ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ UAS, ΓΙΑ ΤΟ ΤΧΚ

Δρ. Δ. Σκαρλάτος, Επίκουρος Καθηγητής
Εργαστήριο Φωτογραμμετρίας
Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου
www.photogrammetric-vision.weebly.com

Coordinator iMARECULTURE, H2020 RIA project
Co-chair of ISPRS WG II/9: Underwater Data Acquisition and Processing
EuroSDR academic delegate of Cyprus

Διάρθρωση παρουσίασης

- Ιστορική αναφορά
- Άδειες πτήσης
- Φωτογραμμετρία
- Υλισμικό
- Λογισμικό
- Ακρίβειες
- Εκτέλεση εκτός ή εντός ΚΤΧ

Ιστορικό εφαρμογών (από δεκαετία 1970 με RC)

Πρώτη προσωπική εφαρμογή 1999

- *Ελικόπτερο αερομοντελισμού*
- *Rollei Metric 6006 film camera 3,5Kg*
- *SSK Λογισμικό επίλυση*

Σωρεία αρχαιολογικών εφαρμογών

- *Στο διάστημα 1999-2007*
- *Δίον 650 στρέμματα*

Ορθοφωτοχάρτης 1999

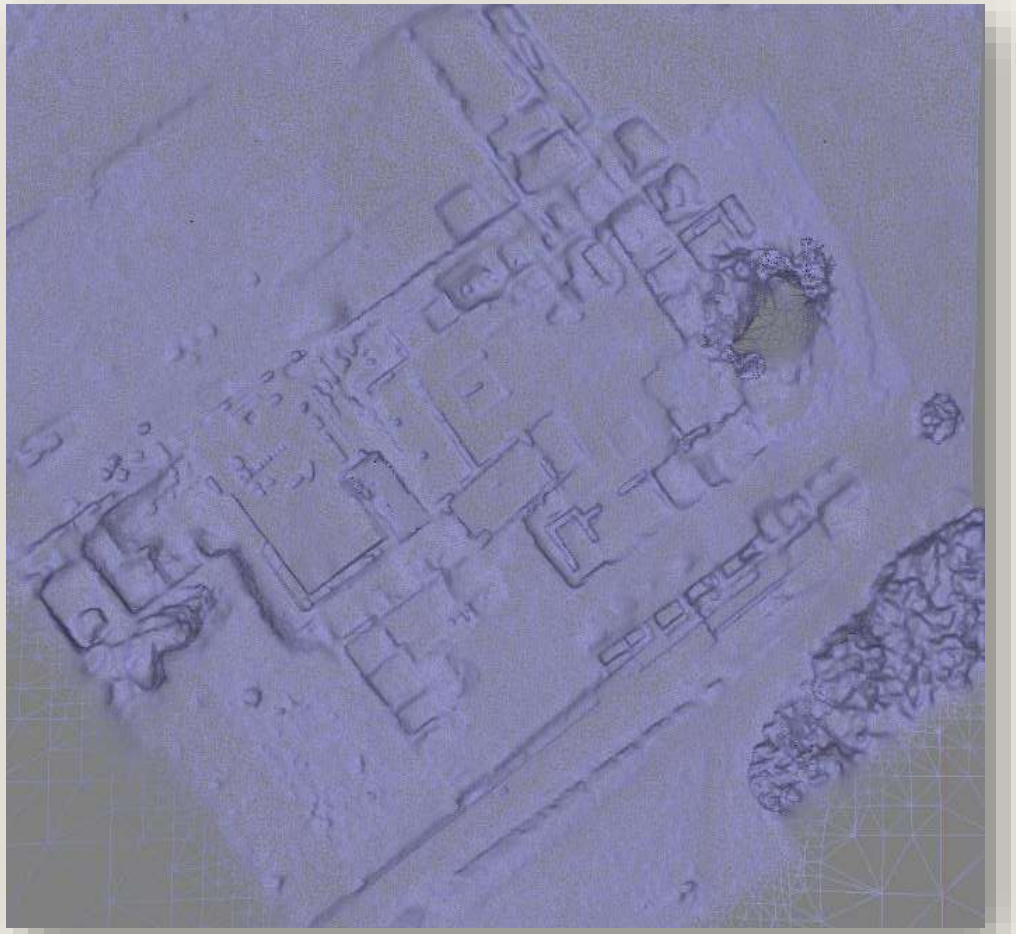
Διάφοροι αρχαιολογικοί χώροι

Αρχαίο Θέατρο Λάρισας 2003

2007

- 600 acres in total
- RC helicopter
- Full frame digital camera
- 25-35m flying height
- 120 acres ortho with 0.01m pixel size
- Separated to sub-areas

DSM & ορθοφωτογραφία - λεπτομέρεια



ΤΙ ΑΛΛΑΞΕ;

Φορέας

Λογισμικό

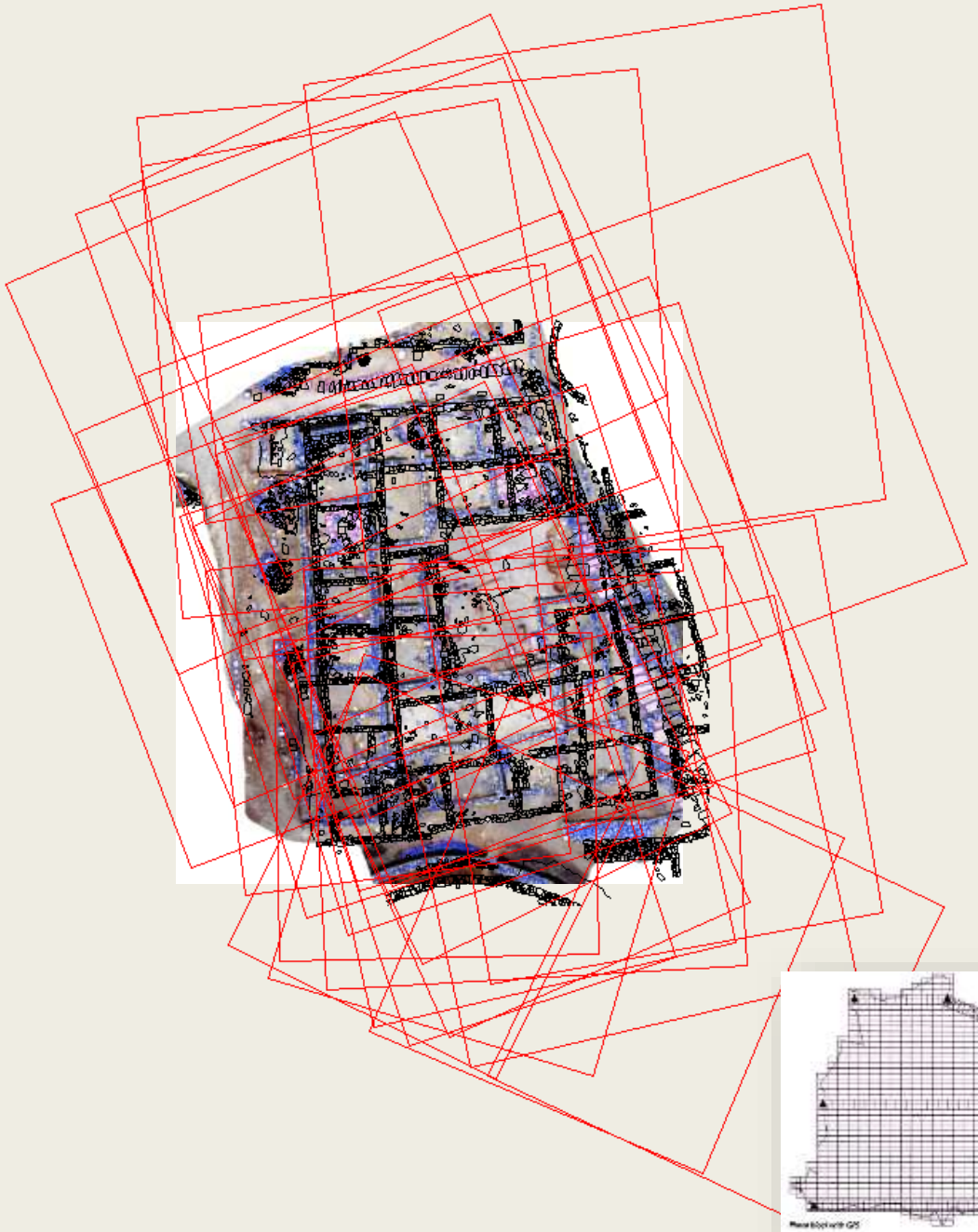
UAS - τί άλλαξε από το 1999;

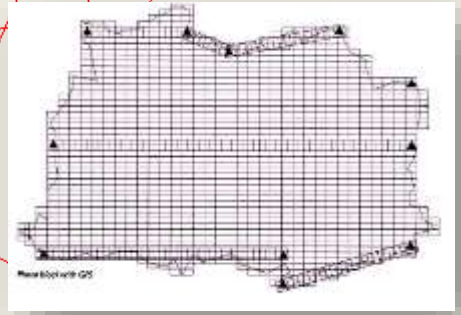
- Η ενσωμάτωση GPS & INS
  - *Επίγνωση θέσης και πλήρως αυτόματη πλοήγηση*
  - *Σχεδιασμός και εκτέλεση πτήσης, επικαλύψεις*
  - *Καταγραφή εξωτερικών προσανατολισμών*
  - *Κόστος*
- Κάμερες
  - *Ψηφιακές, περισσότερες λήψεις*
  - *Χαμηλότερης ποιότητας (γεωμετρικής - ραδιομετρικής), ερασιτεχνικές ;;*
- Λογισμικό επεξεργασίας
  - *Αυτοματοποίηση Α/Τ, μεγαλύτερο πλήθος φωτογραφιών*
  - *Πολύ πυκνό νέφος σημείων*
  - *Διαφορετικά προϊόντα*

Παράδειγμα κάλυψης

Αστάθεια:

- Γραμμές πτήσης
- Επικάλυψη
- Ύψος





Νέα γενιά UAS με GPS/INS

Αυτόνομή πτήση

- Προγραμματισμός πτήσης
- Χωρίς ναυτίλο και φωτογράφο
- Πλήρη κάλυψη περιοχής μελέτης
- Απώλεια σήματος αδιάφορη
- Αυτόματη επιστροφή στην θέση απογείωσης
- Επικίνδυνες περιοχές / περιπτώσεις

Σταθερότητα στις λήψεις

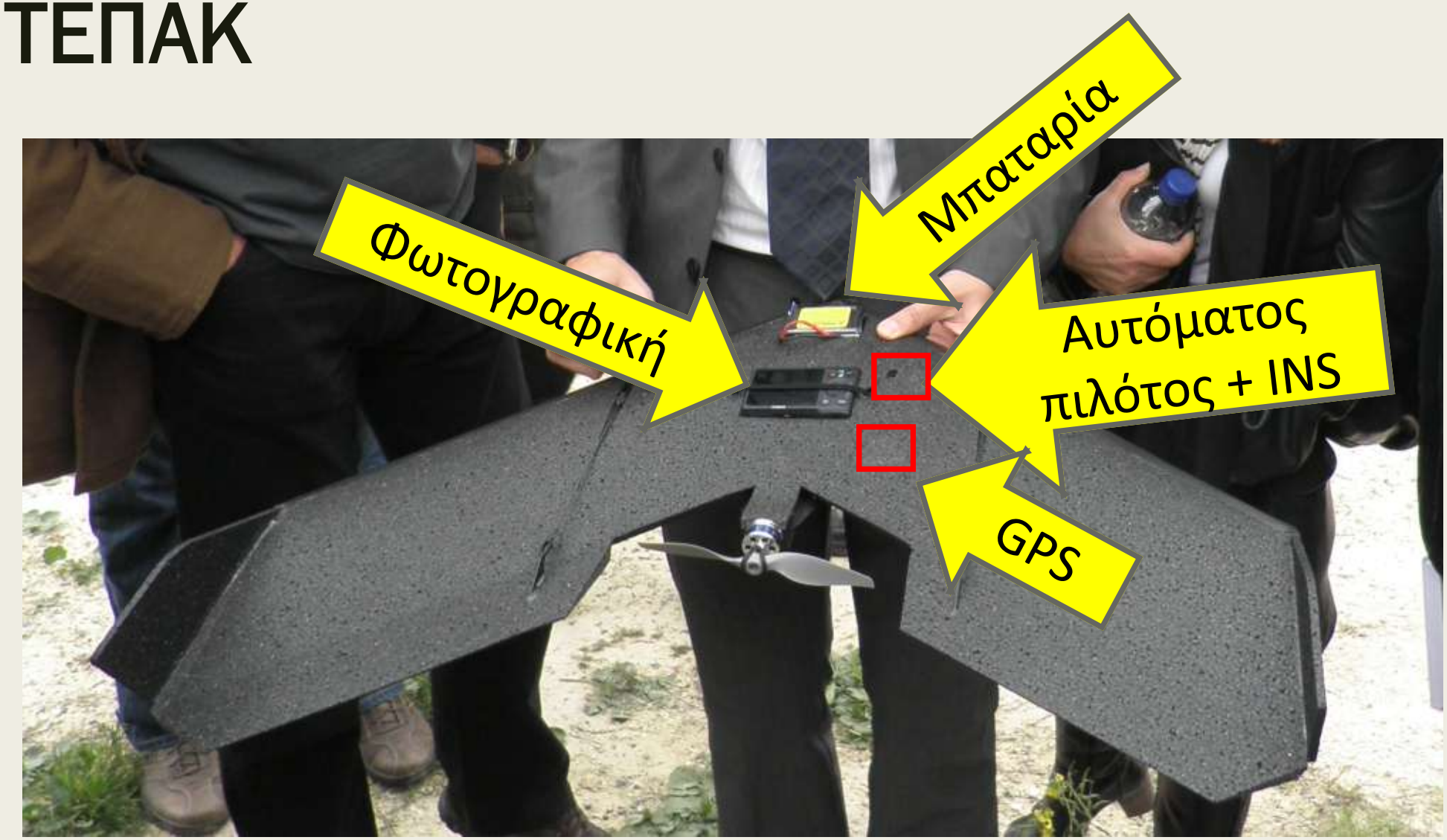
- Μικρές στροφές άξονα λήψης
- Εξασφάλιση επικαλύψεων

