



ΑΡΧΕΣ ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΕΤΡΙΑΣ

Δρ. Εμμανουήλ Βασιλάκης
Αναπλ. Καθηγητής Τηλεπισκόπησης & Μορφοτεκτονικής

ΕΤΥΜΟΛΟΓΙΑ

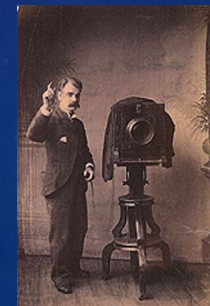
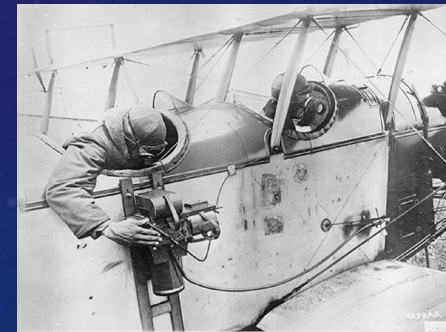
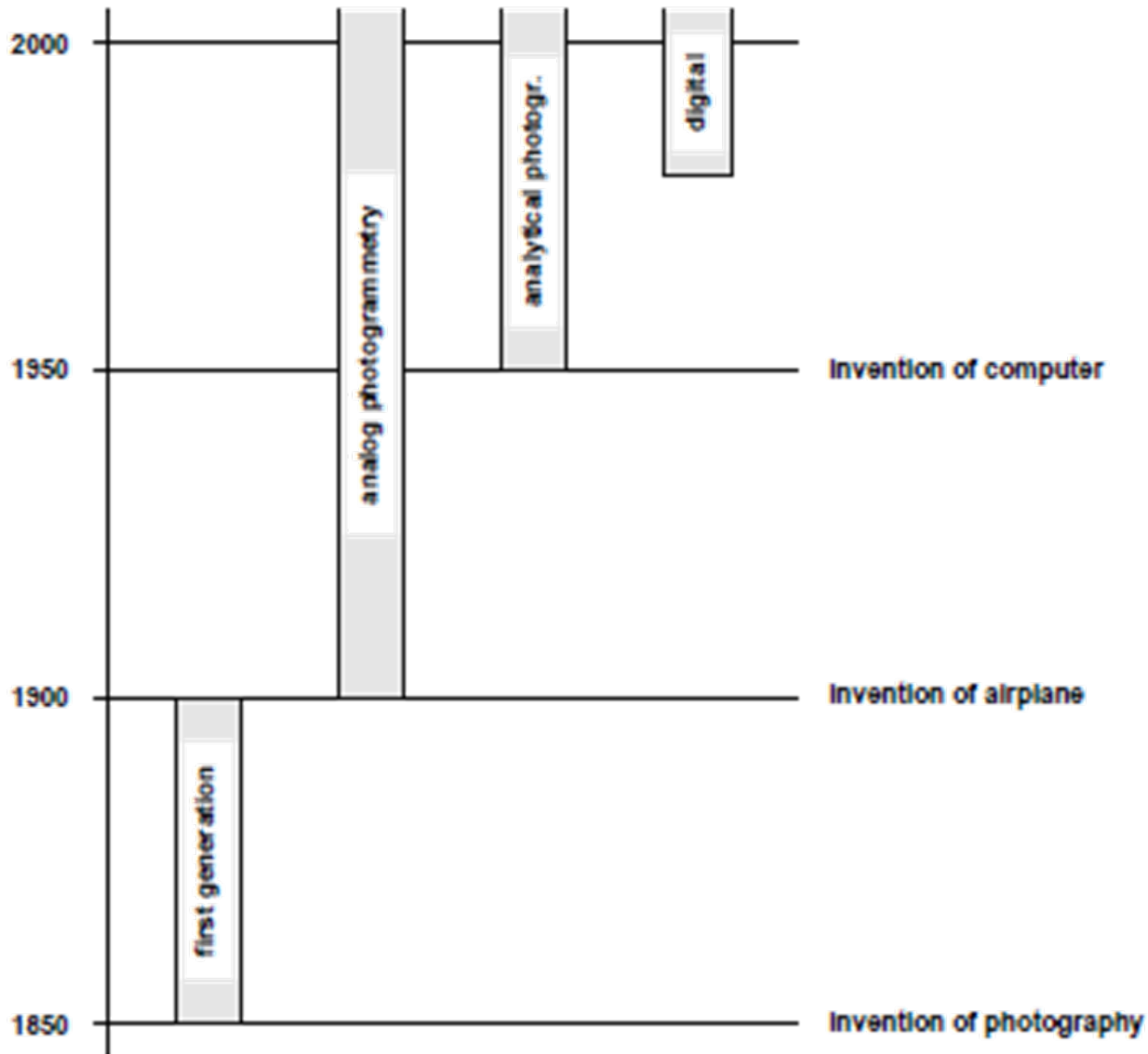
Φωτο-γραμ-μετρία

Η επιστήμη της μέτρησης από φωτογραφίες

ΟΡΙΣΜΟΣ

Φωτογραμμετρία είναι η επιστήμη της απόκτησης αξιόπιστων μετρητικών πληροφοριών, για οποιοδήποτε αντικείμενο στο χώρο και στο περιβάλλον, μέσω της επαναλαμβανόμενης φωτογράφησής του από διαφορετικές γωνίες και συμπεριλαμβάνει τις διαδικασίες επεξεργασίας αυτών για την παραγωγή φωτογραμμετρικών/χαρτογραφικών προϊόντων 2 και 3 διαστάσεων.

ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΕΤΡΙΑ



ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΕΤΡΙΑ

Εξοπλισμός Unmanned Aerial Systems, Rotor wing / Fixed wing



ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΕΤΡΙΑ

- Πως χρησιμεύει?
- Που χρησιμοποιείται?
- Είναι ακριβή?
- Είναι πολύπλοκη?
- Γιατί είναι σημαντική?

ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΕΤΡΙΑ

- Πως χρησιμεύει?



Before



After

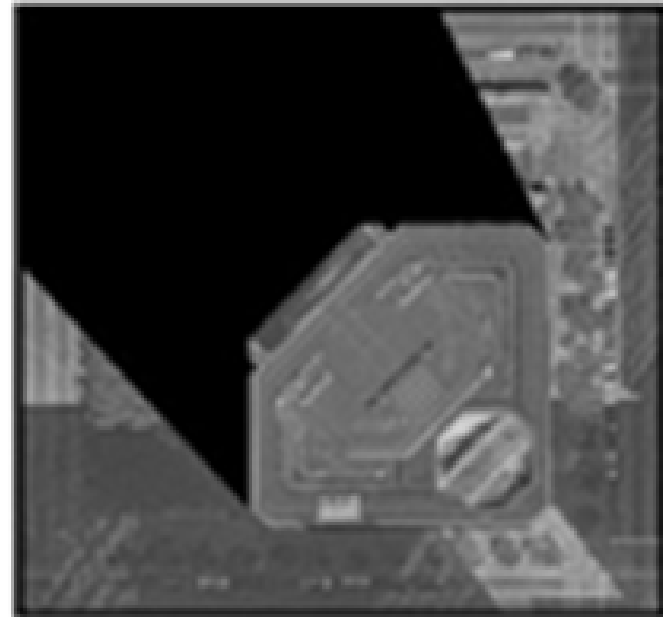
Εξάλλειψη της παραμόρφωσης από τις φωτογραφίες

ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΕΤΡΙΑ

- Πως χρησιμεύει?



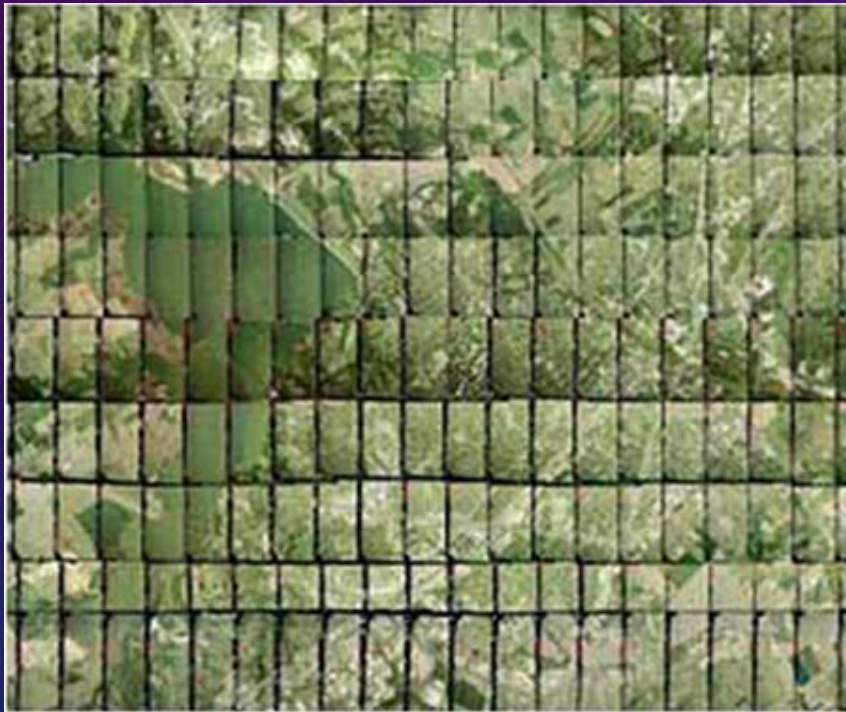
Ορθο-φωτογραφία



Εξάλλειψη της παραμόρφωσης από τις φωτογραφίες

ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΕΤΡΙΑ

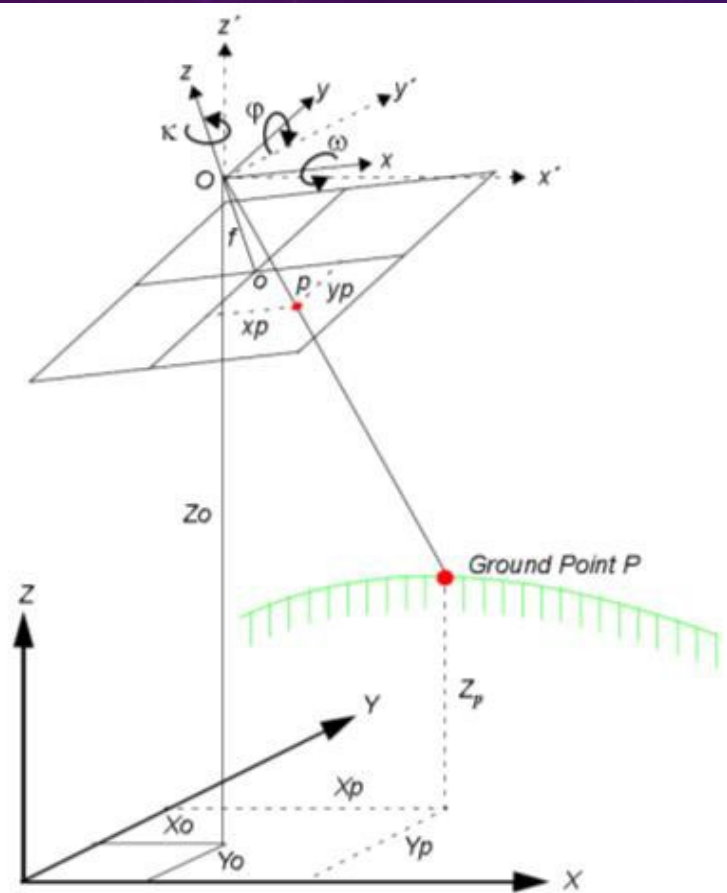
- Πως χρησιμεύει?



