

Αποτύπωση του Εξωτερικού Κελύφους του Ι.Ν. Αγ. Γεωργίου Γουμένισσας με χρήση Εγγύς Φωτογραμμετρίας και μη Επανδρωμένου Εναέριου Μέσου Φωτογράφισης

Φώτης Γιάγκας¹, Όλγα Γεωργούλα², Πέτρος Πατιάς²

*Εργαστήριο Φωτογραμμετρίας-Τηλεπισκόπησης,
Τμήμα Αγρονόμων & Τοπογράφων Μηχανικών ΑΠΘ
1 Μεταπτυχιακός φοιτητής fgiagkas@topo.auth.gr
2 Καθηγητής ΤΑΤΜ-ΑΠΘ*

Περίληψη: Σκοπός της εργασίας είναι η διερεύνηση των προϊόντων που μπορούν να παραχθούν με ένα σχετικά χαμηλού κόστους μη επανδρωμένο εναέριο μέσο φωτογράφισης, κατά την αποτύπωση ενός κτιρίου – μνημείου με χρήση τεχνικών εγγύς φωτογραμμετρίας. Αντικείμενο μελέτης είναι ο Άγιος Γεώργιος, μητροπολιτικός ναός της Ι.Μ. Γουμένισσης. Οι εργασίες πεδίου περιελάμβαναν τη σήμανση και μέτρηση δικτύου φωτοσταθερών και στη συνέχεια τη φωτογράφιση του εξωτερικού κελύφους του αντικειμένου, από αέρος και από εδάφους. Η επεξεργασία των δεδομένων και παραγωγή των τελικών προϊόντων πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Φωτογραμμετρίας-Τηλεπισκόπησης του ΤΑΤΜ. Παρήχθησαν: τρισδιάστατο φωτορεαλιστικό μοντέλο, ψηφιακό μοντέλο επιφανείας και ορθοφωτοχάρτες όλων των όψεων. Ακολούθησε αξιολόγησή των προϊόντων. Τα αποτελέσματα ήταν ενθαρρυντικά. Το εναέριο μέσο επέτρεψε την πλήρη φωτογραφική κάλυψη του Ι. Ναού με αποτέλεσμα να είναι εφικτή η παραγωγή ενός πλήρους τρισδιάστατου μοντέλου το οποίο από άποψη ακρίβειας αγγίζει την ακρίβεια μέτρησης των φωτοσταθερών (1.5 cm). Παρήχθησαν επιπλέον ορθοφωτοχάρτες προδιαγραφών κλίμακας 1:100 με δυνατότητα ψηφιακής μεγέθυνσης έως 5 φορές (μέγεθος εικονοστοιχείου 3.75 mm). Ως αρνητική καταγράφεται κυρίως η ιδιαίτερα απαιτητική σε υπολογιστικούς πόρους διαδικασία επεξεργασίας.

1. Εισαγωγή

Τα μη επανδρωμένα εναέρια μέσα φωτογράφισης τα τελευταία χρόνια έχουν καταστεί ιδιαίτερα προσιτά από άποψη κόστους. Οι τιμές τους κυμαίνονται βέβαια από μερικές εκατοντάδες ευρώ μέχρι μερικές δεκάδες χιλιάδες. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση των δυνατοτήτων ενός συστήματος σχετικά χαμηλού κόστους (~2000 €), στην αποτύπωση ενός κτιρίου-μνημείου. Ως αντικείμενο προς αποτύπωση επιλέχθηκε ο Ι.Ν. Αγ. Γεωργίου στη Γουμένισσα του νομού Κιλκίς. Ο Άγ. Γεώργιος, ο οποίος οικοδομήθηκε το 1861 και είναι κηρυγμένο μνημείο από το 1991, ανήκει στον τύπο της τρίκλιτης ξυλόστεγης βασιλικής με στοές

και υπερóα στις τρεις πλευρές του. Στον Ι. Ναό υλοποιείται εκτεταμένο έργο αποκατάστασης, στερέωσης, συντήρησης και ανάδειξής του. Κατά το χρόνο (Μάρτιος 2015) που έγινε η αποτύπωσή του, οι εργασίες του εξωτερικού του Ναού, είχαν σχεδόν ολοκληρωθεί, ενώ σε πλήρη εξέλιξη ήταν οι αντίστοιχες εργασίες στο εσωτερικό, γεγονός που δεν επέτρεψε την επέκταση της αποτύπωσης. Το μνημείο αναμένεται να αποδοθεί στο κοινό στα τέλη του 2015.

