ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΝΟΜΩΝ ΜΗ ΕΠΑΝΔΡΩΜΕΝΩΝ ΑΕΡΟΧΗΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΧΩΡΩΝ

Δρ. Δημήτριος Σκαρλάτος

Λέκτορας ΤΕΠΑΚ, Εργαστήριο Φωτογραμμετρίας

Διπλ. Μηχ/κός ΕΜΠ, MSc Univ. London (UCL), Δρ. ΕΜΠ

www.photogrammetric-vision.weebly.com

Διάρθρωση διάλεξης

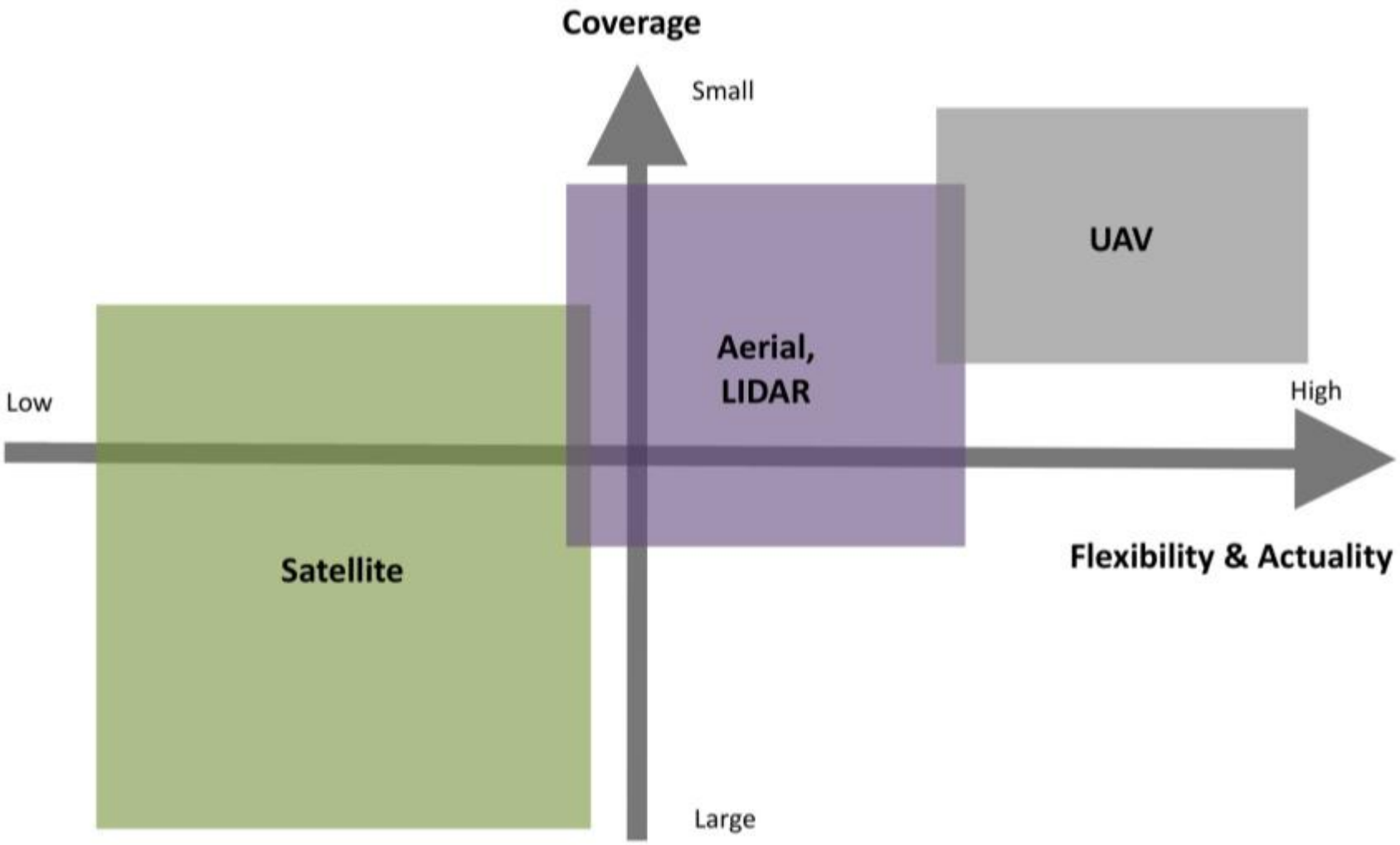
- Ορισμοί και κατηγοριοποίηση
- Σύντομη αναδρομή και προβλήματα
- Εμπορικά συστήματα
- Προγραμματισμός & εκτέλεση πτήσης
- Εφαρμογές

Ορισμοί και κατηγοριοποίηση

RC vs Autonomous

Σταθερών πτερύγων vs πολλαπλών στροφείων

Πλατφόρμες φωτογράφισης: κάλυψη και ευελιξία



Μη επανδρωμένα αεροχήματα ‘UAVs’ για χαρτογράφηση

- Τρίποδες
- Γερανοφόρα οχήματα
- Αετοί (kites)
- Μπαλόνια (balloons)
- Αερόστατα (airships)
- Ελικόπτερα
- Αεροπλάνα (fixed wings)
- Πολλαπλούς έλικες
- Paraglider

Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα

αναλόγως κατηγορίας

Table 3-2: Pro and cons of the different type of UAVs (0: Lowest value; +: Middle value; ++: Best).

Type of aircraft	Range	Endurance	Weather and wind dependency	Maneuverability
Balloon	0	++	0	0
Airship	++	++	0	+
Gliders/Kites	+	0	0	0
Fixed wing gliders	++	+	+	+
Propeller & Jet engines	++	++	+	+
Rotor-kite	++	+	0	+
Single rotor (helicopter)	+	+	+	++
Coaxial	+	++	+	++
Quadrotors	0	0	0	++
Multi-copters	+	+	+	++

Ορισμός UAV

- **Unmanned aerial vehicle** (UAV), are to be understood as uninhabited and reusable aerial vehicles (Blyenburgh, 1999).

- Αναπτύχθηκαν για στρατιωτικές εφαρμογές
- Πτήση με χρήση μηχανής και βοήθεια αεροδυναμικής (εξαιρούνται μπαλόνια-χαρταετοί)
- Επαναχρησιμοποιήσιμα (εξαιρούνται πύραυλοι)
- Διακρίνονται σε <u>RC, assisted, autonomous</u>

Κατηγορίες UAS

Σύντομη αναδρομή και προβλήματα

Πτήσεις RC

Βελτιώσεις με χρήση αυτόνομων UAV

Εγγενή πλεονεκτήματα UAVs

- Χαμηλό κόστος (κτήσης, συντήρησης)
- Πτήση κοντά στο αντικείμενο
- Ευελιξία προγραμματισμού, σχεδιασμού
- Άμεση εκτέλεση πτήσης
- Δυνατότητα κατακόρυφων, πλάγιων και οριζοντίων λήψεων
- Άμεση χρήση δεδομένων
- Χρήση σε επικίνδυνες συνθήκες
- Εκπαιδευτική αξία

Εγγενή μειονεκτήματα

- Έμπειρος χειριστής (RC)
- Ναυτίλος – φωτογράφος (RC)
- Χρήση εντός οπτικού πεδίου (RC - χαμηλή ακτίνα δράσης)
- Χαμηλή οροφή πτήσης
- Περιορισμοί φορτίων
- Ασαφές νομικό πλαίσιο

Κανονισμοί αεροπλοΐας

Εξαρτάται από την χώρα, αλλά γενικά μεγάλο κενό

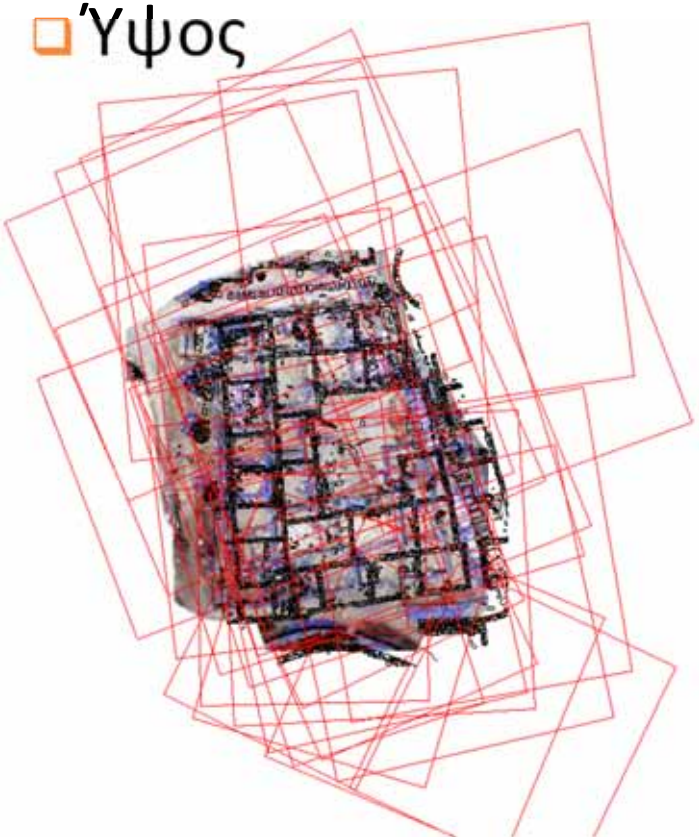
1) Παρουσία χειριστή RC
2) Εντός οπτικής ακτίνας
3) Απογείωση και προσγείωση από χειριστή (RC)
4) Συνδυασμό των παραπάνω

