



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ: ΓΕΩΧΩΡΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ

*"Τρισδιάστατη Αποτύπωση με Χρήση Επίγειου Σαρωτή, του Παραδοσιακού Τμήματος και Παραλιακού Μετώπου της Πόλης της Βόνιτσας. "*

*"3D Scanning Using Terrestrial Laser Scanner of the Traditional Section and Waterfront of the City of Vonitsa."*

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

**Μαζαράκης Θεόδωρος (Α.Μ. 2001)**

Επιβλέπων: Παγούνης Βασίλειος

Επιτροπή Αξιολόγησης: Παγούνης Βασίλειος, Ανδριτσάνος Βασίλειος και Ηλιοδρομίτης Αθανάσιος.

ΑΘΗΝΑ, ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2024



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ: ΓΕΩΧΩΡΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ

**Τίτλος εργασίας:**

**"Τρισδιάστατη Αποτύπωση με Χρήση Επίγειου Σαρωτή, του Παραδοσιακού Τμήματος και Παραλιακού Μετώπου της Πόλης της Βόνιτσας. "**

**Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής συμπεριλαμβανομένου και του Εισηγητή**

Η πτυχιακή/διπλωματική εργασία εξετάστηκε επιτυχώς από την κάτωθι Εξεταστική Επιτροπή:

Α/α	ΟΝΟΜΑ ΕΠΩΝΥΜΟ	ΒΑΘΜΙΑΔΑ/ΙΔΙΟΤΗΤΑ	ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ
1	ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ ΠΑΓΟΥΝΗΣ	ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΠΑ.Δ.Α. (ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ)	
2	ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ ΑΝΔΡΙΤΣΑΝΟΣ	ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΠΑ.Δ.Α.	
3	ΗΛΙΟΔΡΟΜΙΤΗΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ	ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΣ ΣΥΝΕΡΓΑΤΗΣ ΠΑ.Δ.Α.	

### ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ/ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Μαζαράκης Θεόδωρος του Παναγιώτη, με αριθμό μητρώου 2001 φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του Τμήματος Τοπογραφίας και Γεωπληροφορικής του Π.Μ.Σ. «ΓΕΩΧΩΡΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ» δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής/διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος. Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

*\*Επιθυμώ την απαγόρευση πρόσβασης στο πλήρες κείμενο της εργασίας μου μέχρι ..... και έπειτα από αίτηση μου στη Βιβλιοθήκη και έγκριση του επιβλέποντα καθηγητή*

Ο/Η Δηλών/ούσα



**\* Ονοματεπώνυμο /Ιδιότητα**  
(Υπογραφή)

**Ψηφιακή Υπογραφή Επιβλέποντα**

**\* Σε εξαιρετικές περιπτώσεις και μετά από αιτιολόγηση και έγκριση του επιβλέποντα, προβλέπεται χρονικός περιορισμός πρόσβασης (embargo) 6-12 μήνες. Στην περίπτωση αυτή θα πρέπει να υπογράψει ψηφιακά ο/η επιβλέπων/ουσα καθηγητής/τρια, για να γνωστοποιεί ότι είναι ενημερωμένος/η και συναινεί. Οι λόγοι χρονικού αποκλεισμού πρόσβασης περιγράφονται αναλυτικά στις πολιτικές του Ι.Α. (σελ. 6):**

[https://www.uniwa.gr/wp-content/uploads/2021/01/%CE%A0%CE%BF%CE%BB%CE%B9%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%B5%CC%81%CF%82\\_%CE%99%CE%B4%CF%81%CF%85%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CF%85%CC%81\\_%CE%91%CF%80%CE%BF%CE%B8%CE%B5%CF%84%CE%B7%CF%81%CE%B9%CC%81%CE%BF%CF%85\\_final.pdf](https://www.uniwa.gr/wp-content/uploads/2021/01/%CE%A0%CE%BF%CE%BB%CE%B9%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%B5%CC%81%CF%82_%CE%99%CE%B4%CF%81%CF%85%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CF%85%CC%81_%CE%91%CF%80%CE%BF%CE%B8%CE%B5%CF%84%CE%B7%CF%81%CE%B9%CC%81%CE%BF%CF%85_final.pdf).

## Πρόλογος / Ευχαριστίες

Η εργασία που παρουσιάζεται έγινε στο πλαίσιο του μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών Γεωχωρικές Τεχνολογίες του τμήματος Μηχανικών Τοπογραφίας και Γεωπληροφορικής της Σχολής Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής.

Στόχος της εργασίας είναι να παρουσιαστεί η εφαρμογή του 3D Laser scanner στις αποτυπώσεις μνημείων της πολιτιστικής κληρονομιάς. Η πλήρης και λεπτομερής παρακαταθήκη που μπορεί να αφήσει αυτή η σύγχρονη μέθοδος αποτύπωσης στις επόμενες γενιές.

Ευχαριστίες:

Για την ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω, τον επιβλέποντα καθηγητή, Παγούνη Βασίλειο, για την συμβολή του στην εκπόνηση της διπλωματικής διατριβής, για την άψογη συνεργασία μας αλλά και την υπομονή που έδειξε.

Επίσης:

Τους επιβλέποντες καθηγητές αλλά και στους καθηγητές του μεταπτυχιακού προγράμματος «Γεωχωρικές Τεχνολογίες» του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής. Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τους συμφοιτητές και συνοδοιπόρους σε αυτό το ταξίδι, και να τους ευχηθώ τα καλύτερα στην ζωή τους.

Την οικογένεια μου που από μικρό παιδί έκανε τα αδύνατα δυνατά να μου παρέχει αστείρευτα την γνώση και τέλος, την σύζυγο μου την Λένα που είναι δίπλα μου σε κάθε νέα πρόκληση.

Θα ήθελα να αφιερώσω την διπλωματική αλλά και τον μεταπτυχιακό τίτλο σπουδών στον αδικοχαμένο αδερφό μου Γιάννη Μαζαράκη που πάντα ήταν δίπλα μου.

## Περιεχόμενα.

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ/ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	3
Πρόλογος / Ευχαριστίες .....	5
Περιεχόμενα.....	6
Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή.....	8
Κεφάλαιο 2. Τρισδιάστατοι σαρωτές Laser scanner. ....	12
2.1. Σαρωτής τρόπος λειτουργίας.....	12
2.2. Κατηγορίες τρισδιάστατων σαρωτών.....	13
2.3. Επίγειοι σαρωτές laser (terrestrial Laser Scanners).....	15
2.4. Φορητοί Σαρωτές Λείζερ (Handheld Laser Scanners):.....	18
2.5. SLAM σαρωτές.....	20
Κεφάλαιο 3. Γεωμετρική τεκμηρίωση μνημείων. ....	22
3.1. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα χρήσης laser scanner στις αποτυπώσεις των μνημείων. .....	25
Κεφάλαιο 4. 3D αποτυπώσεις και τεκμηρίωση της πολιτιστικής κληρονομιάς .....	29
4.1 Χρήση laser scanner στην πολιτιστική κληρονομιά.....	29
Κεφάλαιο 5. Ιστορική και γεωγραφική παρουσίαση της περιοχής μελέτης.....	42
5.1. Περιοχή μελέτης: Βόνιτσα.....	42
Κεφάλαιο 5.2. Πολιτιστική κληρονομιά της Βόνιτσας.....	43
Κεφάλαιο 6. Συλλογή και επεξεργασία Δεδομένων.....	46
6.1 Περιοχή μελέτης: .....	46
6.2 Σκοπός Μελέτης:.....	49
6.3 Μεθοδολογία:.....	49
6.4 Τριγωνομετρικά.....	51
6.5 Leica Geosystems BLK360.....	57
6.6 Επεξεργασία στο cyclone.....	61
6.7 Leica Geosystems Cyclone Core.....	61
6.8. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	62

6.9. Fjd Trion P1.....	66
6.10. Σάρωση παραλίακού τμήματος με slam laser scanner.....	68
6.11. Σύγκριση fjd trion P1 με blk 360 βάση χαρακτηριστικών.....	70
Κεφάλαιο 7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	72
Βιβλιογραφία - πηγές.....	75
Παραρτήματα:.....	77

## Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή.

Οι δυνατότητες της σημερινής τεχνολογίας σε συνδυασμό με τα σύγχρονα μέσα που συνεχώς εξελίσσονται, μας δίνουν εργαλεία για να αποτυπώσουμε σε ψηφιακό περιβάλλον με μεγάλη ακρίβεια και λεπτομέρεια τοπία που αποτελούν σημεία ενδιαφέροντος της πολιτιστικής μας κληρονομιάς. Η πολιτιστική κληρονομιά του κάθε τόπου είναι ξεχωριστή και θα πρέπει να μένει αναλλοίωτη στο πέρασμα των καιρών. Η αποτύπωση με λεπτομερή τρόπο θα βοηθήσει τις επόμενες γενιές αλλά και άτομα που θα μπορούν να ταξιδέψουν ψηφιακά να κατανοήσουν ευκολότερα τα στοιχεία του κάθε τόπου και της πολιτιστικής κληρονομιάς του. Τη Βόνιτσα ιστορικά την συναντάμε από το 630 Π.Χ με το όνομα Ανακτόριο, την τελική της ονομασία την πήρε στα Βυζαντινά χρόνια, περίοδο μεγάλης ακμής της. Η Βόνιτσα είναι γνωστή για το ενετικό της Κάστρο το οποίο χτίστηκε περίπου στον 11 αιώνα αλλά και το νησάκι Κουκουμίτσα που τα τελευταία χρόνια, ενώθηκε με γέφυρα μήκους περίπου 250 μέτρων με την Ανατολική ακτή της πόλης. Με σκοπό την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας αποτυπώθηκε με 3D Laser scanner τμήμα της παραλιακής διαδρομής του Κάστρου έως και το νησάκι της Κουκουμίτσας.

Η διαδρομή ξεκίνησε από τον Ιερό Ναό Παναγίας της Χώρας ο οποίος έχει σχήμα ελεύθερου σταυρού με ογκώδη κυλινδρικό τρούλο στη διασταύρωση των κεραιών και ημικυκλική αψίδα. Χρονολογείται στο 17ο αι. /αρχές 18ου αι. και είναι κτισμένος στη θέση παλαιότερου, πιθανότατα υστεροβυζαντινού ναού, το καθεστώς προστασίας του είναι ΥΑ ΥΠΠΟ/ΑΡΧ/Β1/Φ33/39724/1076 με το ΦΕΚ: 830/Β/1995-10-02. (πηγή: <https://www.arxaiologikoktimatologio.gov.gr/>). Το παραλιακό κομμάτι αποτελείται από κτίρια του 19 αιώνα αλλά και νεόδμητα, επίσης υπάρχει ο Φάρος αλλά και το άγαλμα των Ηρώων( το οποίο κατά την αποτύπωση ήταν για επισκευή). Στο μέσο περίπου του παραλιακού τμήματος υπάρχει ο Ιερός Ναός του Αγίου Δημητρίου,



ορθογώνιος με τετράριχτη στέγη, χρονολογίας περίπου του 1920-1930 ο οποίος βρισκόταν στο κέντρο του πρώτου νεκροταφείου της Βόνιτσας, σήμερα ο χώρος είναι παιδική χαρά. Στο τέλος της διαδρομής βρίσκεται το νησί της Κουκουμίτσας, εντός του Νησιού υπάρχει ο ιερός Ναός του Αγίου Νεκταρίου, ορθογώνιος με τετράριχτη στέγη.

Παρότι σε όλη την διαδρομή αποτυπώθηκαν τα κτίρια μόνο στην όψη τους, στους τρεις ιερούς ναούς έγινε σάρωση εντός και εκτός για να έχουμε πλήρη αποτύπωση.

Το όφελος της περιοχής από την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας είναι το ότι για πρώτη φορά θα υπάρχει ψηφιοποιημένο όλο το παραλιακό μέτωπό αλλά και μελλοντικά θα μπορούμε να έχουμε τις τυχόν αλλαγές που θα προκύψουν για να κάνουμε τις όποιες συγκρίσεις.

Οι αρχαιολόγοι και οι ιστορικοί, που συμμετέχουν σε διάφορες δραστηριότητες που σχετίζονται με τη διατήρηση και την έρευνα της πολιτιστικής κληρονομιάς, θα ωφεληθούν από τις νέες τεχνολογίες, καθώς τα ψηφιακά εργαλεία όπως η τρισδιάστατη σάρωση παρέχουν όλο και πιο λεπτομερείς και ακριβείς πληροφορίες σε σχετικά μικρότερο χρονικό διάστημα.

Οι σαρωτές λέιζερ προτιμώνται για τη λήψη δεδομένων 3D λόγω πλεονεκτημάτων όπως η υψηλή πυκνότητα δεδομένων, η γρήγορη απόκτηση δεδομένων με ελάχιστη ανθρώπινη εξάρτηση, το υψηλό εύρος ακρίβειας, ανεξάρτητο από το φωτισμό και τις καιρικές συνθήκες σε μεγάλο βαθμό, την ικανότητα διείσδυσης στον θόλο βλάστησης σε αντίθεση με τη φωτογραμμετρία. Αυτά τα χαρακτηριστικά καθιστούν τους σαρωτές λέιζερ ιδιαίτερα χρήσιμους για εφαρμογή σε τεκμηρίωση πολιτιστικής κληρονομιάς και αρχαιολογικές μελέτες. Η πολιτιστική κληρονομιά αναφέρεται στα φυσικά και πολιτιστικά αγαθά, υλικά και μη, που μας παραχώρησαν οι προηγούμενες γενιές μας.

Οι ιστορικές δομές είναι ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία της πολιτιστικής

κληρονομιάς. Αντικατοπτρίζουν την ιστορία, τον τρόπο ζωής και την παράδοση μιας χώρας και κοινωνίας. Στο τρέχον σενάριο η πολιτιστική κληρονομιά απειλείται από διάφορους παράγοντες όπως οι φυσικοί κίνδυνοι, οι βανδαλισμοί, η ανάπτυξη των πόλεων και η φυσική γήρανση. Η δομημένη κληρονομιά είναι μια ουσιαστική πτυχή της πολιτιστικής κληρονομιάς. Οι νέες τεχνολογίες και η αυξανόμενη ανάγκη τεκμηρίωσης και διατήρησης πληροφοριών και αντικειμένων που σχετίζονται με την πολιτιστική κληρονομιά επεκτείνονται με γρήγορους ρυθμούς. Η τρισδιάστατη τεκμηρίωση, η βάση δεδομένων πολλαπλών κλιμάκων μνημείων και η ψηφιακή σχεδίαση δομών πολιτιστικής κληρονομιάς παρέχουν τις απαραίτητες λεπτομέρειες και πληροφορίες για την κατασκευή καταλόγων κληρονομιάς, την εκτίμηση των ζημιών/κινδύνων και τη διαχείριση και την παρακολούθηση των κτισμένων τοποθεσιών πολιτιστικής κληρονομιάς.

Στα παρακάτω κεφάλαια της εργασίας, θα παρουσιαστούν οι σαρωτές laser scanner και θα αναπτυχθούν μέσα από μελέτες τα οφέλη της τρισδιάστατης σάρωσης στην πολιτιστική κληρονομιά σε διάφορες χώρες.

Αναλυτικά:

Στο κεφάλαιο 2, παρουσιάζονται οι επίγειοι τρισδιάστατοι σαρωτές, ο τρόπος λειτουργίας τους και η εφαρμογή τους. Αναλυτικά παρουσιάζονται με πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα οι επίγειοι σαρωτές λέιζερ (Terrestrial Laser Scanners), οι φορητοί σαρωτές λέιζερ (Handheld Laser Scanners) και οι σαρωτές με λειτουργία SLAM (Simultaneous Localization and Mapping).

Στο κεφάλαιο 3, αναλύεται την Γεωμετρική αποτύπωση των μνημείων, αλλά και τις διάφορες μεθόδους που χρησιμοποιήθηκαν κατά το πέρασμα των χρόνων.

Στο κεφάλαιο 4 αναλύεται μέσα από άρθρα και μελέτες η χρήση της τεχνολογία σάρωσης λέιζερ σε διαφορετικούς πολιτισμούς, όπως στην Ινδία, στην Αίγυπτο στην πολιτιστική

κληρονομιά της Νιγηρίας αλλά και στην συμβολή της τεχνολογίας αυτής στα Ελληνικά μνημεία.

Στο κεφάλαιο 5 γίνεται μια Ιστορική και γεωγραφική παρουσίαση της περιοχής μελέτης της Βόνιτσας Αιτωλοακαρνανίας.

Στο κεφάλαιο 6 αναλύεται ο τρόπος συλλογής και επεξεργασίας των δεδομένων, από την τοποθέτηση και επίλυση των τριγωνομετρικών σημείων έως το εξαγόμενο μοντέλο στο cyclone.

Στο Κεφάλαιο 6, επίσης αναλύεται ο τρόπος συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων σε τμήμα του παραλιακού μετώπου με laser scanner λειτουργίας SLAM. Επίσης γίνεται και μια σύγκριση μεταξύ BLK 360 και FJDtrion με βάση τα χαρακτηριστικά που δίνει ο κατασκευαστής.

## Κεφάλαιο 2. Τρισδιάστατοι σαρωτές Laser scanner.

Οι τρισδιάστατοι σαρωτές είναι συσκευές που χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία ψηφιακών τρισδιάστατων μοντέλων αντικειμένων, δομών ή τοπίων. Αυτοί οι σαρωτές λειτουργούν συνήθως με τη χρήση τεχνολογιών όπως το λέιζερ, το φως, ή το υπέρυθρο φως για να μετρήσουν τις αποστάσεις και να καταγράψουν την γεωμετρία των αντικειμένων που σαρώνονται.

### 2.1. Σαρωτής τρόπος λειτουργίας.

Τα δεδομένα που λαμβάνονται από τρισδιάστατες συσκευές σάρωσης λέιζερ είναι μια εικόνα που αποτελείται από εκατομμύρια σημεία. Σε αυτήν την εικόνα, κενές και γεμάτες επιφάνειες, όλες οι καμπύλες, οι εσοχές και οι προεξοχές μπορούν να παρατηρηθούν ως ευκρινείς γραμμές που σχηματίζονται από τα σημεία. Καθώς κάθε σημείο στην εικόνα έχει τη δική του τιμή συντεταγμένων, οι γραμμές που σχηματίζονται από αυτά τα σημεία μπορούν να πιαστούν και να συνδυαστούν για να παράγουν σχέδια σε περιβάλλον CAD. (πηγή: <https://ieeexplore.ieee.org/>)

Η επιλογή της συσκευής σάρωσης λέιζερ σχετίζεται άμεσα με την τοπογραφική δραστηριότητα που θα διεξαχθεί. Σε ένα έργο όπου πρόκειται να αποκτηθεί μόνο μια σιλουέτα δρόμου, η μέτρηση μπορεί να πραγματοποιηθεί στέλνοντας πιο αραιά σημεία λέιζερ, πολύ πιο γρήγορα. Ωστόσο, σε μια έρευνα όπου πρόκειται να σχεδιαστούν οι λεπτομέρειες μιας δομής, θα πρέπει να διεξάγεται έντονη σάρωση και κάθε καμπύλη θα πρέπει να παρατηρείται καθαρά. Ωστόσο, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι μια εικόνα με έντονα σημειακά σύννεφα έχει τεράστιο αριθμό σημείων και είναι μια αργή εικόνα. Σε εικόνες σύννεφων με αραιά σημεία, οι λεπτομέρειες παρατηρούνται λιγότερο. Έτσι, ο σωστός τρόπος θα ήταν να καθοριστεί η κατάλληλη μέθοδος σάρωσης για το έργο, πριν από την έναρξη των εργασιών. Η

φωτογραμμετρική αποτύπωση είναι η συμβατική μέθοδος που εφαρμόζεται εδώ και πολλά χρόνια για την αποτύπωση δρόμων σε προστατευόμενες τοποθεσίες. Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια, οι τρισδιάστατες συσκευές σάρωσης λέιζερ χρησιμοποιούνται και στον τομέα της αρχιτεκτονικής. Όταν υποστηρίζονται 3-διάστατα σύννεφα σημείων λέιζερ με βαθμονομημένη φωτογραφία, όλα τα αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά όπως η μάζα, ο όγκος, το χρώμα, το υλικό, η υφή, το μοτίβο και τα χωρικά δεδομένα μπορούν να παρατηρηθούν σε 3 διαστάσεων μορφή. Αυτή η δυνατότητα προσφέρει στον ειδικό που εργάζεται στο εργοτάξιο την ευκαιρία να κατανοήσει και να αντιληφθεί τον χώρο εργασίας στο σύνολό του, σε σύντομο χρονικό διάστημα. Οι λεπτομέρειες των εργασιών που θα πραγματοποιηθούν στο χώρο, καθορίζουν την ποιότητα και την ποσότητα της σάρωσης με λέιζερ που θα πραγματοποιηθεί στην περιοχή.

## 2.2. Κατηγορίες τρισδιάστατων σαρωτών.

Οι τρισδιάστατοι σαρωτές κατηγοριοποιούνται με βάση την τεχνολογία που χρησιμοποιούν και τον τρόπο που συλλέγουν δεδομένα. Ακολουθούν οι βασικές κατηγορίες τρισδιάστατων σαρωτών:

### 1. Σαρωτές Λείζερ (Laser Scanners):

- **Επίγειοι Σαρωτές Λείζερ (Terrestrial Laser Scanners):** Χρησιμοποιούνται κυρίως για τη σάρωση μεγάλων αντικειμένων ή τοπίων, όπως κτίρια ή γεωγραφικές εκτάσεις. Χρησιμοποιούν λέιζερ για να μετρήσουν τις αποστάσεις από τον σαρωτή έως τα σημεία του αντικειμένου.
- **Φορητοί Σαρωτές Λείζερ (Handheld Laser Scanners):** Είναι πιο φορητοί και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αποτύπωση μικρότερων αντικειμένων ή περιορισμένων χώρων.

## 2. Σαρωτές Δομημένου Φωτός (Structured Light Scanners):

Αυτοί οι σαρωτές προβάλλουν ένα μοτίβο φωτός στο αντικείμενο και καταγράφουν την παραμόρφωση του μοτίβου για να υπολογίσουν το σχήμα του αντικειμένου. Είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικοί για τη σάρωση αντικειμένων με πολύπλοκα σχήματα ή επιφάνειες.

## 3. Σαρωτές Φωτογραμμετρίας (Photogrammetry Scanners):

Χρησιμοποιούν φωτογραφίες από διάφορες γωνίες για να δημιουργήσουν ένα τρισδιάστατο μοντέλο του αντικειμένου. Αυτή η τεχνική χρησιμοποιεί λογισμικό για να αναγνωρίσει τα κοινά σημεία ανάμεσα στις εικόνες και να υπολογίσει το σχήμα του αντικειμένου.

## 4. Σαρωτές Υπερήχων (Ultrasound Scanners):

Χρησιμοποιούν ηχητικά κύματα για τη σάρωση αντικειμένων, συνήθως για ιατρικές εφαρμογές ή για τη σάρωση αντικειμένων που βρίσκονται κάτω από επιφάνειες.

## 5. Σαρωτές Τομογραφίας (Tomographic Scanners):

Χρησιμοποιούνται κυρίως για ιατρικές εφαρμογές, όπως οι μαγνητικές τομογραφίες (MRI) και οι αξονικές τομογραφίες (CT), και δημιουργούν τρισδιάστατες απεικονίσεις του εσωτερικού του σώματος ή άλλων δομών.

## 6. Σαρωτές Επαφής (Contact Scanners):

Οι σαρωτές αυτοί χρησιμοποιούν έναν μηχανικό βραχίονα ή ανιχνευτή για να αγγίζουν την επιφάνεια του αντικειμένου και να καταγράφουν τα τρισδιάστατα δεδομένα του. Είναι πολύ ακριβείς, αλλά και πιο αργοί σε σχέση με άλλες τεχνολογίες.

