

Ο συνδυασμός γεωδαιτικών τεχνικών στις αποτυπώσεις μνημείων. Εφαρμογή στο Ρωμαϊκό Ωδείο Πάτρας

Γ. Αρχοντάκης*

Αγρονόμος και Τοπογράφος Μηχανικός Ε.Μ.Π.
Π. Γρηγορίου Ζ' 8, 73133 Χανιά

Μ. Βλάχου

Αγρονόμος και Τοπογράφος Μηχανικός Ε.Μ.Π.
Αρχ. Θεοκλίτου κ Μαξιμίλλης 1, 26222 Πάτρα

Ο. Αραμπατζή

Λέκτορας, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Ε.Μ.Π.
Ηρώων Πολυτεχνείου 9, Κτ. Λαμπαδαρίου, 15780, Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου

Β. Παγούνης

Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Τοπογραφίας, Τ.Ε.Ι. Αθήνας
Αγίου Σπυρίδωνος, 12210, Αιγάλεω

*Τηλ.: 2821043046, E-mail: g.arhontakis@hotmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ: Σε όλες τις μελέτες που σχετίζονται με την πολιτιστική κληρονομιά είναι απαραίτητη η ύπαρξη ενός λεπτομερούς γεωμετρικού υπόβαθρου σε κατάλληλη μορφή και κλίμακα. Η καταγραφή της γεωμετρικής πληροφορίας, δηλαδή του σχήματος, του μεγέθους και της θέσης του μνημείου στο χώρο αποτελεί το βασικότερο στάδιο σε μια μελέτη αξιοποίησης, συντήρησης, ανακατασκευής, αναστήλωσης και αποκατάστασης. Η σύνθετη μορφολογία ενός μνημείου, που οφείλεται τόσο στην αρχιτεκτονική του όσο και στις φθορές που προκλήθηκαν κατά τη διάρκεια της ζωής του, είναι ο βασικός λόγος που καθιστά την καταγραφή και αποτύπωσή του δύσκολη διαδικασία. Η χρήση επίγειων τρισδιάστατων σαρωτών laser αποτελεί μια εναλλακτική και καινοτόμο τεχνική στην ολοκληρωμένη γεωμετρική τεκμηρίωση μνημείων. Στόχος της εργασίας αυτής είναι να παρουσιάσει τις δυνατότητες καταγραφής και αποτύπωσης μνημείων με χρήση επίγειας τρισδιάστατης σάρωσης, με εφαρμογή στο Ρωμαϊκό Ωδείο Πατρών. Η εργασία εστιάζει στα κύρια στάδια της, από το στάδιο της συλλογής των σημείων, έως αυτό της αξιολόγησης του τρισδιάστατου μοντέλου που προέκυψε και τη σύγκρισή του με προϊόντα άλλων τεχνικών αποτύπωσης. Παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των συγκρίσεων που πραγματοποιήθηκαν, αποδεικνύοντας ότι η τρισδιάστατη σάρωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν μία ακριβής, πολύ γρήγορη και χαμηλού κόστους διαδικασία. Τέλος, γίνονται προτάσεις για περαιτέρω διερεύνηση.

Λέξεις Κλειδιά: γεωμετρική τεκμηρίωση, πολιτιστική κληρονομιά, επίγεια τρισδιάστατη σάρωση, γεωδαιτικές τεχνικές αποτύπωσης

ABSTRACT: In cultural heritage studies the existence of detailed geometric documentation in proper form and scale is necessary. The recording of geometric information, (shape, size and location of the monument) is the main stage in a study of conservation, rebuilding, and restoration. The complex morphology of a monument, due both to its architecture and the damages caused in its life, is the main reason why the documentation and surveying process becomes difficult. The use of TLS is an alternative and innovative technique that can be implemented for the geometric documentation of a monument. The purpose of this project is to present the capabilities of recording and surveying monuments using TLS, as applied to Roman Odeon of Patras. It focuses on the main stages of TLS, from the stage of data collection to the evaluation of the produced 3D model and its comparison with other

products of surveying techniques. The results of comparisons made are demonstrated showing that 3D scanning provides an accurate and rapid technique for cultural heritage documentation. Finally, suggestions are made for further investigation.

