

Παραγωγή υψηλής ακρίβειας 3D δεδομένων εσωτερικών χώρων με χρήση των DJI OSMO & Pix4Dmapper Pro

Geosense

Περίληψη

Η σύγχρονη φωτογραμμετρική μεθοδολογία αποτύπωσης με χρήση drones, κερδίζει συνεχώς έδαφος σε μελέτες σκοπιμότητας, παρακολούθηση εξέλιξης κατασκευαστικών έργων, συγκοινωνιακό σχεδιασμό, χαρτογράφηση, κτηματολόγιο, μέτρηση όγκων σε ορυχεία κλπ. Η χρήση των drones σε εσωτερικούς χώρους εγκυμονεί κινδύνους για το ίδιο το μέσο και σε πολλές περιπτώσεις είναι αδύνατη η εφαρμογή τους λόγω των χαρακτηριστικών του χώρου (εμπόδια, στενά περάσματα κ.ά.). Επιπλέον, οι εσωτερικοί χώροι παρουσιάζουν ιδιαιτερότητες όπως χαμηλός φυσικός φωτισμός, τεχνητός φωτισμός, επιφάνειες με υψηλή ανακλασιμότητα, επιφάνειες με ενιαίο χρώμα χωρίς υφή και λεπτομέρειες, έντονες διακυμάνσεις φωτισμού και σκιάσεις, για να αναφέρουμε μερικές από αυτές. Σήμερα, η αποτύπωση εσωτερικών χώρων γίνεται με τεχνολογίες laser αποστασιόμετρων δίνοντας ιδιαίτερως ακριβή αποτελέσματα χωρίς να επηρεάζονται από τα χαρακτηριστικά και τις ιδιαιτερότητες των χώρων. Η εφαρμογή φωτογραμμετρικής μεθοδολογίας αποτύπωσης θα πρέπει να μπορεί να δώσει τουλάχιστον τις ίδιες ακρίβειες (1-2mm) αλλά και κάποια προστιθέμενη αξία, όπως για παράδειγμα, η αποτύπωση του συνόλου του χώρου και η δυνατότητα εξαγωγής μετρητικής πληροφορίας για οτιδήποτε καταγράφει ο φωτογραφικός φακός έναντι της μέτρησης συγκεκριμένων διανυσμάτων (μεθοδολογία μέτρησης με laser αποστασιόμετρα). Επιπλέον, θα πρέπει το κόστος εφαρμογής της συγκεκριμένης μεθοδολογίας να είναι σημαντικά φτηνότερο από το αντίστοιχο των laser scanner.

Στη συγκεκριμένη εργασία παρουσιάζονται η μεθοδολογία, τα προβλήματα εφαρμογής και τα μετρητικά αποτελέσματα μιας αποτύπωσης εσωτερικού χώρου με χρήση του φωτογραφικού συστήματος DJI OSMO. Ως πεδίο εφαρμογής, χρησιμοποιήθηκε ένα γραφείο στην έδρα της Geosense με πολλές από τις προαναφερθείσες ιδιαιτερότητες. Για την επεξεργασία των δεδομένων και παραγωγή 3D νέφους, χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό της Pix4D, Pix4Dmapper Pro.

Τα αποτελέσματα της επεξεργασίας έδειξαν ότι όπου μπορεί να εφαρμοστεί η φωτογραμμετρική μεθοδολογία 3D αποτύπωσης, τα αποτελέσματα είναι εντυπωσιακά σε όρους ακρίβειας φτάνοντας σε ακρίβειες μικρότερες του 1mm. Η χρήση του περιβάλλοντος rayCloud editor του Pix4Dmapper επιτρέπει την εξαγωγή μετρητικής πληροφορίας σε οτιδήποτε έχει συλλάβει ο φωτογραφικός φακός, χωρίς την κατ' ανάγκη παραγωγή 3D νέφους σημείων σε επιφάνειες υψηλής ανακλασιμότητας όπως για παράδειγμα γυάλινες επιφάνειες. Συνεπώς, στις περιπτώσεις που δεν είναι δυνατόν να εξαχθεί 3D νέφος, τα εργαλεία του rayCloud editor επιτρέπουν τη διανυσματική 3D απόδοση του χώρου με πολύ υψηλή ακρίβεια.