## 7. Σαρωτές τύπου LiDAR (Light Detection and Ranging):

Χρησιμοποιούνται κυρίως για γεωγραφικές και περιβαλλοντικές μελέτες, στέλνοντας παλμούς λέιζερ και καταγράφοντας τον χρόνο που χρειάζεται για να επιστρέψει το φως από το αντικείμενο.

Κάθε κατηγορία σαρωτών έχει τα δικά της πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, ανάλογα με την εφαρμογή για την οποία χρησιμοποιείται.

### 2.3. Επίγειοι σαρωτές laser (terrestrial Laser Scanners).

Οι επίγειοι σαρωτές λέιζερ (Terrestrial Laser Scanners) είναι εξειδικευμένες συσκευές που χρησιμοποιούνται για τη σάρωση και καταγραφή τρισδιάστατων δεδομένων από το έδαφος. Αυτοί οι σαρωτές είναι ιδιαίτερα χρήσιμοι για τη δημιουργία ψηφιακών μοντέλων μεγάλων δομών, τοπίων ή ακόμα και αστικών περιοχών. (πηγή: 3D Laser Scanning for Heritage). Οι επίγειοι σαρωτές λέιζερ χρησιμοποιούν τεχνολογία λέιζερ για να μετρήσουν τις αποστάσεις από τον σαρωτή μέχρι τα σημεία στην επιφάνεια του αντικειμένου ή του τοπίου που σαρώνονται. Ο σαρωτής εκπέμπει μια δέσμη λέιζερ προς την επιφάνεια που σαρώνει και δέσμη λέιζερ ανακλάται από την επιφάνεια και επιστρέφει στον σαρωτή. Ο σαρωτής μετρά τον χρόνο που χρειάστηκε για να επιστρέψει το λέιζερ και υπολογίζει την απόσταση μεταξύ του σαρωτή και του αντικειμένου. Ο σαρωτής μπορεί να περιστρέφεται ή να μετακινείται για να σαρώσει ολόκληρη την επιφάνεια από πολλαπλές γωνίες, συλλέγοντας έτσι ένα μεγάλο αριθμό σημείων δεδομένων. Χαρακτηριστικά του επίγειου σαρωτή είναι, η υψηλή ακρίβεια, γρήγορη συλλογή δεδομένων, μεγάλη εμβέλεια (ανάλογα τις προδιαγραφές του μοντέλου) και οι εξωτερικές εφαρμογές. Χρησιμοποιούνται στην δημιουργία ψηφιακών μοντέλων κτιρίων, γεφυρών και άλλων κατασκευών, βοηθώντας στον σχεδιασμό, την αποκατάσταση και την επιθεώρηση, στην δημιουργία λεπτομερών χαρτών τοπογραφίας, που είναι χρήσιμοι για πολεοδομικό σχεδιασμό, σε γεωλογικές μελέτες και μελέτες υποδομών. Στην αρχαιολογία επιτρέπουν την λεπτομερή καταγραφή αρχαιολογικών χώρων χωρίς να χρειάζεται φυσική παρέμβαση ή επαφή

με τα ευρήματα. Επίσης για περιβαλλοντική παρακολούθηση, αξιολόγηση της κατάστασης του περιβάλλοντος.



Εικόνα 1: Είδη Επίγειων σαρωτών laser. Πηγή: <https://www.researchgate.net/>

Χρήσεις των Επίγειων Τρισδιάστατων Σαρωτών:

- Αρχιτεκτονική και Μηχανική: Χρησιμοποιούνται για την αποτύπωση υπαρχόντων κτιρίων ή υποδομών, για τη δημιουργία σχεδίων αποκατάστασης ή ανακαίνισης, και για την αξιολόγηση της δομικής ακεραιότητας.
- Αρχαιολογία και Πολιτιστική Κληρονομιά: Χρησιμοποιούνται για τη λεπτομερή αποτύπωση αρχαιολογικών χώρων και μνημείων, διατηρώντας τα δεδομένα για μελλοντική μελέτη ή ανακατασκευή.



- Χωρομετρία και Τοπογραφία: Χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία ψηφιακών εδαφικών μοντέλων, τα οποία είναι χρήσιμα για πολεοδομικό σχεδιασμό, μελέτες υποδομών και γεωγραφικές πληροφορίες.
- Βιομηχανία: Χρησιμοποιούνται για την αποτύπωση εξαρτημάτων ή εργαλείων, επιτρέποντας την ακριβή κατασκευή ανταλλακτικών ή την αναπαραγωγή πολύπλοκων γεωμετρικών σχημάτων.
- Οι σαρωτές αυτοί έχουν ποικιλία εφαρμογών και προσφέρουν υψηλή ακρίβεια, κάτι που τους καθιστά πολύτιμα εργαλεία για επαγγελματίες σε διάφορους τομείς.

#### Πλεονεκτήματα:

- Δεν απαιτούν φυσική επαφή με το αντικείμενο ή το τοπίο, κάτι που τους καθιστά ιδανικούς για ευαίσθητες ή δυσπρόσιτες περιοχές.
- Μπορούν να συλλάβουν την τρισδιάστατη γεωμετρία από πολλές γωνίες ταυτόχρονα.
- Τα δεδομένα που παράγονται μπορούν εύκολα να ενσωματωθούν σε λογισμικά σχεδιασμού (CAD) ή ανάλυσης.

#### Μειονεκτήματα:

- Η αγορά και η συντήρηση ενός επίγειου σαρωτή λέιζερ είναι συχνά πολύ δαπανηρή. Επιπλέον, το κόστος αυξάνεται αν χρειαστεί ειδικό λογισμικό για την επεξεργασία των δεδομένων.
- Οι σαρωτές λέιζερ μπορεί να έχουν δυσκολίες στη λειτουργία κάτω από έντονες ή μεταβαλλόμενες συνθήκες φωτισμού, όπως στην περίπτωση του άμεσου ηλιακού φωτός, το οποίο μπορεί να επηρεάσει την ακρίβεια των μετρήσεων.

- Αν και οι σαρωτές λέιζερ είναι εξαιρετικά ακριβείς, η ακρίβεια τους μπορεί να μειωθεί όταν σαρώνουν αντικείμενα με πολύ λεπτά ή διαφανή χαρακτηριστικά, όπως τζάμια ή πολύ λεπτά καλώδια.
- Οι σαρωτές αυτοί δημιουργούν πολύ μεγάλα σύνολα δεδομένων (point clouds) που απαιτούν ισχυρούς υπολογιστές και εξειδικευμένο λογισμικό για την επεξεργασία. Αυτό μπορεί να είναι δύσκολο και χρονοβόρο, ειδικά για μεγαλύτερα έργα.
- Η ακριβής μέτρηση μπορεί να επηρεαστεί από τις περιβαλλοντικές συνθήκες όπως η βροχή, η ομίχλη, ή η σκόνη, οι οποίες μπορεί να προκαλέσουν θόρυβο στα δεδομένα ή ακόμη και λάθη στις μετρήσεις.
- Παρά την ικανότητά τους να σαρώνουν μεγάλες περιοχές, οι επίγειοι σαρωτές λέιζερ μπορεί να έχουν δυσκολία στη σάρωση πολύ στενών ή δυσπρόσιτων χώρων χωρίς την ανάγκη πολλαπλών τοποθετήσεων ή ακόμα και μερικές φορές με φυσική πρόσβαση που μπορεί να είναι δύσκολη ή επικίνδυνη.
- Η χρήση αυτών των σαρωτών απαιτεί εξειδικευμένη γνώση και εκπαίδευση, τόσο για την ορθή λειτουργία του εξοπλισμού όσο και για την επεξεργασία των δεδομένων που παράγονται. Αυτό μπορεί να αυξήσει το κόστος σε ανθρώπινο δυναμικό.
- Η τοποθέτηση του σαρωτή, ή το καλιμπράρισμα του και η σάρωση μπορεί να απαιτούν σημαντικό χρόνο, ειδικά αν απαιτούνται πολλαπλές σαρώσεις για την κάλυψη όλων των περιοχών ενδιαφέροντος.

#### 2.4. Φορητοί Σαρωτές Λέιζερ (Handheld Laser Scanners):

Οι φορητοί σαρωτές λέιζερ (Handheld Laser Scanners) είναι μικρότεροι και πιο ευέλικτοι από τους επίγειους σαρωτές λέιζερ, σχεδιασμένοι για χρήση σε κοντινές αποστάσεις και σε δυσπρόσιτες περιοχές. (πηγή: [fjd.dynamics.org](http://fjd.dynamics.org)). Αυτοί οι σαρωτές επιτρέπουν στους χρήστες να σαρώνουν αντικείμενα ή χώρους με το χέρι,

προσφέροντας υψηλή ακρίβεια και λεπτομέρεια. Οι φορητοί σαρωτές λέιζερ λειτουργούν με παρόμοιο τρόπο με τους επίγειους, χρησιμοποιώντας δέσμες λέιζερ για να μετρήσουν τις αποστάσεις από τον σαρωτή έως το αντικείμενο. Ο σαρωτής εκπέμπει δέσμη λέιζερ στην επιφάνεια του αντικειμένου, η δέσμη λέιζερ ανακλάται πίσω στον σαρωτή, όπου ένας αισθητήρας καταγράφει την αντανάκλαση, ο σαρωτής μετρά τον χρόνο που χρειάζεται το λέιζερ για να επιστρέψει, υπολογίζοντας την απόσταση και δημιουργώντας έτσι ένα σημείο δεδομένων. Ταυτόχρονα ο χειριστής κινεί τον σαρωτή γύρω από το αντικείμενο ή την περιοχή, συλλέγοντας δεδομένα από διάφορες γωνίες και δημιουργώντας ένα πλήρες τρισδιάστατο μοντέλο. Οι χρήσεις του βρίσκονται στην Βιομηχανία και την κατασκευή, στην αρχιτεκτονική στην υγειονομική περίθαλψη στην αρχαιολογία και σε άλλες κατηγορίες.



Εικόνα 2: Σαρωτής χειρός. Πηγή: <https://geo-matching.com/>

#### Πλεονεκτήματα:

- Ευκολία στη Χρήση: Δεν απαιτούν ιδιαίτερη εκπαίδευση και μπορούν να χρησιμοποιηθούν γρήγορα και αποτελεσματικά σε διάφορες συνθήκες.
- Προσβασιμότητα: Μπορούν να φτάσουν σε περιοχές που δεν είναι εύκολα προσβάσιμες με μεγαλύτερο εξοπλισμό, όπως γωνίες ή κλειστούς χώρους.

- Ευελιξία στις Εφαρμογές: Μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πολλούς διαφορετικούς τομείς και για ποικίλες εφαρμογές.

#### Μειονεκτήματα:

- Μικρότερη Ακρίβεια από τους Μεγαλύτερους Σαρωτές: Η ακρίβεια τους, αν και αρκετά υψηλή, μπορεί να είναι χαμηλότερη σε σχέση με μεγαλύτερους, σταθερούς σαρωτές λέιζερ.
- Περιορισμένη Εμβέλεια: Οι φορητοί σαρωτές έχουν μικρότερη εμβέλεια, καθιστώντας τους λιγότερο αποτελεσματικούς για τη σάρωση μεγάλων ή ανοιχτών περιοχών.
- Περιορισμένη Αυτονομία: Η διάρκεια ζωής της μπαταρίας μπορεί να είναι περιορισμένη, ειδικά σε παρατεταμένες χρήσεις ή σε απομακρυσμένες περιοχές χωρίς πρόσβαση σε φορτιστή.

## 2.5. SLAM σαρωτές.

SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) laser scanners είναι μια τεχνολογία που συνδυάζει σαρωτές λέιζερ με αλγορίθμους SLAM για την ταυτόχρονη δημιουργία χάρτη ενός περιβάλλοντος και την εντοπισμένη θέση μέσα σε αυτό. (πηγή: Robotics, Vision and Control). Αυτή η τεχνολογία χρησιμοποιείται ευρέως σε πολλές εφαρμογές, από τη ρομποτική μέχρι την αυτοκινητοβιομηχανία και την κατασκευή. Ο κύριος στόχος του SLAM είναι να επιτρέψει σε ένα σύστημα να δημιουργεί έναν χάρτη του περιβάλλοντος γύρω του, ενώ ταυτόχρονα παρακολουθεί τη θέση του μέσα σε αυτόν τον χάρτη. Αυτό είναι ιδιαίτερα χρήσιμο σε περιβάλλοντα όπου δεν υπάρχει προϋπάρχουσα χαρτογράφηση. Οι SLAM laser scanners συνδυάζουν την τεχνολογία από τους :

Σαρωτές λέιζερ: Καταγράφουν την απόσταση από τον σαρωτή σε αντικείμενα γύρω του, δημιουργώντας έτσι "point clouds" (σύννεφα σημείων).

Αλγορίθμους SLAM: Επεξεργάζονται τα δεδομένα του σαρωτή για να δημιουργήσουν και να ενημερώνουν τον χάρτη, ενώ ταυτόχρονα παρακολουθούν την κίνηση του σαρωτή μέσα σε αυτόν τον χάρτη.

- Πλεονεκτήματα: Ακρίβεια: Παρέχουν εξαιρετική ακρίβεια στη δημιουργία χάρτη και στην παρακολούθηση της θέσης.
- Αυτονομία: Δυνατότητα λειτουργίας σε άγνωστα ή δυναμικά περιβάλλοντα χωρίς την ανάγκη προϋπάρχουσας χαρτογράφησης.
- Ενημέρωση σε Πραγματικό Χρόνο: Ενημερώνουν τον χάρτη και την θέση του σαρωτή σε πραγματικό χρόνο, παρέχοντας συνεχείς ενημερώσεις για την κατάσταση του περιβάλλοντος.

Μειονεκτήματα:

- Εξάρτηση από Σαρωτές: Η ποιότητα των αποτελεσμάτων εξαρτάται από την ακρίβεια και την ευκρίνεια του σαρωτή λέιζερ.
- Υπολογιστική Πολυπλοκότητα: Η επεξεργασία των δεδομένων και η επίλυση των αλγορίθμων SLAM απαιτεί σημαντική υπολογιστική ισχύ.
- Περιορισμένες Συνθήκες: Σε συνθήκες με περιορισμένη ορατότητα ή σε περιβάλλοντα με πολλά εμπόδια, η ακρίβεια του SLAM μπορεί να επηρεαστεί.

### Κεφάλαιο 3. Γεωμετρική τεκμηρίωση μνημείων.

Από την αρχαιότητα έως σήμερα υπήρξαν διάφορες μέθοδοι για την αποτύπωση των κτηρίων και κατ' επέκταση των μνημείων. Η τοπομετρική ή εμπειρική μέθοδος είναι η πιο απλή και παλιά μέθοδος που γίνεται με χρήση απλών οργάνων όπως πχ μετροταινίες, νήμα της στάθμης. Αρχικά η μετρήσεις γίνονται σε σκαρίφημα με αυθαίρετη αρχή και διεύθυνση ενός άξονα συστήματος συντεταγμένων και χωρίς την πληροφορία του υψομέτρου.

Εδώ και πολλά χρόνια, η γεωδαιτική φωτογραμμετρική μέθοδος και τεχνολογίες χρησιμοποιούνται με επιτυχία για τις μελέτες τεκμηρίωσης πολιτιστικών περιουσιών. Οι εξελίξεις στις τεχνολογίες ηλεκτρονικών υπολογιστών και επικοινωνιών μετά τη δεκαετία του 1980 χρησιμοποιήθηκαν στις γεωδαιτικές φωτογραμμετρικές μελέτες και επέτρεψαν την παραγωγή τρισδιάστατων ψηφιακών ορθοεικόνων και ψηφιακών μοντέλων επιφανειών χρησιμοποιώντας τα δεδομένα που αποκτήθηκαν στο πεδίο. Αυτή η διαδικασία έφερε μαζί τη χρήση μιας νέας τεχνολογίας στις εργασίες τεκμηρίωσης. Αυτή η τεχνολογία, γνωστή ως γεωδαιτικός σαρωτής λέιζερ, επιτρέπει την παραγωγή εξαιρετικά εντατικών τρισδιάστατων δεδομένων νέφους σημείων με υψηλή ακρίβεια στην επιφάνεια ενός αντικειμένου. Από τα τρισδιάστατα δεδομένα νέφους σημείων που παρέχονται από αυτές τις τεχνολογίες, χρησιμοποιώντας κατάλληλο λογισμικό, μπορεί να παραχθεί τρισδιάστατη τοπογραφία-σχέδιο-μοντελοποίηση. Κατά συνέπεια, είναι δυνατόν να μιλάμε για τρισδιάστατες ακριβείς ψηφιακές τεκμηριώσεις που έχουν ακρίβεια σε επίπεδο χιλιοστών και οι μελέτες τοπογραφίας-αποκατάστασης έχουν λάβει νέες και διαφορετικές διαστάσεις.



Εικόνα 3. Αποτύπωση μνημείων με Laser scanner. (πηγή: <https://www.geomeletitiki.gr>)

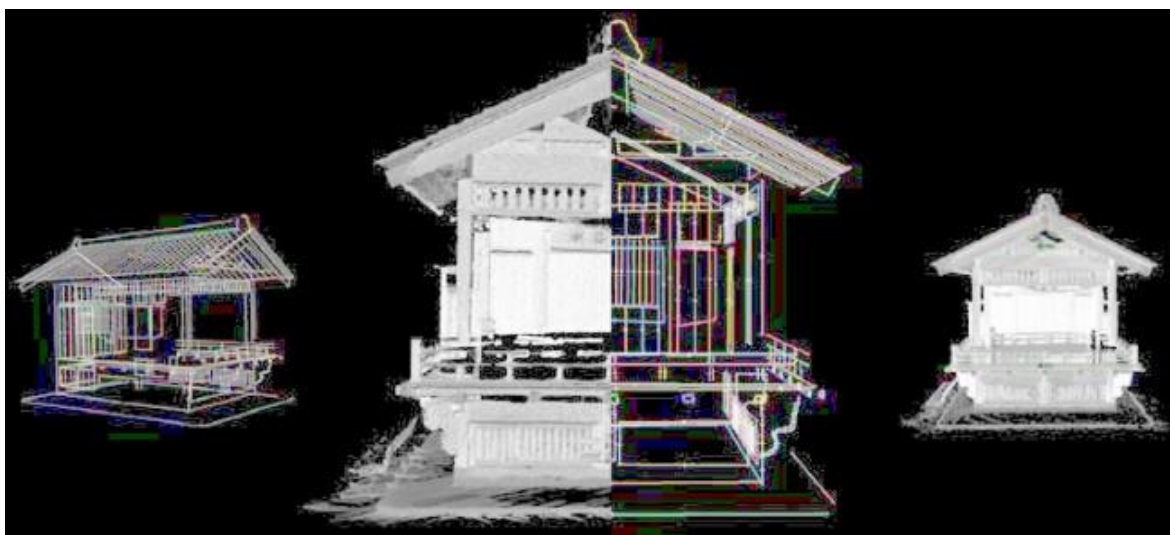
Σήμερα χρησιμοποιούνται διάφορες μέθοδοι για την τεκμηρίωση, την ποσοτικοποίηση και την αποτύπωση της πολιτιστικής και αρχιτεκτονικής κληρονομιάς. Αυτές οι μέθοδοι μπορούν να παρατίθενται ως: έρευνες με χρήση συμβατικών οργάνων, τοπογραφικές και φωτογραμμετρικές έρευνες, έρευνες με χρήση σάρωσης λέιζερ. Η τεκμηρίωση στις τοπογραφικές μελέτες είτε μιας ενιαίας κατασκευής, είτε μιας αρχιτεκτονικής κληρονομιάς σε κλίμακα ολόκληρης περιοχής, με χρήση ψηφιακής απεικόνισης ή τρισδιάστατων συσκευών σάρωσης λέιζερ είναι μια τεχνική που εφαρμόζεται τα τελευταία χρόνια. Η δέσμη που αποστέλλεται από τη συσκευή σάρωσης λέιζερ, στο αντικείμενο ή στην επιφάνεια, επιστρέφει ως εκατομμύρια σημειακά δεδομένα στο περιβάλλον του υπολογιστή και μπορεί να θεωρηθεί ως ένα αντικείμενο που σχηματίζεται από το νέφος σημείων στα ψηφιακά μέσα. Αυτό το αντικείμενο ή η επιφάνεια συντονίζεται πλέον σύμφωνα με το επίπεδο του εδάφους, στο πραγματικό του μέγεθος και σε υψηλή ακρίβεια. Το αντικείμενο ή η επιφάνεια μπορεί να οριστεί σε εκατομμύρια τρισδιάστατες συντεταγμένες σε αρκετά λεπτά. Όλα τα σημεία του νέφους σημείων στο σύστημα έχουν τρισδιάστατες

συντεταγμένες (τιμές  $x$ ,  $y$ ,  $z$ ). Το σύστημα συντεταγμένων μπορεί να οριστεί ειδικά για το αντικείμενο ή την επιφάνεια, και επίσης μπορεί να αποδοθεί στο παγκόσμιο σύστημα συντεταγμένων όταν απαιτείται. Αυτά τα σημεία νέφους μπορούν να φανούν απευθείας στο λογισμικό για αρχιτεκτονικά σχέδια ή χρησιμοποιώντας πολλά λογισμικά διέπαφης σχεδίασης και μπορούν να αναγνωριστούν στο μετρικό σύστημα, τα σχέδια μπορούν να σχεδιαστούν μέσω αυτών των σημείων. Σε αυτή την περίπτωση, είναι δυνατό να μετρηθεί οποιοδήποτε σημείο του αντικειμένου ή της επιφάνειας στο πραγματικό του μέγεθος. Τα εικονικά αντίγραφα της υπάρχουσας κατάστασης, με υψηλό ποσοστό ακρίβειας και χιλιομετρική ακρίβεια παράγονται γρήγορα.

Επίσης οι μέθοδοι απόκτησης και ανάλυσης δεδομένων που χρησιμοποιούν μη επεμβατική τεχνολογία, π.χ. το LiDAR, είναι ιδανικές για εφαρμογές όπως η αξιολόγηση της δομικής υγείας των μνημείων. Τέτοια δεδομένα όταν συνδυάζονται με προηγμένες τεχνικές επεξεργασίας εικόνας βοηθούν στον εντοπισμό ζημιών, όπως ρωγμές, σπασμένα μέρη, αποχρωματισμούς κ.λπ., εικονική ανακατασκευή σπασμένων μοτίβων ή τεχνουργημάτων και εικαστική ανακατασκευή. Αυτά τα ρεαλιστικά τρισδιάστατα μοντέλα με τα σχετικά χαρακτηριστικά μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν ως πρωτεύοντα δεδομένα για τη δημιουργία ψηφιακών μουσείων και άλλων διαδραστικών εικονικών περιβαλλόντων.

Ως εκ τούτου, τα τρισδιάστατα μοντέλα και τα μετρικά προϊόντα είναι χρήσιμα για τη δημιουργία μιας λεπτομερούς βάσης δεδομένων πολλαπλών κλιμάκων μνημείων και ενός ακριβούς ψηφιακού σχεδίου δομών πολιτιστικής κληρονομιάς. Παρέχει ένα εργαλείο για την ανίχνευση ζημιών χρησιμοποιώντας νέφη σημείων και αναπαράσταση πολλαπλών κλιμάκων της δομής για παρακολούθηση, αξιολόγηση και ανακατασκευή.





Εικόνα 4. Απεικόνιση του μνημείου με point cloud αλλά και γραμμικό σχέδιο (πηγή: <https://www.geometitiki.gr>).