Keywords: geometric documentation, 3D model, laser scanner, monuments, surveying mapping

Ι. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η τεκμηρίωση της πολιτιστικής κληρονομιάς περιλαμβάνει την αποτύπωση, καταγραφή, μελέτη μνημείων, τοπίων εξαιρετικής παγκόσμιας αξίας από την άποψη της ιστορίας, της τέχνης και της επιστήμης που συχνά απειλούνται από τις περιβαλλοντικές συνθήκες, τη δομική αστάθεια, την αύξηση του τουρισμού και της ανάπτυξης [1]-[2]. Στην Ελλάδα, η προστασία των μνημείων είναι συνταγματικά κατοχυρωμένη, με το άρθρο 24 του Συντάγματος του 1975, το οποίο αναφέρεται στην υποχρέωση του κράτους για την προστασία του φυσικού και πολιτιστικού περιβάλλοντος [3]. Το άρθρο αυτό επιτάσσει τη λήψη όλων των αναγκαίων ειδικών μέτρων για τη διατήρηση της πολιτιστικής κληρονομιάς [4].

Υπάρχει εξάλλου ένα γενικό πλαίσιο δεοντολογίας που αφορά στις μελέτες και ενέργειες σε τεχνικό επίπεδο για την προστασία των μνημείων. Το πλαίσιο αυτό διαμορφώθηκε μέσα από μια σειρά διεθνών επιστημονικών συναντήσεων, συμποσίων και συνεδρίων όλων των συναφών επιστημονικών κλάδων, με κυριότερους σταθμούς [5]:

- Το συνέδριο της Αθήνας, 1931
- Χάρτα των Αθηνών, 1933
- Σύμβαση της Χάγης, 1954
- Συστάσεις για αρχαιολογικές ανασκαφές, Νέο Δελχί 1956
- Χάρτα της Βενετίας, 1964

- Ευρωπαϊκή Σύμβαση για την προστασία της αρχαιολογικής κληρονομιάς, 1969
- Σύμβαση για την προστασία της παγκόσμιας πολιτιστικής κληρονομιάς, Παρίσι 1972
- Διακήρυξη του Αμστερνταμ, 1975
- Σύμβαση για την προστασία της Αρχιτεκτονικής κληρονομιάς της Ευρώπης, Γρανάδα 1985
- Διεθνής Χάρτα για την προστασία των Ιστορικών πόλεων, Ουάσιγκτον 1987.

Η Ελλάδα συμμετείχε σε όλες τις παραπάνω συναντήσεις. Τα αποτελέσματα πολλών από αυτές τα έχει επικυρώσει με αντίστοιχους νόμους

Η γεωμετρική τεκμηρίωση μνημείων είναι η διαδικασία λήψης, επεξεργασίας, αρχειοθέτησης και παρουσίασης των στοιχείων για τον καθορισμό της θέσης και της υπάρχουσας μορφής, σχήματος και μεγέθους ενός μνημείου στον τρισδιάστατο χώρο σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή [6].

Στα επόμενα κεφάλαια περιγράφεται η διαδικασία που ακολουθήθηκε για τη γεωμετρική τεκμηρίωση του Ρωμαϊκού Ωδείου Πατρών. Γίνεται αναφορά στον τρόπο που έγινε η συλλογή και η επεξεργασία των δεδομένων, παρουσιάζονται τα τελικά αποτελέσματα και συνοψίζονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την εκπόνηση της συγκεκριμένης μελέτης

II. ΤΟ ΡΩΜΑΙΚΟ ΩΔΕΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

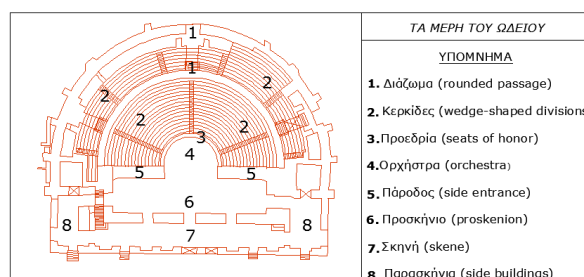
Το Ρωμαϊκό Ωδείο Πατρών βρίσκεται στα δυτικά της Ακρόπολης, στην Άνω Πόλη και περιβάλλεται από τις οδούς Παλαιών Πατρών Γερμανού, Σωτηριάδου, Παντοκράτορος και Χαραλάμπη. Πρόκειται για κτίσμα του πρώτου μισού του 2ου μ.Χ. αιώνα. Τον 3ο προς 4ο αιώνα μεγάλο μέρος του Ωδείου καταστράφηκε και ξαναήρθε στο φως το 1889 όταν ξεκίνησαν εργασίες για την επιχωμάτωση του λιμανιού της πόλης. Ξεκίνησαν αμέσως εργασίες αναστήλωσης οι οποίες ολοκληρώθηκαν το 1956 και το Ωδείο απέκτησε και πάλι την αρχική του μορφή.