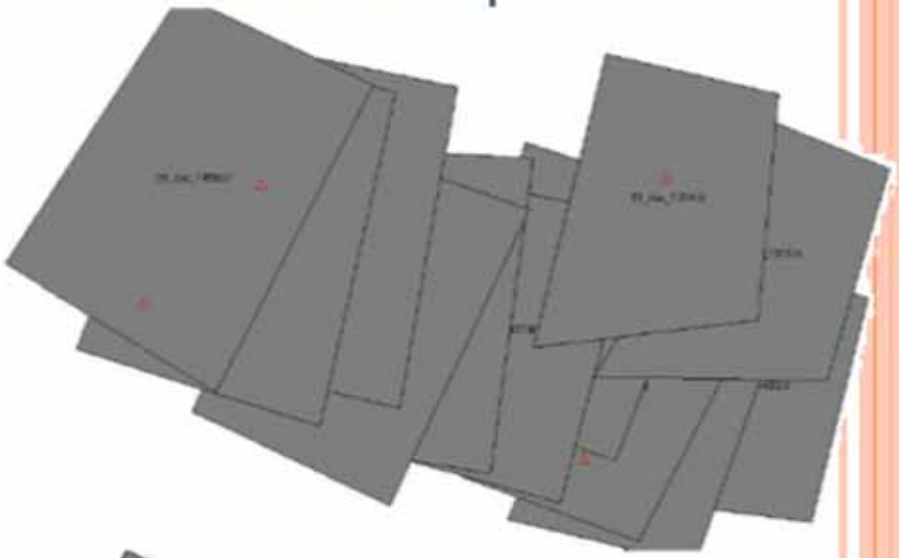
The article 8 of the Convention on International Civil Aviation, about the Pilotless aircraft says :

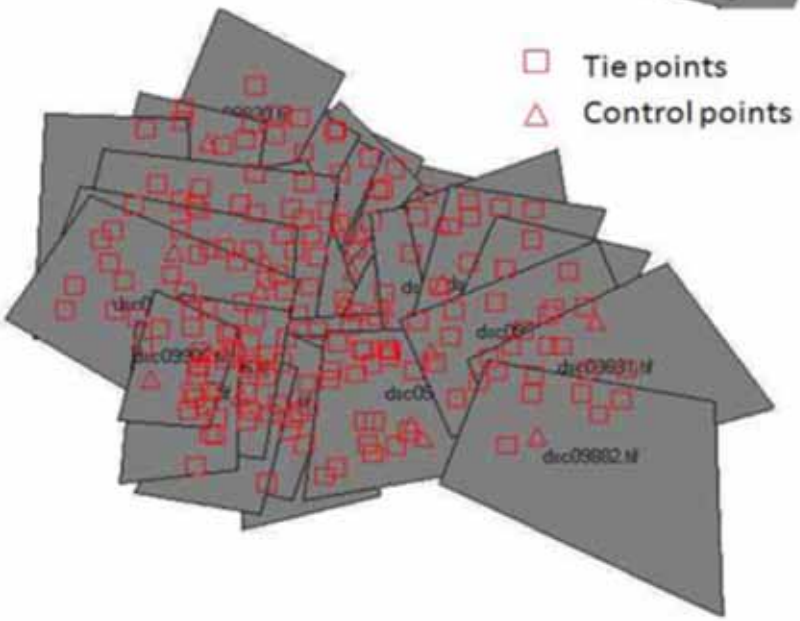
"No aircraft capable of being flown without a pilot shall be flown without a pilot over the territory of a contracting State without special authorization by that State and in accordance with the terms of such authorization. Each contracting State undertakes to insure that the flight of such aircraft without a pilot in regions open to civil aircraft shall be so controlled as to obviate danger to civil aircraft."

Παραδείγματα κάλυψης λήψεων
από χαρταετό, μπαλόνι και RC ελικοπτερο

- Αστάθεια
- Κάλυψη
- Ύψος







Σύστημα GPS/INS για AUAVs

- GPS for global positioning
  - L1 (most cases)
  - L1/L2 RTK (weight)
- INS or IMU for relative positioning
  - 3 gyroscopes
  - 3 accelerometers
  - 3-axis magnetometer
- LSQ Kalman filter
- RT and/or PP

Additional navigation sensors

Barometer
Laser height measurement
Wind speedometer
Compass

Πλεονεκτήματα GPS/INS

Αυτόνομή πτήση

- Προγραμματισμός πτήσης
- Χωρίς ναυτίλο και φωτογράφο
- Πλήρη κάλυψη περιοχής μελέτης
- Απώλεια σήματος
- 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

Μειονεκτήματα

Εκκεντρότητα συστημάτων

Αδυναμία αποφυγής εμποδίων

Ασαφές νομικό πλαίσιο κανονισμών αεροπλοΐας αυτόνομων αεροχημάτων

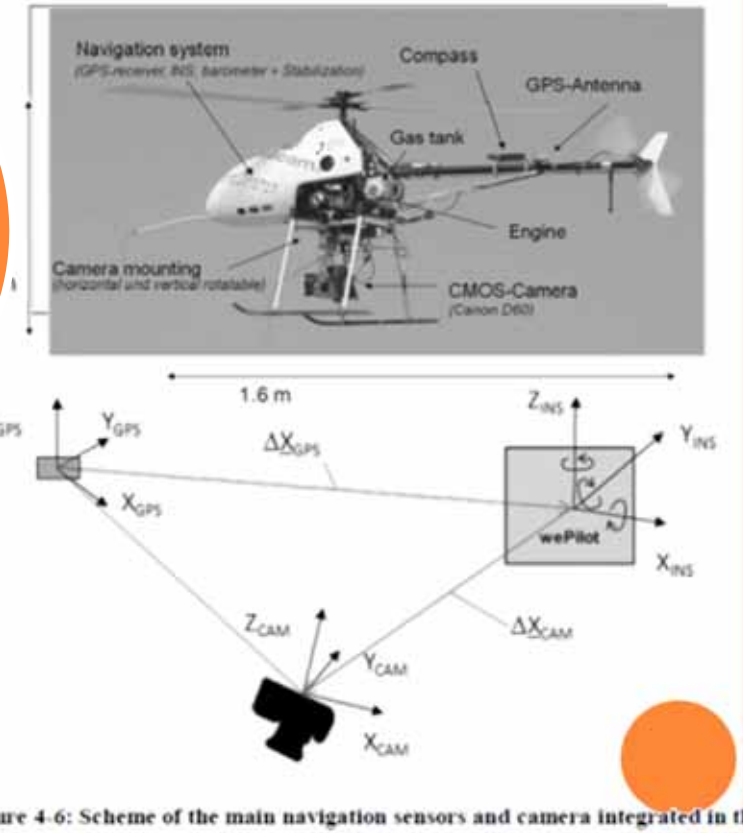
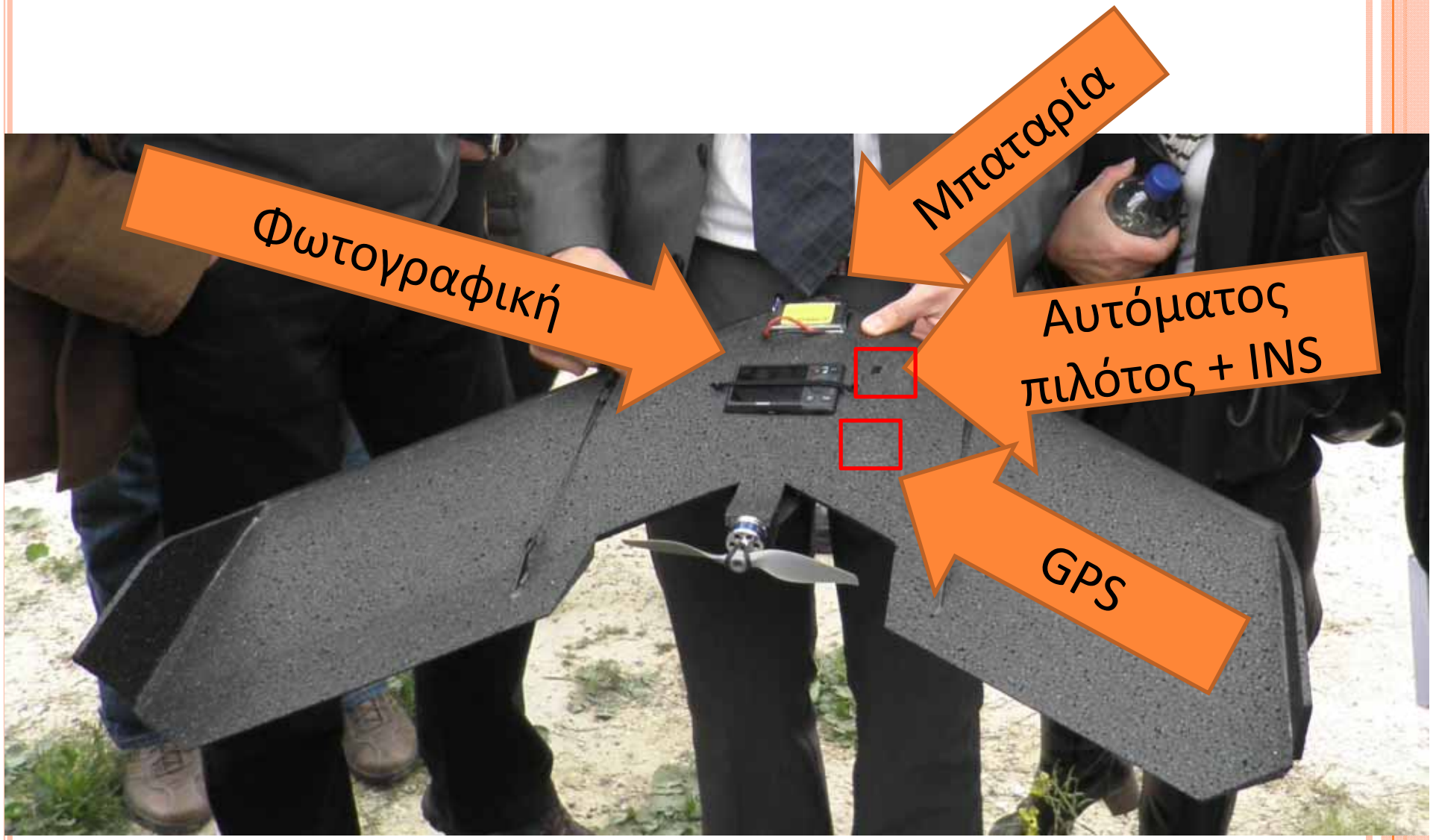