2. Εξοπλισμός

2.1. Κάμερα

Η κάμερα που χρησιμοποιήθηκε για την πραγματοποίηση των λήψεων είναι η Go-Pro Hero3+ Black Edition. Τα χαρακτηριστικά της παρατίθενται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1: Χαρακτηριστικά της κάμερας που χρησιμοποιήθηκε

Model	GoPro Hero3+ Black Edition
Lens Type	Ultra-sharp 6-element aspherical glass lens
	Fixed f/2.8 aperture, Fixed focal length 2.77 mm
	Ultra wide angle field of view – 122.6°x94.4°
Image Resolution	12MP Resolution - 4000x3000 pixels
Pixel size	1.598 um x 1.598 um
Battery	Rechargeable lithium-ion battery, 1180mAH, 3.7V
Weight	74g (2.6oz)

2.2. Μέσο πτήσης

Για την πραγματοποίηση των λήψεων από αέρος χρησιμοποιήθηκε το μη επανδρωμένο εναέριο μέσο DJI Phantom 2 (Εικόνα 1). Το μέσο κατευθύνεται με τηλε-



Εικόνα 1: Μη επανδρωμένο εναέριο μέσο φωτογράφισης

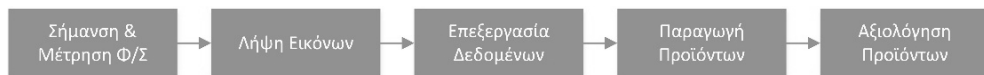
χειρισμό και σύστημα GPS/INS. Φέρει επιπλέον σύστημα σταθεροποίησης και προσανατολισμού της κάμερας, σύστημα ζωντανής μετάδοσης εικόνας από την κάμερα και δεδομένων πτήσης (ταχύτητα, ύψος, απόσταση κ.α.), καθώς και σύστημα αυτόματου πιλότου για την πραγματοποίηση προσχεδιασμένων αυτοματοποιημένων πτήσεων. Ο μέγιστος χρόνος πτήσης φτάνει τα είκοσι λεπτά.

2.3. Ηλεκτρονικός υπολογιστής

Για την επεξεργασία των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε προσωπικός υπολογιστής πλατφόρμας *Windows 7 64-bit*, με επεξεργαστή *Intel i5 3470 @ 3.2GHz*, μνήμη *RAM Corsair Vengeance 32 GB @ 1600 MHz*, κάρτα γραφικών *Asus NVIDIA GeForce GTX760* και δίσκο *Samsung SSD 840 EVO 250 GB*

3. Μεθοδολογία

Η μεθοδολογία που εφαρμόστηκε παρουσιάζεται στο σχήμα 1. Το κάθε στάδιο του σχήματος περιγράφεται με περισσότερες λεπτομέρειες στις επόμενες παραγράφους.



Σχήμα 1: Γενική ροή εργασιών

3.1. Σήμανση και μέτρηση φωτοσταθερών

Η σήμανση και η μέτρηση των φωτοσταθερών έγινε από σχετικό συνεργείο. Κάποια σημεία προσημάνθηκαν με κωδικοποιημένους στόχους τους οποίους το φωτογραμμετρικό λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε αναγνωρίζει αυτόματα, ενώ τα περισσότερα εντοπίστηκαν ως χαρακτηριστικά σημεία του κτηρίου. Για την εκ των υστέρων αναγνώριση των σημείων στις εικόνες τηρήθηκαν κατάλληλα διαγράμματα κροκί. Η μέτρηση των συντεταγμένων των σημείων πραγματοποιήθηκε με τοπογραφικές μεθόδους (total station) σε τοπικό σύστημα συντεταγμένων. Θεωρείται λόγω και του σφάλματος σκόπευσης – ιδίως στα μη προσημασμένα σημεία – πως η ακρίβεια μέτρησης είναι της τάξης των 1.5 cm. Μετρήθηκαν συνολικά 106 σημεία εκ των οποίων προσημασμένα ήταν τα 26.