Διατήρηση σταθερού υψομέτρου

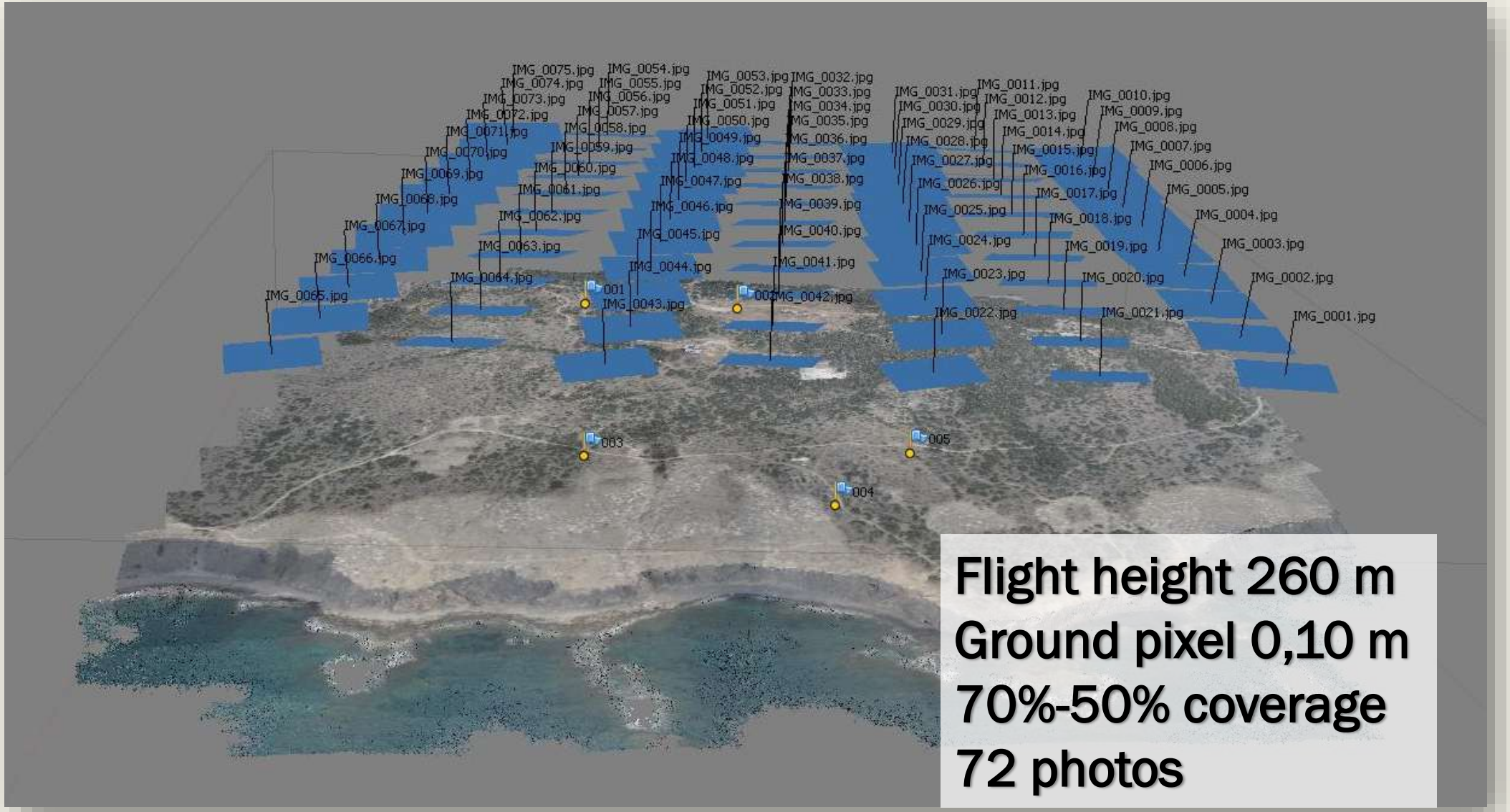
- ή και ύψους πτήσης με χρήση laser

Μετά-Δεδομένα θέσης λήψης ανά φωτογραφία

Αυτόνομο, μη επανδρωμένο αερόχημα ΤΕΠΑΚ



Παράδειγμα πτήσης



Ιστορικό εφαρμογών ως ΤΠΚ

ΑΗΚ

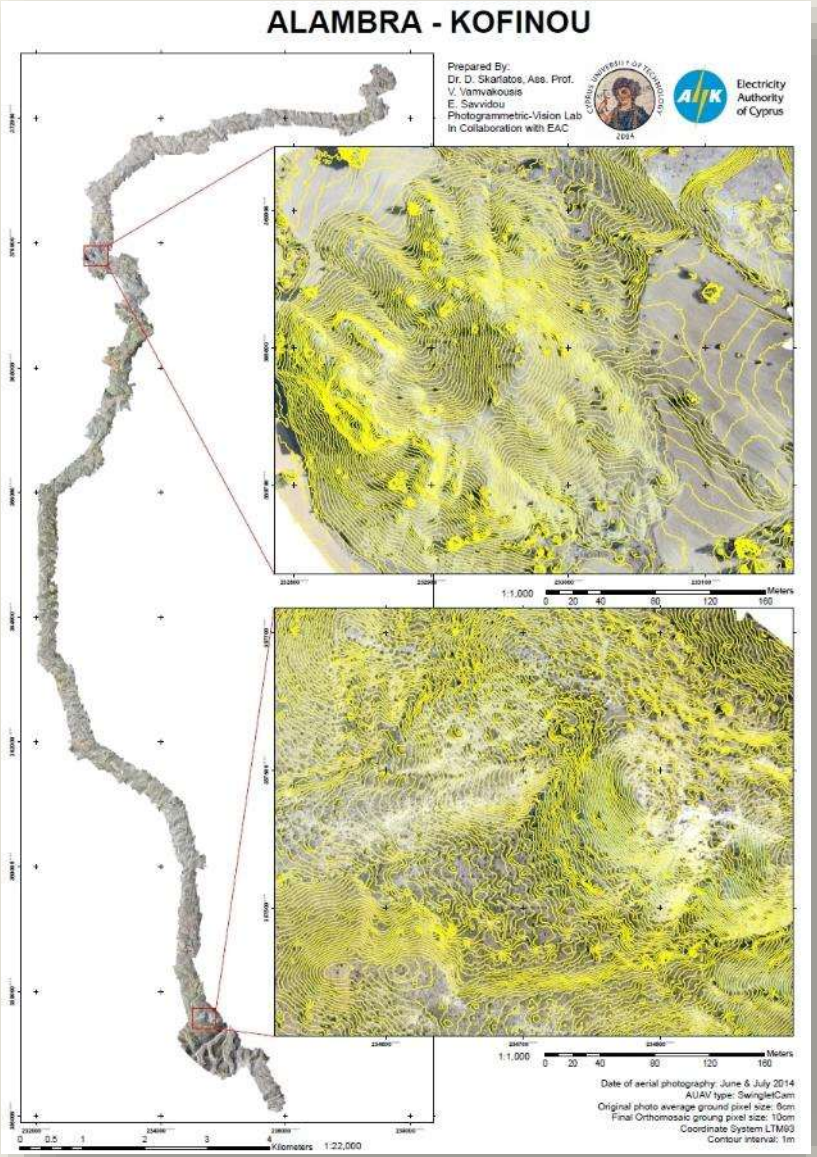
- Λεμεσό, νέο Νοσοκομείο, γραμμες ΥΤ
- Μαρί
- Θέση δίπλα στο Μαρί και λατομεία (RGB & NIF)
- Δεκέλεια
- Σταθμός διανομής Αλάμπρα
- 2 πτήσεις 4 & 8 km για υπογειοποίηση καλωδίων
- Πτήση 23 km, Κοφίνου-Αλάμπρα νέα γραμμή ΥΤ

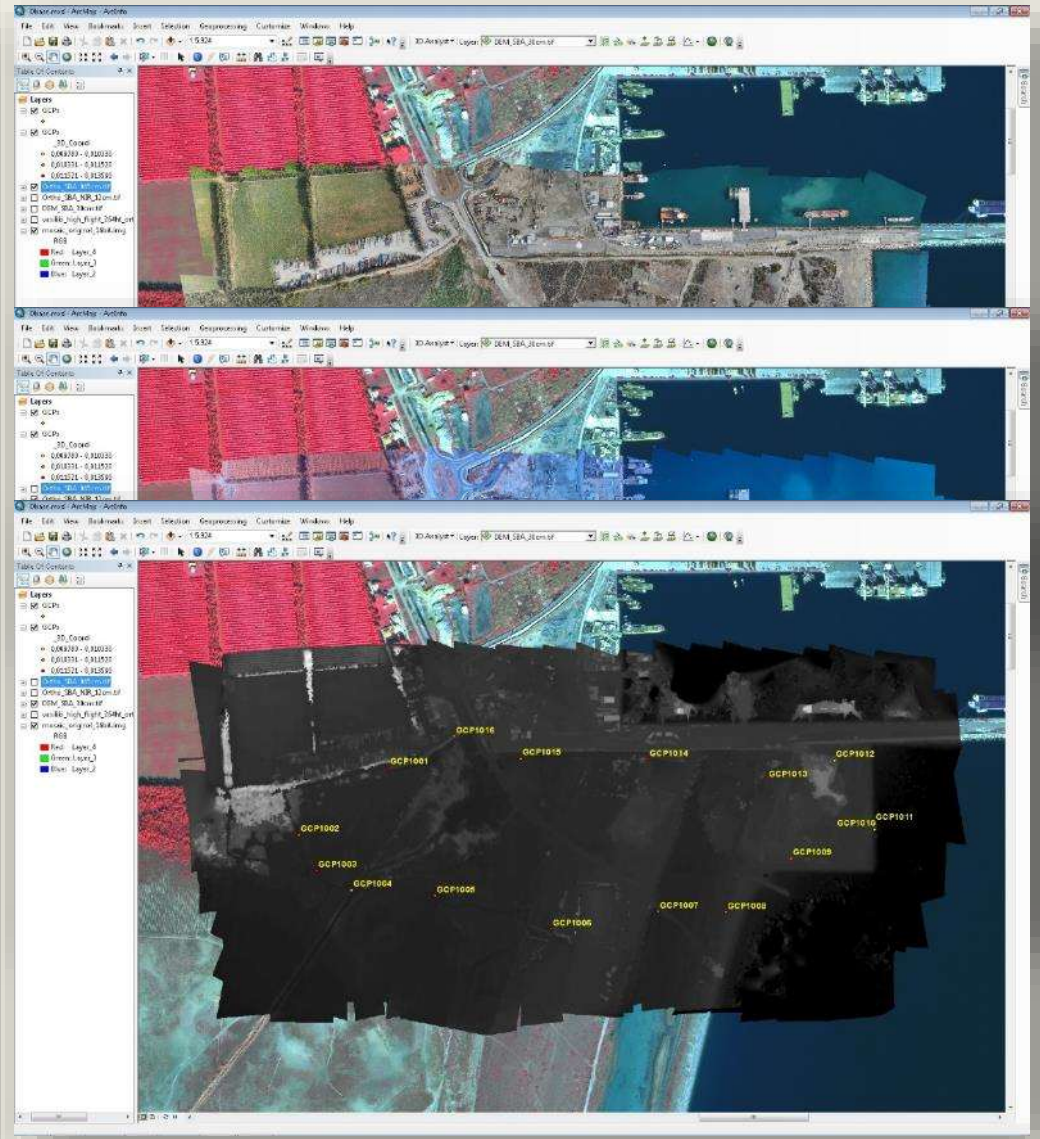
Εφαρμογές στο ΤΠΚ

- Νέο λιμάνι στο Ζυγι
- Ακρωτήρι 'Καταλύματα των πλακωτών'
- Ρόδος, Βασιλικά (HERICT 2013, RGB & NIF)
- Ακρωτήρι Lady's mile (RGB & NIF)
- Γεωργία ακριβείας (RGB & NIF)
- Γερμασόγεια (RGB & NIF & Lidar)
- Αρχαία Αμαθούντα (βαθυμετρικές & Lidar)
- Αρχαία Αμαθούντα, θέση Λούρες
- Νέο λιμάνι Αγ. Νάπας (βαθυμετρικές & Lidar)

