή να αποκτήσει μεγαλύτερη σημασία, καθώς το τοπογραφικό πέρα από την οθόνη του υπολογιστή, μπορεί να δοθεί στον χρήστη με την μορφή μακέτας.

Έτσι το ενδιαφέρον για την υλοποίηση τόσο του θεωρητικού υπόβαθρου όσο και της εφαρμογής επικεντρώθηκε στην δημιουργία ενός τριδιάστατου τοπογραφικού, με επίγειες γεωδαιτικές μεθόδους, στην περιοχή του Τεχνολογικού και Πολιτιστικού Πάρκου Λαυρίου.

Τέλος, η μέτρηση, υλοποίηση, απόδοση και εκτύπωση του παρόντος τοπογραφικού, οδήγησε στη λήψη αποφάσεων και εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την χρησιμότητα μιας τέτοιας γεωδαιτικής εργασίας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	I
ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	II
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	III
ΣΧΗΜΑΤΑ-ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ.....	V
ΠΙΝΑΚΕΣ.....	V
ΕΙΚΟΝΕΣ.....	V
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	VII
ABSTRACT.....	IX

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
----------------------	----------

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Η ΤΡΙΔΙΑΣΤΑΤΗ ΣΧΕΔΙΑΣΗ

1.1 Γενικά.....	2
1.2 Λογισμικό 3D Studio Max.....	3
1.2 Λογισμικό AutoCAD.....	6
1.4 Λογισμικό SketchUp.....	8
1.5 Λογισμικό Revit.....	10
1.6 Λογισμικό Blender.....	12
1.7 Αξιολόγηση Λογισμικών.....	15
1.8 Απόδοση λεπτομερειών.....	19
1.9 Απεικόνιση υψομέτρου.....	20
1.10 Αντικείμενο της εργασίας.....	22

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΟΥ 3D ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΟΥ

2.1 Γενικά.....	23
2.2 Αυτοσχέδιο υπαίθρου για 3D αποτύπωση.....	23
2.2.1 Αυτοσχέδιο όψης.....	25
2.2.2 Προοπτικό αυτοσχέδιο.....	26
2.2.3 Εικονιστικό-Φωτογραφικό αυτοσχέδιο.....	28
2.3 Ένταξη αποτύπωσης.....	29
2.4 Μέτρηση σημείων λεπτομέρειας.....	31
2.4.1 Υπολογισμός συντεταγμένων σημείων λεπτομέρειας.....	32
2.5 Έλεγχος.....	35
2.5.1 Έλεγχος με την χρήση προοπτικών σχεδίων.....	36
2.5.2 Έλεγχος με την χρήση προβολικών σχεδίων.....	38
2.6 Εκτύπωση τριδιάστατου τοπογραφικού.....	39

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΕΦΑΡΜΟΓΗ

3.1 Γενικά	44
3.2 Εφαρμογή στο Κτήριο Βέη.....	44
3.3 Εφαρμογή στο Τεχνολογικό και Πολιτιστικό Πάρκο Λαυρίου	46
3.3.1 Αναγνώριση περιοχής.....	48
3.3.2 Σύνταξη αυτοσχεδίων υπαίθρου.....	52
3.3.3 Μέτρηση σημείων λεπτομέρειας.....	55
3.3.4 Υπολογισμοί	56
3.3.5 Ψηφιακή σχεδίαση.....	57
3.3.6 Έλεγχος τοπογραφικού.....	62
3.3.7 Συμπλήρωση δεδομένων με την χρήση UAV	63
3.3.8 Εκτύπωση τοπογραφικού	69

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

4.1 Συμπεράσματα	71
4.2 Προτάσεις	76

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	79
ΙΣΤΟΓΡΑΦΙΑ	80

ΣΧΗΜΑΤΑ-ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

Διάγραμμα 1.1: Διαγράμματα Αράχνης για κάθε λογισμικό σχεδίασης.....	18
Διάγραμμα 4.1: Ποσοστιαία προέλευση σημειακής πληροφορίας.....	73
Διάγραμμα 4.2: Χρονική αξιολόγηση εργασιών.....	75

ΠΙΝΑΚΕΣ

Πίνακας 1.1: Συνοπτικός πίνακας σχεδιαστικών δυνατοτήτων και σχετικό υπόμνημα.....	17
Πίνακας. 2.1: Συνοπτικός πίνακας ποικίλων τριδιάστατων εκτυπωτών	42
Πίνακας. 2.2: Επιλογή εκτυπωτή με βάσει την περιοχή αποτύπωσης και την μέγιστη κλίμακα εκτύπωσης.....	43

ΕΙΚΟΝΕΣ

Εικόνα 1.1: Μοντελοποίηση αντικειμένου.....	3
Εικόνα 1.2: Εισαγωγή αρχείου AutoCAD στο 3D Studio Max	4
Εικόνα 1.3: Περιβάλλον εργασίας 3D Studio Max	5
Εικόνα 1.4: Δημιουργία κύβου με μια πλευρά σε σκιά.....	6
Εικόνα 1.5: Περιβάλλον εργασίας AutoCAD 2016	7
Εικόνα 1.6: Περιβάλλον εργασίας SketchUp Make 2017.....	9
Εικόνα 1.7: Δημιουργία 3D μοντέλου αυτοκινητόδρομου	10
Εικόνα 1.8: Περιβάλλον εργασίας Revit 2017	11
Εικόνα 1.9: Δημιουργία ενός BIM στο Revit 2016.....	12
Εικόνα 1.10: Ψηφιακή γλυπτική προσώπου.....	13
Εικόνα 1.11: Περιβάλλον εργασίας Blender	14
Εικόνα 1.12: Βιβλιοθήκη φυτών.....	20
Εικόνα 1.13: Βιβλιοθήκη ξύλινων υφών	20
Εικόνα 1.14: Ψηφιακό μοντέλο εδάφους με την χρήση τριγώνων (αριστερά) και ισοϋψών καμπυλών (δεξιά).....	21
Εικόνα 1.15: Ψηφιακό μοντέλο εδάφους με κλίμακα	21
Εικόνα 2.1: Αυτοσχέδιο υπαίθρου δύο διαστάσεων.....	24
Εικόνα 2.2: Όψη ισόγειας κατοικίας	25
Εικόνα 2.3: Προοπτικό σχέδιο κατοικίας	27
Εικόνα 2.4: Φωτογραφική λήψη για χρήση ως κροκί	28
Εικόνα 2.5:Μόνιμη και ημιμόνιμη σήμανση σημείων δικτύου	30
Εικόνα 2.6: Διάταξη μεθόδου πολικών συντεταγμένων	32

Εικόνα 2.7: Απόσπασμα σχεδίου σε αυθαίρετη οπτική γωνία.....	37
Εικόνα 2.8: Απόσπασμα σχεδίου από συγκεκριμένη οπτική γωνία.....	37
Εικόνα 2.9: Κάτοψη αντικειμένου προς έλεγχο	38
Εικόνα 2.10: Όψη αντικειμένου προς έλεγχο.....	38
Εικόνα 2.11: Παρουσίαση σχεδίου σε AutoCAD application	39
Εικόνα 3.1: Αυτοσχέδιο δύο διαστάσεων Κτηρίου Βέη	45
Εικόνα 3.2: Προοπτικό σχέδιο Κτηρίου Βέη	45
Εικόνα 3.3: Βορειοανατολική όψη Κτηρίου Βέη.....	45
Εικόνα 3.4: Νοτιοδυτική όψη Κτηρίου Βέη.....	46
Εικόνα 3.5: Το Τεχνολογικό και Πολιτιστικό Πάρκο Λαυρίου	47
Εικόνα 3.6: Περιοχή προς αποτύπωση	49
Εικόνα 3.7: Σκαρίφημα στάσεων αποτύπωσης	49
Εικόνα 3.8: Στρογγυλός ανακλαστήρας και mini.....	51
Εικόνα 3.9: Απόσπασμα προοπτικού σκαριφήματος	52
Εικόνα 3.10: Απόσπασμα σκαριφήματος με την χρήση φωτογραφίας....	53
Εικόνα 3.11: Απόσπασμα σκαριφήματος-φωτογραφίας με προοπτικές λεπτομέρειες	54
Εικόνα 3.12: Απόσπασμα αρχείου καταγραφής.....	55
Εικόνα 3.13: Απόσπασμα αρχείου τελικών συντεταγμένων.....	57
Εικόνα 3.14: Τριδιάστατη απεικόνιση σημείων σε περιβάλλον AutoCAD	58
Εικόνα 3.15: Σχεδιαστικά Επίπεδα.....	59
Εικόνα 3.16: Νότια όψη κτηριακού συγκροτήματος	60
Εικόνα 3.17: Βόρεια όψη κτηριακού συγκροτήματος.....	61
Εικόνα 3.18: Ανατολική όψη κτηριακού συγκροτήματος.....	61
Εικόνα 3.19: Δυτική όψη κτηριακού συγκροτήματος.....	61
Εικόνα 3.20: Κάτοψη κτηριακού συγκροτήματος.....	62
Εικόνα 3.21: Τριδιάστατο μοντέλο με την χρήση UAV	64
Εικόνα 3.22: Περιοχές όπου θα αντληθεί σημειακή πληροφορία.....	65
Εικόνα 3.23: Συνταύτιση γεωμετρικής κατασκευής με φωτογραμμετρική σημειακή πληροφορία	65
Εικόνα 3.24: Κάτοψη κτηριακού συγκροτήματος.....	66
Εικόνα 3.25: Νότια όψη κτηριακού συγκροτήματος	67
Εικόνα 3.26: Βόρεια όψη κτηριακού συγκροτήματος.....	67
Εικόνα 3.27: Ανατολική όψη κτηριακού συγκροτήματος.....	68
Εικόνα 3.28: Δυτική όψη κτηριακού συγκροτήματος.....	68
Εικόνα 4.1: Σκαρίφημα που χρησιμοποιήθηκε στην εφαρμογή στο Τεχνολογικό και Πολιτιστικό Πάρκο Λαυρίου	77
Εικόνα 4.2: Πρότυπο σκαρίφημα για την αποφυγή σύγχυσης.....	78

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η δημιουργία ενός τριδιάστατου τοπογραφικού με τη χρήση επίγειων-γεωδαιτικών μεθόδων. Για τον σκοπό αυτό έγιναν οι απαραίτητες μετρήσεις και εργασίες γραφείου.

Η εργασία αυτή, χωρίζεται στα παρακάτω κεφάλαια:

- **Στο πρώτο κεφάλαιο** παρουσιάζονται αναλυτικά ποικίλα σχεδιαστικά προγράμματα, τα οποία έχουν την δυνατότητα τριδιάστατης σχεδίασης. Προκειμένου να επιλεγεί το καταλληλότερο εξ αυτών πραγματοποιήθηκε μια Πολυκριτηριακή ανάλυση, το αποτέλεσμα της οποίας δίνεται με την μορφή διαγράμματος. Επιπλέον παρουσιάζονται λεπτομέρειες για την απόδοση των λεπτομερειών και των υψομέτρων σημείων που πρόκειται να μετρηθούν αλλά και για το αντικείμενο της εργασίας.
- **Στο δεύτερο κεφάλαιο** αναλύονται όλοι οι παράμετροι υλοποίησης ενός τέτοιου τοπογραφικού, από την αναγνώριση της περιοχής και τη δημιουργία των σκαριφημάτων μέχρι τον έλεγχο του τελικού παράγωγου. Περιλαμβάνει όλες τις εργασίες υπαίθρου και όλους τους υπολογισμούς για τη δημιουργία του προς παράδοση προϊόντος.
- **Στο τρίτο κεφάλαιο** αναλύονται όλα τα στάδια που ακολουθήθηκαν για τη δημιουργία του τριδιάστατου τοπογραφικού τμήματος του Τεχνολογικού και Πολιτιστικού Πάρκου Λαυρίου, καθώς και οι δυσκολίες που αντιμετωπίστηκαν.
- **Στο τέταρτο και τελευταίο κεφάλαιο** πραγματοποιείται μια ανασκόπηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, αναφέροντας συμπεράσματα που προέκυψαν από την εκτέλεση αυτού του γεωδαιτικού-τοπογραφικού προβλήματος, αλλά και προτάσεις για την βελτίωση και εξέλιξη της υλοποίησης του.

Πιο συγκεκριμένα διαπιστώθηκε πως:

- Το καταλληλότερο λογισμικό σχεδίασης είναι το AutoCAD.
- Τα απλά σκαριφήματα δεν επαρκούν και επομένως προτείνεται η χρήση προβολικών, προοπτικών ή ακόμα και εικονιστικών αυτοσχεδίων ακόμα και αν ο χρόνος παραμονής στο πεδίο αυξάνεται σημαντικά.
- Η μέθοδος πολικών συντεταγμένων είναι η πιο ενδεδειγμένη μιας και η χρήση Reflectorless γεωδαιτικών σταθμών καθιστά την

αποτύπωση ακόμα ευκολότερη, ακόμα και όταν τα σημεία που απαιτούνται είναι τριπλάσια σχεδόν σε πλήθος.

- Μόνο οι επίγειες μετρήσεις δεν αρκούν, και έτσι απαιτείται συμπλήρωση πληροφορίας με την χρήση UAV, καθώς υπάρχουν πληροφορίες σε οροφές κτηρίων και ταράτσες που πολλές φορές δεν είναι εφικτή η μέτρηση τους γεωδαιτικά.
- Για την παράδοση του τελικού τοπογραφικού δίνεται η δυνατότητα της τριδιάστατης εκτύπωσης μέσω των νέων τεχνολογιών.

Με βάση τα παραπάνω προτείνεται η τροποποίηση των εικονιστικών σκαριφημάτων προκειμένου να περιλαμβάνουν και προοπτικές λεπτομέρειες, χωρίς να προκαλείται σύγχυση.

Τέλος προτείνεται η δημιουργία βάσης δεδομένων με τα μετρούμενα στοιχεία, όπως παράθυρα και στέγες, ώστε ο χρήστης με ένα απλό κλικ πάνω στο κτήριο να λαμβάνει όλες τις πληροφορίες που χρειάζεται για αυτό.

ABSTRACT

Creation of 3D plan by using terrestrial Geodetic methods. Application at Lavrion Technological and Cultural Park

The subject of this diploma thesis is the creation of a three-dimensional plan using terrestrial geodetic methods. The necessary measurements and office work were done for this purpose.

This work is divided into the following chapters:

- **In the first chapter**, are presented a variety of design programs, which have the possibility of three-dimensional design. In order to select the most appropriate one, a multi-criteria analysis was carried out, the result of which is given in the form of a diagram. In addition, details are provided on the performance of the details and altitudes to be measured, but also on the subject of the thesis.
- **In the second chapter**, all the parameters of the implementation of such a topography are analyzed, from the identification of the area and the creation of the sketches to the control of the final derivative. It includes all rural tasks and all calculations for creating the product to be delivered.
- **In the third chapter**, all the steps taken for the creation of the three-dimensional topographic section of the Lavrion Technological and Cultural Park, as well as the difficulties encountered, are analyzed.
- **In the fourth and final chapter**, a review of the present diploma thesis is made, indicating the conclusions of the implementation of this geodetic-topographical problem, as well as suggestions for improvement and development of its implementation.

More specifically, it was found that:

- The most suitable design software is AutoCAD.
- Simple sketches are not enough and therefore it is recommended to use projection, perspective or even pictorial improvisations even if it is required to remain longer in the field.
- The Polar Coordinate Method is the most appropriate since the use of Reflectorless Geodetic Stations makes stamping even easier, even when the required points are nearly three times as large.

- Only terrestrial measurements are not enough, so information is required by using UAVs as there is information on building roofs and terraces, which is often not possible to measure geodetically.
- For the delivery of the final topography, three-dimensional printing through new technologies is possible.

Based on the above, it is proposed to modify figurative sketches to include prospective details without causing confusion.

Finally, it is also suggested to create a database of measured elements, such as windows and roofs, so that the user with a simple click on the building receives all the information needed for it.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η δημιουργία ενός τοπογραφικού διαγράμματος αποτελεί την πιο συνηθισμένη δουλειά ενός τοπογράφου μηχανικού. Πλέον τα διαγράμματα αυτά χρησιμοποιούνται από τον σχεδιασμό και τη χάραξη μεγάλων τεχνικών έργων μέχρι την απλή μεταβίβαση ιδιοκτησίας και το κτηματολόγιο. Μέχρι στιγμής αυτά παρέχονται σε δύο διαστάσεις, εκτυπωμένα σε χαρτί στην επιθυμητή κλίμακα.

Με την ανάπτυξη της τεχνολογίας, πλέον, δίνεται η δυνατότητα της ηλεκτρονικής παράδοσης του διαγράμματος, με την ευκαιρία περιήγησης από τον χρήστη μέσω του κινητού του τηλεφώνου. Επιπλέον η τεχνολογία ευνόησε και την ανάπτυξη του εξοπλισμού που θα χρησιμοποιήσει ένας τοπογράφος για να πραγματοποιήσει τις μετρήσεις που επιθυμεί στο πεδίο.

Με την καθιέρωση των Reflectorless γεωδαιτικών σταθμών οι μετρήσεις σε απρόσιτα σημεία δεν διαφέρουν από αυτές στα προσβάσιμα. Σημεία σε ύψεις κτηρίων και στέγες, καθώς και σημεία με σημαντική υψομετρική πληροφορία, μπορούν να μετρηθούν με τη χρήση ενός μόνο γεωδαιτικού σταθμού.

Αντικείμενο λοιπόν της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι ο συνδυασμός μετρήσεων τόσο προσιτών, όσο και απρόσιτων σημείων, μέσω της νέα τεχνολογίας στα όργανα μέτρησης, προκειμένου να δημιουργηθεί ένα τριδιάστατο τοπογραφικό, που θα προσφέρει τα ίδια, ίσως και παραπάνω οφέλη, από το απλό τοπογραφικό διάγραμμα. Στόχος είναι η ολοκληρωμένη δημιουργία ενός τέτοιου τοπογραφικού ακριβείας, με τη χρήση επίγειων γεωδαιτικών μεθόδων, το οποίο θα μπορέσει να χρησιμοποιηθεί για ποικίλους τοπογραφικούς, και όχι μόνο, σκοπούς.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Η ΤΡΙΔΙΑΣΤΑΤΗ ΣΧΕΔΙΑΣΗ

1.1 Γενικά

Η ψηφιακή τριδιάστατη σχεδίαση αποτελεί μια δυνατότητα απεικόνισης γραφικών τριών διαστάσεων στην δυο διαστάσεων οθόνη ενός υπολογιστή. Η απεικόνιση αυτή καθιστά τα αντικείμενα πιο ρεαλιστικά χρησιμοποιώντας ένα σύνολο από σημεία, επιφάνειες αλλά και μαθηματικούς τύπους σε κάποιο σύστημα συντεταγμένων που επιλέγεται από το χρήστη ή καθορίζεται από το περιβάλλον σχεδίασης. [1]

Στο παρόν κεφάλαιο, λοιπόν, αναφέρονται και αξιολογούνται διάφορα λογισμικά σχεδίασης, για την επιλογή του καταλληλότερου. Επιπλέον γίνεται αναφορά στη διαχείριση της πληροφορίας, στο συγκεκριμένο λογισμικό, κατά την σχεδίαση αλλά και στους τρόπους απόδοσης της υψομετρικής πληροφορίας.

Είναι απαραίτητο να πραγματοποιηθεί αναλυτική παρουσίαση ποικίλων σχεδιαστικών προγραμμάτων, τριών διαστάσεων, προκειμένου να προσδιοριστεί το πιο ενδεδειγμένο για την εφαρμογή που ερευνάται στην παρούσα εργασία.

Τα λογισμικά που παρουσιάζονται είναι τα εξής:

- 3D Studio Max
- AutoCAD
- SketchUp
- Revit
- Blender

Από αυτά το Blender και το SketchUp είναι ελεύθερα, ενώ τα υπόλοιπα παρέχονται, επί πληρωμή, από συγκεκριμένες εταιρίες.

Για την επιλογή των καταλληλότερων, με βάση τις δυνατότητες που απαιτούνται σε αυτή την εφαρμογή, πραγματοποιείται Πολυκριτηριακή Ανάλυση σχετικά με τα χαρακτηριστικά τους και την εκτεταμένη δοκιμή τους.

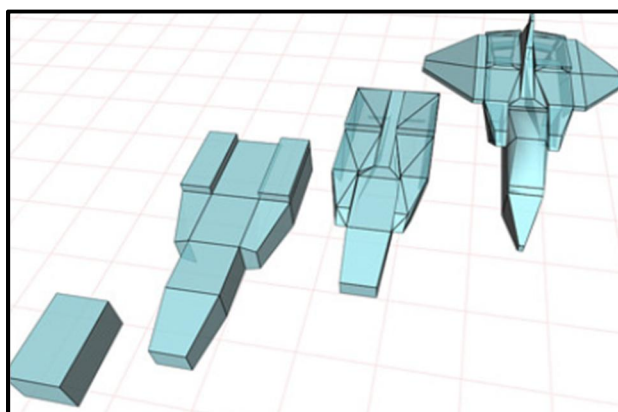
1.2 Λογισμικό 3D Studio Max

Το λογισμικό 3D Studio Max, είναι ένα πλήρες, επί πληρωμή, πρόγραμμα δημιουργίας 3D γραφικών που αναπτύχθηκε από την εταιρεία Autodesk Media & Entertainment. [9]

Ξεκίνησε την λειτουργία του το 1988 ως Studio 3D σχεδιασμένο για επεξεργαστή 32-bit και μέχρι σήμερα υφίσταται για 64-bit αλλά όχι για Mac. Αξίζει να σημειωθεί ότι επιτρέπεται η χρήση του, ως δοκιμαστική έκδοση, για τρία χρόνια σε όσους ανήκουν στην φοιτητική κοινότητα χωρίς κάποια χρέωση. [10]

Το 3D Studio Max πλέον είναι στην έκδοση με τίτλο «3ds Max 2018», με προηγμένες απαιτήσεις συστήματος υπολογιστή, που υποστηρίζει αρκετά περίπλοκες εργασίες στον χώρο των τριών διαστάσεων και του Animation.

Πιο συγκεκριμένα, το παρόν λογισμικό έχει δυνατότητες μοντελοποίησης, όπως φαίνεται στην εικόνα 1.1, δημιουργίας animation μα και προηγμένα χαρακτηριστικά σκίασης και φωτισμού.



Εικόνα 1.1: Μοντελοποίηση αντικειμένου
[<https://www.bizdim.gr/>]

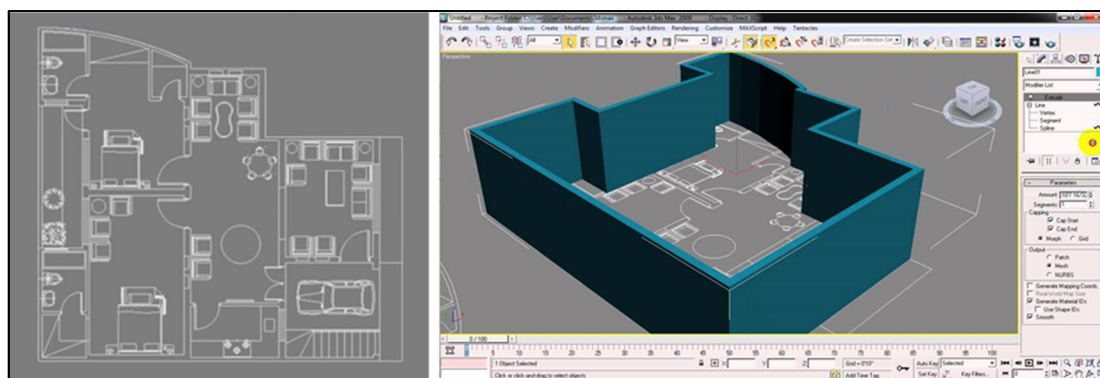
Χρησιμοποιείται συχνά από προγραμματιστές τηλεοπτικών παιχνιδιών, πολλά τηλεοπτικά στούντιο και αρχιτεκτονικά στούντιο απεικόνισης. Χρησιμοποιείται επίσης για εφέ ταινιών και προ-οπτικοποίηση ταινιών, με κλασσικό παράδειγμα το Avatar και το 2012.

Η σχεδίαση ενός αντικειμένου πραγματοποιείται σε δύο ή τρεις διαστάσεις, είτε με κάποια προκαθορισμένη εντολή, είτε με το ποντίκι. Και στις δύο περιπτώσεις προκειμένου το αντικείμενο να πάρει την απαιτούμενη μορφή, τροποποιούνται οι διαστάσεις, η υφή και το χρώμα του. Το λογισμικό αυτό δεν λειτουργεί με την ένωση καθορισμένων

σημείων, αλλά με την σχεδίαση ολοκληρωμένων γεωμετρικών σχημάτων και την τροποποίηση του μεγέθους τους.

Όσον αφορά στην δημιουργία animation και την οργάνωση της κίνησης, αυτή γίνεται με την αλλαγή της θέσης, περιστρέφοντας και κλιμακώνοντας αντικείμενα και αλλάζοντας το υλικό ή το φως σε διαφορετικές χρονικές στιγμές. Το 3ds Max δημιουργεί κίνηση με καρτέ. Η κίνηση είναι σαν μια σειρά εικόνων, με κλειδιά που αντιπροσωπεύουν τις πιο σημαντικές εικόνες.

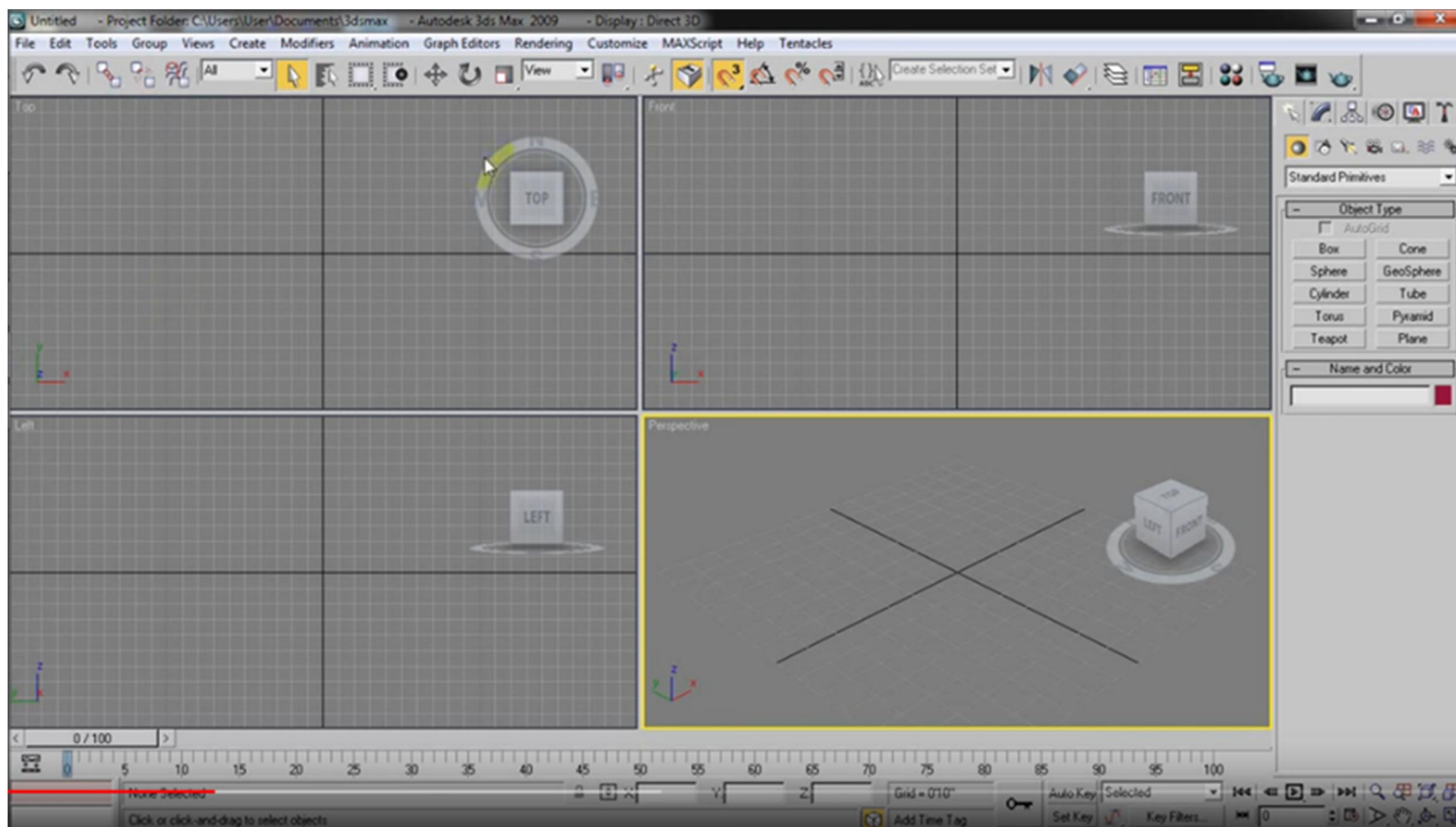
Πέρα από την εξολοκλήρου σχεδίαση νέων αντικειμένων, αφού το πρόγραμμα αυτό έχει αναπτυχθεί από την Autodesk Media & Entertainment, είναι σε θέση να δεχθεί σχέδια που έχουν γίνει σε AutoCAD (σε μορφή .dwg ή .dxf) και με κατάλληλη επεξεργασία να τους δώσει όγκο και μορφή. Ένα παράδειγμα αποτελεί η κάτοψη ενός κτηρίου, που ενώ σχεδιάστηκε σε AutoCAD 2D, πήρε τριδιάστατη μορφή μέσω του 3ds Max, όπως φαίνεται στην εικόνα 1.2. [11]



*Εικόνα 1.2: Εισαγωγή αρχείου AutoCAD στο 3D Studio Max
[www.youtube.com/]*

Το 3ds Max έχει διάφορα συστήματα συντεταγμένων ανάλογα με την οπτική γωνία και την ενεργή εντολή. Το κύριο σύστημα αναφοράς όμως που χρησιμοποιείται, είναι ανεξάρτητο των παραπάνω, και είναι το καρτεσιανό τρισσορθογώνιο σύστημα συντεταγμένων με σταθερές τις κατευθύνσεις X, Y, Z. Οι άξονες αυτοί εμφανίζονται στην κάτω αριστερή γωνία κάθε όψης, όπως φαίνεται στην εικόνα 1.3. Ωστόσο κάθε αντικείμενο που σχεδιάζεται έχει το δικό του σύστημα αναφοράς (Τοπικό σύστημα συντεταγμένων) το οποίο προσανατολίστηκε στους κύριους άξονες όταν δημιουργήθηκε. [10]

Υπάρχουν διαθέσιμα και άλλα συστήματα συντεταγμένων αναφοράς που είναι προσαρμοσμένα στην οθόνη, σε ένα πρωτογενές αντικείμενο, σε ένα πλέγμα ή σε κάποιο άλλο αντικείμενο στην οθόνη.