Εικόνα 1 - Αεροφωτογραφία του Ρωμαϊκού Ωδείου Πατρών [7]

Το Ωδείο έχει όλα τα βασικά μέρη του θεάτρου δηλαδή κοίλο, ορχήστρα, προσκήνιο, σκηνή, παρασκήνια,

παρόδους. Η χωρητικότητα του είναι περίπου 2.200 άτομα και σήμερα χρησιμοποιείται για πολιτιστικές εκδηλώσεις. Το κοίλο του θεάτρου δεν είναι λαξευτό όπως συμβαίνει με άλλα θέατρα, ούτε στηρίζεται σε κάποιο φυσικό αντέρεισμα, έτσι για τη στήριξη του χρειάστηκε να κατασκευαστεί αναλημματικός τοίχος, ο οποίος δεν σώζεται σε όλο του το ύψος (διαφορετικό ύψος ανά τμήμα με μ.ο. τα 6m). Το ανάλημμα είναι κτισμένο με πέτρες και επενδυμένο με επάλληλες σειρές οπτόπλινθων κατά το ρωμαϊκό σύστημα *opus testaceum*, ενισχύεται δε κατά διαστήματα από ογκώδεις κτισμένους με τον ίδιο τρόπο πεσσούς. Το ίδιο οικοδομικό σύστημα συναντάται και στον τοίχο της πρόσοψης, καθώς και στα χωρίσματα της σκηνής και των παρασκηνίων. Αξίζει να σημειωθεί ότι στον περιβάλλοντα χώρο του Ωδείου βρίσκονται δύο μεγάλα ψηφιδωτά δαπέδου, αρχαιολογικά ευρήματα καθώς και σαρκοφάγοι [8].



Εικόνα 2 - Τα μέρη του Ρωμαϊκού Ωδείου

III. ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Η αποτύπωση του Ωδείου πραγματοποιήθηκε με επίγειες γεωδαιτικές μεθόδους. Συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκαν η μέθοδος των πολικών συντεταγμένων, μέθοδος που εφαρμόζεται όταν είναι δυνατή η άμεση μέτρηση του μήκους προς το σκοπευόμενο σημείο είτε αυτό είναι προσιτό είτε όχι (reflector/less), καθώς και η τρισδιάστατη σάρωση με laser.

Οι επίγειοι σαρωτές laser είναι όργανα ενεργής απεικόνισης τα οποία υπολογίζουν σε πραγματικό χρόνο τις τρισδιάστατες συντεταγμένες του αντικειμένου που αποτυπώνεται. Το προϊόν που παράγεται είναι νέφος σημείων με συντεταγμένες x, y, z που αναφέρονται στο σύστημα αναφοράς της σάρωσης καθώς και η ένταση της επιστρεφόμενης laser ακτινοβολίας (ανακλαστικότητα) [9].

Τα βασικά πλεονεκτήματα της τρισδιάστατης σάρωσης συνοψίζονται παρακάτω [10]:

- Άμεση, γρήγορη και λεπτομερής αποτύπωση της γεωμετρίας του αντικειμένου στις τρεις διαστάσεις χωρίς επιπλέον κόπο ή χρόνο εργασίας.
- Σημαντική μείωση του κόστους και του χρόνου ολοκλήρωσης της εργασίας.
- Δυνατότητα να αποτυπωθούν με μεγάλη λεπτομέρεια πολύπλοκα και απρόσιτα

μήματα του προς αποτύπωση αντικείμενου, καθώς και περιοχές όπου οι παραδοσιακές τεχνικές αποτυγχάνουν.