3.2. Πραγματοποίηση λήψεων

Η πραγματοποίηση των λήψεων πραγματοποιήθηκε σε δύο φάσεις: αρχικά από αέρος και στη συνέχεια από εδάφους. Ελήφθησαν και επεξεργάστηκαν συνολικά περί τις εξακόσιες εικόνες.

Σε πρώτη φάση πραγματοποιήθηκαν οι λήψεις από αέρος με χρήση του εναέριου μέσου που περιγράφηκε παραπάνω. Μία σειρά εικόνων προήλθε από την πτήση περιμετρικά του ναού στο ύψος περίπου της στέγης με την κάμερα στραμμένη προς την πλευρά του ναού υπό γωνία σε σχέση με το ναδίρ $\sim 50^\circ$. Μία δεύτερη σειρά λήψεων πραγματοποιήθηκε από μεγαλύτερο ύψος με την κάμερα στραμμένη στο ναδίρ με τρόπο τέτοιο ώστε να καλυφθεί η ευρύτερη περιοχή του ναού και τα γύρω κτήρια. Ο σχεδιασμός της πτήσης έγινε εμπειρικά, λαμβάνοντας υπόψη την απαίτηση για επαρκή επικάλυψη μεταξύ των εικόνων καθώς και το γεγονός πως η κάμερα λάμβανε συνεχόμενες εικόνες ανά δύο δευτερόλεπτα.

Στη δεύτερη φάση, των λήψεων από εδάφους, χρησιμοποιήθηκε η ίδια τακτική με την ίδια κάμερα και λήψεις ανά δύο δευτερόλεπτα. Μία σειρά εικόνων ελήφθη με διαβημάτιση περιμετρικά του ναού, με την κάμερα στραμμένη προς το μέρος του ναού και υπό γωνία σε σχέση με το ζενίθ $\sim 50^\circ$. Η σειρά αυτή είναι συμπληρωματική αυτής που προήλθε από το ύψος της στέγης. Δηλαδή καλύπτει την ίδια περίπου περιοχή, αλλά οι άξονες των εικόνων της μίας σειράς, σχηματίζουν περίπου ορθή γωνία με τους άξονες των αντίστοιχων εικόνων της άλλης σειράς. Η τακτική αυτή βελτιώνει τα αποτελέσματα λόγω της μεγάλης βάσης που σχηματίζουν οι εικόνες μεταξύ των δύο σειρών. Τέλος, μία δεύτερη σειρά επίγειων λήψεων πραγματοποιήθηκε με σκοπό την κάλυψη του εσωτερικού του περιστυλίου του ναού. Αυτή έγινε με διαβημάτιση του περιστυλίου με την κάμερα στραμμένη περίπου στην οριζόντια θέση και προσανατολισμένη στην κατεύθυνση της πορείας. Και εδώ, για να παραχθούν συμπληρωματικές εικόνες, η διαβημάτιση έγινε από τη μία άκρη του περιστυλίου ως την άλλη και επιστροφή στην αρχή.

3.3. Επεξεργασία των δεδομένων

3.3.1. Γεωμετρική διόρθωση των εικόνων

Αρχικά έγινε η διόρθωση των εικόνων, λόγω παραμόρφωσης του φακού. Το βήμα αυτό κρίθηκε απαραίτητο λόγω της έντονης παραμόρφωσης που παρουσιάζουν οι εικόνες που λαμβάνονται με τη συγκεκριμένη κάμερα που χρησιμοποιήθηκε. Ενδεικτικά παρατίθεται μία εικόνα πριν και μετά τη γεωμετρική διόρθωσή της (Εικόνα 2). Ουσιαστικά με το βήμα αυτό επιτυγχάνεται η αποκατάσταση του εσωτερικού προσανατολισμού της μηχανής. Οι εικόνες που προκύπτουν χρησιμοποιούνται στη συνέχεια χωρίς άλλη βαθμονόμηση.