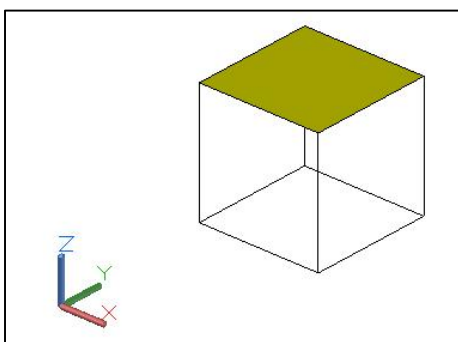
Εικόνα 1.3: Περιβάλλον εργασίας 3D Studio Max
[www.youtube.com/]

1.2 Λογισμικό AutoCAD

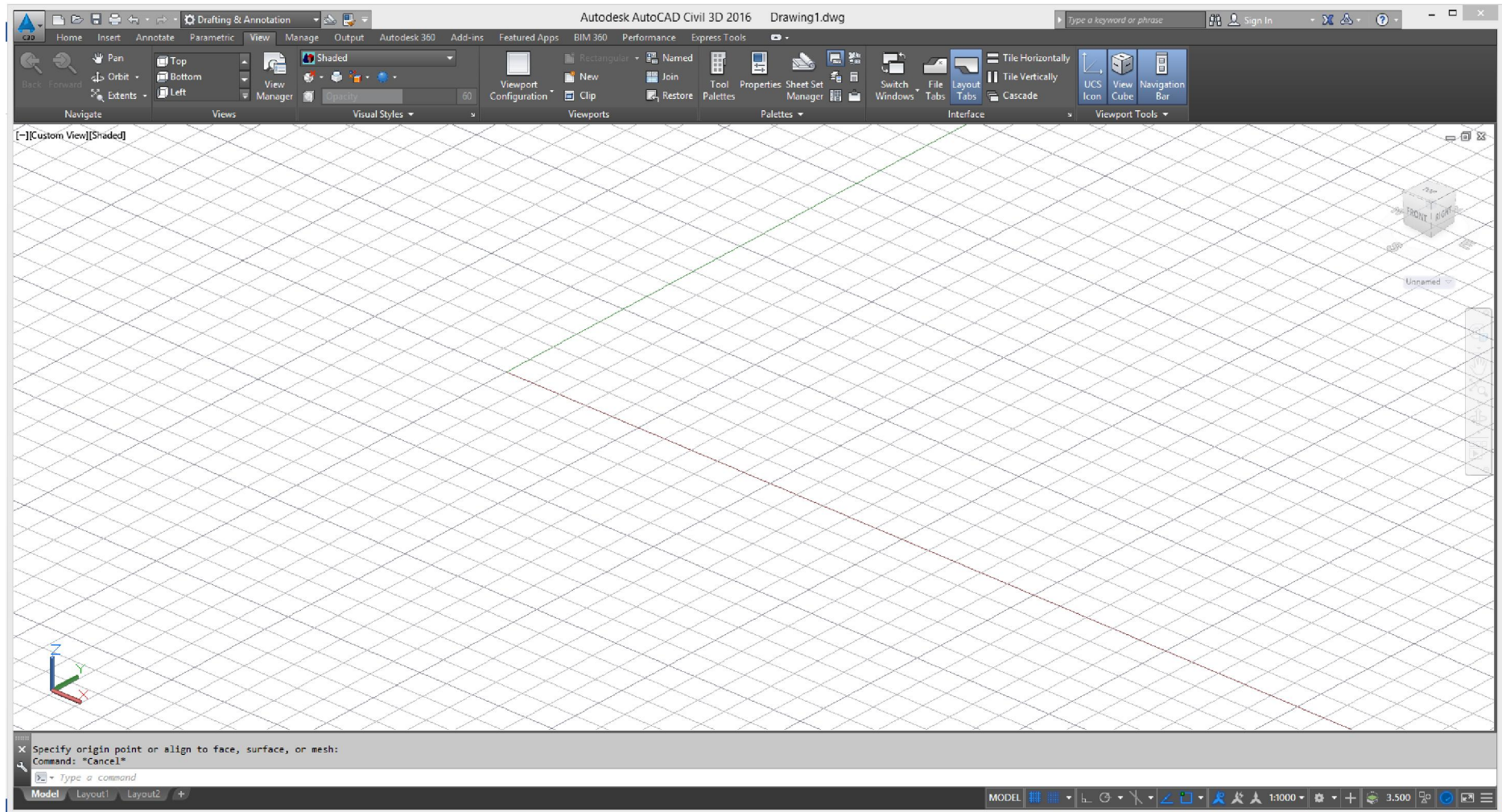
Το AutoCAD είναι ένα λογισμικό σχεδίασης επί πληρωμή της εταιρίας Autodesk Media & Entertainment. Κυκλοφόρησε για πρώτη φορά το 1982 και μέχρι το 1986 είχε γίνει το πιο ευρέως διαδεδομένο πρόγραμμα σχεδίασης στο κόσμο. Υποστηρίζει 14 γλώσσες και χρησιμοποιείται από διάφορες ειδικότητες μηχανικών καθώς βρίσκει εφαρμογή σε πολλούς τομείς μέσω των παραλλαγών που έχει δημιουργήσει η εταιρία στο βασικό πρόγραμμα. Υποστηρίζεται από Windows αρχιτεκτονικής 32-bit και 64-bit όπως και από Mac OS, ενώ είναι γραμμένο σε γλώσσα προγραμματισμού C++, έχοντας όμως την ικανότητα υποστήριξης και άλλων γλωσσών προγραμματισμού εντός του περιβάλλοντος εργασίας για αύξηση παραγωγικότητας. [9]

Αν και το AutoCAD ξεκίνησε ως πρόγραμμα σχεδίασης σε δύο διαστάσεις, τα τελευταία χρόνια έχει αναπτυχθεί με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι πλήρως λειτουργικό και στη σχεδίαση σε τριδιάστατο περιβάλλον. Διατηρώντας όλα εκείνα τα στοιχεία που το κάνουν εύκολο στη χρήση και πλήρως λειτουργικό υπό οποιεσδήποτε συνθήκες, έχει την ικανότητα δημιουργίας τόσο απλών όσο και σύνθετων τριδιάστατων αντικειμένων χρησιμοποιώντας θεμελιώδη στοιχεία όπως σημεία, γραμμές και γεωμετρικά σχήματα. Παρέχεται η δυνατότητα δημιουργίας μεμονωμένων αντικειμένων αλλά και ολόκληρων κτηριακών συγκροτημάτων σε σύστημα συντεταγμένων ορισμένο από το χρήστη.

Στην εικόνα 1.4 απεικονίζεται ένας κύβος που σχεδιάστηκε με την ένωση σημείων γνωστών συντεταγμένων, ενώ στην εικόνα 1.5 φαίνεται το περιβάλλον εργασίας για την εξειδικευμένη έκδοση Civil 3D 2016 με τις διάφορες δυνατότητες του.



Εικόνα 1.4: Δημιουργία κύβου με μια πλευρά σε σκιά



Εικόνα 1.5: Περιβάλλον εργασίας AutoCAD Civil 3D 2016

Το πλεονέκτημα που παρέχεται με το AutoCAD, έναντι άλλων λογισμικών τριδιάστατης σχεδίασης, είναι ότι υπάρχει ήδη ποικιλία προγραμμάτων της ίδιας οικογένειας για περαιτέρω επεξεργασία πάνω σε ένα συγκεκριμένο μοντέλο. Ο τύπος αρχείων που δύναται να εξάγει το AutoCAD υποστηρίζεται από πολλά λογισμικά, οπότε, όπως γίνεται κατανοητό, υπάρχει μια σχετική ευκολία στην προσθήκη χαρακτηριστικών λεπτομέρειας σε ένα τριδιάστατο αντικείμενο μέσω τρίτων εξιδεικευμένων προγραμμάτων. Το πιο σημαντικό πλεονέκτημα βέβαια, είναι η ευκολία στην χρήση του και η ήδη υπάρχουσα εξοικείωση με το περιβάλλον εργασίας, η οποία μπορεί ταυτόχρονα να υποστηριχθεί και από τη μεγάλη κοινότητα των χρηστών του σε κοινωνικά δίκτυα αλλά και από την ιστοσελίδα της εταιρίας.

1.4 Λογισμικό SketchUp

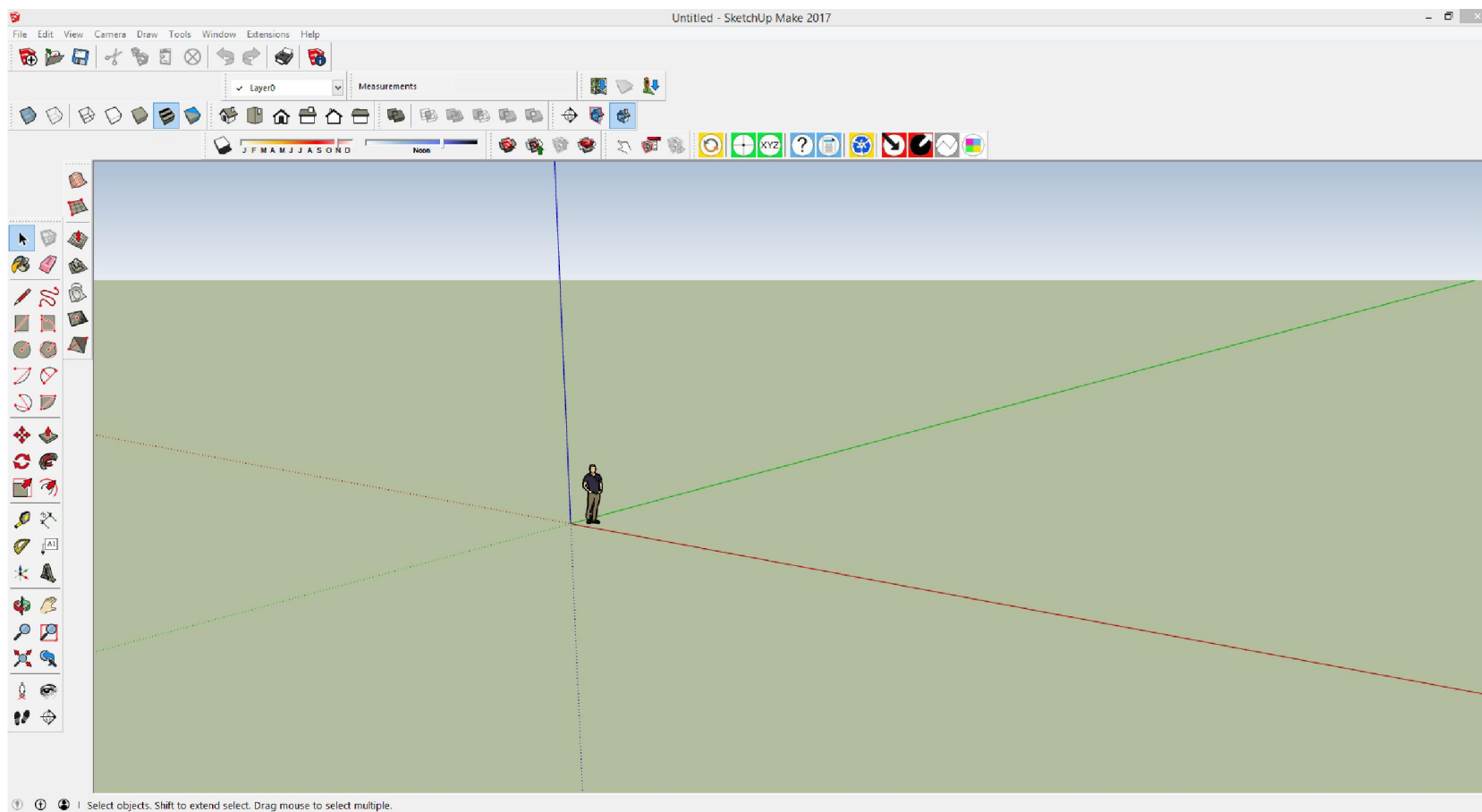
Το SketchUp είναι ένα λογισμικό τρισδιάστατης σχεδίασης που αναπτύχθηκε από την εταιρεία Trimble Inc. και ασχολείται με εφαρμογές χαρτογράφησης, τοπογραφίας και εξοπλισμού πλοήγησης. Διατίθεται τόσο δωρεάν με την έκδοση SketchUp Make, όσο και επί πληρωμή, με πρόσθετες λειτουργίες, με την έκδοση SketchUp Pro. [13]

Κυκλοφόρησε πρώτη φορά το 2000, υφίσταται σε 9 διαφορετικές γλώσσες και υποστηρίζεται από αρχιτεκτονική υπολογιστή 32-bit, 64-bit καθώς και Mac OS. Πλέον βρίσκεται στην έκδοση SketchUp 2017 η οποία είναι γραμμένη στην γλώσσα προγραμματισμού Ruby, δίνοντας την δυνατότητα στον χρήστη για περαιτέρω επεμβάσεις.

Το παρόν πρόγραμμα χρησιμοποιείται σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών, όπως φαίνεται στην εικόνα 1.6, οι οποίες περιλαμβάνουν την αρχιτεκτονική, την εσωτερική διακόσμηση, την μηχανολογία αλλά και τον σχεδιασμό ταινιών και παιχνιδιών μέσα από τη δημιουργία animation.

Περιλαμβάνει ποικίλες βιβλιοθήκες εργαλείων, τόσο δωρεάν όσο και επί πληρωμή, τα οποία μπορεί να χρησιμοποιήσει και να τροποποιήσει ο χρήστης. Πιο συγκεκριμένα, υπάρχουν δυνατότητες εισαγωγής σημείων και αντικειμένων, τροποποίηση της μορφής τους, αλλά και χρήση μοντέλων από και προς το Google Earth ή το AutoCAD. [1]

Επιπλέον δύναται η δυνατότητα δημιουργίας ψηφιακού μοντέλου εδάφους, ισοϋψών αλλά και άλλων τοπογραφικών εργασιών. Έτσι στην εικόνα 1.7 φαίνεται το Ψηφιακό μοντέλο ενός ορεινού όγκου, καθώς και τμήμα αυτοκινητόδρομου που διέρχεται από αυτό.



Εικόνα 1.6: Περιβάλλον εργασίας SketchUp Make 2017



*Εικόνα 1.7: Δημιουργία 3D μοντέλου αυτοκινητόδρομου
[www.thkassoc.com/]*

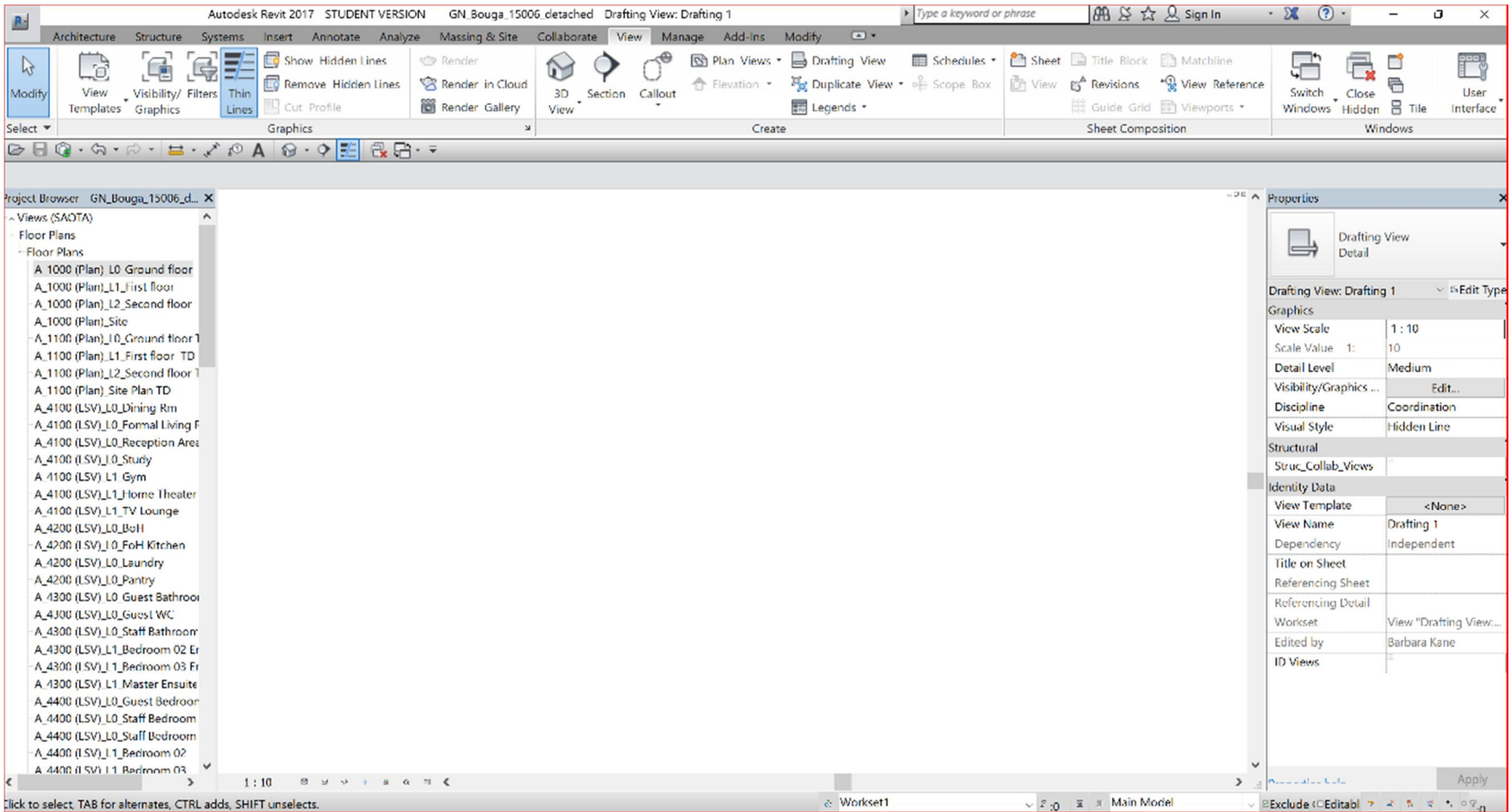
Παρά όμως τις απεριόριστες λειτουργίες και δυνατότητές του, διαπιστώνεται πως πολλές από αυτές είναι ενεργές μόνο στο SketchUp Pro με επιπλέον χρεώσεις, προκαλώντας έτσι οικονομικούς φραγμούς στην χρήση τους.

1.5 Λογισμικό Revit

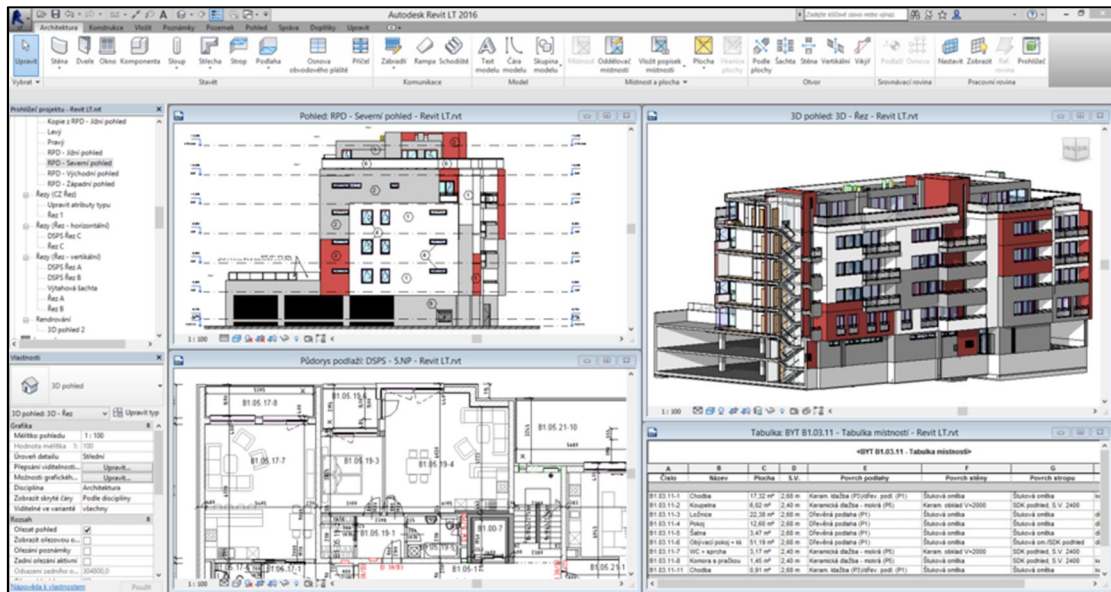
Το Revit είναι ένα, μη ελεύθερο, λογισμικό 3D σχεδίασης, το οποίο δημιουργήθηκε το 1997 από τους προγραμματιστές του λογισμικού Pro / Engineer της PTC με σκοπό τον μηχανικό σχεδιασμό. Τον Ιανουάριο του 2000 το λογισμικό αυτό πέρασε στην εταιρία Revit Technology Corporation, και έπειτα αγοράστηκε από την Autodesk Media & Entertainment. Πλέον κυκλοφορεί υπό την επωνυμία της τελευταίας και είναι διαθέσιμο για υπολογιστές με σύνθετες απαιτήσεις συστήματος, αλλά επεξεργαστές Windows 32-bit και 64-bit, και δυνατότητα δωρεάν δοκιμαστικής έκδοσης σε φοιτητές για τρία χρόνια. [9]

Η τελευταία έκδοση με τίτλο «Revit 2018» χρησιμοποιείται από αρχιτέκτονες, μηχανολόγους αλλά και ηλεκτρολόγους και υδραυλικούς μηχανικούς, κυρίως για την σχεδίαση και τεκμηρίωση ενός κτηρίου. Στην εικόνα 1.8 παρουσιάζεται το περιβάλλον εργασίας για την έκδοση Revit 2017

Σκοπός είναι η δημιουργία ενός παραμετρικού τρισδιάστατου μοντέλου, που περιλαμβάνει τόσο τις γεωμετρικές, όσο και τις κατασκευαστικές και σχεδιαστικές του πληροφορίες. Έτσι αποτελεί ένα λογισμικό που ασχολείται με τη δημιουργία και διαχείριση BIM ή αλλιώς Building Information Modeling, όπως φαίνεται στην εικόνα 1.9.



Εικόνα 1.8: Περιβάλλον εργασίας Revit 2017



Εικόνα 1.9: Δημιουργία ενός BIM στο Revit 2016
[www.shop.cadstudio.cz/]

Μελετώντας, λοιπόν, τις δυνατότητες του συγκεκριμένου λογισμικού, διαπιστώνεται ότι επιτρέπει στους χρήστες του να διαχειρίζονται ολόκληρα κτήρια, συναρμολογήσεις στο περιβάλλον τους, αλλά και απλά ατομικά 3D σχήματα. Επιπλέον παρέχει μια πληθώρα προκαθορισμένων υλικών, για να επενδύσει ο χρήστης τις κατασκευές του, καθένα από τα οποία μπορεί να τροποποιηθεί ανάλογα την εφαρμογή. Ωστόσο δεν δίνεται η δυνατότητα διαχείρισης ούτε πλήθος μεμονωμένων σημείων, ούτε επιμέρους πολύγωνα ενός αντικείμενου, με κάποιες εξαιρέσεις, όπως στέγες, πλάκες ή έδαφος. Συνοψίζοντας, αυτό το λογισμικό είναι ικανό για την επεξεργασία μεμονωμένων κτιρίων αλλά όχι για το σύνολο μιας περιοχής. Το σύστημα συντεταγμένων που χρησιμοποιεί είναι αυθαίρετο και τοπικό για κάθε αντικείμενο, με αποτέλεσμα να μην υπάρχει συσχέτιση του κάθε έργου με άλλα. [1]

Επιπλέον, αξίζει να σημειωθεί πως τα μοντέλα που σχεδιάστηκαν με το παρόν λογισμικό μπορούν να συνδεθούν απευθείας με το 3ds Max προκειμένου να δημιουργηθούν πιο εξελιγμένα έργα απεικόνισης και κινούμενης εικόνας, διατηρώντας μεγάλο μέρος τόσο των πληροφοριών υλικού όσο και των αντικειμένων τους.

1.6 Λογισμικό Blender

Το Blender είναι ένα ελεύθερο λογισμικό τριδιάστατης σχεδίασης το οποίο αναπτύσσεται και προωθείται από τον οργανισμό Blender Foundation. [12]

Δημιουργήθηκε το 1995 αρχικά ως προϊόν εταιρίας για εκμετάλλευση αλλά από το 2002 έως σήμερα ο κώδικας του είναι διαθέσιμος για όλους. Είναι γραμμένο σε γλώσσα προγραμματισμού C, C++ και Python με την τελευταία να χρησιμοποιείται και από το χρήστη για εσωτερική επεξεργασία στο πρόγραμμα και προσθήκη λογικής σε ορισμένες διαδικασίες. Είναι διαθέσιμο για όλες τις κύριες πλατφόρμες λειτουργικών συστημάτων, υποστηρίζοντας αρχιτεκτονική επεξεργαστή 32-bit και 64-bit χωρίς να έχει ιδιαίτερες απαιτήσεις πόρων από το φυσικό σύστημα του υπολογιστή.

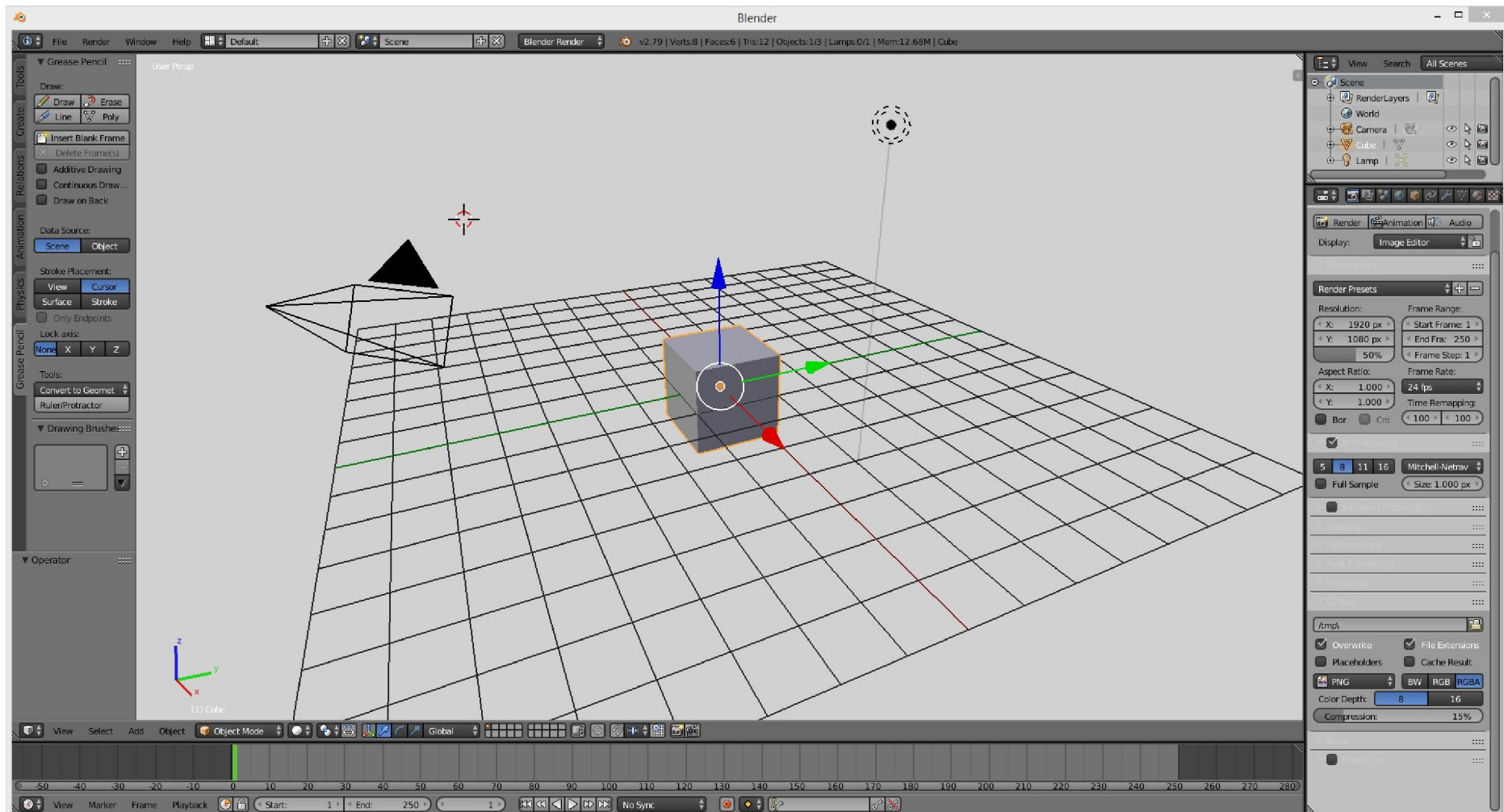
Ως πρόγραμμα, το Blender, είναι αρκετά εύκολο στη χρήση του και ταυτόχρονα υπάρχει μεγάλη υποστήριξη από την κοινότητά του στα κοινωνικά δίκτυα τόσο για αρχάριους όσο και για επαγγελματίες χρήστες.

Έχει χρησιμοποιηθεί από διάφορους μεγάλους οργανισμούς, όπως η NASA, για μοντελοποίηση αλλά και από κινηματογραφικά στούντιο για ταινίες animation και ειδικά εφέ. Αυτό συμβαίνει γιατί το πρόγραμμα διαθέτει προχωρημένα εργαλεία animation, ψηφιακής σχεδίασης χαρακτήρων καθώς επίσης και εργαλεία προσομοίωσης φυσικών πραγμάτων όπως νερό και καπνό. Τα τελευταία χρόνια έχει αρχίσει να χρησιμοποιείται ευρέως και σε βιντεοπαιχνίδια, αφού με τη ψηφιακή γλυπτική δημιουργούνται πολύ ρεαλιστικοί σκελετοί και πρόσωπα, όπως φαίνεται στην εικόνα 1.10. [1]



Εικόνα 1.10: Ψηφιακή γλυπτική προσώπου
[www.unrealtexture.com/]

Στην εικόνα 1.11 παρουσιάζεται το περιβάλλον εργασίας του λογισμικού αυτού στην τελευταία έκδοση του.



Εικόνα 1.11: Περιβάλλον εργασίας Blender

Γίνεται κατανοητό λοιπόν ότι πρόκειται για ένα λογισμικό με προχωρημένες δυνατότητες, οι οποίες ωστόσο δεν είναι ιδιαίτερα χρήσιμες όταν γίνονται εργασίες σε σύνολα σημείων. Παρόλο που μπορεί να γίνει εισαγωγή σημείων τοπικά από το πρόγραμμα, η διαδικασία υποστηρίζει συγκεκριμένους τύπους αρχείων οι οποίοι πρέπει να προκύψουν ύστερα από επεξεργασία σε διαφορετικό λογισμικό. Το σύστημα συντεταγμένων είναι τοπικό χωρίς δυνατότητα αλλαγής και ταυτόχρονα δεν εμφανίζονται οι κωδικοί των σημείων. Επιπλέον, ο κατάλογος με τα επίπεδα σχεδίασης (layers) είναι δύσχρηστος χωρίς να δίνει μεγάλη ελευθερία στην παραμετροποίηση των χαρακτηριστικών τους.

Συμπερασματικά, το συγκεκριμένο λογισμικό βρίσκει καλύτερη εφαρμογή σε διαδικασίες που περιλαμβάνουν τη σχεδίαση και μοντελοποίηση ολοκληρωμένων γεωμετρικών σχημάτων μικρής κλίμακας και όχι σε σύνολα σημείων τα οποία απαιτούν λεπτό χειρισμό και απλές γραμμές.

1.7 Αξιολόγηση Λογισμικών

Αφού αναφέρθηκαν οι δυνατότητες και οι απαιτήσεις κάθε λογισμικού τριδιάστατης σχεδίασης, πραγματοποιείται Πολυκριτηριακή ανάλυση για την επιλογή του καταλληλότερου λογισμικού που είναι ικανό να ικανοποιήσει τις απαιτήσεις της σχεδίασης ενός 3D τοπογραφικού. Μελετώνται διάφορες παράμετροι, δίνοντας όμως έμφαση κυρίως στις σχεδιαστικές δυνατότητες του κάθε λογισμικού.