Εξάλλειψη της παραμόρφωσης από τις φωτογραφίες

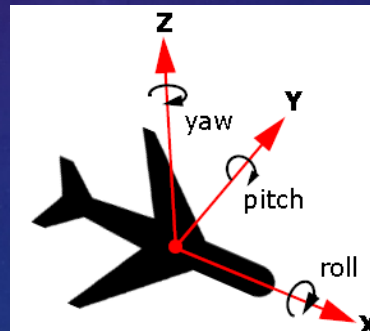
ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΕΤΡΙΑ

- Πως χρησιμεύει?



$$x = -f \frac{a_1(X_A - X_S) + b_1(Y_A - Y_S) + c_1(Z_A - Z_S)}{a_3(X_A - X_S) + b_3(Y_A - Y_S) + c_3(Z_A - Z_S)}$$

$$y = -f \frac{a_2(X_A - X_S) + b_2(Y_A - Y_S) + c_2(Z_A - Z_S)}{a_3(X_A - X_S) + b_3(Y_A - Y_S) + c_3(Z_A - Z_S)}$$



$$a_1 = \cos \phi \cos \kappa + \sin \phi \sin \omega \sin \kappa$$

$$b_1 = \cos \phi \sin \kappa + \sin \phi \sin \omega \cos \kappa$$

$$c_1 = \sin \phi \cos \omega$$

$$a_2 = -\cos \omega \sin \kappa$$

$$b_2 = \cos \omega \cos \kappa$$

$$c_2 = \sin \omega$$

$$a_3 = \sin \phi \cos \kappa + \cos \phi \sin \omega \sin \kappa$$

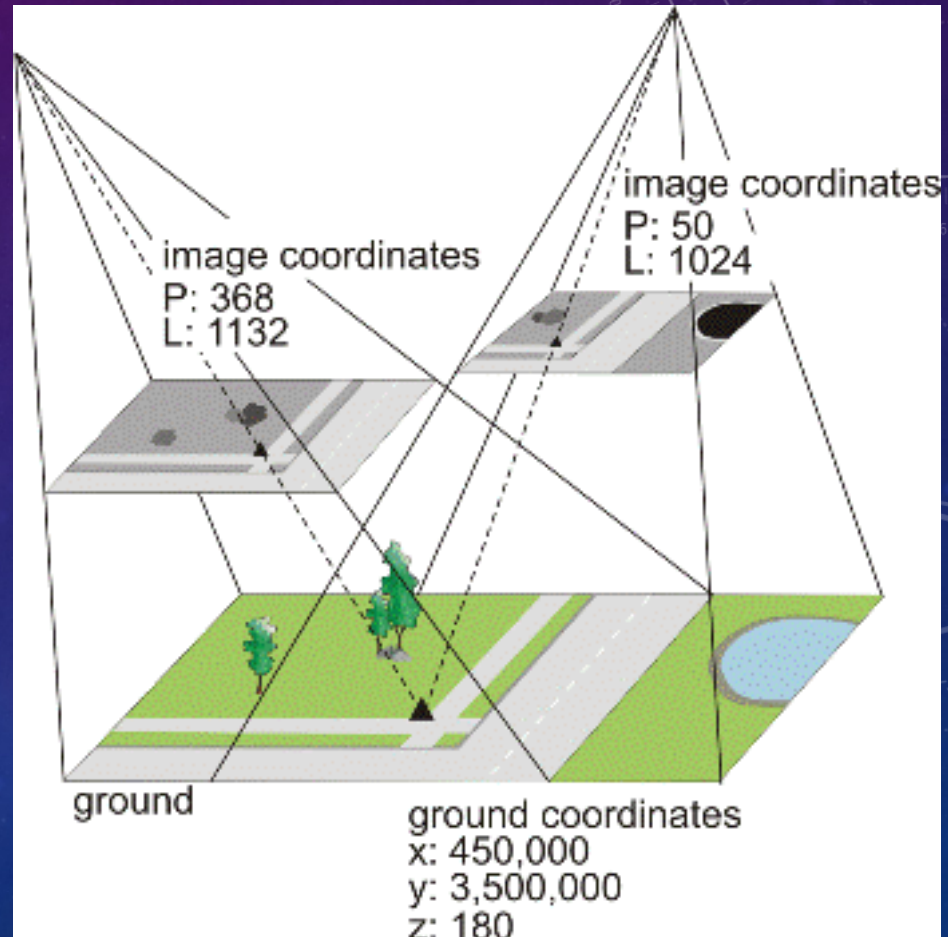
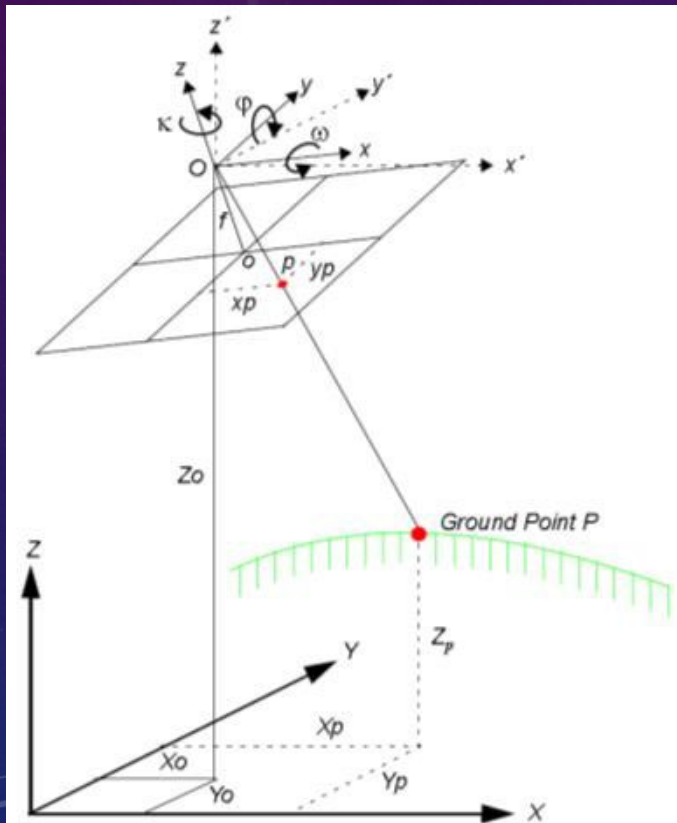
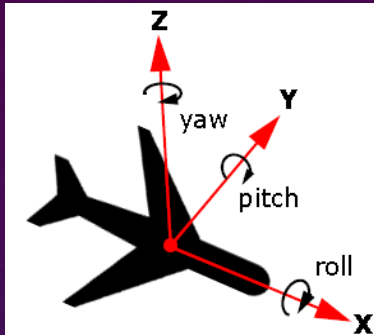
$$b_3 = \sin \phi \sin \kappa - \cos \phi \sin \omega \cos \kappa$$

$$c_3 = \cos \phi \cos \omega$$

Υπολογισμός συντεταγμένων σε σημεία στην επιφάνεια της γης

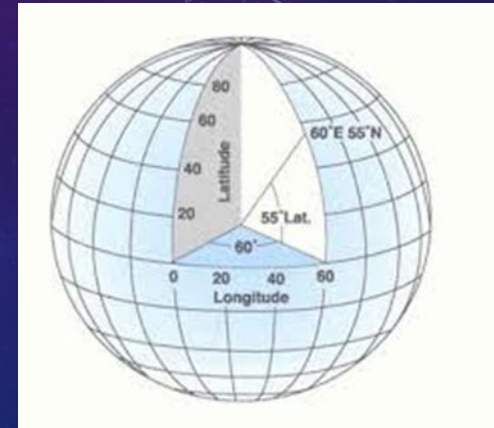
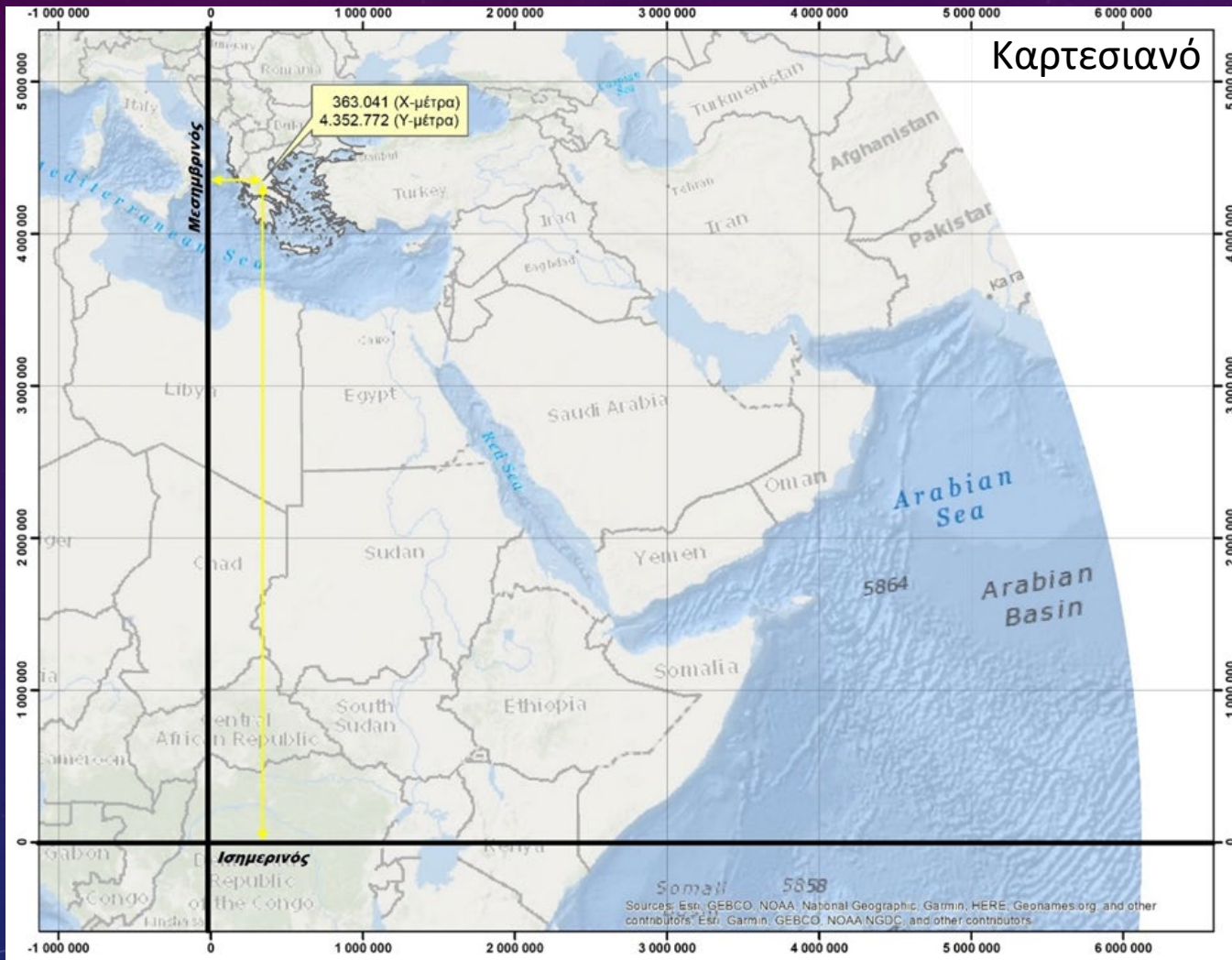
ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΕΤΡΙΑ

- Πως χρησιμεύει?