Εισαγωγή

Ο χώρος που επιλέχθηκε παρουσιάζει αρκετές από τις ιδιαιτερότητες που θα συναντήσει κανείς στην πραγματικότητα. Η μια πλευρά φωτίζεται από εξωτερικό φωτισμό, η δεύτερη είναι ένας τοίχος με ενιαίο χρώμα χωρίς καμία λεπτομέρεια ώστε να μπορεί να επιλυθεί στερεοσκοπικά, ο τρίτος είναι τοίχος με διακόσμηση και λεπτομέρειες που επιτρέπουν την επίλυση φωτογραμμετρικά. Τέλος, η τέταρτη πλευρά επικοινωνεί με εσωτερικό χώρο με μια πόρτα με γυάλινη επιφάνεια και ένα παράθυρο. Το δάπεδο είναι στρωμένο με γυαλισμένο μάρμαρο που παρουσιάζει μεγάλη ανακλασιμότητα. Μέσα στο γραφείο υπάρχουν διάφορα αντικείμενα με σκοπό την αποτύπωσή τους. Ως φωτισμός,

χρησιμοποιήθηκε ο φυσικός του χώρου καθώς οποιαδήποτε μορφή τεχνητού φωτισμού θα είχε ως αποτέλεσμα μεγαλύτερες ανακλάσεις από το δάπεδο, τις γυάλινες επιφάνειες και την επιφάνεια του γραφείου.



Εικόνα 1. Γενική άποψη του χώρου

Η φωτογράφιση του χώρου έγινε με το DJI OSMO. Ένα σύστημα κινούμενης κάμερας που εξασφαλίζει σταθερές λήψεις ακόμη και σε συνθήκες πολύ χαμηλού φωτισμού. Οι λήψεις έγιναν με ανάλυση 12mpixel και φακό με FOV 94°. Με σκοπό τη μείωση του θορύβου, το OSMO ρυθμίστηκε με μέγιστο ISO 400 και διάφραγμα f/2.8.

Ο χώρος καλύφθηκε από 23 φωτογραφίες με μεγάλη επικάλυψη μεταξύ τους (περίπου 80%).

Ως σύστημα αναφοράς συντεταγμένων, ορίστηκε ένα ανεξάρτητο με το 0,0,0 στην κάτω αριστερή άκρη του κασώματος της πόρτας.

Μεθοδολογία

Σχετικά με την επιλογή κάμερας

Μια από τις βασικές αποφάσεις που έπρεπε να ληφθεί ήταν η χρήση ενός κανονικού φακού (μεταξύ 35mm και 50mm) ή η χρήση ενός ευρυγώνιου τύπου fisheye. Στην παρακάτω εικόνα, φαίνεται η διαφορά στη λήψη ενός φακού 50mm από DSLR και στο ίδιο σημείο η λήψη από την GoPRO Hero 3+ Black.



Εικόνα 2. 50mm DSLR και GoPRO Hero 3+ Black

Στη θεωρία, προφανώς ένας φακός στα 50mm θα δώσει καλύτερες ακρίβειες απ' ό,τι ο φακός της GoPRO ο οποίος θα εισάγει και πολλές παραμορφώσεις που θα πρέπει να διορθωθούν. Εντούτοις, στην πράξη είναι σχεδόν ανέφικτο να φωτογραφηθεί ένας εσωτερικός χώρος με σωστές επικαλύψεις με την DSLR και τον φακό των 50mm. Επιπλέον, το βάθος πεδίου σε ένα φακό 50mm είναι πολύ μικρό με αποτέλεσμα αντικείμενα σε πρώτο πλάνο να είναι καθαρά και τα υπόλοιπα να είναι θολά. Λόγω του χαμηλού φωτισμού επιβάλλεται η χρήση τρίποδα ή/και τεχνολογιών image stabilization. Για τους παραπάνω λόγους αποκλείστηκε η χρήση ενός αντίστοιχου φακού.