Figure 4-6: Scheme of the main navigation sensors and camera integrated in the Copte

Αυτόνομο μη επανδρωμένο αερόχημα ΤΕΠΑΚ



Είδη ναυτιλίας

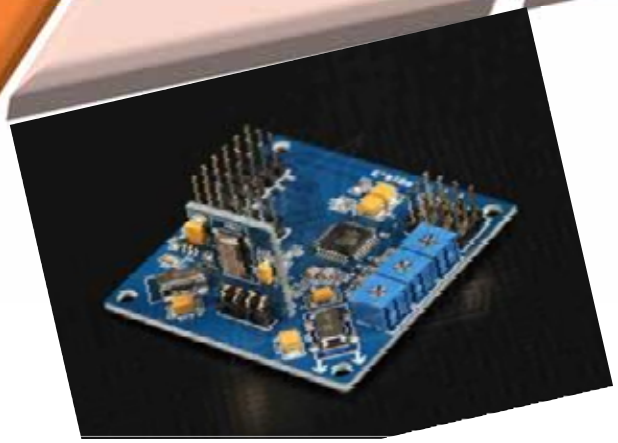
Χειροκίνητη [RC]

Μερικώς υποβοηθούμενη [RC]

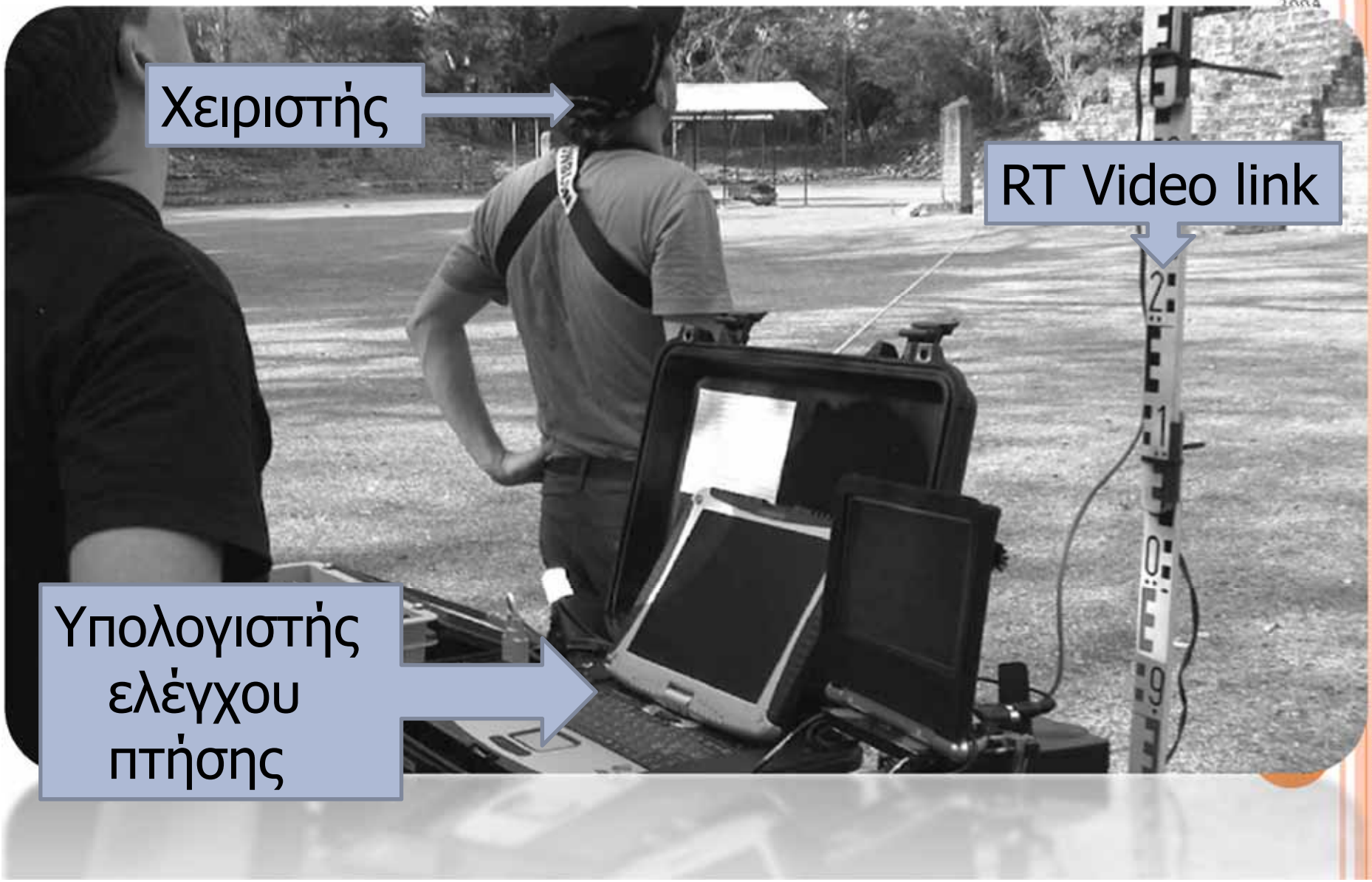
Πλήρως αυτόνομη

ά/φος

Βάση [RC]

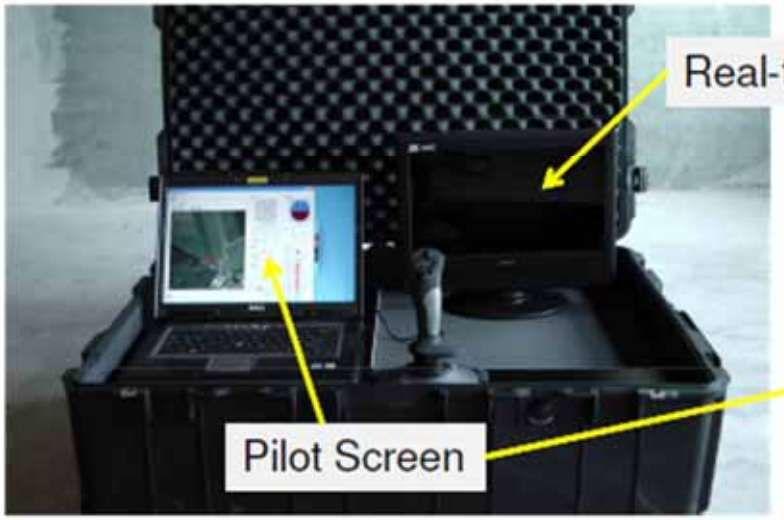


Σταθμός βάσης



Geocopter

Integrated Pilot Station



Σταθερότητα πτήσης (στροφές)

