

Η χρήση σύγχρονων τοπογραφικών μεθόδων σαν εργαλείο αποκατάστασης του ιστορικού διατηρητέου μνημείου του Τουρκικού Υδραγωγείου Σερρών

Ιωάννης Τσολακίδης*

Αγρονόμος & Τοπογράφος Μηχανικός ΑΠΘ, MSc, PhD
62121, Σέρρες, Ελλάδα

Γεώργιος Τσακανιάς

Πολιτικός Μηχανικός ΤΕ, MSc
62100, Σέρρες, Ελλάδα

*Τηλ.: 2321051702, E-mail: tsolakidisioannis@gmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ: Αντικείμενο της παρούσας εργασίας αποτελεί η τεκμηρίωση με σύγχρονες τοπογραφικές μεθόδους, ενός ιδιαίτερα σημαντικού μνημείου της πόλης των Σερρών, που προέρχεται από την οθωμανική περίοδο της και που είναι το Τουρκικό Υδραγωγείο, στην περιοχή της συνοικίας του Αγίου Παντελεήμονα βόρεια της πόλης των Σερρών. Για την τοπογραφική αποτύπωση του μνημείου συνδυάστηκαν μέθοδοι επίγεια τοπογραφίας και ψηφιακής φωτογραμμετρίας ώστε να παραχθούν τελικά σχέδια των όψεων του καθώς και το τρισδιάστατο μοντέλο του. Η ανάγκη για λεπτομερή σχέδια αποτυπώσεων στις μελέτες αποκατάστασης τέτοιων μνημείων είναι εκ των ων ουκ άνευ, λόγω της σημαντικής πληροφορίας, τόσο σε ποιότητα όσο και σε ακρίβεια, που προσφέρουν στους ειδικούς των αποκαταστάσεων, βοηθώντας στην επιλογή της κατάλληλης μεθόδου αντιμετώπισης των προβλημάτων του μνημείου.

Λέξεις Κλειδιά: Υδατογέφυρα, μνημείο, UAV, ψηφιακή φωτογραμμετρία, τοπογραφία

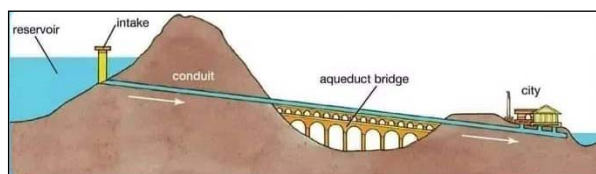
ABSTRACT: The aim of this paper is the use of modern topographical methods in the documentation of a very important monument in the city of Serres, which originates from the Ottoman period and which is the Turkish Aqueduct, in the area of Agios Panteleimonas at the northern boundaries of the city. For the documentation of the monument, terrestrial topography and digital photogrammetry methods were used in combination in order to produce final drawings of the monument facades, as well as its three-dimensional model. The need for detail drawing in the restoration studies of such monuments is inevitable, due to the quality and accuracy of information that they offer to the preservationists, helping them to choose the appropriate restoration method.

Keywords: Aqueduct, monument, UAV, digital photogrammetry, topography

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι Ρωμαίοι αρχικά και στη συνέχεια οι Βυζαντινοί εκτός από τις τοξωτές γέφυρες, κατασκεύαζαν αργότερα τις υδατογέφυρες (ή υδρογέφυρες ή υδαταγωγός γέφυρα)[1]. Πρόκειται για πέτρινα τοξοτά γεφύρια που αποτελούσαν το υπόβαθρο πάνω στο οποίο εδράζονταν το λίθινο κανάλι που ξεκινούσε συνήθως από κάποια πηγή, υδατοσυλλογή ή υδρομάστευση και μετέφερε το νερό με τη βοήθεια της βαρύτητας εκεί όπου υπήρχε ανάγκη (υδροδότηση

οικισμών, χωραφιών κτλ) (εικόνα 1). Οι Ρωμαίοι κληρονόμησαν αυτές τις τεχνικές δεξιότητες, από τους Ετρούσκους και τους Έλληνες[2]. Στο ελλαδικό χώρο συναντώνται σε πολλές περιοχές απομεινάρια τοξωτών υδατογεφυρών (π.χ. υδατογέφυρα Μπόγιαλι στο Παρνανέστι Δράμας) ή σε άλλες περιπτώσεις διατηρημένες σε καλή κατάσταση (π.χ. υδατογέφυρα της Καβάλας). Αναλόγως της περιόδου και των αρχιτεκτονικών και δομικών στοιχείων κατασκευής τους διακρίνονται σε Ρωμαϊκές, Βυζαντινές, Τουρκικές, Ενετικές ακόμη και Αιγυπτιακές (π.χ. υδατογέφυρα στο Καρυδάκι, περιοχή Φορτέτσας Ηρακλείου Κρήτης).