Από την άλλη πλευρά, η χρήση της GoPRO εξασφαλίζει πολύ μεγάλες επικαλύψεις εύκολα και δίνει ένα πολύ μεγάλο βάθος πεδίου. Και εδώ η χρήση τρίποδα είναι απαραίτητη για καθαρές

λήψεις. Την απώλεια σε ακρίβειες μπορεί κανείς να την εξισορροπήσει πλησιάζοντας πιο πολύ στα αντικείμενα που φωτογραφίζει. Το πρόβλημα της χρήσης τρίποδα γίνεται σοβαρό όταν κανείς θέλει να τοποθετήσει την κάμερα σε γωνίες και θέσεις ανάμεσα από εμπόδια ή όταν θέλει να την σηκώσει αρκετά ψηλά φωτογραφίζοντας κάποιες λεπτομέρειες όπως για παράδειγμα ένα αέτωμα σε μια στήλη.

Αν και δοκιμάστηκε η χρήση της GoPRO, η αποτύπωση έγινε με τη χρήση του DJI OSMO ως χρυσή τομή στα παραπάνω προβλήματα.

DJI OSMO

Το DJI OSMO είναι η βασική κάμερα του drone INSPIRE 1 της DJI μαζί με το αντίστοιχο Gimbal (X3 gimbal & camera). Προσφέρει λήψεις στο χέρι πλήρως σταθεροποιημένης εικόνας ακόμη και σε ταχύτητες κλείστρου που φτάνουν το 1sec.



Εικόνα 3. DJI OSMO

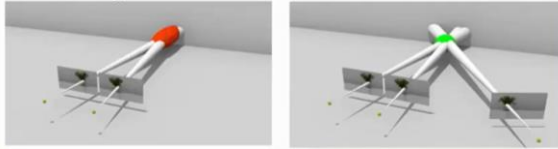
Μικρό σε μέγεθος και ευέλικτο απαλλάσσει από τη χρήση τρίποδα και με χρήση επεκτάσεων μπορεί να προσεγγίσει με ευκολία ψηλά ή/και απομακρυσμένα σημεία. Ο χειρισμός γίνεται είτε από τα κουμπιά ελέγχου επί του OSMO είτε από κινητό τηλέφωνο που εξυπηρετεί και ως οθόνη σκόπευσης της κάμερας. Η σύνδεση του κινητού με το OSMO γίνεται ασύρματα μέσω WiFi παρέχοντας μεγάλη εμβέλεια.

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της κάμερας είναι:

- Δυνατότητα περιστροφής 360°
- Sony Exmor R CMOS; 1/2.3"
- 4k Video @ 30fps
- 12Mpixel φωτογραφίες
- FOV 94°, 20mm, f/2.8

Λήψη φωτογραφιών

Σύμφωνα με τις βασικές αρχές φωτογραμμετρίας, η λήψη φωτογραφιών θα πρέπει να γίνεται με μεγάλη επικάλυψη. Η επικάλυψη αυτή δεν πρέπει να ξεπερνά ένα μέγιστο του 90% γιατί τότε δεν ικανοποιείται μια βασική προϋπόθεση που είναι η ύπαρξη ενός ικανού baseline μεταξύ 2 φωτογραφιών (εικόνα 4).



Εικόνα 4. Λάθος και σωστή απόσταση λήψης (baseline)

Όσο περισσότερες φωτογραφίες και από διαφορετικές γωνίες βλέπουν ένα σημείο τόσο μεγαλύτερη είναι η ακρίβεια του παραγόμενου μοντέλου.