WePilot 1000

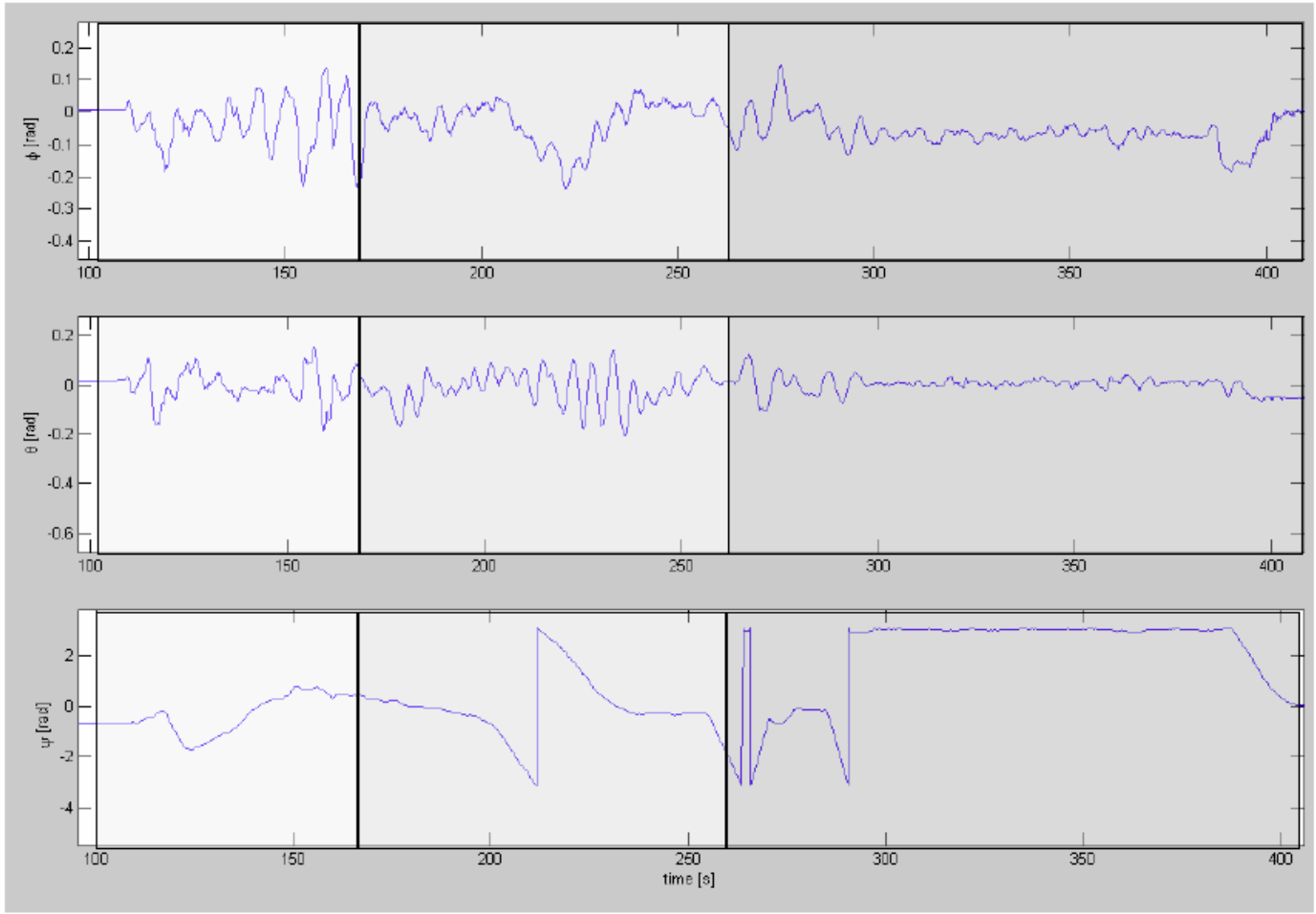


Figure 4-23: Example for the transition between manual (white), assisted controlled (light gray) and autonomous (gray) flight. Upper graph: Roll (Φ) angle around x-axis; Middle graph: pitch (Θ) angle around y-axis; Lower graph: yaw (Ψ) angle around z-axis.

Σταθερότητα πτήσης (ταχύτητα)

WePilot 1000

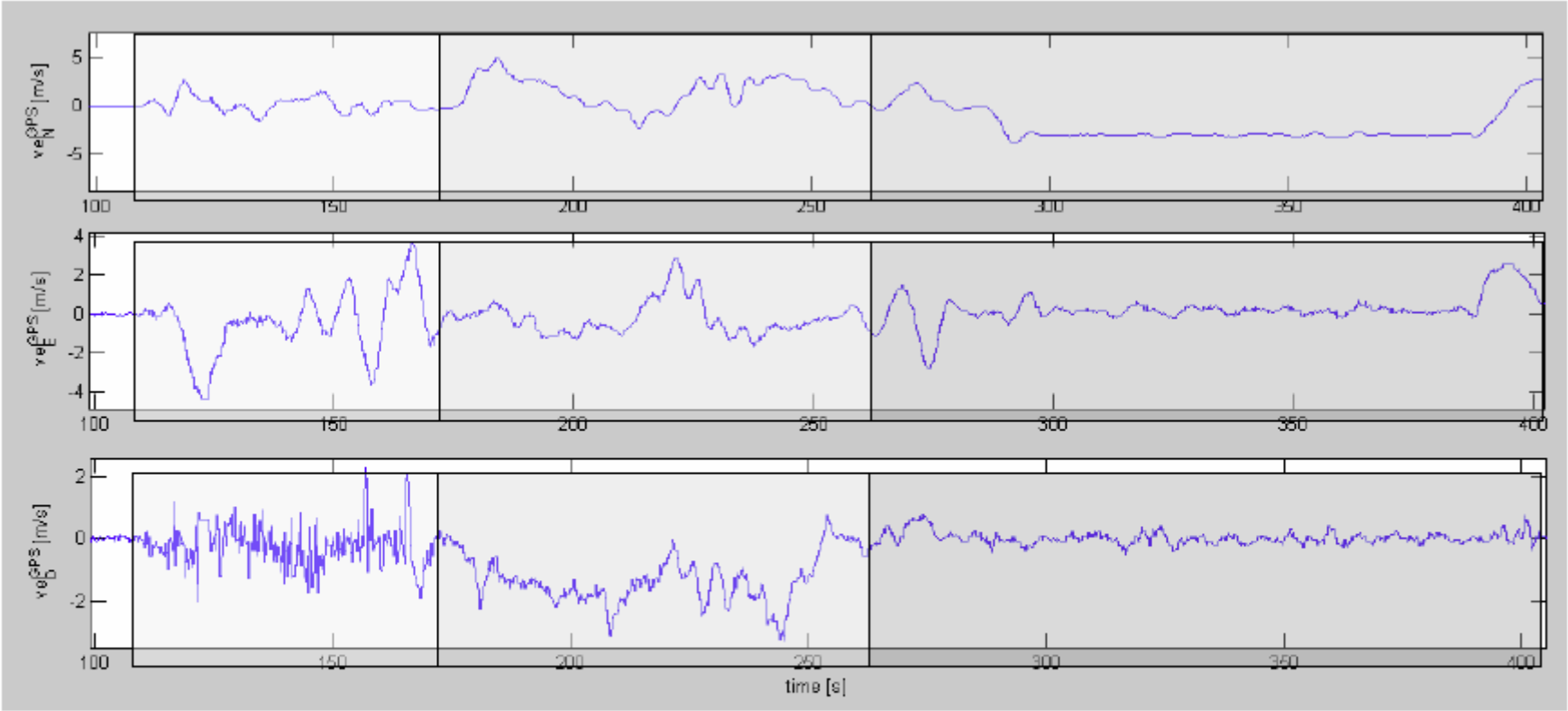
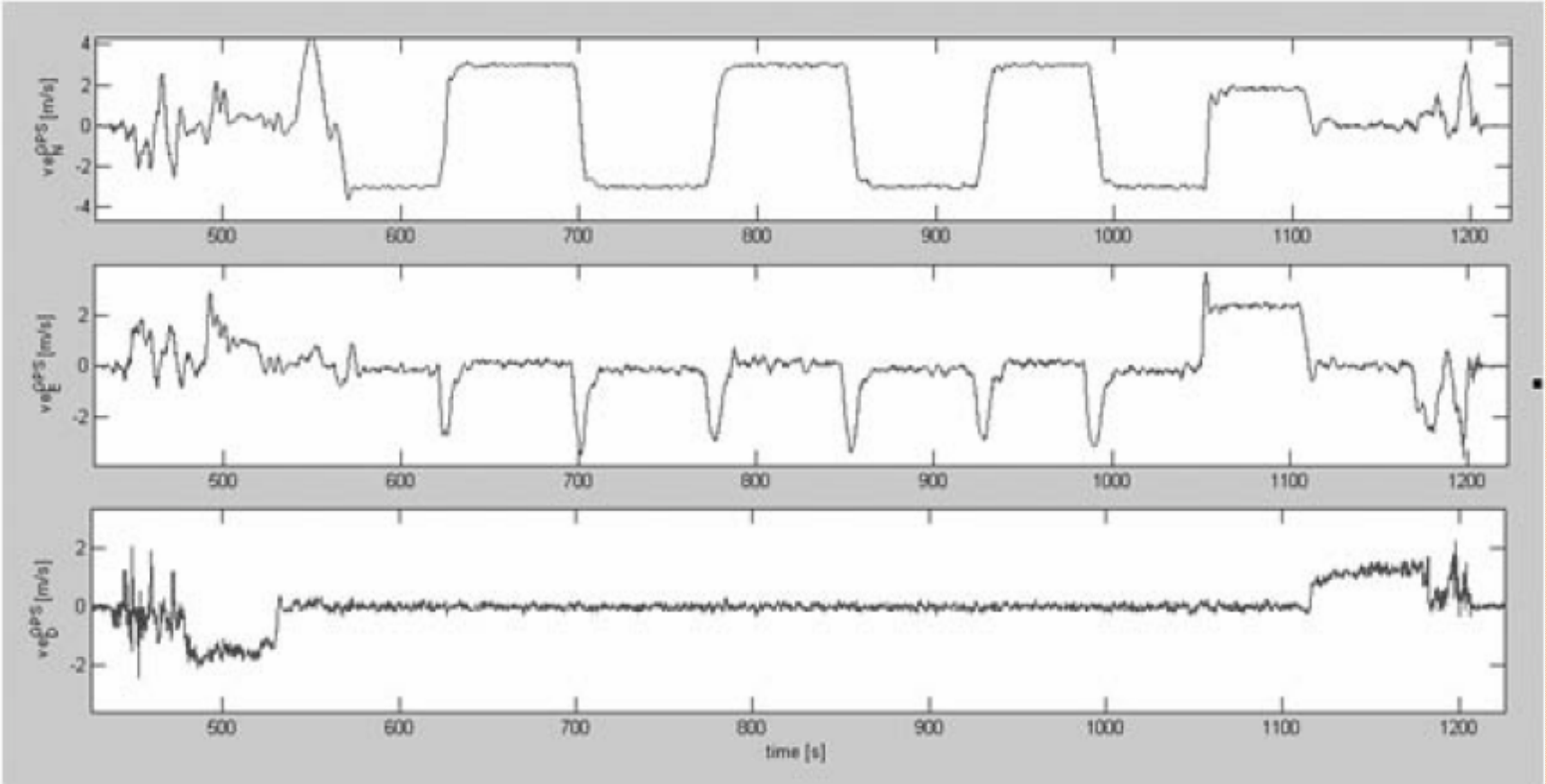


Figure 4-24: Example for the transition between manual (white), assisted controlled (light gray) and autonomous (gray) flight. Upper graph: Velocity v_N (North component); Middle graph: Velocity v_E (East component); Lower graph: Velocity v_D (Height component).