Αρχικά μελετήθηκαν οι απαιτήσεις του κάθε προγράμματος σε σχέση με τις υλικοτεχνικές προδιαγραφές του υπολογιστή στον οποίο θα εγκατασταθεί το λογισμικό. Παρακάτω, στον πίνακα 1.1 φαίνονται συνοπτικά οι απαιτήσεις κάθε προγράμματος με σχετικές επεξηγήσεις.

Όσον αφορά στην υπολογιστική ισχύ του υπολογιστή, για να λειτουργούν όλα αυτά τα λογισμικά, απαιτείται μνήμη RAM πάνω από 4GB. Σε περιπτώσεις 3D σχεδίου, προκειμένου να γίνεται σχεδίαση, χωρίς καθυστερήσεις του συστήματος, η απαιτούμενη μνήμη είναι πάνω από 16GB (υψηλές απαιτήσεις), ενώ σε άλλα κυμαίνεται από 8GB-16GB (χαμηλές απαιτήσεις).

Παρατηρώντας τον πίνακα αυτό, διαπιστώνεται πως όλα τα προγράμματα λειτουργούν τουλάχιστον σε περιβάλλον Windows, με σχετικά υψηλές απαιτήσεις συστήματος. Εξάιρεση αποτελεί το Blender και το SketchUp που οι απαιτήσεις τους είναι χαμηλές. Τέλος σχεδόν όλα

είναι επί πληρωμή προγράμματα, που όμως παρέχουν δοκιμαστικές εκδόσεις χωρίς χρέωση.

Κριτήρια Σχεδιαστικά Λογισμικά	Λογισμικά συστήματος	Διαθεσιμότητα προγράμματος	Απαιτήσεις ισχύος υπολογιστή
3ds Max	Windows	Επί πληρωμή / Ελεύθερο(*)	Υψηλές
AutoCAD	Windows Mac OS / iOS Android	Επί πληρωμή / Ελεύθερο(*)	Υψηλές
SketchUp	Windows Mac OS	Επί πληρωμή / Ελεύθερο(*)	Χαμηλές
Revit	Windows	Επί πληρωμή / Ελεύθερο(*)	Υψηλές
Blender	Windows Mac OS Linux	Ελεύθερο	Χαμηλές

(*) Υπό προϋποθέσεις

Πίνακας 1.1: Συνοπτικός πίνακας υλικοτεχνικών προδιαγραφών

Για την αξιολόγηση ορίστηκαν διάφορες παράμετροι-δυνατότητες που είναι χρήσιμο να περιλαμβάνονται προκειμένου να διερευνηθεί η διαδικασία. Όσον αφορά στις σχεδιαστικές δυνατότητες, το πρόγραμμα που θα επιλεγεί πρέπει να πληροί κάποια βασικά κριτήρια. Πιο συγκεκριμένα:

- εισαγωγή σημείων σε αρχείο κειμένου (.txt, .csv) με τον κωδικό τους και τις τριδιάστατες συντεταγμένες τους σε συγκεκριμένο σύστημα αναφοράς
- εντολές σχεδιασμού επιφανειών, μέσα από την ένωση των σημείων
- τροποποίηση επιφανειών
- αλλαγή και διαφοροποίηση της μορφής των επιφανειών και των αντικειμένων
- δημιουργία Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους
- ύπαρξη βιβλιοθηκών με έτοιμα τριδιάστατα αντικείμενα

Στον πίνακα 1.2 παρουσιάζονται τα παραπάνω χαρακτηριστικά και κατά πόσο υποστηρίζονται από το κάθε λογισμικό.

Επίσης λήφθηκε υπόψιν η ευκολία της διαχείρισης της κάθε δυνατότητας, εφόσον αυτή υφίσταται, με τη βοήθεια μιας ποιοτικής κλίμακας. Η απόδοση του κάθε λογισμικού θα βαθμολογηθεί με κλίμακα από 0 έως και 3, όπου: 0=Μη διαχειρίσιμη, 1=Δύσκολα διαχειρίσιμη, 2=Μέτρια διαχειρίσιμη ή 3=Εύκολα διαχειρίσιμη.

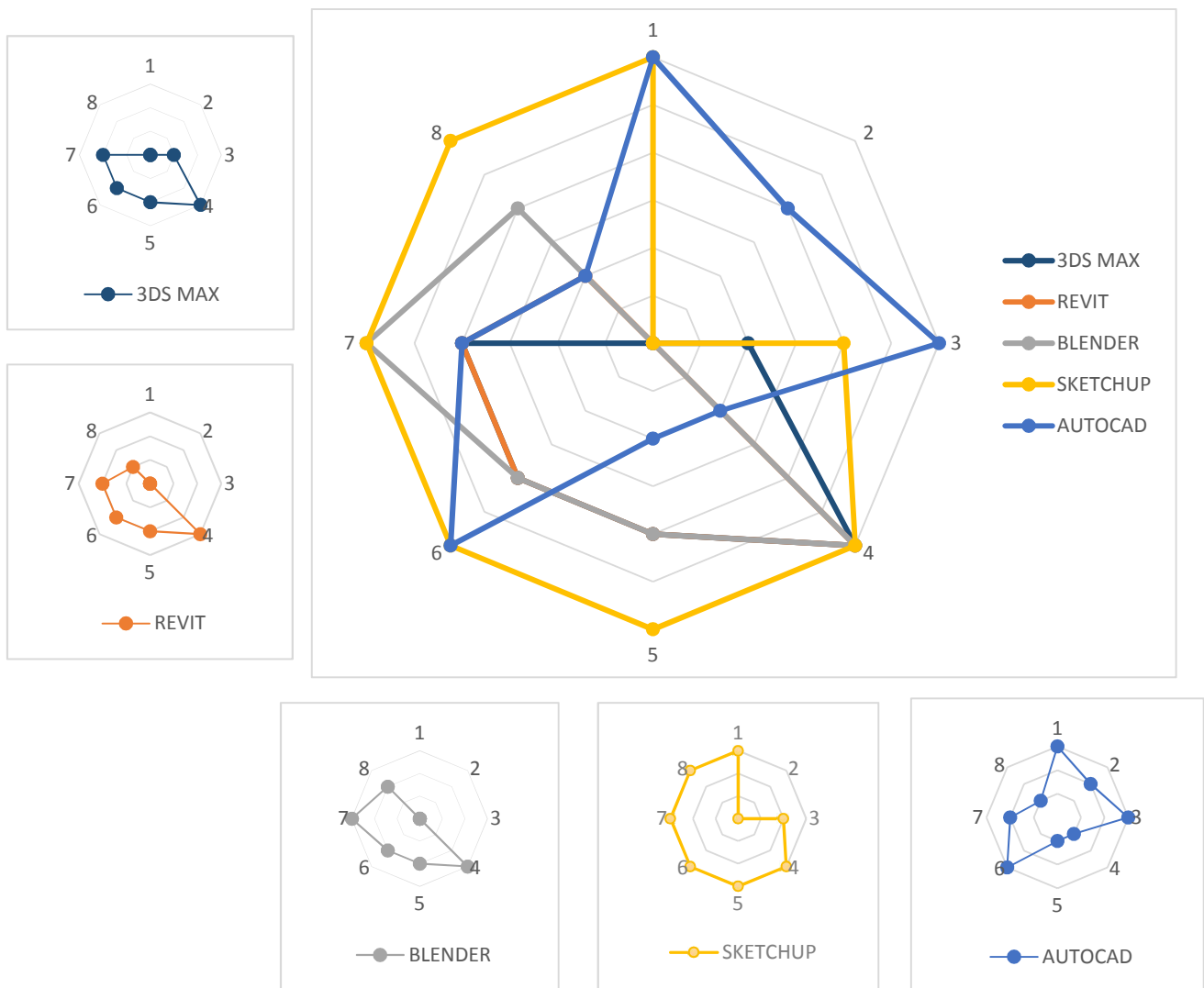
Σχεδιαστικά Λογισμικά Σχεδιαστικές δυνατότητες	3ds Max	AutoCAD	SketchUp	Revit	Blender
Εισαγωγή σημείων μέσω αρχείου κειμένου	0	3	3	0	0
Προβολή ταυτότητας σημείων (αύξων αριθμός σημείου)	0	2	0	0	0
Συγκεκριμένο σύστημα αναφοράς	1	3	2	0	0
Αυτόματη δημιουργία επιφανειών	3	1	3	3	3
Τροποποίηση γεωμετρίας επιφανειών	2	1	3	2	2
Δημιουργία ΨΜΕ	2	3	3	2	2
Δημιουργία Τροποποίηση μορφής αντικειμένων/επιφανειών	2	2	3	2	3
Ύπαρξη βιβλιοθηκών με έτοιμα αντικείμενα	0	1	3	1	2

ΥΠΟΜΝΗΜΑ	Υποστηρίζεται	
	Δεν υποστηρίζεται	
	Μη διαχειρίσιμη (Δεν υποστηρίζεται)	0
	Δύσκολα διαχειρίσιμη	1
	Μέτρια διαχειρίσιμη	2
	Εύκολα διαχειρίσιμη	3

Πίνακας 1.1: Συνοπτικός πίνακας σχεδιαστικών δυνατοτήτων και σχετικό υπόμνημα

Αφού σχεδιάστηκε ο παραπάνω πίνακας, που απεικονίζει τις δυνατότητες διαχείρισης κάθε σχεδιαστικού λογισμικού με βάση τις απαιτούμενες σχεδιαστικές δυνατότητες, δημιουργήθηκε το γνωστό διάγραμμα αράχνης (Spider Diagram) το οποίο δίνει μια εμφανή εικόνα του επικρατέστερου προγράμματος.

Όπως είναι εμφανές, το εμβαδόν της περιοχής που ορίζεται από τις δυνατότητες του SketchUp είναι αισθητά μεγαλύτερο από των υπολοίπων. Δεύτερο έρχεται το AutoCAD ενώ τελευταίο το Revit με το 3ds Max.



Διάγραμμα 1.1: Διαγράμματα Αράχνης για κάθε λογισμικό σχεδίασης

Ωστόσο για την ορθή απόδοση του αποτελέσματος απαιτείται η εμφάνιση της ταυτότητας των σημείων, που δεν υποστηρίζεται από το

πρώτο πρόγραμμα στην κατάταξη. Για το λόγο αυτό επιλέγεται το αμέσως επόμενο και έτσι η σχεδίαση προτείνεται να γίνεται σε περιβάλλον AutoCAD.

1.8 Απόδοση λεπτομερειών

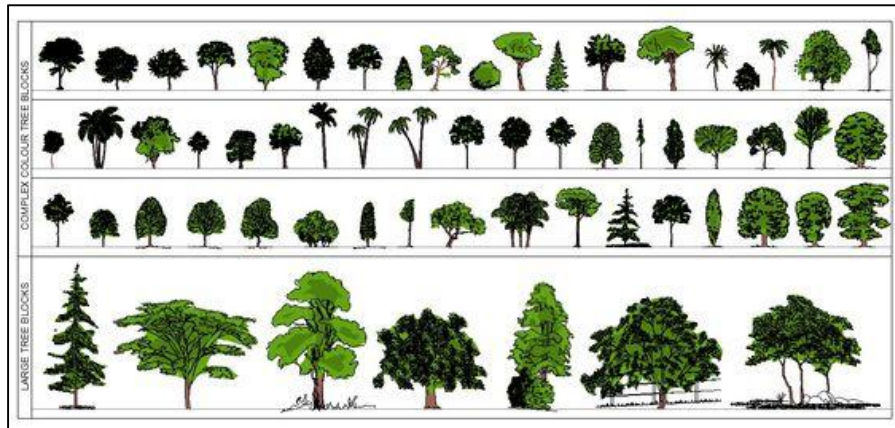
Σύμφωνα λοιπόν με την αξιολόγηση, η τριδιάστατη σχεδίαση του τοπογραφικού θα γίνει σε περιβάλλον AutoCAD. Αυτό σημαίνει πως η σχεδίαση γίνεται σε κλίμακα 1:1, ή ορθότερα χωρίς κλίμακα, με τη βοήθεια των σκαριφημάτων που δημιουργήθηκαν κατά τις μετρήσεις.

Για τη σχεδίαση του τριδιάστατου τοπογραφικού, απαιτείται το ραπορτάρισμα των σημείων σε τρεις διαστάσεις. Στη περίπτωση της ψηφιακής σχεδίασης, οι συντεταγμένες διατηρούν την αβεβαιότητα προσδιορισμού τους, και δεν επιβαρύνονται με επιπλέον σφάλματα κατά την εισαγωγή τους στο λογισμικό ή κατά την απόδοση. [[Λάμπρου Ε., Πανταζής Γ., 2010](#)]

Από τη στιγμή που το σχέδιο είναι σε τρεις διαστάσεις, απαιτείται σχεδίαση τόσο γραμμικής, όσο και επιφανειακής πληροφορίας. Για ευκολότερη διαχείριση προτείνεται η ταξινόμηση των παραπάνω πληροφοριών σε σχεδιαστικά επίπεδα (layers). Με τη διαδικασία αυτή γραμμές και επιφάνειες διαχωρίζονται και εμφανίζονται ή αποκρύπτονται όποτε χρειάζεται. Επιπλέον, σημαντικό είναι όλες οι πληροφορίες να αποθηκεύονται κατά τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας, αλλά και στο τέλος αυτής, προκειμένου να αποφευχθεί η απώλεια τους. [[Λάμπρου Ε., Πανταζής Γ., 2010](#)]

Μετά το πέρας της σχεδίασης, μπορούν να προστεθούν επιπλέον λεπτομέρειες, όπως δέντρα, παγκάκια κ.α. με την μορφή ομάδας αντικειμένων. Τέτοια σύνολα αντικειμένων, ή block όπως αλλιώς λέγονται, είναι ενσωματωμένα σε πολλά λογισμικά, όμως υπάρχουν και ελεύθερα προς χρήση στο διαδίκτυο. Αντίστοιχα, υπάρχει διαθέσιμη και μεγάλη ποικιλία υφών, προκειμένου να επενδυθούν τα κτήρια που αποτυπώθηκαν. Τέτοιες υφές μπορεί να είναι πέτρινες, ξύλινες, τσιμεντένιες κ.α. Ωστόσο προτείνεται η αποφυγή τέτοιων βιβλιοθηκών, κυρίως υφών, καθώς το τελικό προϊόν δεσμεύει πολύ μνήμη στον υπολογιστή και έτσι είναι δύσκολη και αργή η διαχείριση όλου του τριδιάστατου σχεδίου.

Στην εικόνα 1.12 παρουσιάζονται κάποιες βιβλιοθήκες με φυτά, ενώ στην εικόνα 1.13 κάποιες αντίστοιχες με υφές, που μπορούν να τοποθετηθούν στο τελικό προϊόν.



Εικόνα 1.12: Βιβλιοθήκη φυτών
[\[www.cadblocksfree.com/\]](http://www.cadblocksfree.com/)



Εικόνα 1.13: Βιβλιοθήκη ξύλινων υφών

1.9 Απεικόνιση υψομέτρου

Όπως σε κάθε τοπογραφικό διάγραμμα, έτσι και στην περίπτωση του τριδιάστατου, είναι απαραίτητη η απόδοση του υψομέτρου.

Μέχρι στιγμής οι συνήθειες τρόποι είναι με την μέθοδο των ισοϋψών καμπυλών αλλά και της απλής αναγραφής υψομετρικών τιμών σε μεμονωμένα σημεία. Οι μέθοδοι αυτοί εκτελούνται σε δύο διαστάσεις και συνεπώς δεν επαρκούν στην περίπτωση του τριδιάστατου τοπογραφικού.

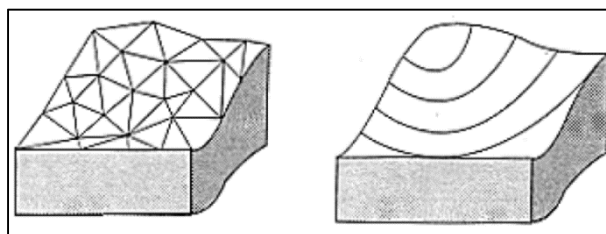
Αντίθετα η πιο αποδοτική και κατανοητή μέθοδος είναι αυτή της δημιουργίας ψηφιακού μοντέλου εδάφους σε τρεις διαστάσεις.

Ψηφιακό μοντέλο εδάφους (DTM, digital terrestrial model) καλείται μία προσέγγιση του φυσικού αναγλύφου με τη βοήθεια μια μαθηματικής επιφάνειας κατάλληλα οριζόμενης. [Μπαντέλας Α., Σαββαΐδης Π., Υφαντής Ι., Δούκας Ι., 1999]

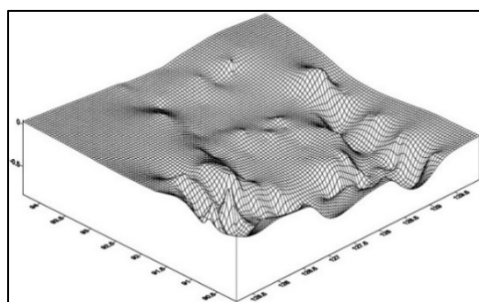
Τα υψομετρικά σημεία από την ταχυμετρική αποτύπωση μιας περιοχής αποτελούν τα πρωτογενή στοιχεία για τον υπολογισμό της επιφάνειας αυτής. Η πυκνότητα τους καθορίζεται από την κλίμακα εκτύπωσης που καθορίζεται κατά την παραγγελία του διαγράμματος. Συνήθως τα στοιχεία αυτά, όμως, δεν επαρκούν και έτσι απαιτείται η χρήση ποικίλων τεχνικών πύκνωσης, με κυρίαρχη αυτή της δημιουργίας τριγώνων για υπολογισμό ισοϋψών καμπυλών. [Μπαντέλας Α., Σαββαΐδης Π., Υφαντής Ι., Δούκας Ι., 1999]

Συνεπώς, στην περίπτωση του τριδιάστατου τοπογραφικού, προτείνεται η δημιουργία τριγώνων και στη συνέχεια ισοϋψών καμπυλών στις περιοχές ενδιαφέροντος, και ύστερα η δημιουργία ψηφιακού μοντέλου εδάφους, με τη χρήση κατάλληλου λογισμικού, αντλώντας δεδομένα από τις καμπύλες αυτές.

Στην εικόνα 1.14 παρουσιάζεται ένα απόσπασμα ψηφιακού μοντέλου με τη χρήση τριγώνων ή ισοϋψών, ενώ στην εικόνα 1.15 ένα ολοκληρωμένο μοντέλο με κλίμακα.



Εικόνα 1.14: Ψηφιακό μοντέλο εδάφους με την χρήση τριγώνων (αριστερά) και ισοϋψών καμπυλών (δεξιά)
[www.eclass.hua.gr/]



Εικόνα 1.15: Ψηφιακό μοντέλο εδάφους με κλίμακα
[www.ipet.gr/]

1.10 Αντικείμενο της εργασίας

Συνοψίζοντας λοιπόν, μέσα από την αναφορά και αξιολόγηση των ποικίλων σχεδιαστικών λογισμικών, έγιναν γνωστές οι απαιτήσεις ενός τριδιάστατου τοπογραφικού. Έτσι αντικείμενο της εργασίας είναι η δημιουργία ενός τέτοιου τοπογραφικού με εφαρμογή επίγειων μεθόδων. Αυτή περιλαμβάνει διαδικασίες που αφορούν:

1. στη συλλογή των δεδομένων στο ύπαιθρο
2. στην επεξεργασία τους για τον προσδιορισμό των συντεταγμένων των σημείων λεπτομέρειας
3. στην απεικόνιση τους στο κατάλληλο λογισμικό
4. στη σχεδίαση-απόδοση του τριδιάστατου τοπογραφικού,
5. στον έλεγχο για την ορθότητα και αξιοπιστία του τοπογραφικού
6. στην εκτύπωση του τελικού προϊόντος.

Οι εργασίες αυτές αποτελούν όλα τα στάδια δημιουργίας ενός 3D τοπογραφικού και θα περιγραφούν αναλυτικά στα επόμενα κεφάλαια.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΟΥ 3D ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΟΥ

2.1 Γενικά

Για τη δημιουργία ενός τριδιάστατου τοπογραφικού, όπως αναφέρθηκε, απαιτούνται ποικίλες εργασίες, τόσο υπαίθρου όσο και γραφείου. Στο παρόν κεφάλαιο περιγράφονται αυτές καθώς και οι βασικές προδιαγραφές για την ορθή δημιουργία του.

Οι εργασίες που απαιτούνται είναι:

- τα αυτοσχέδια κατά την αναγνώριση της περιοχής
- επιλογή μεθόδου συλλογής και επεξεργασίας των δεδομένων
- οι διαδικασίες ένταξης ή όχι της αποτύπωσης
- μέθοδοι ελέγχου ορθότητας και αξιοπιστίας
- προσδιορισμός της αβεβαιότητας του παραδοτέου τοπογραφικού
- ανάλυση των διάφορων δυνατοτήτων εκτύπωσης αυτού

2.2 Αυτοσχέδιο υπαίθρου για 3D αποτύπωση

Ανεξάρτητα από τη μέθοδο της τοπογραφικής αποτύπωσης που χρησιμοποιείται, είναι αναγκαία η τήρηση του αυτοσχεδίου υπαίθρου, ή αλλιώς το croquis-κροκί.

Το αυτοσχέδιο αυτό είναι ένα «τοπογραφικό διάγραμμα» που δεν έχει κλίμακα και είναι σχεδιασμένο με ελεύθερο χέρι, διατηρώντας όσο το δυνατόν μία αναλογία στη σχεδίαση των αντικειμένων.

Στο κροκί, λοιπόν, σχεδιάζεται με την απαιτούμενη λεπτομέρεια, η περιοχή που πρόκειται να αποτυπωθεί. Αποτελεί απαραίτητο εργαλείο για τη σχεδίαση και τελική παραγωγή του τοπογραφικού διαγράμματος, είτε αυτό είναι σε δύο ή τρεις διαστάσεις. [[Μπαλοδήμος Δ., Σταθάς Δ., Αραμπατζή Ο., 2006](#)]

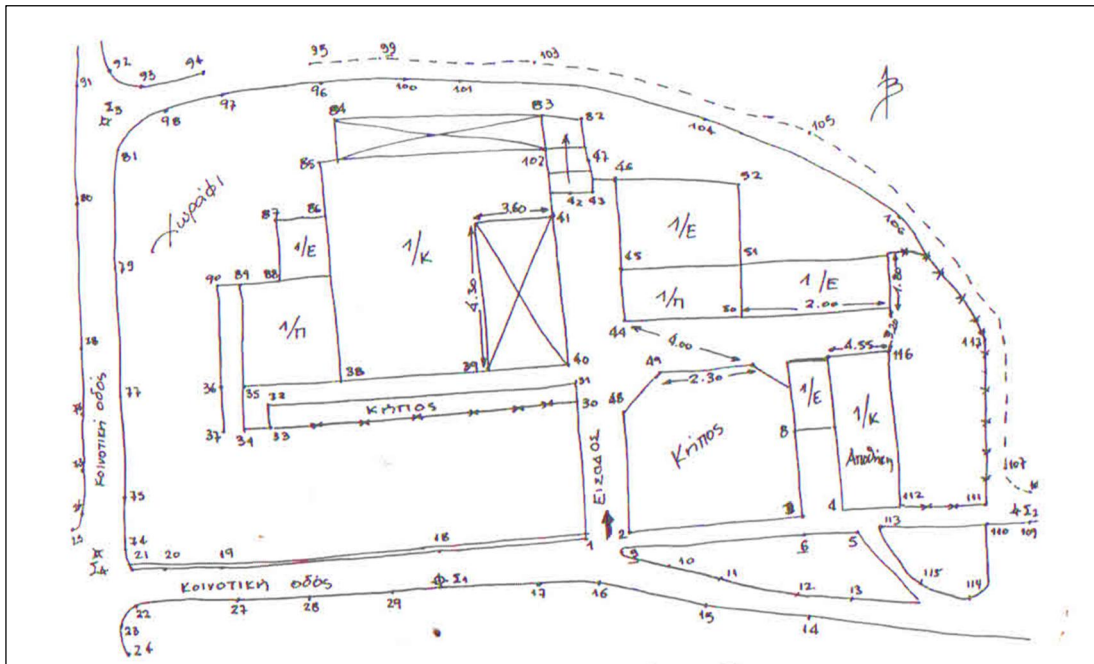
Το κλασικό αυτοσχέδιο πεδίου πρέπει να περιλαμβάνει βασικές πληροφορίες για την περιοχή αποτύπωσης. Πιο συγκεκριμένα πρέπει να υπάρχουν:

- οι σχετικές θέσεις των τριγωνομετρικών σημείων που είναι στην περιοχή μελέτης αλλά και οι κορυφές της όδευσης,

- όλες οι λεπτομέρειες που ανάλογα με την κλίμακα σχεδίου θα πρέπει να εμφανίζονται,
- η ένδειξη του Βορρά,
- όλα τα σημεία που έχουν αποτυπωθεί με τον κωδικό τους
- σχόλια για κάθε αντικείμενο που περιλαμβάνει
- όλες οι συμπληρωματικές μετρημένες αποστάσεις μεταξύ σημείων, όπως πλάτη δρόμων κτλ. [Λάμπρου Ε., Πανταζής Γ., 2010]

Το αυτοσχέδιο αυτό πρέπει να είναι πλήρες, ευανάγνωστο, καθαρό, εύκολα διαχειρίσιμο στο πεδίο και χωρίς ασάφειες.

Ένα υπόδειγμα ορθού και πλήρους σκαριφήματος παρουσιάζεται στην εικόνα 2.1.



Εικόνα 2.1: Αυτοσχέδιο υπαίθρου δύο διαστάσεων
[Λάμπρου Ε., Πανταζής Γ., 2010]

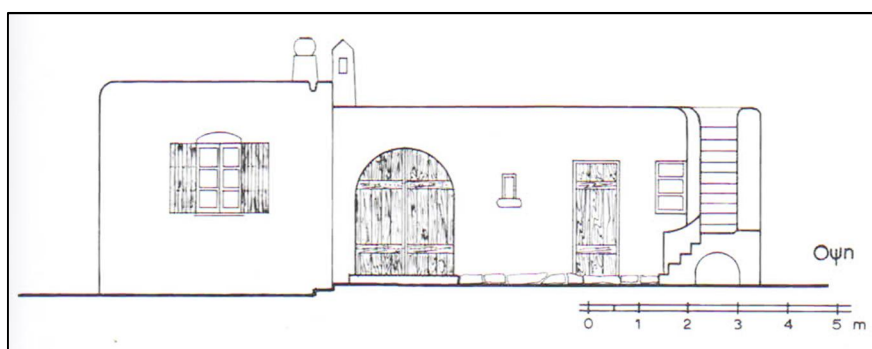
Αν και το αυτοσχέδιο υπαίθρου είναι μια απλή διαδικασία σε τοπογραφικά δύο διαστάσεων, γίνεται φανερό ότι όταν εμπλέκονται υψόμετρα οι απαιτήσεις αλλάζουν. Κι αυτό γιατί σε ένα τριδιάστατο κροκί δεν είναι μόνο απαραίτητη η υψομετρική πληροφορία ενός σημείου, αλλά και που τοποθετείται αυτό στο χώρο και ποια είναι η σχέση του με τα άλλα σημεία γύρω του. Οι προϋποθέσεις αυτές είναι απαραίτητες για τη δημιουργία σύνθετων γεωμετρικών σχημάτων τα οποία έχουν χωροθετηθεί πάνω στη φυσική γήινη επιφάνεια.

Παράλληλα όμως η σύνταξη ενός τριδιάστατου κροκί προϋποθέτει την πλήρη κατανόηση των απαιτήσεων του έργου. Ο μηχανικός, λοιπόν, καλείται να αποφασίσει την ποσότητα της λεπτομέρειας που θα αποτυπώσει με βάση το σκοπό για τον οποίο συντάσσεται το εκάστοτε τριδιάστατο τοπογραφικό. Τα κριτήρια τα οποία λαμβάνονται υπόψιν και εξαρτώνται από τη χρήση του τοπογραφικού διαγράμματος είναι:

- 1) Βαθμός απαιτούμενης λεπτομέρειας
- 2) Πολυπλοκότητα αντικειμένου

2.2.1 Αυτοσχέδιο όψης

Όψη ενός αντικειμένου λέγεται η ορθή προβολή του σε ένα κατακόρυφο προβολικό επίπεδο το οποίο βρίσκεται μπροστά από το αντικείμενο. Οι ορθές προβολές προβάλλουν την εικόνα ενός αντικειμένου έτσι όπως αυτό φαίνεται από έναν παρατηρητή ο οποίος βρίσκεται στο άπειρο και κοιτάζει προς το αντικείμενο. [Παυλίδη Ι., 1997] Στην εικόνα 2.2 παρουσιάζεται η όψη μιας ισόγειας κατοικίας σχεδιασμένη υπό κλίμακα.



Εικόνα 2.2: Όψη ισόγειας κατοικίας
[Παυλίδη Ι., 1997]

Το αυτοσχέδιο για την 3D αποτύπωση παρουσιάζει ιδιαιτερότητες. Για το λόγο αυτό ορίστηκαν βασικοί κανόνες προκειμένου να σχεδιαστεί ένα αυτοσχέδιο όψης ώστε να είναι κατανοητό από τον μηχανικό κατά την αποτύπωση.

Ωστόσο οι όψεις είναι πιθανόν να περιλαμβάνουν και τεμνόμενα στοιχεία αλλά και απλά αντικείμενα που προβάλλονται σε διαφορετικά επίπεδα. Οι διαφοροποιήσεις αυτές γίνονται εμφανείς χρησιμοποιώντας διαφορετική γραμμογραφία, δηλαδή τροποποιώντας το είδος και πάχος της κάθε γραμμής.

Στα σκαριφήματα εμφανίζονται στοιχεία με συνεχή γραμμή τα οποία παρουσιάζουν ακμές ή περιγράμματα ορατών αντικειμένων. Επίσης εμφανίζονται διακεκομμένες γραμμές για αντικείμενα που είτε κρύβονται από άλλα αντικείμενα που βρίσκονται μπροστά τους, είτε βρίσκονται σε αντίθετη κατεύθυνση προς την οποία γίνεται η οριζόντια ή κατακόρυφη τομή. Τέλος εμφανίζονται αξονικές γραμμές (παύλα-τελεία) για φανταστικές γραμμές ή για ίχνη από τομές.

Τα πάχη των γραμμών διαφοροποιούνται ανάλογα με το τι αντιπροσωπεύουν. Οι γραμμές ορθών προβολών, όπως αυτές στις όψεις, σχεδιάζονται με λεπτή γραμμή. Αν βρίσκονται μακρύτερα από το επίπεδο προβολής τότε πρέπει να σχεδιάζονται ακόμα λεπτότερες, έτσι ώστε τα κοντινότερα αντικείμενα να παρουσιάζονται εντονότερα, ενώ τα πιο απομακρυσμένα αχνότερα.