Συμπερασματικά, αυτό δεν είναι μόνο ένα παράδειγμα αποτελεσματικής και λειτουργικής χρήσης των πιο πρόσφατων τεχνικών ψηφιακής τοπογραφίας, ειδικά επίγειων σαρωτών λέιζερ για ψηφιακή τεκμηρίωση, τρισδιάστατη απεικόνιση, ανίχνευση ζημιών και παρακολούθηση κτισμένων κατασκευών μνημείων πολιτιστικής κληρονομιάς ειδικότερα, αλλά αντιπροσωπεύει επίσης την προοπτική λήψης προληπτικών μέτρων για τη συντήρηση και τη λήψη αποφάσεων και τη διαχείριση της κληρονομιάς.

### 3.1. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα χρήσης laser scanner στις αποτυπώσεις των μνημείων.

Τα πλεονεκτήματα χρήσης Laser scanner στην καθημερινότητα αλλά στην αποτύπωση μνημείων (πηγή: <https://www.icomos.org/>):

- Σάρωση με υψηλή ακρίβεια. Τα laser scanners μπορούν να καταγράψουν δεδομένα με εξαιρετική ακρίβεια, συχνά με ακρίβεια χιλιοστού, καθιστώντας τα ιδανικά για εφαρμογές που απαιτούν λεπτομερή αποτύπωση γεωμετρίας.

- Σάρωση με μεγάλη ταχύτητα. Τα laser scanners μπορούν να καταγράψουν εκατομμύρια σημεία δεδομένων μέσα σε λίγα λεπτά, επιτρέποντας τη γρήγορη και αποδοτική συλλογή τρισδιάστατων δεδομένων σε μεγάλες ή πολύπλοκες περιοχές.
- Σάρωση μεγαλύτερης επιφάνειας και συσχέτιση του κτηρίου με το υπόλοιπο περιβάλλον.
- Λεπτομερής Καταγραφή σύνθετων γεωμετριών. Οι σαρωτές λέιζερ είναι εξαιρετικά ικανοί στην καταγραφή πολύπλοκων γεωμετρικών σχημάτων και επιφανειών, κάτι που είναι δύσκολο ή αδύνατο να γίνει με παραδοσιακές μεθόδους μέτρησης.
- Σύνδεση των σαρώσεων που έχουν πραγματοποιηθεί σε διαφορετικές χρονικές περιόδους.
- Αποτύπωση Σημερινής Κατάστασης (As-Built): Οι σαρωτές λέιζερ είναι ιδανικοί για την αποτύπωση της τρέχουσας κατάστασης μιας δομής ή ενός χώρου, επιτρέποντας την ακριβή τεκμηρίωση για μελλοντική χρήση, όπως σε έργα ανακαίνισης ή συντήρησης.
- Μείωση του χρόνου εργασίας στο πεδίο. Παρόλο που η αρχική επένδυση μπορεί να είναι υψηλή, η χρήση laser scanner μπορεί να μειώσει σημαντικά το κόστος μακροπρόθεσμα, μειώνοντας τον χρόνο που απαιτείται για τη συλλογή δεδομένων και αυξάνοντας την ακρίβεια, αποφεύγοντας έτσι τα λάθη και τις διορθώσεις.
- Μείωση του χρόνου δημιουργίας του project. Τα δεδομένα που συλλέγονται μπορούν να επεξεργαστούν αυτόματα με τη χρήση λογισμικών, μειώνοντας τον χρόνο και την ανθρώπινη προσπάθεια που απαιτείται για την ανάλυση και ερμηνεία των δεδομένων.
- Πλήρης Αποτύπωση του χώρου, ακόμα και δεδομένων που αγνοείς κατά την χρήση κλασικής γεωδαιτικής αποτύπωσης.

- Αποτύπωση με λιγότερο φυσικό φως.

Μειονεκτήματα:

- Υψηλό Κόστος: Όπως σημειώνετε, η αγορά και συντήρηση των σαρωτών λέιζερ μπορεί να είναι εξαιρετικά δαπανηρή. Το κόστος επένδυσης για την τεχνολογία είναι υψηλό, και η ανάγκη για εξειδικευμένο λογισμικό και υπολογιστικό εξοπλισμό προσθέτει επιπλέον έξοδα. Η επένδυση σε ποιοτικό εξοπλισμό και λογισμικό μπορεί να είναι απαραίτητη για την επίτευξη ακριβών και αξιόπιστων αποτελεσμάτων.
- Μεγάλες Ποσότητες Δεδομένων: Οι σαρώσεις λέιζερ παράγουν τεράστιες ποσότητες δεδομένων, γνωστά ως "point clouds", που απαιτούν σημαντική επεξεργαστική ισχύ για ανάλυση και αποθήκευση. Η χρήση εξελιγμένων λογισμικών και συστημάτων αποθήκευσης είναι αναγκαία για την αποτελεσματική διαχείριση αυτών των δεδομένων.
- Περιορισμοί στην Ανάλυση Σημείων: Οι επιφάνειες που είναι διάφανες, γυαλιστερές ή έχουν πολύ μικρές λεπτομέρειες μπορούν να προκαλέσουν προβλήματα στην ακρίβεια των δεδομένων. Η τεχνολογία βελτιώνεται συνεχώς για την αντιμετώπιση αυτών των περιορισμών, αλλά οι προκλήσεις παραμένουν.
- Περιορισμοί στις Συνθήκες Φωτισμού και Περιβάλλοντος: Ο καιρός και οι συνθήκες φωτισμού μπορούν να επηρεάσουν την απόδοση του σαρωτή λέιζερ. Οι συνθήκες αυτές μπορεί να μειώσουν την ακρίβεια των μετρήσεων ή να προκαλέσουν δυσκολίες στη λήψη δεδομένων.
- Εκπαίδευση και Εξειδίκευση: Η εκπαίδευση για τη σωστή χρήση των σαρωτών λέιζερ είναι απαραίτητη, καθώς η λειτουργία τους και η ανάλυση των δεδομένων απαιτούν εξειδικευμένες γνώσεις. Το κόστος και η ανάγκη για εκπαιδευμένο προσωπικό μπορούν να αυξήσουν τη συνολική δαπάνη για τη χρήση αυτής της τεχνολογίας.

- **Χρόνος Προετοιμασίας και Σάρωσης:** Ο χρόνος που απαιτείται για την προετοιμασία, το καλιμπράρισμα και τη σάρωση μπορεί να είναι σημαντικός, ειδικά για μεγάλα ή πολύπλοκα έργα. Η αποτελεσματική διαχείριση του χρόνου είναι κρίσιμη για την επιτυχία της διαδικασίας.
- **Περιορισμένη Κινητικότητα:** Οι μεγάλες και ογκώδεις σαρώσεις λέιζερ μπορούν να περιορίσουν την κινητικότητα και τη χρήση τους σε δύσβατα ή απομακρυσμένα μέρη. Ωστόσο, η εξέλιξη της τεχνολογίας φέρνει πιο φορητές λύσεις που βελτιώνουν την ευελιξία.
- **Εξάρτηση από την Ορατότητα:** Η ανάγκη για άμεση οπτική επαφή με το αντικείμενο περιορίζει την ικανότητα του σαρωτή να συλλέγει δεδομένα όταν υπάρχουν εμπόδια. Η στρατηγική τοποθέτηση και η χρήση πολλών σαρωτών μπορεί να είναι αναγκαία για την κάλυψη αυτών των περιορισμών.
- **Ενσωμάτωση με Άλλα Δεδομένα:** Η ενσωμάτωση δεδομένων από σαρωτές λέιζερ με άλλες τεχνολογίες, όπως φωτογραμμετρία ή GPS, μπορεί να είναι περίπλοκη και να απαιτεί ειδικές διαδικασίες επεξεργασίας. Η ανάπτυξη εργαλείων που διευκολύνουν τη συνδυασμένη ανάλυση είναι κρίσιμη για τη βελτίωση της συνολικής αποτελεσματικότητας.
- **Περιορισμοί στην Εμβέλεια:** Η περιορισμένη εμβέλεια των σαρωτών λέιζερ σημαίνει ότι δεν μπορούν να καλύψουν πολύ μεγάλες αποστάσεις χωρίς επανεγκατάσταση ή ρύθμιση. Η στρατηγική τοποθέτηση και η συνδυασμένη χρήση πολλών σαρωτών μπορούν να βελτιώσουν την κάλυψη.

## Κεφάλαιο 4. 3D αποτυπώσεις και τεκμηρίωση της πολιτιστικής κληρονομιάς .

Η τεχνολογία σάρωσης λέιζερ έχει εξελιχθεί και έχει επηρεάσει ποικιλία πολιτισμών και περιοχών παγκοσμίως, με διαφορετικούς πολιτισμούς να την αξιοποιούν για τις δικές τους ανάγκες και στόχους.

### 4.1 Χρήση laser scanner στην πολιτιστική κληρονομιά.

Τόσο η ινδική κληρονομιά όσο και ο πολιτισμός της είναι απέραντα ζωντανοί, περιλαμβάνοντας τόσο απτά όσο και άυλα στοιχεία. Με πολυάριθμους αρχαιολογικούς χώρους διασκορπισμένους σε ολόκληρη τη χώρα, ένα εργαλείο όπως η τηλεπισκόπηση και το σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών έχει υψηλές δυνατότητες για την εξερεύνηση αυτών, ειδικά της δομημένης κληρονομιάς. Αυτά τα εργαλεία και μέθοδοι βοηθούν στον προσδιορισμό ορισμένων στοιχείων σχετικά με τις τοποθεσίες που μπορεί να μην είναι δυνατό να επιτευχθούν από άλλες συμβατικές μεθόδους.

Οι αρχαιολόγοι και οι ιστορικοί, που συμμετέχουν σε διάφορες δραστηριότητες που σχετίζονται με τη διατήρηση και την έρευνα της πολιτιστικής κληρονομιάς, θα βρουν την τεχνολογία πολύ ωφέλιμη, καθώς τα ψηφιακά εργαλεία όπως η τρισδιάστατη σάρωση παρέχουν όλο και πιο λεπτομερείς και ακριβείς πληροφορίες σε σχετικά μικρότερο χρονικό διάστημα. Το Lidar, το οποίο σημαίνει Ανίχνευση και Εύρος φωτός, είναι μια μέθοδος τηλεπισκόπησης για τον προσδιορισμό των περιοχών στοχεύοντας ένα αντικείμενο ή μια επιφάνεια με λέιζερ και μετρώντας το χρόνο που χρειάζεται το ανακλώμενο φως να επιστρέψει στον δέκτη. Κάθε παλμός λέιζερ μπορεί

να παράγει πολλαπλές διαδοχικές μετρήσεις από αντανακλάσεις από διάφορες επιφάνειες στη διαδρομή του.

Η πολιτιστική κληρονομιά αναφέρεται στα φυσικά και πολιτιστικά αγαθά, υλικά και μη, που μας παραχώρησαν οι προηγούμενες γενιές μας. Οι ιστορικές δομές είναι ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία της πολιτιστικής κληρονομιάς. Αντικατοπτρίζουν την ιστορία, τον τρόπο ζωής και την παράδοση μιας χώρας και κοινωνίας. Στο τρέχον σενάριο η πολιτιστική κληρονομιά απειλείται από διάφορους παράγοντες όπως οι φυσικοί κίνδυνοι, οι βανδαλισμοί, η ανάπτυξη των πόλεων και η φυσική γήρανση. Η δομημένη κληρονομιά είναι μια ουσιαστική πτυχή της πολιτιστικής κληρονομιάς. Η κτισμένη κληρονομιά που αναφέρεται επίσης ως μνημεία, έχει υποστεί σημαντικές ζημιές ειδικά στην Ινδία, κυρίως λόγω της ανθρώπινης δραστηριότητας και της πληθυσμιακής πίεσης. Ως εκ τούτου, η σωστή χαρτογράφηση, η ανίχνευση ζημιών και η ψηφιακή τεκμηρίωση των χώρων πολιτιστικής κληρονομιάς καθίσταται επομένως απαραίτητη για τη διατήρηση και προστασία τους.

Πρέπει να αναπτυχθούν προσεγγίσεις για ολοκληρωμένη ψηφιακή τεκμηρίωση της πολιτιστικής κληρονομιάς, χρησιμοποιώντας τεχνικές και όργανα που είναι ικανά να παρέχουν πολυδιάστατες πληροφορίες με γρήγορο και εύκολο τρόπο. Αυτό θα επέτρεπε την αποτελεσματική παρακολούθηση και διατήρηση μνημείων και χώρων πολιτιστικής κληρονομιάς.

Μερικά μνημεία παγκόσμιας κληρονομιάς της UNESCO στη βόρεια Ινδία, όπως ο τάφος του Humanyun, το συγκρότημα Qutub (Δελχί) και η Nalanda Mahavihar (Μπιχάρ) έχουν χρησιμοποιηθεί για να αναδειχθεί η δυνατότητα τρισδιάστατων δεδομένων και μοντέλων για τεκμηρίωση ιστορικών τοποθεσιών. Διερευνάται η χρησιμότητα της χρήσης απομακρυσμένων αισθητήρων για τη διεξαγωγή μιας ολοκληρωμένης (εσωτερικής και εξωτερικής) πολυκλίμακας τεκμηρίωσης μνημείων

πολιτιστικής κληρονομιάς, η οποία θα επέτρεπε την ψηφιακή μπλε εκτύπωση και τον εντοπισμό ζημιών σε πολύ υψηλές αναλύσεις. Το παράδειγμα περίπτωσης του συγκροτήματος Qutub (Δελχί), καθώς τα Monuments of Qutub Complex παρουσιάζουν ένα ενδιαφέρον μείγμα ποικιλίας και πολυπλοκότητας δομής, π.χ. έναν κατακόρυφο κωνικό πύργο με σημαντικό ύψος, εκτενώς κατεστραμμένες κατασκευές και μεγάλη έκταση της τοποθεσίας.



*Εικόνα 5: Μιναρές Qutub πηγή: <https://www.indiamart.com/>*

Παρακάτω παρουσιάζεται η ροή εργασιών για την αποτύπωση του συγκροτήματος Qutub.

Αρχικά έγινε η αποτύπωση -απόκτηση δεδομένων, ύστερα από μελέτη και λόγω του περίπλοκου του σχήματος της έκτασης αλλά και της κωνικής μορφής του μνημείου, Αποφασίστηκε πως το ποσοστό επικάλυψης για την αποτύπωση των λεπτομερειών της δομής και των χαρακτηριστικών της θα ήταν το 90%. Το Νέφος αρχικά φιλτραρίστηκε και στη συνέχεια έγινε συνένωση με τις υπόλοιπες ανεξάρτητες σαρώσεις. Στη συνέχεια έγινε εξαγωγή των αρχιτεκτονικών σχεδίων αλλά και του ψηφιακού σχεδίου. Για την εξαγωγή των αρχιτεκτονικών στοιχείων, το έγχρωμο και ανάγλυφο νέφος σημείων εξομαλύνθηκε μέσω ενός φίλτρου εξομάλυνσης και στη συνέχεια υποβλήθηκε σε τεχνική εξαγωγής άκρων, η οποία είχε ως αποτέλεσμα την εξαγωγή σημαντικών ακμών. Οι όποιες γεωμετρικές ανακρίβειες που προέκυψαν από

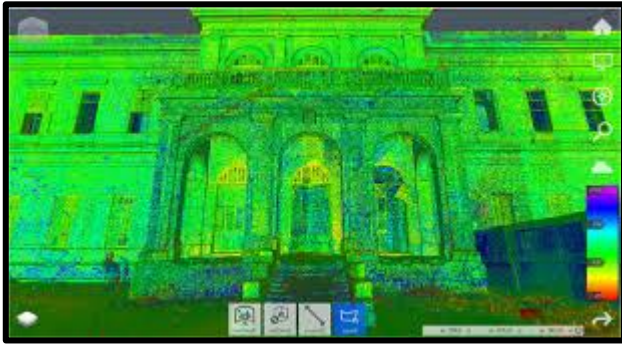
την παραπάνω προσέγγιση πρέπει να διορθωθούν και να την τελειοποιηθούν πριν να δημιουργηθεί η σχεδίαση μεμονωμένων αρχιτεκτονικών στοιχείων. Στα προκαταρκτικά όρια εφαρμόστηκαν αλγόριθμοι βασισμένοι στην επεξεργασία εικόνας. Αυτή η προσέγγιση ήταν επιτυχής στη βελτίωση των κύριων άκρων, ωστόσο το ψηφιακό σχέδιο απαιτεί μικρές λεπτομέρειες. Ως εκ τούτου, απαιτούνταν χειροκίνητη επεξεργασία σε ορισμένα τμήματα, για τη σωστή αναπαράσταση των αρχιτεκτονικών στοιχείων. Η διαδικασία εφαρμόστηκε και σε άλλα τμήματα του νέφους σημείων που αντιπροσωπεύουν διαφορετικά αρχιτεκτονικά στοιχεία, τα οποία εξήχθησαν χρησιμοποιώντας την αυτοματοποιημένη μέθοδο. Τα επιμέρους στοιχεία ενσωματώθηκαν για να προκύψει ένα ψηφιακό μοντέλο.

Τα ψηφιακά σχέδια που δημιουργούνται με αυτόν τον τρόπο αποτελούν το προκαταρκτικό βήμα για την αντιμετώπιση πτυχών της τεκμηρίωσης και της διαχείρισης της πολιτιστικής κληρονομιάς. Αυτά τα σχεδιαγράμματα παρέχουν ένα πολύ διαφορετικό φάσμα δεδομένων (ποσοτικά και ποιοτικά) τα οποία μπορούν να διερευνηθούν για να παραχθεί μια ακριβής ψηφιακή αναπαράσταση του κτιρίου. Μπορεί επίσης να διαδραματίσει βασικό ρόλο στην προετοιμασία ενός συστήματος μοντελοποίησης πληροφοριών κτιρίων κληρονομιάς (H-BIM) για την αποτελεσματική διαχείριση των διαφορετικών πτυχών της αντιμετώπισης των κτιρίων πολιτιστικής κληρονομιάς.

Το παλάτι Tosson είναι ένα κτήριο κληρονομιάς που χτίστηκε το 1886 από τον πρίγκιπα Omar Tosson στη Shubra, Road El-Farag, βόρεια του Καιρού, στην Αίγυπτο. Το παλάτι είναι ένα κτίριο 3.200 τετραγωνικών μέτρων σε τρεις ορόφους, με πρόσοψη στοάς και εκτεταμένη βεράντα στον επάνω όροφο του. Για τη διάγνωση της κατάστασης της υγείας του παλατιού Tosson, εκτελούνται δύο κύρια στάδια. η



ψηφιακή τεκμηρίωση κληρονομιάς και η ανάλυση δομικών μοντέλων. Αυτά τα στάδια περιγράφονται παρακάτω.



Εικόνα 6: Point cloud από το Tosson

palace. Πηγή: <https://www.researchgate.net/>.

Η ψηφιακή τεκμηρίωση της πολιτιστικής κληρονομιάς αποτελείται από 3 επίπεδα, την απόκτηση των ακατέργαστων δεδομένων του lidar, το ακατέργαστο επεξεργασίας και τη δημιουργία του ψηφιακού μοντέλου. Η παραγωγή και τα οφέλη όλων των μερών επεξεργασίας κληρονομούνται από την επόμενη διαδικασία. Η διαδικασία υλοποίησης χωρίζεται σε 3 φάσεις, τον σχεδιασμό, την τρισδιάστατη σάρωση με λέιζερ της τοποθεσίας και την επεξεργασία του νέφους υψηλής πυκνότητας σημείων. Η πρώτη φάση ξεκινά με την απόκτηση της διάταξης της τοποθεσίας με όλες τις πληροφορίες που συλλέγονται μέσω μιας συνολικής έρευνας σταθμού και χειροκίνητων μετρήσεων απόστασης. Ο σχεδιασμός εξαρτάται από τον αριθμό των σαρώσεων που απαιτούνται για την αποτύπωση των χαρακτηριστικών του παλατιού από όλες τις κατευθύνσεις εσωτερικά και εξωτερικά, διατηρώντας παράλληλα ένα επαρκές επίπεδο ακρίβειας. Για την αποτύπωση απαιτήθηκαν 160 σαρώσεις. Η ανάλυση που απαιτήθηκε ήταν εξαιρετικά υψηλή. Σε επόμενη φάση, δημιουργήθηκε ένα μεμονωμένο νέφος από πολλαπλές σαρώσεις. Τα δεδομένα εισήχθησαν στο Autodesk Recap για εγγραφή και αφαίρεση θορύβου. Το δεύτερο βήμα στη φάση επεξεργασίας είναι η δημιουργία ενός τρισδιάστατου μοντέλου του παλατιού. Χρησιμοποιήθηκαν δύο τεχνικές μοντελοποίησης: 1) μοντελοποίηση υψηλής λεπτομέρειας για σκοπούς εικονικής

πραγματικότητας και 2) μοντελοποίηση μεσαίας λεπτομέρειας για την παραγωγή μοντέλου HBIM για ακριβή δομική ανάλυση και ανάλυση ενέργειας. Το βήμα μοντελοποίησης HBIM ξεκίνησε μόλις καθαρίστηκε το τρισδιάστατο νέφος σημείων. Το Autodesk Revit 2018 χρησιμοποιήθηκε για μοντελοποίηση, καθώς παρέχει γρήγορη, εύκολα τροποποιήσιμη μοντελοποίηση που περιλαμβάνει υψηλού επιπέδου έγγραφα δομής. Επιπλέον, το Leica CloudWorks και το πρόσθετο Revit, χρησιμοποιήθηκε για να βοηθήσει στη μοντελοποίηση χρησιμοποιώντας ως ενσωματωμένα δεδομένα νέφους σημείων που καταγράφηκαν από τον σαρωτή λέιζερ, απευθείας μέσα στο Revit για καλύτερη μοντελοποίηση BIM των υαρχόντων κτιρίων. Το Leica CloudWorks που χρησιμοποιείται για την εισαγωγή του cloud point ως βάσης δεδομένων στο έργο Autodesk Revit. Στη συνέχεια, το σύννεφο σημείων κόβεται για να εμφανιστούν ο πρώτος και ο δεύτερος όροφος χωριστά. Στη συνέχεια, τα βήματα της μοντελοποίησης ξεκινούν με την κατασκευή των εξωτερικών και εσωτερικών τοίχων του παλατιού σε δύο ορόφους. Η μοντελοποίηση δομικών στοιχείων ήταν πολύ σημαντική για να καταστεί δυνατός ο υπολογισμός των φορτίων στους τοίχους και τα δάπεδα για δομική ανάλυση.

Δημιουργία του μοντέλου. Το CloudWorks, ένα πρόσθετο του Autodesk Revit, χρησιμοποιήθηκε για να βοηθήσει στην ανίχνευση των δεδομένων σύννεφων σημείων που καταγράφηκαν από τον σαρωτή λέιζερ. Το παραγόμενο μοντέλο HBIM χρησιμοποιήθηκε για την εκτέλεση δομικής ανάλυσης χρησιμοποιώντας το μοντέλο πεπερασμένων στοιχείων. Η ανάλυση έδειξε ότι, γενικά, το εύρος των τάσεων στους τοίχους και τις κολώνες είναι σχετικά χαμηλό, ακόμη μικρότερο από τις αποδεκτές τιμές για τέτοια κατασκευή. Αυτό επιβεβαιώνει την αρχική εκτίμηση ότι από δομική άποψη το μνημείο είναι σε καλή κατάσταση. Ωστόσο, υπάρχουν ορισμένες τοποθεσίες όπου υπάρχει ορατή φθορά των υλικών και των κονιαμάτων, πιθανώς λόγω

περιβαλλοντικών συνθηκών που επηρέασαν την κατασκευή καθ' όλη τη διάρκεια ζωής της. Η τρέχουσα κατάσταση των ρωγμών είναι γενικά σταθερή, αλλά είναι απαραίτητο να ληφθούν συγκεκριμένα μέτρα για την αντικατάσταση των κατεστραμμένων υλικών και την επισκευή των ρωγμών. Πολλά σημάδια φθοράς στους τοίχους και τα τελειώματα του παλατιού σχετίζονται με την υγρασία. Η τρέχουσα μετρούμενη περιεκτικότητα σε υγρασία στο κάτω μέρος των τοίχων είναι μάλλον χαμηλή. Κατά συνέπεια, η επιδείνωση πιθανότατα οφείλεται σε παλαιότερη εποχή που η περιεκτικότητα σε υγρασία ήταν υψηλή, λόγω της ανόδου των υπόγειων υδάτων, της διαρροής νερού από τα δίκτυα ύδρευσης ή συλλογής.