Ταχύτητες σχεδιασμού και εκτέλεσης

WePilot 1000



Σταθερών πτερυγίων ή πολλαπλών στροφείων

Προγραμματισμός πτήσης
Εκτέλεση με βοηθήματα
Σταθμός βάσης
Μεταδεδομένα

Βασικές κατηγορίες

Σταθερών πτερυγίων

- Μεγαλύτερη αυτονομία
- Κάλυψη μεγαλύτερων εκτάσεων
- Δυνατότητα πλήρους πτήσης χωρίς χειριστή

Πολλαπλών στροφείων

- Χαμηλότερο ύψος πτήσης
- Σταθερότητα σε άνεμο
- Μικρότερος χώρος απογείωσης και προσγείωσης

Εκτόξευση με το χέρι

Mavinci

Lehmann Aviation

Swinglet

Zephyr

Απογείωση και προσγείωση

Απογείωση

Προσγείωση

Απογείωση με καταπέλτη
(μερικά, προσγείωση με αλεξίπτωτο)

AVI system

Gatewing

C-ASTRAL

Pteryx

Πολλαπλών στροφείων

Aibotix

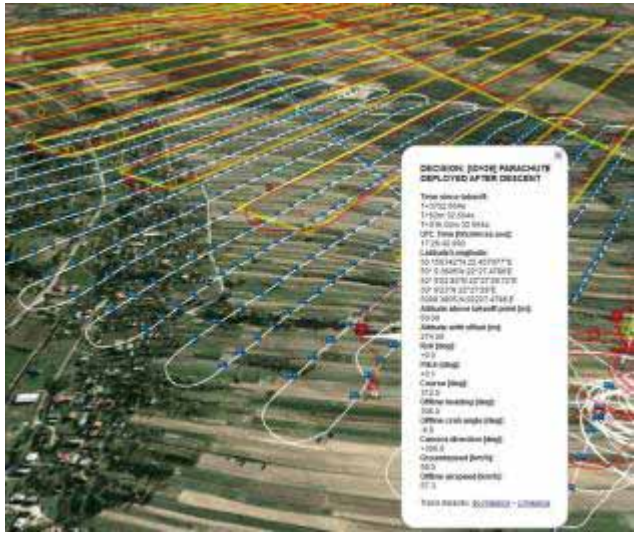
Microdrones

Dragonfly

Height Tech

Microdrones

Aibotix



Προγραμματισμός & εκτέλεση πτήσης

Προγραμματισμός πτήσης
Εκτέλεση με βοηθήματα
Σταθμός βάσης
Μεταδεδομένα

Προγραμματισμός πτήσης

Παράγοντες

- Περιοχή κάλυψης
- Επικαλύψεις
- Ανάγλυφο περιοχής
- Αποφυγή εμποδίων

Δημιουργία waypoints d/w στο UAV

Τρία βασικά σενάρια

- Περιοχή χωρίς ανάγλυφο
- Περιοχή με έντονο ανάγλυφο
- 3D κτιρίου ή μνημείου

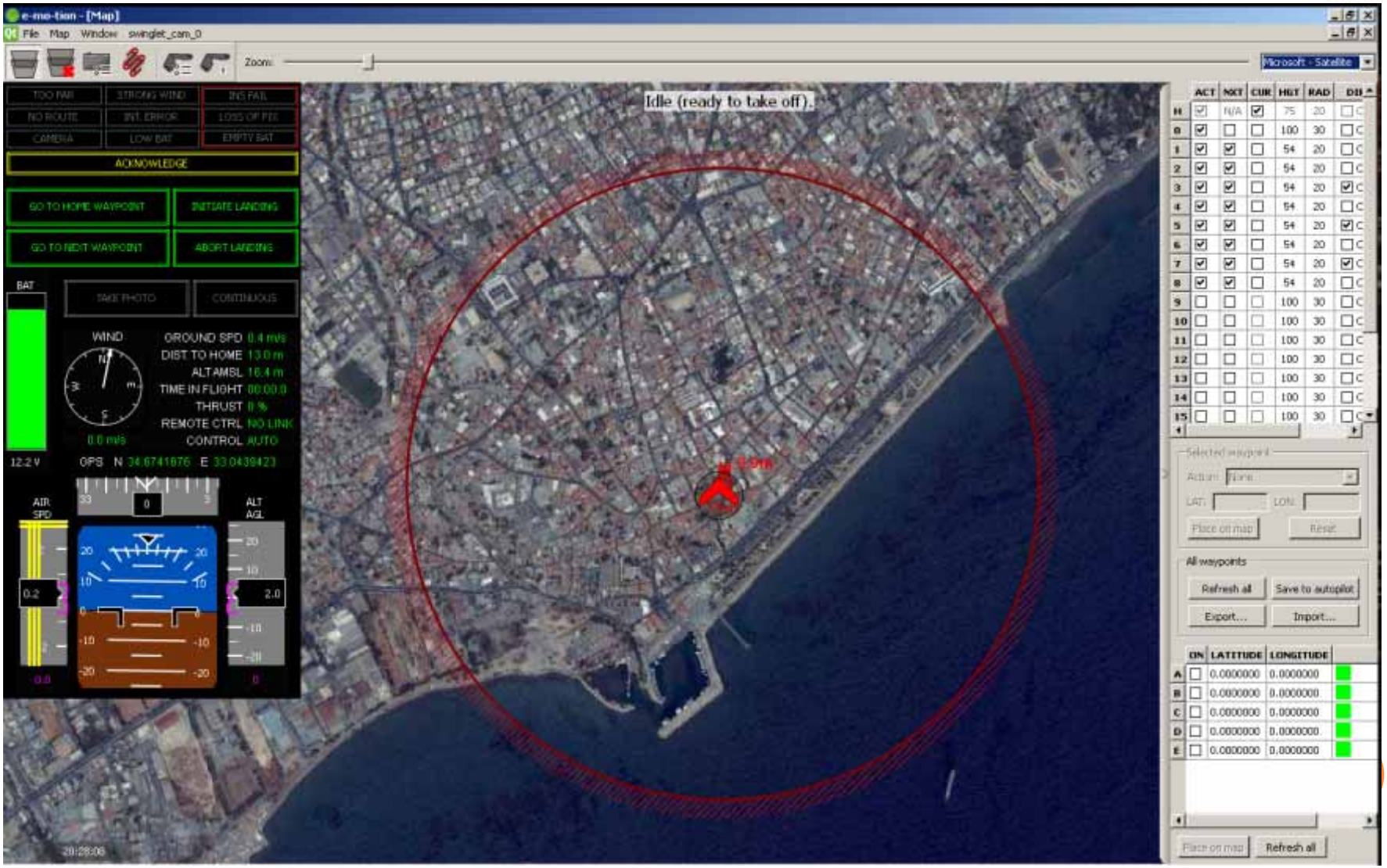
Λήψη φωτογραφιών

- Χειροκίνητα μέσω video link
- Αυτόματα μέσω GPS σε συγκεκριμένες θέσεις
- Με χρονικό βήμα
- Αιώρηση πάνω από το σημείο έως ότου επιτευχθούν οι ακρίβειες (GPS)