Εικόνα 1 – Σχηματική αναπαράσταση Ρωμαϊκού συστήματος υδροδότησης, με τη χρήση υδρογέφυρας (πηγή: internet-Britannica 2006)

Στην περιοχή της πόλης των Σερρών, πλησίον της οδού Παπαπαύλου 109, στο λόφο που επί της Οθωμανικής περιόδου αποκαλούνταν “Μουσαλλά Τεπέ” υφίσταται Υδραγωγείο εκείνης της περιόδου (εικόνα 2). Έχει κριθεί ιστορικό διατηρητέο μνημείο με δύο υπουργικές αποφάσεις, πρώτα με την ΥΑ 15813/19-12-1961 ΦΕΚ 36/Β/3-2-1962 και στη συνέχεια πάλι με απόφαση του Υπουργείου Περιβάλλοντος ΥΑ ΥΠΠΕ/ΑΡΧ/Β1/Φ37/57030/1272 π.ε./10-2-1984 ΦΕΚ 12/Β/2-3-1984. Το διώροφο υδραγωγείο είναι χτισμένο από αργολιθοδομή και τούβλα (εικόνες 3-4). Το συγκεκριμένο σύστημα πιθανολογείται ότι κατασκευάστηκε από τον Χαϊρεττίν Πασά για τις ανάγκες υδροδότησης του συγκροτήματος του Εσκή Τζαμιού που βρισκόταν στην οθωμανική αγορά των Σερρών, απέναντι από το σημερινό Αρχαιολογικό Μουσείο (Μπεζεστένι)[3]. Το συγκεκριμένο τέμενος κατεδαφίστηκε το 1937[4]. Ως γνωστόν στην αυλή του τεμένους υπήρχε οκτάκρουνη μαρμαρίνη βρύση. Αυτούσια αρχιτεκτονικά μέλη (spolia) του τεμένους βρίσκονται σήμερα εντοιχισμένα στο ελληνορθόδοξο ναύδριο του Αγίου Συμεών.

Το χαρακτηριστικό αυτής της υδρογέφυρας είναι ότι τα τόξα της είναι κτισμένα επάνω σε δύο διαζώματα. Στο πρώτο, που εφάπτεται του εδάφους, στηρίζονται τρεις καμάρες, ενώ στο δεύτερο, πέντε καμάρες. Στο επάνω μέρος των καμαρών, δύσκολα διακρίνεται πλέον το πέτρινο αυλάκι που υπήρχε, λόγω της φθοράς που έχει επιφέρει ο χρόνος και οι εξωτερικές συνθήκες στις οποίες είναι εκτεθειμένο το μνημείο. Οι κάτοικοι της περιοχής μεριμνούν με τα μέσα που διαθέτουν, για τη φροντίδα του περιβάλλοντος χώρου του μνημείου. Το συνολικό μήκος είναι 16,50 μ. και το ύψος 8,50 μ., ενώ το πλάτος του καταστρώματος από όπου περνάει το αυλάκι είναι 70 εκ. (εικόνες 3-4).



Εικόνα 2 – Δορυφορική εικόνα προσανατολισμού της θέσης του μνημείου (το κόκκινο βέλος δείχνει τη θέση του μνημείου)(πηγή: Google Maps)



Εικόνα 3 – Παλαιότερη φωτογραφία της υδρογέφυρας στο λόφο Μουσαλλά Τεπέ στα δυτικά της περιοχής το Αγίου Παντελεήμονα[2]



Εικόνα 4 – Σύγχρονη φωτογραφία της υδρογέφυρας (2021), όπου παρατηρείται η έντονη αναρριχώμενη βλάστηση και εγκατάλειψη της ευρύτερης περιοχής του μνημείου