Τα τεμνόμενα μέρη ενός αντικειμένου σχεδιάζονται με χοντρή γραμμή στο περίγραμμα με ταυτόχρονη διαγράμμιση του τεμνόμενου τμήματος. Τέλος ή γραμμή του εδάφους, που είναι επίσης γραμμή τομής, σχεδιάζεται μια διαβάθμιση παχύτερη από τις άλλες γραμμές τομής. [Παυλίδη Ι., 1997]

Στα αυτοσχέδια φαίνονται τα βασικά στοιχεία που πρέπει να μετρηθούν για την αποτύπωση της τρίτης διάστασης. Επιπλέον διαπιστώνεται πως η παρούσα διαδικασία δεν απαιτεί ειδικές γνώσεις σχεδίου ή υπερβολικό χρόνο στο πεδίο για την δημιουργία αυτοσχεδίου. Βασικό πλεονέκτημα τους είναι ότι καθιστούν δυνατή την αποτύπωση ολόκληρης της λεπτομέρειας ενδιαφέροντος σε μια κόλλα χαρτί για κάθε όψη ενός κτηρίου. Ωστόσο όταν η αρχιτεκτονική του κτηρίου είναι πολύπλοκη, η απόδοση των όψεων γίνεται ιδιαίτερα δύσκολη καθώς δεν είναι εφικτό να σχεδιαστεί εύκολα σε μια όψη το βάθος κάποιας κοιλότητας.

2.2.2 Προοπτικό αυτοσχέδιο

Παρατηρώντας τις όψεις που δημιουργήθηκαν παραπάνω, διαπιστώνεται ότι σε κάθε σχέδιο έχουμε μία μόνο προβολή πάνω στο προβολικό επίπεδο, με αποτέλεσμα να φαίνονται μόνο οι δυο διαστάσεις του αντικειμένου.

Για να γίνει αντιληπτό, λοιπόν, ένα τριδιάστατο αντικείμενο απαιτείται φαντασία και συνδυασμός τουλάχιστον δύο σχεδίων (όψεων). Η χρήση ενός προοπτικού σχεδίου, όπου αποδίδονται και οι τρεις διαστάσεις του αντικειμένου, πιθανόν να αποδίδει καλύτερα τη μορφή του.

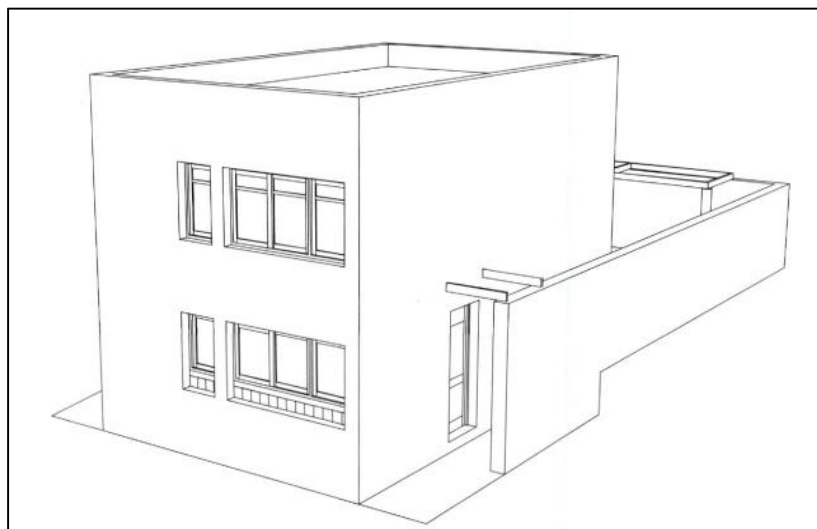
Η ανθρώπινη όραση είναι προοπτική, επομένως η μορφή του σχεδίου καθορίζεται από τη θέση και την οπτική γωνία του παρατηρητή. Ένα

προοπτικό σχέδιο είναι σε κάθε περίπτωση μια γεωμετρική κατασκευή. Τα προοπτικά σχέδια χωρίζονται σε γραμμικά, ορθογραφικά και προοπτικά μιας γωνίας. Η περίπτωση που ταιριάζει καλύτερα στη παρούσα εφαρμογή είναι η τελευταία. Στα προοπτικά σχέδια μιας γωνίας ο παρατηρητής βρίσκεται σε μικρή απόσταση από το αντικείμενο και διατηρούνται οι διαστάσεις και ο βαθμός σύγκλισης των ακμών του. [Εφesiού Ε., Μονεμβασίτου Α., Παυλίδης Γ., Παυλίδου Α., 1999]

Πιο συγκεκριμένα, ακολουθούνται κάποιες συμβάσεις κατά τον σχεδιασμό, όπως:

- 1) οι ακμές των παράλληλων επιφανειών παραμένουν παράλληλες και διατηρούν σχέσεις άμεσα μετρήσιμες μεταξύ τους.
- 2) οι κατακόρυφες γραμμές παραμένουν κάθετες
- 3) οι άλλοι άξονες κλίνουν σε καθορισμένες γωνίες.

Ένα παράδειγμα προοπτικού σχεδίου κατοικίας φαίνεται στην εικόνα 2.3.



Εικόνα 2.3: Προοπτικό σχέδιο κατοικίας
[www.ebooks.edu.gr/]

Πλεονέκτημα του προοπτικού σκαριφήματος είναι ότι χρειάζονται λιγότερα σχέδια προκειμένου να αποτυπωθεί ένα κτήριο από διαφορετικούς προσανατολισμούς, όσο πολύπλοκο και αν είναι. Παρόλα αυτά δεν γίνεται να αποτυπωθεί πλήρως όλη η λεπτομέρεια των κτηρίων σε αυτά τα σχέδια καθώς θα τα καταστήσει δυσανάγνωστα κατά την διαδικασία της απόδοσης του διαγράμματος. Επιπλέον, δοκιμάζοντας αυτή τη διαδικασία στο πεδίο διαπιστώνεται πως ο χρόνος που απαιτείται αυξάνεται αρκετά, ενώ η σχεδίαση απαιτεί κατανόηση και γνώση προοπτικής γεωμετρίας.

2.2.3 Εικονιστικό-Φωτογραφικό αυτοσχέδιο

Μια άλλη προσέγγιση στο αυτοσχέδιο υπαίθρου είναι και αυτή της λήψης εικόνων ως κροκί. Πρόκειται για μία μέθοδο η οποία αξιοποιεί περισσότερο την τεχνολογία και λιγότερο την ικανότητα του μηχανικού στη σχεδίαση προσφέροντας ταυτόχρονα ταχύτητα αλλά και αποτύπωση σε μια φωτογραφία όλων εκείνων των λεπτομερειών που κρίνονται απαραίτητες προς απόδοση κατά το στάδιο της σχεδίασης.

Πρόκειται για μία μέθοδο η οποία διευκολύνεται πολύ από την εξέλιξη της τεχνολογίας και την ύπαρξη μιας φωτογραφικής κάμερας σε κάθε κινητό τηλέφωνο. Η λήψη της εικόνας και η επεξεργασία της μπορούν να γίνουν ακόμα και μέσα από το κινητό τηλέφωνο στο πεδίο.

Στην εικόνα 2.4 που ακολουθεί φαίνεται μια εικόνα όψης που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως κροκί.



Εικόνα 2.4: Φωτογραφική λήψη για χρήση ως κροκί

Η διαδικασία αυτή παρουσιάζει ορισμένα προβλήματα, όπως η πλήρης φωτογράφιση του αντικειμένου, που καλείται να αποδοθεί, χρησιμοποιώντας τον μικρότερο δυνατό αριθμό εικόνων. Έτσι η πληροφορία είναι συγκεντρωμένη σε λίγες εικόνες για εύκολο εντοπισμό απαραίτητων λεπτομερειών και αποφυγή σύγχυσης κατά το στάδιο της σχεδίασης.

Όταν ολοκληρωθεί το στάδιο των λήψεων πρέπει να καθοριστεί ο τρόπος με τον οποίο ένας μηχανικός θα επέμβει πάνω σε αυτές τις λήψεις ώστε να δημιουργήσει τα κροκί.

Πρώτη λύση είναι η εκτύπωση των φωτογραφιών ώστε να σημειώνεται πάνω σε αυτές η πληροφορία που χρειάζεται. Η προσέγγιση αυτή ωστόσο είναι χρονοβόρα εκτός και αν ο μηχανικός διαθέτει φορητό εκτυπωτή στο πεδίο εργασίας.

Εναλλακτικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί μεγαλύτερη οθόνη (tablet), ώστε να γίνεται η επεξεργασία της εικόνας αμέσως μετά τη λήψη της στο πεδίο.

Τέλος, η δημιουργία κροκί με εικόνες ικανοποιεί σε μεγάλο βαθμό τα δύο κριτήρια που αναφέρθηκαν αφού δεν υπάρχει κανένας συμβιβασμός στην αποτύπωση όλης της λεπτομέρειας ενός κτηρίου, όσο πολύπλοκο και αν είναι αυτό. Παρόλα αυτά, η διαδικασία αυτή προϋποθέτει τόσο επιπλέον εξοπλισμό όσο και χρόνο για να γίνει σωστά χωρίς παραλήψεις.

2.3 Ένταξη αποτύπωσης

Με τη διαδικασία της ένταξης προσδιορίζονται οι συντεταγμένες των σημείων του δικτύου που εγκαθίστανται στην περιοχή, για τις ανάγκες της αποτύπωσης, στο κρατικό σύστημα αναφοράς ΕΓΣΑ '87. [Λάμπρου Ε., Πανταζής Γ.,2010]

Η μέθοδος που θα χρησιμοποιηθεί για την πύκνωση του παραπάνω δικτύου εξαρτάται από τα διαθέσιμα σημεία γνωστών συντεταγμένων ή τον διαθέσιμο εξοπλισμό.

Στην περίπτωση που δεν απαιτείται ένταξη στο κρατικό σύστημα, τα σημεία που εγκαθίστανται στην περιοχή μελέτης ορίζουν ένα αυθαίρετο τοπικό δίκτυο, και έτσι η αποτύπωση είναι σε αυθαίρετο σύστημα αναφοράς.

Ο μηχανικός πρέπει να είναι σε θέση να επιλέγει το ελάχιστο πλήθος και τη βέλτιστη θέση προκειμένου να ελαχιστοποιήσει το πλήθος των μετρήσεων του αλλά και τον χρόνο μέτρησης του δικτύου.

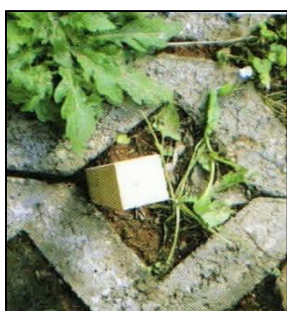
Η επιλογή της θέσης των κορυφών του δικτύου μιας αποτύπωσης απαιτεί εμπειρία, προσοχή και καλή αναγνώριση της περιοχής και των δυσκολιών της. Τα σημεία αυτά επιλέγονται με τρόπο ώστε να καλύπτουν όλη την περιοχή, να έχουν αμοιβαία ορατότητα μεταξύ τους και να είναι εύκολα προσβάσιμα. [Λάμπρου Ε., Πανταζής Γ.,2010]

Η επιλογή της θέσης τους είναι πολύ σημαντική καθώς αν είναι πολύ κοντά στα κτήρια θα είναι δύσκολη η μέτρηση σημείων στις ταράτσες-στέγες αυτών, ενώ αν είναι πολύ μακριά δεν θα υπάρχει η δυνατότητα μέτρησης όλων των απαραίτητων λεπτομερειών και έτσι θα πρέπει να αυξηθεί το πλήθος τους.

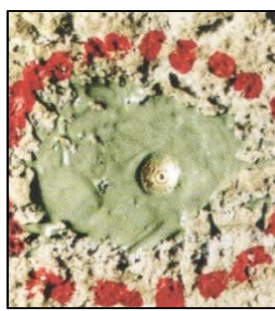
Δεδομένου ότι απαιτείται μέτρηση μικρών ζενίθιων γωνιών, πρέπει κατά την υλοποίηση των στάσεων να ληφθεί υπόψιν το ύψος των εκάστοτε κηρίων, ώστε να διευκολύνεται η διαδικασία.

Επιπλέον διαπιστώνεται πως σε σύγκριση με το δίκτυο εγκατάστασης για το απλό τοπογραφικό διάγραμμα, οι κορυφές συνήθως αυξάνονται σε 2 ή και 3 παραπάνω, ανάλογα τη περιοχή και τις ιδιαιτερότητές της.

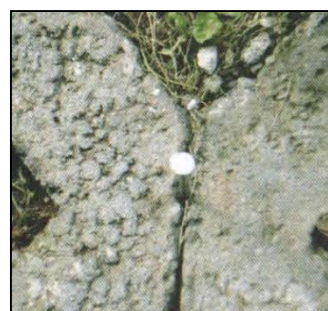
Όσον αφορά στην σήμανση τους αυτή πρέπει να είναι ευδιάκριτη και μόνιμη ή ημιμόνιμη, μέχρι το πέρας των εργασιών. Τις περισσότερες φορές επιλέγονται ξύλινοι πάσσαλοι αν η τοποθέτησή τους είναι σε χώμα (εικόνα 2.5α), ή μπρούτζινα μπουλόνια πακτωμένα σε ρητίνη, αν πρόκειται για τοποθέτηση σε τσιμέντο ή άσφαλτο (εικόνα 2.5β). Τέλος μπορεί να επιλεγεί η ακμή κάποιου φρεατίου ή να τοποθετηθεί ένα ατσαλόκαρφο στο σημείο ενδιαφέροντος (εικόνα 2.5γ).



(α)



(β)



(γ)

*Εικόνα 2.5: Μόνιμη και ημιμόνιμη σήμανση σημείων δικτύου
[Λάμπρου Ε.-Πανταζής Γ., 2010]*

Η πύκνωση γίνεται με τον προσδιορισμό των συντεταγμένων δύο ή τριών κορυφών εκτός περιοχής ενδιαφέροντος, και μεταφορά τους μέσα σε αυτήν, με τη μέτρηση οδεύσεων, ανοιχτών ή κλειστών. Τα σημεία αυτά μπορούν να προσδιοριστούν με δορυφορικό εντοπισμό, μέσω σύνδεσης του με έναν μόνιμο σταθμό αναφοράς του συστήματος HEPOS.

Με τη χρήση ενός δέκτη και αγορά των ομόλογων μετρήσεων του σταθμού αναφοράς για συγκεκριμένο χρόνο, προσδιορίζονται οι συντεταγμένες του σημείου αυτού με ακρίβεια 1cm.

Από τα σημεία αυτά εξαρτώνται οι ανοιχτές ή κλειστές οδεύσεις που ιδρύονται στην περιοχή ενδιαφέροντος, και με μέτρηση οριζόντιων και ζενίθιων γωνιών αλλά και κεκλιμένων μηκών, συλλέγονται τα στοιχεία επίλυσής τους, και έτσι προσδιορίζονται οι συντεταγμένες των κορυφών-στάσεων πύκνωσης. Συνήθως επιλέγεται μέτρηση των οδεύσεων με τη μέθοδο τριών τριπόδων προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί το σφάλμα κέντρωσης και οριζοντίωσης και να επιταχυνθεί η διαδικασία. Έτσι, τελικά, για την ένταξη, χρησιμοποιούνται τόσο γεωδαιτικές, όσο και δορυφορικές μέθοδοι, οι οποίες εξαρτώνται από την περιοχή εφαρμογής. Τέλος στην περίπτωση του αυθαίρετου συστήματος, η δορυφορική διαδικασία παραλείπεται και η κορυφή εξάρτησης λαμβάνει αυθαίρετες συντεταγμένες.

2.4 Μέτρηση σημείων λεπτομέρειας

Το στάδιο αυτό περιλαμβάνει τη μέτρηση των στοιχείων που είναι απαραίτητα για τον προσδιορισμό των συντεταγμένων των σημείων λεπτομέρειας. Αυτές οι μετρήσεις γίνονται είτε με τη μέθοδο των πολικών συντεταγμένων, είτε με εμπροσθοτομία και δορυφορικό εντοπισμό.

Στην περίπτωση του τριδιάστατου τοπογραφικού διαγράμματος η δεύτερη μέθοδος έχει σημαντικά σφάλματα υψομετρικά και επομένως αποφεύγεται. Επίσης είναι αδύνατη η τοποθέτηση του δέκτη GPS στις ακμές των κτηρίων για την μέτρηση όλων των απαραίτητων σημείων. Τέλος η μέθοδος αυτή απαιτεί καθαρό ορίζοντα, κατάσταση αδύνατη στην περίπτωση αστικής αποτύπωσης.

Με τη δυνατότητα των νέων ολοκληρωμένων γεωδαιτικών σταθμών να μετρούν απρόσιτα σημεία με τη χρήση reflectorless, η μέθοδος της εμπροσθοτομίας χρησιμοποιείται ελάχιστα.

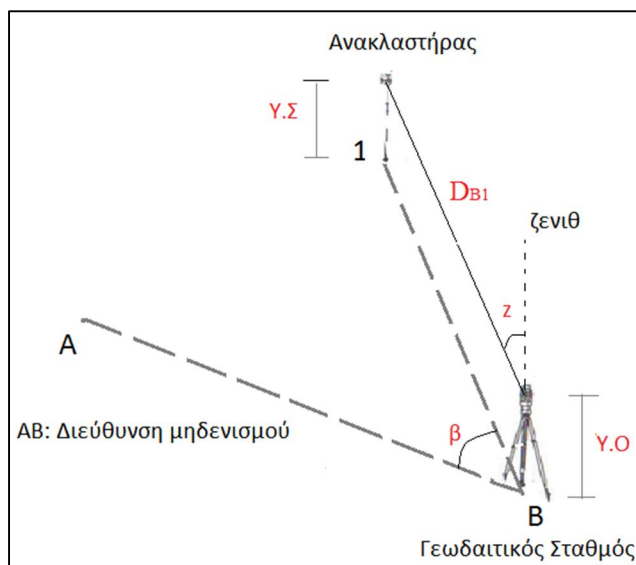
Συνεπώς η καταλληλότερη μέθοδος για την παρούσα εργασία είναι η μέθοδος των πολικών συντεταγμένων καθώς είναι πιο οικονομική και γρήγορη σε σχέση με τις άλλες δυο.

Για κάθε σημείο λεπτομέρειας μετριέται το ύψος οργάνου (Υ.Ο.), το ύψος στόχου (Υ.Σ), η οριζόντια (β) και ζενίθια (z) γωνία αλλά και το κεκλιμένο μήκος (D) μεταξύ του οργάνου και του επιθυμητού σημείου. [Λάμπρου Ε., Πανταζής Γ.,2010]

Στην περίπτωση μέτρησης μήκους χωρίς ανακλαστήρα, το ύψος στόχου θεωρείται μηδέν, και η μέτρηση πραγματοποιείται με την χρήση ακτίνας κόκκινου ορατού laser.

Για τον υπολογισμό των συντεταγμένων των σημείων πρέπει να είναι γνωστές οι συντεταγμένες της στάσης τοποθέτησης του οργάνου αλλά και της στάσης μηδενισμού.

Στην εικόνα 2.6 φαίνεται η διάταξη που χρησιμοποιείται για την εφαρμογή της μεθόδου. Το σημείο B αποτελεί την στάση τοποθέτησης του οργάνου, το σημείο A την στάση μηδενισμού και το σημείο 1 είναι το σημείο ενδιαφέροντος. Με κόκκινο φαίνονται τα στοιχεία που μετριοούνται κάθε φορά.



Εικόνα 2.6: Διάταξη μεθόδου πολικών συντεταγμένων

2.4.1 Υπολογισμός συντεταγμένων σημείων λεπτομέρειας

Κατά τη συλλογή δεδομένων, οι μετρήσεις αποθηκεύονται στη μνήμη του οργάνου, για ευκολότερη διαχείριση. Το αρχείο που παράγεται από τον γεωδαιτικό σταθμό περιλαμβάνει τη στάση τοποθέτησης του γεωδαιτικού σταθμού και το ύψος οργάνου, τη στάση μηδενισμού και το ύψος στόχου. Επιπλέον για κάθε σημείο υπάρχει ο αύξον αριθμός του, η οριζόντια και η κατακόρυφη γωνία, το κεκλιμένο μήκος καθώς και το ύψος στόχου, στοιχεία απαραίτητα για τον προσδιορισμό των συντεταγμένων του κάθε σημείου.

Χρησιμοποιώντας το κατάλληλο λογισμικό, οι μετρήσεις μεταφέρονται στον υπολογιστή σε συγκεκριμένη μορφή (format), προκειμένου να μπορέσουν να διαχειριστούν με ευκολία από κάποιο άλλο πρόγραμμα υπολογιστή, για τον υπολογισμό των τελικών συντεταγμένων.

Με την χρήση του 1^{ου} θεμελιώδες προβλήματος και της τριγωνομετρικής υψομετρίας υπολογίζονται οι ορθογώνιες συντεταγμένες

x, y (2.1) και (2.2) και το υψόμετρο H (2.3) για κάθε σημείο. [Λάμπρου Ε., Πανταζής Γ., 2010]

Παρακάτω φαίνονται στις σχέσεις (2.1), (2.2) και (2.3) υπολογίζονται οι συντεταγμένες για ένα σημείο i , το οποίο μετρήθηκε από την στάση Σ με μηδενισμό στην στάση M .

$$x_i = x_\Sigma + S_{\Sigma i} \sin(\alpha_{\Sigma i}) \quad (2.1)$$

$$y_i = y_\Sigma + S_{\Sigma i} \cos(\alpha_{\Sigma i}) \quad (2.2)$$

$$H_i = H_\Sigma + D_{\Sigma i} \cos z_{\Sigma i} + Y.O. + Y.\Sigma. \quad (2.3)$$

Η γωνία διεύθυνσης $\alpha_{\Sigma i}$ υπολογίζεται από την εφαρμογή του 3^{ου} θεμελιώδες προβλήματος με βάση την σχέση (2.4).

$$\alpha_{\Sigma i} = \alpha_{M\Sigma} + \beta + 200^g - k400^g \quad (2.4)$$

Ανάλογα με το σύστημα αναφοράς που επιλέχθηκε, η οριζόντια απόσταση που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό των οριζοντιογραφικών συντεταγμένων, πρέπει να υποστεί κάποιες αναγωγές.

Αν το σύστημα είναι αυθαίρετο δεν χρειάζεται αναγωγή λόγω προβολής. Αντίθετα στο ΕΓΣΑ'87 πρέπει να υπολογιστεί ο συντελεστής κλίμακας προβολής K και να πολλαπλασιαστεί με τις αποστάσεις. Έτσι οι σχέσεις (2.1) και (2.2) διαμορφώνονται στις παρακάτω.

$$x_i = x_\Sigma + S_{\Sigma i} K \sin(\alpha_{\Sigma i}) \quad (2.5)$$

$$y_i = y_\Sigma + S_{\Sigma i} K \cos(\alpha_{\Sigma i}) \quad (2.6)$$

Η αβεβαιότητα των συντεταγμένων προσδιορίζεται με εφαρμογή του νόμου μετάδοσης στις παραπάνω σχέσεις.

Έτσι ο μηχανικός θα είναι σε θέση να υπολογίσει την ακρίβεια του αποτελέσματος του, και να ελέγξει αν αυτό πληροί τις προϋποθέσεις του παραγγέλλοντα.

Αρχικά κατά την πύκνωση του δικτύου προσδιορίστηκαν, πέρα από τις συντεταγμένες των κορυφών-στάσεων, και οι αβεβαιότητες τους (σ_{x_Σ} , σ_{y_Σ} και σ_{H_Σ}).

Γνωρίζοντας τα χαρακτηριστικά του γεωδαιτικού σταθμού είναι επίσης γνωστές οι αβεβαιότητες της μοναδιαίας μέτρησης στη διεύθυνση ($\sigma_\delta = \pm \delta^{cc}$) καθώς και της μέτρησης του μήκους ($\sigma_{D'} = \pm a \text{ mm} \pm b \text{ ppm}$). Επιπλέον εκτιμάται το σφάλμα στο ύψος οργάνου ($\sigma_{\gamma.O}$) και ύψος στόχου ($\sigma_{\gamma.\Sigma}$), όπως δίνεται από τον κατασκευαστή της μετροταινίας ή των ανακλαστήρων. Μπορεί να υπολογιστεί το σφάλμα του μήκους $D_{\Sigma i}$, της

απόστασης $S_{\Sigma i}$, της οριζόντιας γωνίας $\beta_{M\Sigma i}$, καθώς και της ζενίθιας γωνίας $z_{\Sigma i}$. [Αγατζιά-Μπαλοδήμου Α. Μ., 2009]

$$\sigma_{D_{\Sigma i}}(mm) = \pm \sqrt{\alpha^2 + (bD_{\Sigma i} 10^{-3})^2} \quad (2.7)$$

$$\sigma_{\beta_{M\Sigma i}}(cc) = \pm \sigma_{\delta} \sqrt{2} \quad (2.8)$$

$$\sigma_{z_{\Sigma i}}(cc) = \pm \sigma_{\delta} \quad (2.9)$$

$$\sigma_{S_{\Sigma i}}(m) = \pm \sqrt{(\sin z_{\Sigma i})^2 \sigma_{D_{\Sigma i}(m)}^2 + (D_{\Sigma i} \cos z_{\Sigma i})^2 \left(\frac{\sigma_{z_{\Sigma i}(cc)}}{63\ 6620} \right)^2} \quad (2.10)$$

Επιπλέον επειδή είναι γνωστές οι συντεταγμένες των στάσεων μπορεί να υπολογιστεί το σφάλμα της γωνίας διεύθυνσης $\alpha_{\Sigma i}$ με βάση την σχέση (2.11).

$$\sigma_{\alpha_{\Sigma i}}(cc) = \pm \sqrt{\sigma_{\alpha_{\Sigma M}(cc)}^2 + \sigma_{\beta_{M\Sigma i}(cc)}^2} \quad (2.11)$$

Αν η στάση Σ και η στάση μηδενισμού M έχουν την ίδια αβεβαιότητα και τα x και y ($\sigma_{x_{\Sigma}} = \sigma_{y_{\Sigma}} = \sigma_{x_M} = \sigma_{y_M} = \sigma$) τότε ισχύει:

$$\sigma_{\alpha_{\Sigma M}}(cc) = \pm 636620 * \frac{\sigma * \sqrt{2}}{D_{\Sigma M}} \quad (2.12)$$

Αντίθετα, σε περίπτωση μη ισότητας, ισχύει:

$$\sigma_{\alpha_{\Sigma M}}(cc) = \pm 636620 \sqrt{\frac{(y_M - y_{\Sigma})^2 (\sigma_{x_{\Sigma}}^2 + \sigma_{x_M}^2) + (x_M - x_{\Sigma})^2 (\sigma_{y_{\Sigma}}^2 + \sigma_{y_M}^2)}{S_{\Sigma M}^4}} \quad (2.13)$$

Έτσι εφαρμόζοντας νόμο μετάδοσης στις σχέσεις (2.1), (2.2) και (2.3) προκύπτουν οι αβεβαιότητες των τελικών συντεταγμένων και έτσι του τελικού προϊόντος σε μέτρα.

$$\sigma_{x_i}(m) = \pm \sqrt{\sigma_{x_{\Sigma}}^2 + (\sin \alpha_{\Sigma i})^2 \sigma_{S_{\Sigma i}}^2 + (S_{\Sigma i} \cos \alpha_{\Sigma i})^2 \left(\frac{\sigma_{\alpha_{\Sigma i}(cc)}}{63\ 6620} \right)^2} \quad (2.14)$$

$$\sigma_{y_i}(m) = \pm \sqrt{\sigma_{y_{\Sigma}}^2 + (\cos \alpha_{\Sigma i})^2 \sigma_{S_{\Sigma i}}^2 + (-S_{\Sigma i} \sin \alpha_{\Sigma i})^2 \left(\frac{\sigma_{\alpha_{\Sigma i}(cc)}}{63\ 6620} \right)^2} \quad (2.15)$$

$$\sigma_{H_i}(m) = \pm \sqrt{\sigma_{H_\Sigma}^2 + (\cos z_{\Sigma i})^2 \sigma_{D_{\Sigma i}}^2 + \sigma_{\gamma.o.}^2 + \sigma_{\gamma.\Sigma.}^2 + (-D_{\Sigma i} \sin z_{\Sigma i})^2 \left(\frac{\sigma_{z_{\Sigma i}(cc)}}{636620} \right)^2}$$

(2.16)

Εφαρμόζοντας τους παραπάνω τύπους για ακραίες περιπτώσεις μπορεί να υπολογιστεί το μέγιστο σφάλμα των συντεταγμένων της αποτύπωσης.

Σύμφωνα με τη κλίμακα εκτύπωσης που ζητάει ο αναγγέλλοντας και την διακριτική ικανότητα του ανθρώπινου ματιού, η υφιστάμενη αβεβαιότητα του διαγράμματος πρέπει να συγκριθεί με το μέτρο της αβεβαιότητας κατά της ανάγνωση του διαγράμματος. [Μπαλοδήμος Δ., Λάμπρου Ε., Πανταζής Γ., Γεωργόπουλος Γ., Δογγούρης Σ., 2005]

Για παράδειγμα, με την εκτύπωση ενός διαγράμματος σε κλίμακα 1:200 και γνωρίζοντας πως η διακριτική ικανότητα του ματιού είναι 0.25mm, η επιθυμητή αβεβαιότητα είναι μέχρι 50mm. Επομένως το σφάλμα του διαγράμματος πρέπει να είναι μικρότερο από 50mm ώστε να γίνει αποδεκτό.

Αυτός ο έλεγχος είναι καλό να γίνεται σε κάθε διάγραμμα προκειμένου να πληρούνται οι προϋποθέσεις ακρίβειας που τέθηκαν κατά τη παραγγελία της εκάστοτε εργασίας.

2.5 Έλεγχος

Όπως σε κάθε τοπογραφικό διάγραμμα, έτσι και στη τριδιάστατη απεικόνιση που δημιουργήθηκε, είναι απαραίτητος ο έλεγχος ορθότητας της περιοχής που αποτυπώθηκε.

Μέχρι στιγμής η διαδικασία αυτή πραγματοποιούταν στο πεδίο με εκτυπωμένα τμήματα, σε δύο διαστάσεις, του εκάστοτε σχεδίου, σε συγκεκριμένη κλίμακα.

Περπατώντας προσεκτικά στο πεδίο, γίνονται επί τόπου διορθώσεις και συμπληρώσεις με τη χρήση μετροταινίας.

Αν απαιτείται χρήση γεωδαιτικού οργάνου τότε είναι απαραίτητη η συμπλήρωση του διαγράμματος με τις απαραίτητες μετρήσεις, και κατόπιν έλεγχος ξανά να διαπιστωθεί η ορθότητα και η πληρότητα του. [Λάμπρου Ε., Πανταζής Γ., 2010]

Στην περίπτωση του τριδιάστατου τοπογραφικού διαγράμματος η εκτύπωση σε τρεις διαστάσεις είναι δύσκολη για τη διαδικασία του ελέγχου. Η μέθοδος που θα χρησιμοποιηθεί είναι αναγκαίο να μοιάζει με

αυτή του διδιάστατου διαγράμματος, προκειμένου να είναι πιο εύκολα εφαρμόσιμη. Έτσι μπορούν να εκτυπώνονται σχέδια σε δύο διαστάσεις, υπό κλίμακα, και να χρησιμοποιείται μετροταινία.

Ο έλεγχος στα κλασικά δυσδιάστατα τοπογραφικά διαγράμματα αποτελεί μια ιδιαίτερης σημασίας διαδικασία. Αυτός πραγματοποιείται αφού πρωτίστως εκτυπωθεί τμηματικά το διάγραμμα σε κατάλληλη κλίμακα.

2.5.1 Έλεγχος με την χρήση προοπτικών σχεδίων

Όπως αναφέρεται και στη παράγραφο των σκαριφημάτων, οι προοπτικές απεικονίσεις είναι η καλύτερη λύση για την αναπαράσταση τρισδιάστατων αντικειμένων, είτε αυτά είναι απλά στη μορφή τους, είτε πολύ σύνθετα.