Το Osun Osogbo Grove βρίσκεται σε ένα υπερυψωμένο αγροτεμάχιο που είναι περίπου 350 μέτρα πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας. Η πολιτεία Osun στην οποία βρίσκεται το άλσος καλύπτει έκταση περίπου 14875 τετραγωνικών χιλιομέτρων, ενώ το άλσος καλύπτει έκταση 75 εκταρίων. Είναι ένα τυπικό παράδειγμα πραγματικού πρωτογενούς τροπικού δάσους που εξαφανίζεται στην υποπεριοχή της Δυτικής Αφρικής και ένα από τα τελευταία εναπομείναντα υψηλά δάση στη Νιγηρία. Ο θόλος του δάσους υποστηρίζει μια ευρεία ποικιλία φυτικών ειδών και μια ποικιλία θηλαστικών, πτηνών, ερπετών και συναφών εντόμων. Ο κύριος ποταμός Osun, αποστραγγίζεται στο άλσος από το Igede-Ekiti και τελικά εκβάλλει στον Ατλαντικό Ωκεανό. Ο χώρος χαρακτηρίστηκε ως Παγκόσμια Κληρονομιά το 2005 και αντιπροσωπεύει το τελευταίο παράδειγμα μιας κάποτε διαδεδομένης πρακτικής ίδρυσης ιερών ελαιώνων δίπλα στις κοινότητες. Το άλσος περιέχει μοναδικά μνημειακά γλυπτά και ιερά που απεικονίζουν θεότητες Γιορούμπα. Μερικά από τα μεγάλα γλυπτά του 20ου αιώνα δημιουργήθηκαν από την αυστριακή καλλιτέχνη «Suzanne Wenger», η οποία υιοθετήθηκε από την κοινότητα. Ως αφοσιωμένη, η Suzanne αφιέρωσε τη ζωή της στο ιερό άλσος.



Εικόνα 7 από το Osun. Πηγή: <https://medium.com>

Η μελέτη αυτή εστίασε, στο Ιερό *Ilédi Ohuntòto* αίθουσα συνελεύσεων της λατρείας της γης *Ogumponi*. Χαρακτηριστικά του ναού είναι τα σκαλιστά στους στύλους και τα ζωγραφισμένα εσωτερικά και εξωτερικά γλυπτά του *Obatala* αλλά και του *Ajajere*, στο Ναό του *Osun*, το πρώτο παλάτι του οποίου οι τοίχοι, οι πυλώνες και η οροφή του ναού έχουν σχεδιαστεί με εικονογραφήσεις ιερής τέχνης από μια αφοσιωμένη καλλιτέχνη που ονομάζεται *Susan Wenger* και στο *Iya Mooro* που είναι ένα μνημειώδες άγαλμα και ιερό της θεάς της γυναικείας επιχειρηματικότητας και δύναμης. Έχει τρία ζεύγη χεριών που αντιπροσωπεύουν (συμβουλές, λύπη και ευλογία).

Η αποτύπωση έγινε συνδυαστικά με σαρωτή *laser*, επίγεια φωτοφραμμετρία και *drone*. Οι 211 σαρώσεις με *laser scanner*, 8.210 φωτογραφίες τραβήχτηκαν με την ψηφιακή φωτογραφική μηχανή και 4.835 λήψεις τραβήχτηκαν χρησιμοποιώντας το *drone* έδωσαν ένα αρχείο 920 περίπου *Gigabyte*. Από τα δεδομένα, δημιουργήθηκε ένα σύνολο προϊόντων τεκμηρίωσης, συμπεριλαμβανομένων 3D μοντέλων της χαρτογραφημένης περιοχής, καθώς και υψόμετρα ορθοεικόνων και σχέδια που θα βοηθούσαν αξιόπιστα στη διαχείριση και παρακολούθηση του χώρου.

Τα εξαγόμενα είναι ένα μοντέλο 3D με υφή φωτογραφίας.

Για τον ναό Pedi Ohuntoto (Ιερό Ogboni) που είναι αρκετά περίπλοκος χρειάζεται σάρωση με σημεία υψηλής πυκνότητας, για να τεκμηριωθεί επαρκώς λόγω των καμπυλόγραμμων ακανόνιστων επιφανειακών στοιχείων και εικόνων. Για την αντιμετώπιση της πολύπλοκης και έντονης ανάγλυφης φύσης αυτών των δομών κατά τη διάρκεια της διαδικασίας τεκμηρίωσης, χρησιμοποιήθηκε η 3D χαρτογράφηση χρησιμοποιώντας σάρωση με λέιζερ. Για την ερμηνεία και την παρουσίαση, θα χρειαστεί μια φωτορεαλιστική χαρτογράφηση υψής για τη δημιουργία ενός μοντέλου εικονικής πραγματικότητας (VR) που θα επιτρέψει την πτήση μέσω της προβολής των 3D μοντέλων. Είναι ενδιαφέρον ότι αυτή η τεχνολογία δεν περιορίζεται μόνο στη συντήρηση και τη μελέτη μνημείων και μνημείων πολιτιστικής κληρονομιάς. Θα μπορούσε να εφαρμοστεί επίσης σε αντικείμενα, συλλογές, γλυπτά κλπ.

Συμπερασματικά μπορούμε να κατανοήσουμε ότι η τεχνική τεκμηρίωσης μνημείων έχει προχωρήσει περισσότερο σε αντίθεση με το παρελθόν. Το αποτέλεσμα έδειξε ότι η τεχνολογία διευκολύνει τη δημιουργία κατευθυντήριων γραμμών που περιγράφουν πρότυπα για σωστή και πλήρη τεκμηρίωση, επιτρέποντας έτσι την παραγωγή πολύ ρεαλιστικών 3D αποτελεσμάτων (όσον αφορά τη γεωμετρία και την υφή) που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για πολλά πεδία όπως η αρχαιολογική τεκμηρίωση, η διατήρηση της ψηφιακής κληρονομιάς, οι σκοποί αποκατάστασης, η εικονική πραγματικότητα και οι εφαρμογές γραφικών υπολογιστών, 3D αποθετήρια και κατάλογοι, web γεωγραφικά συστήματα, σκοπούς οπτικοποίησης και πολλά άλλα. Η τεχνολογία μπορεί να αποτελέσει οδηγό για την εικονική ανακατασκευή μνημείων σε περίπτωση ανεξέλεγκτης καταπάτησης ή καταστροφής.

Τις τελευταίες δεκαετίες αυξάνεται συνεχώς ενδιαφέρον για την εφαρμογή επίγειων σαρωτών λέιζερ (3d laser scanner) στην εκτίμηση παραμόρφωσης. Αυτό το

ενδιαφέρον προκύπτει από τα πλεονεκτήματα του Laser scanner που μπορούν να συνοψιστούν στην άμεση εκτίμηση τρισδιάστατων συντεταγμένων ενός πυκνού νέφους σημείων που έχει οριστεί στο αντικείμενο που παρακολουθείται, τον υψηλό βαθμό αυτοματοποίησης, το φιλικό προς τον χρήστη λογισμικό που συνοδεύει το υλικό και τη δημιουργία του εξεταζόμενου μοντέλου του αντικειμένου. Ένα σημαντικό και πολύ ενδιαφέρον μέρος της παρακολούθησης παραμορφώσεων με χρήση laser scanner είναι αυτό που αφορά τα μνημεία πολιτιστικής κληρονομιάς. Αυτή η παρακολούθηση δεν ασχολείται μόνο με παραμορφώσεις «τρέχοντος χρόνου» λόγω διαφόρων αιτιών π.χ. σεισμικός κίνδυνος, υπόγεια έργα κ.λπ., αλλά και με τις παραμορφώσεις που έχουν υποστεί τα μέρη του μνημείου ανά τους αιώνες. Αυτό είναι ζωτικής σημασίας για τον σχεδιασμό των επεμβάσεων που αφορούν την αποκατάσταση του μνημείου. Η δυνατότητα απόκτησης μεγάλου αριθμού σημείων θεωρείται εξαιρετικά σημαντικό πλεονέκτημα των σαρωτών λέιζερ σε σύγκριση με την κλασική γεωδαιτική μεθοδολογία. Στη περίπτωση της εφαρμογής κλασικής τοπογραφίας, η εκτίμηση της παραμόρφωσης του αντικειμένου επιτυγχάνεται μέσω της δημιουργίας δικτύου γεωδαιτικού ελέγχου και της παρακολούθησης διακριτών σημείων ελέγχου στο υπό εξέταση μνημείο. Αντίθετα, στις μέρες μας όπου εφαρμόζεται η τεχνολογία laser scanner, οι παραμορφώσεις του αντικειμένου προσδιορίζονται μετά τη δημιουργία ενός τρισδιάστατου μοντέλου από το νέφος των σημείων είτε μέσω κατάλληλου λογισμικού είτε μέσω της εκτίμησης μιας επιφάνειας που ταιριάζει καλύτερα, χρησιμοποιώντας τεχνικές ελαχίστων τετραγώνων. Από αυτή την μοντελοποιημένη επιφάνεια προέρχονται όλες οι πληροφορίες σχετικά με τον τρόπο παραμόρφωσης των στοιχείων του μνημείου. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της σύγκρισης της μοντελοποιημένης επιφάνειας με την αρχικά κατασκευασμένη. Ο υψηλός αριθμός σημείων βελτιώνει την ακρίβεια στην εκτίμηση της παραμόρφωσης,

με την προϋπόθεση ότι εφαρμόζεται η κατάλληλη μεθοδολογία, προκειμένου να εκτιμηθούν στατιστικά σημαντικές παραμορφώσεις μικρής κλίμακας. Το τελευταίο είναι εξαιρετικά σημαντικό σε περιπτώσεις αποκατάστασης μνημείων πολιτιστικής κληρονομιάς όπου η υψηλή ακρίβεια είναι καθοριστική για να γίνουν οι σωστές παρεμβάσεις. Το γεγονός αυτό ισχύει ιδιαίτερα για την αναστήλωση μνημείων της ελληνικής αρχαιότητας όπως ναοί, θέατρα κ.λπ., αφού είναι γνωστό ότι κατασκευάστηκαν βάσει αυστηρών σχεδίων, απαιτώντας υψηλή ακρίβεια στην κατασκευή, και ως εκ τούτου, η ίδια ακρίβεια πρέπει να επιτευχθεί κατά τη διάρκεια του έργου αποκατάστασης. Παρακάτω γίνεται μια προσέγγιση για την εκτίμηση των παραμορφώσεων των αρχαίων ελληνικών μνημείων με βάση την τεχνολογία που μας παρέχει το laser scanner αλλά βασισμένη και στις αρχές της κλασικής γεωδαιτικής μεθοδολογίας. Αυτή η προσέγγιση εφαρμόζεται για την εκτίμηση των παραμορφώσεων μιας στήλης του αρχαίου ναού του Διός στη Νεμέα της Ελλάδας, που στέκεται όρθιος από την κατασκευή του ναού έως και σήμερα.

Ως θέσεις σάρωσης χρησιμοποιούνται τα σημεία ενός τοπικού γεωδαιτικού δικτύου, που έχουν δημιουργηθεί, μετρηθεί και προσαρμοστεί για το λόγο αυτό στην περιοχή του μνημείου. Προκειμένου να διασφαλιστεί η ακριβής καταγραφή των διαδοχικών σαρώσεων καθώς και η υψηλή ακρίβεια των νεφών σημείων με γεωαναφορά, τοποθετούνται ειδικοί ( στόχοι, επίπεδοι και σφαιρικοί στα σημεία του δικτύου. Τέλος, οι εξαγόμενες παραμορφώσεις αναφέρονται στο ίδιο πλαίσιο αναφοράς του δικτύου και μπορούν να συσχετιστούν και να συγκριθούν μεταξύ τους, ώστε να προκύψει μια πλήρης και λεπτομερής εικόνα του παραμορφωμένου μνημείου.

Στην συνέχεια γίνεται η μοντελοποίηση, ένωση νεφών, καθαρισμός θορύβου ώστε να έχουμε το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα. Μερικές διεργασίες όσον αφορά την δημιουργία του μοντέλου είναι, μείωση θορύβου, διαγραφή περιττών σημείων που

δεν αφορούν το μνημείο, διατήρηση των ακμών του μνημείου, δημιουργία πλέγματος της επιφάνειας και τέλος εξαγωγή όλων των χρήσιμων σημείων τα οποία περιγράφουν την γεωμετρία του μνημείου.

Στην περίπτωση της στήλης του αρχαίου ναού του Διός στην Νεμέα:

Δημιουργήθηκαν τρία νέα σημεία για τους σκοπούς της σάρωσης. Τα στοιχεία του δικτύου μετρήθηκαν και προσαρμόστηκαν και οι συντεταγμένες του σημείου σε ένα τοπικό σύστημα αναφοράς εκτιμήθηκαν με ακρίβεια λίγων χιλιοστών. Για τη σάρωση της στήλης χρησιμοποιήθηκε επίγειος σαρωτής (laser scanner) . Για την αναφορά και την καταγραφή των νέφους σημείων χρησιμοποιήθηκαν στόχοι σφαίρας. Λαμβάνοντας υπόψη τις προαναφερθείσες ακρίβειες των οργάνων, καθώς και το σφάλμα λόγω της διαμέτρου της δέσμης, των σφαλμάτων κεντραρίσματος και οριζοντίωσης του σαρωτή και των στόχων, η οριζόντια και κατακόρυφη ακρίβεια της άμεσης γεωαναφοράς υπολογίστηκε στα +5 mm.

Κατάλληλο λογισμικό χρησιμοποιήθηκε για τον καθορισμό των παραμέτρων σάρωσης και την επεξεργασία των δεδομένων πεδίου. Η ανάλυση σάρωσης ορίστηκε στα 2 mm. Η όλη διαδικασία ολοκληρώθηκε σε διάστημα 5 ωρών. Μετά την δημιουργία του μοντέλου απομονώθηκαν τα σημεία ενδιαφέροντος, στην προκυμμένη τα τύμπανα της στήλης. Για κάθε τύμπανο δημιουργήθηκαν οριζόντιες διατομές. Οι διατομές εισήχθησαν σε περιβάλλον επεξεργασίας cad και μετατράπηκαν σε σύνολα σημείων.

Η προτεινόμενη μεθοδολογία και η εφαρμογή της δείχνουν ότι η τεχνολογία σάρωσης με λέιζερ μπορεί να είναι ένα απαραίτητο εργαλείο για την εκτίμηση των παραμορφώσεων που έχουν υποστεί τα μέρη τους κατά τους αιώνες της ζωής τους. Η κύρια διαφορά στην εκτίμηση παραμόρφωσης κατά τη χρήση της τεχνολογίας laser scanner είναι ότι ασχολείται κανείς με μεγάλα σύνολα σημείων και όχι με διακριτά



σημεία όπως στην κλασική γεωδαιτική παρακολούθηση. Πρέπει να επισημανθεί ότι, εφόσον όλα τα νέφη των σημείων αναφέρονται στο πλαίσιο αναφοράς του δικτύου, οι εκτιμώμενες παραμορφώσεις σχετίζονται μεταξύ τους, δίνοντας έτσι μια πλήρη «εικόνα» του τρόπου με τον οποίο έχει παραμορφωθεί το μνημείο. Αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση της τρωτότητας του μνημείου και την απόφαση των απαραίτητων επεμβάσεων.

## Κεφάλαιο 5. Ιστορική και γεωγραφική παρουσίαση της περιοχής μελέτης.

### 5.1. Περιοχή μελέτης: Βόνιτσα.

Η Βόνιτσα είναι κωμόπολη της Αιτωλοακαρνανίας της Περιφέρειας Δυτικής Ελλάδας. Έχει πληθυσμό περίπου 4 χιλιάδες κατοίκους αποτελεί έδρα του Δήμου Ακτίου Βόνιτσας. Η Βόνιτσα είναι παραθαλάσσια πόλη κτισμένη στην νότια πλευρά του Αμβρακικού Κόλπου. Η σύγχρονη πόλη βρίσκεται κοντά στα ερείπια του αρχαίου Ανακτορίου, το οποίο ιδρύθηκε από τους Κορίνθιους γύρω στο 630 π.Χ. και υπήρξε σημαντικό κέντρο της Ακαρνανίας. Η Βόνιτσα είναι γνωστή για τις όμορφες παραλίες της και τις διάφορες θαλάσσιες δραστηριότητες, όπως το κολύμπι και το ψάρεμα. Η πόλη γιορτάζει ποικιλία τοπικών εκδηλώσεων και πανηγυριών, συνήθως με παραδοσιακή μουσική, χορούς και τοπικές λιχουδιές.

Η οικονομία της περιοχής στηρίζεται κυρίως στην Γεωργία και την αλιεία, τα τελευταία χρόνια όμως ο τουρισμός αποτελεί επίσης σημαντικό παράγοντα της τοπικής οικονομίας, με πολλούς επισκέπτες να προσελκύνονται από την ιστορική και φυσική ομορφιά της περιοχής.

Η Βόνιτσα έχει δει αναπτυξιακές βελτιώσεις τα τελευταία χρόνια, με στόχο την ενίσχυση του τουρισμού και την αναβάθμιση των υπηρεσιών για κατοίκους και επισκέπτες.

Η Βόνιτσα, με τον πλούσιο πολιτιστικό και ιστορικό της χαρακτήρα, προσφέρει μια μοναδική εμπειρία συνδυάζοντας την ιστορία, τη φυσική ομορφιά και την παραδοσιακή ελληνική ζωή.



*Εικόνα 8: Βόνιτσα από drone. (εικόνα συγγραφέα).*

## Κεφάλαιο 5.2. Πολιτιστική κληρονομιά της Βόνιτσας.

Η πολιτιστική κληρονομιά της Βόνιτσας έχει αρκετά μνημεία αλλά και αρκετή άυλη κληρονομιά. Σημαντικό μνημείο και σήμα κατατεθέν της περιοχής, το κάστρο η αλλιώς ο λίθινος γίγαντας. Το Κάστρο είναι χτισμένο στον ψηλότερο λόφο της Βόνιτσας. Το σχήμα του είναι ελλειψοειδές και περιλαμβάνει έναν κύριο περίβολο που απολήγει σε πεντάπλευρο προμαχώνα και δύο χαμηλότερους περιβόλους πολύ μικρότερης έκτασης. Στην περίοδο των Τόκκων (1363- 1479) χρονολογείται ο εσωτερικός περίβολος. Στη μεγαλύτερή τους έκταση τα τείχη ανάγονται στην περίοδο της ενετοκρατίας. Μέσα στο κάστρο υπάρχει ο Ι. Ναός Αγίας Σοφίας, και άλλα κτίρια που ανάγονται στην περίοδο της Ενετοκρατίας. Ξεχωρίζει ένα επίμηκες διώροφο κτίριο στο μέσο περίπου της ακρόπολης, που είναι γνωστό ως καζάρμα (στρατώνας), αλλά πιθανώς ήταν λατινική εκκλησία. Πέραν του Κάστρου η Βόνιτσα έχει και πάρα πολλές Βυζαντινές και μεταβυζαντινές εκκλησίες. Μια από αυτές είναι η εκκλησία

της Παναγίας της Χώρας η οποία στην διπλωματική εργασία αποτυπώνεται εσωτερικά και εξωτερικά. Ο Ι. Ναός Παναγίας της Χώρας στη θέση Κανάλι έχει σχήμα ελεύθερου σταυρού με ογκώδη κυλινδρικό τρούλο στη διασταύρωση των κεραιών και ημικυκλική αψίδα. Χρονολογείται στο 17ο αι. /αρχές 18ου αι. και είναι κτισμένος στη θέση παλαιότερου, πιθανότατα υστεροβυζαντινού ναού.



*Εικόνα 9: Κάστρο Βόνιτσας. (εικόνα συγγραφέα).*

Η άυλη πολιτιστική κληρονομιά, βασίζεται κυρίως σε ήθη και έθιμα καθώς και παραδόσεις που χρονολογούνται από το μεσαίωνα και κάποια από αυτά αναβιώνουν κάθε χρόνο. Μερικές από τις παραδόσεις είναι, ο Αχυρένιος ή Γληγοράκης ο οποίος είναι κυρίως έθιμο της Καθαράς Δευτέρας, οι Αγραπνιές που αναβιώνουν την Μεγάλη εβδομάδα και η Βαρκαρόλα που γίνεται κάθε χρόνο στις έξι Αυγούστου ημέρα της Μεταμόρφωσης Σωτήρος. Επίσης υπάρχουν και παραδόσεις που έχουν καθαρά Θρησκευτικό χαρακτήρα, όπως το θαύμα της Αγίας Παρασκευής.



## Κεφάλαιο 6. Συλλογή και επεξεργασία Δεδομένων.

### 6.1 Περιοχή μελέτης:



*Περιοχή Μελέτης. Στιγμιότυπο από google earth.*

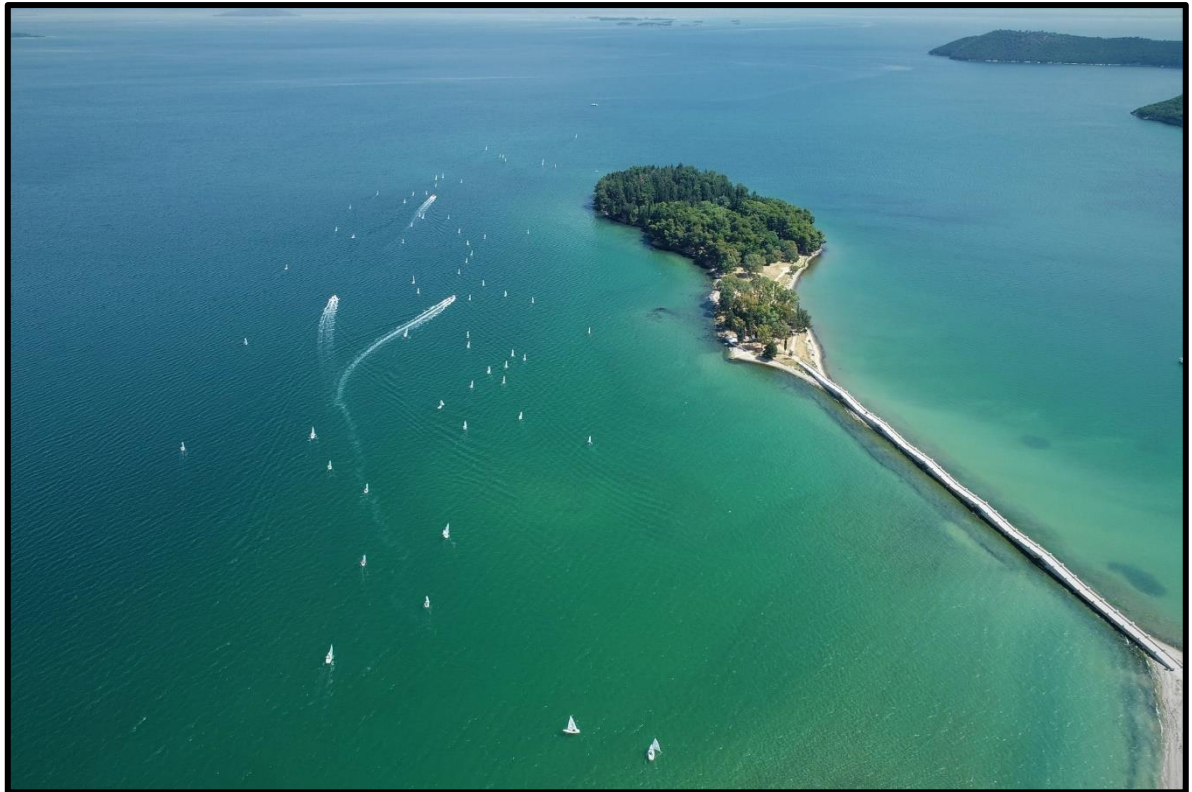
Ως περιοχή μελέτης επέλεξα το παραλιακό τμήμα της Βόνιτσας του Νομού Αιτωλοακαρνανίας.