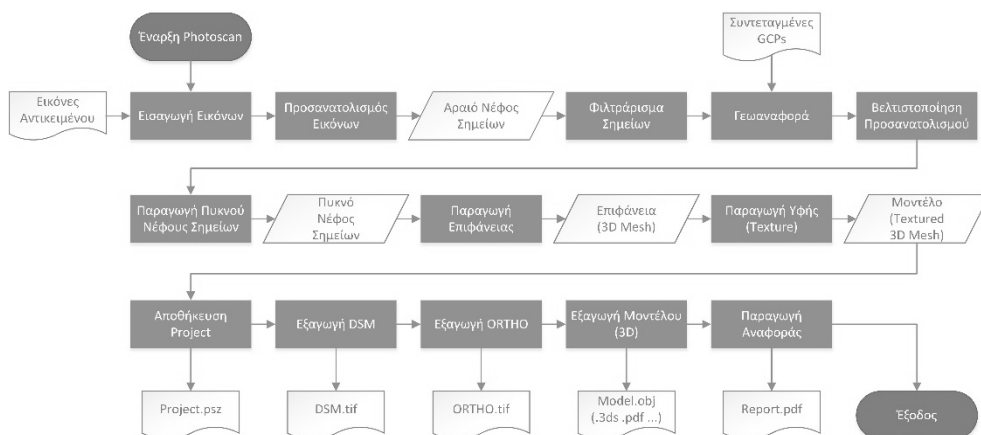
Για τη γεωμετρική διόρθωση χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό *Camera Raw* της *Adobe* στο περιβάλλον *Bridge* που επιτρέπει το μαζικό χειρισμό μεγάλου πλήθους αρχείων. Η διόρθωση αυτή (αφαίρεση της παραμόρφωσης του φακού) βασίστηκε στη βαθμονόμηση της μηχανής όπως αυτή έγινε από την *Adobe* και διατίθεται από αυτή με τη μορφή αρχείου *.lcp* (*lens correction profile*) συμβατού με τα εν λόγω λογισμικά.