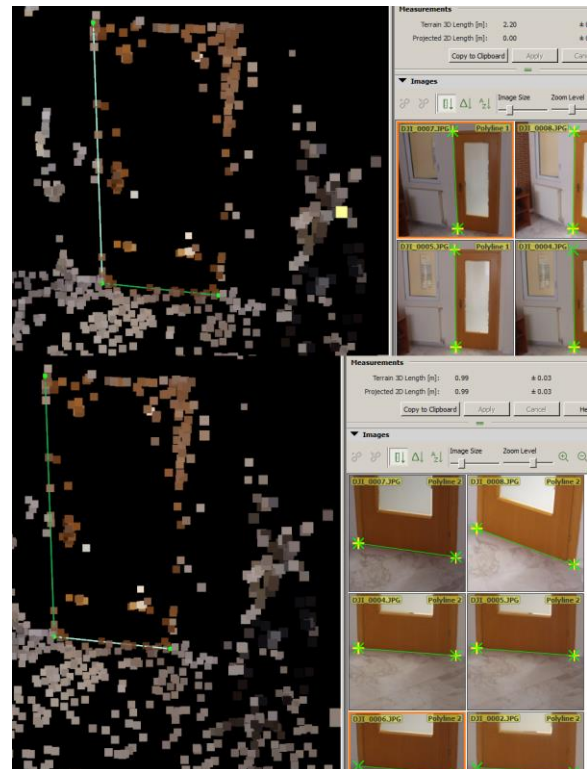
Στην περίπτωση της GoPRO οι λήψεις έγιναν ανά 60cm έως 100cm κυκλικά εντός του χώρου. Αν και οι επικαλύψεις ήταν εντός αποδεκτών ορίων, αυτό που δεν ικανοποίησε ήταν η ποιότητα των φωτογραφιών. Κάποιες από τις φωτογραφίες ήταν «κουνημένες» λόγω της μη χρήσης τρίποδα. Επίσης, η δυναμική αντίθεση (dynamic contrast) της GoPRO σε συνδυασμό με την έλλειψη σημειακής (spot) φωτομέτρησης, δυσκόλεψε πολύ την επίλυση σε καρέ με έντονη αντίθεση. Με στόχο μια ευέλικτη μεθοδολογία, χωρίς τη χρήση τρίποδα και με πλεονέκτημα τη δυνατότητα σημειακής φωτομέτρησης, το OSMO έδωσε καθαρά καρέ με σωστό φωτισμό εκεί που σκοπεύαμε. Λόγω του φακού, ο αριθμός των φωτογραφιών που ελήφθησαν με το OSMO ήταν μεγαλύτερος. Κάθε λήψη έγινε σε απόσταση 30cm έως 60cm από την προηγούμενη ακολουθώντας κυκλική πορεία εντός του δωματίου.

Μια σημαντική λεπτομέρεια που πρέπει κανείς να προσέξει είναι να ακολουθεί μια λογική σειρά – αλληλουχία στη λήψη των εικόνων και να μην γίνονται σε τυχαία σημεία η μια λήψη με την επόμενη. Η μετακίνηση της κάμερας πάνω σε μια συγκεκριμένη τροχιά - πορεία όπου η αρχή ενώνεται με το τέλος, βοηθά ιδιαίτερα την επεξεργασία στο λογισμικό Pix4Dmapper.

Επίλυση με Pix4Dmapper Pro

Το Pix4Dmapper Pro αποτελεί το πλέον καταξιωμένο λογισμικό φωτογραμμετρικής επεξεργασίας φωτογραφικών λήψεων. Η ροή εργασίας του λογισμικού επιτρέπει την εισαγωγή εικόνων χωρίς χωρική αναφορά (geotag). Κατά το πρώτο στάδιο επίλυσης γίνεται ο προσανατολισμός των εικόνων. Από τις 23 φωτογραφίες προσανατολίστηκαν οι 19 αυτόματα. Επιπλέον 2 εικόνες προσανατολίστηκαν με χειροκίνητο τρόπο ενώ 2 εικόνες δεν περιείχαν σχετική πληροφορία μιας και απεικόνιζαν λευκό τοίχο, οπότε και δεν συμμετείχαν στο 3D μοντέλο. Το πρώτο 3D νέφος του χώρου όπως προέκυψε κατά το στάδιο προσανατολισμού των εικόνων (initial processing) δεν είχε κλίμακα και προσανατολισμό.