Η γεωμετρική τεκμηρίωση μνημείων και αρχαιολογικών χώρων με τη χρήση φωτογραμμετρικών μεθόδων έχει αυξηθεί τα τελευταία χρόνια, λόγω της μείωσης του κόστους απόκτησης εξοπλισμού (UAV), της μεγαλύτερης εξοικείωσης του κόσμου με την τεχνολογία αυτή, της χρήσης ελεύθερου λογισμικού για την επεξεργασία των εικόνων, της σημαντικής μείωσης του χρόνου που απαιτείται στο πεδίο κ.α. Στη διεθνή βιβλιογραφία πολλοί ερευνητές έχουν χρησιμοποιήσει αντίστοιχες μεθόδους αποτύπωσης ιστορικών τοξωτών γεφυριών. Οι Barazzetti et al[5], χρησιμοποίησαν μεθόδους φωτογραμμετρίας σε συνδυασμό με σαρωτή λέιζερ (laser scanner) προκειμένου να παρακολουθήσουν και να μοντελοποιήσουν τις κατακόρυφες μικρομετακινήσεις μιας μεσαιωνικής γέφυρας. Οι Prates et al[6], με τη χρήση στέρεο-φωτογραμμετρίας και της τεχνικής SfM (Structure from Motion) κατασκεύασαν το τρισδιάστατο μοντέλο παλιάς γέφυρας και με την εισαγωγή της σε ένα Πληροφορικό Σύστημα Κτηρίων (Building Information Model), ανέλυσαν τα υλικά της, ενώ μπόρεσαν να κάνουν και ακριβείς μετρήσεις επάνω σε αυτή. Οι Pepe et al[7], με τη χρήση UAV και τεχνικών φωτογραμμετρίας, κατασκεύασαν το τρισδιάστατο μοντέλο Ρωμαϊκής γέφυρας και το εισήγαγαν σε ειδικό λογισμικό ώστε να προχωρήσουν σε δομική ανάλυση του σκελετού της. Τέλος ο Pavelka K[8], με τη χρήση επίγειας φωτογραμμετρίας και τοπογραφικών μετρήσεων, παρήγαγε αναλυτικά σχέδια των συνδέσμων της γέφυρας Dalal, τα οποία αποτέλεσαν τη βάση για την αναστήλωση της.

Κατά αντίστοιχο τρόπο με τους παραπάνω ερευνητές, η συγκεκριμένη εργασία πραγματεύεται τη γεωμετρική τεκμηρίωση, με φωτογραμμετρικές και τοπογραφικές μεθόδους, του μνημείου του Οθωμανικού Υδραγωγείου στην περιοχή του Αγίου Παντελεήμονα, της πόλης των Σερρών και πιο συγκεκριμένα το τμήμα της υδρογέφυρας που έχει απομείνει, από το σύνολο του συστήματος του υδραγωγείου. Αποτέλεσμα της εργασίας είναι αναλυτικά σχέδια των όψεων της υδρογέφυρας και το τρισδιάστατο μοντέλο του μνημείου, στοιχεία που θα αποτελέσουν τη βάση για τις εργασίες συντήρησης και αναστήλωσης του.

II. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Οι μέθοδοι που εφαρμόστηκαν στη συγκεκριμένη εργασία είναι ο συνδυασμός επίγειας τοπογραφίας και ψηφιακής φωτογραμμετρίας με τη χρήση μη επανδρωμένου οχήματος (UAV). Για τις ανάγκες της τοπογραφικής και φωτογραμμετρικής αποτύπωσης στο πεδίο, χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω όργανα/εξοπλισμός:

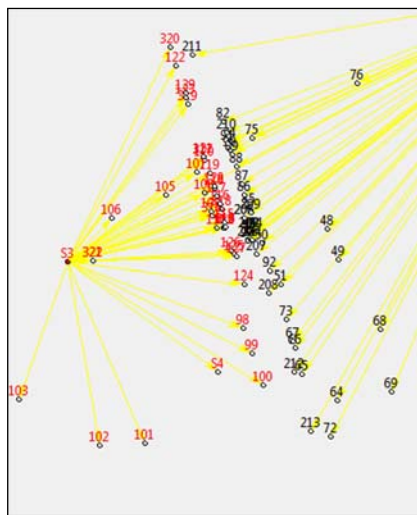
1) Γεωδαιτικός σταθμός της εταιρείας Topcon για τις τοπογραφικές/κτηματογραφικές μετρήσεις στην ευρύτερη περιοχή του μνημείου καθώς και τις

μετρήσεις φωτοσταθερών επάνω στην όψη της υδρογέφυρας (μοντέλο GPT-3100N)

2) Ένας GNSS/GPS δέκτης της εταιρείας STONEX (μοντέλο S9), σε κατάσταση Real Time Kinematic, όπου λάμβανε τις διορθώσεις θέσης σε πραγματικό χρόνο από δίκτυο μόνιμων σταθμών, για τις μετρήσεις των σημείων εξάρτησης της τοπογραφικής οδούσης και της ένταξης του διαγράμματος στο σύστημα Ε.Γ.Σ.Α 87

3) το Drone της DJI (μοντέλο MAVIC AIR2-FC3170) για τις αεροφωτογραφήσεις του μνημείου.