- Συλλογή δεδομένων και κάτω από συνθήκες χαμηλού φωτισμού ή και κατά τη διάρκεια της νύχτας χωρίς φωτισμό.
- Συνδυάζεται τόσο η ακρίβεια όσο και η πληρότητα και συνέχεια της αποτύπωσης. Έτσι, ο χρήστης δεν χρειάζεται να επανέρχεται στο πεδίο αν κάποιο νέο στοιχείο του χρειαστεί. Το γεγονός αυτό αυξάνει και την εμπιστοσύνη του χρήστη στα αποτελέσματα.
- Πολλαπλή χρήση των δεδομένων, τόσο άμεσα, όσο και στο μέλλον

Στο πλαίσιο της γεωδαιτικής αποτύπωσης, ιδρύθηκε δίκτυο οριζοντίου και κατακόρυφου ελέγχου εννέα (9) κορυφών το οποίο εξαρτήθηκε από το κρατικό σύστημα αναφοράς (ΕΓΣΑ'87) με χρήση δορυφορικών μεθόδων. Στις αποτυπώσεις μνημείων συνήθως χρησιμοποιείται αυθαίρετο σύστημα αναφοράς για την αποφυγή παραμορφώσεων [11], στην περίπτωση όμως της εργασίας επιλέχθηκε το ΕΓΣΑ'87 διότι ο συντελεστής παραμόρφωσης για την περιοχή της Πάτρας προσεγγίζει τη μονάδα ($k=1.00008$) αλλά και οι διαστάσεις του Ωδείου ήταν μικρότερες των 100m και έτσι δεν παρατηρήθηκαν παραμορφώσεις τόσο στα μήκη όσο και στις γωνίες.

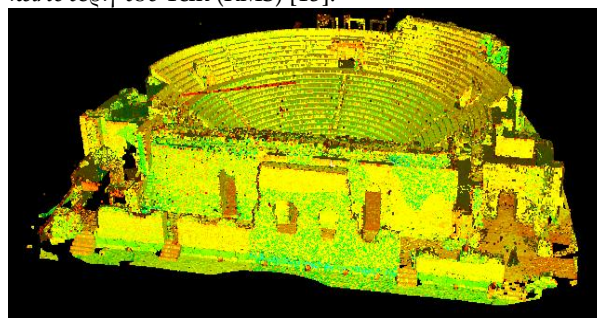
Για τη συλλογή των δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν ο γεωδαιτικός σταθμός TCR 1202, ο επίγειος τρισδιάστατος σαρωτής ScanStation 2 και ο δορυφορικός δέκτης GNSS 1200 με τα παρελκόμενά τους της Leica Geosystems [12].

Το τελικό τρισδιάστατο μοντέλο προέκυψε από την συνένωση 30 επιμέρους σαρώσεων, οι οποίες πραγματοποιήθηκαν από 21 στάσεις. Αποτυπώθηκαν συνολικά περισσότερα από 1.000.000.000 σημεία με βήμα σάρωσης 5mm [13]. Όλες οι αποστάσεις σαρωτή – αντικείμενου δεν ξεπέρασαν τα 40m, βρίσκονται δηλαδή εντός των ορίων όπου η δέσμη του laser του σαρωτή έχει την ελάχιστη διάμετρο για την επίτευξη της καλύτερης δυνατής ακρίβειας [14]. Η συνένωση των επιμέρους σαρώσεων πραγματοποιήθηκε με την άμεση γεωαναφορά με τη χρήση ειδικών σφαιρικών στόχων (Cyrax sphere target).



Εικόνα 3 - Σχετική θέση οργάνου και σφαίρας

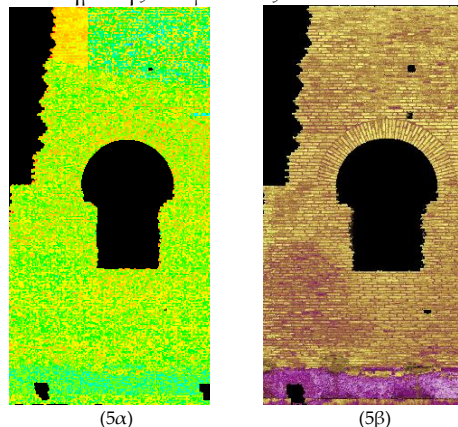
Το τρισδιάστατο μοντέλο προέκυψε με ακρίβεια καλύτερη του 1cm (RMS) [15].