Με στόχο την ένταξη του νέφους στο μετρικό σύστημα ορίσαμε ένα ανεξάρτητο σύστημα συντεταγμένων όπου το 0,0,0 ήταν η κάτω αριστερή γωνία του κασώματος της πόρτας, ως 0,0,2.20 την πάνω αριστερή γωνία και ως 0,0.99,0 την κάτω δεξιά γωνία.



Εικόνα 5. Ορισμός ανεξάρτητου συστήματος αναφοράς συντεταγμένων

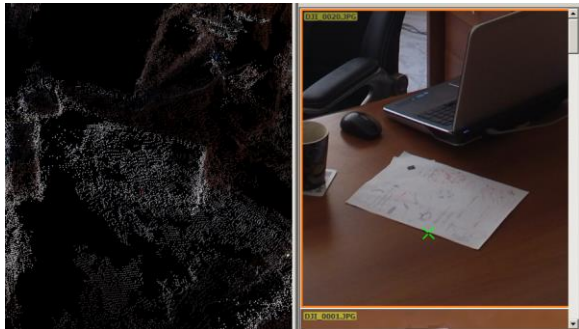
Κατόπιν, με δεδομένο τον προσανατολισμό των εικόνων και το σύστημα μέτρησης στον 3D χώρο, ζητήσαμε από το λογισμικό να εμπλουτίσει το αρχικό νέφος.



Εικόνα 6. Εμπλουτισμένο 3D νέφος

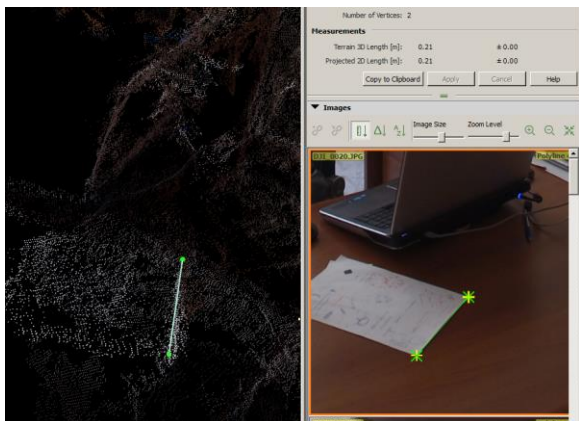
Όπως φαίνεται στην εικόνα 6, υπάρχουν περιοχές που για λόγους όπως, οι επιφάνειες είχαν υψηλή ανακλαστικότητα, ή δεν είχαν κάποιο μοτίβο, το λογισμικό, ορθώς δεν μπόρεσε να εκτιμήσει σημεία. Κάτι τέτοιο δεν αποτελεί πρόβλημα για το λογισμικό Pix4Dmapper Pro. Το περιβάλλον rayCloud Editor επιτρέπει την ψηφιοποίηση 3D διανυσμάτων και επιφανειών επί των 2D φωτογραφιών και αυτομάτως ανάγει την ψηφιοποίηση στον χώρο.

Στην εικόνα 7, παρουσιάζουμε μια σελίδα A4 με πρόχειρες σημειώσεις πάνω στο γραφείο. Από το 3D νέφος δεν μπορεί κανείς να διακρίνει ούτε τη σελίδα και πολύ περισσότερο τις ακμές της.



Εικόνα 7. Σελίδα A4, 3D νέφος και 2D φωτογραφία.

Ψηφιοποιώντας τη σελίδα στη 2D φωτογραφία προκύπτει η εκτίμηση της πλευράς της σε 21cm στο 3D νέφος, όπως φαίνεται στην εικόνα 8.