Στο πρώτο κομμάτι της εργασίας, υλοποιήθηκε η επίγεια τοπογραφική αποτύπωση, τόσο του μνημείου, όσο και της ευρύτερης περιοχής (εικόνα 5).



Εικόνα 5 – Σημεία τοπογραφικής αποτύπωσης της υδρογέφυρας από τις εργασίες πεδίου

Σημειώνεται ότι το μνημείο γειτνιάζει με τον αστικό ιστό της πόλης. Για την τοπογραφική αποτύπωση υλοποιήθηκε μια ανοιχτή εξαρτημένη στο ένα άκρο οδούση, ενώ τα σημεία εξάρτησης προσδιορίστηκαν με τον GNSS/GPS δέκτη και αποδόθηκαν συντεταγμένες στο σύστημα Ε.Γ.Σ.Α. '87. Στη συνέχεια ακολούθησε η ταχυμετρική αποτύπωση, με τη χρήση γεωδαιτικού σταθμού. Κατά την τοπογραφική αποτύπωση ελήφθησαν επιπλέον χαρακτηριστικά σημεία στην όψη του μνημείου (επίγεια σημεία ελέγχου-GCP's) τα οποία χρησιμεύουν για την γεωαναφορά του μοντέλου.

Επόμενο στάδιο ήταν η αεροφωτογράφιση του μνημείου με τρόπο ώστε να μπορεί να επεξεργαστεί φωτογραμμετρικά, διατηρώντας δηλαδή ικανό ποσοστό αλληλεπικάλυψης, μεταξύ των λήψεων τόσο πλάγια όσο και παράλληλα στις γραμμές πτήσης. Αρχικά το μη επανδρωμένο όχημα (UAV) κατακορυφώθηκε επάνω από το μνημείο ξεκινώντας τις λήψεις των επικαλυπτόμενων αεροφωτογραφιών με σκοπό την κάλυψη του άνω τμήματος, δηλαδή του λίθινου καναλιού όπου μεταφέρονταν το νερό. Για το άνω τμήμα του μνημείου έγινε ειδική επεξεργασία ώστε να παραχθεί αντίστοιχος ορθοφωτοχάρτης, η οποία περιγράφεται στη συνέχεια. Αφού καλύφθηκε η άνω πλευρά και με κατεύθυνση βορρά-νότου υλοποιήθηκαν οι γραμμές πτήσεις του UAV, από

επάνω προς τα κάτω καλύπτοντας έτσι όλη την κύρια όψη του μνημείου. Η απόσταση μεταξύ των λήψεων (και κατά συνέπεια το βήμα του διαστήματος λήψης) των αεροφωτογραφιών οριζόνταν από το χειριστήριο και όχι με αυτόματο τρόπο (δημιουργία σχεδίου πτήσης), λόγω του ανάγλυφου και των ιδιοτήτων της περιοχής (εικόνα 6).



Εικόνα 6 – Διαδικασία αεροφωτογράφισης του μνημείου με το UAV

Ακολούθησε η αντίστοιχη αεροφωτογράφιση της πίσω όψης του μνημείου. Και στις δύο όψεις η παρουσία της βλάστησης ήταν έντονη. Συνολικά απαιτήθηκαν δύο εργάσιμες ημέρες για τις λήψεις των δύο όψεων του μνημείου. Γενικότερα, σε εργασίες αποτυπώσεων θα πρέπει να προηγείται σχολαστικός καθαρισμός της βλάστησης της περιοχής προς αποτύπωση, πριν την έναρξη των εργασιών.

Τα συνολικά στοιχεία των δύο μεθόδων παρουσιάζονται στους πίνακες 1-2.

Πίνακας 1 – Στατιστικά στοιχεία των μεθόδων (τοπογραφική-φωτογραμμετρική) που χρησιμοποιήθηκαν για τις μετρήσεις στο πεδίο