Υπολογισμός συντεταγμένων σε σημεία στην επιφάνεια της γης

ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΕΤΡΙΑ

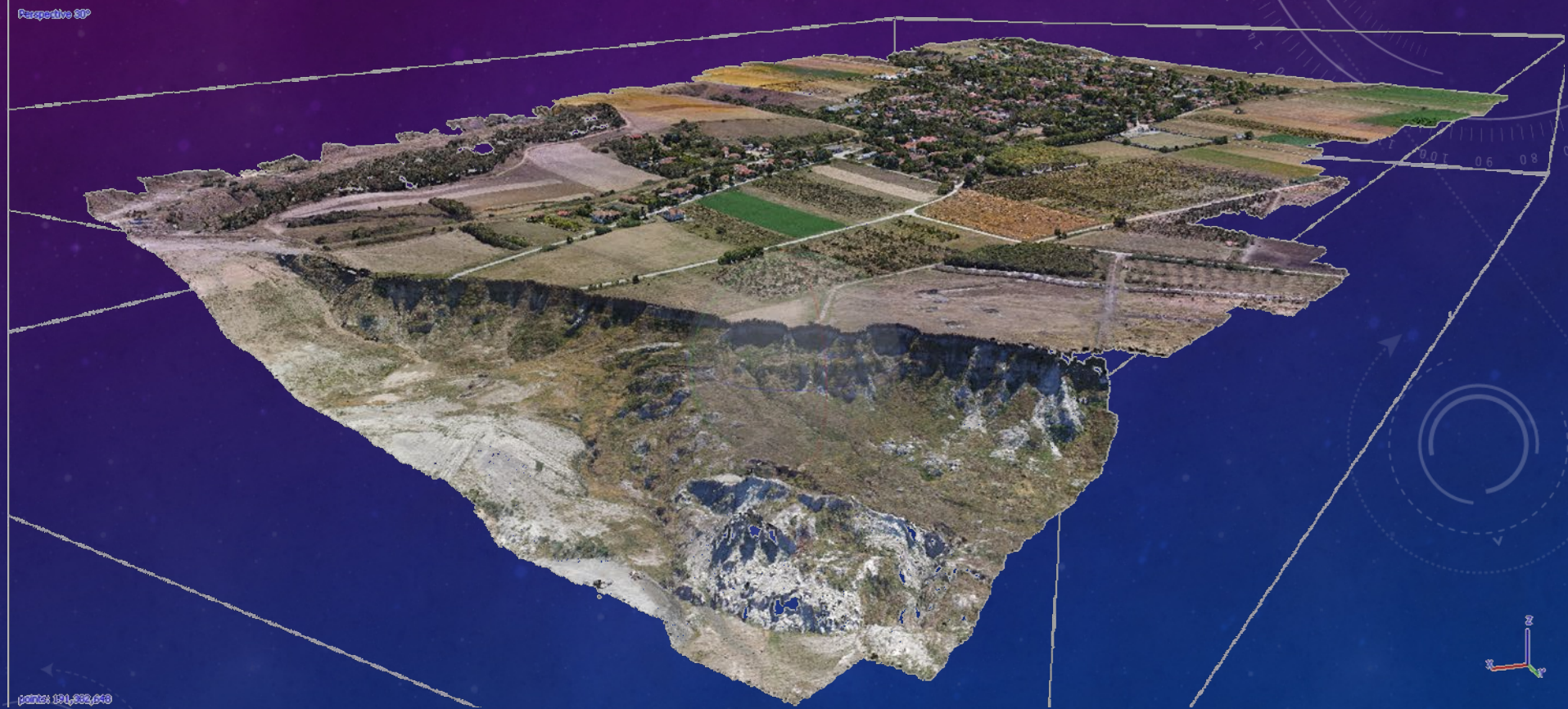


Γεωγραφικό Σύστημα

Υπολογισμός συντεταγμένων σε σημεία στην επιφάνεια της γης

ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΕΤΡΙΑ

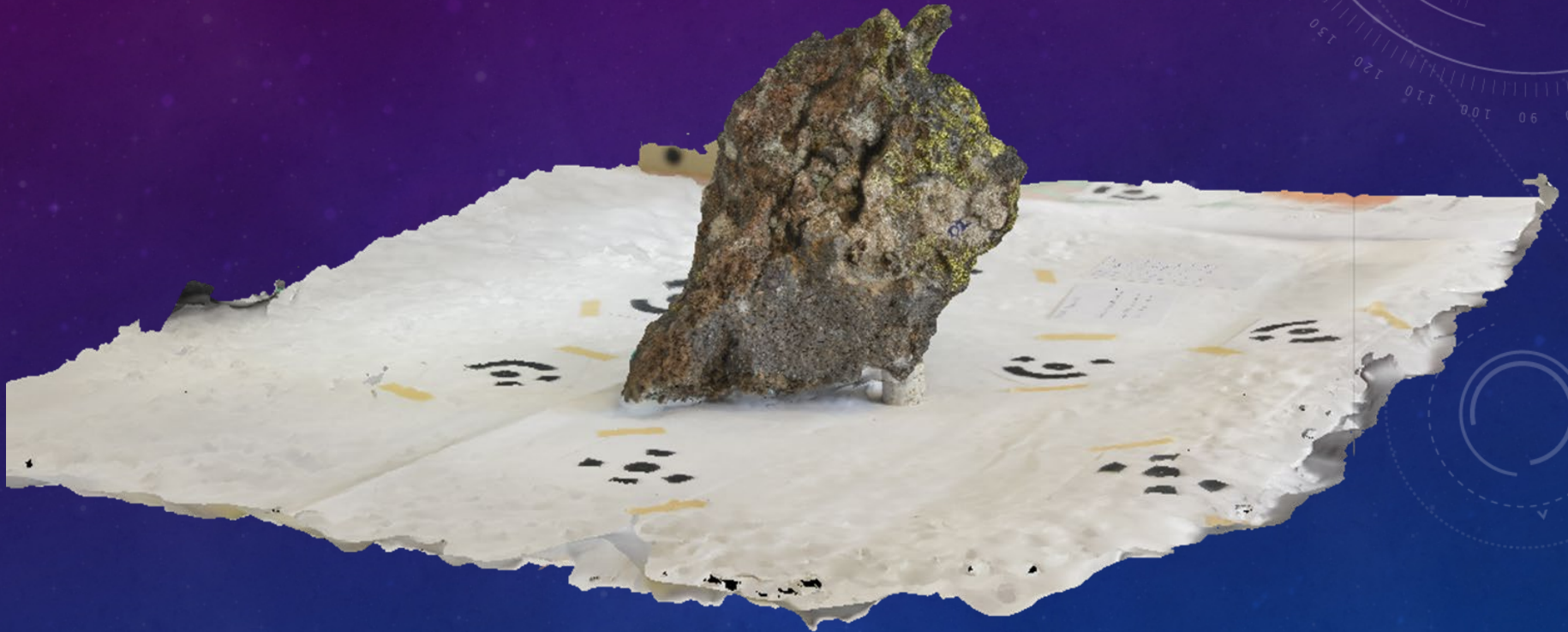
- Πως χρησιμεύει?



Τρισδιάστατη αποτύπωση περιοχών

ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΕΤΡΙΑ

- Πως χρησιμεύει?



Τρισδιάστατη αποτύπωση αντικειμένων

ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΕΤΡΙΑ

- Πως χρησιμεύει?



Τρισδιάστατη αποτύπωση αντικειμένων

ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΕΤΡΙΑ

- Που χρησιμοποιείται?

- **αρχιτεκτονική** (αποτύπωση κτιρίων και συνόλων),
- **αρχαιολογία** (αποτύπωση αρχαιολογικών χώρων και μνημείων πολιτιστικής κληρονομιάς),
- **γεωλογία** (στρωματογραφικές και γεωμορφολογικές μελέτες, σχεδιασμός γεωλογικών χαρτών, καταγραφή ζημιών από σεισμό),
- **δασολογία** (σύνταξη δασικών χαρτών, διαχείριση πυρκαγιών),
- **γεωργία** (προσδιορισμός τύπων εδαφών, οριοθέτηση καλλιεργούμενων εκτάσεων),
- **κατασκευές** (χωροθέτηση έργων, μελέτη και κατασκευή τεχνικών έργων),
- **οδοποιία** (χάραξη δρόμων),
- **πολεοδομία** (πράξεις εφαρμογής),
- **τοπογραφία** (σύνταξη τοπογραφικών διαγραμμάτων και χαρτών, γεωμετρική τεκμηρίωση κτιρίων και μνημείων πολιτιστικής κληρονομιάς),
- **κτηματολόγιο** (σύνταξη κτηματολογικών χαρτών)

ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΕΤΡΙΑ

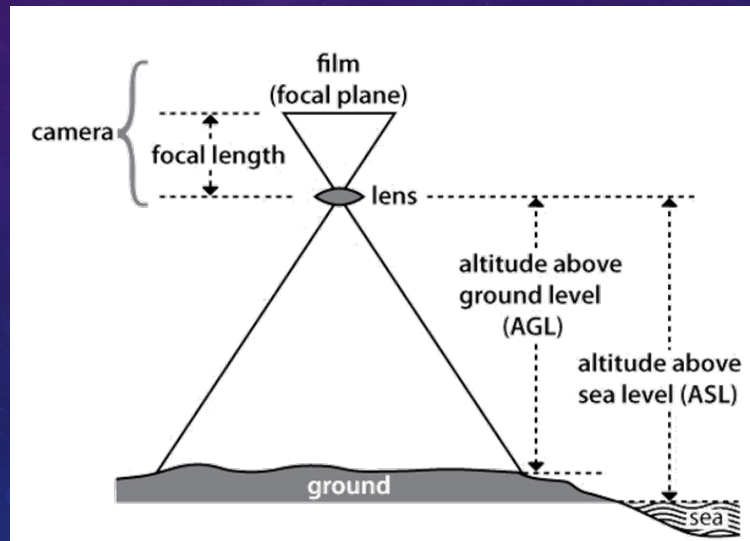
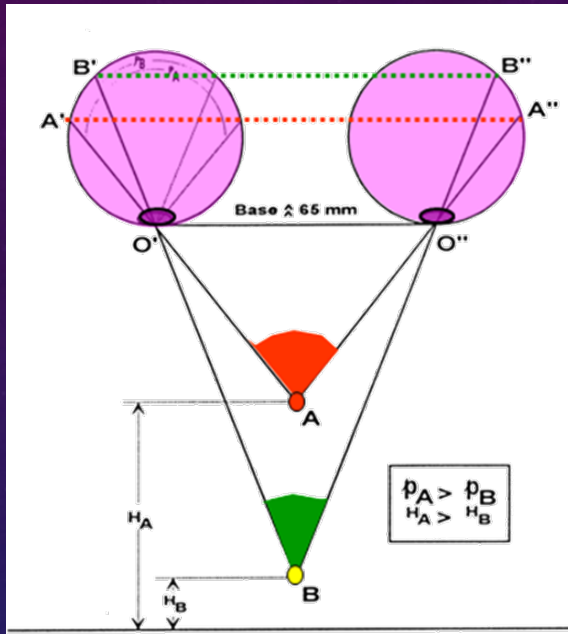
- Είναι ακριβή?

- Συλλογή δεδομένων (υπαίθρια εργασία)
- Εξοπλισμός (φωτογραφική μηχανή, ΣμηΕΑ, Η/Υ)
- Λογισμικό
- Ανθρώπινη απασχόληση (εργατώρες)



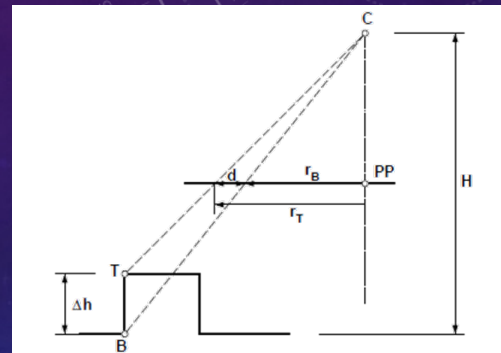
ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΕΤΡΙΑ

- Είναι πολύπλοκη?