Πρώτη εφαρμογή ΤΧΚ, 2012

UAS - παραδείγματα





ΑΗΚ – 2.2km x 1.3km - 2.4 τ.κλμ
5 cm pixel size

Νέα μαρίνα, Αγ. Νάπας

New marina development area

Νέα μαρίνα, Αγ. Νάπας

Flights

- 159 photos collected over 2 flights
- Average flying altitude ~ 207m
- Aerial imagery resolution ~ 7cm
- Area covered ~ 1.34km^2

Ground Control Points

- 24 GCPs collected with GPS RTK
- XYZ error – 3.7cm, 3.7cm, 5.9cm
- Total error – 7.9cm/1.05 pix

ΝΟΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Χαρτογράφηση, Φωτογραφήσεις για εκδηλώσεις, Βιντεοσκοπήσεις για διαφημίσεις, Ασφάλεια, Γεωργία ακριβείας

Κατηγορίες εφαρμογών

- Χαρτογράφηση μικρών και μεσαίων εκτάσεων
  - *Κτηματολόγιο*
  - *Αναδασμός*
  - *Πολεοδομία – αυθαίρετα*
  - *Αποτυπώσεις ζώνης για οδοποιΐα, αγωγούς, γραμμές υψηλής τάσης*
  - *Αποτύπωση αρχαιολογικών χώρων*
- Φωτογράφιση εκδηλώσεων
- Βιντεογράφιση για διαφήμιση
- Έλεγχος οδοστρωμάτων
- Κατολισθήσεις
  - *πρόβλεψη, εκτίμηση*
- Εποπτεία δασικών εκτάσεων
- Ογκομετρήσεις
  - *Ορυχείων*
  - *Εκσκαφών*
  - *Αποθέσεων*
- Διαχείριση απορριμάτων

Κατηγορίες εφαρμογών, συνέχεια...

- Παρακολούθηση και εκτίμηση καταστροφών
  - *Φωτιές*
  - *Πλημμύρες*
- Παρακολούθηση δυναμικών φαινομένων
  - *Διάβρωση ακτογραμμής*
  - *Κατολισθήσεις*
  - *Αστικοποίηση*
- Εκπαίδευση
- Τρισδιαστατη μοντελοποίηση αστικών περιοχών και κτιρίων
- Κατασκευές
- Καλλιέργειες
  - *Υπολογισμός NDVI*
  - *Διαχωρισμός ειδών*
  - *Ασθένειες*
  - *Εκτίμηση παραγωγής*

Νομικό πλαίσιο
περί Πολιτικής Αεροπορίας Νόμο (N213(I)2002/2015)

ΚΔΠ 402/2015 (27.11.2015) - Προϋποθέσεις για Διενέργεια Πτήσεων στην Κυπριακή Δημοκρατία από Μη Επανδρωμένα Αεροσκάφη Διάταγμα του 2015

Εφαρμογή από 1/5/2016

Σύνοψη:

- Εγγραφή μη επανδρωμένων α/φους
- Εκπαίδευση χειριστή
- Εγκεκριμένοι οργανισμοί με άδεια πτητικής λειτουργίας PRAS
  - ***360 iFLY***
  - ***S&M Photo Shine***
  - *SkyWorx Services*
- Ασφάλεια αστικής ευθύνης
- Άδεια πτήσης, για κάθε πτήση, στην ΥΠΑ
- Προσωπικά και στρατιωτικά δεδομένα

ΥΛΙΣΜΙΚΟ (ΦΟΡΕΑΣ & ΚΑΜΕΡΑ)

Take off by hand

Mavinci

Lehmann Aviation

Swinglet

Zephyr

Take off with catapult

(some may land using parachute)

AVI system

Gatewing

C-ASTRAL

Pteryx

Multi rotor

Aibotix

Microdrones

Dragonfly

High Tech

Microdrones

Aibotix

CYPRUS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
2004
Photogrammetric
vision lab

Multi rotor with Lidar scanner

Βασικά κριτήρια επιλογής
ανάλογα με την εφαρμογή…

- Ακτίνα δράσης & αυτονομία σε χρόνο
- Φορτίο και αισθητήρες
- Ταχύτητα
- Σύνδεση σε πραγματικό χρόνο (data link) & ακτίνα
- Αντοχή στον άνεμο
- Ελάχιστον χρόνος μεταξύ λήψεων
- Πλήρως αυτόνομη πτήση

- Μέγιστο ύψος πτήσης
- Χώρος απογείωσης & προσγείωσης
- Μέγιστη κάλυψη
- Ευστάθεια
- Ακρίβεια στην λήψη
- Άμεση γεωαναφορά εικόνων
- Επικινδυνότητα - βάρος
- Κανονισμοί αεροπλοΐας

Δευτερεύοντα κριτήρια επιλογής;

- Ελάχιστος χρόνος για απογείωση
- Λογισμικό προγραμματισμού πτήσης
- Επίπεδο επεξεργασίας δεδομένων
- Λογισμικό επεξεργασίας δεδομένων ή υπηρεσία
- Ηλεκτροκινητήρας ή καύσιμο (και ποιο;)
- Συντήρηση & διαθεσιμότητα ανταλλακτικών
- Εκμάθηση & προσωπικό
- Ευκολία μεταφοράς

ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΕΤΡΙΑ: ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΚΑΙ ΠΑΡΑΔΟΤΕΑ

Βασικές αρχές
(για την περίπτωση της χαρτογράφησης)

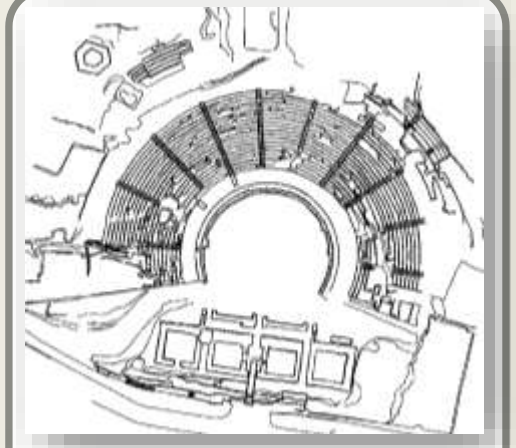
Πλεονεκτήματα

- Οποιαδήποτε ακρίβεια
- Φωτογραφική τεκμηρίωση
- Κάλυψη μεγάλης έκτασης
- Βελτίωση αυτοματισμών σε ορισμένα παραδοτέα
- Συνδυασμός με Lidar

Μειονεκτήματα

- Εξάρτηση από επίγειες μετρήσεις (πριν και μετά την φωτογράφιση)
- Οτιδήποτε δεν φαίνεται στις α/φ, δεν μπορεί να μετρηθεί
- Ειδικές γνώσεις και εργαλεία

Παραδοτέα

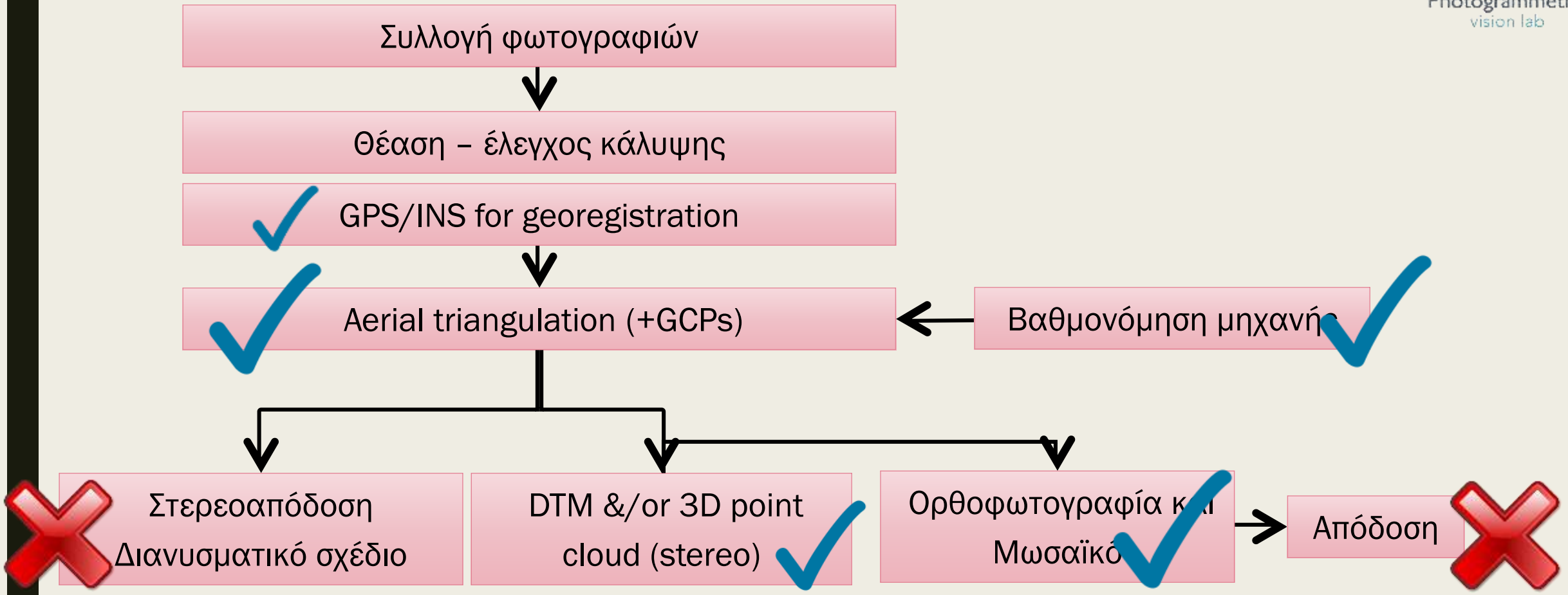


Σχέδια

DSM

Ορθο φωτο μωσαϊκά

Επεξεργασία δεδομένων
με ‘κλασσική’ φωτογραμμετρία



ΑΚΡΙΒΕΙΑ

Παράγοντες

Φωτογραφική μηχανή

- *Ποιότητα φακών*
- *Ανάλυση*
- *Μέγεθος αισθητήρα*
- *Βαθμονόμηση*

Σχεδιασμός πτήσης

- *Ύψος πτήσης*
- *Επικαλύψεις*

Φωτοσταθερά

- *Προσημασμένα ή φυσικά*
- *Πλήθος & γεωμετρία*

Λογισμικό & Αυτοματισμοί

- *Έλεγχος σε κάθε φάση*
- *Σημεία ελέγχου*

Παραδοτέα

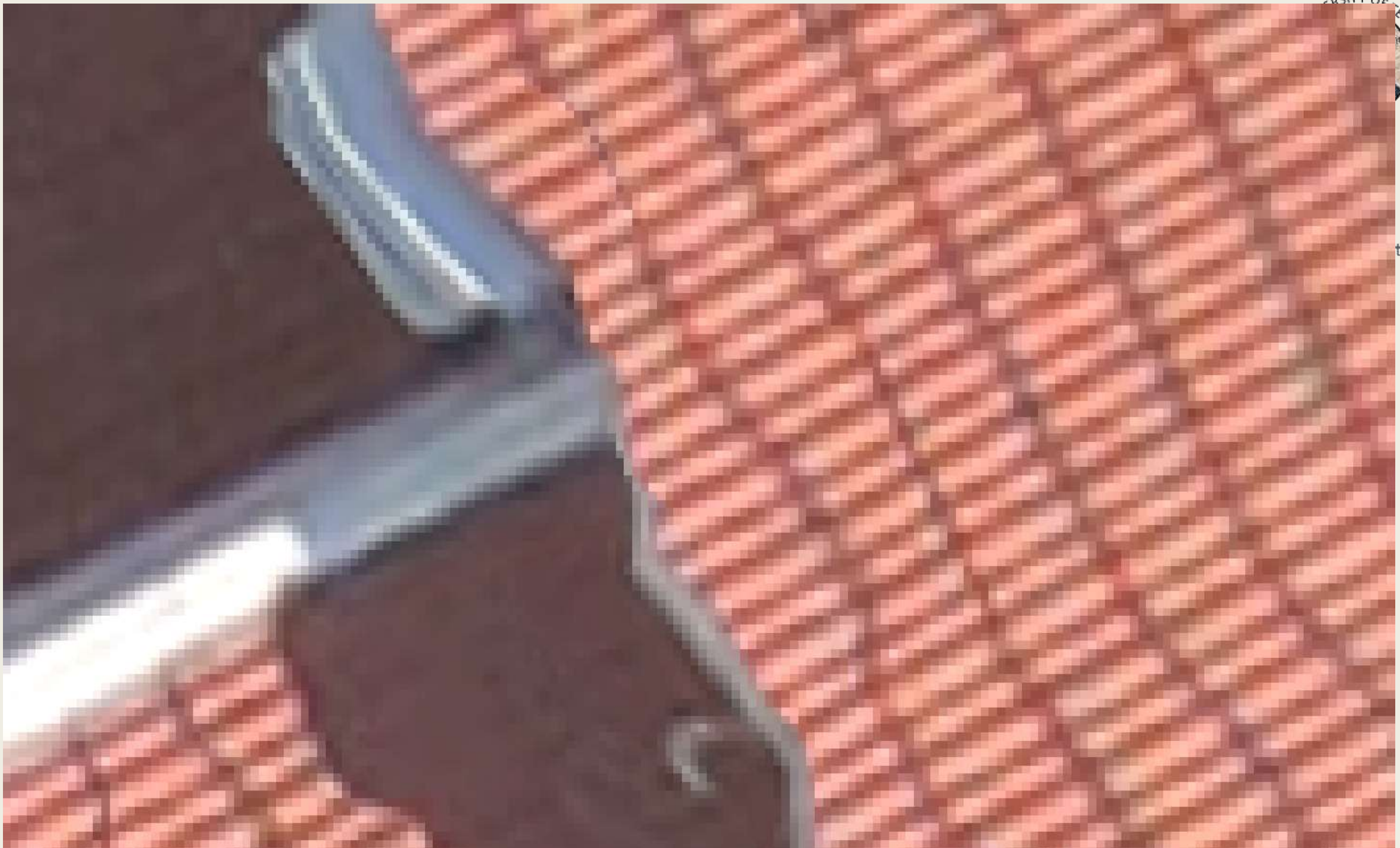
- *Στερεοσκοπική απόδοση*
- *Ορθοφωτογραφία και DSM*