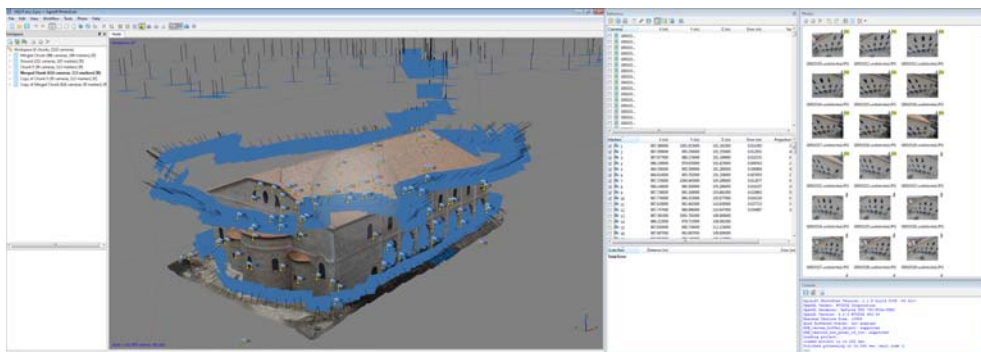
Εικόνα 2: Αρχική και διορθωμένη εικόνα

3.3.2. Φωτογραμμετρική επεξεργασία

Το φωτογραμμετρικό λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε είναι το *Photoscan Pro* της *Agisoft*. Το λογισμικό είναι κατάλληλο για εφαρμογές εγγύς φωτογραμμετρίας και επιτρέπει – μεταξύ άλλων – αυτόματη εκτέλεση του αεροτριγωνισμού (εσωτερικός και σχετικός προσανατολισμός), γεωαναφορά του μοντέλου (απόλυτος προσανατολισμός), διόρθωση και βελτιστοποίησή του, παραγωγή νέφους σημείων (*point cloud*), ψηφιακού μοντέλου επιφανείας (*DSM*), ορθομωσαϊκού (*trueOrtho*) και τρισδιάστατου φωτορεαλιστικού μοντέλου (*3D mesh & texture*). Στο τέλος της διαδικασίας επεξεργασίας παρέχεται η δυνατότητα παραγωγής αναφοράς επεξεργασίας που περιλαμβάνει τις ιδιότητες του μοντέλου (ακρίβειες κτλ.). Η ροή εργασιών εντός του προγράμματος παρουσιάζεται στο σχήμα 2, ενώ στιγμιότυπο από το περιβάλλον του προγράμματος δίνεται στην Εικόνα 3.



Σχήμα 2: Ροή εργασιών στο λογισμικό *Agisoft Photoscan Pro*



Εικόνα 3: Στιγμιότυπο από το περιβάλλον εργασίας του Photoscan Pro

3.4. Προϊόντα

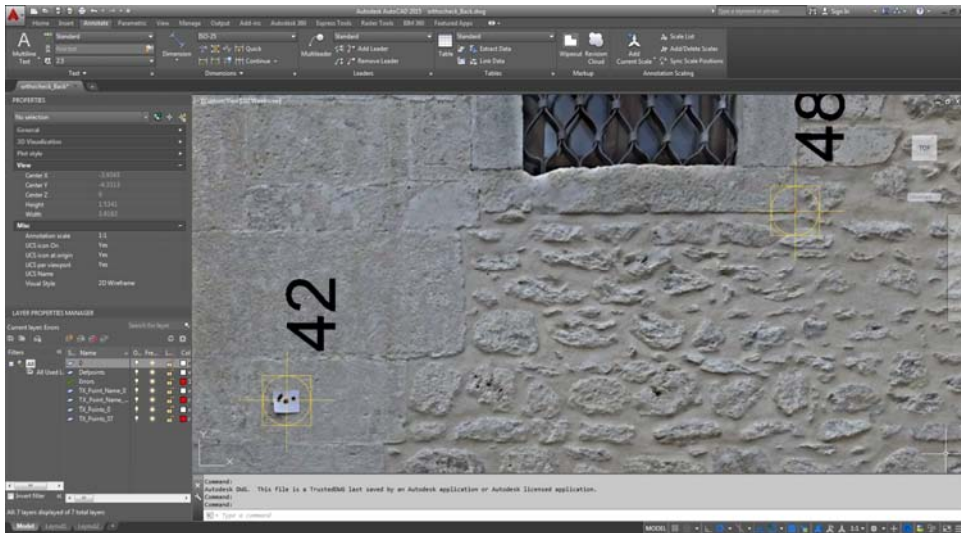
Αφού ολοκληρωθεί η διαδικασία της επεξεργασίας για την παραγωγή του μοντέλου, ακολουθεί η διαδικασία παραγωγής των τελικών προϊόντων. Το ψηφιακό μοντέλο επιφανείας και ο ορθοφωτοχάρτης παράγονται με χρήση των εντολών *export DSM* και *export Orthophoto* αντίστοιχα. Για την εξαγωγή των ορθοφωτοχαρτών των όψεων, επιλέγονται στα πλαίσια της τελευταίας εντολής, δύο άξονες που υλοποιούν το κατάλληλο για την κάθε όψη επίπεδο προβολής. Το τρισδιάστατο μοντέλο του αντικειμένου μπορεί να εξαχθεί με χρήση της εντολής *export Model* σε διάφορους τύπους αρχείων για περαιτέρω χρήση και αξιοποίηση. Τέλος, η αναφορά επεξεργασίας που παράγεται από το λογισμικό με χρήση της εντολής *generate Report*, περιγράφει τις ιδιότητες του μοντέλου από άποψη ανάλυσης, ακρίβειας, επικαλύψεων κ.α.