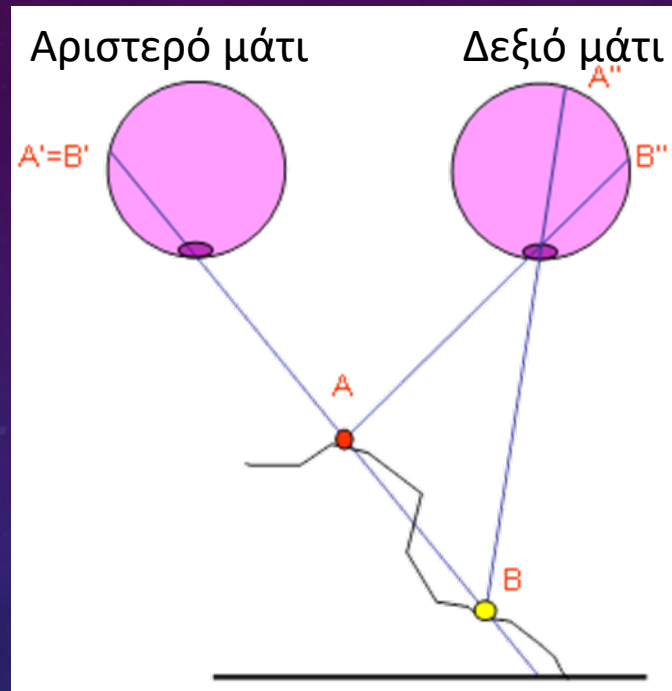


$$\frac{\text{PHOTO DISTANCE}}{\text{GROUND DISTANCE}} = \frac{4 \text{ cm}}{2 \text{ km}} = \frac{4 \text{ cm}}{200\,000 \text{ cm}} = \frac{1}{50\,000} \quad \text{SCALE: } 1/50\,000$$

$$\frac{\text{FOCAL LENGTH}}{\text{ALTITUDE (AGL)}} = \frac{152 \text{ mm}}{7\,600 \text{ m}} = \frac{152 \text{ mm}}{7\,600\,000 \text{ mm}} = \frac{1}{50\,000} \quad \text{SCALE: } 1/50\,000$$



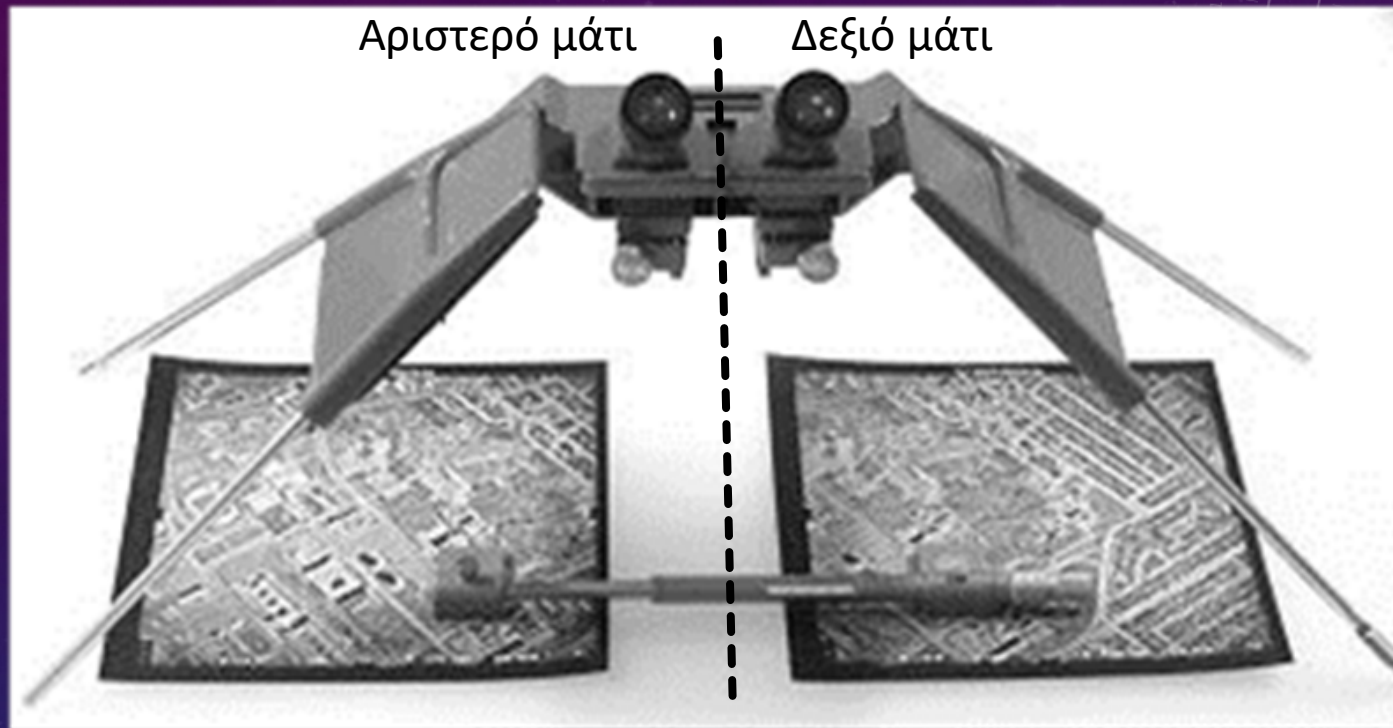
ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΕΤΡΙΑ



Βασίζεται στη Στερεο-σκοπία, η οποία είναι η διαδικασία της όρασης που περιλαμβάνει τα δύο μάτια ταυτόχρονα.

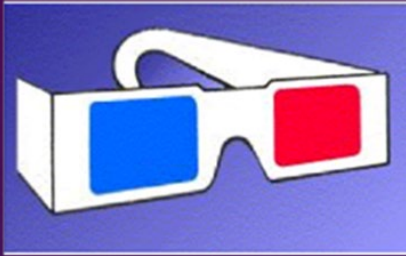
Η Στερεο-σκοπία επιτρέπει στον άνθρωπο την αντίληψη της τρίτης διάστασης της σκηνής, μέσω της εγκεφαλικής ερμηνείας των δύο εικόνων που σχηματίζονται στον αριστερό και τον δεξιό αμφιβληστροειδή.

ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΕΤΡΙΑ



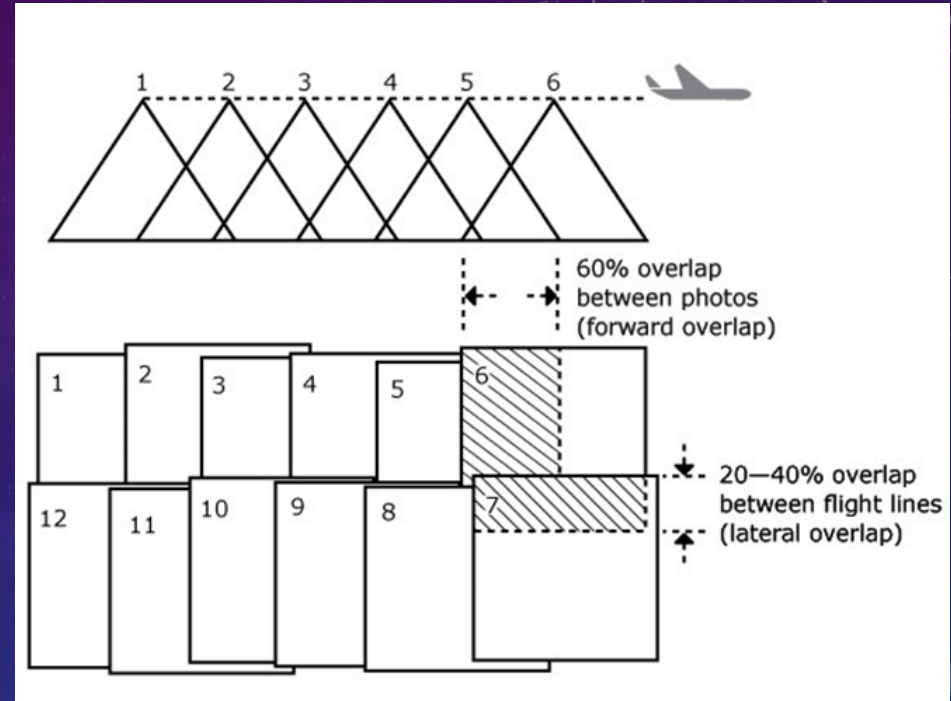
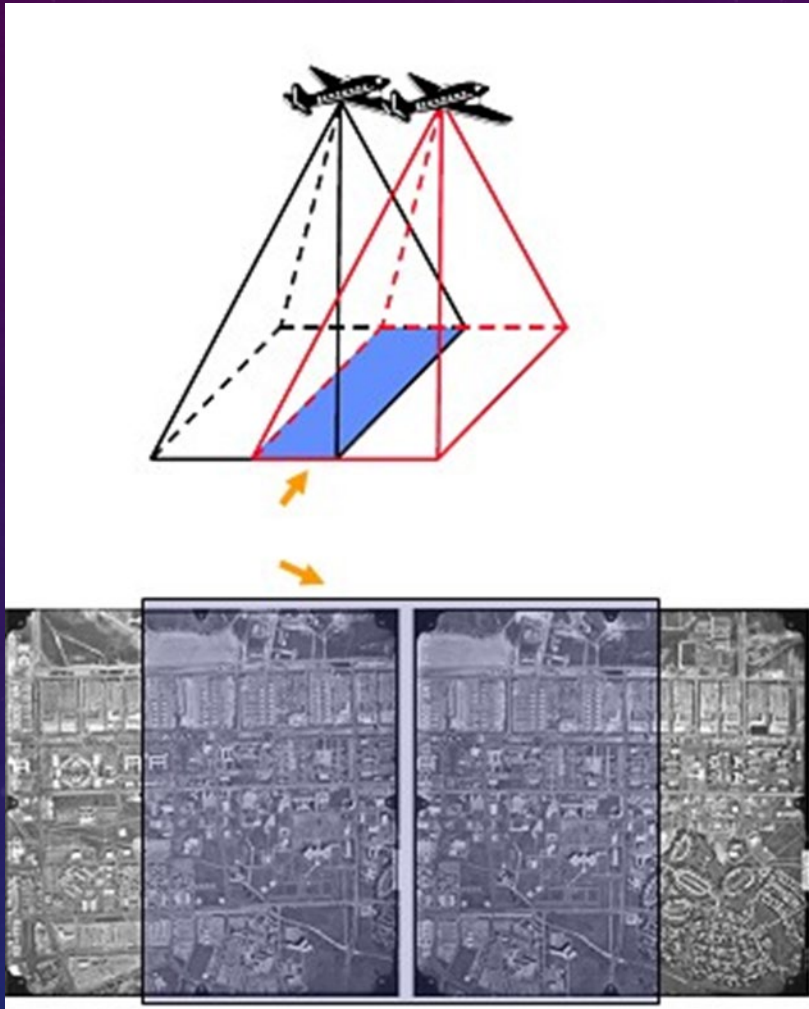
Η στερεοσκοπική οπτική συνίσταται στην ανθρώπινη λειτουργία της κατασκευής ενός στερεοσκοπικού μοντέλου από δύο εικόνες, του ίδιου αντικειμένου (ή περιοχής) που λήφθηκαν από διαφορετικές οπτικές γωνίες. Για να γίνει αυτό, κάθε μάτι πρέπει να δει μόνο την αντίστοιχη εικόνα (αριστερά ή δεξιά) και ο ανθρώπινος εγκέφαλος θα αντιληφθεί αυτόματα την τρίτη διάσταση.

ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΕΤΡΙΑ



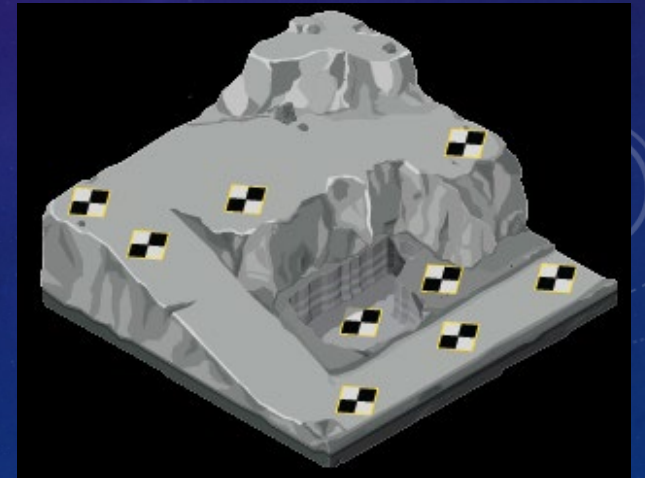
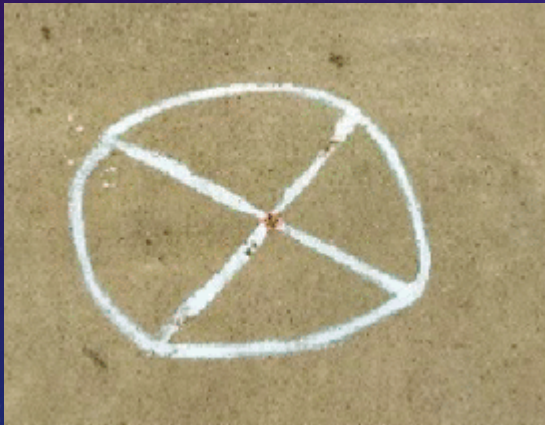
Η στερεοσκοπική οπτική μπορεί να επιτευχθεί με διάφορους τρόπους, όπως τα δίχρωμα γυαλιά σε ειδικά επεξεργασμένες εικόνες, ή με ειδικά γυαλιά διαφορετικής (οριζόντιας και κάθετης) πόλωσης σε κάθε μάτι.

ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΕΤΡΙΑ



Για να είναι δυνατή η στερεοσκοπική οπτική χρειάζεται να υπάρχει σημαντικό ποσοστό επικάλυψης μεταξύ των φωτογραφιών.

ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΕΤΡΙΑ

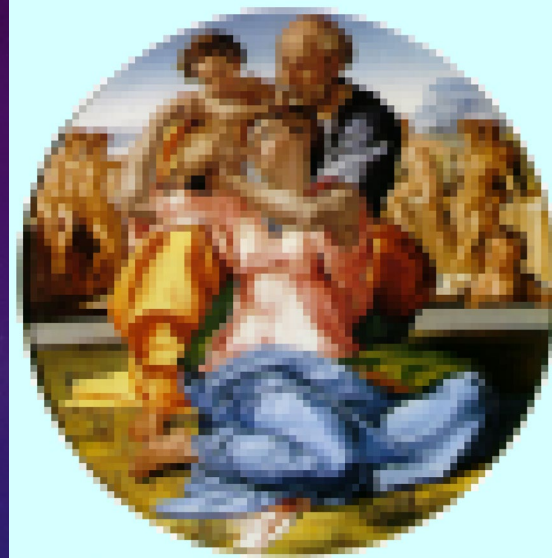


Σημεία ελέγχου εδάφους (φωτοσταθερά)

ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΕΤΡΙΑ



40 x 40



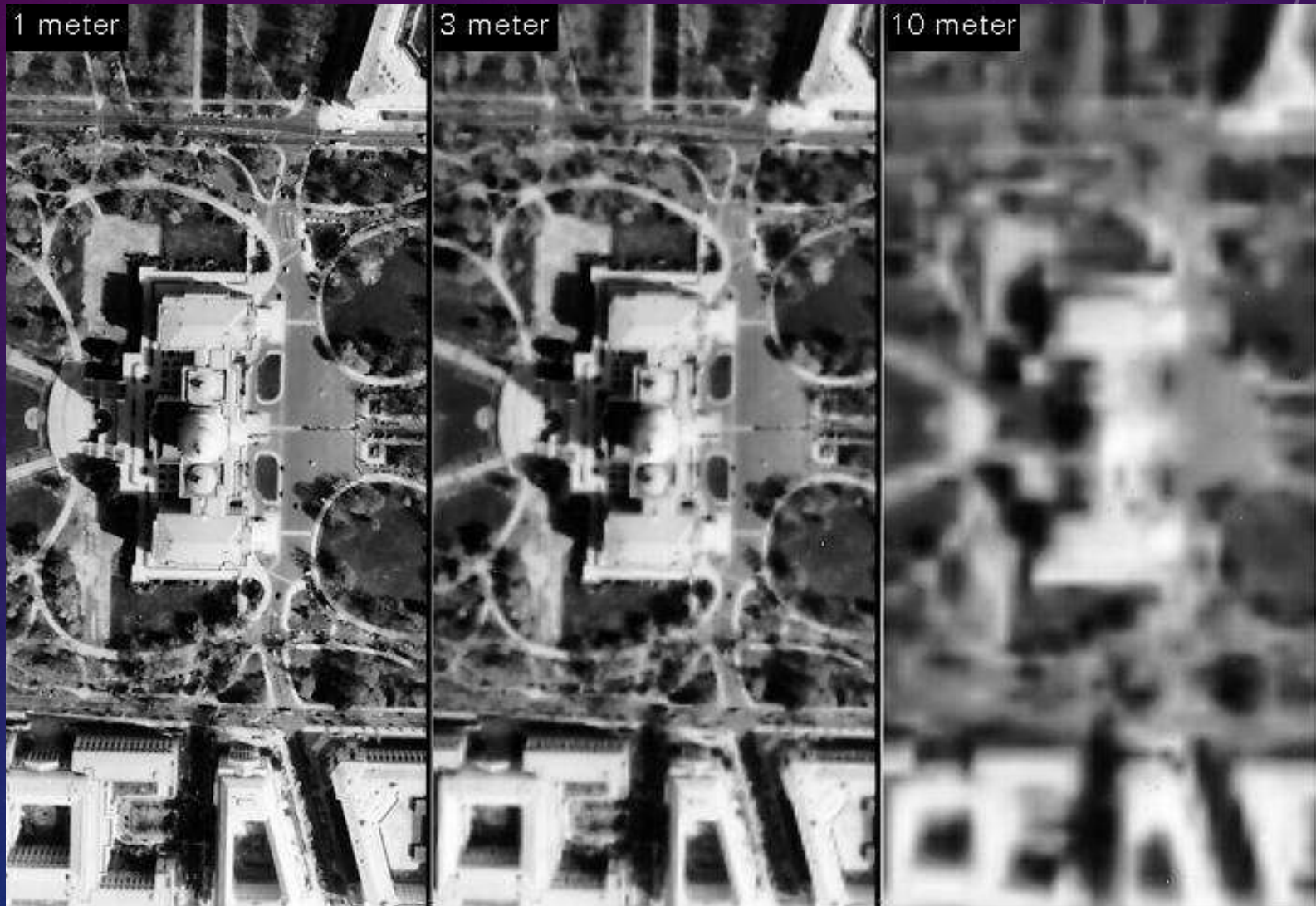
80 x 80



320 x 320

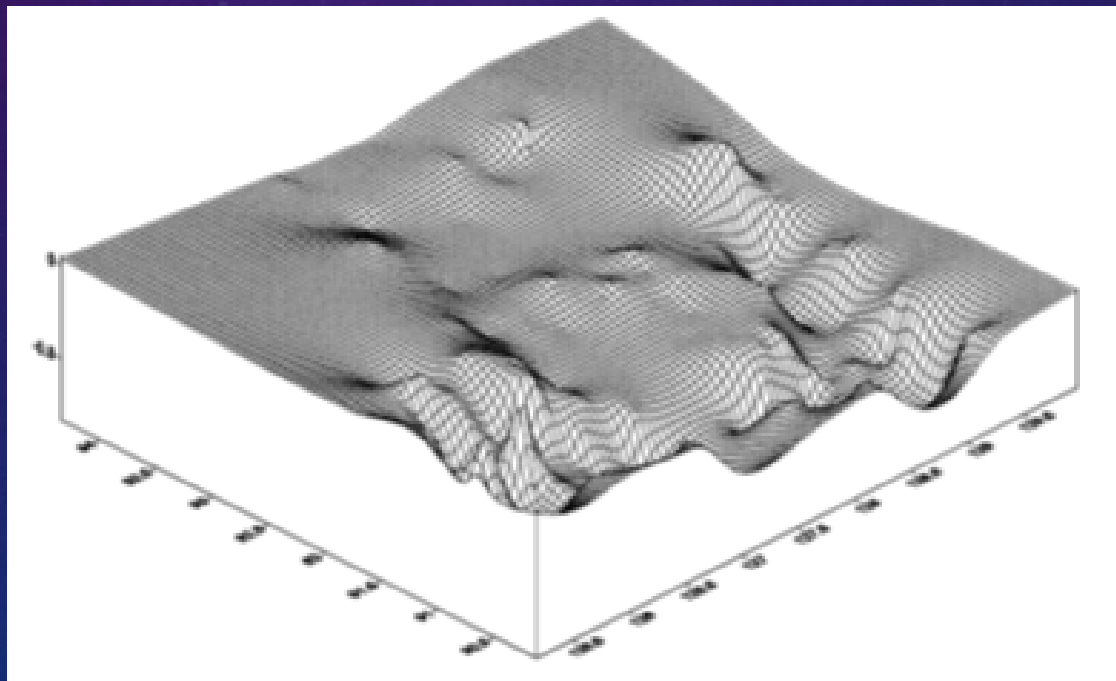
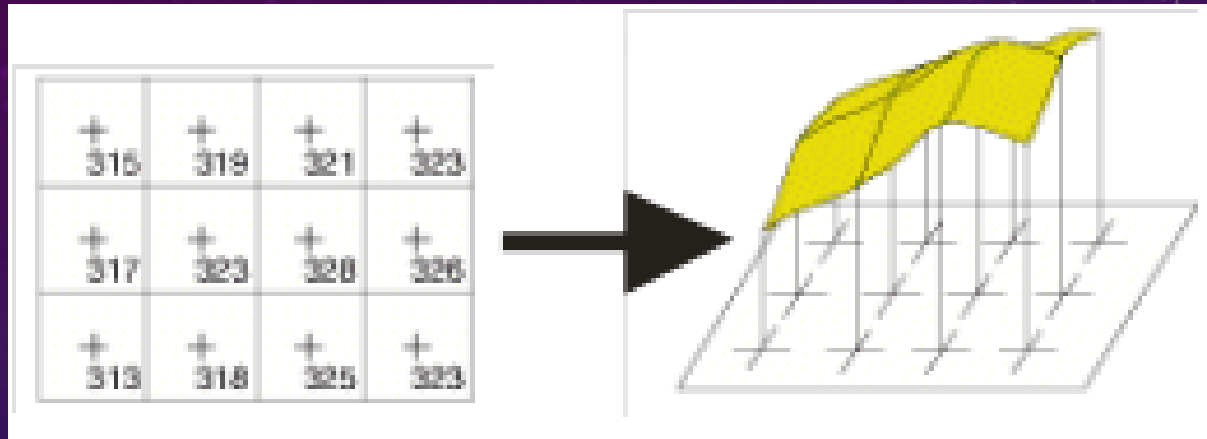
Χωρική διακριτική ικανότητα

ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΕΤΡΙΑ



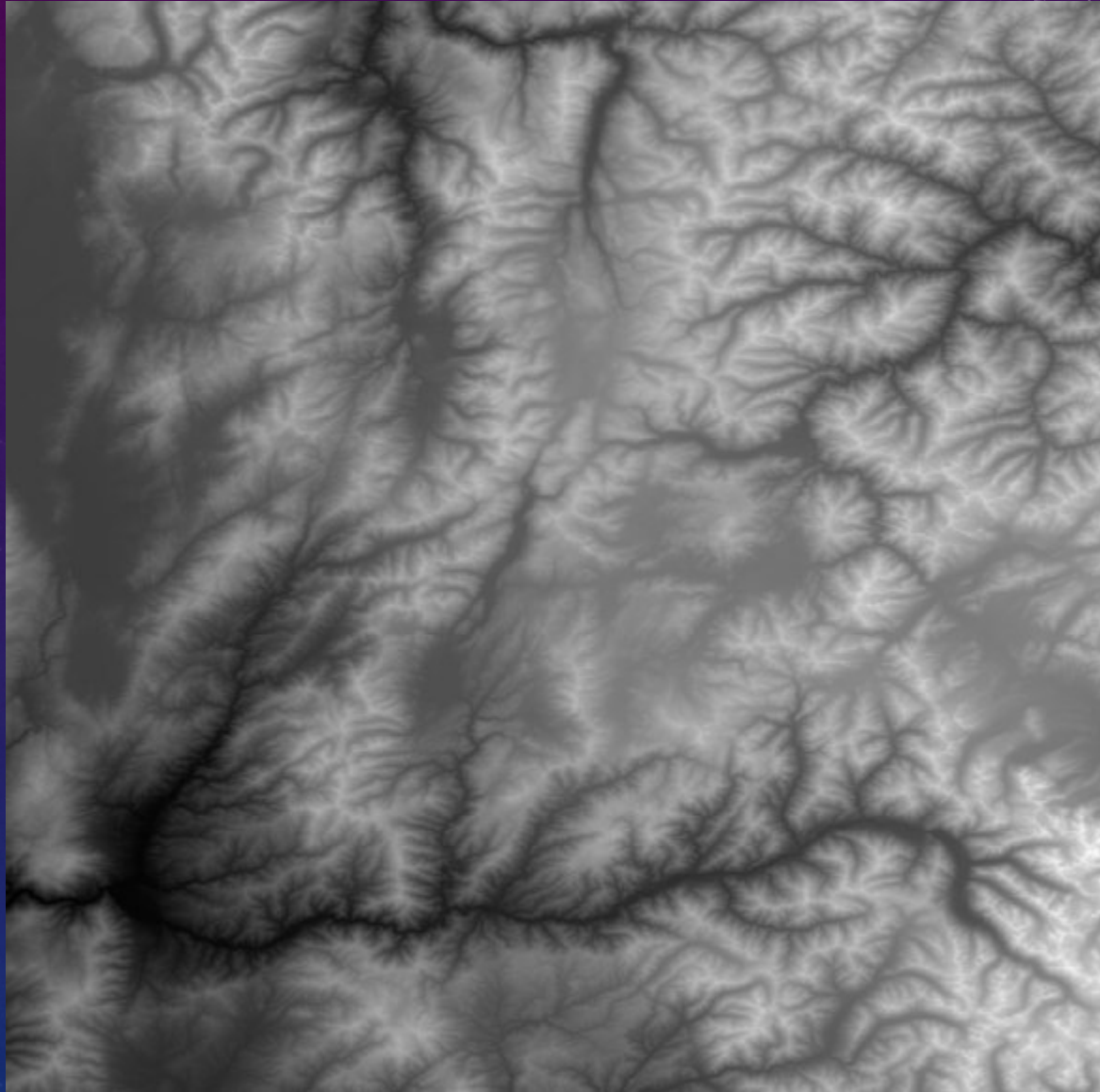
Χωρική διακριτική ικανότητα

ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΕΤΡΙΑ



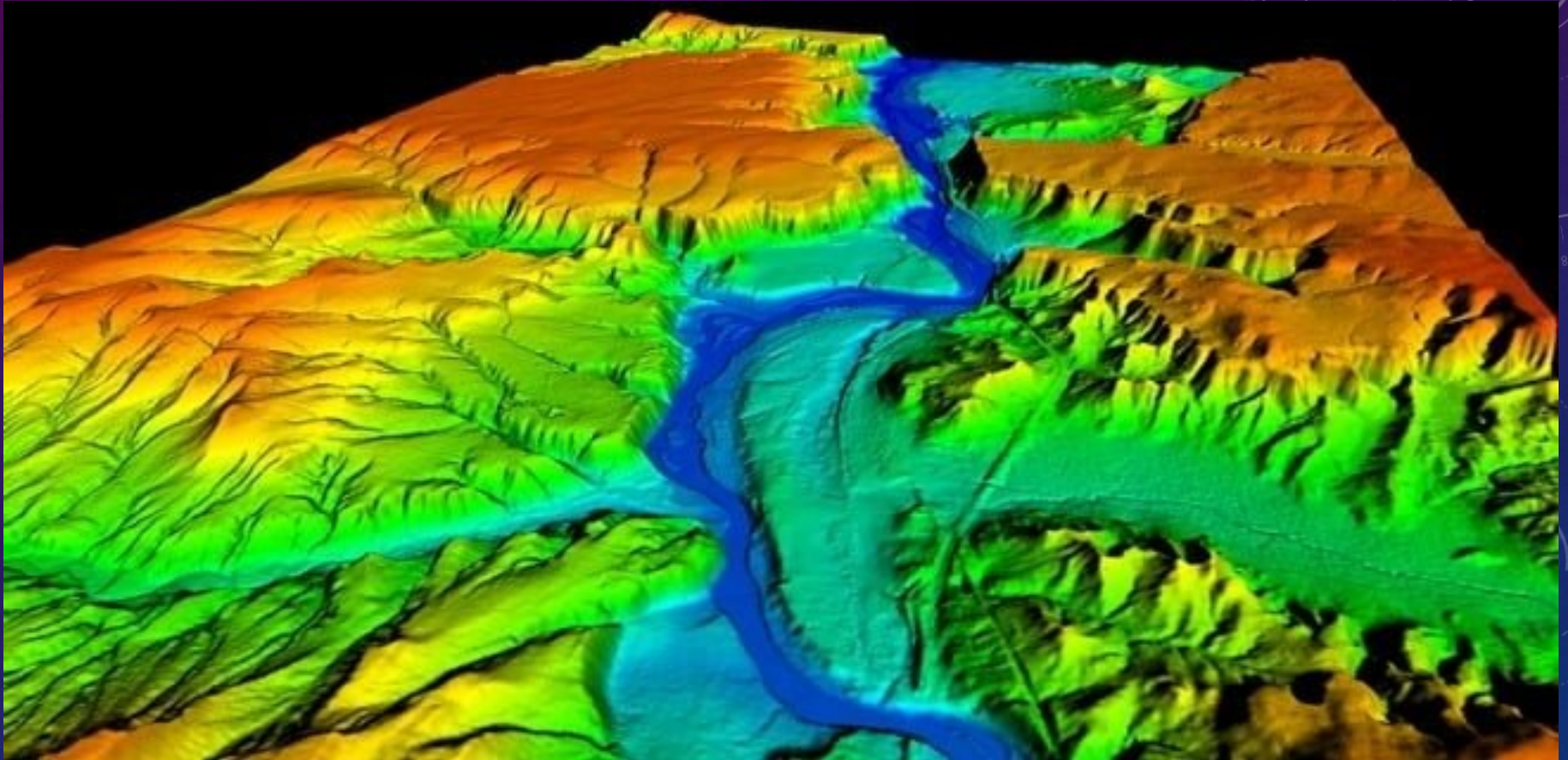
Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (Digital Terrain Model ή Digital Elevation Model)

ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΕΤΡΙΑ



Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (Digital Terrain Model ή Digital Elevation Model)

ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΕΤΡΙΑ

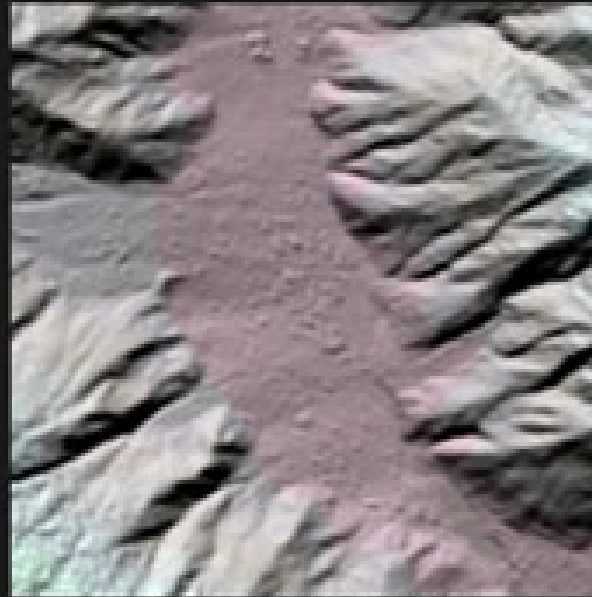


Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (Digital Terrain Model ή Digital Elevation Model)

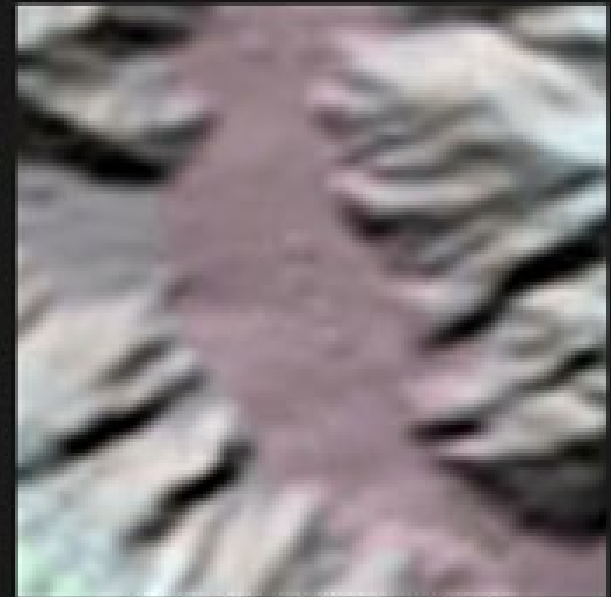
ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΕΤΡΙΑ



PRISM DSM (5m resolution)



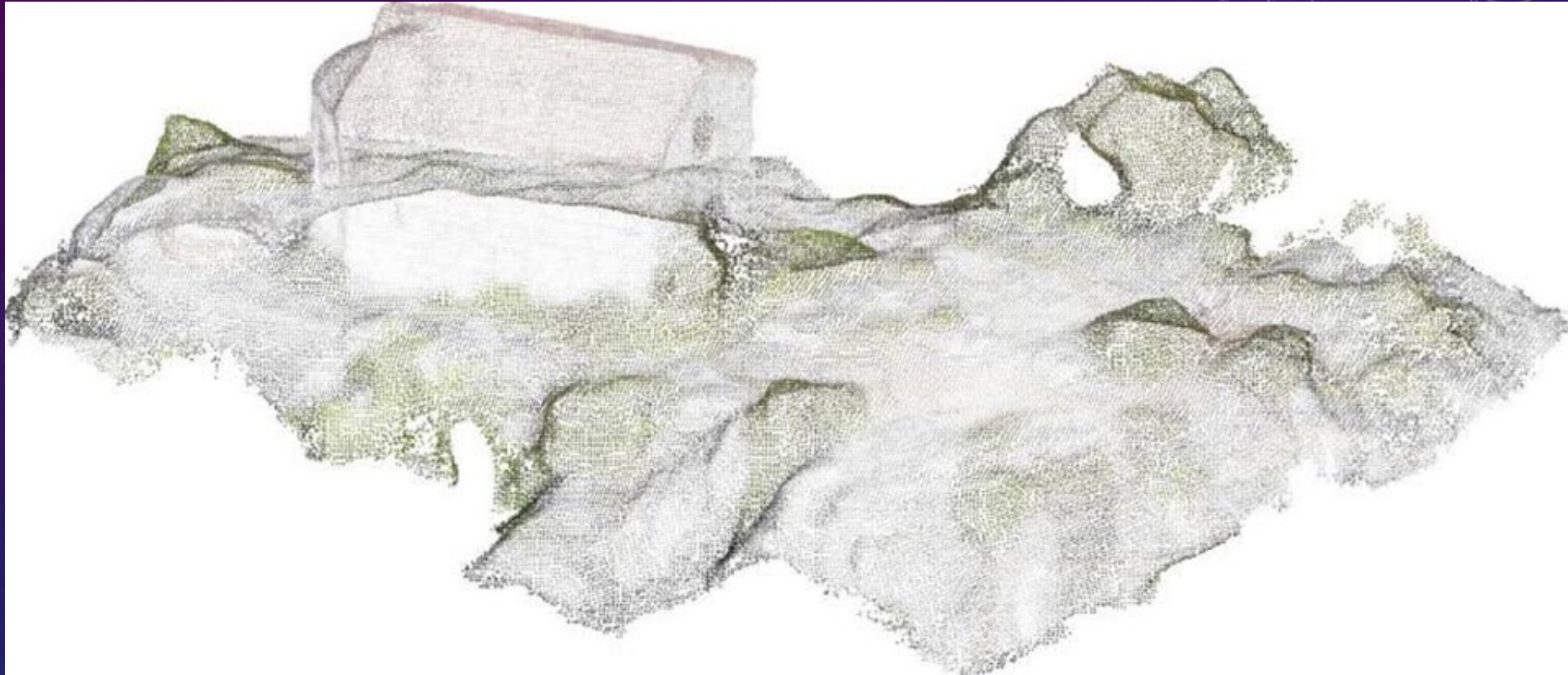
PRISM DSM (30m resolution)