CYPRUS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

2004

Photogrammetric

vision lab



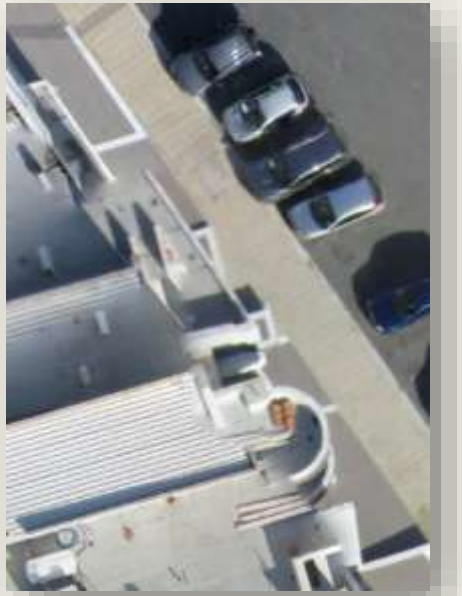
Λεπτομέρειες

6cm ground pixel size

Perspective
Faces: 1893436 vertices: 968151

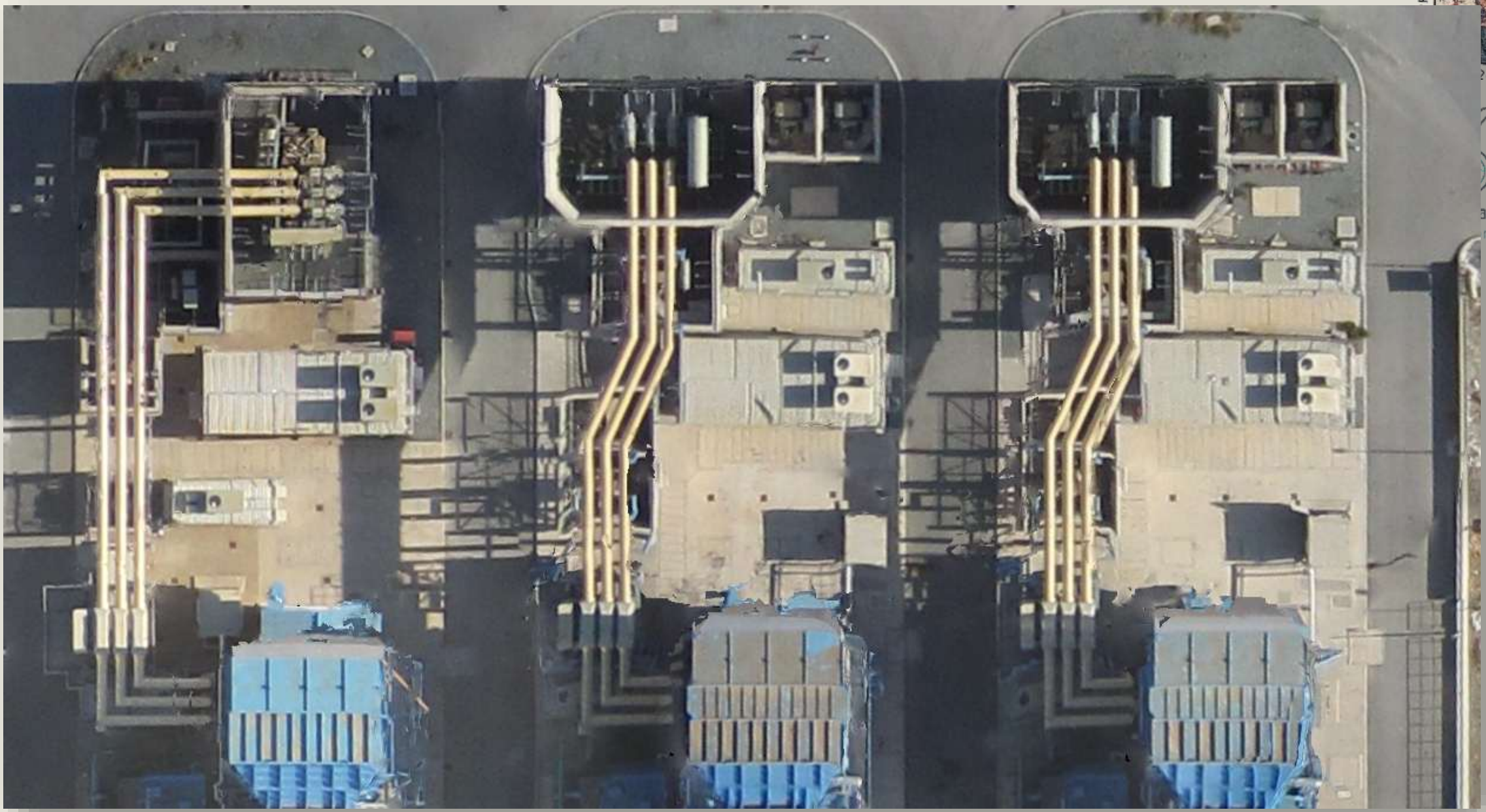
CYPRUS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
2004

Photogrammetric
vision lab



CYPRUS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY 2004

Photogrammetric vision lab



ΧΑΡΤΟΓΡΆΦΗΣΗ ΖΏΝΗΣ 23ΚΜ ΓΙΑ ΤΗΝ ΜΕΛΈΤΗ ΝΈΑΣ ΓΡΑΜΜΉΣ ΥΨΗΛΉΣ ΤΆΣΗΣ ΚΟΦΊΝΟΥ-ΑΛΆΜΠΡΑ

Μελέτη της νέας γραμμής υψηλής τάσης Αλάμπρα-Κοφίνου

Χέρσες, δασικές και δύσβατες εκτάσεις

Προεπιλογή θέσεων των μεταλλικών πυλώνων

Υψομετρία και πυκνό ανάγλυφο, με την κόμη των δέντρων, για έλεγχος του βέλους κάμψης των καλωδίων