Εικόνα 4 - Τελικό 3D μοντέλο χωρίς «θόρυβο»

IV. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

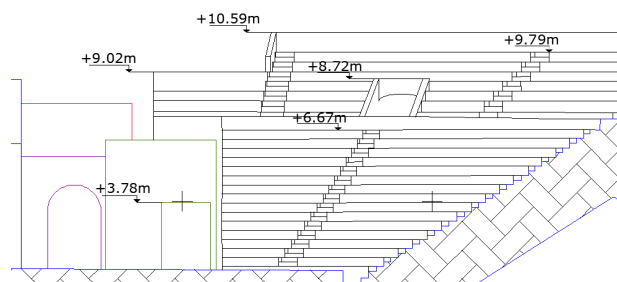
Η επεξεργασία του τρισδιάστατου μοντέλου περιελάμβανε την ημιαυτόματη (επιλογή των σημείων από το μηχανικό και απομάκρυνση τους από το λογισμικό) απομάκρυνση του θορύβου (περιττή πληροφορία και εσφαλμένα σημεία), τη δημιουργία επιφανειών (tin mesh) και την τελική μοντελοποίηση τους. Στις παρακάτω εικόνες φαίνεται ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα γεωαναφερμένου νέφους σημείων και της αντίστοιχης μοντελοποιημένης επιφάνειάς του.



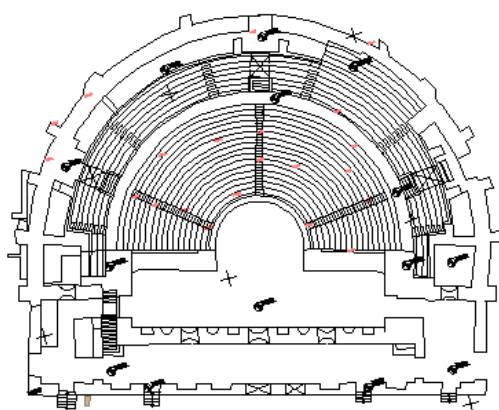
Εικόνα 5 - Point cloud πριν (5α) και μετά (5β) την εφαρμογή του mesh

Επίσης με τη χρήση του CloudWorx δημιουργήθηκαν σε περιβάλλον CAD λεπτομερή διαγράμματα από το νέφος σημείων το οποίο είχε κατάλληλα προσανατολιστεί [16]-[17]. Σχεδιάστηκαν:

- Κάτοψη σε κλίμακα 1:100
- Κατακόρυφες τομές σε κλίμακα 1:100
- Όψεις σε κλίμακα 1:50

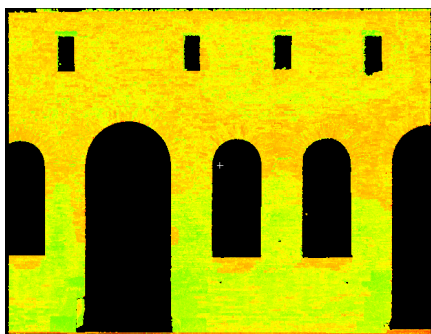


Εικόνα 6 - Απόσπασμα της κεντρικής κατακόρυφης τομής του Ωδείου



Εικόνα 7 - Κάτοψη του Ωδείου

Τέλος δημιουργήθηκε ορθοεικόνα (image texture map) από το 3D μοντέλο του Ωδείου με τη χρήση εξωτερικών ψηφιακών φωτογραφιών υψηλής ανάλυσης.



(8α)



(8β)

Εικόνα 8 - Point cloud πριν (8α) και μετά (8β) την εφαρμογή του Texture Map

Από το 3D μοντέλο, μέσω του λογισμικού Cyclone, δημιουργήθηκαν και δύο φωτορεαλιστικά videos για την περιήγηση τόσο στο εσωτερικό όσο και στο εξωτερικό μέρος του Ωδείου.

Παράλληλα με την τρισδιάστατη σάρωση πραγματοποιήθηκαν γεωδαιτικές μετρήσεις σημείων ελέγχου ώστε να προσδιοριστεί η εξωτερική ακρίβεια του 3D μοντέλου [17]. Μετρήθηκε ικανοποιητικός αριθμός χαρακτηριστικών σημείων (περισσότερα από 50) σε όλη την έκταση του Ωδείου και οι διαφορές τους με αυτές του μοντέλου δεν ξεπερνούσαν τα 12mm.

V. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η παρουσίαση μιας εναλλακτικής μεθοδολογίας αποτύπωσης αρχαιολογικών χώρων σε σχέση με τις κλασικές επίγειες τοπογραφικές και φωτογραμμετρικές μεθόδους.

Η εφαρμογή που παρουσιάστηκε, έδειξε ότι η επίγεια τρισδιάστατη σάρωση laser είναι μια αξιόπιστη τεχνική για την ολοκληρωμένη αποτύπωση των μνημείων της πολιτιστικής κληρονομιάς, που επιτρέπει τη γνώση της ορθής τους γεωμετρίας, ανεξάρτητα από την προσβασιμότητα ή/και την πολυπλοκότητα τους.

Η δυνατότητα της απόκτησης με εύκολο και οικονομικό σχετικά τρόπο πυκνής γεωμετρικής πληροφορίας μέσω των επίγειων τρισδιάστατων σαρωτών, επιτρέπει την ανάλυση με τη χρήση ενός αριθμού διαφορετικών προσεγγίσεων μοντελοποίησης. Η ευκολία και οικονομικότητα έγκειται στην ομοιότητα της μεθοδολογίας με επίγειες τοπογραφικές μεθόδους αποτύπωσης (reflectless total station κα) στις οποίες οι τοπογράφοι μηχανικοί είναι εξοικειωμένοι καθώς και στο στάδιο της επεξεργασίας όπου δεν απαιτείται υψηλή εξειδίκευση [18]. Υπάρχουν ακόμη αρκετές δυσκολίες, σχετικές με τη διαχείριση του πολύ μεγάλου όγκου πληροφορίας που παράγεται. Τα αρχεία (νέφη σημείων) είναι πολύ μεγάλα σε μέγεθος και απαιτούν τη μέγιστη υπολογιστική ισχύ του υπολογιστή στον οποίον πρόκειται να επεξεργαστούν. Μελλοντική

ανάπτυξη τόσο του hardware (μνήμη RAM και ταχύτητα ανάγνωσης δεδομένων στα αποθηκευτικά μέσα των Η-Υ) όσο και του software (αλγόριθμοι δημιουργίας επιφανειών, αλγόριθμοι απόδοσης φωτογραφικής υψής) που χρησιμοποιείται, αναμένεται να φέρουν σημαντικές βελτιώσεις στην επεξεργασία των δεδομένων από τους σαρωτές, καθιστώντας έτσι την τεχνική αυτή ένα σημαντικό εργαλείο στον τομέα της γεωμετρικής τεκμηρίωσης μνημείων. Μελλοντικό ερευνητικό ενδιαφέρον για την ολοκληρωμένη τεκμηρίωση της πολιτιστικής κληρονομιάς παρουσιάζει η ανακλαστικότητα (intensity) των υλικών με στόχο την πληρέστερη μελέτη συντήρησης των μνημείων.

Οι συνδυασμένες γεωδαιτικές τεχνικές είναι ικανές να προσφέρουν υψηλής ποιότητας πληροφορία στους εξειδικευμένους στη μελέτη των μνημείων επιστήμονες, αλλά πρέπει και ιδιαίτερος να τονιστεί η δυνατότητα που δίνει η ψηφιακή καταγραφή των μνημείων και των συνόλων πολιτιστικής κληρονομιάς ώστε να διευκολύνεται η προσβασιμότητα τους από το ευρύτερο κοινό, μέσω του Διαδικτύου.

V. ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Οι συγγραφείς ευχαριστούν το προσωπικό της ΣΤ' Εφορείας Προϊστορικών και Κλασικών Αρχαιοτήτων, Υπουργείο Πολιτισμού και ιδιαίτερα την προϊσταμένη κ. Ερωφίλη Κόλλια.