PRISM DSM (90m resolution)

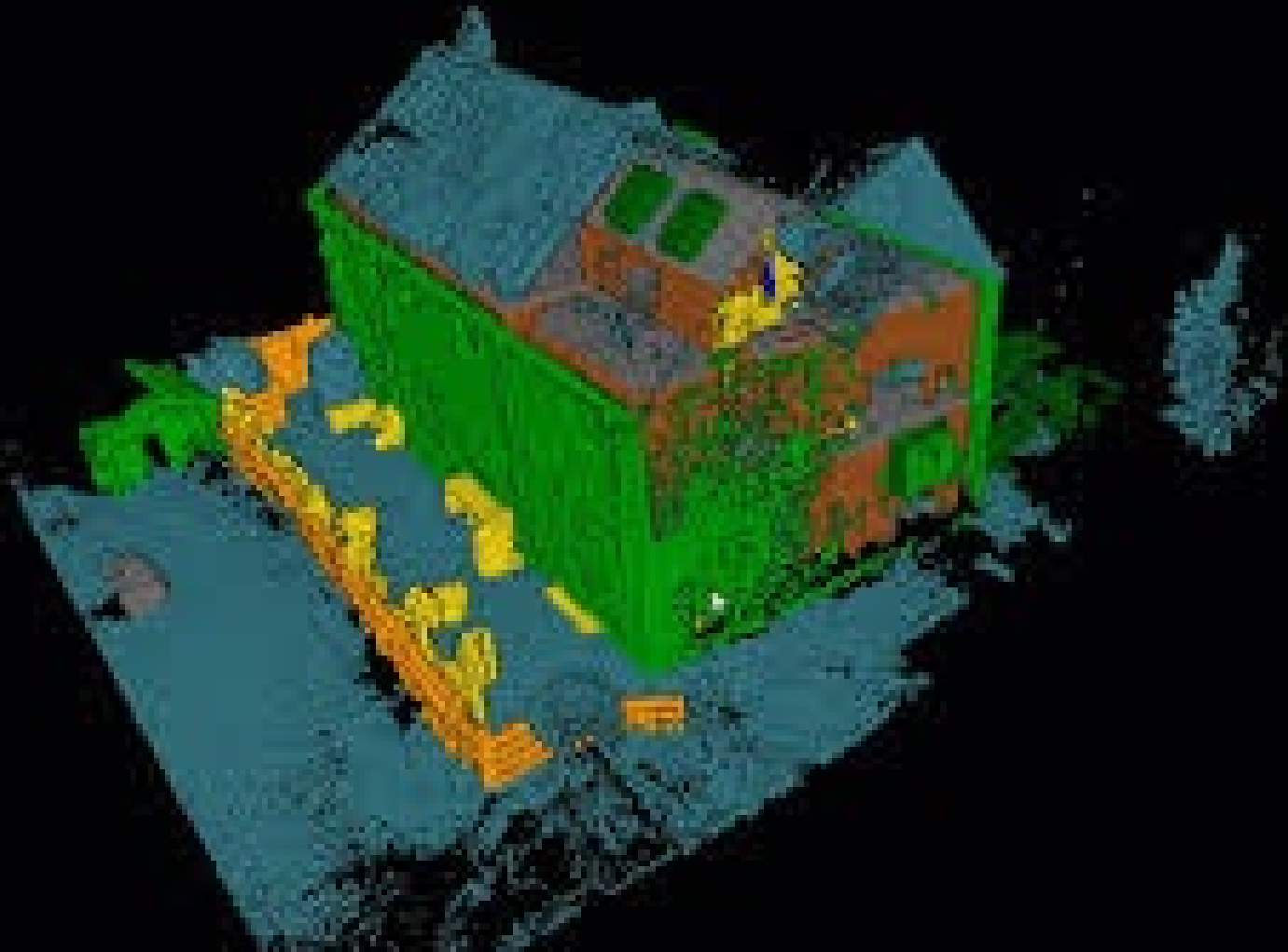
Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (Digital Terrain Model ή Digital Elevation Model)

ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΕΤΡΙΑ



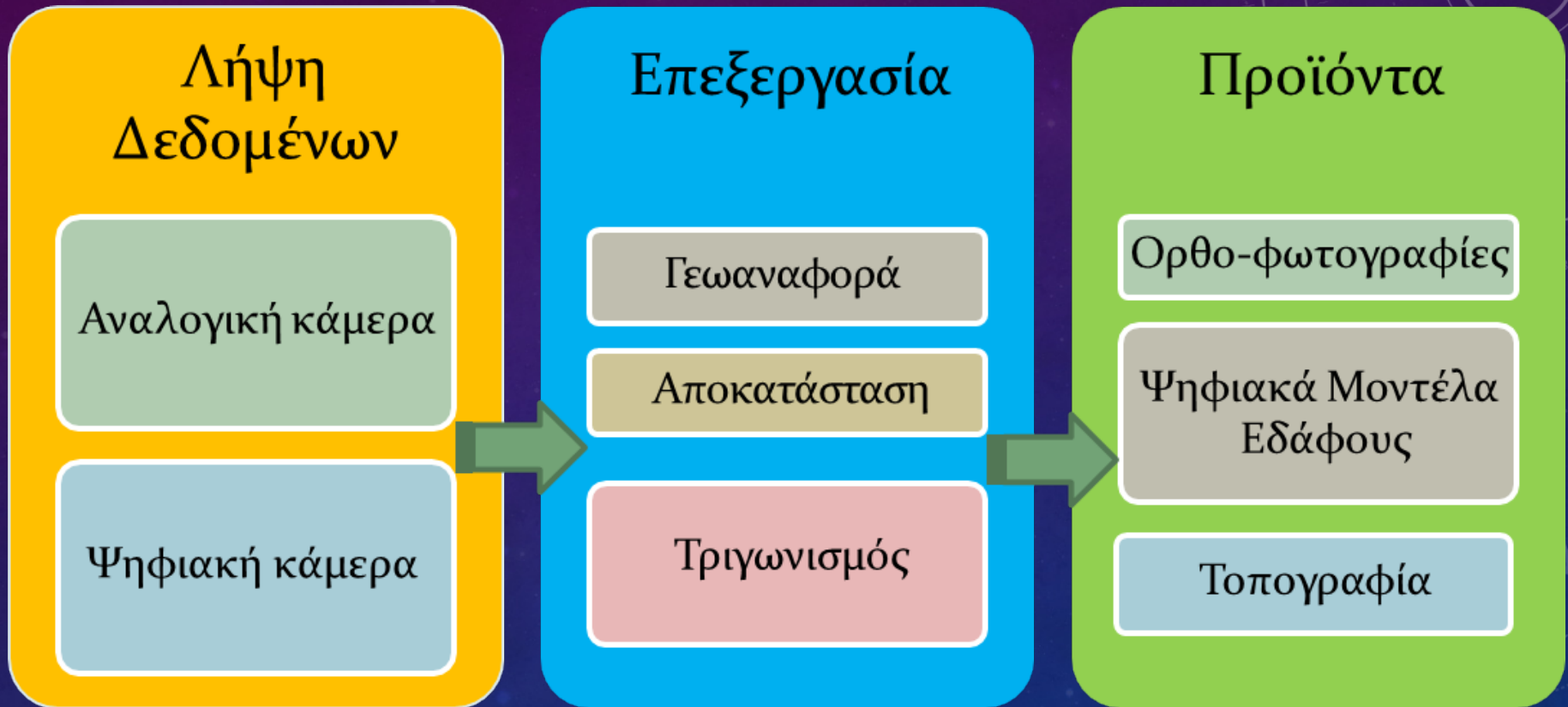
Νέφος Σημείων (Point Cloud)

ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΕΤΡΙΑ



Νέφος Σημείων (Point Cloud)

ΣΤΑΔΙΑ ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΕΤΡΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ



ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΕΤΡΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Μέθοδος Structure-from-Motion (SfM)

Χαμηλού κόστους φωτογραμμετρική τεχνική με τη χρήση υψηλής ανάλυσης δεδομένων εικόνας.

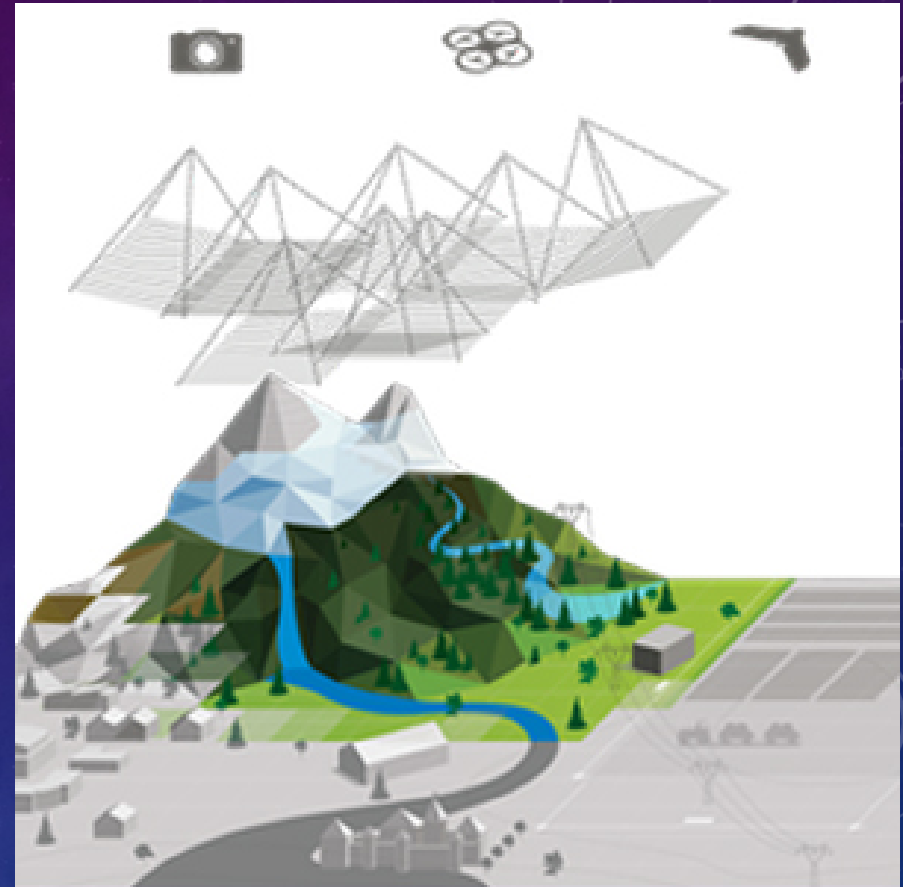
Οι παραδοσιακές φωτογραμμετρικές μέθοδοι, για τον προσδιορισμό της θέσης των σημείων στο χώρο, απαιτούν να είναι γνωστά η θέση της κάμερας καθώς και οι 3 διαστάσεις μεγάλου αριθμού διάσπαρτων σημείων ελέγχου.