Η **Βόνιτσα** είναι κωμόπολη της Αιτωλοακαρνανίας με επίσημο πληθυσμό 4.703 κατοίκων, σύμφωνα με την Απογραφή του 2011 . Αποτελεί έδρα του Δήμου Ακτίου - Βόνιτσας, ενώ υπήρξε έδρα του καποδιστριακού πρώην Δήμου Ανακτορίου, ο οποίος αριθμούσε 8.830 κατοίκους. Η Βόνιτσα είναι παραλιακή πόλη, κτισμένη στη νότια πλευρά του Αμβρακικού κόλπου σε υψόμετρο 10 μέτρα. Η σύγχρονη πόλη είναι χτισμένη πολύ κοντά στο αρχαίο Ανακτόριο, γι' αυτό άλλωστε και η πρώην ονομασία του δήμου, έδρα του οποίου είναι η Βόνιτσα, ονομαζόταν Δήμος Ανακτορίου.(πηγή : Wikipedia).

Το τμήμα που αποτυπώθηκε καλύπτει την Βόρεια πλευρά της πόλης και ξεκινάει από Δυτικά από τον Ιερό ναό της Παναγία της Χώρας και τελειώνει Ανατολικά στο Νησάκι της Κουκουμίτσας και την εκκλησία του Αγίου Νεκταρίου.



*Εικόνα 10: Παναγία Χώρας (Αρχή Μελέτης). (εικόνα συγγραφέα).*



*Εικόνα 11 : Κουκουμίτσα (τέλος μελέτης) (εικόνα συγγραφέα).*

Το τμήμα είναι μήκους 2.200 μέτρων και έχει κάλυψη περίπου 110 στρεμμάτων.

Ο Ι. Ναός Παναγίας της Χώρας έχει σχήμα ελεύθερου σταυρού με ογκώδη κυλινδρικό τρούλο στη διασταύρωση των κεραιών και ημικυκλική αψίδα. Χρονολογείται στο 17ο αι. /αρχές 18ου αι. και είναι κτισμένος στη θέση παλαιότερου, πιθανότατα υστεροβυζαντινού ναού, το καθεστώς προστασίας του είναι ΥΑ ΥΠΠΟ/ΑΡΧ/Β1/Φ33/39724/1076 με το ΦΕΚ: 830/Β/1995-10-02. (πηγή: <https://www.arxaiologikoktimatologio.gov.gr/>). Το παραλιακό κομμάτι αποτελείται από κτίρια του 19 αιώνα αλλά και νεόδμητα, επίσης υπάρχει ο Φάρος αλλά και το άγαλμα των ηρώων( το οποίο κατά την αποτύπωση ήταν για επισκευή). Στο μέσο περίπου του παραλιακού τμήματος υπάρχει ο Ιερός Ναός του Αγίου Δημητρίου, ορθογώνιος με τετράριχτη στέγη, χρονολογίας περίπου του 1920-1930 ο οποίος βρισκόταν στο κέντρο του πρώτου νεκροταφείου της Βόνιτσας, σήμερα ο χώρος είναι



παιδική χαρά. Στο τέλος της διαδρομής βρίσκεται το νησί της Κουκουμίτσας το οποίο από το 2000 περίπου ενώνεται με το υπόλοιπο παραλιακό μέτωπο με γέφυρα από μπετόν και επένδυση πέτρας. Εντός του Νησιού υπάρχει ο ιερός Ναός του Αγίου Νεκταρίου, ορθογώνιος με τετράριχτη στέγη. Παρότι σε όλη την διαδρομή αποτυπώθηκαν τα κτίρια μόνο στην όψη τους, στους τρεις ιερούς ναούς έγινε σάρωση εντός και εκτός για να έχουμε πλήρη αποτύπωση.

## 6.2 Σκοπός Μελέτης:

Σκοπός της μελέτης είναι να γίνει αποτύπωση με laser scanner του παραλιακού τμήματος της πόλης της Βόνιτσας και να γίνει γεωαναφορά του τελικού νέφους στο κρατικό σύστημα συντεταγμένων Έγσα 87.

## 6.3 Μεθοδολογία:

Αρχικά έγινε επιλογή των σημείων κατά μήκος της διαδρομής που θα τοποθετούσα επί του εδάφους τα τριγωνομετρικά σημεία, ανά περίπου 300- 400 μέτρα με οπτική επαφή μεταξύ τους. Αφού τοποθετήθηκαν έξι τριγωνομετρικά αλουμινίου διαμέτρου 4,5 εκ. Στο έδαφος με εποξική κόλλα δύο στοιχείων, έγιναν στατικές μετρήσεις με gpr Geomax Zenith 40 και Geomax Zenith 50 στα πέντε από αυτά. Η επιλογή των ζευγών για στατικές μετρήσεις ήταν St1-St2, St3-St4 και St4-St5 για μια ώρα ανά ζεύγος και η επίλυση τους έγινε σε συνδυασμό των rinex αρχείων των βάσεων (Arta-Lepenou-Spanoxori) του συστήματος της metrica. Η επίλυση έγινε με το πρόγραμμα LEICA INFINITY. Στην συνέχεια έγιναν οι μετρήσεις με το laser scanner blk της εταιρείας Leica. Σε πρώτη φάση επιλέχθηκαν τα εσωτερικά και τα εξωτερικά των Ιερών Ναών. Ύστερα και ανά περίπου δεκαπέντε μέτρα μετρήθηκε η υπόλοιπη διαδρομή. Προσπάθησα πέρα από την επικάλυψη που ήθελα να είναι σε ποσοστό 50-60% να έχω

και λογική συνέχεια σαρώσεων. Η αρχική προϋπόθεση ήταν να γίνουν οι ναοί με υψηλή ανάλυση σαρώσεων και τα υπόλοιπα σημεία ενδιαφέροντος με μέτρια ανάλυση, αυτό δεν κατέστη δυνατό προφανώς λόγω κακής επικοινωνίας του σαρωτή με το laptop. Οι σαρώσεις έγιναν με μέτρια ανάλυση στους ναούς, με μικρή σε κάποια κομμάτια του περιφερειακού δρόμου που οδηγεί στην χώρα από την παραλία και στη γέφυρα της Κουκουμίτσας. Με μέτρια ανάλυση έγινε και το υπόλοιπο τμήμα της διαδρομής. Τα παραπάνω δυσκόλεψαν την διαδικασία των ενώσεων καθώς η επικάλυψη ήταν μικρότερη από το προβλεπόμενο. Η ένωση των νεφών 163 στο σύνολο έγινε στο cyclone της leica. Το τελικό νέφος έχει μέγεθος 69,70 GB.

## 6.4 Τριγωνομετρικά.



*Εικόνα 12: τριγωνομετρικό T5 (μέση διαδρομής). (εικόνα συγγραφέα).*

Η περιοχή μελέτης είναι μήκους περίπου 2 χιλιομέτρων . Τα τριγωνομετρικά επιλέχθηκαν με τρόπο τέτοιο ώστε όλα να ισαπέχουν και να έχουν οπτική επαφή μεταξύ τους. Αρχικά έγινε η πάκτωση στο έδαφος των τριγωνομετρικών πλακιδίων. Ύστερα έγινε στατική μέτρηση σε ζεύγη st1-st2, st3-st4 και st4-st5 και για μια ώρα σε κάθε ζεύγος.



Εικόνα 13: θέσεις τριγωνομετρικών (στιγμιότυπο οθόνης).

Αφού ολοκληρώθηκε η διαδικασία με τα gps zenith 16 και zenith 40 κατέβηκαν στον υπολογιστή τα rinex αρχεία. Για να μπορέσω να επεξεργαστώ τα δεδομένα και να έχω σωστές και ακριβείς συντεταγμένες στο τελικό αποτέλεσμα χρησιμοποιήθηκαν για τον τριγωνισμό τα rinex αρχεία και τριών σταθμών του δικτύου της metrica από τις περιοχές , Άρτα- Λεπενού – Σπανοχώρι Λευκάδας. Σημεία που δημιουργούν ένα τρίγωνο εντός του οποίου βρίσκονται μέσα τα δικά μου τριγωνομετρικά σημεία. Η διαδικασία διήρκησε περίπου 5 ώρες.



*Εικόνα 14: Τριγωνομετρικό T3. (εικόνα συγγραφέα)*

1	3.02	OBSERVATION DATA	M: MIXED	RINEX VERSION / TYPE
2	Geomax Zenith40 V5.020220504_1823	20220504 152354 UTC	PGM / RUN BY / DATE	
3	SNR is mapped to RINEX snr flag value [1-9]		COMMENT	
4	LX: < 12dBHz -> 1; 12-17dBHz -> 2; 18-23dBHz -> 3		COMMENT	
5	24-29dBHz -> 4; 30-35dBHz -> 5; 36-41dBHz -> 6		COMMENT	
6	42-47dBHz -> 7; 48-53dBHz -> 8; >= 54dBHz -> 9		COMMENT	
7	20220504_1823		MARKER NAME	
8	1883		MARKER NUMBER	
9	20220504_1823	20220504 1823	OBSERVER / AGENCY	
0	1791883	GEOMAX ZENITH40	REC # / TYPE / VERS	5.01.210/7.500
1		GMXZENITH40	ANT # / TYPE	NONE
2	4642338.9959	1771434.9379	APPROX POSITION XYZ	3985552.1578
3	0.0000	0.0000	ANTENNA: DELTA H/E/N	0.0000
4	G 16 C1C L1C D1C S1C C2S L2S D2S S2S C2W L2W D2W S2W C5Q		SYS / # / OBS TYPES	
5	L5Q D5Q S5Q		SYS / # / OBS TYPES	
6	R 8 C1C L1C D1C S1C C2P L2P D2P S2P		SYS / # / OBS TYPES	
7	E 16 C1C L1C D1C S1C C5Q L5Q D5Q S5Q C7Q L7Q D7Q S7Q C8Q		SYS / # / OBS TYPES	
8	L8Q D8Q S8Q		SYS / # / OBS TYPES	
9	C 8 C1I L1I D1I S1I C7I L7I D7I S7I		SYS / # / OBS TYPES	
0	DBHZ		SIGNAL STRENGTH UNIT	
1	1.000		INTERVAL	
2	2022 05 04 15 24	12.0000000	GPS	TIME OF FIRST OBS
3	2022 05 04 16 29	13.0000000	GPS	TIME OF LAST OBS
4	0		RCV CLOCK OFFS APPL	
5	G L2S -0.25000		SYS / PHASE SHIFT	
6	G L2X -0.25000		SYS / PHASE SHIFT	
7	R L2P 0.25000		SYS / PHASE SHIFT	
8	E L8Q -0.25000		SYS / PHASE SHIFT	
9	24 R01 1 R02 -4 R03 5 R04 6 R05 1 R06 -4 R07 5 R08 6		GLONASS SLOT / FRQ #	
0	R09 -2 R10 -7 R11 0 R12 -1 R13 -2 R14 -7 R15 0 R16 -1		GLONASS SLOT / FRQ #	
1	R17 4 R18 -3 R19 3 R20 2 R21 4 R22 -3 R23 3 R24 2		GLONASS SLOT / FRQ #	
2	C1C -71.940 C1P -71.940 C2C -71.940 C2P -71.940		GLONASS COD/PHS/BIS	
3	18 18 1929 7		LEAP SECONDS	
4			END OF HEADER	

*Πίνακας 1: Observation Data.*

*Τα δορυφορικά συστήματα εντοπισμού δορυφορικής θέσης που χρησιμοποιεί το γεωδαιτικό Gps είναι τα Glonass, Gps, Beidu και Gallileo. Η μέτρηση έγινε με Geomax Zenith 16 και Geomax Zenith 40.*

Point Id	Point Role	Source	Easting [m]	Northing [m]	Ortho. Height [m]	CQ 3D [m]	CQ 2D [m]	CQ 1D [m]	Geoid Separation [m]	WGS84
20220504_1527 (04/05/2022 15:28:26)	Navigated RTK	ST1_2	-	-	-	-	-	-	-	38°
20220504_1539 (04/05/2022 15:41:04)	Navigated RTK	ST2_1	-	-	-	-	-	-	-	38°
ARTA (23/05/2022 19:03:49)	Control	User-entered	239,916.1048	4,338,422.4765	86.5140	-	-	-	-	-
LEPE (23/05/2022 19:06:06)	Control	User-entered	264,209.6944	4,287,768.8396	193.9610	-	-	-	-	-
SPAN (23/05/2022 19:06:56)	Control	User-entered	210,892.6458	4,297,476.4330	425.0370	-	-	-	-	-

Εικόνα 15: Επεξεργασία στο Λογισμικό Leica Infinity. (εικόνα συγγραφέα)

Το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε είναι το Leica Infinity, για κάθε ζευγάρι έγινε ξεχωριστή λύση.

Από την επεξεργασία προέκυψαν οι συντεταγμένες των τριγωνομετρικών T1, T2, T3, T4 και T5.

Αναλυτικά τα report μας έδωσαν για :

- T1 και T2 ένα μέσο οριζοντιογραφικό σφάλμα στο LOOP του 1,2 εκ.
- T3 και T4 ένα μέσο οριζοντιογραφικό σφάλμα στο LOOP του 0,5 εκ
- T4 και T5 ένα μέσο οριζοντιογραφικό σφάλμα στο LOOP του 1 εκ.

Κρίνοντας από τις αποστάσεις των τριγωνομετρικών (Αρτα\_Λεπενου\_Σπανοχώρι) με τα νέα τριγωνομετρικά της διπλωματικής το σφάλμα είναι μέσα στα αποδεκτά πλαίσια.

Στην παρακάτω εικόνα μπορούμε να δούμε τμήμα του report T4 και T5

## Points Code Report

Report created: 21/06/2022 20:56:00

### Project Details

---

<b>General</b>		<b>Customer Details</b>		<b>Master Coordinate System</b>	
Project Name:	diplomatiki_21_06_22_st4_st5	Customer Name:	-	Coordinate System Name:	HEPOS_EGSA87_CSCS
Owner:	Mazarakis Thodoris	Contact Person:	-	Transformation Type:	Classical 3D
Lead Surveyor:	-	Number:	-	Residual Distribution:	None
Date Created:	21/06/2022 20:47:15	Email:	-	Ellipsoid:	GRS 80
Last Accessed:	21/06/2022 20:47:15	Skype:	-	Projection Type:	Transverse Mercator
Application Software:	Infinity 4.0.0	Website:	-	Geoid Model:	metrica_geoid
				CSCS Model:	HeposGrid_Field

Path: C:\Users\ni\Documents\Leica Geosystems\Infinity\Projects\diplomatiki\_21\_06\_22\_st4\_st5\diplomatiki\_21\_06\_22\_st4\_st5.iprj  
Size: 52.5 MB  
Comments: -

### Summary

---

#	Point ID	Point Role	Easting [m]	Northing [m]	Ortho. Height [m]	Ellips. Height [m]	Code	Code Group	Code Description	Code Attributes	Code Annotation	Date/Time
1	20220504_1823	Averaged	229,873.334	4,312,379.935	1.005	0.573						04/05/2022 19:28:42
2	20220504_1827	Averaged	230,136.006	4,312,310.250	0.402	-0.027						04/05/2022 19:27:57
3	ARTA	Navigated RTK	239,916.105	4,338,422.476	86.514	86.287						03/05/2022 23:59:42
4	LEPE	Navigated RTK	264,209.694	4,287,768.840	193.961	193.814						03/05/2022 23:59:42
5	SPAN	Navigated RTK	210,892.646	4,297,476.433	425.038	425.119						03/05/2022 23:59:42

Πίνακας 2: report T4-T5.

Επισυνάπτονται όλα τα report όλων των λύσεων και τα LOOPS.

Τα GNSS είναι της εταιρείας Geomax, το zenith 40 με πλακέτα της novatel, με 555 κανάλια, beidou, Galileo, Glonass, GPS, Qzss, οριζοντιογραφική ακρίβεια στατικής μέτρησης 3mm και υψομετρικής ακρίβειας τα 5mm. Και το zenith 16 με πλακέτα της novatel, με 181 κανάλια, beidou, Galileo, Glonass, GPS, Qzss, οριζοντιογραφική ακρίβεια στατικής μέτρησης 5mm και υψομετρικής ακρίβειας τα 10mm. (Πηγή:Geomax.com)

Βάση προδιαγραφών θεωρούνται αξιόπιστα μηχανήματα σε λογική τιμή. Από την καθημερινή χρήση που γίνεται από την μεριά μου, κυρίως σαν ROVER, μπορώ να



αναφέρω πως είναι αξιόπιστα και ακριβή στις μετρήσεις τους. Αξίζει να σημειωθεί πως τα τριγωνομετρικά που στήθηκαν για την διπλωματική εργασία, μπορούν πλέον να χρησιμοποιηθούν για οποιαδήποτε αποτύπωση χρειαστεί εντός του πεδίου της Βόνιτσας και των περιοχών κάλυψης του RTK Base.

### 6.5 Leica Geosystems BLK360.

Για τις σαρώσεις χρησιμοποιήθηκε laser scanner της εταιρείας Leica το BLK 360. Το blk 360 είναι ένα μικρό και πρακτικό laser scanner κυρίως για μικρής κλίμακας εργασίες, όπως πχ ένα μεγάλο κτήριο ή μικρές σε έκταση περιοχές . Το Leica BLK360 είναι ένας εξαιρετικά συμπαγής, ελαφρύς και εύχρηστος τρισδιάστατος σαρωτής λέιζερ, σχεδιασμένος για γρήγορη και ακριβή καταγραφή δεδομένων σε περιβάλλοντα όπως η αρχιτεκτονική, η κατασκευή, η μηχανική και η τεκμηρίωση πολιτιστικής κληρονομιάς. (πηγή: Leica Case Studies). Κύρια Χαρακτηριστικά του, το μικρό μέγεθος και βάρος, ζυγίζει περίπου 1 κιλό, η σάρωση 360 μοίρες, οριζόντια και κατακόρυφα, καταγράφοντας τα πάντα γύρω του με μία μόνο σάρωση. Η ακρίβεια και η εμβέλεια του, η ακρίβεια του φτάνει τα χιλιοστά σε κοντινές αποστάσεις και η εμβέλεια σάρωσης αγγίζει τα 60 μέτρα, ανάλογα με το φωτισμό και το υλικό του αντικειμένου. Η φωτογραφική καταγραφή, εκτός από τη σάρωση, το BLK360 καταγράφει υψηλής ανάλυσης εικόνες που μπορούν να συνδυαστούν με το μοντέλο point cloud για τη δημιουργία φωτορεαλιστικών μοντέλων. Η απλή χρήση του με το πάτημα ενός μόνο κουμπιού και η συμβατότητα με λογισμικά όπως το AutoCAD, το Revit, το Cyclone και άλλων εργαλείων BIM (Building Information Modeling).

Τα πλεονεκτήματα :

1. Φορητότητα: Η μικρή του διάσταση και το ελαφρύ βάρος το καθιστούν εύκολο στη μεταφορά και χρήση.

2. Ευκολία στη Χρήση: Απλοποιεί τη διαδικασία της τρισδιάστατης σάρωσης, καθιστώντας το προσιτό ακόμα και για μη εξειδικευμένους χρήστες.
3. Πολυλειτουργικότητα: Συνδυάζει σάρωση λέιζερ με φωτογραφική και θερμική καταγραφή, προσφέροντας πλούσια δεδομένα για ανάλυση.

Τα μειονεκτήματα:

1. Περιορισμένη Εμβέλεια: Η εμβέλεια των 60 μέτρων μπορεί να είναι περιοριστική για ορισμένες εφαρμογές που απαιτούν σάρωση μεγάλων αποστάσεων.
2. Χρόνος Σάρωσης: Αν και γρήγορο για τις διαστάσεις του, μπορεί να μην είναι τόσο γρήγορο όσο άλλοι, μεγαλύτεροι σαρωτές λέιζερ σε βιομηχανικές εφαρμογές.

Το blk 360 έχει εφαρμογή στην κατασκευή, σε αρχιτεκτονικές μελέτες, στην διατήρηση της πολιτιστικής κληρονομιάς αλλά και στην μηχανική και τον σχεδιασμό.

Συνολικά έγιναν 163 σαρώσεις κατά μήκος της περιοχής μελέτης αλλά και εντός των τριών εκκλησιών που υπάρχουν σε αυτή. Η αρχική ιδέα ήταν να γίνει η σάρωση των ιερών ναών εσωτερικά και εξωτερικά με υψηλή ανάλυση και το υπόλοιπο έργο με μεσαία ανάλυση. Για κάποιο λόγο πιθανότατα μη σωστής επικοινωνίας του laptop με τον σαρωτή οι περισσότερες σαρώσεις είναι σε μεσαία ανάλυση και κάποιες σε χαμηλή ανάλυση, κάτι που αντιλαμβάνεται κανείς και από το μέγεθος των αρχείων. Στο τελικό αποτέλεσμα των ενώσεων μέσω cyclone δεν διακρίνεται αυτό γιατί οι στάσεις μου ήταν ανά 15-20 μέτρα και η επικάλυψη που υπήρχε μεταξύ των σαρώσεων ήταν ικανοποιητικά καλή.

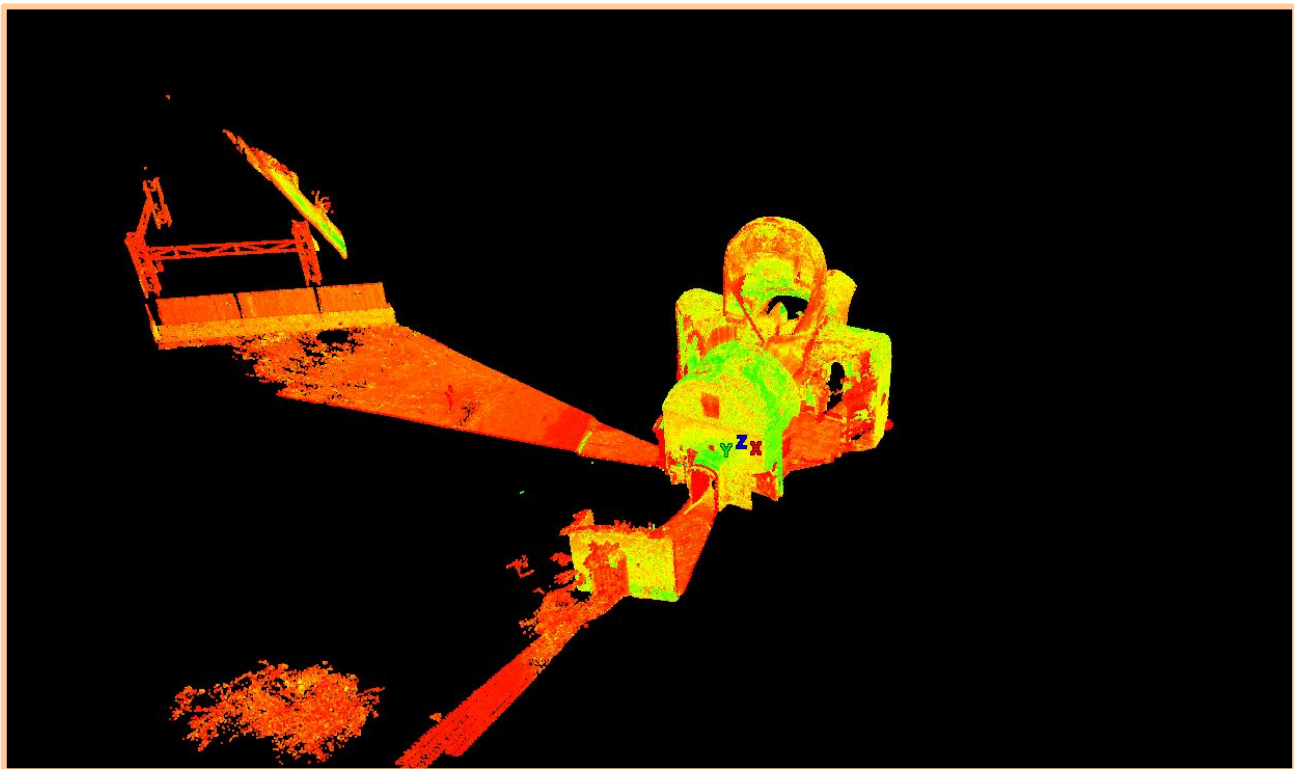
Η διάρκεια που είχε η κάθε σάρωση στην μεσαίας ανάλυσης σάρωση ήταν 6 λεπτά και στην μικρή περίπου 4 λεπτά, συμπεριλαμβανομένου και του χρόνου που χρειάζεται για να βγάλει την πανοραμική φωτογραφία. Συνολικά χρειάστηκα 4 μέρες για να κάνω την σάρωση ολόκληρης της περιοχής. Στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε μια από τις σαρώσεις που έγιναν, εξωτερικό ιερού ναού Παναγίας Χώρας.