VI. ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- [1] Arabatzi O., Pagounis V., Tsakiri M.: «Experiences from Cultural Heritage Documentation Using Modern Geodetic Techniques -Monuments at the Acropolis of Athens» FIG Working Week 2011: Bridging the Gap between Cultures, Marrakech, Morocco, 18-22 May 2011, TS06E – Laser Scanners II, 4992
- [2] «3D Laser Scanning for Heritage. Advice and guidance to users on laser scanning in archaeology and architecture» English Heritage, 2007
- [3] Σύνταγμα της Ελλάδας της 7ης Ιουνίου 1975 – ΦΕΚ 111/Α/9.6.1975 – Ε' Αναθεωρητική Βουλή των Ελλήνων
- [4] Μακρής Γ.Ν. 1999, «Σύγχρονες Αντιλήψεις και Πρακτικές Γεωμετρικής Τεκμηρίωσης- Αποτύπωσης Κειμηλίων Μνημείων και Συνόλων», Τομέας Τοπογραφίας, Σ.Α.Τ.Μ., Ε.Μ.Π., Αθήνα
- [5] Λάββας Γ., 1984, «Προστασία Μνημείων και Συνόλων-Βασικές έννοιες, ιδεολογία και μεθοδολογία», Τεύχος 1, Τμήμα Αρχιτεκτόνων, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη
- [6] Γεωργόπουλος Α., Μπαλοδήμος Δ. : «Σύγχρονες Τεχνολογίες στη Γεωμετρική Τεκμηρίωση Μνημείων» - Παρουσίαση για τα 170 χρόνια του Πολυτεχνείου Ε.Μ.Π. – Δεκέμβριος 2007
- [7] Επίσημη ιστοσελίδα του Μ.Κ. Σωματείου Διάζωμα <http://www.diazoma.gr>, Αρχαία Θέατρα
- [8] Γατοπούλου Ε., 1976, «Αρχαίο Ωδείο Πατρών», Μελέτη – Πάτρα
- [9] Boehler W., Marbs A.: «3D Scanning Instruments», CIPA WG 6 International Workshop on Scanning for Cultural Heritage Recording, September, 1-2, 2002 Corfu, Greece
- [10] Reshetyuk Y., 2009, «Self-calibration and direct georeferencing in terrestrial laser scanning», Doctoral thesis in Infrastructure, Geodesy, Royal Institute of Technology (KTH), Department of Transport and Economics Division of Geodesy 100 44 Stockholm

- [11] Pagounis V., Arabatzi, O., Tsakiri, M., Tsini, D.: «Geodetic technology for cultural heritage monitoring - the case study of Klepsydra at the Acropolis of Athens», 8th International Symposium on the Conservation of Monuments in the Mediterranean Basin, Patra, Greece, 2010
- [12] Επίσημη ιστοσελίδα της εταιρείας Leica Geosystems www.leica-geosystems.com
- [13] Αρχοντάκης Γ., «Γεωμετρική Τεκμηρίωση Ρωμαϊκού Ωδείου Πατρών-Δημιουργία 3D Μοντέλου», Σ.Α.Τ.Μ., Ε.Μ.Π., Αθήνα 2012
- [14] Schulz T., 2007, «Calibration of a Terrestrial Laser Scanner for Engineering Geodesy», a dissertation submitted to ETH ZURICH for the degree of Doctor of Sciences
- [15] Πορτελάνος Α., «Αποτυπώσεις Αρχαιολογικών Χώρων μνημείων και συνόλων. Συμβολή στην μελέτη της παθολογίας των κτηρίων. Διαχρονική Παρακολούθηση», Συνέδριο Σύγχρονων μεθόδων αποτύπωσης και τεκμηρίωσης μνημείων αρχαιολογικών χώρων, Θεσσαλονίκη Άγιο Όρος, 29/9-3/10 1986, σελ.: 55-86
- [16] Βλάχος Δ., 1987, «Τοπογραφία – Τόμος Β'», ΕΚΔΟΣΕΙΣ Θεσσαλονίκη
- [17] Βλάχου Μ., «Γεωμετρική Τεκμηρίωση Ρωμαϊκού Ωδείου Πατρών - Τοπογραφική Αποτύπωση - Αποτύπωση Ψηφιδωτού», Σ.Α.Τ.Μ., Ε.Μ.Π., Αθήνα 2012
- [18] Επίσημη ιστοσελίδα του περιοδικού American Surveyor, <http://www.amerisurv.com>, Laser Scanning vs Digital Photogrammetry, ADAM Technology, 2008

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ

Γεώργιος Ι. Αρχοντάκης

Αγρονόμος & Τοπογράφος Μηχανικός Ε.Μ.Π.

Π. Γρηγορίου Ζ' 8, 73133 Χανιά

Τηλ.:2821043046

e-mail: g.arhontakis@hotmail.com

Χωρογραφίες/ Τόμος 3/ Αρ1/ 2012 – σελ 1-5