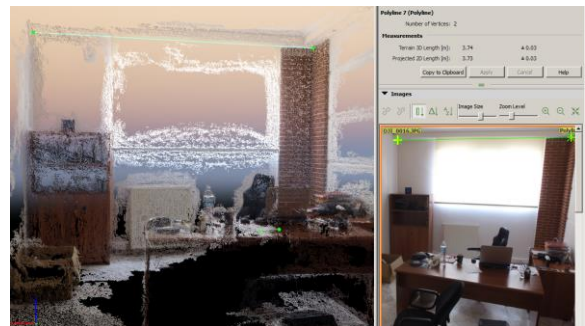
Εικόνα 8. Ψηφιοποίηση σελίδας A4. Πλευρά 21cm

Στο επόμενο παράδειγμα, ψηφιοποιούμε ένα από τα διακοσμητικά τούβλα στον τοίχο αφού πρώτα έχουμε μετρήσει με συμβατικές μεθόδους το καθαρό μήκος (χωρίς τον αρμό) και γνωρίζουμε ότι είναι 22cm.



Εικόνα 9. Μέτρηση μήκους διακοσμητικού τούβλου

Τέλος, στο τελευταίο παράδειγμα μετράμε μια μεγάλη απόσταση – πλευρά χώρου που γνωρίζουμε ότι το μήκος της είναι 3.73m.



Εικόνα 10. Μέτρηση μήκους πλευράς χώρου

Συμπεράσματα

Η σύγχρονη τεχνολογία και η μοντέρνα φωτογραμμετρία δίνουν τη δυνατότητα αποτύπωσης εσωτερικών χώρων με πολύ υψηλές ακρίβειες που φτάνουν και ξεπερνούν το 1mm. Σε σχέση με την παραδοσιακή μεθοδολογία, η φωτογραμμετρική αποτύπωση εσωτερικών χώρων παρέχει την πολυτέλεια να μπορεί να μετρηθεί ότι έχει καταγράψει ο φωτογραφικός φακός.

Η φωτογραμμετρία, σε σχέση με την αντίστοιχη εφαρμογή τεχνολογίας laser scanner, αντιτάσσει το πολύ χαμηλό κόστος κτήσης και την ευκολία εφαρμογής.

Ως μειονεκτήματα της μεθόδου, αναφέρονται οι ιδιαιτερότητες των κλειστών χώρων όπως έχουν

αναλυθεί προηγουμένως, οι οποίες μπορεί και να είναι απαγορευτικές.

Τέλος, σχετικά με τους φωτογραφικούς αισθητήρες και φακούς, το προφανές πλεονέκτημα σε ακρίβεια που προσφέρει ένας φακός μεταξύ 35mm και 50mm ακυρώνεται πρακτικά από τις δυσκολίες των απαραίτητων επικαλύψεων και του μικρού βάθους πεδίου. Τα μειονεκτήματα της ακρίβειας ενός ευρυγώνιου φακού (χαμηλή ακρίβεια, παραμόρφωση κλπ) γίνονται πλεονέκτημα λόγω ευκολίας επίτευξης υψηλών επικαλύψεων, δυνατότητας προσέγγισης σε κοντινές αποστάσεις και μεγάλου βάθους πεδίου.

Αν οι διαστάσεις του χώρου το επιτρέπουν, το DJI OSMO είναι ένα εξαιρετικό εργαλείο προσφέροντας ευχρηστία και ευκολία στην πρόσβαση σε δύσκολα σημεία. Εναλλακτικά, η χρήση μιας GoPRO με φακό Fisheye και τρίποδα, θα καλύψει ικανοποιητικά τις ανάγκες μιας τέτοιας αποτύπωσης παρέχοντας εξαιρετικά εύκολα τις ζητούμενες επικαλύψεις και πολύ μεγάλο βάθος πεδίου. Απαραίτητη προϋπόθεση, είναι να μην διορθωθούν πρωτίτως οι παραμορφώσεις του φακού fisheye αφού το λογισμικό Pix4Dmapper μπορεί και επιβάλλει τις απαραίτητες διορθώσεις αυτόματα παράγοντας εξαιρετικά αποτελέσματα.

Επικοινωνία

Για περισσότερες πληροφορίες επικοινωνήστε με τη Geosense, *Φιλικής Εταιρείας 15-17, 55535 Πυλαία, Θεσσαλονίκη. Τηλ. 2310 953353, 2310953350, www.geosense.gr, info@geosense.gr.*