Στην περίπτωση που μελετάται στην παρούσα εργασία, το τελικό παράγωγο είναι ένα τριδιάστατο σχέδιο σε περιβάλλον CAD, που όμως χρήζει έλεγχο στο ύπαιθρο πριν την παράδοση του τελικού παραγωγού.

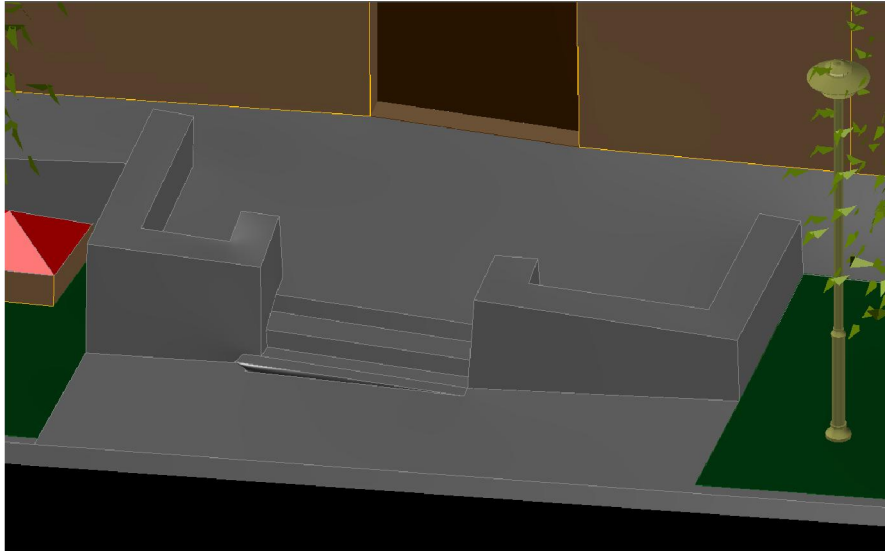
Αντί να εκτυπωθεί λοιπόν το σχέδιο σε κάτοψη, προβαλλόμενο σε άξονες x και y , μπορεί να εκτυπωθεί προοπτικά, παρουσιάζοντας έτσι και τις 3 διαστάσεις.

Σημαντικό ρόλο σε αυτή τη περίπτωση παίζει η οπτική γωνία που βλέπει ο παρατηρητής το σχέδιο του, προκειμένου να εντοπίσει τυχόν λάθη και ατέλειες. Μια μετακίνηση της οπτικής γωνίας μπορεί να προκαλέσει διαστρέβλωση του σχήματος, και έτσι σύγχυση κατά τη διαδικασία του ελέγχου.

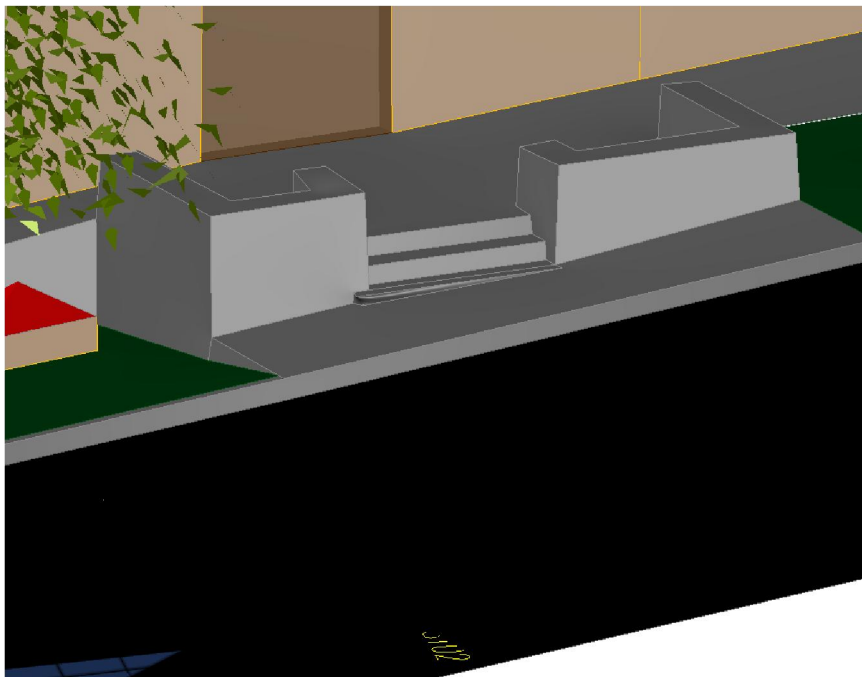
Έτσι λοιπόν, προτείνεται η εκτύπωση του σχεδίου, υπό κλίμακα, με την οπτική γωνία που θα είχε ο παρατηρητής αν βρισκόταν στην στάση από την οποία μετρήθηκαν τα στοιχεία του αντικειμένου. Πιθανόν είναι το αντικείμενο να μη μετρήθηκε από μία μόνο στάση, λόγω ορατότητας, αλλά αν αυτό πραγματοποιηθεί για όλες τις στάσεις που τοποθετήθηκε ο γεωδαιτικός σταθμός, τότε η εκτύπωση θα έχει πλήρη κάλυψη της περιοχής μελέτης.

Στην εικόνα 2.7 φαίνεται η οπτική μίας σκάλας από ένα τυχαίο σημείο. Παρατηρείται πως είναι δύσκολο να κατανοηθεί η γεωμετρία της, προκειμένου να γίνουν οι απαραίτητοι έλεγχοι. Επιπλέον πρέπει ο παρατηρητής να είναι ακριβώς στο σημείο που προβάλλεται το εκτυπωμένο σχέδιο για να έχει ορθή κρίση.

Αντίθετα στην εικόνα 2.8 φαίνεται η ίδια σκάλα, που όμως παρουσιάζεται όπως αποτυπώθηκε από συγκεκριμένη στάση. Έτσι ο παρατηρητής μπορεί να σταθεί στην στάση αυτή και να κάνει τον απαραίτητο έλεγχο.



Εικόνα 2.7: Απόσπασμα σχεδίου σε αυθαίρετη οπτική γωνία



Εικόνα 2.8: Απόσπασμα σχεδίου από συγκεκριμένη οπτική γωνία

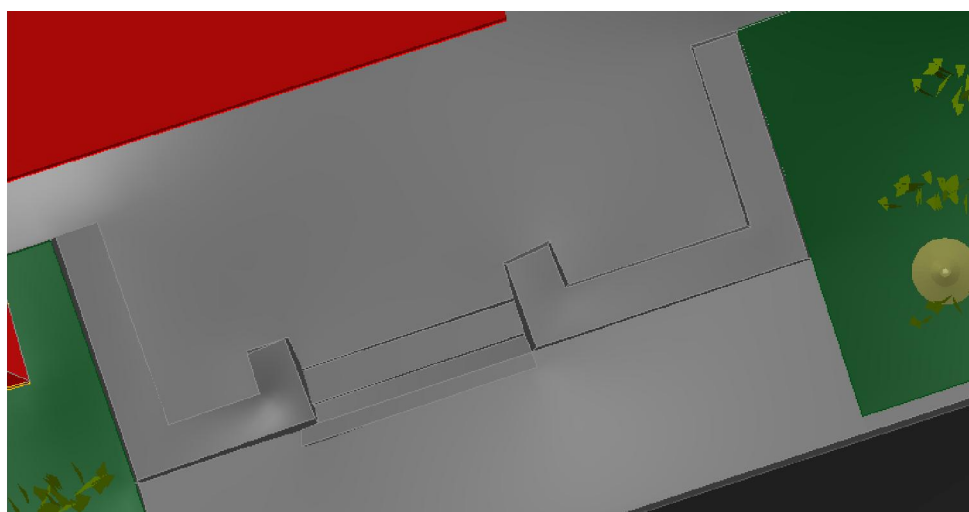
2.5.2 Έλεγχος με την χρήση προβολικών σχεδίων

Τα προβαλλόμενα σχέδια αποτελούν τόσο όψεις όσο και κατόψεις. Οι κατόψεις είναι ίδιες με το κλασικό δισδιάστατο τοπογραφικό, ενώ οι όψεις, όπως έχει αναφερθεί είναι ορθές προβολές των αντικειμένων πάνω σε ένα κατακόρυφο επίπεδο.

Στην διαδικασία αυτή προτείνεται η χρήση και των δύο διαγραμμάτων προκειμένου να γίνει σωστά ο έλεγχος της κατασκευής.

Πιο συγκεκριμένα με τη κάτοψη θα πραγματοποιηθεί έλεγχος όπως γίνεται μέχρι στιγμής στα στοιχεία του διαγράμματος ως οριζόντια τομή. Επιπλέον οι όψεις θα δώσουν την τρίτη διάσταση στο αντικείμενο και έτσι θα ελεγχθούν και τα στοιχεία του καθ' ύψος.

Αν το αντικείμενο ελεγχθεί και με τα δύο σχέδια και δεν παρουσιαστούν λάθη ή ατέλειες τότε το αντικείμενο έχει σχεδιαστεί ορθά, επομένως είναι έτοιμο προς παράδοση. Στις παρακάτω εικόνες δίνεται η κάτοψη (εικόνα 2.9) και η όψη (εικόνα 2.10) της σκάλας που μελετήθηκε και παραπάνω, προκειμένου να γίνει αντιληπτός ο τρόπος με τον οποίο γίνεται ο έλεγχος αυτός.



Εικόνα 2.9: Κάτοψη αντικειμένου προς έλεγχο



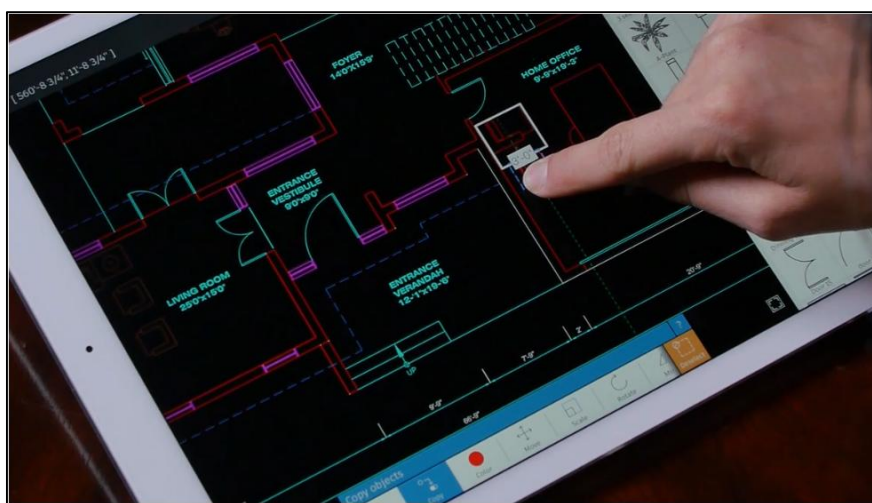
Εικόνα 2.10: Όψη αντικειμένου προς έλεγχο

Και σε αυτή την περίπτωση τα σχέδια θα εκτυπωθούν σε συγκεκριμένη κλίμακα προκειμένου να πραγματοποιηθούν και τοπομετρικοί έλεγχοι με τη χρήση μετροταινίας.

2.6 Εκτύπωση τριδιάστατου τοπογραφικού

Ο χρήστης του τελικού προϊόντος παραλαμβάνει ένα ψηφιακό σχέδιο. Μπορεί να περιηγηθεί σε αυτό και να μετρήσει ό,τι πληροφορία χρειάζεται.

Το μόνο που χρειάζεται είναι η εγκατάσταση ενός προγράμματος, μικρής χωρητικότητας στο κινητό τηλέφωνο ή τον υπολογιστή του. Από τη στιγμή που το σχέδιο έγινε σε περιβάλλον AutoCAD, είναι διαθέσιμη η εφαρμογή (application) της ίδιας εταιρίας για ανάγνωση σχεδίων σε Android ή IOS. Επιπλέον υπάρχουν πολλά online προγράμματα που μπορεί να χρησιμοποιήσει ο χρήστης με μεγάλη ευκολία, χωρίς επιπλέον κόστος. Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται η επεξεργασία και παρουσίαση ενός σχεδίου στο AutoCAD Mobile App. [9]



Εικόνα 2.11: Παρουσίαση σχεδίου σε AutoCAD application
[www.autodesk.com/]

Αφού ολοκληρωθεί τόσο η μέτρηση όσο και η απόδοση της περιοχής σε ψηφιακό περιβάλλον, υπάρχει η δυνατότητα εκτύπωσης του τελικού προϊόντος χωρίς να αλλοιώνεται η παρεχόμενη πληροφορία και ποιότητα.

Αν ενδιαφέρει η εκτύπωση του τοπογραφικού τότε πρέπει να εξεταστεί η μέγιστη κλίμακα εκτύπωσης. Με τον όρο αυτό ορίζεται η μεγαλύτερη κλίμακα που καλύπτεται από την αβεβαιότητα προσδιορισμού των

συντεταγμένων των σημείων λεπτομέρειας της αποτύπωσης. [Λάμπρου Ε., Πανταζής Γ., 2010]

Έτσι λοιπόν η τελική εκτύπωση του προϊόντος πρέπει να καλύπτει την παραπάνω κλίμακα, να παρουσιάζει με ευκρίνεια την πληροφορία που περιέχει το διάγραμμα και να καθιστά το αποτέλεσμα εύχρηστο για τον χρήστη.

Ωστόσο η εκτύπωση που πραγματοποιούταν στα μέχρι τώρα τοπογραφικά διαγράμματα, δύο διαστάσεων, δεν αρκεί. Η εκτύπωση τριών διαστάσεων με τους συνήθεις τρόπους οδηγεί στη προοπτική απεικόνιση του σχεδίου, που όμως δεν εξυπηρετεί πλήρως τους σκοπούς του παρόντος διαγράμματος.

Η τριδιάστατη εκτύπωση είναι μια μέθοδος προσθετικής κατασκευής στην οποία κατασκευάζονται τριδιάστατα στερεά αντικείμενα από ένα ψηφιακό αρχείο. Η προσθετική αυτή διαδικασία δημιουργεί ένα αντικείμενο με την εναπόθεση διαδοχικών στρωμάτων του υλικού έως ότου δημιουργηθεί το σύνολο του αντικειμένου. Κάθε ένα από αυτά τα στρώματα μπορεί να θεωρηθεί ως μία λεπτή στρώση οριζόντιας διατομής του προς παραγωγή αντικειμένου, που όμως δεν είναι ορατή με γυμνό μάτι. [4]

Για την εκτύπωση αυτή είναι απαραίτητη η χρήση ενός τριδιάστατου εκτυπωτή και μιας τεχνολογίας δημιουργίας των παραπάνω στρωμάτων, με τήξη ή μαλάκωμα του υλικού. Τέτοια υλικά μπορεί να είναι τα κεραμικά και τα πολυμερή. [Γκότσης Β., 2012]

Για την εκτύπωση του προϊόντος επιλέγεται το πάχος της κάθε στρώσης, η ακρίβεια και ο προσανατολισμός της επιφάνειας. Ξεκινάει η παραγωγή του μοντέλου και μετά το πέρας της, πραγματοποιούνται διαδικασίες καθαρισμού και ολοκλήρωσης του προτύπου. Τέλος γίνεται φινιρίσμα του τελικού προϊόντος με τρίψιμο ή ζωγραφική για απόδοση λεπτομερειών. [Γκότσης Β., 2012]

Η ακρίβεια του παραγόμενου μοντέλου οφείλεται κυρίως στη μέθοδο παραγωγής, όσο και στο πάχος της κάθε στρώσης, προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί το σφάλμα στην τρίτη διάσταση.

Όσον αφορά την επιλογή ενός 3D εκτυπωτή πρέπει να ληφθεί υπόψιν η ταχύτητα και ανάλυση της εκτύπωσης, τα προτιμότερα αναλώσιμα υλικά και τέλος το κόστος του. Αυτό διαφοροποιείται σημαντικά καθώς ο μηχανικός μπορεί να αγοράσει έναν έτοιμο εκτυπωτή ή να συνθέσει και να κατασκευάσει τον δικό του. [Καριοφύλλης Π., 2016]

Λόγω της τεράστιας ποικιλίας που υπάρχει πλέον, η επιλογή αυτή μπορεί να είναι πολύ δύσκολη και απαιτεί χρόνο. Στον παρακάτω πίνακα

2.1 παρουσιάζεται μια σειρά από τεχνικά χαρακτηριστικά κάποιων εκτυπωτών, περιλαμβάνοντας λεπτομέρειες για το μέγεθος εκτύπωσης, το ελάχιστο ύψος του κάθε επιπέδου, τη ταχύτητα εκτύπωσης, το προτιμότερο υλικό και τη κατά προσέγγιση τιμή του εκτυπωτή σαν συσκευασία. Ο πίνακας αυτός συντάχθηκε μετά από διερεύνηση που πραγματοποιήθηκε στην σημερινή αγορά.

Τα στοιχεία αυτά βασίζονται στα αποτελέσματα που μπορούν να επιτευχθούν με έναν καλοσχεδιασμένο εκτυπωτή. Ωστόσο οι αριθμοί αυτοί αντιπροσωπεύουν μόνο μερικώς τη ποιότητα και τη ποσότητα των εκτυπώσεων οποιουδήποτε μοντέλου εκτυπωτή, καθώς κάποια αναλώσιμα υλικά είναι πιο ενδεδειγμένα για συγκεκριμένα μοντέλα. Επιπλέον οι ταχύτητες που αναφέρονται παρέχουν μία αίσθηση του πόσο γρήγορα εκτυπώνει ένας εκτυπωτής. Επιπροσθέτως, η ανάλυση αναδεικνύει μία ένδειξη της ποιότητας των εκτυπώσεων σε οποιονδήποτε από τους εκτυπωτές. Ο καλύτερος τρόπος για να μετρηθεί η ποιότητα της εκτύπωσης είναι η πραγματική αξιολόγηση του εκτυπωμένου αντικειμένου, αυτό όμως είναι ανέφικτο στο παρόν στάδιο, επομένως θα μελετηθεί το μέγιστο ύψος σε ένα επίπεδο. [Evans B., 2012]

Συνοψίζοντας και παρατηρώντας τα χαρακτηριστικά του πίνακα 2.1, διαπιστώνεται ότι αν η ταχύτητα είναι στην κορυφή των προτεραιοτήτων κάποιου, καταλληλότερος εκτυπωτής είναι ο εκτυπωτής της εταιρίας Ultimaker και αριθμό 9. Αντίθετα ο οικονομικότερος είναι ο πρώτος ή ο δεύτερος των εταιριών Wanhao ή XYZprinting αντίστοιχα, ενώ καλύτερη ποιότητα-ανάλυση προσφέρει ο Ultimaker με αύξων αριθμό 9 ή ο Anet με αύξων αριθμό 5. Σε όλα αυτά τα μοντέλα, το μέγεθος εκτύπωσης δίνεται σε εκατοστά για μεγαλύτερη κατανόηση

Σχετικά με την εκτύπωση του τριδιάστατου τοπογραφικού, αυτό μπορεί να γίνει είτε ολοκληρωμένα, είτε τμηματικά ανάλογα το μέγεθος της περιοχής και την κλίμακα εκτύπωσης.

Όσον αφορά στην εκτύπωση ενός τοπογραφικού, στον πίνακα 2.2, παρακάτω, παρουσιάζονται ενδεικτικά κάποια παραδείγματα για το μέγεθος του εκτυπωτή που απαιτείται ανά κλίμακα εκτύπωσης, προκειμένου να γίνει ολοκληρωμένη εκτύπωση για μια περιοχή περίπου δύομιση στρεμμάτων.

Αφού η εκτύπωση περιλαμβάνει και τη τρίτη διάσταση θα ληφθεί υπόψιν και η μέγιστη υψομετρική διαφορά που υπάρχει στη περιοχή αποτύπωσης, συμπεριλαμβανομένων των κτηρίων. Το τελικό μέγεθος εκτύπωσης που παρέχεται από τον εκτυπωτή προέκυψε ύστερα από μελέτη ποικίλων εκτυπωτών που υπάρχουν στην αγορά, και συνάδουν με τους εκτυπωτές του πίνακα 2.1.

A/A	Εκτυπωτής	Προεπισκόπηση εκτυπωτή	Μέγεθος Εκτύπωσης (cm)	Ανάλυση (microns)	Ταχύτητα εκτύπωσης(cm/s)	Προτιμώμενα αναλώσιμα	Προσεγγιστική τιμή (€)
1	Wanhao Duplicator i3 Mini		33 x 24 x 38	100	7	Filament (Νήμα)	220
2	XYZprinting da Vinci Mini W		40 x 34 x 36	100	10	Filament (Νήμα)	350
3	Tevo 3D Tarantula		50 x 50 x 43	50	15	Filament (Νήμα)	400
4	Wanhao Duplicator i3 v2.1		20 x 20 x 18	100	10	Filament (Νήμα)	450
5	Anet A3		32 x 33 x 38	400	12	Filament (Νήμα)	500
6	Flashforge Inventor II		42 x 42 x 57	50	25	Filament (Νήμα)	700
7	Creality3D CR-10-S4		72 x 83 x 61	50	10	Filament (Νήμα)	800
8	Robo R1 +Plus		38 x 43 x 46	100	10	Filament (Νήμα)	1.200
9	Ultimaker 2 Extended+		36 x 34 x 49	600	30	Filament (Νήμα)	3.300
10	Photocentric Liquid Crystal Pro		82 x 74 x 49	100	10	Resin (Ρητίνη)	6.300

Πίνακας. 2.1: Συνοπτικός πίνακας ποικίλων τριδιάστατων εκτυπωτών

Μέγιστη κλίμακα εκτύπωσης	Διάσταση επιφάνειας προς εκτύπωση (m x m)	Μέγιστη υψομετρική διαφορά σημείων τοπογραφικού (m)	Μέγεθος εκτύπωσης που απαιτείται σε σχέση με την κλίμακα (cm)	Μέγεθος εκτυπωτή που καλύπτει την παρούσα εκτύπωση (cm)	Κατάλληλος εκτυπωτής με βάση τον Πίνακα 2.1
1:5000	50 x 50	10	1 x 1 x 2	20 x 20 x 18	Wanhao Duplicator i3 v2.1
1:2000	50 x 50	10	3 x 3 x 5	20 x 20 x 18	Wanhao Duplicator i3 v2.1
1:1000	50 x 50	10	5 x 5 x 5	20 x 20 x 18	Wanhao Duplicator i3 v2.1
1:500	50 x 50	10	10 x 10 x 5	20 x 20 x 18	Wanhao Duplicator i3 v2.1
1:200	50 x 50	10	25 x 25 x 50	42 x 42 x 57	Flashforge Inventor II
1:100	50 x 50	10	50 x 50 x 100	Δεν διατίθεται	Δεν διατίθεται
1:50	50 x 50	10	100 x 100 x 200	Δεν διατίθεται	Δεν διατίθεται

Πίνακας. 2.2: Επιλογή εκτυπωτή με βάση την περιοχή αποτύπωσης και την μέγιστη κλίμακα εκτύπωσης

Παρατηρώντας τις παραπάνω τιμές, διαπιστώνεται πως για την εκτύπωση ενός τοπογραφικού με τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά από κλίμακα 1:5000 έως 1:500 απαιτείται εκτυπωτής με τις μικρότερες διαστάσεις εκτύπωσης που παρέχεται στην αγορά. Αντίθετα για κλίμακα 1:100 και 1:50, δεν διατίθεται εκτυπωτής στην αγορά προκειμένου να πραγματοποιηθεί ολοκληρωμένη εκτύπωση, συνεπώς πρέπει να γίνει τμηματικά και στη συνέχεια να συναρμολογηθεί.

Τέλος, όπως ήδη αναφέρθηκε, αφού προσδιοριστεί το μέγεθος εκτύπωσης ως το σημαντικότερο κριτήριο επιλογής, θα ληφθούν όλοι οι παράμετροι υπόψη για την ορθή επιλογή ενός τριδιάστατου εκτυπωτή. Σκοπός είναι ο βέλτιστος συνδυασμός χρημάτων και ποιότητας ώστε να προκύψει ένα ορθό αποτέλεσμα απαλλαγμένο από επιπλέον αβεβαιότητα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΕΦΑΡΜΟΓΗ

3.1 Γενικά

Για την εφαρμογή της διαδικασίας, όπως περιγράφηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο επιλέχθηκε τόσο το Κτήριο Βέη της σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών του Ε. Μ. Π., όσο και το Τεχνολογικό και Πολιτιστικό Πάρκο Λαυρίου (Τ.Π.Π.Λ.).

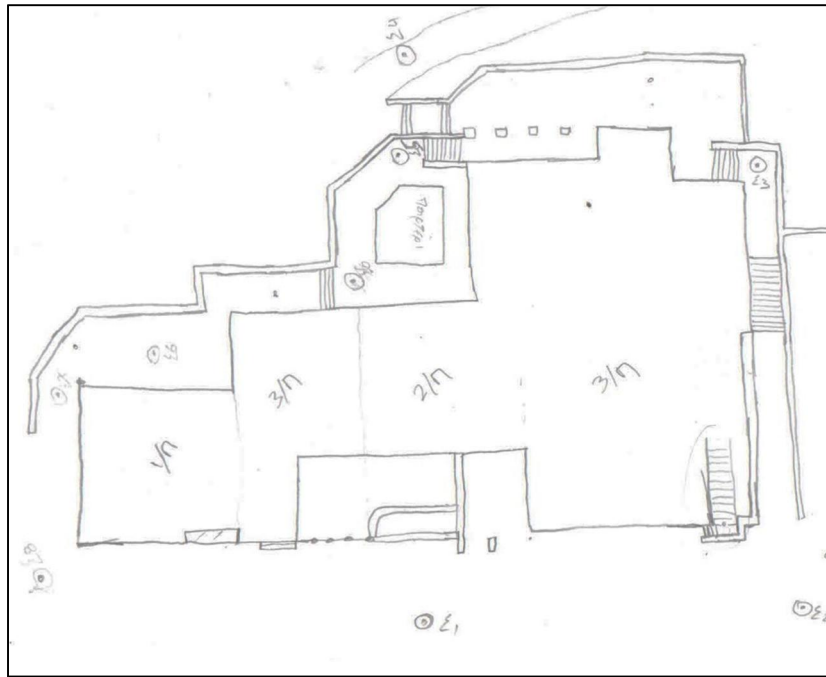
Στην πρώτη εφαρμογή πραγματοποιήθηκε αναγνώριση της περιοχής και δημιουργία σκαριφημάτων, καθώς απαιτούνταν σύγκριση των απλών αυτοσχεδίων και του χρόνου πραγματοποίησής τους, σε σχέση με αυτά των προοπτικών και προβολικών. Έγινε επίσης σύγκριση του αριθμού των κορυφών και των σημείων λεπτομέρειας που απαιτούνταν σε σχέση με το απλό τοπογραφικό διάγραμμα.

Στην δεύτερη εφαρμογή πραγματοποιήθηκαν όλα τα στάδια τόσο πεδίου όσο και γραφείου, προκειμένου να παραχθεί το τελικό προϊόν. Η περιοχή αυτή επιλέχθηκε καθώς είχε εγκατεστημένο δίκτυο γνωστών συντεταγμένων, περιορίζοντας έτσι κατά πολύ τον χρόνο των μετρήσεων στο ύπαιθρο, αφού το στάδιο ένταξης παραλήφθηκε.

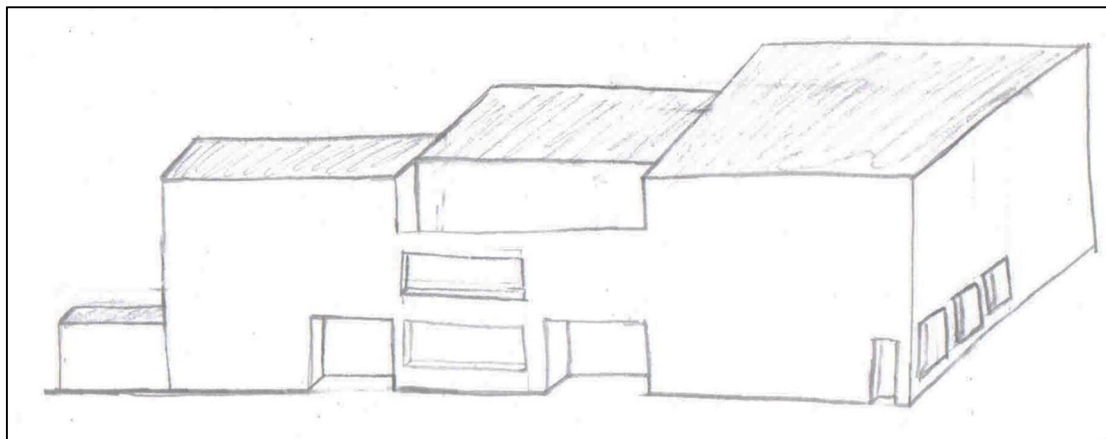
3.2 Εφαρμογή στο Κτήριο Βέη

Το κτήριο Βέη αποτελεί ένα από τα κτήρια της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Στην εφαρμογή που πραγματοποιήθηκε εκεί, δημιουργήθηκαν το κλασικό σκαρίφημα, αλλά και σκαριφήματα προοπτικά και όψεων, όπως φαίνονται στις εικόνες 3.1 έως 3.4. Σκοπός της εφαρμογής αυτής είναι η εκτίμηση του χρόνου που απαιτείται για τη δημιουργία αυτών των σκαριφημάτων, αλλά και του πλήθους των σημείων που απαιτούνται σε σχέση με το απλό τοπογραφικό διάγραμμα.

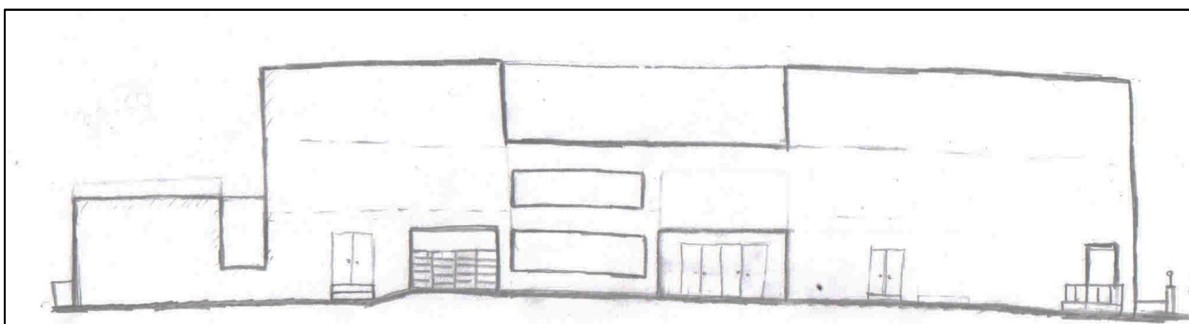
Χρονομετρώντας τις διαδικασίες αυτές διαπιστώθηκε πως τόσο τα προοπτικά όσο και αυτά των όψεων απαιτούν διπλάσιο χρόνο από το κλασικό αυτοσχέδιο, λόγω της πολυπλοκότητας της γεωμετρίας αλλά και της επιλογής της γραμμογραφίας.