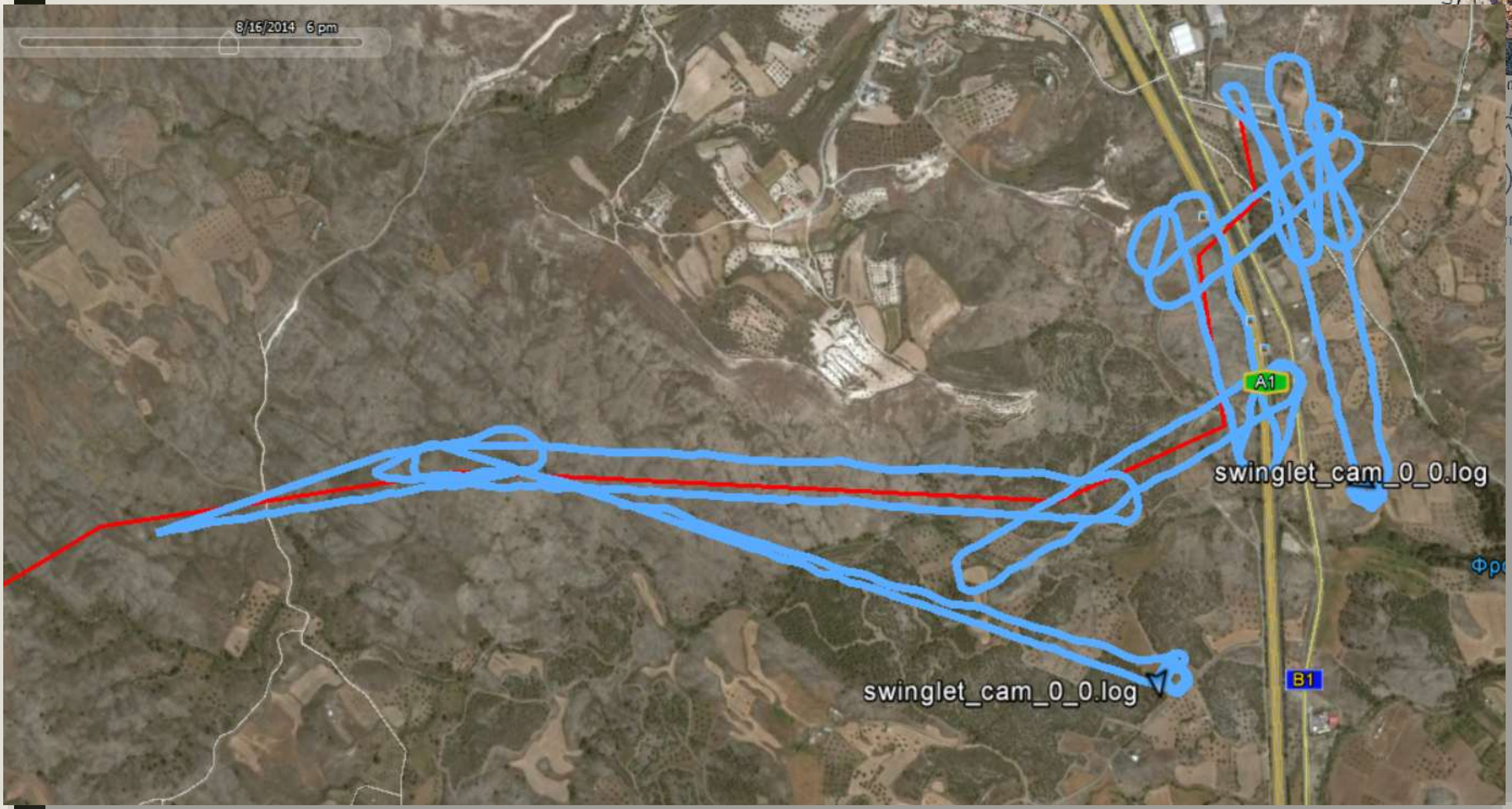
Χρήση UAS

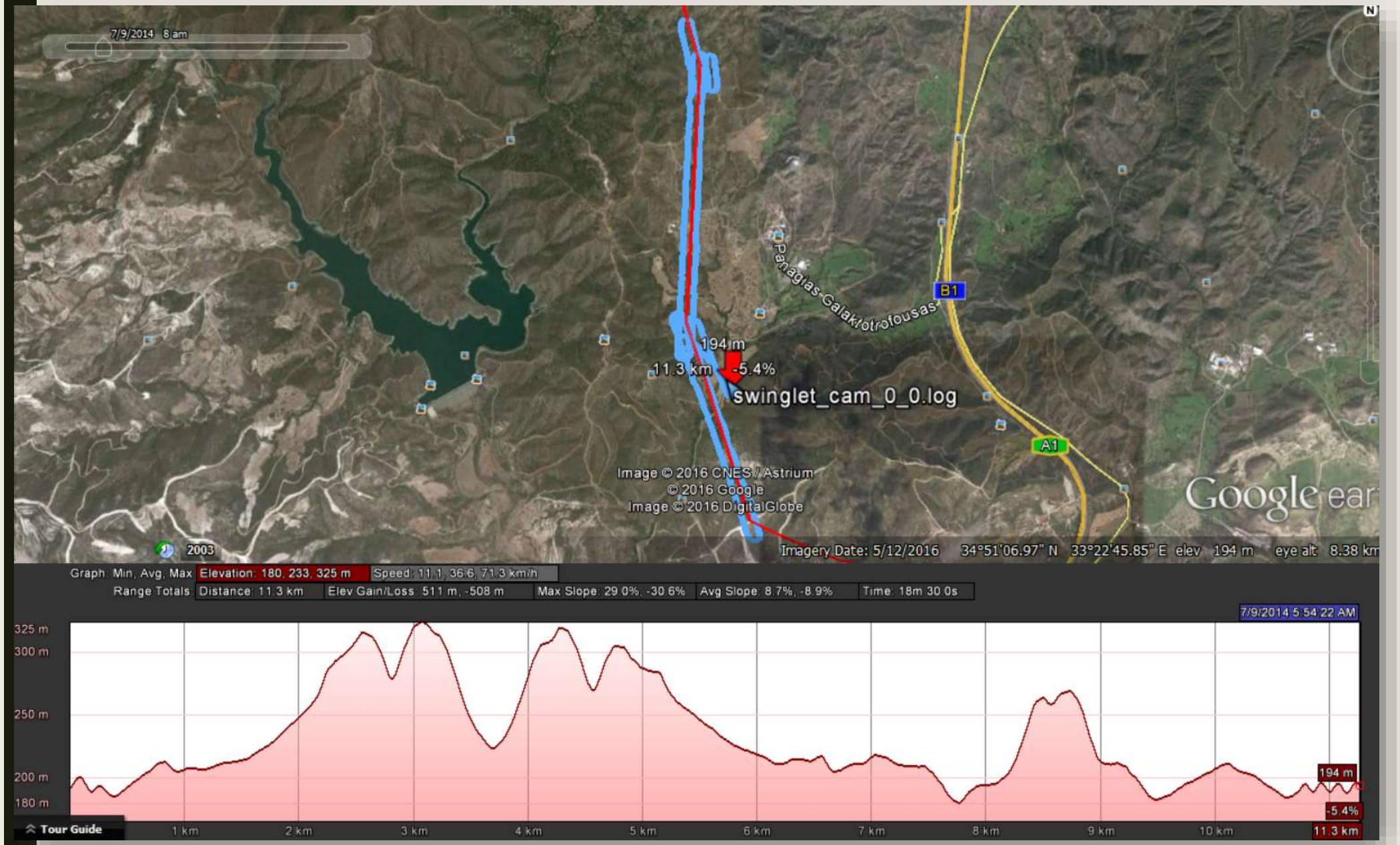
Λεπτομερές και εικονιστικό προϊόν, και για δικαστική χρήση

Σύγκριση με την επίγεια κλασσική τοπογραφία (1.5 - 2 km ημερησίως)

Σχεδιασμός πτήσης

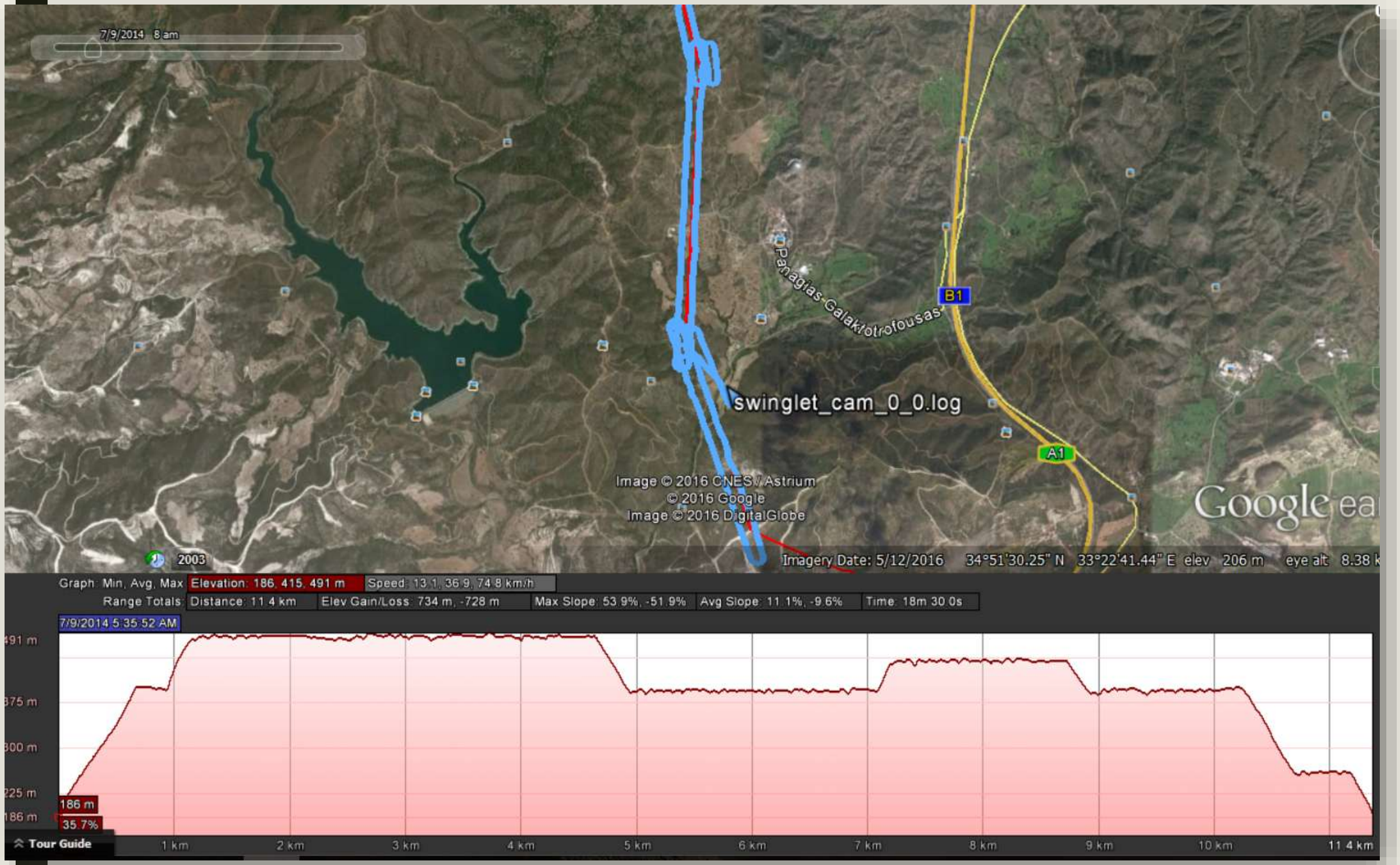
- ΑΔΕΙΕΣ
- Σχεδιάστηκαν 9 πτήσεις – μέγιστη 4km
  - *Επανάληψη των δύο εξ'αυτών*
  - *Πρόσθετα 2 πτήσεις block*
  - *ΣΥΝΟΛΟ 13 πτήσεις*
- Συλλέχθηκαν συνολικά 1304 α/φ & 205 φ/σ
- Μέσο μέγεθος εικ/ου 0.06m


8/16/2014 6 pm
A1
B1
swinglet_cam_0_0.log
swinglet_cam_0_0.log



CYPRUS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY 2004

Photogrammetric vision lab

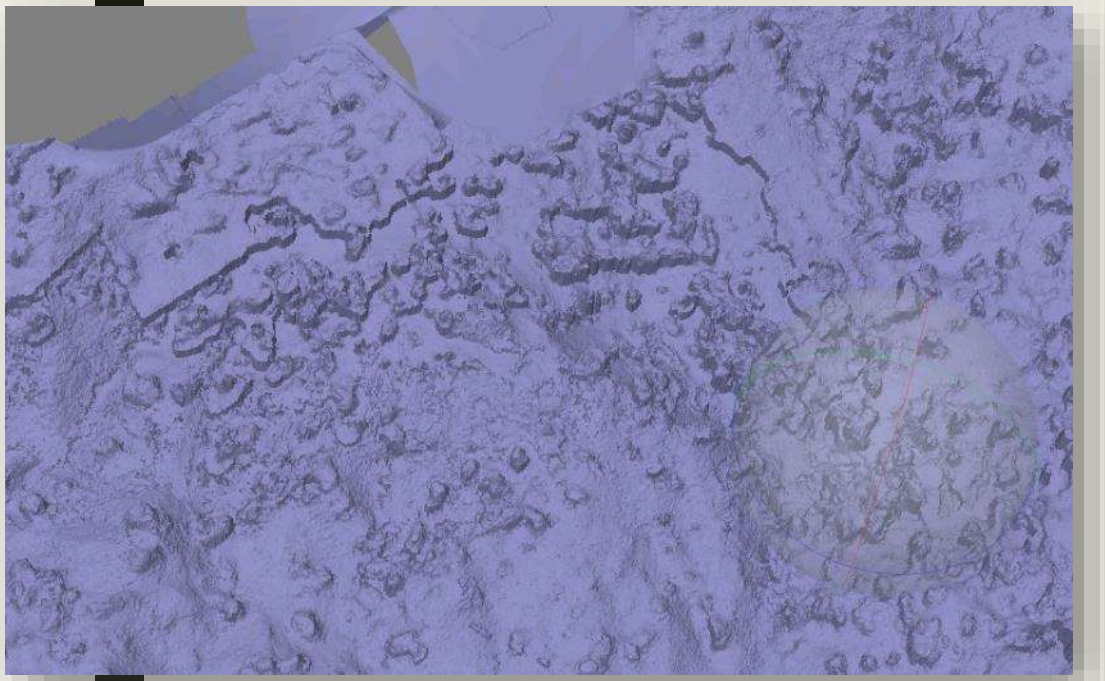


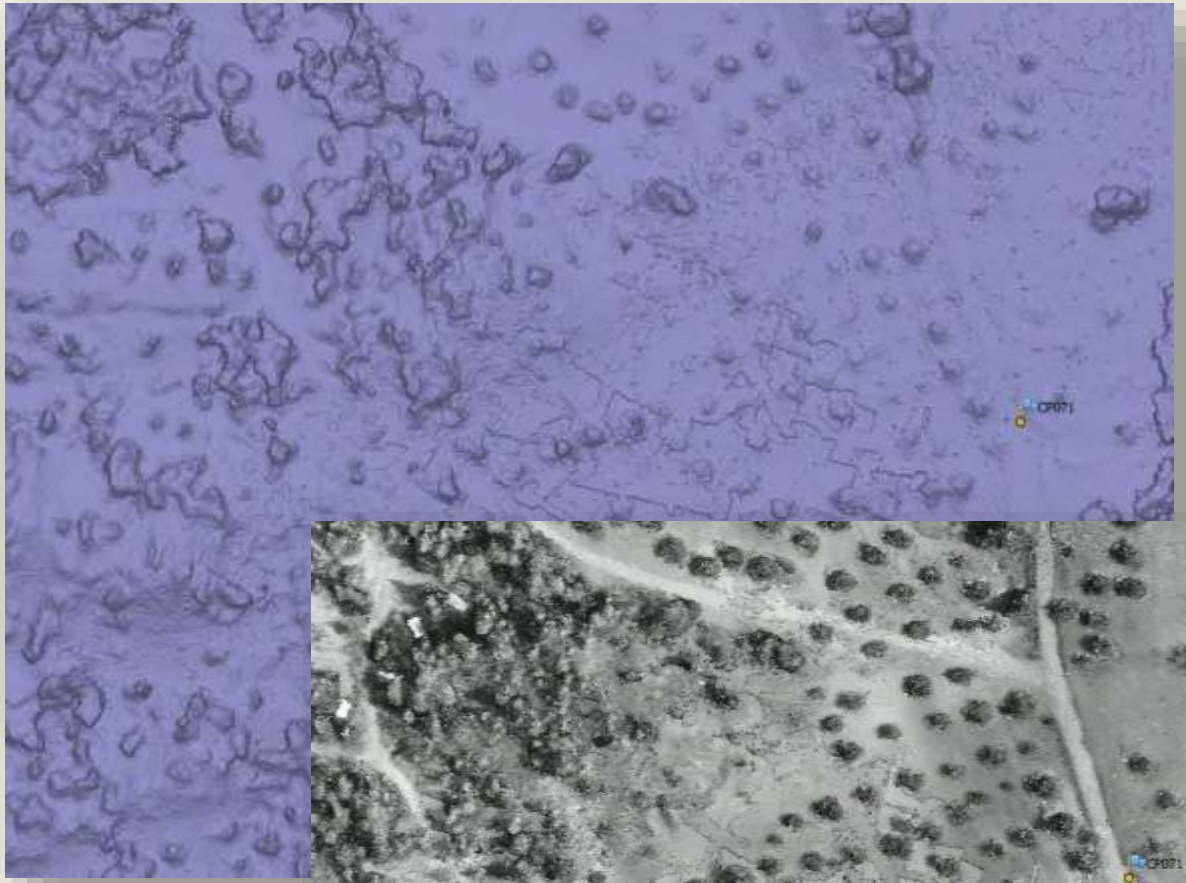
CYPRUS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
2004