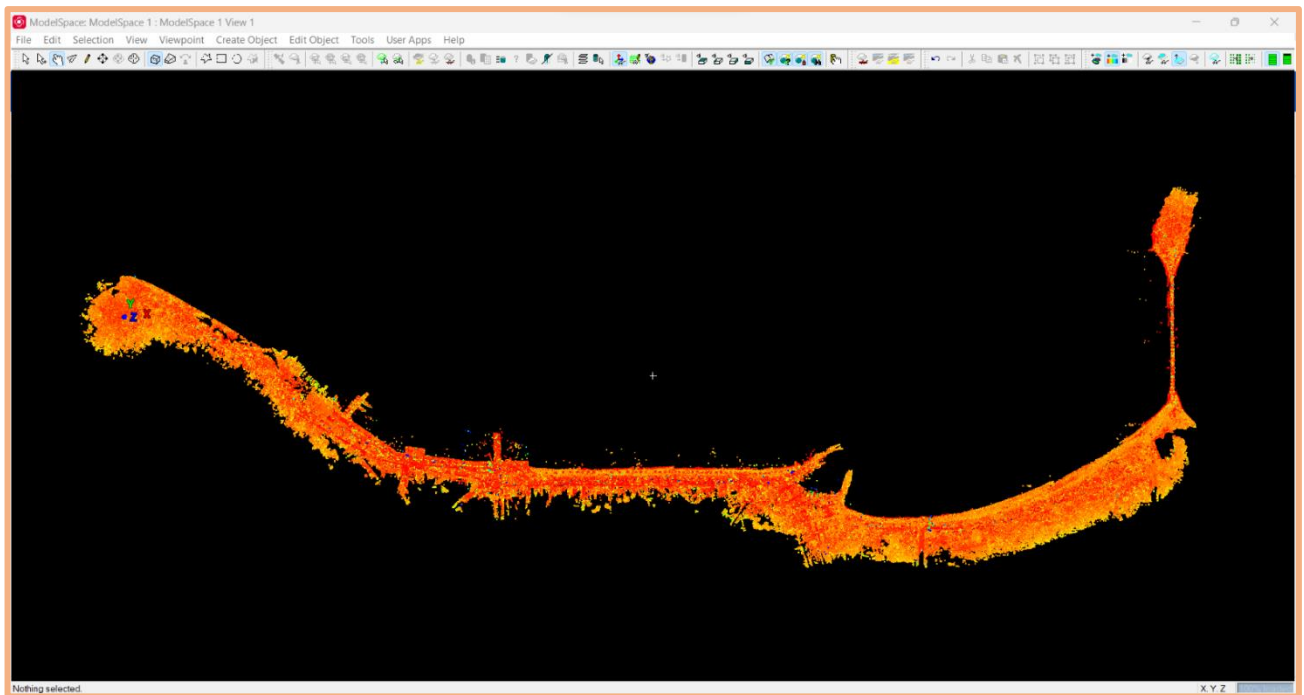
*Εικόνα 16: Σάρωση Παναγίας Χώρας εξωτερικά. (εικόνα συγγραφέα)*

Στην παρακάτω εικόνα παρατηρούμε ένα νέφος σημείων μιας από τις σαρώσεις, εσωτερικό του ιερού ναού παναγίας της χώρας. Εύκολα μπορεί να δει κανείς τον τρούλο αλλά και την εσωτερική τοιχοποιία. Η σάρωση είναι σε medium resolution. Στην δεύτερη εικόνα βλέπουμε σε κάτοψη ολόκληρη την περιοχή που σαρώθηκε. Γενικά οι σαρώσεις με το laser scanner ήταν μια χρονοβόρα αλλά σχετικά εύκολη διαδικασία, που όμως χρειάζεται να γνωρίζεις την λογική του νέφους αλλά και το πως θα γίνει το registration για να πετύχεις το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα. Οι σαρώσεις σε όλο το μήκος διήρκησαν 5 μέρες.

Για την αποτύπωση της Παναγίας της χώρας αλλά και την δημοσίευση των σχεδίων της στην διπλωματική εργασία εκδόθηκε ειδική άδεια από το Τμήμα: Εποπτείας Ελληνικών και Αλλοδαπών επιστημονικών ιδρυμάτων και συντονισμού θεμάτων διεθνών συνεργασιών και οργανισμών της Γενική Διεύθυνση Αρχαιοτήτων και Πολιτιστικής Κληρονομιάς της Δ/ΝΣΗ : ΒΥΖΑΝΤΙΝΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑΒΥΖΑΝΤΙΝΩΝ ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΩΝ με Αρ. Πρωτοκόλλου 198139/ 24-04-2023 και ΑΔΑ: ΨΚΦΧ4653Π4-ΑΘΑ. (Επισυνάπτεται) .



*Εικόνα 17: Νέφος σημείων (cyclone) Παναγία χώρα (εσωτερικά). (εικόνα συγγραφέα)*



*Εικόνα 18: Κάτοψη ολόκληρης της περιοχής μελέτης. (εικόνα συγγραφέα).*

## 6.6 Επεξεργασία στο cyclone.

Για το registration (ενώσεις των σαρώσεων) χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Cyclone της εταιρείας LEICA. Το cyclone που χρησιμοποιήθηκε για την εργασία έχει άδεια από το ΠΑΔΑ και όλη η επεξεργασία, έγινε μέσω VPN.

## 6.7 Leica Geosystems Cyclone Core.

Το Cyclone είναι ένα λογισμικό που αναπτύχθηκε από την Leica Geosystems και χρησιμοποιείται κυρίως για την επεξεργασία, ανάλυση και διαχείριση δεδομένων τρισδιάστατης σάρωσης, ιδιαίτερα από σαρωτές λέιζερ (laser scanners). Το Cyclone είναι ένα από τα πιο δημοφιλή εργαλεία για επαγγελματίες που ασχολούνται με την τρισδιάστατη τεκμηρίωση, τη χαρτογράφηση και την αρχιτεκτονική, καθώς και με τη διαχείριση κατασκευαστικών έργων. (πηγή: Leica Geosystems Official Website)  
Κύρια χαρακτηριστικά του προγράμματος είναι:

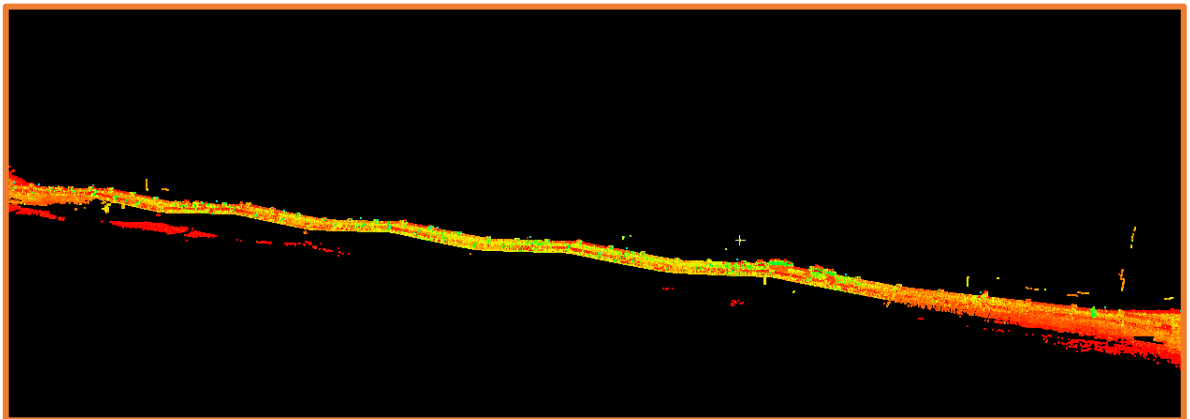
- Η επεξεργασία δεδομένων νέφους σημείων (Point Cloud), προβολή, επεξεργασία, καθαρισμός νεφών αλλά και ενώσεις νεφών, κλπ.
- Registration, το πρόγραμμα έχει ισχυρό αλγόριθμο για την ευθυγράμμιση και ένωση νεφών με μεγάλη ακρίβεια στο τελικό αποτέλεσμα.
- Δημιουργία τελικού σχεδίου, το Cyclone μπορεί να παράγει ακριβή σχέδια, κατόψεις και διατομές από τα δεδομένα της σάρωσης. Αυτά τα σχέδια μπορούν να εξάγονται σε διάφορες μορφές, κατάλληλες για χρήση σε CAD λογισμικά.
- Διαχείριση μεγάλων έργων, το cyclone είναι σχεδιασμένο για τη διαχείριση μεγάλων έργων με πολλές σαρώσεις, επιτρέποντας στους χρήστες να οργανώσουν και να αποθηκεύσουν τα δεδομένα τους με τρόπο που διευκολύνει την επεξεργασία και ανάλυση. Μερικά από τα πλεονεκτήματα του cyclone είναι η Ακρίβεια, η μεγάλη βιβλιοθήκη των αρχείων που υποστηρίζει και ο μεγάλος όγκος δεδομένων που μπορεί να επεξεργαστεί. Μερικά από τα μειονεκτήματα του είναι το κόστος αλλά και η δύσκολη εκμάθηση κυρίως για νέους χρήστες.

## 6.8. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.

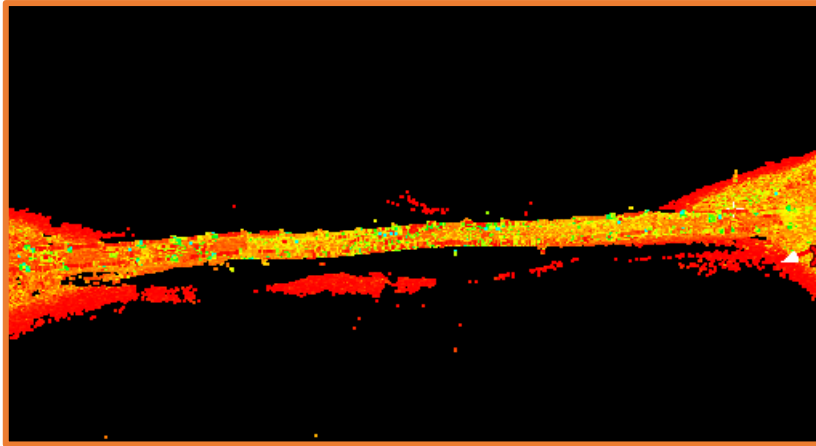
Οι ενώσεις των σαρώσεων έγιναν τμηματικά, αρχικά έγινε η ένωση των εσωτερικών και εξωτερικών νεφών των ιερών Ναών, στην συνέχεια στις ενώσεις αυτές προσέθετα σαρώσεις, στο τέλος δημιουργήθηκαν 36 registration όπου στην συνέχεια ενώθηκαν μεταξύ τους. Για τις ενώσεις χρησιμοποιήθηκαν στόχοι A4 αλλά και εμφανή σημεία, όπως γωνίες κτηρίων, ή σήματα με έντονο χρωματισμό.

Οι σαρώσεις που είχαν κτήρια με διακριτά σημεία ήταν εύκολο να επεξεργαστούν κατά το registration, οι σαρώσεις που δεν υπήρχαν κτήρια και εμφανή διακριτά σημεία δυσκόλεψαν την κατάσταση. Το τμήμα από την παναγία της χώρας έως την αρχή της παραλιακής οδού, αλλά και το τμήμα 800 περίπου μέτρων έως την Κουκουμίτσα ήταν

δύσκολο να ενωθούν ακόμα και με στόχους που μπήκαν ανα τακτά σημεία. Οι ενώσεις με πολλά δέντρα αλλά και ίδιο μοτίβο, όπως η γέφυρα της Κουκουμίτσας χρειάστηκαν ειδική επεξεργασία. Ενώ σε πολλά τμήματα μπορούσα σε ένα registration να βάλω πάνω από 10 ή 11 setup στα τμήματα αυτά έπρεπε η επεξεργασία να γίνει με max τα δύο setup. Στην γέφυρα της Κουκουμίτσας εικόνα 21, επειδή το μοτίβο, ήταν, πέτρες ακανόνιστου σχήματος ίδιου χρώματος αλλά και ίδιο επαναλαμβανόμενο σχήμα γέφυρας με καμπύλες ίδιου μεγέθους όταν ένωνα τα setup, τις μετρήσεις δηλαδή το λογισμικό μου έδινε σαν αποτέλεσμα μία γέφυρα με ένα τόξο μικρότερου μήκους εικόνα 22, αντί των τεσσάρων που υπάρχουν στην πραγματικότητα. Για να αποφύγω το παραπάνω πρόβλημα, ξαναέκανα τις μετρήσεις με περισσότερους στόχους αλλά και όταν πέρασα τα νέα setup στο cyclone το registration το έκανα ανά δύο το πολύ setup.



*Εικόνα 19: πραγματική εικόνα της γέφυρας της Κουκουμίτσας (εικόνα συγγραφέα).*



Εικόνα 20: λάθος

registration (εικόνα συγγραφέα).

Τα report από όλα τα registration επισυνάπτονται στο τέλος, ενδεικτικά το report του τελευταίου registration το βλέπουμε στην παρακάτω εικόνα. Το αποτέλεσμα βάση rms κρίνεται αρκετά καλό για το εύρος της αποτύπωσης και των συνθηκών που θα έπρεπε να ακολουθηθούν.

```

ScanWorlds
ScanWorld [Xora_anais_2]
ScanWorld [koukoumitsa_gefyra_ektos 5]

Constraints
Constraint ID      ScanWorld          ScanWorld          Type                Status  Weight  Overlap Points  Error  Error Vector
Cloud/Mesh 1      ScanWorld [Xora_anais_2] ScanWorld [koukoumitsa_gefyra_ektos 5] Cloud: Cloud/Mesh - Cloud/Mesh  On      1.0000  23419           0.000 m  aligned [0.000]
Cloud/Mesh 1 [ScanWorld [Xora_anais_2] : ScanWorld [koukoumitsa_gefyra_ektos 5]]
Objective Function Value: 1.00823e-06 sq m
Iterations: 38
Overlap Point Count: 23419
Overlap Error Statistics
RMS: 0.00243942 m
AVG: 0.0026947 m
MIN: 1.22321e-08 m
MAX: 0.0434799 m
Overlap Center: (980.164, -591.655, 73.660) m
Error after global registration: 3.29687e-26 sq m
Translation: (994.632, -583.172, 70.742) m
Rotation: (-0.0345, 0.0412, 0.9986):-99.168 deg

ScanWorld Transformations
ScanWorld [Xora_anais_2]
translation: (0.000, 0.000, 0.000) m
rotation: (0.0000, 1.0000, 0.0000):0.000 deg

ScanWorld [koukoumitsa_gefyra_ektos 5]
translation: (994.632, -583.172, 70.742) m
rotation: (0.0345, -0.0412, -0.9986):99.168 deg

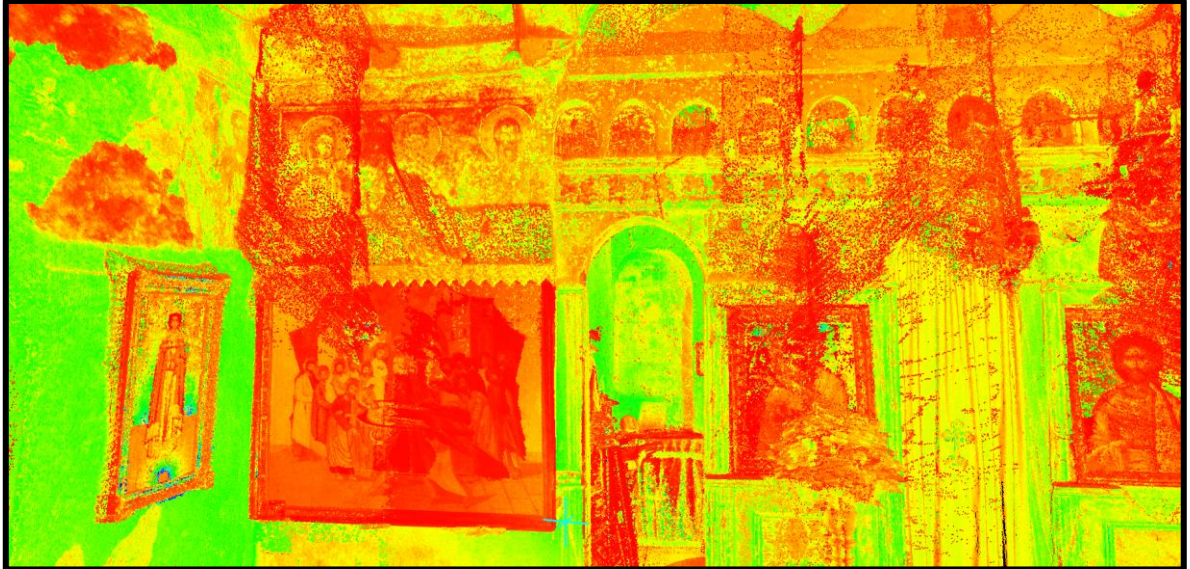
```

Εικόνα 21:Registration report

Στο τελευταίο report βλέπουμε το σφάλμα rms στα 2,4 χιλιοστά και τα σημεία που υπάρχει επικάλυψη στα 23419. Γενικά όπως κάποιος μπορεί να παρατηρήσει και στα report το σφάλμα rms κυμαίνεται από 2 χιλιοστά έως 2,5 εκατοστά. Το μεγαλύτερο

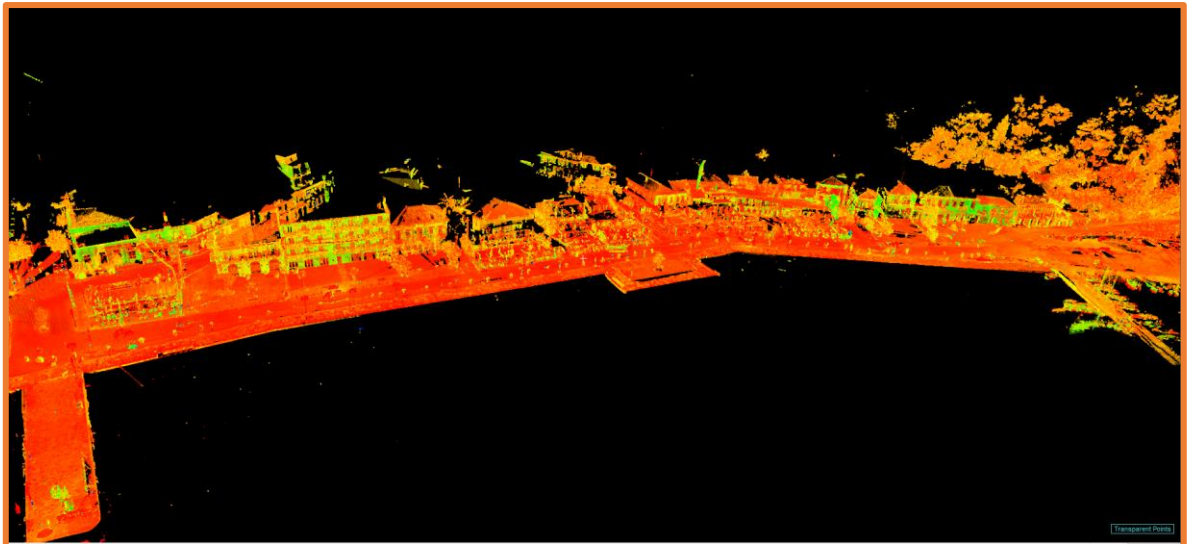


σφάλμα παρατηρείται στο registration της γέφυρας, διότι οι σαρώσεις έγιναν σε low resolution και το μοτίβο ήταν σχεδόν ίδιο παντού.



*Εικόνα 22: point cloud μετά το registration των σαρώσεων στο εσωτερικό του ναού της παναγίας της χώρας (εικόνα συγγραφέα)*

Η εικόνα 23 είναι αποτέλεσμα του registration όλων των σαρώσεων που έγιναν εντός του ναού περίπου 5, μπορείς εύκολα να διακρίνεις λεπτομέρειες αλλά και τις ακμές των αντικειμένων.



*Εικόνα 23: point cloud από σαρώσεις της παραλίας της Βόνιτσας (εικόνα συγγραφέα)*

Στην εικόνα 24 παρατηρούμε το παραλιακό τμήμα της Βόνιτσας μετά από ένωση 15 σαρώσεων.

### 6.9. Fjd Trion P1.

Η αποτύπωση έγινε με slam laser scanner της εταιρείας FjD trion και το μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε ήταν το P1. Το FJD Trion P1 είναι ένας φορητός 3D σαρωτής που χρησιμοποιεί τεχνολογία SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) για την καταγραφή τρισδιάστατων δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Ο σαρωτής αυτός είναι σχεδιασμένος για ευκολία στη χρήση, υψηλή ακρίβεια και ταχύτητα, καθιστώντας τον ιδανικό για εφαρμογές σε αρχιτεκτονική, κατασκευή, τοπογραφία, και βιομηχανική επιθεώρηση. (Πηγή: [www.fjdynamics.com](http://www.fjdynamics.com))

Κύρια Χαρακτηριστικά του:

- Τεχνολογία SLAM: Επιτρέπει την καταγραφή και χαρτογράφηση του περιβάλλοντος ενώ κινείται, καθιστώντας τον ιδανικό για τη σάρωση μεγάλων και πολύπλοκων χώρων χωρίς την ανάγκη για στατική τοποθέτηση.
- Φορητότητα: Είναι ελαφρύς και εύκολος στη μεταφορά, ιδανικός για χρήση σε δύσκολα προσβάσιμες περιοχές και χώρους που απαιτούν γρήγορη κινητικότητα.
- Υψηλή Ακρίβεια: Παρά το μικρό του μέγεθος, προσφέρει υψηλή ακρίβεια σάρωσης, απαραίτητη για εφαρμογές που απαιτούν λεπτομερή καταγραφή δεδομένων.
- Εύκολη Χρήση: Ο σαρωτής έχει σχεδιαστεί με στόχο την απλότητα στη χρήση, ακόμα και για μη εξειδικευμένους χρήστες, με ένα διαισθητικό interface και άμεση δυνατότητα έναρξης σάρωσης.
- Ευελιξία: Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε εσωτερικούς και εξωτερικούς χώρους, καθιστώντας τον κατάλληλο για ποικιλία εφαρμογών.