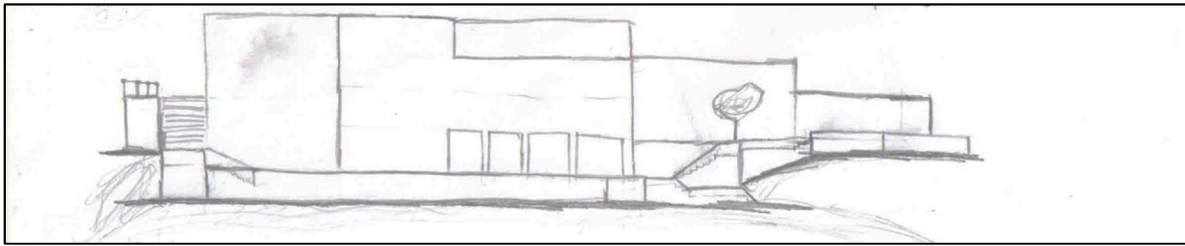
Εικόνα 3.1: Αυτοσχέδιο δύο διαστάσεων Κτηρίου Βέη



Εικόνα 3.2: Προοπτικό σχέδιο Κτηρίου Βέη



Εικόνα 3.3: Βορειοανατολική όψη Κτηρίου Βέη



Εικόνα 3.4: Νοτιοδυτική όψη Κτηρίου Βέη

Επιπλέον μελετώντας τα σημεία που απαιτούνται για την δημιουργία τριδιάστατου τοπογραφικού, διαπιστώθηκε πως τα σημεία λεπτομέρειας που θα μετρηθούν είναι σχεδόν **τριπλάσια** σε πλήθος από αυτά του διδιάστατου τοπογραφικού.

Συνοψίζοντας, λοιπόν, διαπιστώθηκε πως τα σκαριφήματα του τριδιάστατου τοπογραφικού απαιτούν περισσότερο χρόνο σχεδίασης, ενώ τα σημεία λεπτομέρειας που θα μετρηθούν αυξάνονται σημαντικά. Τα συμπεράσματα αυτά λήφθηκαν υπόψιν κατά την εφαρμογή της μεθόδου στο Τ.Π.Π.Α.

3.3 Εφαρμογή στο Τεχνολογικό και Πολιτιστικό Πάρκο Λαυρίου

Το Τεχνολογικό και Πολιτιστικό Πάρκο Λαυρίου (ΤΠΠΑ) εντοπίζεται έξω από την πόλη του Λαυρίου στο Άνω Θορικό. Τα μεταλλεία Λαυρίου, παρουσιάζουν δραστηριότητα από το 2^ο αιώνα π.Χ. έως και τον 19^ο αιώνα μ.Χ. όπου και η μεταλλουργία στην περιοχή άνθισε και διατηρήθηκε για πάνω από εκατό χρόνια. Ωστόσο τις δεκαετίες του '70 και '80, η βιομηχανική κρίση ανάγκασε την τότε «Γαλλική Εταιρεία Μεταλλείων Λαυρίου» (ΓΕΜΛ) να διακόψει τις δραστηριότητες της και να κλείσει οριστικά.

Μετά από χρόνια διενέξεων, αποφασίστηκε η διατήρηση και αναγέννηση του παλαιού βιομηχανικού συγκροτήματος με την επανάχρησή του ως τεχνολογικό και πολιτιστικό πάρκο ώστε να διασωθεί η τεχνολογική φυσιογνωμία και ιστορία του χώρου. [14]

Στην εικόνα 3.5 παρουσιάζεται το διατηρητέο μνημείο του Τεχνολογικού και Πολιτιστικού Πάρκου Λαυρίου, όπως αυτό είναι σήμερα, ύστερα από την αγορά του το 1994 από το Υπουργείο Πολιτισμού, και την παραχώρησή του στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.



*Εικόνα 3.5: Το Τεχνολογικό και Πολιτιστικό Πάρκο Λαυρίου
[www.ltp.ntua.gr/]*

Όπως αναφέρθηκε η περιοχή αυτή επιλέχθηκε λόγω του εγκατεστημένου δικτύου που υπήρχε από προηγούμενες τοπογραφικές εργασίες με αποτέλεσμα να αποφευχθεί το στάδιο της ένταξης.

Στα παρακάτω υποκεφάλαια θα αναφερθούν όλες οι διαδικασίες τόσο πεδίου, όσο και γραφείου, προκειμένου να παραχθεί ένα τριδιάστατο τοπογραφικό στο ΕΓΣΑ '87 κλίμακας 1:200 ενός κτηριακού συγκροτήματος εντός του πάρκου.

Αυτές οι διαδικασίες αποσκοπούν στην συλλογή-μέτρηση των απαραίτητων στοιχείων στο ύπαιθρο αλλά και στους υπολογισμούς, την απόδοση και εκτύπωση του σχεδίου.

Για την ορθή δημιουργία του τελικού προϊόντος, το στάδιο των μετρήσεων είναι το πιο σημαντικό και έτσι απαιτείται προσοχή, συγκέντρωση και καλή οργάνωση του συνεργείου εργασίας.

Πιο αναλυτικά οι εργασίες που πρέπει να εκτελεσθούν για την συλλογή και επεξεργασία όλων των δεδομένων είναι οι παρακάτω:

- Αναγνώριση της περιοχής
- Σύνταξη αυτοσχεδίων υπαίθρου
- Μέτρηση σημείων λεπτομέρειας
- Υπολογισμός συντεταγμένων σημείων λεπτομέρειας
- Απόδοση σχεδίου σε περιβάλλον AutoCAD
- Εκτύπωση και έλεγχος τελικού προϊόντος.

3.3.1 Αναγνώριση περιοχής

Η αναγνώριση του αντικειμένου αποτελεί το σημαντικότερο στάδιο προκειμένου να γίνει γνωστό το αντικείμενο της αποτύπωσης. Αποτελεί την πρώτη επαφή του μηχανικού με την περιοχή ενδιαφέροντος και του δίνει την δυνατότητα να εκτιμήσει τις δυσκολίες της αλλά και να προσδιορίσει τη μέθοδο και τον εξοπλισμό που θα χρησιμοποιηθεί. [Λάμπρου Ε., Πανταζής Γ.,2010]

Κατά την αναγνώριση επιλέγονται οι κατάλληλες θέσεις των κορυφών πύκνωσης του δικτύου για την πραγματοποίηση των μετρήσεων. Στη παρούσα περιοχή μελέτης το στάδιο αυτό παραλείπεται καθώς αυτές ήδη υπάρχουν. Τέλος προσδιορίζονται οι προδιαγραφές και οι απαιτήσεις της αποτύπωσης καθώς και η επιλογή του εξοπλισμού που απαιτείται.

Κάθε περιοχή ενδιαφέροντος παρουσιάζει ιδιαιτερότητες, τόσο ως προς την ποσότητα των απαιτούμενων μετρήσεων, αλλά και ως προς την ποιότητα των στοιχείων. Έτσι δύσκολα μπορούν να καθοριστούν κάποιες γενικές προδιαγραφές σχετικά με την κλίμακα, την αβεβαιότητα του διαγράμματος, την λεπτομέρεια που θα περιέχουν. Οι απαιτήσεις του διαγράμματος, συνήθως, καθορίζονται από τον παραγγέλλοντα της εργασίας και εξαρτώνται από τον σκοπό και την χρήση του διαγράμματος, το πλήθος των χρηστών, και τέλος το κόστος και το μέγεθος του έργου. Σε ένα τρισδιάστατο τοπογραφικό διάγραμμα, το σημαντικότερο στοιχείο, για ένα ορθό αποτέλεσμα, είναι η τρίτη διάσταση του κάθε σημείου, και επομένως πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στον προσδιορισμό και το πλήθος των υψομετρικών σημείων.

Η προς αποτύπωση περιοχή, όπως αυτή φαίνεται στο Google Maps παρουσιάζεται με κίτρινο χρώμα στην εικόνα 3.6.

Κατά την περιήγηση στην περιοχή εντοπίστηκε το εγκατεστημένο γεωδαιτικό δίκτυο περιμετρικά των κτηρίων, από το οποίο εξαρτήθηκε και η αποτύπωση. Επιπλέον εντοπίστηκαν δυσκολίες που πιθανόν να αποτελέσουν πρόβλημα κατά τη διαδικασία των μετρήσεων. Αυτές αφορούσαν κυρίως στη πλήρη ορατότητα των αντικειμένων και αντιμετωπίστηκαν με την ίδρυση τυφλών στάσεων, αλλά και τη λήψη δεδομένων με τη χρήση μη επανδρωμένων εναέριων μέσων-UAV(drone).

Στην εικόνα 3.7, που αποτελεί εξίσου απόσπασμα από το Google Maps, φαίνονται οι στάσεις που χρησιμοποιήθηκαν από το υφιστάμενο δίκτυο (Σ2, Σ18, Σ28), καθώς και οι τυφλές στάσεις (Σ100, Σ101, Σ102).



Εικόνα 3.6: Περιοχή προς αποτύπωση
[www.google.gr/maps]



Εικόνα 3.7: Σκαρίφημα στάσεων αποτύπωσης
[www.google.gr/maps]

Στο στάδιο αυτό εκτιμήθηκε και ο χρόνος και η μέθοδος του απαιτείται για την ολοκλήρωση της αποτύπωσης. Πιο συγκεκριμένα για την τριδιάστατη αποτύπωση της περιοχής χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος των πολικών συντεταγμένων. Οι εργασίες πεδίου, όπως εκτιμήθηκε, διήρκησαν περίπου 3 μέρες με τη χρήση του κατάλληλου εξοπλισμού.

Οι ολοκληρωμένοι γεωδαιτικοί σταθμοί, ή όπως αλλιώς λέγονται Total stations, αποτελούν έναν συνδυασμό οπτικομηχανικών και ψηφιακών θεοδόλιχων και EDM, που παρέχουν, όμως, άμεση και ταυτόχρονη μέτρηση μηκών και γωνιών.

Οι σταθμοί αυτοί αποτελούν εύχρηστα γεωδαιτικά όργανα με δυνατότητα ανάγνωσης γωνιών από 0.1° έως 10° και αβεβαιότητα $\pm 1.5^{\circ}$ έως $\pm 30^{\circ}$. Επίσης για την μέτρηση μηκών, παρέχουν δυνατότητα μέτρησης από 0.5 m έως μερικά Km και αβεβαιότητα από $\pm 0.5\text{mm} \pm 1\text{ppm}$ έως $\pm 5\text{mm} \pm 5\text{ppm}$, καθώς και μεγάλη εμβέλεια (3-10Km) και ταχύτητα στην μέτρηση μηκών (1-3s), αφού αποκαθίστανται ηλεκτρονικά η ορθή λειτουργία τους. [Μπαλοδήμος Δ., Λάμπρου Ε., Πανταζής Γ., Γεωργόπουλος Γ., Δογγούρης Σ., 2005]

Στην περίπτωση του τριδιάστατου τοπογραφικού διαγράμματος σημαντικό είναι ο γεωδαιτικός σταθμός που θα επιλεγεί να παρέχει την δυνατότητα μέτρησης μηκών χωρίς ανακλαστήρα (reflectorless total station), καθώς υπάρχουν πολλά απρόσιτα σημεία στις όψεις ή τις οροφές των κτηρίων. Οι σταθμοί αυτοί βασίζονται στην εκπομπή ορατής κόκκινης ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας η οποία όταν προσπίπτει σε οποιαδήποτε επιφάνεια, ένα τμήμα της επιστρέφει στο όργανο και έτσι προσδιορίζεται το ζητούμενο μήκος. Η εμβέλεια τους φτάνει στα μερικές δεκάδες μέτρα χωρίς ανακλαστήρα και σε 2 Km με χρήση ανακλαστήρα, με αβεβαιότητα έως $\pm 3\text{mm} \pm 3\text{ppm}$. Ωστόσο η τεχνολογία αυτή βρίσκεται σε συνεχή εξέλιξη επομένως οι τιμές αυτές βελτιώνονται συνεχώς. Σήμερα με την χρήση αυτών των σταθμών, η επιλογή της μεθόδου των πολικών συντεταγμένων είναι ιδιαίτερα βολική και ακριβής.

Ωστόσο μόνο ένας γεωδαιτικός σταθμός δεν αρκεί προκειμένου να γίνουν οι απαραίτητες μετρήσεις για την δημιουργία ενός τριδιάστατου τοπογραφικού. Τόσο αυτός όσο και τα παρελκόμενα του, θα οδηγήσουν σε μετρήσεις ικανές για την παραγωγή του τελικού προϊόντος.

Όπως σε κάθε τοπογραφική εργασία, έτσι και σε αυτή του τριδιάστατου τοπογραφικού είναι απαραίτητη η χρήση ανακλαστήρα για την μέτρηση μηκών από ολοκληρωμένους γεωδαιτικούς σταθμούς. Πιο συγκεκριμένα προτείνεται η χρήση στρογγυλών ή mini κατάφωτων με σταθερά $c=17\text{mm}$, καθώς η ακρίβεια μέτρησης μήκους αλλά και η υψομετρική πληροφορία

παίζει πολύ σημαντικό ρόλο για την ορθότητα του τελικού προϊόντος. Τα κατάφωτα αυτά φαίνονται στην εικόνα 3.8 και ανήκουν στην εταιρεία Leica. [8]



Εικόνα 3.8: Στρογγυλός ανακλαστήρας και mini
[<http://w3.leica-geosystems.com/>]

Τέλος για τις ανάγκες του τριδιάστατου τοπογραφικού διαπιστώθηκε πως για την αποτύπωση των σκεπών ή για λεπτομέρειες σε μικρή ζενίθια γωνία, ο χρήστης δυσκολεύεται να στοχεύσει τα σημεία ενδιαφέροντος. Έτσι πολλές φορές απαιτείται η χρήση αγκωνοειδούς προσοφθάλμιου, το οποίο θα διευκολύνει τη δύσκολη θέση στάσης του παρατηρητή αλλά και τη μέτρηση κατακόρυφων γωνιών.

Έτσι, με βάση τα παραπάνω, ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε είναι:

- Γεωδαιτικός σταθμός της εταιρίας Leica με ονομασία TC405, ο οποίος έχει την δυνατότητα μέτρησης μηκών χωρίς ανακλαστήρα και παρέχει αβεβαιότητα $\pm 15\text{cc}$ στην μέτρηση διευθύνσεων και $\pm 3\text{mm} \pm 2\text{ppm}$ στην μέτρηση μηκών.
- Τρίποδας με μέγιστο ύψος τοποθέτησης τα 159cm και βάρος τα 3.5 Kg.
- Στρογγυλοί ανακλαστήρες με ύψος από 1.30m μέχρι 2.50m και σταθερά $c=0\text{mm}$, καθώς είναι ίδιας εταιρίας με το όργανο μέτρησης.
- Ανακλαστήρες mini, με ύψος από 0.10m μέχρι 1.30m και σταθερά $c=17.5\text{mm}$.
- Μετροταινία με υποδιαίρεση χιλιοστού.

Στην παρούσα εφαρμογή δεν χρησιμοποιήθηκε τελικά αγκωνοειδές προσοφθάλμιο, καθώς οι στάσεις αποτύπωσης ήταν τοποθετημένες με τρόπο ώστε να μην υπάρχουν τόσο μικρές ζενίθιες γωνίες.

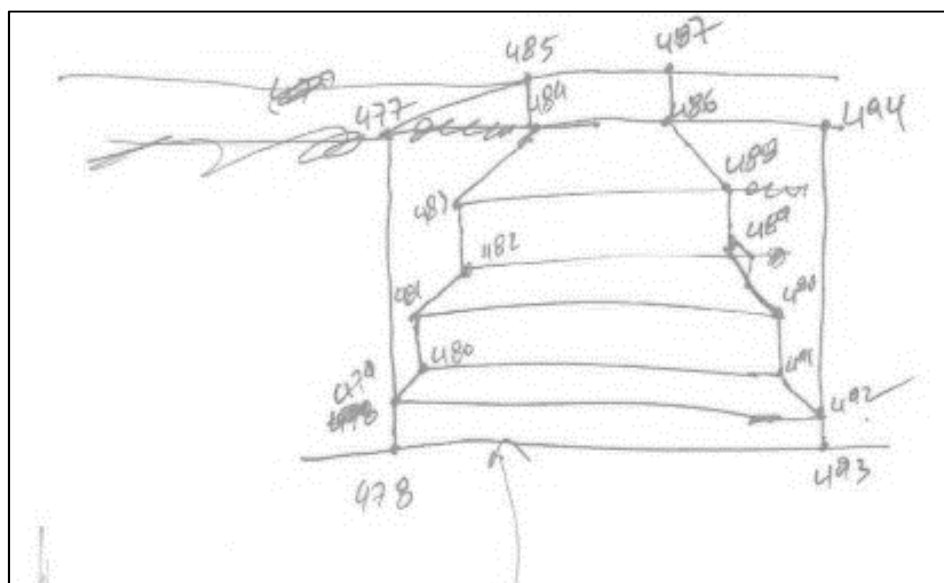
3.3.2 Σύνταξη αυτοσχεδίων υπαίθρου

Αφού πραγματοποιήθηκε αναγνώριση της περιοχής και προσδιορίστηκε ο απαραίτητος εξοπλισμός, έγινε σχεδίαση των σκαριφημάτων του αντικειμένου. Η μέθοδος που επιλέχθηκε είναι αυτή του προοπτικού σκαριφήματος αλλά και αυτή των φωτογραφιών, καθώς τα κτήρια είχαν αρκετές λεπτομέρειες που δεν μπορούσαν να σχεδιαστούν προοπτικά.

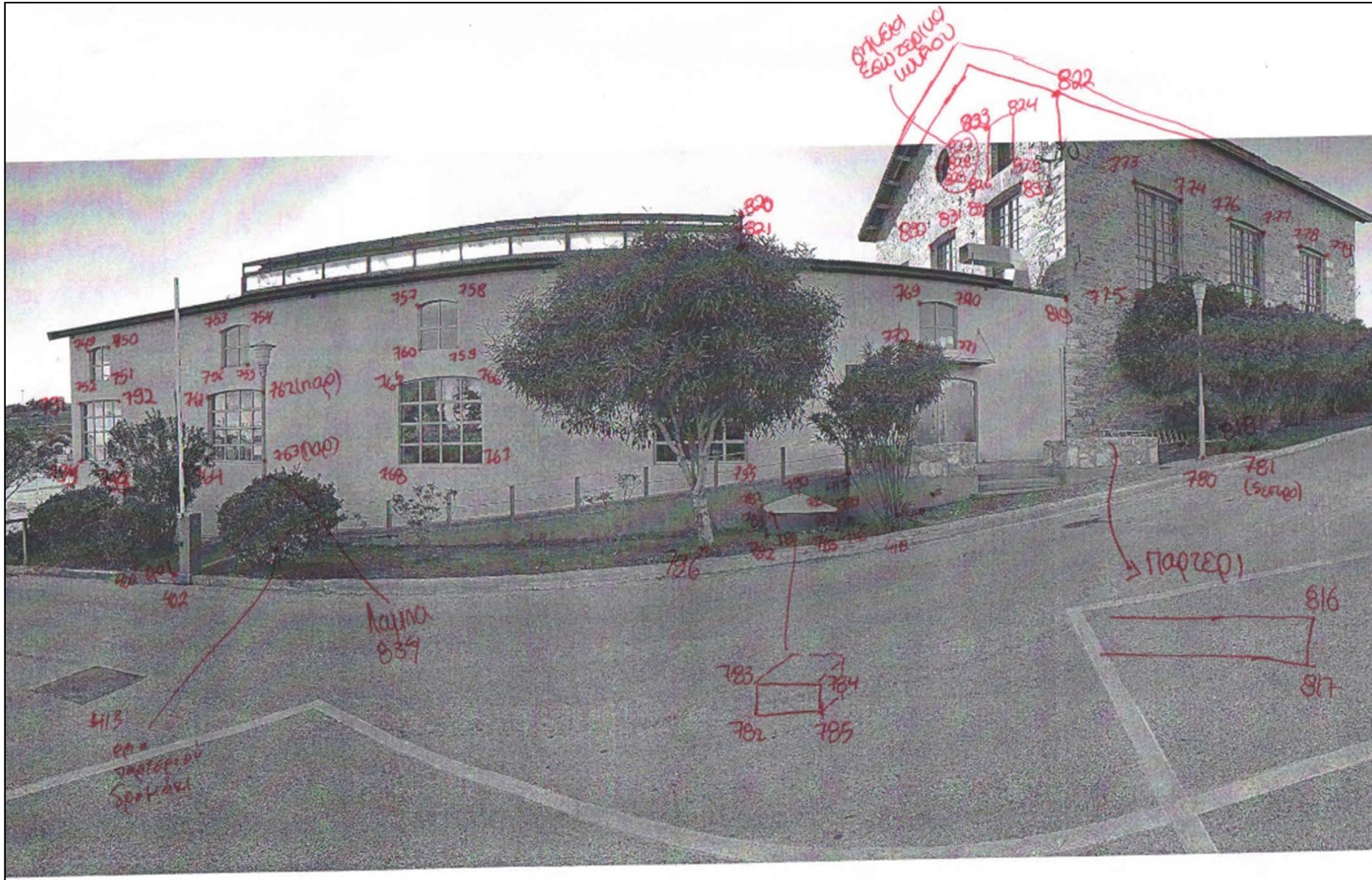
Στην εικόνα 3.9 παρουσιάζεται ενδεικτικά ένα προοπτικό σκαρίφημα που δημιουργήθηκε για την αποτύπωση μίας σκάλας, ενώ στην εικόνα 3.10 ένα σκαρίφημα-φωτογραφία.

Ωστόσο σε πολλές περιπτώσεις οι δύο τύποι σκαριφημάτων μπλέχτηκαν μεταξύ τους, καθώς η φωτογραφία πολλές φορές κρύβει την τρίτη διάσταση των αντικειμένων, ενώ η προοπτική μέθοδος κάποιες λεπτομέρειες των κτηρίων.

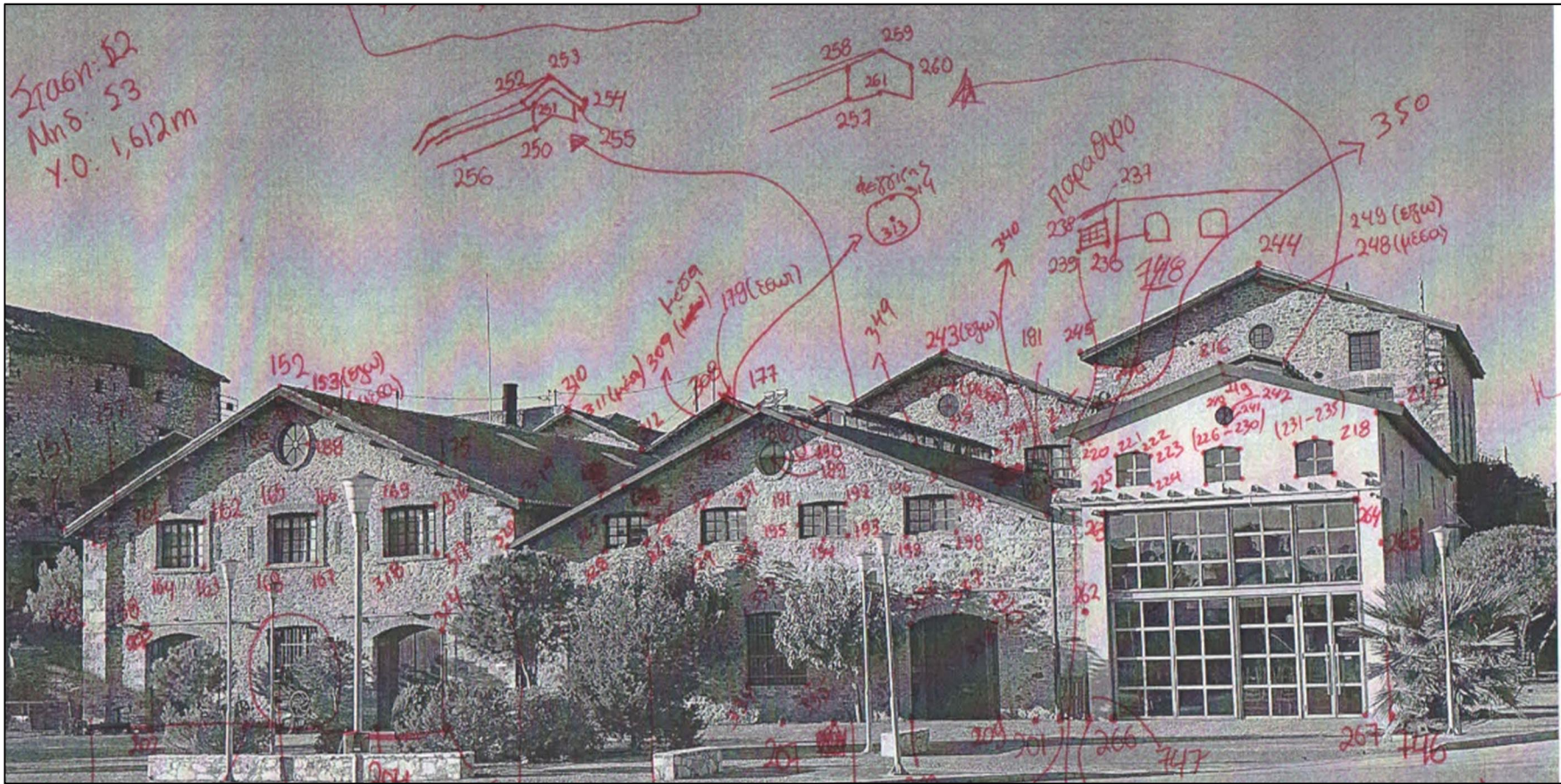
Στην εικόνα 3.11 φαίνεται ένα τέτοιο σκαρίφημα που σε τμήμα εκτός περιοχής σχεδιάστηκε το προοπτικό του αντικειμένου.



Εικόνα 3.9: Απόσπασμα προοπτικού σκαριφήματος



Εικόνα 3.10: Απόσπασμα σκαριφήματος με την χρήση φωτογραφίας



Εικόνα 3.11: Απόσπασμα σκαριφήματος-φωτογραφίας με προοπτικές λεπτομέρειες

3.3.3 Μέτρηση σημείων λεπτομέρειας

Όπως έχει ήδη αναφερθεί η μέθοδος αποτύπωσης που χρησιμοποιήθηκε είναι αυτή των πολικών συντεταγμένων.

Ωστόσο πολλές φορές η μέτρηση χωρίς τη χρήση ανακλαστήρα δεν μπορούσε να πραγματοποιηθεί είτε λόγω της υψής και του φωτισμού του αντικειμένου, είτε λόγω της απόστασης του από το γεωδαιτικό όργανο (απόσταση μεγαλύτερη των 100m). Σε αυτή τη περίπτωση μετρήθηκαν σημεία που αποτελούσαν «περασιές» του αντικειμένου προκειμένου να σχεδιαστεί ορθά το τελικό προϊόν. Για τα σημεία λεπτομέρειας που αντλήθηκαν με την χρήση drone, θα γίνει εκτενής αναφορά παρακάτω.

Για την πλήρη αποτύπωση του κτηριακού συγκροτήματος αλλά και του δρόμου περιμετρικά αυτού, μετρήθηκαν περίπου 1020 σημεία, σχεδόν τριπλάσια σε πλήθος από αυτά που απαιτούνται για τη δημιουργία απλού τοπογραφικού διαγράμματος

Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν καταγράφηκαν σε αρχείο στον γεωδαιτικό σταθμό, με όνομα αρχείου την εκάστοτε ημερομηνία μετρήσεων. Το αρχείο αυτό περιλάμβανε την στάση τοποθέτησης του οργάνου και το ύψος του, την στάση μηδενισμού και το ύψος στόχου. Για κάθε σημείο υπήρχε ο αύξον αριθμός του, η οριζόντια και η κατακόρυφη γωνία, το κεκλιμένο μήκος καθώς και το ύψος στόχου, στοιχεία απαραίτητα για τον προσδιορισμό των συντεταγμένων του. Στην εικόνα 3.12 παρουσιάζεται ένα απόσπασμα αυτού του αρχείου για μετρήσεις σημείων από την στάση Σ2 και μηδενισμό στην στάση Σ3.

	S2,1.521
	S03,0.0000000000
2,	S3,399.9999,098.6251,0092.8839,1.300
2,	668,361.2048,100.2865,0020.8100,1.300
2,	669,361.2577,099.9214,0020.7739,1.300

Εικόνα 3.12: Απόσπασμα αρχείου καταγραφής

Στο τέλος κάθε ημέρας, ο σταθμός συνδεόταν στον υπολογιστή και με την χρήση κατάλληλου λογισμικού μεταφέρονταν οι μετρήσεις από το όργανο στον υπολογιστή σε κατάλληλη μορφή (.txt) προκειμένου να μπορούν αργότερα να επεξεργαστούν με μεγαλύτερη ευκολία.

3.3.4 Υπολογισμοί

Αφού εκτελέστηκαν οι μετρήσεις των σημείων λεπτομέρειας και αντλήθηκαν τα δεδομένα από τον γεωδαιτικό σταθμό, πραγματοποιήθηκαν οι απαραίτητοι υπολογισμοί για τον προσδιορισμό των συντεταγμένων των σημείων λεπτομέρειας.

Ωστόσο απαραίτητες για την παρούσα διαδικασία είναι οι συντεταγμένες τόσο των στάσεων του δικτύου όσο και των τυφλών. Για τις υφιστάμενες στάσεις οι συντεταγμένες και οι αβεβαιότητες τους είναι γνωστές, ενώ για τις τυφλές, αυτές υπολογίστηκαν ως σημεία λεπτομέρειας με πολύ καλή ακρίβεια.

Έτσι οι τελικές συντεταγμένες των στάσεων τοποθέτησης του γεωδαιτικού σταθμού, με τις αβεβαιότητες τους φαίνονται στον παρακάτω πίνακα. Επιπλέον χρησιμοποιήθηκαν δύο υφιστάμενες στάσεις ακόμα, η Σ3 και η Σ12, για μηδενισμό του οργάνου. Τα σφάλματα των υφιστάμενων στάσεων ήταν γνωστά από την επίλυση του δικτύου που είχε πραγματοποιηθεί σε προηγούμενη εργασία, ενώ για τις τυφλές υπολογίστηκαν με τον νόμο μετάδοσης σφαλμάτων στις σχέσεις υπολογισμού.

	Στάση	X(m)	Y(m)	H(m)	$\sigma_x(\text{cm})$	$\sigma_y(\text{cm})$	$\sigma_H(\text{cm})$
Υφιστάμενες	Σ2	504286.352	4174951.166	4.608	±1.0	±1.0	±1.0
	Σ3	504255.419	4174863.646	6.838	±1.0	±1.0	±1.0
	Σ12	504234.098	4175020.527	11.738	±1.0	±1.0	±1.0
	Σ18	504303.169	4175047.324	9.585	±1.0	±1.0	±1.0
	Σ28	504348.587	4174931.157	5.379	±1.0	±1.0	±1.0
Τυφλές	Σ100	504259.227	4175033.605	10.990	±1.1	±1.3	±1.0
	Σ101	504262.757	4174966.811	4.422	±1.1	±1.1	±1.0
	Σ102	504317.248	4175017.705	6.877	±1.2	±1.1	±1.0

Πίνακας. 3.1: Στάσεις που χρησιμοποιήθηκαν κατά την αποτύπωση

Αφού προσδιορίστηκαν οι συντεταγμένες των στάσεων, πραγματοποιήθηκε υπολογισμός των συντεταγμένων όλων των σημείων λεπτομέρειας. Οι υπολογισμοί αυτοί έγιναν με την χρήση Υπολογιστικού φύλλου Excel. Για κάθε σημείο λεπτομέρειας βρέθηκαν οι συντεταγμένες x , y στο ΕΓΣΑ '87 και το ορθομετρικό υψόμετρο H σε μέτρα, εφαρμόζοντας τις σχέσεις (2.1), (2.2) και (2.3) αντίστοιχα. Στην περιοχή αποτύπωσης το μέσο υψόμετρο ήταν τα 10m, ενώ ο συντελεστής χαρτογραφικής προβολής ήταν ίσος με $k=0.9996$.