Photogrammetric
vision lab

Επεξεργασία

- Αυτόματος σχετικός, φιλτράρισμα σημείων
- Σκόπευση φ/σ, επίλυση
- Δημιουργία DSM, οπτικός έλεγχος
- Προσθήκη νέων σημείων χειρωνακτικά όπου χρειαζόταν και επανάληψη Α/Τ





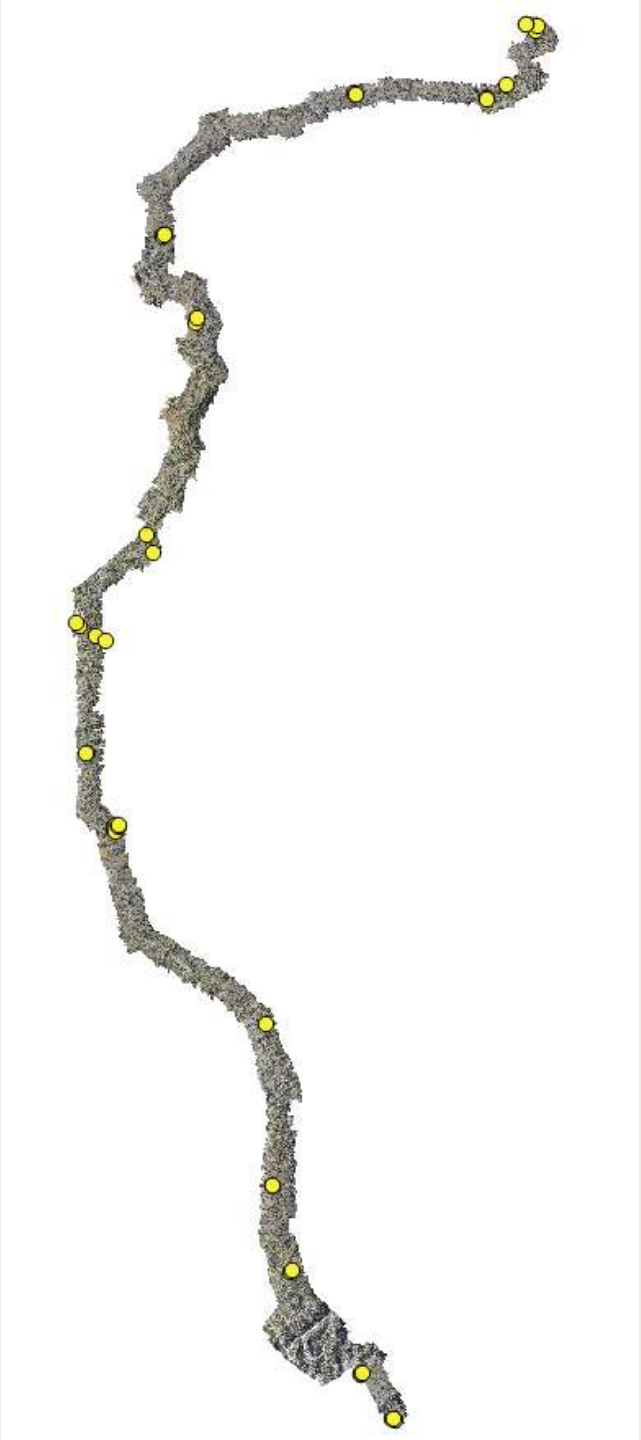
CYPRUS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

2004

Photogrammetric vision lab

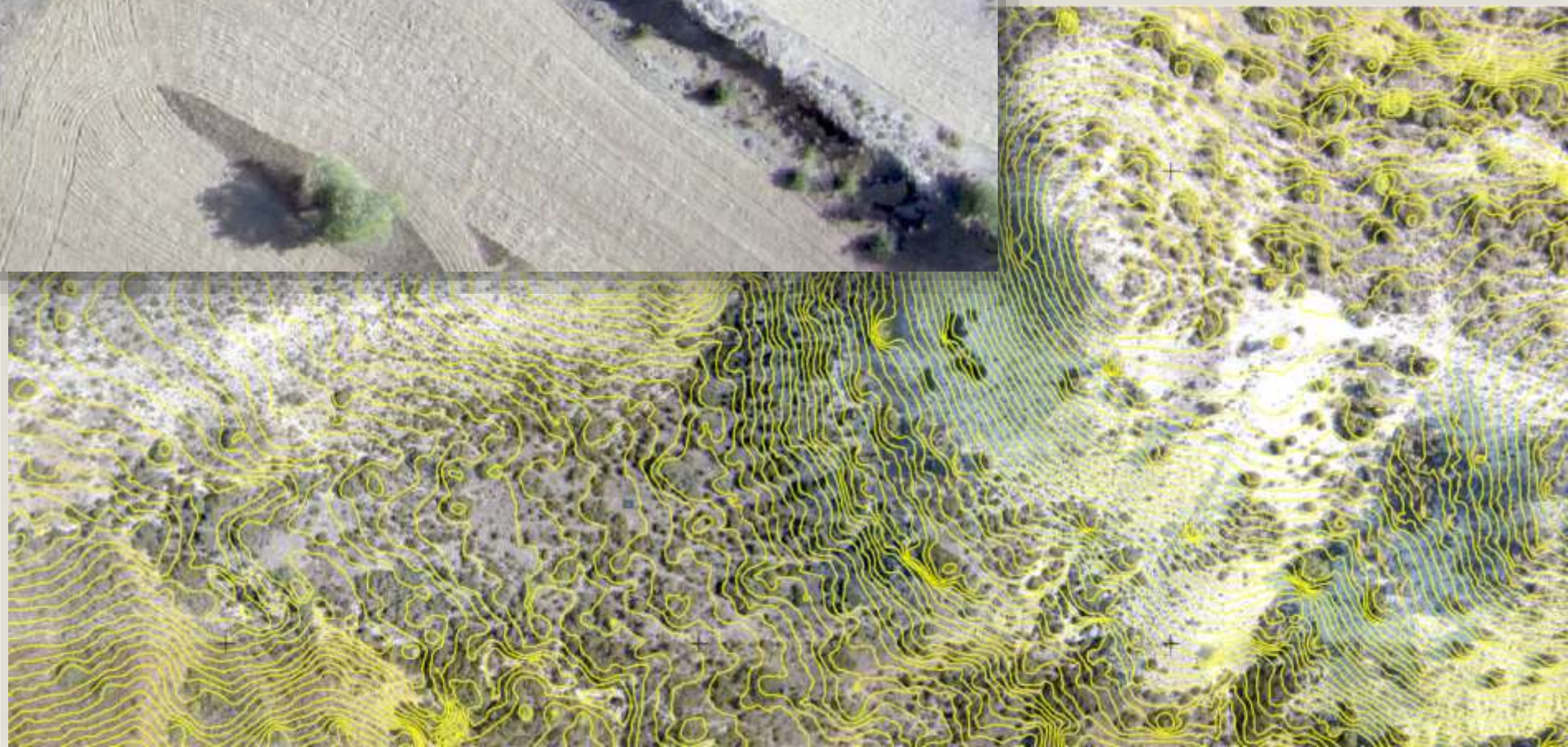
Πυκνότητα φ/σ

- 42 φ/σ
- Υπερβολή αισιοδοξία σε συνδυασμό με το δύσβατο έως απροσπέλαστο του εδάφους
  - *Ανοίγματα 3,7 km*
- Σημεία ελέγχου ΚΤΧ (#2950)
  - *20m, από 1:25000 α/φ, ακρίβεια 1m (;)*
  - *Αποκλίσεις -15.1m ~ +3.2m*
  - *ΜΟ & τυπ. Απ. -1.53m +/- 2m*



Πυκνότητα φ/σ

- 205 ΦΣ
- Μέγιστο άνοιγμα 500m
- RMS Φ/Σ 0.05, 0.05, 0.11m
- RMS ΣΣ 0.6 pix, ΦΣ 1 pix
- Σημεία ελέγχου ΑΗΚ με GPS (#74)
  - *Μεγιστες Αποκλίσεις -0.49m ~ +0.35m*
  - *RMS 0.17m*



CYPRUS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

2004

Photogrammetric vision lab

ΜΕΡΙΚΑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ, ΣΕ ΟΡΘΟΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ

Ευαγόρα Λανίτη

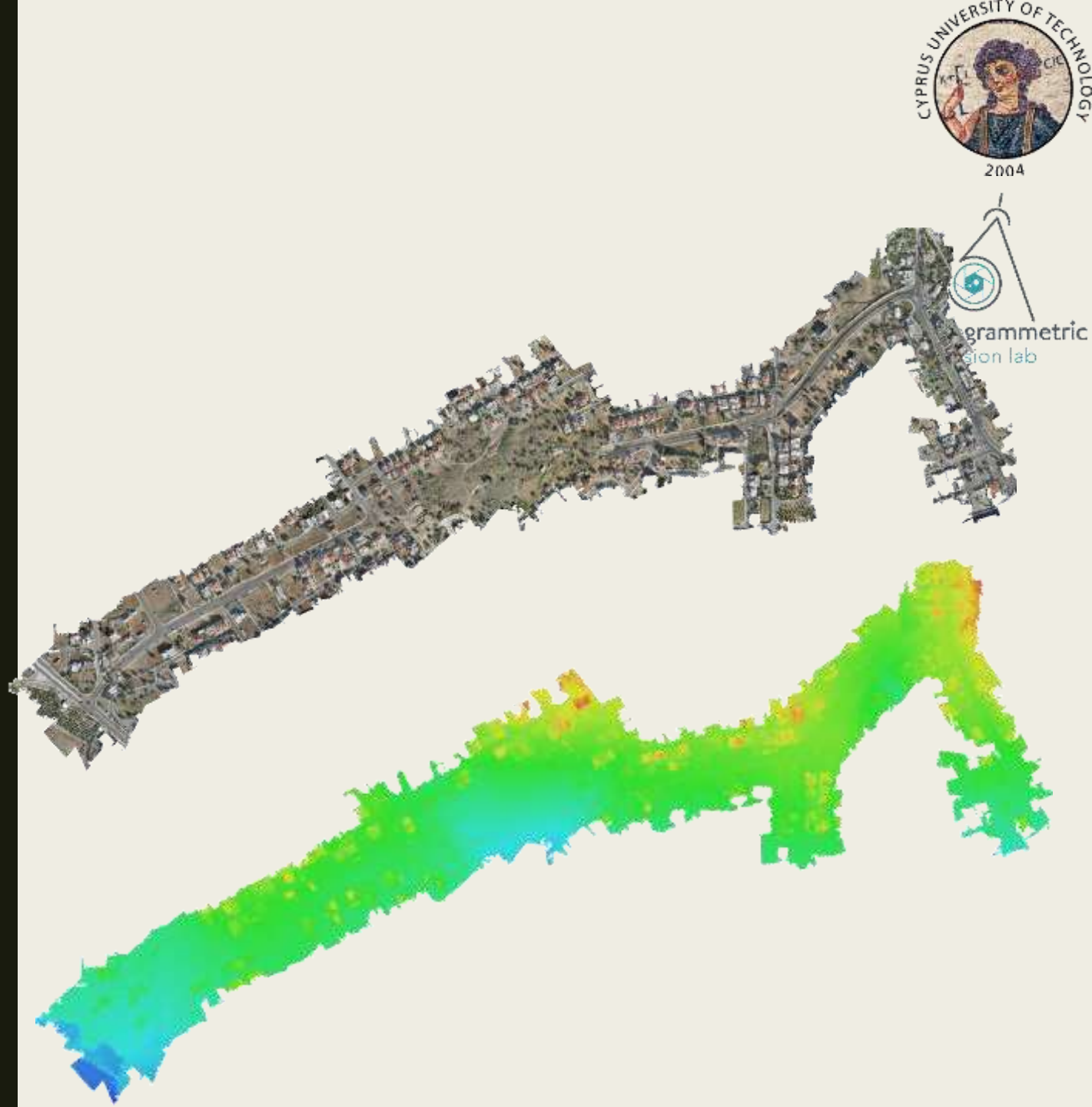
ΑΦ 282

Area 0.5 sq km

Ground pixel size 0.02 m

RMS ΣΣ 1.1 pixel

RMS ΦΣ 0.016, 0.027, 0.033m



Γερμασόγεια

ΑΦ 365

Area 1.3 sq km

Ground pixel size 0.085 m

RMS ΣΣ 0.8 pixel

RMS ΦΣ 0.07, 0.055, 0.14m

Γερμασόγεια

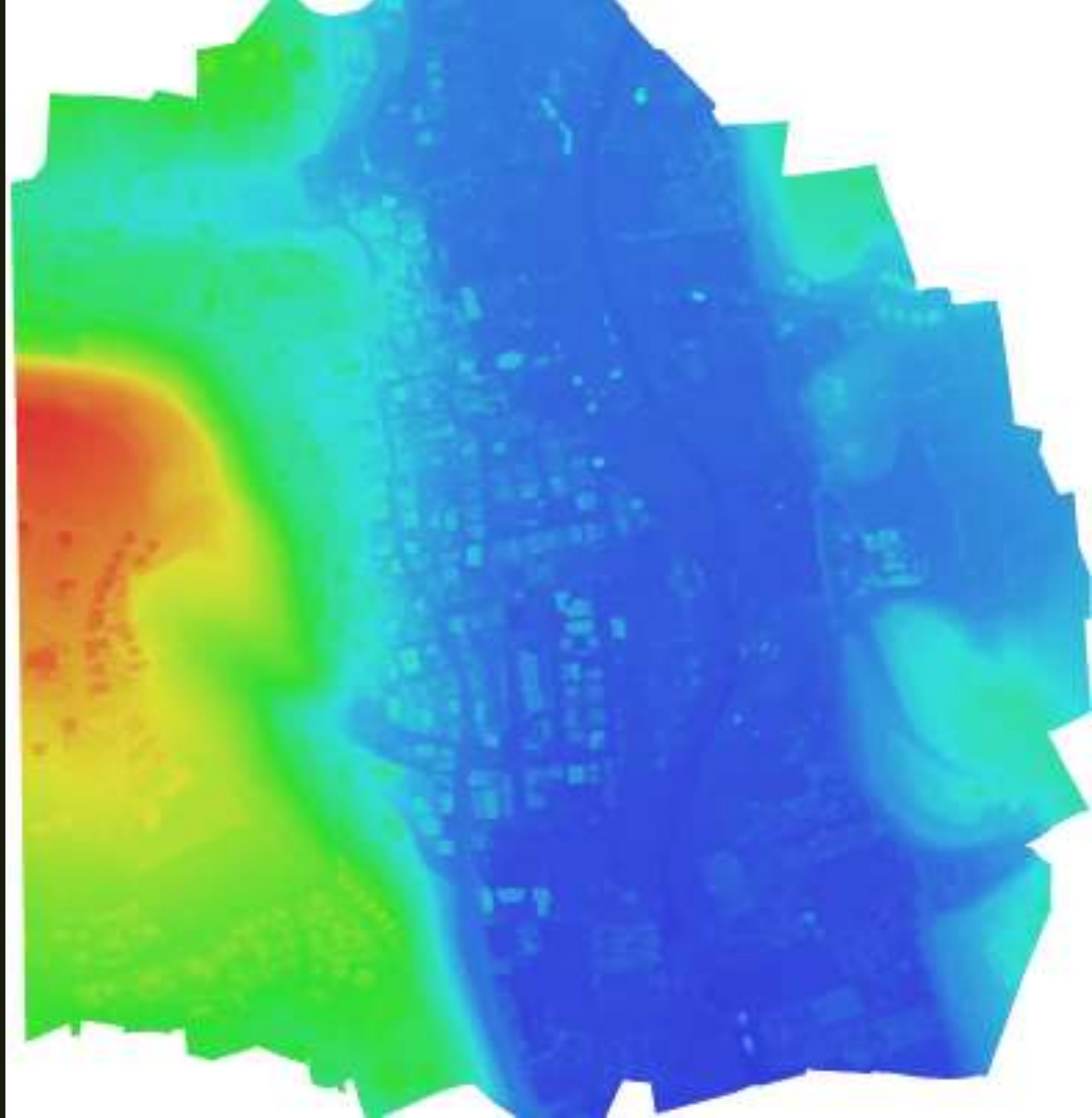
ΑΦ 365

Area 1.3 sq km

Ground pixel size 0.085 m

RMS ΣΣ 0.8 pixel

RMS ΦΣ 0.07, 0.055, 0.14m



Βασιλικο-ορυχειο

ΑΦ 279

Area 1.9 sq km

Ground pixel size 0.04 m

RMS ΣΣ 0.7 pixel

RMS ΦΣ 0.10, 0.11, 0.24m

Lady’s Mile

AΦ 391

Area 1.8 sq km

Ground pixel size 0.064 m

RMS ΣΣ 0.7 pixel

RMS ΦΣ 0.056, 0.018, 0.005m

Βασιλικό

ΑΦ 120

Area 1.0 sq km

Ground pixel size 0.07 m

RMS ΣΣ 1.1 pixel

RMS ΦΣ 0.10, 0.12, 0.17m

CYPRUS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY 2004

Photogrammetric vision lab

Βασιλικό

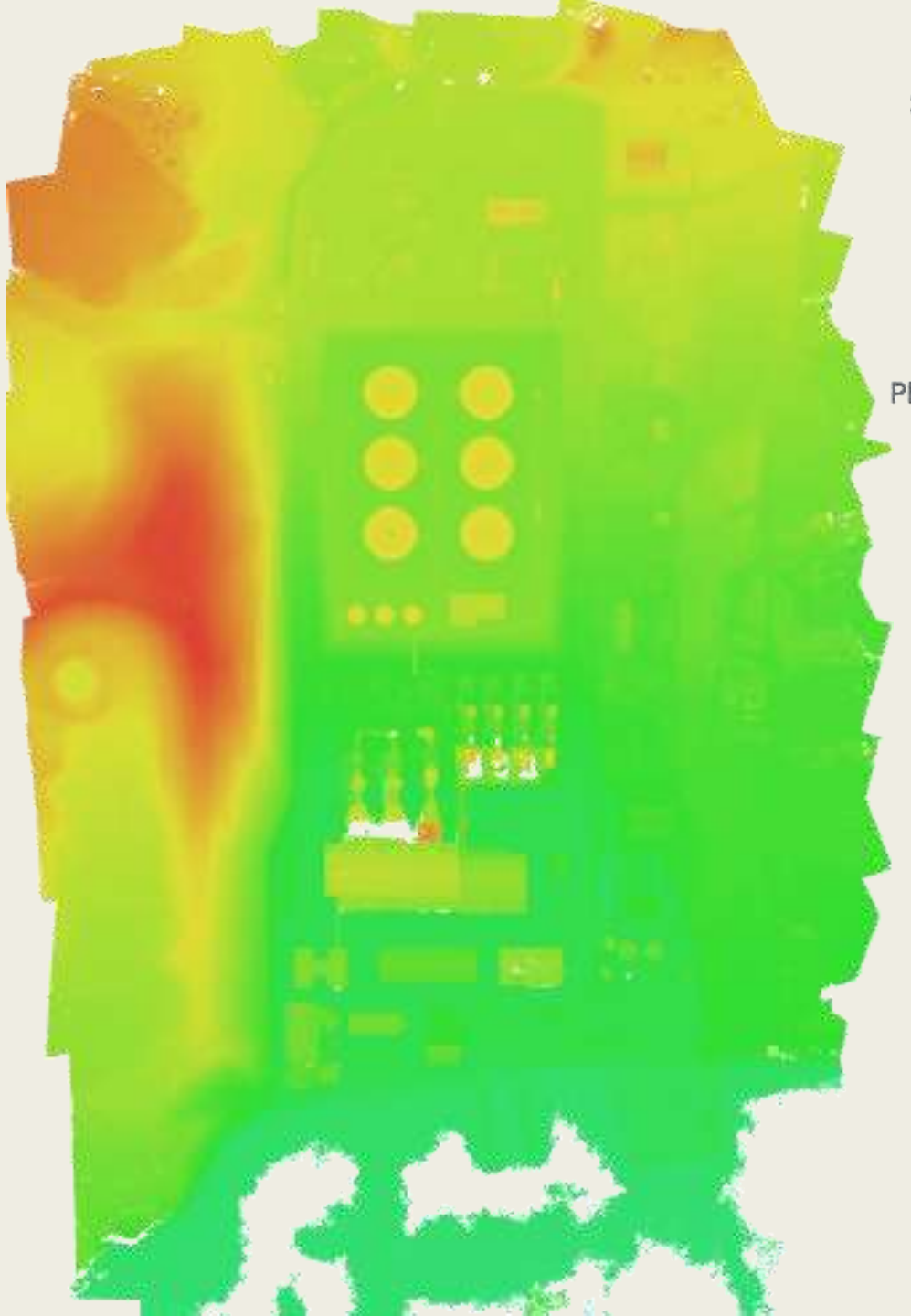
ΑΦ 120

Area 1.0 sq km

Ground pixel size 0.07 m

RMS ΣΣ 1.1 pixel

RMS ΦΣ 0.10, 0.12, 0.17m



Εμπειρικός κανόνας

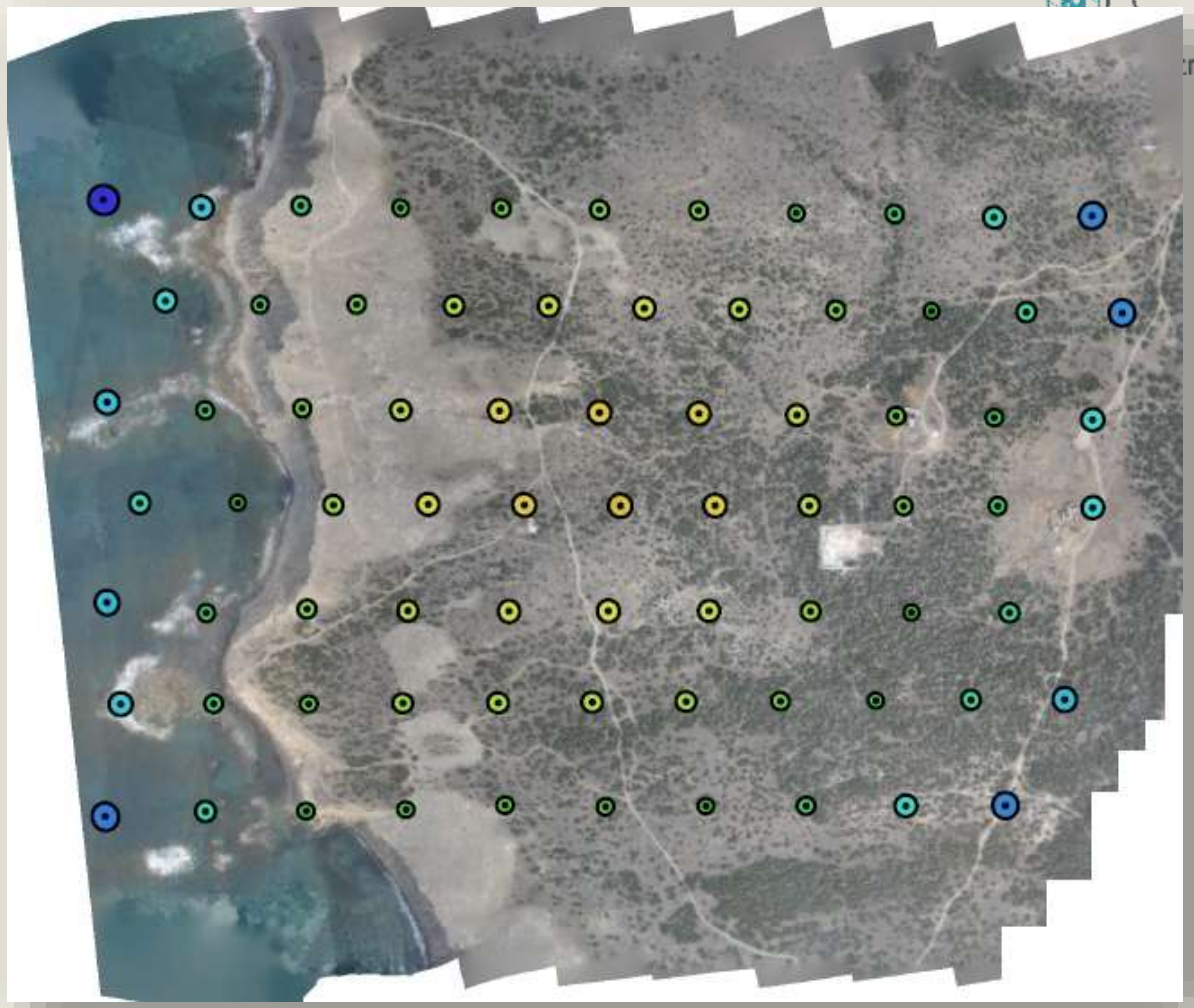
Με το σύστημα φορέα-κάμερας ΤΠΚ:

- Στην εικόνα ΣΣ <1 εικ/χείο, ΦΣ =1 εικ/χείο
- RMS στα φ/σ ~0.8 εικ/χείο
- RMS στα σημεία ελέγχου 2 εικ/χεία
- Αναμενόμενο σφάλμα σε τυχαίο σημείο εντός του block, x3 του RMS στα φ/σ

ΑΕΡΟΤΡΙΓΩΝΙΣΜΟΣ ΧΩΡΙΣ Φ/Σ

Συνόρθωση AT UAS, χωρίς φ/σ

- Χέρσα έκταση
- UAV με μονόσυχνο GPS + INS
- 75 αφ 70%-50%
- 260m ύψος πτήσης
- 0,1m ground pixel size
- 1.3 τετρ. Km (1,4km x 0.9km)
- Μεγάλη δυσκολία για μέτρηση 18 φυσικών σημείων ως φ/σ