Εφαρμογές:

- Αρχιτεκτονική και Κατασκευή: Χρήσιμος για τη δημιουργία τρισδιάστατων μοντέλων υπάρχοντων κτιρίων και την παρακολούθηση της προόδου κατασκευαστικών έργων.
- Τοπογραφία: Κατάλληλος για γρήγορη και ακριβή καταγραφή του εδάφους και των περιβαλλοντικών χαρακτηριστικών.
- Βιομηχανική Επιθεώρηση: Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την επιθεώρηση και μέτρηση βιομηχανικών εγκαταστάσεων με ακρίβεια.

Ο FJD Trion P1 συνδυάζει φορητότητα, ακρίβεια και ευκολία χρήσης, καθιστώντας τον μια εξαιρετική επιλογή για επαγγελματίες που χρειάζονται γρήγορη και αξιόπιστη καταγραφή τρισδιάστατων δεδομένων σε διάφορους τομείς.

Τα χαρακτηριστικά του είναι, ακρίβεια σάρωσης έως 2 cm με σχετική ακρίβεια τα 5 mm, εμβέλεια στα 150 μέτρα ανάλογα τις συνθήκες μέτρησης , έχει πεδίο μέτρησης

τις 360 μοίρες οριζόντια και τις 270 μοίρες κατακόρυφα. Το βάρος του μαζί με την κάμερα είναι περίπου 3,5 κιλά.

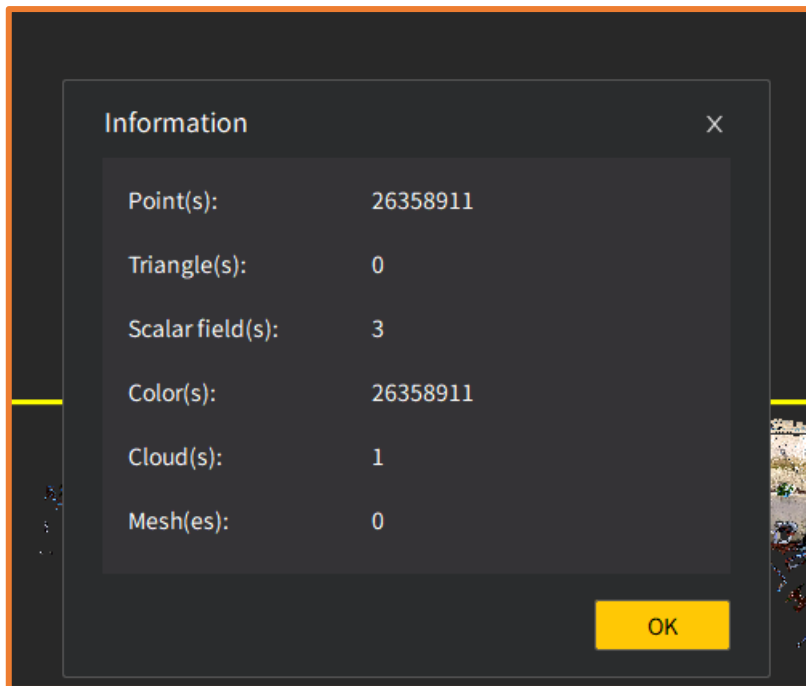


*εικόνα 24: FJD TRION P1.*

Το laser scanner δουλεύει σε συνδυασμό με μια εξωτερική κάμερα 360 μοιρών και ταυτόχρονα με την σάρωση παίρνει και βίντεο 360 μοιρών το οποίο δίνει χρώμα στο point cloud. Η επεξεργασία των μετρήσεων γίνεται στο πρόγραμμα της ίδιας εταιρείας το fjd trion Model. Το registration για μια μόνο σάρωση γίνεται αυτόματα.

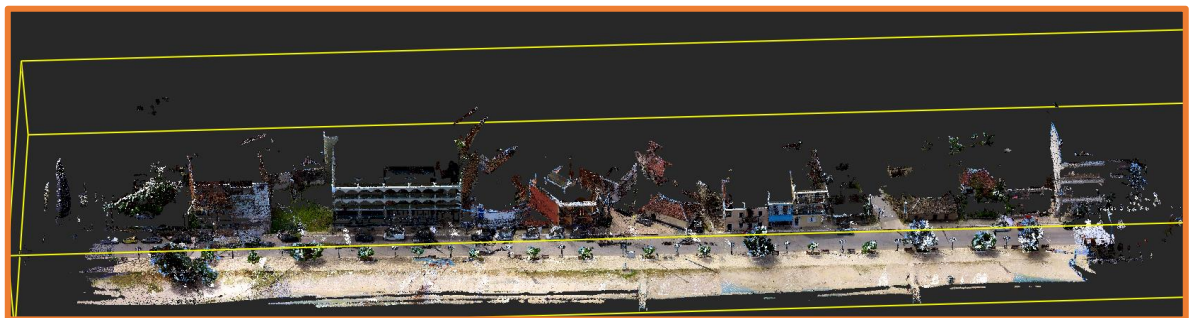
#### 6.10. Σάρωση παραλίακού τμήματος με slam laser scanner.

Η επιλογή του τμήματος έγινε τυχαία η σάρωση έγινε σε τμήμα που είχε γίνει και σάρωση με το blk 360. Η σάρωση έγινε σε μήκος 260 μέτρων και διήρκτησε περίπου 5 λεπτά με μέτρηση aller retour. Το registration που μας έδωσε περίπου 24 εκατομμύρια, εικόνα 27, σημεία διήρκτησε 5 λεπτά .



εικόνα.25

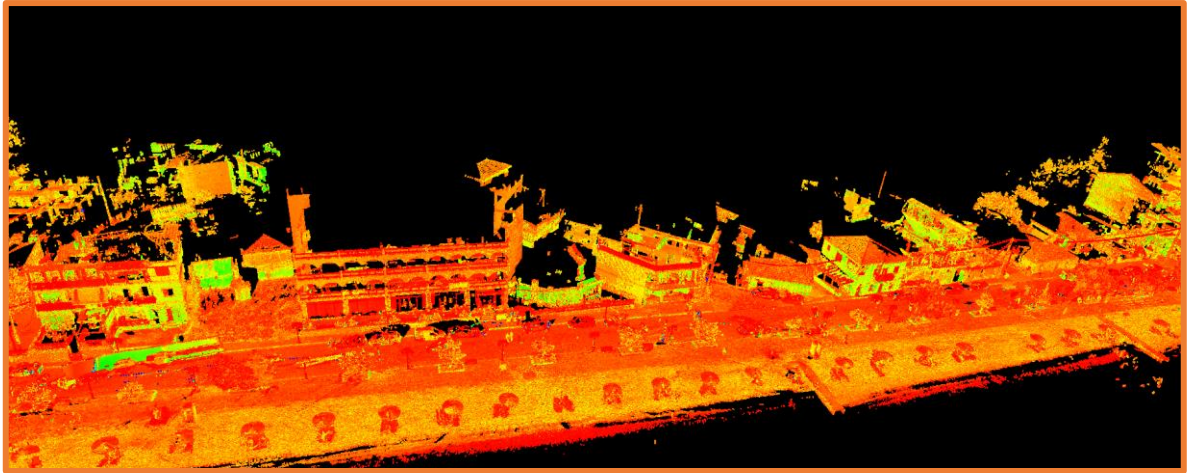
*registration FJD MODEL (εικόνα συγγραφέα)*



*εικόνα 26: το παραγόμενο point cloud (εικόνα συγγραφέα)*

Στην Εικόνα 28 βλέπουμε κάτοψη του point cloud με texture από τις εικόνες της κάμερας.

Στην εικόνα 29 μπορούμε να παρατηρήσουμε το point cloud που μας έδωσε το BLK σε συνδυασμό με το cyclone στην ίδια περιοχή.



*Εικόνα 27: νέφος από cyclone με point cloud (εικόνα συγγραφέα)*

Η περιοχή στην παραπάνω εικόνα χρειάστηκε περίπου 5 διαφορετικές στάσεις με το blk 360 περίπου 30 λεπτά και επεξεργασία με το cyclone, το registration περίπου 30-40 λεπτά.

Παρατηρούμε πως ο χρόνος που χρειάζεται μεταξύ των δύο laser scanner είναι χαοτικά μεγάλος. Το παραγόμενο point cloud του cyclone όμως είναι αρκετα πιο πυκνό και με μεγάλη διακριτική ικανότητα στις ακμές σε σχέση με το point cloud του Fjd trion Model.

#### 6.11. Σύγκριση fjd trion P1 με blk 360 βάση χαρακτηριστικών.

Το Leica BLK360, χρησιμοποιεί τεχνολογία λέιζερ για σάρωση (laser scanning) και προσφέρει μια συνδυασμένη προσέγγιση με ενσωματωμένη φωτογραφική και θερμική κάμερα. Ενώ το FJD Trion P1, χρησιμοποιεί τεχνολογία SLAM (Simultaneous Localization and Mapping), η οποία επιτρέπει τη σάρωση σε πραγματικό χρόνο, ακόμα και σε κινούμενα περιβάλλοντα. Η ακρίβεια σάρωσης του BLK 360 είναι  $\pm 6\text{mm}$  στα 10m και η εμβέλεια έως 60 μέτρα. Η ακρίβεια σάρωσης του FJD Trion P1 είναι έως  $\pm 3\text{ cm}$  με σχετική ακρίβεια  $\pm 5\text{ mm}$  και εμβέλεια έως 150 μέτρα. Το Leica BLK360, μπορεί να σαρώνει με ταχύτητα περίπου 360.000 σημεία

ανά δευτερόλεπτο ενώ το FJD Trion P1,σαρώνει 300.000 σημεία ανά δευτερόλεπτο. Το Leica BLK360 είναι περίπου 1 κιλό ενώ το FJD Trion P1 είναι 3,5 κιλά. Και τα δύο έχουν μπαταρία διάρκειας περίπου 4 ωρών. Σύμφωνα με τα παραπάνω, το Leica BLK360είναι ιδανικό για χρήστες που χρειάζονται μια εύχρηστη, φορητή συσκευή για μικρής κλίμακας δουλειές με μεγάλη ακρίβεια. Το FJD Trion P1 είναι κατάλληλο για επαγγελματίες που χρειάζονται μεγαλύτερη εμβέλεια σάρωσης και πραγματικό χρόνο επεξεργασίας δεδομένων, ιδιαίτερα σε περιβάλλοντα που απαιτούν SLAM για ακριβή χαρτογράφηση σε κίνηση.

## Κεφάλαιο 7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο κεφάλαιο αυτό θα δούμε το συμπέρασμα που βγαίνει από την εξέλιξη των μεθόδων αποτύπωσης και συγκεκριμένα της τρισδιάστατης αποτύπωσης και πως αυτό έχει επηρεάσει κυρίως τις αποτυπώσεις των μνημείων και εν γένει της πολιτιστικής κληρονομιάς του κάθε τόπου. Επίσης δούμε εφαρμογή στην περιοχή μελέτης μας την Βόνιτσα, αλλά και το τελικό παραγόμενο μοντέλο των 163 μετρήσεων που έγιναν επί του παραλιακού μετώπου της.

Υπάρχουν διάφορα είδη σαρωτών, οι οποίοι κατηγοριοποιούνται ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας, τον τρόπο χρήσης αλλά και το αντικείμενο ή την περιοχή που σαρώνουν.

Οι σαρωτές λέιζερ χωρίζονται σε επίγειους σαρωτές λέιζερ και φορητούς σαρωτές λέιζερ. Υπάρχουν οι Σαρωτές Δομημένου Φωτός (Structured Light Scanners), οι Σαρωτές Φωτογραμμετρίας (Photogrammetry Scanners), οι Σαρωτές Υπερήχων (Ultrasound Scanners), οι Σαρωτές Τομογραφίας (Tomographic Scanners), οι Σαρωτές Επαφής (Contact Scanners) και οι σαρωτές τύπου LIDAR. Κάθε κατηγορία έχει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της ανάλογα και για ποια εφαρμογή χρησιμοποιείται.

Οι σαρωτές πέραν των βελτιώσεων που έφεραν οι μετρήσεις τους στην καθημερινότητα, βοήθησαν και στην εξέλιξη των μετρήσεων της τοπογραφίας και συγκεκριμένα στις γεωμετρικές τεκμηριώσεις των μνημείων. Από την τοπομετρική εμπειρική μέθοδο περάσαμε στην γεωδαιτική φωτογραμμετρική μέθοδο και σήμερα στις μετρήσεις με Λέιζερ σαρωτή και την δημιουργία λεπτομερών νεφών. Πλέον οι τρισδιάστατες μετρήσεις έχουν ακρίβεια χιλιοστού και οι μελέτες τοπογραφίας αλλά και αποκατάστασης έχουν λάβει διαφορετικές διαστάσεις.

Σε όλο τον κόσμο αλλά και σε όλους τους πολιτισμούς πλέον γίνεται χρήση των σαρωτών λέιζερ. Ενδεικτικά παραδείγματα που βλέπουμε παραπάνω στην εργασία είναι η αποτύπωση του μιναρέ Qutub στην Ινδία, το παλάτι Tosson στην Αίγυπτο, το Osun Osogbo στην



Νιγηρία αλλά και την συμβολή της παραπάνω τεχνολογίας στις παραμορφώσεις των Ελληνικών μνημείων. Μέσα από μελέτες και άρθρα, μπορούμε να παρατηρήσουμε την μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε αλλά και το τελικό παραγόμενο αποτέλεσμα για το κάθε μνημείο.

Για την εργασία έγινε αποτύπωση με Λείζερ σαρωτή του παραλιακού τμήματος της πόλης της Βόνιτσας. Η Βόνιτσα είναι πόλη της Αιτωλοακαρνανίας της Περιφέρειας της Δυτικής Ελλάδας με παραλιακό μέτωπο μήκους περίπου 2.500 μέτρων. Η Βόνιτσα έχει μεγάλη πολιτιστική κληρονομιά αλλά και σημαντικά μνημεία όπως το Κάστρο το οποίο βρίσκεται χτισμένο σε λόφο Βορειοδυτικά της πόλης. Επίσης πέραν του κάστρου υπάρχουν και Βυζαντινές και μεταβυζαντινές εκκλησίες, μία από αυτές η Παναγία της Χώρας αποτυπώθηκε εσωτερικά και εξωτερικά κατά την διάρκεια της εργασίας. Η αποτύπωση ξεκίνησε από την Παναγία της Χώρας και με Ανατολική κατεύθυνση ακολουθώντας την ακτογραμμή τερμάτισε στον Άγιο Νεκτάριο της Κουκουμίτσας. Σκοπός της αποτύπωσης ήταν η δημιουργία νέφους το οποίο στα βάθη των ετών θα ήταν χρήσιμο για οποιαδήποτε μελέτη γίνει επί του τμήματος αυτού. Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε επιγραμματικά ήταν η εξής: Αρχικά έγινε η επιλογή των σημείων που θα τοποθετούταν τα τριγωνομετρικά κατά μήκος της διαδρομής, εν συνεχεία οι στατικές μετρήσεις επί αυτών. Στην συνέχεια με Λείζερ σαρωτή της εταιρείας Leica τον BLK 360 έγιναν οι μετρήσεις, στο σύνολο 163. 2500 μέτρα ακτογραμμής και 3 ναοί εντός και εκτός. Η διαδικασία χρονικά έφθασε τις 5 μέρες εργασίες πεδίου. Στην συνέχεια έγιναν τα registration, στο πρόγραμμα CYCLONE της LEICA, για τα οποία έπρεπε να υπάρχει επικάλυψη αλλά και κοινά σημεία. Με βάση τα report του προγράμματος, αλλά και το resolution των σαρώσεων, τα registration είχαν πολύ καλό αποτέλεσμα.

Από την παραπάνω εργασία πεδίου δημιουργήθηκε ένα point cloud μιας περιοχής για οποιαδήποτε τοπογραφική μελέτη.

Στο τέλος έγινε και μια αποτύπωση με slam laser scanner, της εταιρείας FjD το Trion P1, η διαδικασία για 300 μέτρα περίπου διήρκησε περίπου 10 λεπτά συνολικά και στο πεδίο αλλά και στο γραφείο. Με αποτέλεσμα εφάμιλλο το blk 360.

Παρότι δεν έγιναν συγκρίσεις των μοντέλων και γεωαναφορά στο ΕΓΣΑ 87, για να μπορέσουμε να δούμε τις διαφορές έχω να αναφέρω ότι, για αποτυπώσεις μεγάλου μήκους και με γνώμονα το ότι η ανάλυση του νέφους και η ακρίβεια που ζητήθηκε δεν είναι μεγάλη η διαδικασία θα πρέπει να γίνεται με SLAM laser scanner, για κτήρια εσωτερικά και εξωτερικά για τα οποία απαιτείτε το νέφος να είναι πιο γεμάτο αλλά και με μεγαλύτερη ακρίβεια απαιτείται επίγειος σαρωτής.

## Βιβλιογραφία - πηγές.

Ε. Βουκλαρή (2018). Διπλωματική εργασία: Γεωδαιτικές Μεθοδολογίες για την Ολοκληρωμένη

Τεκμηρίωση Μνημείων και Συνόλων « Η περίπτωση του Σάρλιτζα Παλλάς στη Θέρμη Λέσβου.

Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής, τμήμα Μεταπτυχιακών σπουδών – Γεωργικές Τεχνολογίες.

G. D. Georgopoulos, E. C. Telioni & A. Tsontzou (2016): The contribution of laser scanning technology in the estimation of ancient Greek monuments' deformations, Survey Review

Γεωργόπουλος Α., Μπαλωδήμος Δ., Σύγχρονες Τεχνολογίες στην Γεωμετρική Τεκμηρίωση Μνημείων.

3D Laser Scanning for Heritage, Advice and Guidance on the Use of Laser Scanning in Archaeology and Architecture : <https://historicengland.org.uk/advice/technical-advice/recording-heritage/>

Mohamed MARZOUK, 2019, USING 3D LASER SCANNING TO ANALYZE HERITAGE STRUCTURES:

THE CASE STUDY OF EGYPTIAN PALACE

Vincenzo Barrile , Ernesto Bernardo, Antonino Fotia and Giuliana Bilotta, 2022, Integration of Laser Scanner, Ground-Penetrating Radar, 3D Models and Mixed Reality for Artistic, Archaeological

and Cultural Heritage Dissemination.

Amil Talha Hassan, Dieter Fritsch, 2019, Integration of Laser Scanning and Photogrammetry in 3D/4D Cultural Heritage Preservation – A Review.

TAIT, E., LAING, R., GRINNALL, A., BURNETT, S. and ISAACS, J., 2016, laser scanning and 3D visualisations for cultural resilience and community engagement.

Hina Pande, Poonam Seth Tiwari, Shefali Agarwal, 2022, Laser scanning in archaeology and cultural heritage documentation.

Ηλεκτρονικές Πηγές:

<https://www.efaitl.gr/>

<https://www.researchgate.net/profile/Elisavet-Telioni/publication/282620328>

<https://mycoordinates.org/laser-scanning-in-archaeology-and-cultural-heritage-documentation/>

<https://www.researchgate.net/publication/282620328> The contribution of laser scanning technology in the estimation of ancient Greek monuments' deformations

<https://www.wikipedia.org/>

<https://leica-geosystems.com/>

<https://geomax-positioning.com/products>

<https://www.fjdynamics.com/product/fjd-trion-p1-lidar-scanner>

[https://www.academia.edu/44876306/%CE%9F%CE%B9\\_%CF%84%CF%81%CE%B5%CE%AF%CF%82\\_%CE%BC%CE%BF%CE%BD%CE%B1%CE%B4%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CE%AF\\_%CE%BC%CE%BF%CF%85%CF%83%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CE%AF\\_%CE%B4%CF%81%CF%8C%CE%BC%CE%BF%CE%B9\\_%CF%81%CF%85%CE%B8%CE%BC%CE%BF%CE%AF\\_%CF%84%CE%B7%CF%82\\_%CF%80%CE%B1%CE%BB%CE%B9%CE%AC%CF%82\\_%CE%92%CF%8C%CE%BD%CE%B9%CF%84%CF%83%CE%B1%CF%82](https://www.academia.edu/44876306/%CE%9F%CE%B9_%CF%84%CF%81%CE%B5%CE%AF%CF%82_%CE%BC%CE%BF%CE%BD%CE%B1%CE%B4%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CE%AF_%CE%BC%CE%BF%CF%85%CF%83%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CE%AF_%CE%B4%CF%81%CF%8C%CE%BC%CE%BF%CE%B9_%CF%81%CF%85%CE%B8%CE%BC%CE%BF%CE%AF_%CF%84%CE%B7%CF%82_%CF%80%CE%B1%CE%BB%CE%B9%CE%AC%CF%82_%CE%92%CF%8C%CE%BD%CE%B9%CF%84%CF%83%CE%B1%CF%82).

<https://www.researchgate.net/>

<https://www.aktiovonitsa.gov.gr/>

<http://www.byzantinemonuments.gr/>

[http://old.ntua.gr/temp\\_announce/170/parousiaseis170/files170/SYNEDRIA%20II/2404\\_presentation.pdf](http://old.ntua.gr/temp_announce/170/parousiaseis170/files170/SYNEDRIA%20II/2404_presentation.pdf)

## Παραρτήματα:

### Παράρτημα 1: Προδιαγραφές.

#### Προδιαγραφές GNSS Zenith 40.

<b>Receiver specifications</b>		
Q-Lock Pro™ functionality	Lowest noise and advanced mutipath mitigation for highest reliability	
Reliability	99.99%	
Measurement Engine	NovAtel OEM7, 555 channels, multi-frequency / -constellation	
GPS tracking	L1, L2, L2C, L5	
GLONASS tracking	L1, L2, L2C, L3*	
BeiDou tracking	B1, B2, B3* (opt)	
Galileo tracking	E1, E5a, E5b, AltBOC, E6* (opt)	
QZSS tracking	L1, L2C, L5, L6* (opt)	
NavIC	L5*	
Positioning rate	5 Hz, 20 Hz (opt)	
SBAS	EGNOS, WAAS, MSAS, GAGAN	
Precise Point Positioning (PPP)	TerraStar C Pro ; GPS/ GLONASS/ BeiDou/ Galileo/ QZSS (opt); Reconvergence < 1 min	
<b>Receiver accuracy (rms)**</b>		
RTK	Hz	8 mm ± 1 ppm
	V	15 mm ± 1 ppm
Network RTK	Hz	8 mm ± 0.5 ppm
	V	15 mm ± 0.5 ppm
Static	Hz	3 mm ± 0.5 ppm
	V	5 mm ± 0.5 ppm
Static - long	Hz	3 mm ± 0.1 ppm
	V	3.5 mm ± 0.4 ppm
TerraStar C Pro PPP	Hz	< 2.5 cm
	V	< 5 cm
<b>Interfaces</b>		
Keyboard	On/off and function key	

## Προδιαγραφές GNSS zenith 16.

• Speed • Flexibility • Ease • Upgraded functionality • Efficiency		
<b>Receiver specifications</b>		
Q-Lock Pro™ functionality	Lowest noise and advanced multipath mitigation for highest reliability	
Reliability	99.99%	
Measurement Engine	NovAtel OEM7, 181 channels, dual-frequency / multi-constellation	
GPS tracking	L1, L2, L2C	
GLONASS tracking	L1, L2, L2C	
BeiDou tracking	B1, B2 (opt)	
Galileo tracking	E1, E5b (opt)	
QZSS tracking	L1, L2C (opt)	
Positioning rate	5 Hz	
SBAS	EGNOS, WAAS, MSAS, GAGAN	
<b>Receiver accuracy (rms)*</b>		
RTK	Hz	10 mm + 1 ppm
	V	20 mm + 1 ppm
Network RTK	Hz	10 mm + 0.5 ppm
	V	20 mm + 0.5 ppm
Static	Hz	5 mm + 0.5 ppm
	V	10 mm + 0.5 ppm
Static - long	Hz	3 mm + 0.1 ppm
	V	3.5 mm + 0.4 ppm
<b>Interfaces</b>		
Keyboard	On/off and function key	
LED status indicators	Position, battery, Bluetooth®, RTK receive, RTK transmit, data storage	
LED mode indicators	Rover, base, static	
Data recording	Removable microSD card	

Προδιαγραφές specifications BLK 360.