Επιπλέον προσδιορίστηκε το μέγιστο σφάλμα των συντεταγμένων, σύμφωνα με τις σχέσεις (2.14), (2.15) και (2.16), και ελέγχθηκε αν για την κλίμακα εκτύπωσης που έχει επιλεγεί, οι αβεβαιότητες είναι εντός ορίων. Πιο συγκεκριμένα για κλίμακα 1:200, και δεδομένου ότι η διακριτική ικανότητα του ματιού είναι 0.25mm, η μέγιστη αβεβαιότητα των συντεταγμένων είναι $\pm 50\text{mm}$. Στην εφαρμογή στο Τ. Π. Π. Λ. τα σφάλματα στις συντεταγμένες x, y και H κυμαίνονται από $\pm 10\text{mm}$ μέχρι $\pm 28\text{mm}$, επομένως είναι εντός ορίων και έτσι αποδεκτά.

Στην επόμενη εικόνα παρουσιάζεται ένα απόσπασμα του τελικού αρχείου (.txt) των συντεταγμένων. Αυτό περιλαμβάνει τον αύξον αριθμό του σημείου και τις συντεταγμένες του x, y, στο ΕΓΣΑ '87, καθώς και το ορθομετρικό υψόμετρο H.

12,504313.277,4174975.028,4.387
13,504314.924,4174978.080,4.394
14,504315.304,4174978.901,4.397
15,504317.377,4174985.002,4.482

Εικόνα 3.13: Απόσπασμα αρχείου τελικών συντεταγμένων

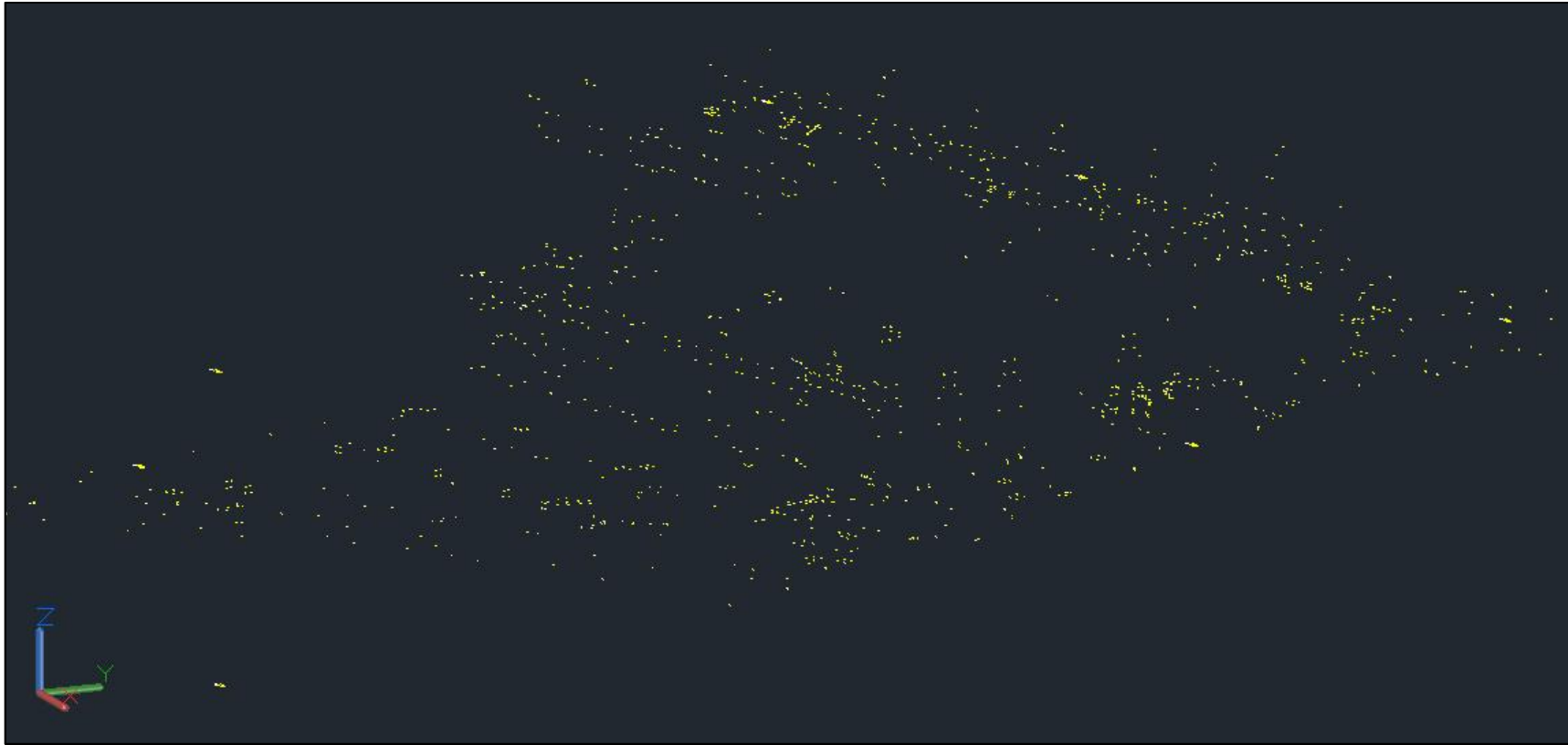
3.3.5 Ψηφιακή σχεδίαση

Αφού προσδιορίστηκαν οι συντεταγμένες των σημείων λεπτομέρειας ξεκίνησε η απόδοση του αντικείμενου ενδιαφέροντος. Η σχεδίαση επιλέχθηκε να γίνει σε περιβάλλον AutoCAD Civil, σε κλίμακα 1:1.

Αφού σκοπός της εργασίας είναι η δημιουργία ενός τριδιάστατου τοπογραφικού, κύρια μέριμνα ήταν η εισαγωγή, τοποθέτηση και απεικόνιση (ραπορτάρισμα) των σημείων σε τρεις διαστάσεις. Αφού ολοκληρώθηκε αυτό το στάδιο, τα σημεία ενώθηκαν τριδιάστατα σύμφωνα με τα σκαριφήματα υπαίθρου και έτσι κάθε αντικείμενο άρχισε να παίρνει μορφή. Στις περιπτώσεις όπου τα σημεία που μετρήθηκαν δεν επαρκούσαν, η σχεδίαση πραγματοποιήθηκε γεωμετρικά.

Στην εικόνα 3.14 παρουσιάζεται ένα απόσπασμα του σχεδίου, το οποίο περιλαμβάνει τα σημεία που αποτυπώθηκαν, τοποθετημένα τρισδιάστατα.

Για την καλύτερη διαχείριση της ποιοτικής και ποσοτικής πληροφορίας δημιουργήθηκαν διαφορετικά ψηφιακά σχεδιαστικά φύλλα (layers). Αυτό δίνει τη δυνατότητα στον χρήστη να επιλέγει την εμφάνιση ή απόκρυψη των πληροφοριών που θέλει.



Εικόνα 3.14: Τριδιάστατη απεικόνιση σημείων σε περιβάλλον AutoCAD

Στην παρούσα περίπτωση, δημιουργήθηκαν σύμφωνα με τις ανάγκες της εφαρμογής, κατά την απόδοση των λεπτομερειών, 33 επίπεδα με γραμμική, σημειακή ή επιφανειακή πληροφορία. Στο σύνολό τους υπάρχουν 9 επίπεδα με γραμμική πληροφορία, όπως τα όρια των παραθύρων ή η οριογραμμή του δρόμου. Επιπλέον υπάρχουν 10 επίπεδα με επιφανειακή πληροφορία, όπως οι επιφάνειες των τοίχων ή οι στέγες. Τέλος υπάρχουν και 3 επίπεδα με σύνολα αντικειμένων όπως οι λάμπες, αλλά και επίπεδα με τα σημεία αποτύπωσης και τις στάσεις. Πιο συγκεκριμένα τα επίπεδα αυτά φαίνονται στην εικόνα 3.15.

S...	Name	O	F...	L...	Color
✓	0	☹	☹	☹	white
☹	asfaltos	☹	☹	☹	250
☹	denra	☹	☹	☹	62
☹	dentra	☹	☹	☹	36
☹	Dromos	☹	☹	☹	252
☹	eksaerismos	☹	☹	☹	219,219,219
☹	Freatia	☹	☹	☹	176
☹	Green	☹	☹	☹	84
☹	ISO	☹	☹	☹	white
☹	Kraspedo	☹	☹	☹	253
☹	Kraspedo_Epi...	☹	☹	☹	253

S...	Name	O	F...	L...	Color
☹	Ktirio	☹	☹	☹	40
☹	lampes	☹	☹	☹	51
☹	LAYER10	☹	☹	☹	10
☹	Parathira	☹	☹	☹	151
☹	Parathira_Epif...	☹	☹	☹	151
☹	Parteria	☹	☹	☹	106
☹	Pezoulia	☹	☹	☹	255
☹	Pezoulia_Epif...	☹	☹	☹	255
☹	Portes	☹	☹	☹	36
☹	Portes_Epifan...	☹	☹	☹	36
☹	SHMEIO	☹	☹	☹	white

S...	Name	O	F...	L...	Color
☹	SHMEIO_CODE	☹	☹	☹	yellow
☹	SHMEIO_POI...	☹	☹	☹	white
☹	SHMEIO_Z	☹	☹	☹	11
☹	Skepi	☹	☹	☹	red
☹	Skepi_Epifane...	☹	☹	☹	red
☹	STASH	☹	☹	☹	white
☹	STASH_CODE	☹	☹	☹	yellow
☹	STASH_POINT	☹	☹	☹	white
☹	STASH_Z	☹	☹	☹	11
☹	Toixoi	☹	☹	☹	33
☹	Ydroroes	☹	☹	☹	160
☹	Ydroroes_Epif...	☹	☹	☹	160

Εικόνα 3.15: Σχεδιαστικά Επίπεδα

Για την απεικόνιση του υψομέτρου του δρόμου περιμετρικά των κτηρίων, δημιουργήθηκαν ισοϋψείς καμπύλες ανά μισό μέτρο μέσω του προγράμματος Survey, με δεδομένα εισόδου τα υψομετρικά σημεία της οδού. Ύστερα από επεξεργασία των καμπυλών αυτών, και τη δημιουργία επιφανειών που να προσαρμόζονται σε αυτές, προέκυψε το ψηφιακό μοντέλο εδάφους στη συγκεκριμένη περιοχή.

Στις εικόνες 3.16 έως 3.20 παρουσιάζεται το τριδιάστατο σχέδιο, όπως προέκυψε, από την σχεδίαση όλης της γνωστής πληροφορίας. Φαίνονται διαφορετικές όψεις του ίδιου αντικειμένου, προκειμένου να γίνει αντιληπτή η γεωμετρία του.

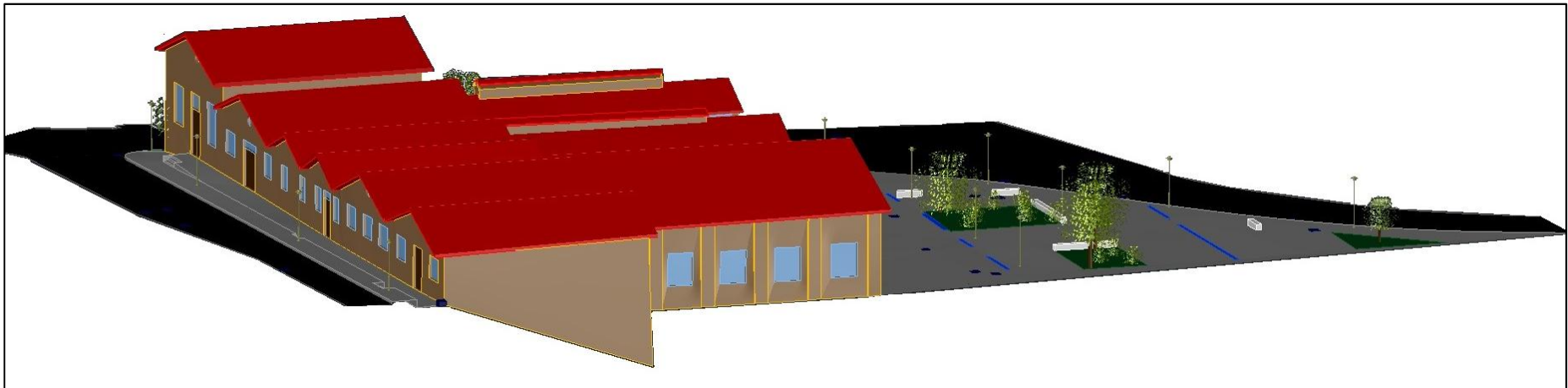
Το σχέδιο αυτό ολοκληρώθηκε με την προσθήκη της βλάστησης που υπήρχε στην περιοχή, χρησιμοποιώντας σύνολα τέτοιων αντικειμένων, τα οποία υπήρχαν διαθέσιμα στο διαδίκτυο. [3]



Εικόνα 3.16: Νότια όψη κτηριακού συγκροτήματος



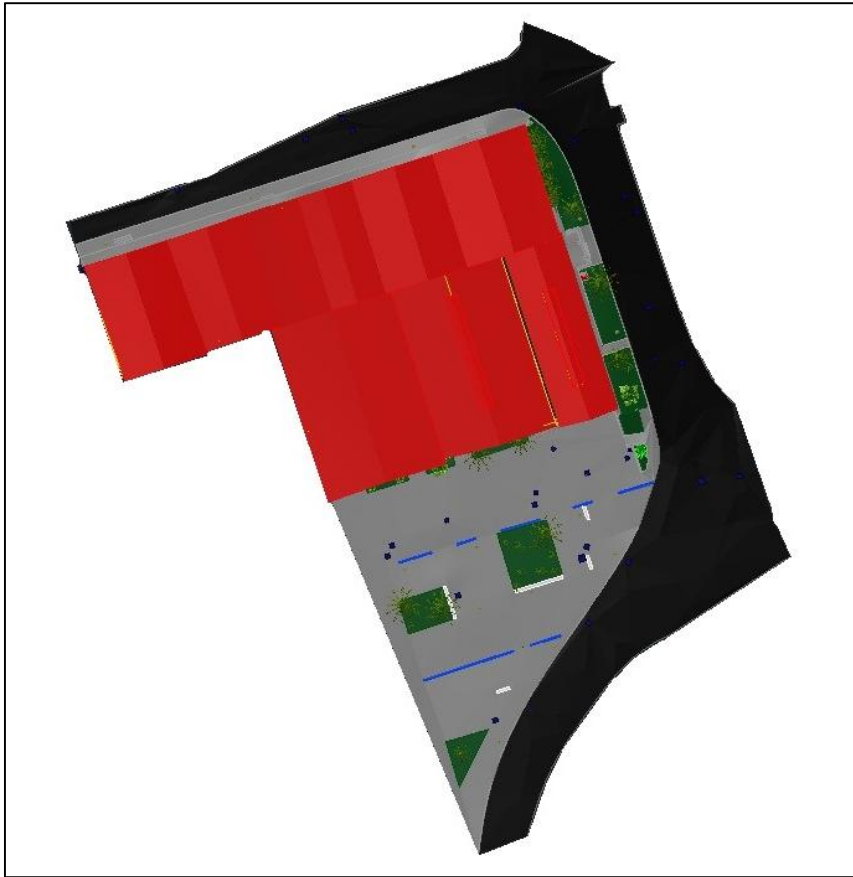
Εικόνα 3.17: Βόρεια όψη κτηριακού συγκροτήματος



Εικόνα 3.18: Ανατολική όψη κτηριακού συγκροτήματος



Εικόνα 3.19: Δυτική όψη κτηριακού συγκροτήματος



Εικόνα 3.20: Κάτοψη κτηριακού συγκροτήματος

3.3.6 Έλεγχος τοπογραφικού

Κατά τη διαδικασία ελέγχου εκτυπώθηκαν προοπτικά σχέδια σημαντικών σημείων λεπτομέρειας αλλά και προβολικά οι όψεις των κτηρίων, προκειμένου να μελετηθεί η πληρότητα του τοπογραφικού.

Κατά την απόδοση του σχεδίου στο γραφείο, αλλά και κατά τον έλεγχο στο πεδίο, διαπιστώθηκε η ύπαρξη σημαντικών κενών, τα οποία ωστόσο δεν μπορούσαν να μετρηθούν γεωδαιτικά λόγω ορατότητας και γεωμετρίας του αντικειμένου. Η μέτρησή τους θα επιτρεπόταν μόνο αν τοποθετούταν κάποιου είδους βάθρο ή πλατφόρμα, ώστε να υπάρχει ορατότητα στις σκεπές των κτηρίων.

Για αυτό το λόγο, κρίθηκε απαραίτητη και η συμπλήρωση των σημείων με φωτογραμμετρικές μεθόδους. Έτσι, πραγματοποιήθηκε λήψη φωτογραφιών με τη χρήση μη επανδρωμένων αεροσκαφών (UAV), όπως περιγράφεται παρακάτω.

3.3.7 Συμπλήρωση δεδομένων με την χρήση UAV

Τα συστήματα μη επανδρωμένων αεροσκαφών (ΣμηΕΑ-UAV) ή αλλιώς drone είναι μικρά ιπτάμενα οχήματα πολυλειτουργικού χαρακτήρα. Είναι ένα μέσο, συνήθως εφοδιασμένο με κάμερα, το οποίο μπορεί να λειτουργεί αυτόνομα, ημιαυτόνομα ή τελείως χειροκίνητα με τηλεχειριστήριο και να πραγματοποιεί φωτογραφικές λήψεις.

Για τη συμπλήρωση της σημειακής πληροφορίας πραγματοποιήθηκαν λήψεις φωτογραφιών υπό γωνία 45° και 90° , περιμετρικά των κτηρίων, με σκοπό τη δημιουργία του τριδιάστατου μοντέλου της περιοχής. Το μοντέλο αυτό παράχθηκε στο λογισμικό Agisoft PhotoScan Pro, και γεωαναφέρθηκε στο ΕΓΣΑ '87. Αφού πραγματοποιήθηκε έλεγχος για την αξιοπιστία αυτού του μοντέλου, αντλήθηκαν τα σημεία που ήταν αδύνατο να αποτυπωθούν γεωδαιτικά, λόγω ορατότητας.

Η αβεβαιότητα των σημείων που αντλούνται από το μοντέλο, για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% είναι $\pm 25\text{mm}$ κατά x, $\pm 49\text{mm}$ κατά y και $\pm 33\text{mm}$ κατά H. Δεδομένου ότι για τοπογραφικά κλίμακας 1:200 η μέγιστη αβεβαιότητα είναι τα $\pm 50\text{mm}$, οι αβεβαιότητες αυτές πληρούν τις ανάγκες της αποτύπωσης. Ωστόσο για την περαιτέρω ελαχιστοποίηση τους τα σημεία που αντλούνται, πέρα από το μοντέλο, θα στοχευθούν και στις φωτογραφίες. Έτσι τα σφάλματα αυτών για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% μειώνονται σημαντικά και φτάνουν τα $\pm 13\text{mm}$ κατά x, $\pm 18\text{mm}$ κατά y και $\pm 13\text{mm}$ κατά H. [Αζναβουρίδης Κ., 2018]

Στην εικόνα 3.21 φαίνεται το τριδιάστατο μοντέλο, όπως προέκυψε από το πρόγραμμα επεξεργασίας φωτογραφιών, ενώ στην εικόνα 3.22 παρουσιάζεται η περιοχή που πρέπει να συμπληρωθεί με πληροφορίες από το μοντέλο.

Τα σημεία στο λογισμικό επεξεργασίας δίνονται με την λέξη point και τον αριθμό του σημείου. Ωστόσο για να προστεθούν στο σχέδιο και να ξεχωρίζουν από αυτά της γεωδαιτικής αποτύπωσης ονομάστηκαν με το γράμμα D και τον αριθμό του σημείου.

Διαπιστώθηκε η ανάγκη προσθήκης 100 περίπου σημείων, τα οποία αποτελούσαν ακμές παραθύρων και φωταγωγών, δεδομένα που βρίσκονταν κυρίως στις οροφές των κτηρίων. Για την εισαγωγή τους στο AutoCAD δημιουργήθηκε αρχείο (.txt), αντίστοιχο με αυτό της υπόλοιπης αποτύπωσης, όπου περιλάμβανε τις συντεταγμένες κατά x, y και H καθώς και τον αύξων αριθμό του σημείου



Εικόνα 3.21: Τριδιάστατο μοντέλο με την χρήση UAV

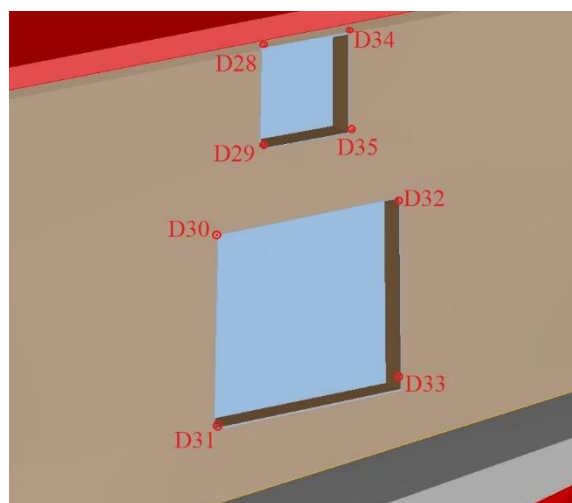
[Περιβάλλον Agisoft PhotoScan Pro]



Εικόνα 3.22: Περιοχές όπου θα αντληθεί σημειακή πληροφορία

Τα σημεία αυτά ενώθηκαν προσεκτικά και προσέθεσαν κάποια καινούρια παράθυρα στις στέγες των κτηρίων, καθώς και έναν μηχανισμό εξαερισμού στην οροφή ενός κτίσματος

Κάποια από αυτά τα παράθυρα είχαν σχεδιαστεί γεωμετρικά. Όπως φαίνεται στην εικόνα 3.23 τα νέα σημεία, σε ορισμένες περιοχές, σχεδόν ταυτίζονται με την γεωμετρική σχεδίαση, ή είναι εντός των ορίων της αβεβαιότητας της κλίμακας εκτύπωσης, με αποτέλεσμα να μην τροποποιηθεί το ήδη σχεδιασμένο αντικείμενο.



Εικόνα 3.23: Συνταύτιση γεωμετρικής κατασκευής με φωτογραμμετρική σημειακή πληροφορία

Επιπλέον λόγω της παραμόρφωσης του μοντέλου σε ορισμένα σημεία η πληροφορία που αντλήθηκε παρουσίαζε σημαντικές παραμορφώσεις. Κάποια παράθυρα παρουσιάζονται στρεβλωμένα αν σχεδιαστούν με βάση τη σημειακή πληροφορία του μοντέλου. Για τον λόγο αυτό επιλέχθηκαν ως ορθά σημεία αυτά που συμβαδίζουν γεωμετρικά με το μοναδικό, μετρημένο γεωδαιτικό, παράθυρο, που ήταν μεγαλύτερης ακρίβειας.

Με τις παραπάνω προσθήκες και διορθώσεις δημιουργήθηκε το τελικό αντικείμενο προς παράδοση, όπως φαίνεται στις εικόνες 3.24 έως 3.28.

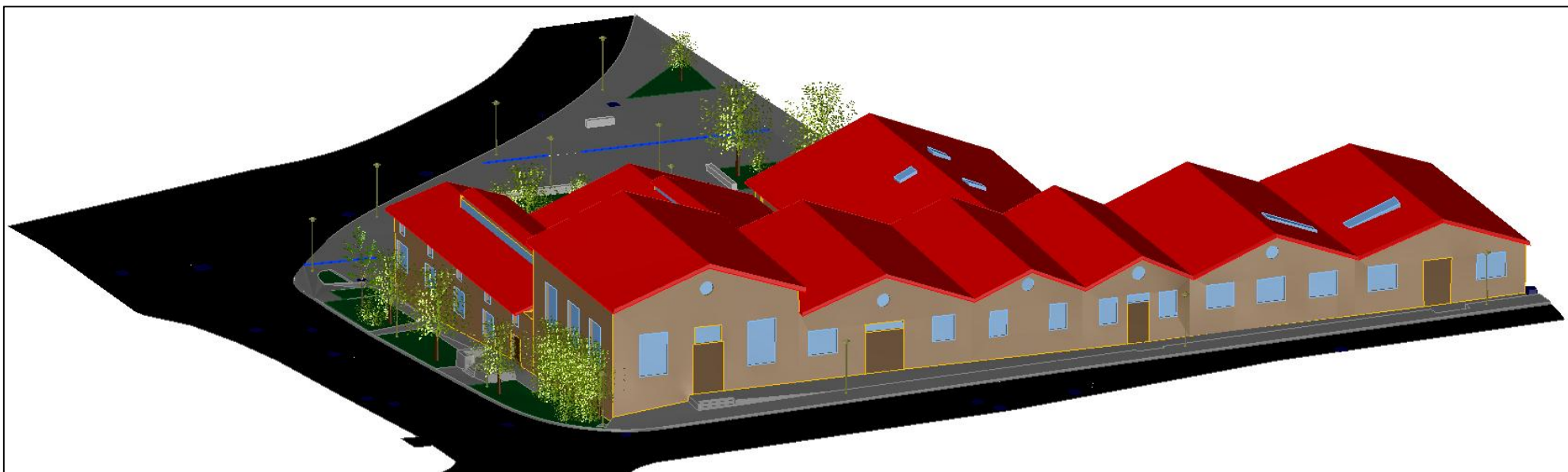
Επιλέχθηκε η αποφυγή προσθήκης υφών για την ρεαλιστική αναπαράσταση καθώς θα αυξάνονταν σημαντικά οι υπολογιστικοί πόροι για την αναπαραγωγή του σχεδίου από τρίτους.



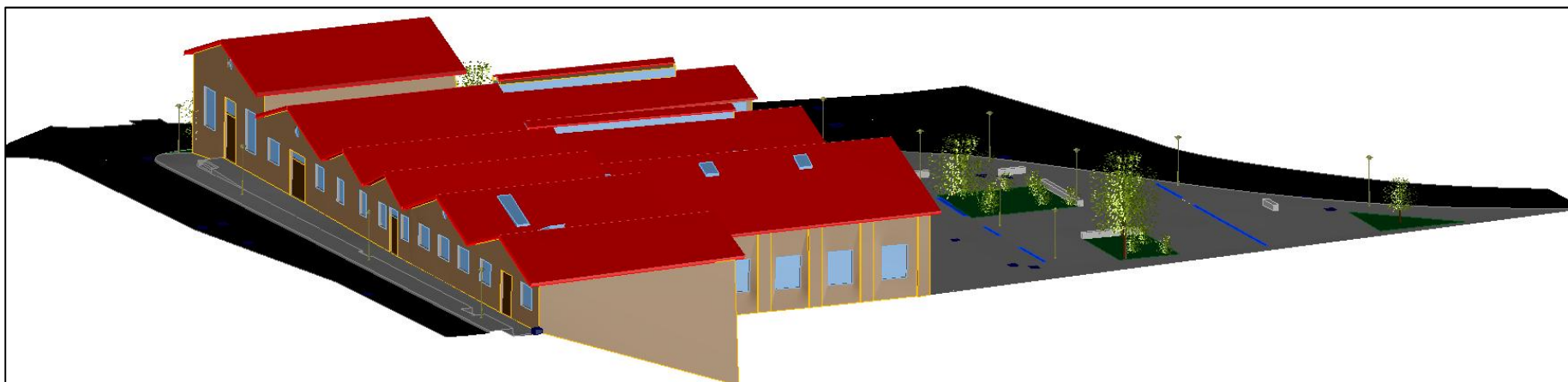
Εικόνα 3.24: Κάτοψη κτηριακού συγκροτήματος



Εικόνα 3.25: Νότια όψη κτηριακού συγκροτήματος



Εικόνα 3.26: Βόρεια όψη κτηριακού συγκροτήματος



Εικόνα 3.27: Ανατολική όψη κτηριακού συγκροτήματος



Εικόνα 3.28: Δυτική όψη κτηριακού συγκροτήματος




3.3.8 Εκτύπωση τοπογραφικού

Αφού ολοκληρώθηκε η τριδιάστατη σχεδίαση του κτηριακού συγκροτήματος του Τεχνολογικό και Πολιτιστικού Πάρκου Λαυρίου, πρέπει να επιλεγεί ο τρόπος με τον οποίο θα παραδοθεί το τελικό προϊόν στον χρήστη.

Η παράδοση πραγματοποιείται ηλεκτρονικά σε μορφή (.dwg), και ο χρήστης μέσω του AutoCAD Application, θα μπορέσει να πλοηγηθεί στο σχέδιο και να αντλήσει τις πληροφορίες που χρειάζεται.

Όσον αφορά την δυνατότητα εκτύπωσης υπολογίζεται η συνολική επιφάνεια εκτύπωσης για να προσδιοριστεί ο κατάλληλος τριδιάστατος εκτυπωτής.

Έτσι η περιοχή που αποτυπώθηκε έχει περίπου $\Delta X=105m$, $\Delta Y=125m$ και $\Delta H=16m$, όπως αυτή μετρήθηκε στο λογισμικό σχεδίασης. Το τελικό παράγωγο είναι σε κλίμακα 1:200, συνεπώς οι διαστάσεις εκτύπωσης υπό αυτή τη κλίμακα είναι περίπου 53x63x8 cm. Στον πίνακα 3.2 δίνονται οι εκτυπωτές που υπάρχουν στην αγορά και πληρούν το απαιτούμενο μέγεθος εκτύπωσης. [2]

Εκτυπωτής	Προεπισκόπηση εκτυπωτή	Μέγεθος Εκτύπωσης (cm)	Ανάλυση (microns)	Ταχύτητα εκτύπωσης (cm/s)	Αναλώσιμο	Τιμή (€)
Creality3D CR-10-S4		72 x 83 x 61	50	10	Filament (Νήμα)	800
Creality3D CR-10-S5		88 x 76 x 34	50	20	Filament (Νήμα)	1.050
Photocentric Liquid Crystal Pro		82 x 74 x 49	100	10	Resin (Ρητίνη)	6.300

Πίν. 3.2: Εκτυπωτές που πληρούν το απαιτούμενο μέγεθος εκτύπωσης

Για μία πιο οικονομική λύση μπορεί το τοπογραφικό να εκτυπωθεί τμηματικά και να συναρμολογηθεί. Έτσι ένας εκτυπωτής για παράδειγμα, με διαστάσεις περί τα 20x20x18 cm, μπορεί να εκτυπώσει τμήματα του σχεδίου τα οποία θα ενωθούν για τη δημιουργία του τελικού παράγωγου. Οι τιμές για τέτοιου μεγέθους εκτυπωτές κυμαίνονται από τα 200 έως τα 700€.

Στην τμηματική εκτύπωση είναι σημαντικό να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στην ακρίβεια εκτύπωσης και την λεπτομέρεια κατά το στάδιο συναρμολόγησης, προκειμένου να μην γίνονται αντιληπτές οι ενώσεις των διαφόρων τμημάτων.

Επιπλέον για ευκολότερη διαχείριση και εκτύπωση του τελικού προϊόντος, εφόσον επιτρέπεται, μπορεί η κλίμακα να μεγαλώσει σε 1:500 και έτσι το τελικό μέγεθος εκτύπωσης να είναι περίπου 21x25x4 cm, το οποίο εξυπηρετείται σχεδόν από όλους τους εκτυπωτές της αγοράς. Αν επιλεγεί η αύξηση της κλίμακας πιθανόν να χρειαστεί εκ νέου επεξεργασία του σχεδίου, καθώς κάποιες λεπτομέρειες θα αλλοιωθούν και δεν θα εμφανίζονται στο τελικό παράγωγο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

4.1 Συμπεράσματα

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτέλεσε η δημιουργία ενός τριδιάστατου τοπογραφικού με επίγειες-γεωδαιτικές μεθόδους. Τα στάδια που ακολουθήθηκαν περιλάμβαναν τη μελέτη ποικίλων σχεδιαστικών προγραμμάτων, αλλά και τον προσδιορισμό των παραμέτρων υλοποίησής του.