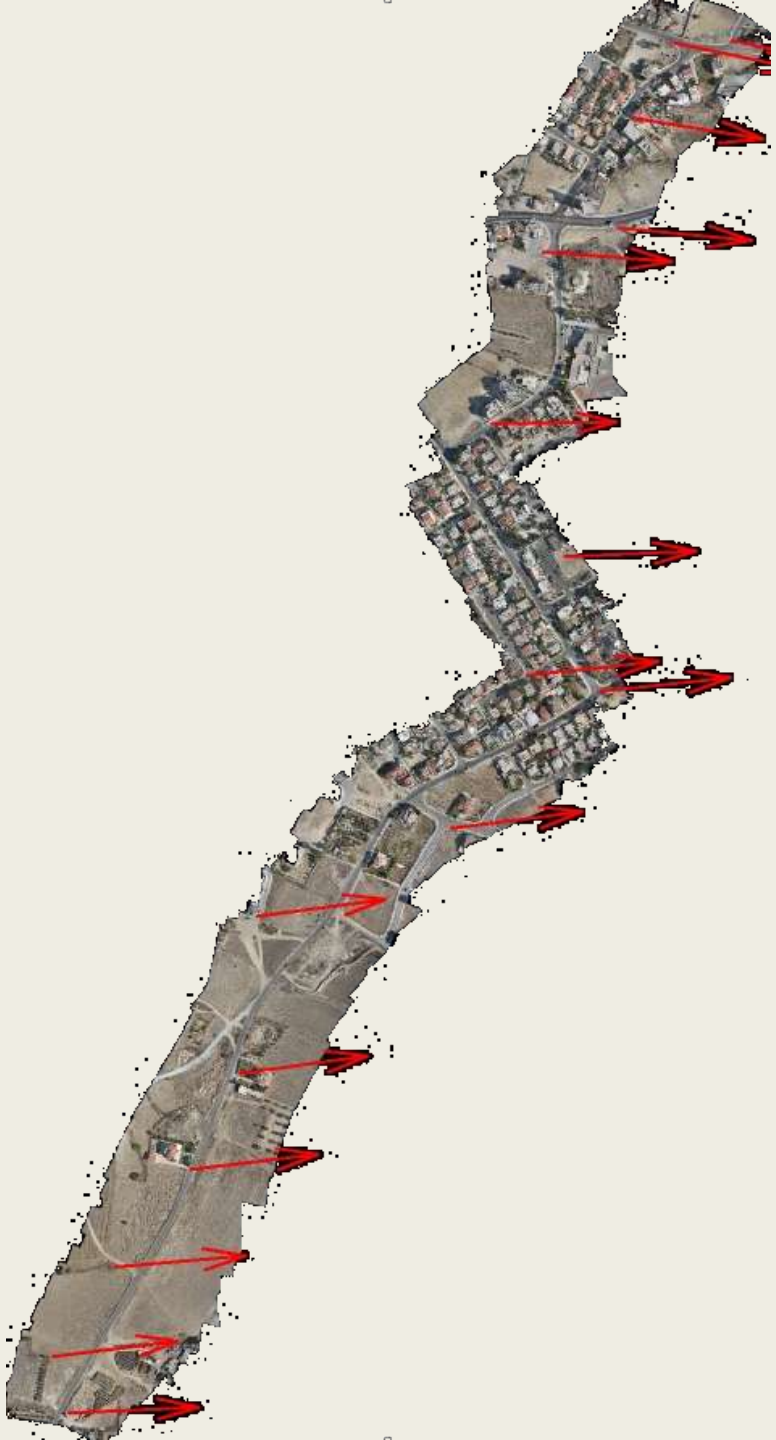


Αποτελέσματα

- Κανονικός ΑΤ
  - *Χρήση των 18 φ/σ*
  - *RMS=0.25m*
- Χωρίς φ/σ, χρήση μόνο GPS
  - *RMS = 0.9 m*
  - *σχετική ακρίβεια <0.2%*

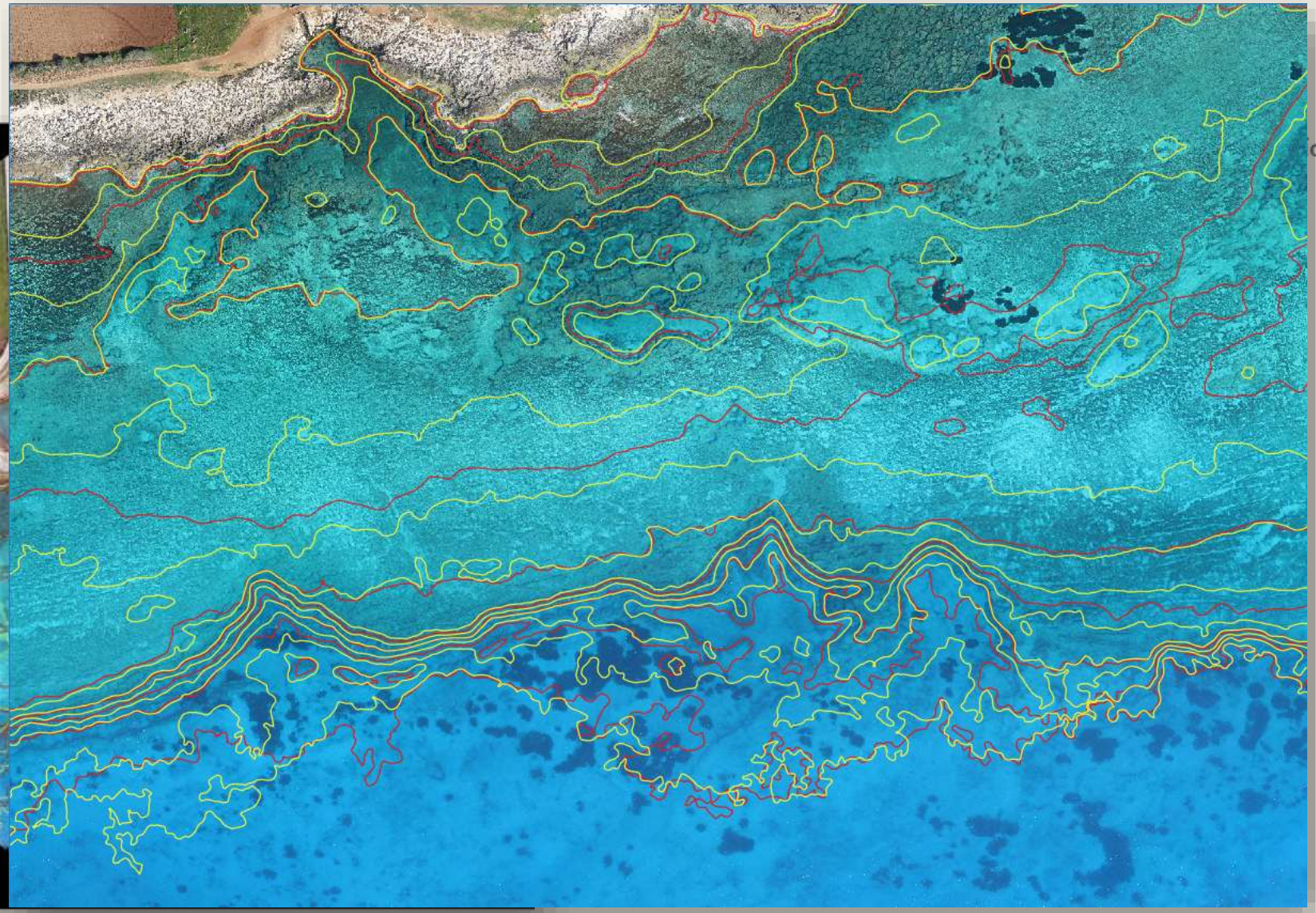
Αποτελέσματα

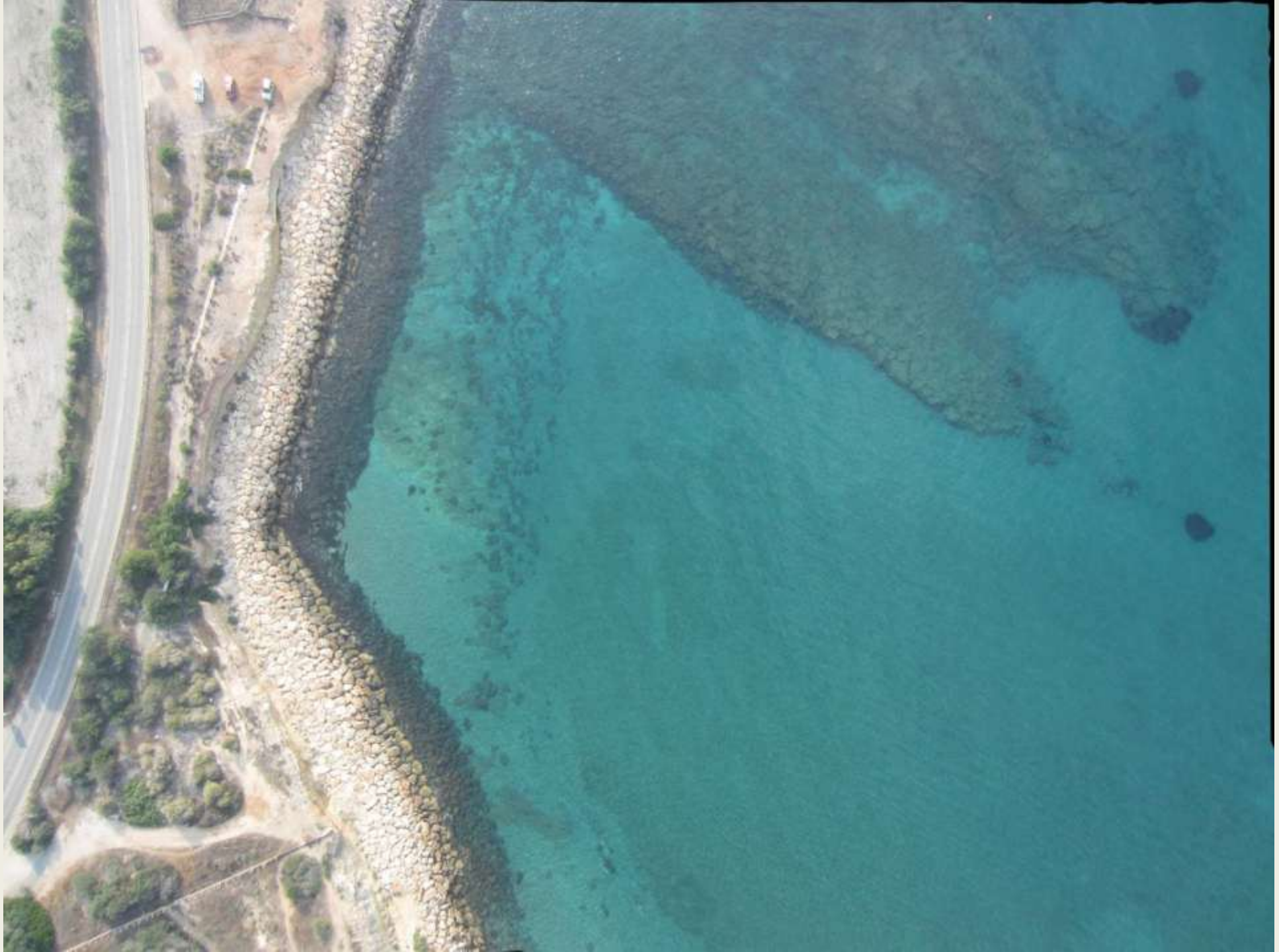
- Κανονικός ΑΤ
  - *Χρήση 15 σημείων*
  - *RMS 0.05m*
- Χωρίς φ/σ, χρήση μόνο GPS
  - *Απευθείας, RMS X = 4.2 m*
  - *Απευθείας, RMS Y = 0.9 m*
  - *Σχετική ακρίβεια <0.15%*



ΒΑΘΥΜΕΤΡΙΑ

Βυθομετρία





CYPRUS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
2004

Photogrammetric
vision lab

CYPRUS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
2004

Photogrammetric
vision lab

ΕΝΤΟΣ Ή ΕΚΤΟΣ ΚΤΧ;

Αναθέσεις εντός ή εκτός

Εξωτερικούς φορείς

- Συγγραφή προδιαγραφών
- Έλεγχος προδιαγραφών
- Εκτίμηση κόστους

Εσωτερικό ΚΤΧ

- Επιλογή φορέα-μέσου, λογισμικού
- Αγορά
- Εκπαίδευση προσωπικού
  - *Πτήσεις*
  - *Διαδικασίες υπαίθρου*
  - *Λογισμικό & διαδικασίες γραφείου*
- Διαδικασίες άδειας από ΥΠΑ

ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ UAS, ΓΙΑ ΤΟ ΤΧΚ

Δρ. Δ. Σκαρλάτος, Επίκουρος Καθηγητής
Εργαστήριο Φωτογραμμετρίας
Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου
www.photogrammetric-vision.weebly.com

Coordinator iMARECULTURE, H2020 RIA project
Co-chair of ISPRS WG II/9: Underwater Data Acquisition and Processing
EuroSDR academic delegate of Cyprus