<b>BLK360 PRODUCT SPECIFICATIONS</b>	
<b>GENERAL</b>	
Imaging scanner	3D scanner with integrated spherical imaging system and thermography panorama sensor system
<b>DESIGN &amp; PHYSICAL</b>	
Housing	Black anodized aluminium
Dimensions	Height: 165 mm / Diameter: 100 mm
Weight	1kg
Transport cover	Hood with integrated floorstand
Mounting mechanism	Button-press quick release
<b>OPERATION</b>	
Stand-alone operation	One-button operation
Remote operation	iPad app, Apple iPad Pro® 12.9"/iOS 10 or later
Wireless communication	Integrated wireless LAN (802.11 b/g/n)
Internal memory	Storage for > 100 setups
Instrument orientation	Upright and upside down
<b>POWER</b>	
Battery type	Internal, rechargeable Li-Ion battery (Leica GEB212)
Capacity	Typically >40 setups
<b>SCANNING</b>	
Distance measurement system	High speed time of flight enhanced by Waveform Digitizing (WFD) technology
Laser class	1 (in accordance with IEC 60825-1:2014)
Wavelength	830 nm
Field of view	360° (horizontal) / 300° (vertical)
Range*	min. 0.6 - up to 60 m
Point measurement rate	up to 740000 pts/sec

## IMAGING

Camera System	15 Mpixel 3-camera system, 150Mpx full dome capture, HDR, LED flash Calibrated spherical image, 360° x 300°
Thermal Camera	FLIR technology based longwave infrared camera Thermal panoramic image, 360° x 70°

## PERFORMANCE

Measurement speed	< 3 min for complete full dome scan, spherical image & thermal image
3D point accuracy*	6mm @ 10m / 8mm @ 20m

## ENVIRONMENTAL

Robustness	Designed for indoor and outdoor use
Operating temperature	+5 to +40° C
Dust/Humidity	Solid particle/liquid ingress protection IP54 (IEC 60529)

## DATA ACQUISITION




















Live image and scanned data streaming
Live data viewing and editing
Automatic tilt measurements

All specifications are subject to change without notice.  
All accuracy specifications are one sigma unless otherwise noted.  
\* at 78% albedo  
Copyright Leica Geosystems AG, Heerbrugg, Switzerland 2017.





## Setups Laser scanner/ μετρήσεις.

 Setup65.blk	14/9/2022 10:58 μμ	Αρχείο BLK	342.507 KB
 Setup66.blk	14/9/2022 11:01 μμ	Αρχείο BLK	380.286 KB
 Setup67.blk	14/9/2022 11:04 μμ	Αρχείο BLK	498.856 KB
 Setup68.blk	14/9/2022 11:08 μμ	Αρχείο BLK	508.264 KB
 Setup69.blk	14/9/2022 11:11 μμ	Αρχείο BLK	494.443 KB
 Setup70.blk	14/9/2022 11:15 μμ	Αρχείο BLK	537.093 KB
 Setup71.blk	14/9/2022 11:18 μμ	Αρχείο BLK	573.771 KB
 Setup72.blk	14/9/2022 11:21 μμ	Αρχείο BLK	444.732 KB
 Setup73.blk	14/9/2022 11:24 μμ	Αρχείο BLK	339.462 KB
 Setup74.blk	14/9/2022 11:27 μμ	Αρχείο BLK	327.207 KB
 Setup75.blk	14/9/2022 11:32 μμ	Αρχείο BLK	327.111 KB
 Setup76.blk	14/9/2022 11:35 μμ	Αρχείο BLK	345.860 KB
 Setup77.blk	14/9/2022 11:39 μμ	Αρχείο BLK	408.226 KB
 Setup78.blk	14/9/2022 11:43 μμ	Αρχείο BLK	429.077 KB
 Setup79.blk	14/9/2022 11:46 μμ	Αρχείο BLK	441.241 KB
 Setup80.blk	15/9/2022 12:12 πμ	Αρχείο BLK	488.286 KB
 Setup81.blk	15/9/2022 12:17 πμ	Αρχείο BLK	447.975 KB
 Setup82.blk	15/9/2022 12:22 πμ	Αρχείο BLK	420.775 KB
 Setup83.blk	15/9/2022 12:30 πμ	Αρχείο BLK	472.912 KB

# Loop Report st4-st5

**Leica Geosystems AG**  
 Heinrich Wild Strasse  
 CH-9435 Heerbrugg  
 St. Gallen, Switzerland

Phone: + 41 71 727 3131  
 Fax: + 41 71 727 4674

- when it has to be **right**



## Loops and Misclosures Report

Report created: 21/06/2022 21:00:17

---

### Project Details

<b>General</b>	<b>Customer Details</b>	<b>Master Coordinate System</b>
Project Name: diplomatiki_21_06_22_st4_st5	Customer Name: -	Coordinate System: HEPOS_EGSAB7_CSCS
Owner: Mazarakis Thodoris	Contact Person: -	Name: -
Lead Surveyor: -	Number: -	Transformation Type: Classical 3D
Date Created: 21/06/2022 20:47:15	Email: -	Residual Distribution: None
Last Accessed: 21/06/2022 20:47:15	Skype: -	Ellipsoid: GRS 80
Application: Infinity 4.0.0	Website: -	Projection Type: Transverse Mercator
Software: -	-	Geoid Model: metrica_geoid
-	-	CSCS Model: HeposGrid_Field

Path: C:\Users\n\Documents\Leica Geosystems\Infinity\Projects\diplomatiki\_21\_06\_22\_st4\_st5\diplomatiki\_21\_06\_22\_st4\_st5.iprj  
 Size: 52.5 MB  
 Comments: -

Name: 06/21/2022 20:59:24  
 Date/Time: 21/06/2022 20:59:24

Processing kernel: MOVE3 4.6.0  
  
[www.MOVE3.com](http://www.MOVE3.com)  
 © 1993-2022 Sweco Nederland B.V.  
 Licensed to Leica Geosystems AG

---

### Settings

<b>General</b>	
Dimension:	3D
Coordinate system:	WGS84
Height mode:	Ellipsoidal

<b>Testing Criteria</b>	
Level of Significance ( $\alpha$ , one-dimensional):	5.0%
Power of Test ( $1-\beta$ ):	80%
$\sigma$ a-priori:	1.0
$\sigma$ a-priori (GNSS):	10.0
Critical value W-Test:	1.96

---

### GNSS Loops

**Loop 1**

From	To	$\Delta X$ [m]	$\Delta Y$ [m]	$\Delta Z$ [m]	Epoch
20220504_1823 (04/05/2022 19:28:42)	20220504_1827 (04/05/2022 19:27:57)	-59.237	260.777	-47.554	04/05/2022 18:27:56
20220504_1827 (04/05/2022 19:27:42)	LEPE (03/05/2022 23:59:42)	1,315.016	37,832.071	-18,138.427	04/05/2022 18:28:12
LEPE (03/05/2022 23:59:42)	20220504_1823 (04/05/2022 19:28:42)	-1,255.783	-38,092.845	18,185.975	04/05/2022 18:24:12

WG584 Cartesian	X	Y	Z
<b>Misclosure</b>	-0.004 m	0.004 m	-0.006 m
<b>W-Test</b>	-0.19	0.34	-0.44

<b>Misclosure</b>	0.005 m	-0.004 m	-0.006 m
<b>W-Test</b>	0.39	-0.23	-0.34

<b>Misclosure</b>	<b>Length</b>	<b>PPM</b>	<b>Ratio</b>
0.008 m	84,477.752 m	0.1	1/10126311

**Loop 2**

From	To	$\Delta X$ [m]	$\Delta Y$ [m]	$\Delta Z$ [m]	Epoch
20220504_1823 (04/05/2022 19:28:42)	20220504_1827 (04/05/2022 19:27:57)	-59.237	260.777	-47.554	04/05/2022 18:27:56
20220504_1827 (04/05/2022 19:27:42)	ARTA (03/05/2022 23:59:42)	-18,652.892	2,382.923	20,571.683	04/05/2022 18:28:12
ARTA (03/05/2022 23:59:42)	20220504_1823 (04/05/2022 19:28:42)	18,712.130	-2,643.691	-20,524.131	04/05/2022 18:24:12

<b>WGS84 Cartesian</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>
<b>Misclosure</b>	0.002 m	0.009 m	-0.002 m
<b>W-Test</b>	0.08	0.86	-0.13

<b>Local Grid</b>	<b>Easting</b>	<b>Northing</b>	<b>Height</b>
<b>Misclosure</b>	0.008 m	-0.004 m	0.002 m
<b>W-Test</b>	0.66	-0.28	0.15

<b>Misclosure</b>	<b>Length</b>	<b>PPM</b>	<b>Ratio</b>
0.009 m	56,042.134 m	0.2	1/6054753

**Loop 3**

From	To	$\Delta X$ [m]	$\Delta Y$ [m]	$\Delta Z$ [m]	Epoch
20220504_1823 (04/05/2022 19:28:42)	20220504_1827 (04/05/2022 19:27:57)	-59.237	260.777	-47.554	04/05/2022 18:27:56
20220504_1827 (04/05/2022 19:27:42)	SPAN (03/05/2022 23:59:42)	16,030.547	-13,916.254	-11,801.131	04/05/2022 18:28:12
SPAN (03/05/2022 23:59:42)	20220504_1823 (04/05/2022 19:28:42)	-15,971.295	13,655.488	11,848.686	04/05/2022 18:24:12

<b>WGS84 Cartesian</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>
<b>Misclosure</b>	0.015 m	0.011 m	0.001 m
<b>W-Test</b>	0.60	0.71	0.04

<b>Local Grid</b>	<b>Easting</b>	<b>Northing</b>	<b>Height</b>
<b>Misclosure</b>	0.005 m	-0.010 m	0.014 m
<b>W-Test</b>	0.29	-0.49	0.64

<b>Misclosure</b>	<b>Length</b>	<b>PPM</b>	<b>Ratio</b>
0.018 m	48,683.179 m	0.4	1/2645079

# Point report infinity

## Points Code Report

Report created: 21/06/2022 21:37:18

---

### Project Details

<b>General</b>	<b>Customer Details</b>	<b>Master Coordinate System</b>
Project Name: diplomatiki_21_06_st1_st2	Customer Name: -	Coordinate System: HEPOS_EGSAB7_CSCS
Owner: mazarakis Theodoros	Contact Person: -	Name: -
Lead Surveyor: -	Number: -	Transformation Type: Classical 3D
Date Created: 21/06/2022 21:31:42	Email: -	Residual Distribution: None
Last Accessed: 21/06/2022 21:31:42	Skype: -	Ellipsoid: GRS 80
Application Software: Infinity 4.0.0	Website: -	Projection Type: Transverse Mercator
		Geoid Model: metrica_geoid
		CSCS Model: HeposGrid_Field

Path: C:\Users\n\Documents\Leica Geosystems\Infinity\Projects\diplom atiki\_21\_06\_st1\_st2\diplom atiki\_21\_06\_st1\_st2.ipr  
 Size: 52.5 MB  
 Comments: -

---

### Summary

#	Point ID	Point Role	Easting [m]	Northing [m]	Ortho. Height [m]	Ellips. Height [m]	Code	Code Group	Code Description	Code Attributes	Code Annotation	Date/Time
1	20220504_1527	Averaged	231,089.532	4,312,674.132	2.254	1.815						04/05/2022 16:43:27
2	20220504_1539	Averaged	230,923.273	4,312,281.196	1.019	0.592						04/05/2022 16:49:42
3	ARTA	Navigated RTK	239,916.105	4,338,422.476	86.514	86.287						03/05/2022 23:59:42
4	LEPE	Navigated RTK	264,209.694	4,287,768.840	193.961	193.814						03/05/2022 23:59:42
5	SPAN	Navigated RTK	210,892.646	4,297,476.433	425.038	425.119						03/05/2022 23:59:42

---

### Averaged Points Summary

Max. Distance between Average and Measurement: 0.100 m  
 Position: 0.100 m  
 Height: 0.100 m  
 Weighted Average: Yes

#	Point ID	Easting [m]	Northing [m]	Ortho. Height [m]	SD Easting [m]	SD Northing [m]	SD Height [m]	Code	Code Group	Code Attributes	Date/Time
1	20220504_1527	231,089.532	4,312,674.132	2.254	0.002	0.005	0.003	-	-	-	04/05/2022 16:43:27
	<b>Use</b>	<b>Source</b>	<b>Station</b>	<b>Date/Time</b>	<b>3D CQ [m]</b>	<b>ΔPos. [m]</b>	<b>ΔHeight [m]</b>	<b>ΔPos. &amp; Height [m]</b>	<b>Easting [m]</b>	<b>Northing [m]</b>	<b>Ortho. Height [m]</b>
	Auto	3D	ARTA	04/05/2022 16:43:12	0.005	0.051	0.050	0.072	231,089.518	4,312,674.082	2.204
	Auto	3D	LEPE	04/05/2022 16:43:12	0.004	0.039	-0.011	0.041	231,089.534	4,312,674.092	2.265
	Auto	3D	SPAN	04/05/2022 16:43:12	0.007	0.094	0.004	0.094	231,089.494	4,312,674.218	2.250
Auto	3D	20220504_1539	04/05/2022 16:43:27	0.000	0.001	0.000	0.001	231,089.532	4,312,674.132	2.255	

#	Point ID	Easting [m]	Northing [m]	Ortho. Height [m]	SD Easting [m]	SD Northing [m]	SD Height [m]	Code	Code Group	Code Attributes	Date/Time
											04/05/2022

#	Point ID	Easting [m]	Northing [m]	Ortho. Height [m]	SD Easting [m]	SD Northing [m]	SD Height [m]	Code	Code Group	Code Attributes	Date/Time
2	20220504_1539	230,923.273	4,312,281.196	1.019	0.022	0.034	0.026	-	-	-	16:49:42
	<b>Use</b>	<b>Source</b>	<b>Station</b>	<b>Date/Time</b>	<b>3D CQ [m]</b>	<b>ΔPos. [m]</b>	<b>ΔHeight [m]</b>	<b>ΔPos. &amp; Height [m]</b>	<b>Easting [m]</b>	<b>Northing [m]</b>	<b>Ortho. Height [m]</b>
	Auto	3D	ARTA	04/05/2022 16:49:42	0.004	0.040	0.056	0.068	230,923.283	4,312,281.158	0.963
	Auto	3D	LEPE	04/05/2022 16:49:42	0.004	0.032	-0.024	0.040	230,923.294	4,312,281.172	1.043
	Auto	3D	SPAN	04/05/2022 16:49:42	0.005	0.095	-0.024	0.098	230,923.220	4,312,281.275	1.043

## Reports Cyclone:

ScanWorlds

ScanWorld [agios\_dimitrios\_indoor\_outdoor\_1]

### Setup39

**Objective Function Value: 0.000193266 sq m**

**Iterations: 29**

**RMS: 0.0156318 m**

**AVG: 0.011826 m**

**MIN: 1.67716e-06 m**

**MAX: 0.0754603 m**

**Overlap Center: (-0.175, -21.815, 1.290) m**

**Error after global registration: 1.03561e-29 sq m**

**Translation: (-11.444, -18.785, -0.790) m**

**Rotation: (-0.0003, -0.0009, -1.0000):-68.580 deg**

ScanWorlds

ScanWorld [agios\_dimitrios\_indoor\_outdoor 2]

par37

**Cloud/Mesh 1 [par37 : ScanWorld [agios\_dimitrios\_indoor\_outdoor 2]]**

**Objective Function Value: 0.000122564 sq m**

**Iterations: 39**

**Overlap Point Count: 149634**

**Overlap Error Statistics**

**RMS: 0.0142893 m**

**AVG: 0.0100125 m**

**MIN: 3.51918e-07 m**

**MAX: 0.0875044 m**

**Overlap Center: (-9.736, -2.767, 0.949) m**

**Error after global registration: 3.70576e-30 sq m**

**Translation: (-22.367, -13.850, -0.568) m**

**Rotation: (0.0005, -0.0002, -1.0000):119.266 deg**

ScanWorlds

Setup23

ScanWorld [agios\_dimitrios\_indoor\_outdoor 3]

Cloud/Mesh 1 [Setup23 : ScanWorld [agios\_dimitrios\_indoor\_outdoor 3]]

**Objective Function Value: 9.40436e-05 sq m**

**Iterations: 78**

**Overlap Point Count: 111679**

**Overlap Error Statistics**

**RMS: 0.012482 m**

**AVG: 0.00878374 m**

**MIN: 2.91999e-07 m**

**MAX: 0.0492749 m**

**Overlap Center: (2.630, -7.181, 0.286) m**

**Error after global registration: 6.89522e-31 sq m**

**Translation: (15.466, -9.898, -0.411) m**

**Rotation: (0.0003, 0.0007, 1.0000):66.259 deg**

ScanWorlds

ScanWorld [agios\_dim\_paralia\_xora]

ScanWorld [anais]

Constraints

Constraint ID	ScanWorld	ScanWorld	Type	Status
Weight	Overlap Points	Error	Error Vector	HorzVert

Cloud/Mesh 1	ScanWorld [anais]	ScanWorld [agios_dim_paralia_xora]	Cloud:	
Cloud/Mesh - Cloud/Mesh	On	1.0000 2349	0.000 m	aligned [0.019 m]

Cloud/Mesh 1 [ScanWorld [anais] : ScanWorld [agios\_dim\_paralia\_xora]]

**Objective Function Value: 0.00020875 sq m**

**Iterations: 26**

**Overlap Point Count: 2349**

**Overlap Error Statistics**

**RMS: 0.0192464 m**

**AVG: 0.0136593 m**

**MIN: 1.26843e-05 m**

**MAX: 0.0702229 m**

**Overlap Center: (-33.333, -2.516, -0.418) m**

**Error after global registration: 1.05016e-26 sq m**

**Translation: (-754.226, 729.622, 18.466) m**

**Rotation: (-0.0861, -0.2606, 0.9616):-17.262 deg**

## Απόφαση αρχαιολογίας:

ΑΚΡΙΒΕΣ ΑΝΤΙΓΡΑΦΟ		Α.Δ.Α: ΨΚΦΧ4653Π4-ΑΘΑ
		Αθήνα, 24/04/2023 Α. Π.: 198139
<b>ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ</b> <b>ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ</b> <b>ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΩΝ &amp;</b> <b>ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΗΣ ΚΛΗΡΟΝΟΜΙΑΣ</b> <b>Δ/ΝΣΗ: ΒΥΖ/ΝΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑΒΥΖ/ΝΩΝ ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΩΝ</b>		
<b>ΤΜΗΜΑ: ΕΠΟΠΤΕΙΑΣ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ &amp; ΑΛΛΟΔΑΠΩΝ</b> <b>ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΩΝ ΙΔΡΥΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΥ</b> <b>ΘΕΜΑΤΩΝ ΔΙΕΘΝΩΝ ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΩΝ &amp; ΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ</b>		
<b>Ταχ. Δ/ση:</b> 3 <sup>ης</sup> Σεπτεμβρίου 42 & Πολυτεχνείου <b>Ταχ. Κώδικας:</b> 104 33	<b>ΚΟΙΝ:</b>	1) Γραφείο Υπουργού Πολιτισμού & Αθλητισμού 2) Γραφείο Γενικού Γραμματέα Πολιτισμού 3) Γενική Διεύθυνση Αρχαιοτήτων και Πολιτιστικής Κληρονομιάς 4) Εφορεία Αρχαιοτήτων Αιτωλοακαρνανίας και Λευκάδας 5) Τμήμα Γραμματείας του Κεντρικού Αρχαιολογικού Συμβουλίου 6) κ. Θεόδωρο Μαζαράκη ( <a href="mailto:ktimavonitsa@gmail.com">ktimavonitsa@gmail.com</a> )
<b>Πληροφορίες:</b> Ε. Σκουρκέα <b>Τηλέφωνο:</b> 210 52 19 404 <b>e-mail:</b> b2.dbmm@culture.gr		
<p><b>ΘΕΜΑ:</b> Έγκριση αιτήματος του κ. Θεόδωρου Μαζαράκη για τη χορήγηση άδειας παραγωγής και δημοσίευσης 3D αποτύπωσης με χρήση Laser scanner της εκκλησίας της Παναγίας Χώρας Βόνιτσας, στο πλαίσιο εκπόνησης και δημοσίευσης διπλωματικής εργασίας με θέμα "3D αποτύπωση με χρήση Laser Scanner, παραδοσιακού τμήματος της Πόλης Βόνιτσας και βυθομέτρηση του παραλιακού τμήματος του".</p>		
<b>ΑΠΟΦΑΣΗ</b>		
Έχοντας υπόψη:		
1. Το Π.Δ. 70/2015 (ΦΕΚ 114/Α' /22.9.2015) «Ανασύσταση των Υπουργείων Πολιτισμού και Αθλητισμού, Υποδομών, Μεταφορών και Δικτύων, Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων. Ανασύσταση του Υπουργείου Ναυτιλίας και Αιγαίου και μετονομασία του σε Υπουργείο Ναυτιλίας και Νησιωτικής Πολιτικής. Μετονομασία του Υπουργείου Πολιτισμού, Παιδείας και Θρησκευμάτων σε Υπουργείο Παιδείας, Έρευνας και Θρησκευμάτων, του Υπουργείου Οικονομίας, Υποδομών, Ναυτιλίας και Τουρισμού σε Υπουργείο Οικονομίας, Ανάπτυξης και Τουρισμού και του Υπουργείου Παραγωγικής Ανασυγκρότησης, Περιβάλλοντος και Ενέργειας σε Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας. Μεταφορά Γενικής Γραμματείας Βιομηχανίας στο Υπουργείο Οικονομίας, Ανάπτυξης και Τουρισμού».		
2. Το Ν. 4622/2019 (ΦΕΚ 133/Α/07.08.2019) «Επιτελικό Κράτος: οργάνωση, λειτουργία και διαφάνεια της Κυβέρνησης, των κυβερνητικών οργάνων και της κεντρικής δημόσιας διοίκησης».		
3. Το ΠΔ 83/2019 (ΦΕΚ 121/Α/9-07-2019) «Διορισμός Αντιπροέδρου της Κυβέρνησης, Υπουργών, Αναπληρωτών Υπουργών και Υφυπουργών».		
4. Το Π.Δ. 84/2019 (ΦΕΚ 123/Α' /17-07-2019) «Σύσταση και κατάργηση Γενικών Γραμματείων και Ειδικών Γραμματειών/Ενιαίων Διοικητικών Τομέων Υπουργείων».		
5. Την υπ' αριθμ. ΥΠΠΟΑ/ΥΠΟΥΡΓΟΣ/397848/12/22-07-2019 (ΦΕΚ 485/Υ.Ο.Δ.Δ./26-07-2019) Κοινή Απόφαση του Πρωθυπουργού και της Υπουργού Πολιτισμού και Αθλητισμού για το διορισμό Μετακλητού Γενικού Γραμματέα Πολιτισμού.		
6. Την Κ.Υ.Α. ΥΠΠΟ/ΓΝΟΣ/49610/28-11-90 (ΦΕΚ 743/Β/29-11-90) «Εξαιρέση από τον περιορισμό των τριών υπογραφών»		
1		