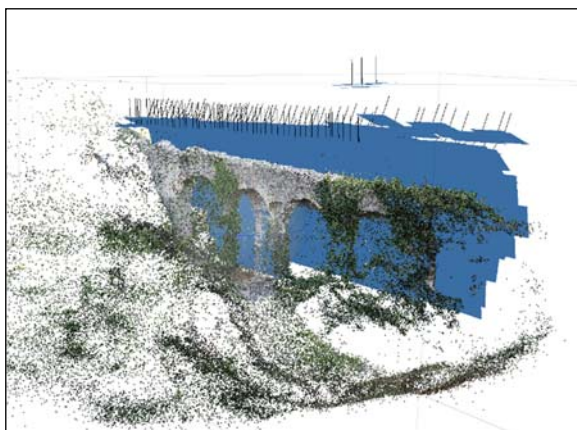
ΜΕΘΟΔΟΙ	ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΗ	ΦΩΤΟΓΡ/ΚΗ
ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ		
ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΜΕΙΩΝ	159 ταχυμετρικά σημεία 4 στάσεις οδούσης 2 σημεία εξάρτησης	-
ΑΡΙΘΜΟΣ ΦΩΤ/ΦΙΩΝ	-	900
ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΠΕΔΙΟΥ	3h	2,5-3h
ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΓΡΑΦΕΙΟΥ	1,5h	5-6h
ΣΥΝΕΡΓΕΙΟ ΑΤΟΜΩΝ	4	2

Πίνακας 2 – Τεχνικά στοιχεία του αισθητήρα του UAV(DJI MAVIC AIR2) που χρησιμοποιήθηκαν στις λήψεις των φωτογραφιών

Sensor	1/2CMOS
Focal length	4.5
F-stop	F/2.8
ISO	200
Shutter	1/100
35mm focal	24

III. ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΕΤΡΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΑΕΡΟΦΩΤΟΓΡΑΦΙΩΝ

Η επεξεργασία των τοπογραφικών μετρήσεων (επίλυση όδευσης και υπολογισμός σημείων ταχυμετρίας) υλοποιήθηκε στο δωρεάν λογισμικό Geoeasy 3.2.1[9]. Για τη φωτογραμμετρική επεξεργασία των αεροφωτογραφιών, χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Metashape Agisoft, ενώ για τη διαχείριση του νέφους σημείων και τελική παραγωγή όψεων, χρησιμοποιήθηκε επικουρικά και το λογισμικό Pointcab. Τα βήματα που ακολουθήθηκαν ήταν αρχικά η εισαγωγή των αεροφωτογραφιών στο λογισμικό και ο προσδιορισμός του εσωτερικού προσανατολισμού (aligning photos) και της δημιουργίας (αραιού) νέφους σημείων (εικόνα 7). Στη συνέχεια υπολογίστηκαν οι θέσεις των σημείων διασύνδεσης (tie points) μεταξύ των αεροφωτογραφιών, οι χάρτες βάθους (depth maps) και βάσει αυτών των στοιχείων, κατασκευάστηκαν τα πυκνά νέφη σημείων (dense point cloud) και τελικά το τρισδιάστατο (3D) μοντέλο (εικόνα 8). Επόμενο βήμα ήταν η δημιουργία των ορθοφωτοχάρτων των δύο όψεων του μνημείου, με τη χρήση του παραγόμενου ψηφιακού μοντέλου υψομέτρων.



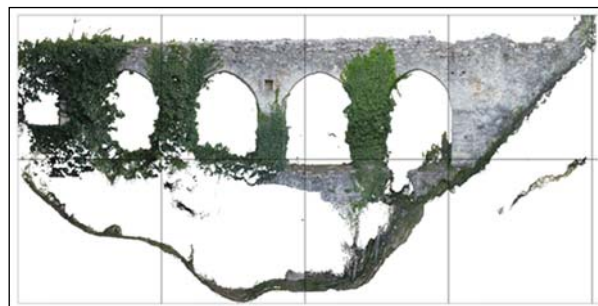
Εικόνα 7 – Προσανατολισμός των αεροφωτογραφιών και δημιουργία χαρτών βάθους (depth maps)

Στο τελικό μοντέλο (εικόνα 8) παρατηρήθηκαν κάποια κενά, τα οποία οφείλονταν κυρίως στη φτωχή αλληλεπικάλυψη των αεροφωτογραφιών στα σημεία αυτά λόγω της απουσίας δένδρδους και αναρριχώμενης βλάστησης.

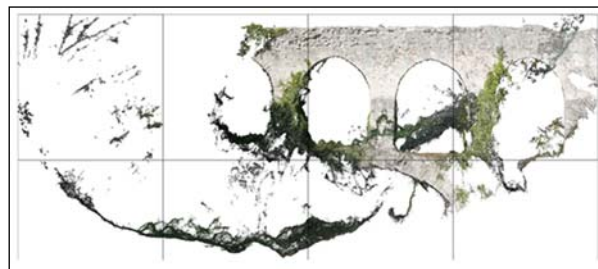


Εικόνα 8 – Το 3D μοντέλο της υδατογέφυρας [9]

Τα αποτελέσματα από τη δημιουργία των όψεων του μνημείου παρουσιάζονται στις εικόνες 9-10