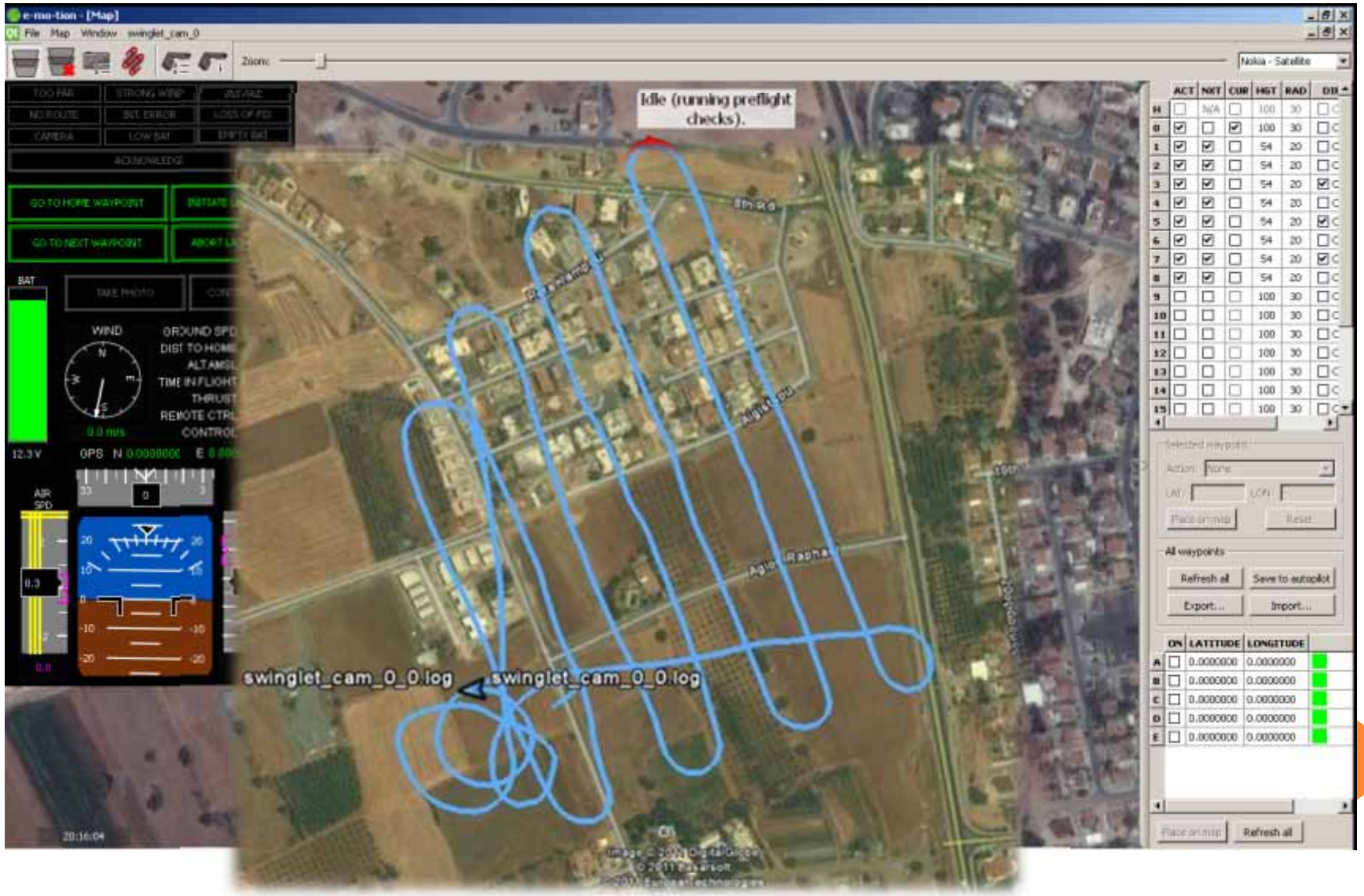
Μεταδεδομένα

- Καταγραφή θέσης και στροφών κατά την στιγμή της λήψης
- ή καταγραφή χρόνου UTC λήψης και Γραμμική Παρεμβολή

Λογισμικό

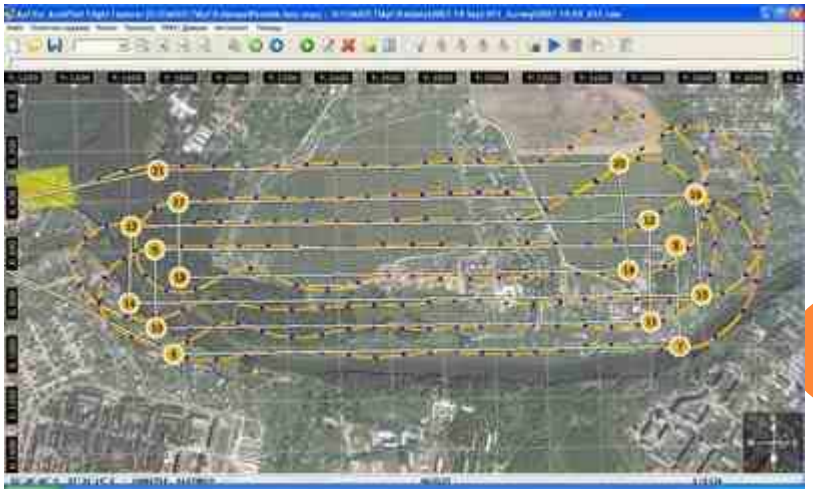

e-mo-tion - [Map]
File Map Window swinglet_cam_0
Zoom:
Microsoft - Satellite
TOO FAR
STRONG WIND
INS FAIL
NO ROUTE
INT. ERROR
LOSS OF FIX
CAMERA
LOW BAT
EMPTY BAT
ACKNOWLEDGE
GO TO HOME WAYPOINT
INITIATE LANDING
GO TO NEXT WAYPOINT
ABORT LANDING
BAT
TAKE PHOTO
CONTINUOUS
WIND
GROUND SPD 0.4 m/s
DIST TO HOME 13.0 m
ALT AMSL 16.4 m
TIME IN FLIGHT 00:00:0
THRUST 0 %
REMOTE CTRL NO LINK
CONTROL AUTO
0.0 m/s
12.2 V
GPS N 34.6741676 E 33.0439423
AIR SPD
ALT AGL
Idle (ready to take off).
ACT NXT CUR HGT RAD DIR
Selected waypoint
Action None
LAT: LON:
Place on map
Reset
All waypoints
Refresh all
Save to autopilot
Export...
Import...
ON LATITUDE LONGITUDE
Place on map
Refresh all

Προγραμματισμός αυτόνομης πτήσης



Flight Data
Flight Planner
Configuration
Simulation
Firmware
Terminal
Help
ArduPlane
COM10
115200
Connect
Home
1
2
3
4
Zoom
Action
1. Connect
2. Read WP's if you need to.
3. Ensure your Home location and ALT is set
4. Click on the map to start adding WP's
Mouse Location
Lat
Long
Alt
GoogleSatellite
Status: loaded tiles
Load WP File
Save WP File
Read WPs
Write WPs
Home Location
Waypoints
WP Radius
Loiter Radius
Default Alt
Absolute Alt
Hold default Alt
Verify Height
Add Below
Elevation Graph
Prefetch
Grid
Camera
Zoom To
KML overlay
Command
Lat
Long
Alt
Delete
Up
Down
WAYPOINT
WAYPOINT
WAYPOINT

Takeoff/landing area
Survey area
Altutude vs. terrain profile



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
- 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

Εφαρμογές

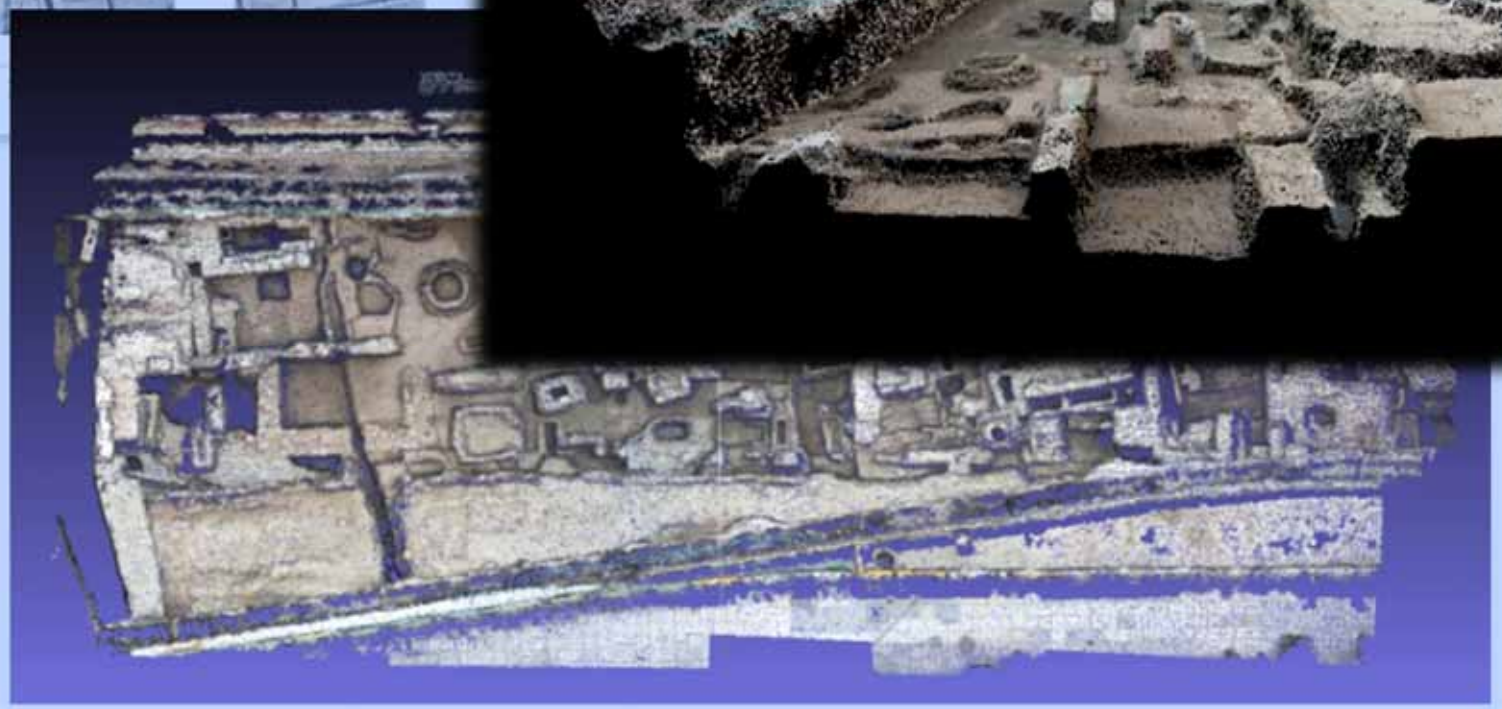
Παραδείγματα

Έγχρωμο νέφος σημείων

Από ελικόπτερο Rc (8 α/φ)