Ένας τύπος αρχείου που χρησιμοποιείται συχνά κατά την εξαγωγή του μοντέλου είναι το *3DPDF* το οποίο δίνει τη δυνατότητα θέασης αλλά και μετρήσεων επί του μοντέλου από πληθώρα χρηστών χωρίς να απαιτείται εξειδικευμένο λογισμικό. Θα πρέπει να έχουμε υπόψη πως ο συγκεκριμένος τύπος αρχείου δεν υποστηρίζει πολύ μεγάλης λεπτομέρειας μοντέλα (max face count ~ 300.000) οπότε για την εξαγωγή του μοντέλου συνήθως απαιτείται γενίκευση και υποβάθμισή του. Έτσι, ο συγκεκριμένος τύπος αρχείου σπάνια (μόνο για πολύ μικρά μοντέλα) μπορεί να αποδώσει πλήρως τη λεπτομέρεια του μοντέλου που έχει παραχθεί. Συνεπώς, τα *3DPDFs* θα πρέπει να χρησιμοποιούνται επιφυλακτικά, σαν ένα μέσο γρήγορης και εύκολης προσπέλασης των μοντέλων, αλλά δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη λεπτομερή μελέτη τους ή άλλη χρήση τους.

3.5. Μεθοδολογία αξιολόγησης

Από τα παραχθέντα προϊόντα αξιολογήθηκαν το τρισδιάστατο μοντέλο και οι ορθοφωτοχάρτες των όψεων. Η αξιολόγηση του τρισδιάστατου μοντέλου βασίστηκε

στην αυτόματη αναφορά επεξεργασίας που παράχθηκε από το λογισμικό *PhotoScan Pro* Σημειώνεται ότι από τα 106 σημεία που είχαν μετρηθεί επί του ναού τα περισσότερα χρησιμοποιήθηκαν στην επίλυση του μοντέλου σαν φωτοσταθερά, ενώ τα υπόλοιπα χρησιμοποιήθηκαν σαν σημεία ελέγχου. Η αξιολόγηση των ορθοφωτοχαρτών έγινε στο περιβάλλον του λογισμικού *AutoCAD* της *Autodesk* (Εικόνα 4). Μετά την εισαγωγή των ορθοφωτοχαρτών, μετρήθηκαν γραφικά τα σφάλματά τους, παίρνοντας ως βάση (ground truth) τα σημεία που είχαν μετρηθεί στο πεδίο. Ακολούθησε στατιστικός έλεγχος για να εξαχθούν τελικά συμπεράσματα για την ποιότητα των ορθοφωτοχαρτών-



Εικόνα 4: Στιγμιότυπο από τον έλεγχο των ορθοφωτοχαρτών στο AutoCAD

4. Αποτελέσματα

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα παραχθέντα προϊόντα και τα αποτελέσματα της αξιολόγησής τους. Συγκεκριμένα στην επόμενη παράγραφο παρατίθενται εικόνες του φωτορεαλιστικού τρισδιάστατου μοντέλου (Εικόνα 5), των ορθοφωτοχαρτών των όψεων του ναού (εικόνα 6) και τέλος, του ψηφιακού μοντέλου επιφανείας και του ορθοφωτοχάρτη της στέγης του ναού (Εικόνα 7). Στην παράγραφο 4.2 αναφέρονται οι επιτευχθείσες ακρίβειες, χωρικές αναλύσεις και – για τους ορθοφωτοχάρτες – οι κλίμακες εκτύπωσης.