Εικόνα 9 – Ορθοφωτοχάρτης της κύριας όψης του μνημείου [10]



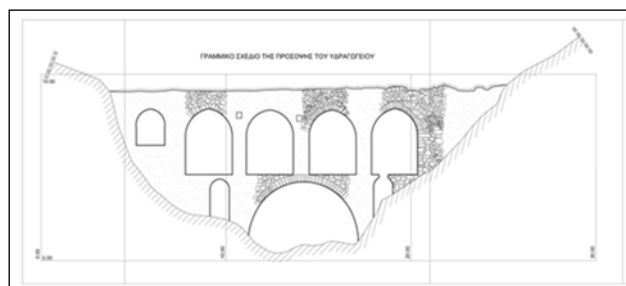
Εικόνα 10 – Ορθοφωτοχάρτης της πίσω όψης του μνημείου [10]

Επόμενο βήμα ήταν η ψηφιοποίηση των λεπτομερειών του μνημείου και η απόδοση τους με τη χρήση ειδικού λογισμικού CAD (εικόνα 11). Το τελικό αποτέλεσμα παρουσιάζει τη σχηματική αποτύπωση του τρόπου δόμησης της τοιχοποιίας την περίοδο κατασκευής της υδατογέφυρας.



Εικόνα 11 – Απόδοση των λεπτομερειών τοιχοποιίας με τη χρήση προγράμματος CAD [10]

Τελικό στάδιο ήταν η παραγωγή γραμμικών σχεδίων των δύο όψεων συνδυάζοντας και σημεία από την τοπογραφική αποτύπωση του μνημείου. Η απόδοση των σχεδίων έγινε με τη βοήθεια προγράμματος ψηφιακού σχεδιασμού (τύπου cad), μέσω ψηφιοποίησης του περιγράμματος των όψεων και άλλων λεπτομερειών τοιχοποιίας (εικόνα 12).



Εικόνα 12 – Γραμμικό σχέδιο της κύριας όψης με στοιχεία λεπτομερειών τοιχοποιίας, με τη χρήση προγράμματος CAD [9]

Επιπλέον στη συγκεκριμένη εργασία έγινε προσπάθεια μοντελοποίησης του άνω τμήματος της υδατογέφυρας, επάνω στο οποίο υπήρχε το λίθινο κανάλι όπου κυλούσε το νερό. Για το σκοπό αυτό επιλέχθηκαν προς φωτογραμμετρική επεξεργασία, ένα υποσύνολο αεροφωτογραφιών από την κάθετη λήψη του UAV, επάνω από το μνημείο (σύνολο 48 φωτογραφίες). Στον πίνακα 3 παρουσιάζονται οι διάφορες φάσεις επεξεργασίας. Τελικά προέκυψε ο ορθοφωτοχάρτης του άνω τμήματος που εδράζονταν το κανάλι το οποίο πλέον δεν υφίσταται, λόγω φθοράς του χρόνου και απουσίας συντήρησης του μνημείου (εικόνες 13 - 14).

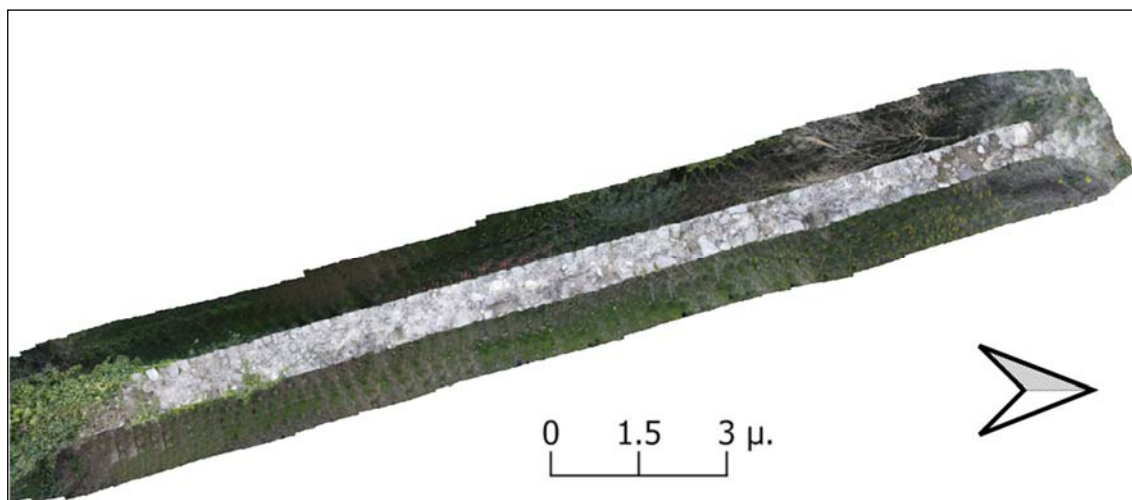
Αναφορικά με τη φωτογραμμετρική επεξεργασία του άνω τμήματος παρουσιάζονται ενδεικτικά οι χρόνοι επεξεργασίας που μπορεί να αποδώσει η χρήση ενός