IMG_2679.JPG

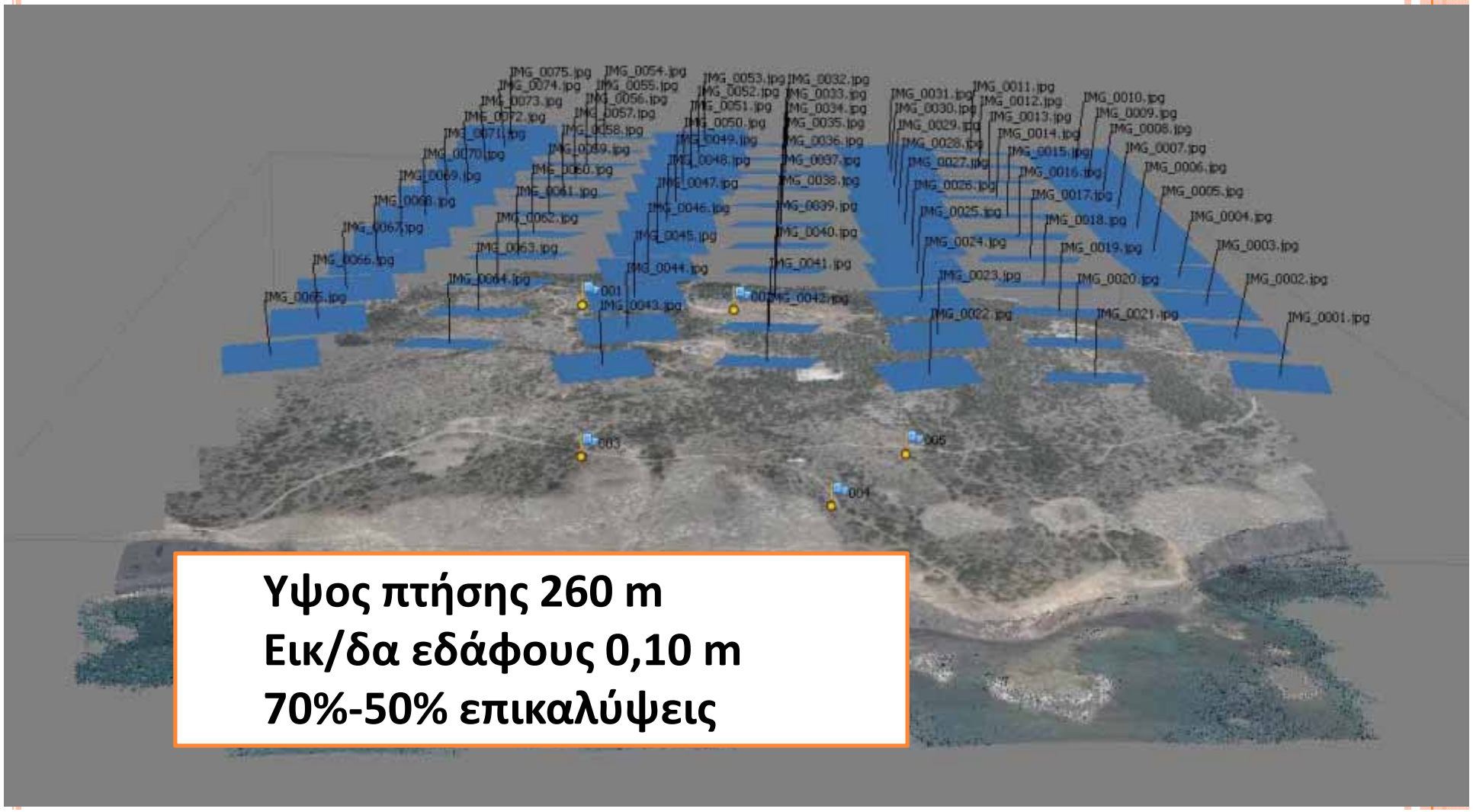
IMG_2681.JPG



Ορθοφωτοχάρτης περιοχής καταλυμάτων των πλακωτών

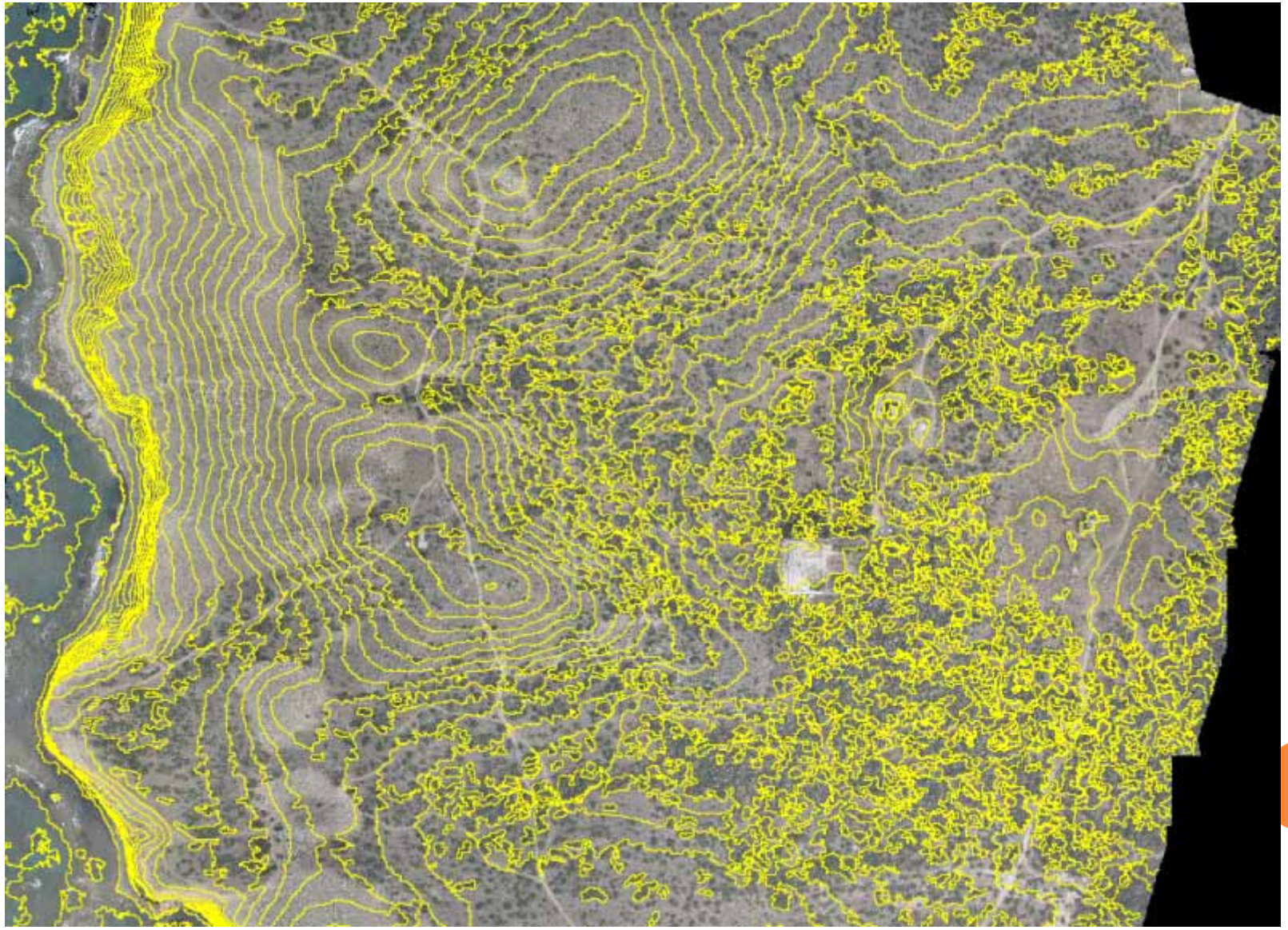
- Χρήση UAV για την φωτογράφιση
  - Συνολικός χρόνος προετοιμασίας και πτήσης 40min
- Συλλογή φωτοσταθερών με GPS στο ύπαιθρο (2,5 hr)
- Πλήρως αυτόματες διαδικασίες
  - Προσανατολισμός αεροφωτογραφιών
  - δημιουργία ψηφιακού μοντέλου εδάφους (σε κάναβο 20cm) και ισουψών
  - Δημιουργία μωσαϊκού ορθοφωτογραφιών με εικονοψηφίδα στο έδαφος 10cm
- Τελικό αποτέλεσμα
  - Δημιουργία GIS με όλη την πληροφορία, υψομετρική και οριζοντιογραφική (ακριβείας ~10 cm)