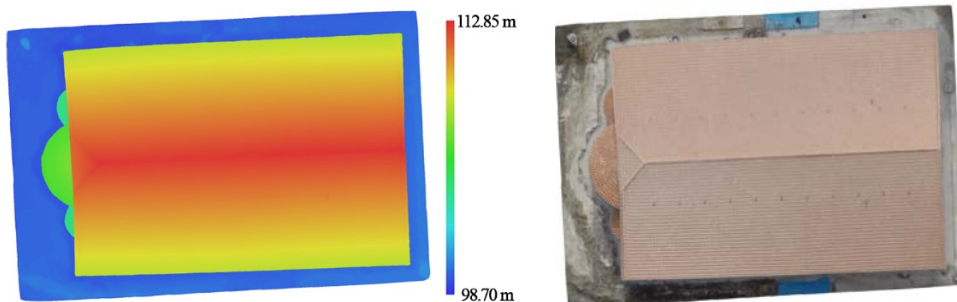
4.1. Παραθθέντα προϊόντα



Εικόνα 5: Τρισδιάστατο μοντέλο του αντικειμένου από διάφορα σημεία θέασης και ενδεικτική τομή



Εικόνα 6: Ορθοφωτοχάρτες των όψεων του ναού



Εικόνα 7: Ψηφιακό μοντέλο επιφανείας και ορθοφωτοχάρτης στέγης

4.2. Αξιολόγηση

Η τρισδιάστατη γεωμετρία (*3D Mesh*) του μοντέλου αριθμεί ~3.6 εκ. όψεις (*faces*) και ~1.8 εκ. κορυφές (*vertices*), ενώ προήλθε από ένα νέφος σημείων που αριθμούσε ~24.5 εκ. σημεία. Η ανάλυση της υφής (*texture*) του τρισδιάστατου μοντέλου είναι 16384x16384 εικονοστοιχεία. Η χωρική ανάλυση (μέγεθος εικονοστοιχείου) του ψηφιακού μοντέλου επιφανείας ανέρχεται σε 11.6 cm ενώ η πυκνότητα των σημείων από τα οποία προήλθε σε 73.2 σημεία ανά τετραγωνικό μέτρο. Τέλος, η χωρική ανάλυση των ορθοφωτοχάρτων ανέρχεται στα 3.75 mm.

Στην αναφορά επεξεργασίας που παράγεται από το λογισμικό εμφανίζονται δύο έλεγχοι ακρίβειας: ένας με βάση τα φωτοσταθερά (*GCPs*) που χρησιμοποιήθηκαν στην επίλυση του μπλοκ και ένας με βάση σημεία ελέγχου (*check points*) που δεν χρησιμοποιήθηκαν στην επίλυση. Με βάση τα πρώτα το μέσο τρισδιάστατο απόλυτο σφάλμα του μοντέλου ανέρχεται σε 12.2 mm, ενώ με βάση τα δεύτερα σε 14.8 mm.

Από τη γραφική εκτίμηση των σφαλμάτων των ορθοφωτοχάρτων στο *AutoCAD* και την μετέπειτα στατιστική επεξεργασία, προέκυψε πως το μέσο απόλυτο οριζοντιογραφικό σφάλμα είναι στη δυτική (εμπρόσθια) όψη ίσο με 18,3 mm, στη νότια ίσο με 19.0 mm, στην ανατολική 19.5 mm, ενώ στη βόρεια παρουσιάζεται ελαφρώς μεγαλύτερο με τιμή 23.6 mm.

Με βάση το μέγεθος εικονοστοιχείου (3.75 mm), οι ορθοφωτοχάρτες μπορούν να τυπωθούν σε κλίμακες έως και 1:20. Για να μην είναι όμως ορατό το μέσο σφάλμα σε ένα χάρτη θα πρέπει να είναι μικρότερο από τη διακριτική ικανότητα του ανθρώπινου ματιού e ($e = 0.2$ mm), επί την κλίμακα του χάρτη S (κλίμακα 1: S). Συνεπώς για χάρτες κλίμακας 1:20, 1:50 και 1:100, το μέγιστο επιτρεπτό σφάλμα είναι αντίστοιχα 4 mm, 10 mm και 20 mm.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, οι ορθοφωτοχάρτες που παρήχθησαν θα ήταν κατάλληλοι ως προϊόν για να παραδοθούν εκτυπωμένοι σε κλίμακα 1:100 με δυνατότητα μεγέθυνσης έως και πέντε φορές στην ηλεκτρονική έκδοσή τους.

5. Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα ήταν ενθαρρυντικά. Το κάθε αντικείμενο απαιτεί αναλόγως της γεωμετρίας του, κατάλληλο σχεδιασμό των λήψεων ώστε να καλύπτονται ικανοποιητικά όλες του οι πλευρές. Τα μη επανδρωμένα εναέρια μέσα φωτογράφισης προσφέρουν πολλές δυνατότητες στην κατεύθυνση αυτή. Το εναέριο μέσο που χρησιμοποιήθηκε εδώ επέτρεψε την λήψη εικόνων από όλες τις πλευρές του αντικείμενου, με αποτέλεσμα να είναι εφικτή η παραγωγή ενός πλήρους τρισδιάστατου μοντέλου με μέσο απόλυτο τρισδιάστατο σφάλμα κάτω του 1.5 cm, που αγγίζει την ακρίβεια μέτρησης των φωτοσταθερών.

Ο ευρυγώνιος φακός της κάμερας που χρησιμοποιήθηκε μπορεί να διευκολύνει το στόχο της επαρκούς επικάλυψης μεταξύ των εικόνων, αλλά δυσχεραίνει την επίτευξη μεγάλης χωρικής ανάλυσης, καθώς για την επίτευξή της απαιτείται οι λήψεις να γίνονται από πολύ μικρή απόσταση από το αντικείμενο, πράγμα σχετικά επικίνδυνο στην περίπτωση των εναέριων λήψεων.

Η παραγωγή τέτοιων λεπτομερών μοντέλων με τόσο μεγάλο πλήθος εικόνων είναι υπολογιστικά πολύ απαιτητική διαδικασία. Ενδεικτικά, στον υπολογιστή που χρησιμοποιήθηκε, η παραγωγή του μοντέλου χρειάστηκε περίπου δεκαπέντε ώρες επεξεργασίας, χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση, για να επιλυθεί σε μέση ποιότητα, ενώ η επίλυσή του σε υψηλή ή υπερυψηλή ποιότητα δεν κατέστη εφικτή καθώς τα 32 GB διαθέσιμης μνήμης RAM κρίθηκαν ανεπαρκή.

Η χρήση προσημασμένων φωτοσταθερών μπορεί να φανεί ιδιαίτερα βοηθητική στην επίτευξη μεγάλων ακριβειών αφού αυξάνει την ακρίβεια σκόπευσης των σημείων τόσο κατά την μέτρησή τους στο πεδίο όσο και κατά τον εντοπισμό τους πάνω στις εικόνες. Ιδιαίτερα οι κωδικοποιημένοι στόχοι μπορούν επιπλέον να μειώσουν σημαντικά τους χρόνους επεξεργασίας καθώς εντοπίζονται αυτόματα πάνω στις εικόνες από το λογισμικό.

Τόσο κατά την εφαρμογή υψής στο τρισδιάστατο μοντέλο όσο και κατά την παραγωγή των ορθοφωτοχαρτών, η πλήρως αυτοματοποιημένη διαδικασία παραγωγής της υψής που δεν επιτρέπει παρεμβάσεις και επιλογές από τον χρήστη, οδηγεί σε – κυρίως αισθητικά – προβλήματα λόγω της μείξης εικόνων διαφορετικής ραδιομετρίας ή οξύτητας (*sharpness*). Η δυνατότητα επιλογής της εικόνας από την οποία θα εφαρμοστεί η υφή σε μία περιοχή του μοντέλου ή του ορθοφωτοχάρτη θα είναι μία σημαντική αναβάθμιση για το Photoscan Pro.

Βιβλιογραφία

- Π. Πατιάς, 2010, “Σχεδιασμός, Διερεύνηση και Έλεγχος Φωτογραμμετρικής Παραγωγής”, Πανεπιστημιακές Παραδόσεις
- Agisoft LLC, 2014, “Agisoft PhotoScan User Manual: Professional Edition, Version 1.1”