συμβατικού υπολογιστή (επεξεργαστής Intel core i5 CPU, 2.27 GHz (M430), μνήμη RAM 4.00GB)(πίνακας 3).

Σημειώνεται ότι μέσω της παραγωγής του τρισδιάστατου μοντέλου και του ορθοφωτοχάρτη, είναι δυνατή η διεξαγωγή μετρήσεων επάνω στο μνημείο με πολύ μεγάλη ακρίβεια. Επιπλέον, η δημιουργία του ψηφιακού μοντέλου του μνημείου (ή συγκεκριμένης περιοχής ενδιαφέροντος), καθιστά ικανή τη μελέτη της μικρο-τοπογραφίας του και την εξαγωγή συμπερασμάτων. Από τις μετρήσεις του άνω τμήματος της υδατογέφυρας και με κατεύθυνση από βορρά προς νότο, το πλάτος της ποικίλει από 62.1cm έως 77.6cm (μέσο πλάτος γέφυρας 68.8cm) (εικόνα 14).

Πίνακας 3 – Χρονικά διαστήματα των διαφόρων φάσεων της φωτογραμμετρικής επεξεργασίας του άνω τμήματος της υδατογέφυρας

Align Photos (48)	17min
Build Dense Cloud	7h 12min
Build Mesh	52min
Build texture	1h 31min
Build tiled model	2h 44min
Build DEM	5min
Build Orthomosaic	6min
total:	12h 47min



Εικόνα 13 – Ορθοφωτοχάρτης του άνω τμήματος της υδατογέφυρας



Εικόνα 14 – 3Δ μοντέλο του κατεστραμμένου τμήματος της υδατογέφυρας (παρατηρείται η ευκολία μέτρησης του πλάτους της στο περιβάλλον του λογισμικού Agisoft)

IV. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η συγκεκριμένη εργασία, υλοποιήθηκε από τους Τσολακίδη Ιωάννη και Τσακανιά Γεώργιο. Βασίστηκε στα αποτελέσματα της μεταπτυχιακής εργασίας του Γεωργίου Τσακανιά, για τη λήψη του μεταπτυχιακού διπλώματος ειδίκευσης στο Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών με τίτλο: «Επεμβάσεις σε Υφιστάμενα Κτίρια και Αστικά Σύνολα-Ενίσχυσεις, Επανάχρηση και Χωρικές Αναπλάσεις» του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του ΔΠΑΕ. Κατά τη διάρκεια της εργασίας παρουσιάστηκαν διάφορα προβλήματα, με βασικότερο το δυσπρόσιτο της περιοχής, λόγω της επικρατούσας βλάστησης, αλλά και της γενικότερης εγκατάλειψης του μνημείου. Επιπλέον, η έλλειψη ικανής αλληλεπικάλυψης των αεροφωτογραφιών σε ορισμένα σημεία, κυρίως λόγω της παρουσίας δενδρώδους βλάστησης, καθόρισε την επιτυχία της παραγωγής του τρισδιάστατου μοντέλου. Τέτοιου είδους εργασίες απαιτούν εμπειρία στο σχεδιασμό καθώς και καλή τεχνική υποστήριξη σε θέματα υλικού και λογισμικού. Τέλος, σημαντικός παράγοντας είναι η επιλογή της διεπιστημονικής ομάδας που θα υποστηρίξει μια εργασία τέτοιας κλίμακας, όπου απαιτείται συνδυασμός εργασιών πεδίου και γραφείου. Οι συγκεκριμένες μέθοδοι μπορούν να συνεισφέρουν στις μελέτες αποκατάστασης, μέσω της παραγωγής αναλυτικών σχεδίων της υφιστάμενης κατάστασης του μνημείου. Επιπλέον, τα σχέδια παρέχουν πληροφορίες σχετικά με τη στατική επάρκεια, τη μελέτη των υλικών, του τρόπου δόμησης των κατασκευών, καθώς επίσης μοντελοποιούν με ακρίβεια, τη μορφή και λειτουργία των μνημείων.

V. ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Για την υλοποίηση της συγκεκριμένης εργασίας θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον Γεωργιτζίκη Γεώργιο (λήψη αεροφωτογραφιών με το UAV), την Μπίσα Ειρήνη (υποστήριξη στις εργασίες πεδίου και γραφείου), τον Αγγελάκη Χρήστο (υποστήριξη στις εργασίες πεδίου) καθώς και τον Σαραντίδη Αντώνιο από την εταιρεία TREE COMPANY Co A.E.B.E., για την τεχνική υποστήριξη του, στην επεξεργασία του όγκου των αεροφωτογραφιών και την παραγωγή του μοντέλου με τη χρήση των λογισμικών που αναφέρθηκαν. Η σύλληψη της ιδέας, ο γενικότερος συντονισμός στις εργασίες πεδίου και γραφείου, η παραγωγή του ορθοφωτοχάρτη του δεύτερου μέρους της εργασίας (μοντελοποίηση λίθινου καναλιού) και η συγγραφή των κειμένων της παρούσας εργασίας υλοποιήθηκαν από τον επιβλέποντα καθηγητή της μεταπτυχιακής εργασίας (Τσολακίδη Ιωάννη), ενώ βάση αποτέλεσε η μεταπτυχιακή εργασία του Τσακανιά Γεωργίου.

VI. ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- [1] Τα πέτρινα τοξωτά γεφύρια της Ελλάδας, 2007, Γκράσος Γεώργιος, Κέντρο Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης Μακρυνίτσας (<http://repository.edulll.gr/1228>)
- [2] <https://www.gruppo.aceea.it/en/stories/sustainability-territory/roman-aqueducts-water-distribution-roma>

- [3] Η Οθωμανική Αρχιτεκτονική στην Ελλάδα, Neval Konuk, 2010, Εκδόσεις: Stratejik Araştırmalar Merkezi.
- [4] Θεοδωρίδου Λίλα, «Νεότερα ερευνητικά δεδομένα για την ανταλλάξιμη μουσουλμανική παρουσία στην πυρκαϊστού των Σερρών. Η περίπτωση του Εσκι Τζαμιού», περιοδικό Χωρογραφίες 5, αρ.1 (2018) 23-33
- [5] Barazzetti, L., Banfi F., Brumana, R., Previtali, M. and Roncoroni, F. "Integrated Modelling and Monitoring of the Medieval Bridge Azzone Visconti", 8th European Workshop On Structural Health Monitoring (EWSHM 2016), 5-8 July 2016, Spain, Bilbao
- [6] Prates, G., Gonçalves, MM., Lopes, AC. and Laranja, R., "Silves Bridge Geometric Model Via Structure-From-Motion: Tool for Heritage Digital Catalog", 8th Euro-American Congress on Construction Pathology, Rehabilitation Technology and Heritage Management, March 24-27, 2020. Granada, Spain
- [7] Pepe M., Costantino D., Crocetto N., and Restuccia Garofalo A., "3D Modeling of Roman Bridge by the Integration of Terrestrial and UAV Photogrammetric Survey for Structural Analysis Purpose", 6th International Workshop Low-Cost 3D - Sensors, Algorithms, Applications, 2-3 December 2019, Strasbourg, France
- [8] Pavelka K., "Detailed Documentation and 3d Model Creation of Dalal Bridge Using Terrestrial Photogrammetry in Zakhu, Northern Iraqi Kurdistan", 22nd CIPA Symposium, October 11-15, 2009, Kyoto, Japan
- [9] Siki Z., "GeoEasy 3 Step by Step Tutorial", DOI: 10.13140/RG.2.2.17164.85121, 2021
- [10] Τσακανιάς Γ., "Γεωμετρική τεκμηρίωση με σύγχρονες μεθόδους του ιστορικού διατηρητέου μνημείου του Τουρκικού Υδραγωγείου Σερρών", Μεταπτυχιακή Εργασία, Τμήμα Μηχανικών, ΔΠΑΕ, 2023

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΥΓΓΡΑΦΕΩΝ

Ιωάννης Γ. Τσολακίδης

Αγρονόμος & Τοπογράφος Μηχανικός ΑΠΘ, Msc PhD
62121 Σέρρες - ΕΛΛΑΣ
e-mail: tsolakidisioannis@gmail.com

Γεώργιος Θ. Τσακανιάς

Msc Πολιτικός Μηχανικός ΤΕ
62100 Σέρρες - ΕΛΛΑΣ
e-mail: tsakaniasg@gmail.com

Χωρογραφίες / Τεύχος 10 / Αρ 1 / 2023 – σελ 20-25