Πτήση και Α/Τ

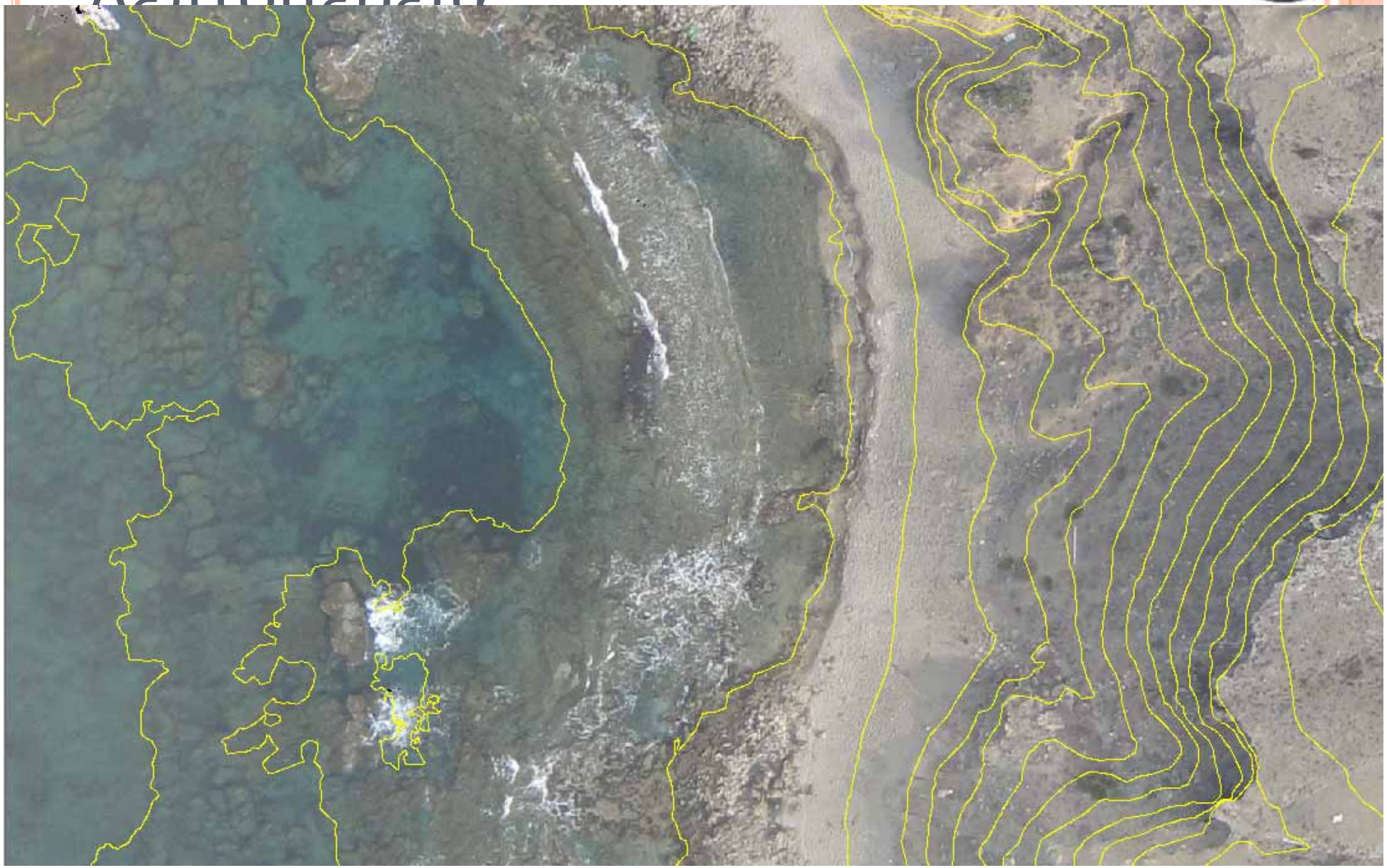


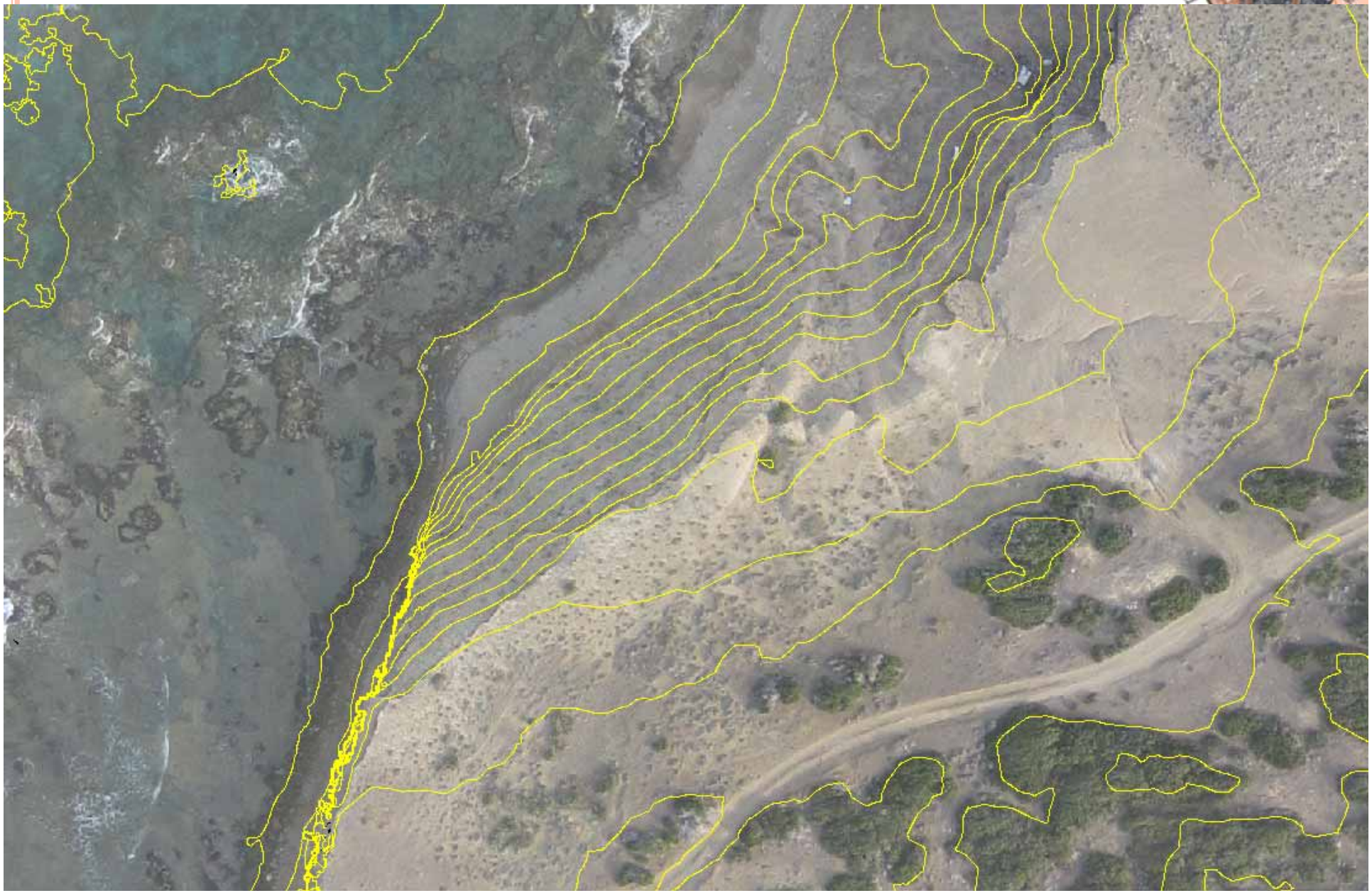
Υψος πτήσης 260 m
Εικ/δα εδάφους 0,10 m
70%-50% επικαλύψεις

Γενικός ορθοφωτο-χάρτης περιοχής με ισοϋψείς ανά 1 μέτρο



Δεπτομέρεια





Λεπτομέρεια DEM και ορθοφωτοχάρτη

Χαμηλή πτήση

- Προγραμματισμός για 42m (ελάχιστο)
- 0.012 m εικ/δα

Μελλοντικά…

- Αυτόνομη πτήση με αποφυγή εμποδίων
- Βελτίωση του βαθμού αυτοματοποίησης προς ένα πλήρως αυτόνομο και αυτόματο χαρτογραφικό εργαλείο (νέα κατηγορία)
- Ολοκλήρωση και άλλων αισθητήρων με δυναμικά μοντέλα (LiDAR & Linear Array Cameras)
- Βαθμονόμηση αισθητήτρων
- Σύζευξη οπτικών αισθητήρων με το GPS/INS για πλοήγηση
- Βελτίωση της ακρίβειας πλοήγησης
- Ανοιχτό λογισμικό
- Νέες εφαρμογές

Ευχαριστώ !

Η παρουσίαση (θα) είναι διαθέσιμη στο

http://photogrammetric-vision.weebly.com/presentations.html

Βιβλιογραφία

- Eisenbeib, H., 2009. UAV Photogrammetry. PhD thesis, ETH Zurich, Diss. ETH No 18515.
- Everaerts, J., 2009. New platforms. EuroSDR.
- Blyenburgh, 2008. Unmanned aircraft systems: The current situation. Presentation in EASE UAS Workshop, Paris.
- SwingletCam presentation
- Dragonflyer configuration and pricelist
- Geocopter presentation
- Aibot X6 flyer

Βιβλιογραφία II

- Microdrone flyer
- Pteryx flyer & specification pricelist
- X-100 Gatewing booth loop presentation
- Geoanalysis S.A. flyer
- A. Gruen, 2011, *Advances in UAV Photogrammetry*, International Scientific and Technical Conference "From imagery to map: digital photogrammetric technologies", Sept. 2011, Spain