Για την καλύτερη και πληρέστερη διερεύνηση της μεθόδου πραγματοποιήθηκαν δύο εφαρμογές, με κύρια αυτή στο Τεχνολογικό και Πολιτιστικό Πάρκο Λαυρίου. Τόσο στην παρούσα εφαρμογή, όσο και σε αυτή στο Κτήριο Βέη της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων του ΕΜΠ, αλλά και σε όλα τα στάδια συλλογής και επεξεργασίας των δεδομένων προέκυψαν σημαντικά συμπεράσματα.

Στην πρώτη φάση της εργασίας, μελετήθηκαν και δοκιμάστηκαν κάποια λογισμικά τριδιάστατης σχεδίασης. Αφού προσδιορίστηκαν οι απαιτήσεις της παρούσας τοπογραφικής εργασίας, πραγματοποιήθηκε αξιολόγηση του κάθε λογισμικού. Τα λογισμικά που εξετάστηκαν ήταν το 3D Studio Max, το AutoCAD, το SketchUp, το Revit αλλά και το Blender. Για μεγαλύτερη κατανόηση δημιουργήθηκε αραχνοειδές διάγραμμα στο οποίο ήταν εμφανής η υπεροχή του SketchUp. Ωστόσο λόγω της αδυναμίας εμφάνισης των κωδικών των σημείων κατά τη σχεδίαση, καταλληλότερο θεωρήθηκε το αμέσως επόμενο στην ιεραρχία, δηλαδή το AutoCAD.

Συνεπώς το AutoCAD αποτέλεσε το πιο κατάλληλο λογισμικό για τη δημιουργία ενός τριδιάστατου τοπογραφικού, που θα περιλαμβάνει τόσο λεπτομέρειες στα κτήρια όσο και πληροφορία εδάφους με την δημιουργία ψηφιακών μοντέλων. Επιπλέον μπορεί να γίνει προσθήκη αντικειμένων όπως δέντρα, ενώ για την ρεαλιστική απεικόνιση της περιοχής αποτύπωσης μπορεί να γίνει χρήση υφών, η οποία όμως δεν συνίσταται καθώς αυξάνονται κατά πολύ οι υπολογιστικοί πόροι του συστήματος.

Στη δεύτερη φάση της εργασίας μελετήθηκε το θεωρητικό υπόβαθρο που απαιτείται για τη δημιουργία του παρόντος τοπογραφικού.

Κατά την αναγνώριση της περιοχής διαπιστώνεται πως τα κλασικά αυτοσχέδια δεν αρκούν όταν είναι απαραίτητη η τρίτη διάσταση. Για τον λόγο αυτό διερευνήθηκε η δυνατότητα δημιουργίας προβολικών και

προοπτικών σκαριφημάτων. Αυτά αποτελούνταν από σχέδια όψεων αλλά και προοπτικών των κτηρίων που θα αποτυπωθούν. Τέλος πιο χρήσιμα θεωρήθηκαν και τα εικονιστικά-φωτογραφικά αυτοσχέδια, τα οποία χρησιμοποιούσαν φωτογραφίες του αντικειμένου και περιλάμβαναν όλες τις λεπτομέρειες αυτού.

Με την εφαρμογή στο κτήριο Βέη διαπιστώθηκε πως η διαδικασία δημιουργίας προβολικών και προοπτικών αυτοσχέδιων απαιτεί τον διπλάσιο σχεδόν χρόνο από αυτό των απλών, καθώς απαιτείται κάποια σχεδιαστική ικανότητα και γνώση προβολικής γεωμετρίας. Με την χρήση εικονιστικών-φωτογραφικών αυτοσχέδιων ο χρόνος ελαχιστοποιείται στο έπακρο, και για τον λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκε κυρίως στην εφαρμογή στο Τεχνολογικό και Πολιτιστικό Πάρκο.

Όσον αφορά στη διαδικασία συλλογής των δεδομένων, η μέθοδος των πολικών συντεταγμένων είναι η πλέον ενδεδειγμένη καθώς η μέτρηση τόσο προσιτών, όσο και απρόσιτων σημείων γίνεται με μεγάλη ευκολία χρησιμοποιώντας Reflectorless γεωδαιτικούς σταθμούς.

Το πλήθος των μετρούμενων σημείων είναι το **τριπλάσιο** σε σχέση με το απλό τοπογραφικό διάγραμμα, κάτι το οποίο αυξάνει σημαντικά και τον χρόνο που απαιτείται για την ολοκλήρωση των εργασιών πεδίου.

Σχετικά με την απόδοση των λεπτομερειών στο περιβάλλον σχεδίασης, αποδείχθηκε πως για ευκολότερη διαχείριση της πληροφορίας καλό είναι να γίνει διαχωρισμός των γραμμικών και επιφανειακών πληροφοριών σε διαφορετικά σχεδιαστικά επίπεδα. Λόγω του διαχωρισμού αυτού το πλήθος των επιπέδων αυξάνεται σημαντικά, επομένως αυξάνεται και η υπολογιστική μνήμη που απαιτείται.

Με την ολοκλήρωση της απόδοσης είναι απαραίτητος ο έλεγχος του τελικού παραγώγου. Πλέον δεν επαρκεί μόνο η εκτύπωση της κάτοψης του σχεδίου σε συγκεκριμένη κλίμακα. Όπως κατά τη διαδικασία δημιουργίας αυτοσχέδιων, έτσι και σε αυτό το στάδιο μπορεί να γίνει εκτύπωση προβολικών και προοπτικών σχεδίων για τοπομετρικό έλεγχο στο ύπαιθρο.

Για την εκτύπωση προοπτικών σχεδίων, προκειμένου αυτά να μην παρουσιάζονται παραμορφωμένα, προτείνεται η εκτύπωση από συγκεκριμένη οπτική γωνία, και συγκεκριμένα από το σημείο (στάση) που πραγματοποιήθηκε η αποτύπωση. Έτσι ο μηχανικός στέκεται στην στάση αποτύπωσης και κοιτώντας προς το αντικείμενο είναι σε θέση να ελέγξει την ορθότητα της γεωμετρίας του.

Αν επιλεγεί εκτύπωση προβολικών σχεδίων, διαπιστώθηκε πως αν γίνει εκτύπωση τόσο της όψης όσο και της κάτοψης του αντικειμένου, τότε αυτό ελέγχεται πλήρως και στις τρεις διαστάσεις του.

Κατά την τριδιάστατη αποτύπωση αναγκαία είναι η πληροφορία στο έδαφος, στις όψεις των κτηρίων αλλά και στις οροφές ή στις στέγες τους. Για να αντληθεί αυτή, πρέπει να γίνει τοποθέτηση του γεωδαιτικού σταθμού σε κάποιο ψηλό σημείο προκειμένου να υπάρχει πλήρη ορατότητα.

Το πρόβλημα αυτό μπορεί να επιλυθεί, πλέον, με την χρήση μη επανδρωμένων εναέριων συστημάτων (UAV), τα οποία μπορούν να πραγματοποιήσουν πτήση και λήψη φωτογραφιών, όπου με την επεξεργασία τους υπάρχει η δυνατότητα δημιουργίας τριδιάστατου μοντέλου της περιοχής μελέτης.

Συνεπώς διαπιστώνεται πως ένα τριδιάστατο τοπογραφικό για να είναι πλήρες δεν μπορεί να γίνει εξ' ολοκλήρου με επίγειες μεθόδους.

Στο διάγραμμα 4.1 παρουσιάζεται η ποσοστιαία προέλευση της σημειακής πληροφορίας όπως αυτή προέκυψε στην εφαρμογή που πραγματοποιήθηκε στο Λαύριο.



Διάγραμμα 4.1: Ποσοστιαία προέλευση σημειακής πληροφορίας

Όσον αφορά στη παράδοση του τελικού προϊόντος στον χρήστη διερευνήθηκε η δυνατότητα τριδιάστατης εκτύπωσης. Με την ανάπτυξη της τεχνολογίας πλέον οι τριδιάστατοι εκτυπωτές έχουν κατακλίσει την αγορά και δίνουν τη δυνατότητα εκτύπωσης ποικίλων αντικείμενων σε διάφορα μεγέθη.

Από τη διερεύνηση που πραγματοποιήθηκε σχετικά με τους τύπους 3D εκτυπωτών που υπάρχουν σήμερα στην αγορά, διαπιστώθηκε πως ένα τοπογραφικό μεγάλης έκτασης, δύσκολα εκτυπώνεται ολοκληρωμένα σε

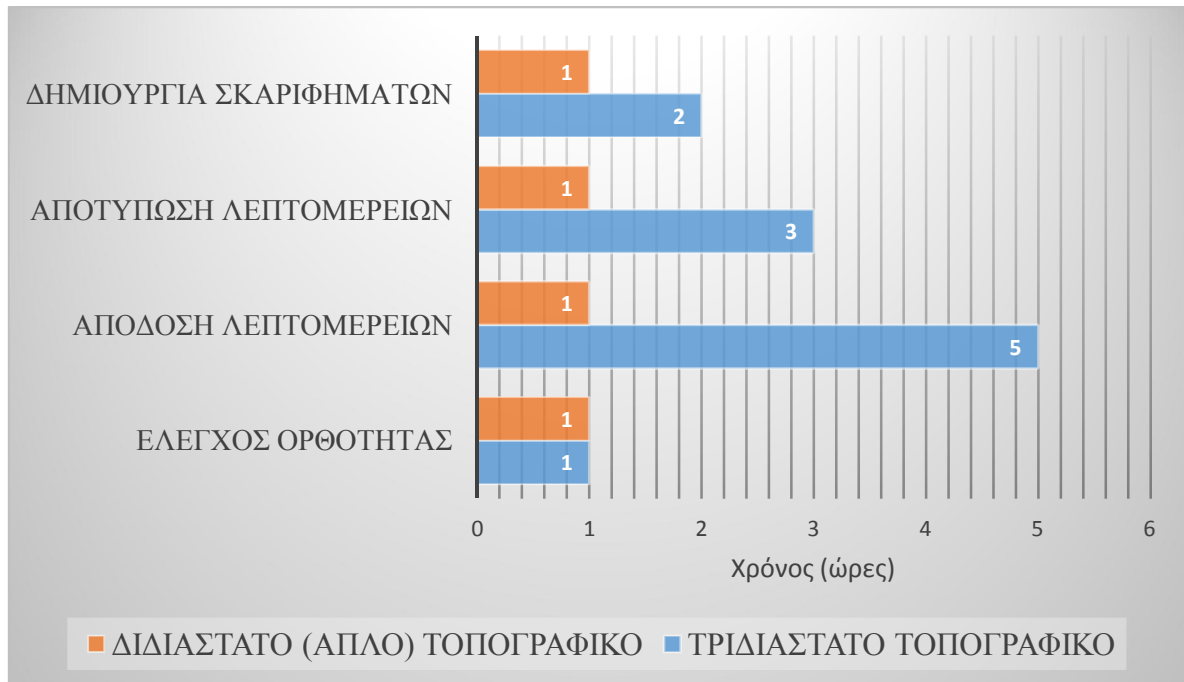
κλίμακα 1:200, λόγω του μεγέθους του. Έτσι προτείνεται η τμηματική εκτύπωση του ή η μείωση της κλίμακας εφόσον αυτό επιτρέπεται.

Όσο πιο μικρό είναι το μέγεθος προς εκτύπωση, τόσο μεγαλύτερη είναι η ποικιλία εκτυπωτών που υπάρχει στην αγορά, σε προσιτές τιμές. Ο μηχανικός είναι σε θέση να διαλέξει τον εκτυπωτή που τον εξυπηρετεί καλύτερα και να βελτιστοποιήσει τόσο τεχνικά όσο και οικονομικά την εκτύπωση του τοπογραφικού του.

Με βάση όλα τα παραπάνω, για τη δημιουργία ενός τριδιάστατου τοπογραφικού απαιτείται:

- Ηλεκτρονικός υπολογιστής με σημαντικούς υπολογιστικούς πόρους, προκειμένου να πραγματοποιηθεί ψηφιακή τριδιάστατη σχεδίαση σε περιβάλλον AutoCAD.
- Ολοκληρωμένος γεωδαιτικός σταθμός με δυνατότητα μέτρησης μηκών χωρίς ανακλαστήρα, καθώς και τα παρελκόμενά του, για την συλλογή των δεδομένων στο ύπαιθρο.
- Γνώση προβολικής γεωμετρίας και κάποια σχεδιαστική ικανότητα για τη δημιουργία σκαριφημάτων κατά την αναγνώριση της περιοχής.
- Σχεδόν τριπλάσιος χρόνος παραμονής στο ύπαιθρο για τις εργασίες πεδίου, μιας και τα σημεία προς αποτύπωση είναι σχεδόν τριπλάσια σε πλήθος από το απλό τοπογραφικό.
- Χρήση μη επανδρωμένων εναέριων μέσων UAV, για συμπλήρωση της γεωδαιτικής πληροφορίας, εφόσον απαιτείται από τη γεωμετρία του αντικειμένου.
- Εκτύπωση προβολικών και προοπτικών σχεδίων για το στάδιο ελέγχου ορθότητας και αξιοπιστίας του διαγράμματος.
- Διερεύνηση του καταλληλότερου τριδιάστατου εκτυπωτή για την εκτύπωση του τελικού προϊόντος, προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί το κόστος και να μεγιστοποιηθεί η ακρίβεια του προς παράδοση αντικειμένου.

Όπως ήδη αναφέρθηκε, ο χρόνος υλοποίησης αυξάνεται σημαντικά σε σχέση με το απλό τοπογραφικό, για ορισμένες εργασίες. Αν υποθεθεί, ότι για κάθε ένα από τα τέσσερα στάδια σύνταξης ενός απλού τοπογραφικού διαγράμματος απαιτείται χρόνος περίπου **1h**, τότε προκύπτει το διάγραμμα 4.2, όπου με πορτοκαλί χρώμα φαίνεται ο αρχικός χρόνος υλοποίησης για το απλό τοπογραφικό, ενώ με μπλε ο πολλαπλάσιος χρόνος υλοποίησης για το τριδιάστατο.



Διάγραμμα 4.2: Χρονική αξιολόγηση εργασιών

Το τελικό παράγωγο, λοιπόν, παρουσιάζει κάποια επιπλέον στοιχεία από το απλό τοπογραφικό. Αυτά αποτελούν πληροφορίες των κτισμάτων και περιλαμβάνουν:

1. Παράθυρα και πόρτες
2. Υφές στα κτήρια αποτύπωσης
3. Ψηφιακό μοντέλο εδάφους
4. Υψομετρική πληροφορία παντού

Τα στοιχεία αυτά δίνουν την δυνατότητα μέτρησης τόσο εμβαδού, όσο και όγκων κτηρίων, δρόμων αλλά και όλων των στοιχείων που υπάρχουν στην περιοχή μελέτης, χωρίς την απαίτηση διατομών και μηκοτομών. Επιπλέον, η ογκομέτρηση των κτηρίων παρέχει τη δυνατότητα ενεργειακής και αρχιτεκτονικής μελέτης.

Πλέον ο μηχανικός μπορεί να εξάγει οποιαδήποτε τομή ή όψη επιθυμεί χωρίς επιπλέον μετρήσεις. Αυτό ωφελεί σημαντικά τη μελέτη επισκευής και αναστήλωσης κτηρίων αλλά και τη γεωμετρική τεκμηρίωση μνημείων, καθώς αποφεύγεται το στάδιο του μετασχηματισμού για τη δημιουργία κατακόρυφων τομών στα επιθυμητά σημεία. [Μπαλοδήμος Δ., Λάμπρου Ε., Πανταζής Γ., Γεωργόπουλος Γ., Δογγούρης Σ., 2005]

Με πλοήγηση στο περιβάλλον σχεδίασης αντλούνται όλες οι πληροφορίες που επιθυμεί ο εκάστοτε μηχανικός, ανάλογα την εργασία που καλείται να εκτελέσει.

Το τριδιάστατο τοπογραφικό, συνεπώς, αποτελεί μία «καινοτομία», που αν διατίθεται σε κάποια μελέτη, θα βοηθήσει σημαντικά τους μηχανικούς, καθώς θα περιορίσει αρκετά τόσο τους επιπλέον υπολογισμούς, όσο και τις περεταίρω μετρήσεις στο ύπαιθρο.

4.2 Προτάσεις

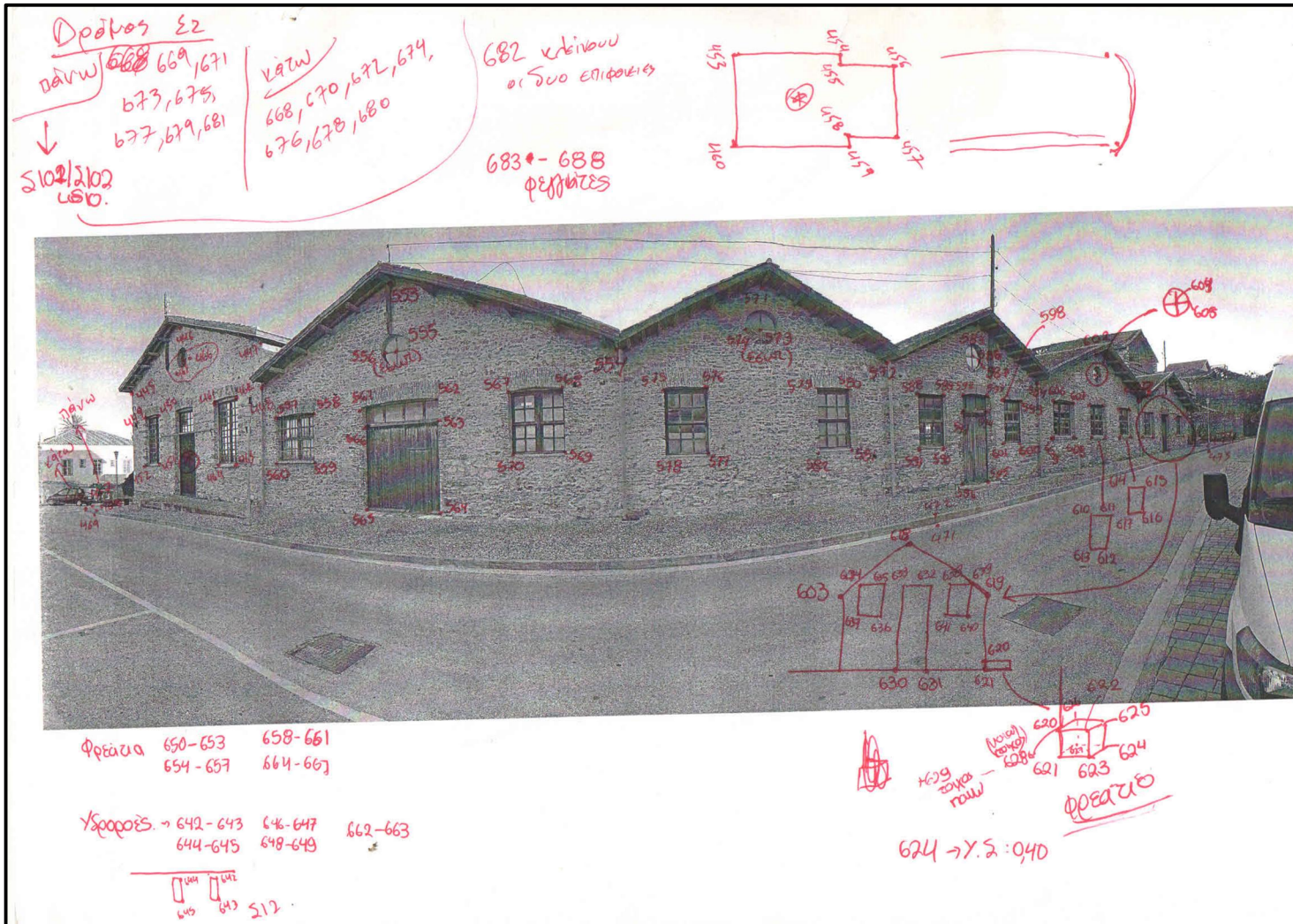
Από το σύνολο της εργασίας και των συμπερασμάτων που προέκυψαν μέσω αυτής, διαπιστώνονται ορισμένες προτάσεις.

Συγκεκριμένα, κατά το στάδιο δημιουργίας των σκαριφημάτων αλλά και της χρήσης τους στην απόδοση του αντικειμένου, διαπιστώθηκε κάποια σύγχυση, η οποία αφορούσε την εμπλοκή των προοπτικών σχεδίων μέσα στο εικονιστικό σκαρίφημα. Για το λόγο αυτό προτείνεται ένα πρότυπο σκαριφήματος που θα περιλαμβάνει, τόσο την εικονική πληροφορία, όσο και προοπτικές ή λεκτικές πληροφορίες, χωρίς όμως να υπάρχει θόρυβος.

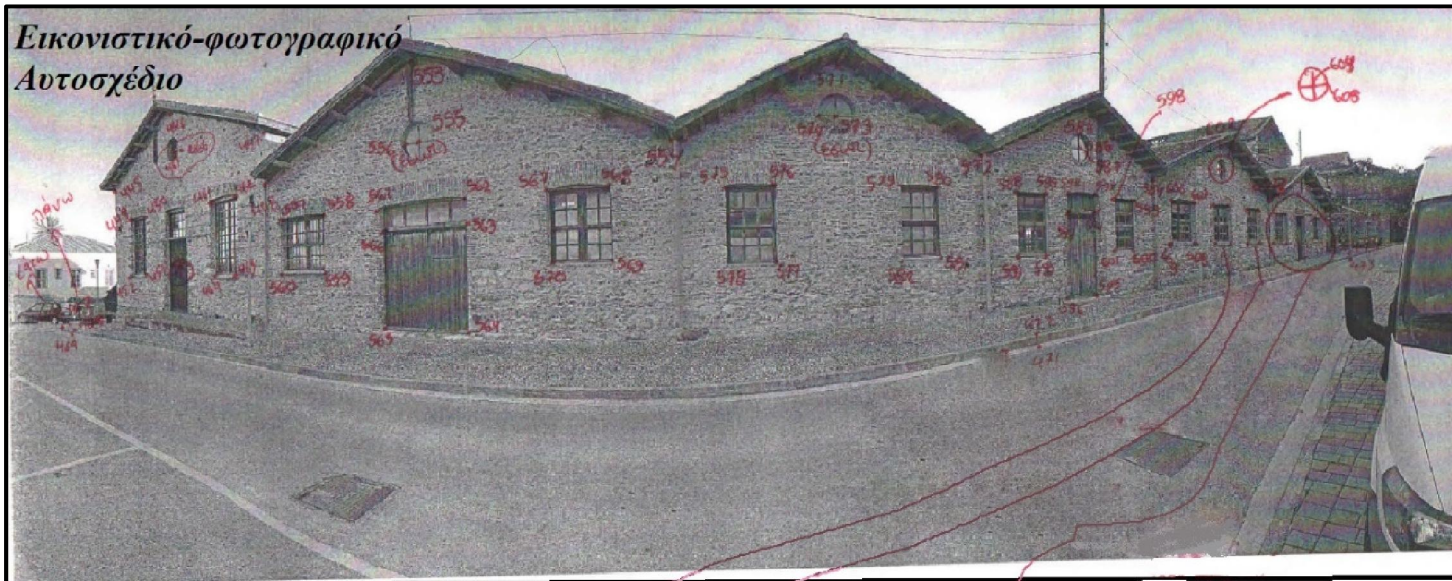
Στην εικόνα 4.1 φαίνεται ένα σκαρίφημα όπως σχεδιάστηκε στην εφαρμογή, ενώ στην εικόνα 4.2 ένα σκαρίφημα με το προτεινόμενο πρότυπο, όπως αυτό δημιουργήθηκε σε ψηφιακό περιβάλλον.

Τέλος για μεγαλύτερη ευκολία και άντληση της πληροφορίας των διάφορων κτηρίων αλλά και όλης της περιοχής μελέτης, μια πρόταση για περεταίρω μελέτη, είναι η δημιουργία ενός αλγόριθμου και μίας βάσης δεδομένων. Αυτή θα περιλαμβάνει πληροφορίες για τις διαστάσεις και το εμβαδόν του αντικειμένου, τον όγκο του, ή το πλήθος των παραθύρων του, αν πρόκειται για κάποιο κτήριο. Με ένα απλό κλικ, ο χρήστης θα είναι σε θέση να διαβάσει όλες τις πληροφορίες που υπάρχουν για το αντικείμενο που επέλεξε, και έτσι θα εξοικονομήσει χρόνο για μετρήσεις και αναγνώριση πάνω στο σχέδιο.

Η διαδικασία αυτή αποτελεί μέρος της θεωρίας των BIM, (Building Information Modeling), με την μόνη διαφορά πως τα κτήρια είναι μετρημένα γεωδαιτικά, με μεγάλη ακρίβεια, και περιλαμβάνουν μόνο τις πληροφορίες που είναι σε θέση να αποτυπώσει ο τοπογράφος μηχανικός με έναν γεωδαιτικό σταθμό στην εκάστοτε εργασία.



Εικόνα 4.1: Σκαρίφημα που χρησιμοποιήθηκε στην εφαρμογή στο Τεχνολογικό και Πολιτιστικό Πάρκο Λαυρίου



Επιπλέον πληροφορίες

Φρέυα 650-653 658-661
654-657 664-667

Υδρορροές → 642-643 646-647 662-663
644-645 648-649



624 → γ.λ.: 0,40

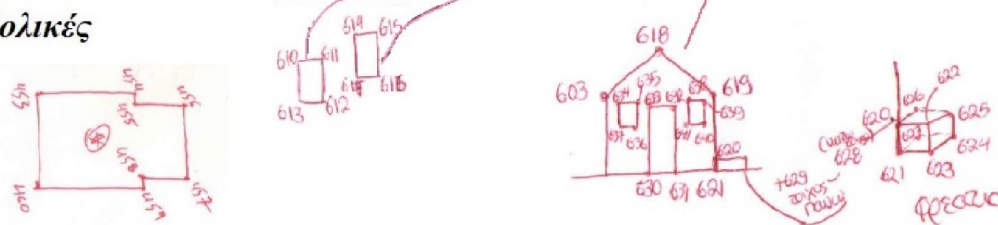
Δρόμος Ε2
πάνω 668, 669, 671
673, 675
↓
677, 679, 681

κάτω
668, 670, 672, 674,
676, 678, 680

682 κελύφου
σε δύο επιφορείς

683*-688
φεγγιές

**Προοπτικές- Προβολικές
Λεπτομέρειες**



Εικόνα 4.2: Πρότυπο σκαρίφημα για την αποφυγή σύγχυσης

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Αγατζά-Μπαλοδήμου Α. Μ., *Θεωρία σφαλμάτων και συνορθώσεις Ι*, ΣΑΤΜ, ΕΜΠ, Αθήνα 2009.
2. Αζναβουρίδης Κ., *Δημιουργία τριδιάστατου τοπογραφικού με χρήση συστήματος μη επανδρωμένου αεροσκάφους (UAS). Εφαρμογή στο Τεχνολογικό και Πολιτιστικό πάρκο Λαυρίου*, Διπλωματική Εργασία, ΣΑΤΜ, ΕΜΠ, Αθήνα 2018.
3. Γκότσης Β., *Μοντελοποίηση γεωμετρικών και μη γεωμετρικών επιφανειών με την χρήση Χωροεικονογεωδαιτικών Σταθμών*, Διπλωματική Εργασία, ΣΑΤΜ, ΕΜΠ, Αθήνα 2012.
4. Εφεσίου Ε., Μονεμβασίτου Α., Παυλίδης Γ., Παυλίδου Α., *Αρχιτεκτονικό Σχέδιο Γ' τάξη Γενικού Λυκείου*, Οργανισμός εκδόσεων διδακτικών βιβλίων, Αθήνα 1999.
5. Καριοφύλλης Π., *Η επανάσταση της τρισδιάστατης εκτύπωσης*, Μεταπτυχιακή εργασία, ΕΜΠ-ΑΣΟΕΕ, Διαπανεπιστημιακό πρόγραμμα μεταπτυχιακών σπουδών στη διοίκηση επιχειρήσεων "Athens MBA", Αθήνα 2016
6. Λάμπρου Ε., Πανταζής Γ., *Εφαρμοσμένη Γεωδαισία*, Εκδόσεις ΖΗΤΗ, Αθήνα 2010, Διορθωμένη έκδοση, Φεβρουάριος 2013.
7. Μπαλοδήμος Δ., Σταθάς Δ., Αραμπατζή Ο., *Γεωδαισία: Δίκτυα – Αποτυπώσεις - Χαράξεις*, ΣΑΤΜ, ΕΜΠ, Αθήνα 2006.
8. Μπαλοδήμος Δ., Λάμπρου Ε., Πανταζής Γ., Γεωργόπουλος Γ., Δογγούρης Σ., *Σημειώσεις Τεχνικής Γεωδαισίας*, ΣΑΤΜ, ΕΜΠ, Αθήνα 2005.
9. Μπαντέλας Α., Σαββαΐδης Π., Υφαντής Ι., Δούκας Ι., *Γεωδαισία Ι: Γεωδαιτικά Όργανα και Μέθοδοι Μέτρησης και Υπολογισμών*, Εκδοτικός Οίκος Αδελφών Κυριακίδη Α.Ε., Θεσσαλονίκη 1999.

- 10.Μπαντέλας Α., Σαββαΐδης Π., Υφαντής Ι., Δούκας Ι, *Γεωδαισία ΙΙ: Αποτυπώσεις-Χαράξεις Τεχνικών Έργων*, Εκδοτικός Οίκος Αδελφών Κυριακίδη Α.Ε., Θεσσαλονίκη 1999.
- 11.Παυλίδη Ι., *Γραμμικό Σχέδιο: για υποψήφιους Αρχιτεκτονικών Σχολών, για φοιτητές Πολιτικούς Μηχανικούς, Τόμος Ι*, Εκδόσεις ΖΗΤΗ, Θεσσαλονίκη 1997.
- 12.Χαλκιάς Χ., *Ψηφιακά Μοντέλα Εδάφους*, Διαφάνειες Διαλέξεων, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Τμήμα Γεωγραφίας, Αθήνα 2012.
- 13.Evans B., *Practical 3D Printers. The Science and Art of 3D Printing*, Apress, New York 2012.

ΙΣΤΟΓΡΑΦΙΑ

1. <https://el.wikipedia.org/> (last access, 05/2018)
2. <https://www.skroutz.gr/> (last access, 05/2018)
3. <https://www.cadblocksfree.com/> (last access, 04/2018)
4. <https://mikro3d.eu/> (last access, 03/2018)
5. <http://www.metal-detecting.de/> (last access, 03/2018)
6. <http://www.geoland-surveying.com/> (last access, 02/2018)
7. <http://www.geomarket.lv/> (last access, 02/2018)
8. <http://w3.leica-geosystems.com/> (last access, 02/2018)
9. <https://www.autodesk.com/products/> (last access, 09/2017)
10. <https://www.bizdim.gr/> (last access, 09/2017)
11. <https://www.youtube.com/> (last access, 09/2017)
12. <https://www.blender.org/> (last access, 09/2017)

13. <https://www.sketchup.com/> (last access, 09/2017)

14. <http://www.ltp.ntua.gr/> (last access, 08/2017)