Η προσέγγιση SfM δεν απαιτεί να είναι γνωστά κάποια από τα παραπάνω καθώς λύνει το πρόβλημα της θέσης της κάμερας και της γεωμετρίας της υπό μελέτη περιοχής, βασιζόμενη στην εύρεση κοινών σημείων (tie points) που εντοπίζονται σε πολλαπλές επικαλυπτόμενες εικόνες.

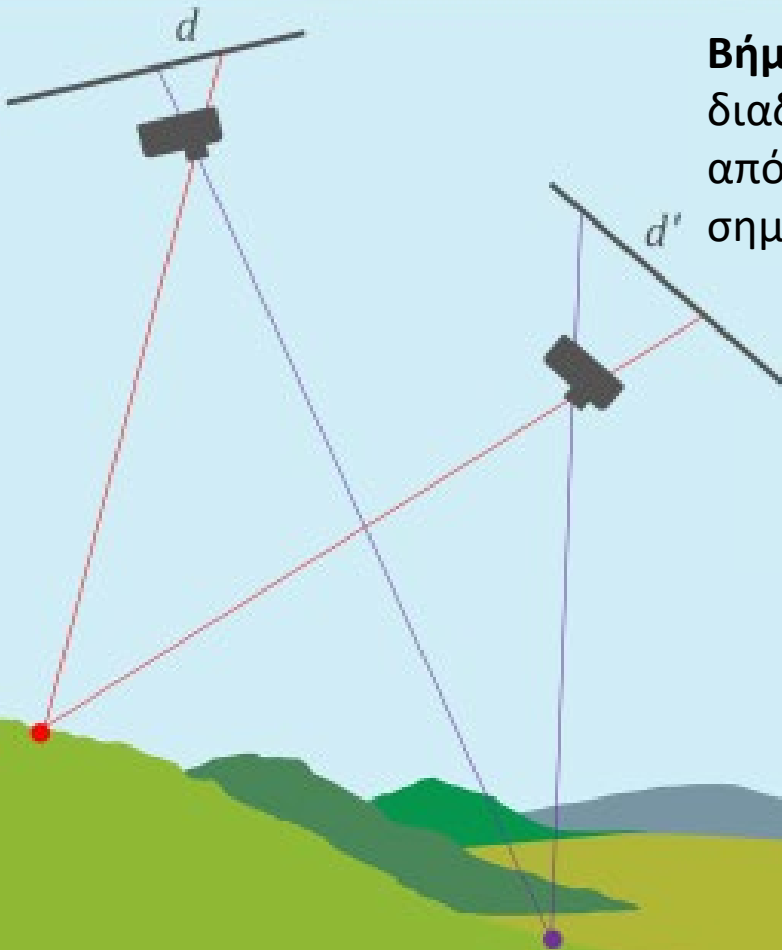
Η προσέγγιση αυτή είναι καταλληλότερη για σετ εικόνων με υψηλό βαθμό επικάλυψης που καλύπτουν το σύνολο μιας περιοχής.

Η προσθήκη μικρού αριθμού επίγειων σημείων ελέγχου αυξάνει κατακόρυφα την ακρίβεια των προϊόντων και στις 3 διαστάσεις.

Λογισμικά: Bundler, VisualSFM, Pix4D, Drone deploy, Agisoft Metashape....

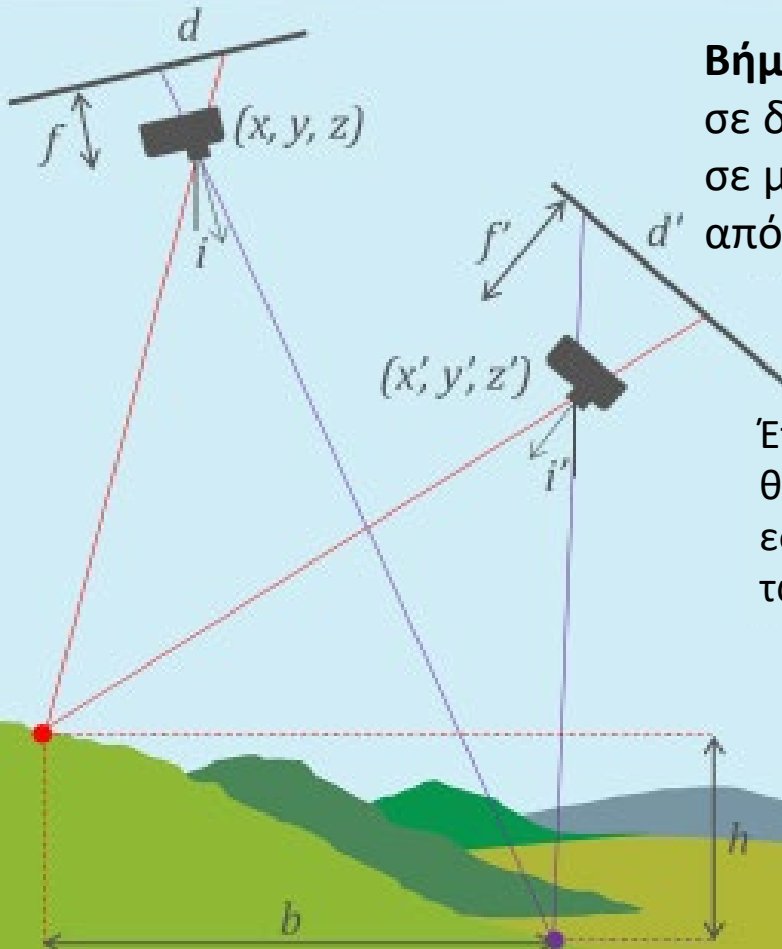


ΣΤΑΔΙΑ ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΕΤΡΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ



Βήμα 1. Ταυτίζονται σημεία που βρίσκονται σε δύο διαδοχικές φωτογραφίες και υπολογίζεται η απόσταση μεταξύ αυτών και της θέσης κάθε σημείου φωτογράφησης (d , d')

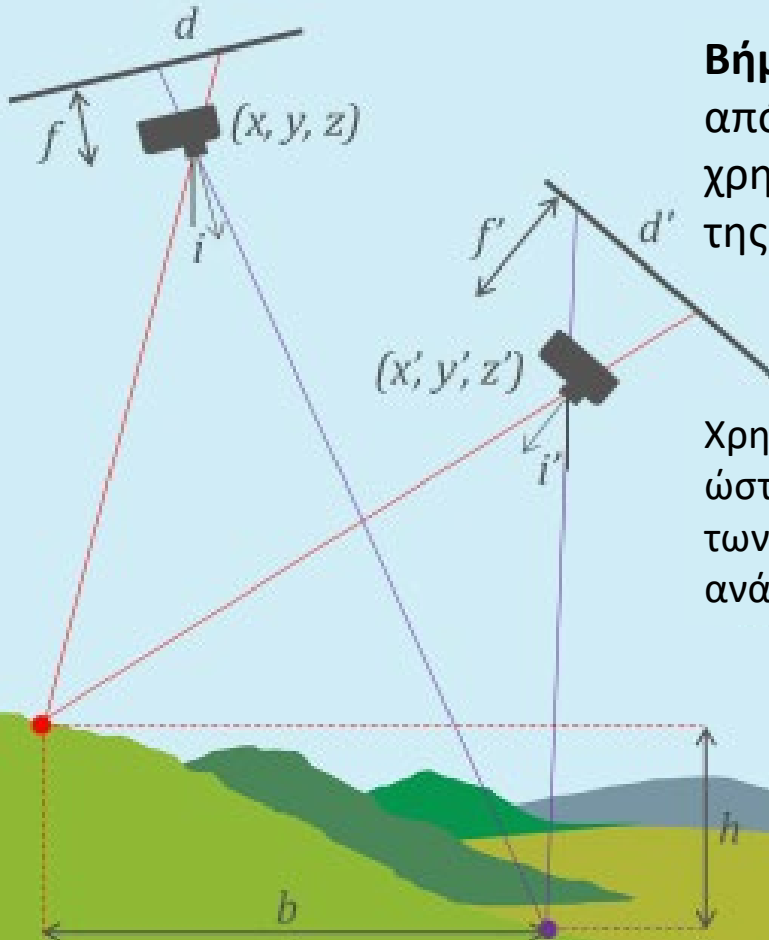
ΣΤΑΔΙΑ ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΕΤΡΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ



Βήμα 2. Αφού υπάρξει η ταύτιση πολλών σημείων σε δύο ή περισσότερες φωτογραφίες, καταλήγουμε σε μία και μόνο μαθηματική επίλυση για κάθε μία από τις θέσεις φωτογράφησης.

Έτσι, μπορούν να υπολογιστούν οι συντεταγμένες της θέσης (x, y, z) , ο προσανατολισμός της κάμερας (i), η εστιακή απόσταση του φακού (f) και οι σχετικές θέσεις των κοινών σημείων στην επιφάνεια της γης (b, h).

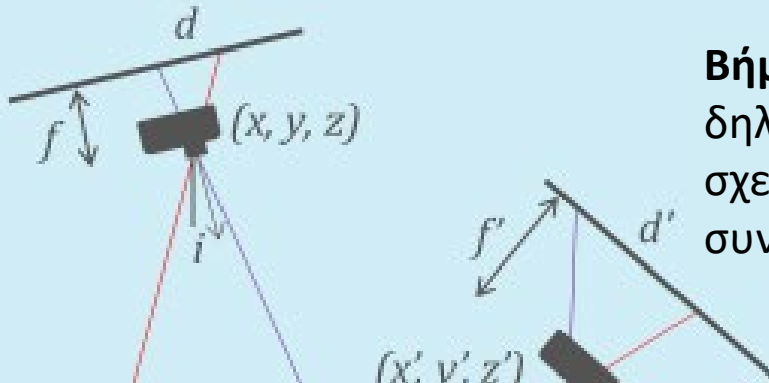
ΣΤΑΔΙΑ ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΕΤΡΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ



Βήμα 3. Δημιουργείται ένα πυκνό νέφος σημείων από θέσεις επάνω στη φωτογραφισμένη επιφάνεια χρησιμοποιώντας τις γνωστές -πλέον- παραμέτρους της κάθε θέσης φωτογράφισης.

Χρησιμοποιούνται όλα τα pixels σε κάθε φωτογραφία, ώστε το πυκνό μοντέλο να είναι ανάλογο της ανάλυσης των φωτογραφιών (είναι της τάξης των 100-1000 σημείων ανά τετρ. μέτρο).

ΣΤΑΔΙΑ ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΕΤΡΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ



Βήμα 4. Γίνεται γεωαναφορά του νέφους σημείων, δηλαδή μετατροπή των συντεταγμένων από ένα σχετικό σύστημα σε ένα σύστημα γεωγραφικών συντεταγμένων.

Υπάρχουν δύο τρόποι για να γίνει η γεωαναφορά:

- **άμεσα**, όταν είναι γνωστές οι θέσεις των σημείων φωτογράφησης καθώς και της εστιακής απόστασης της κάμερας
- **έμμεσα**, όταν έχουν τοποθετηθεί, φωτογραφηθεί και μετρηθεί σημεία ελέγχου με γνωστές συντεταγμένες

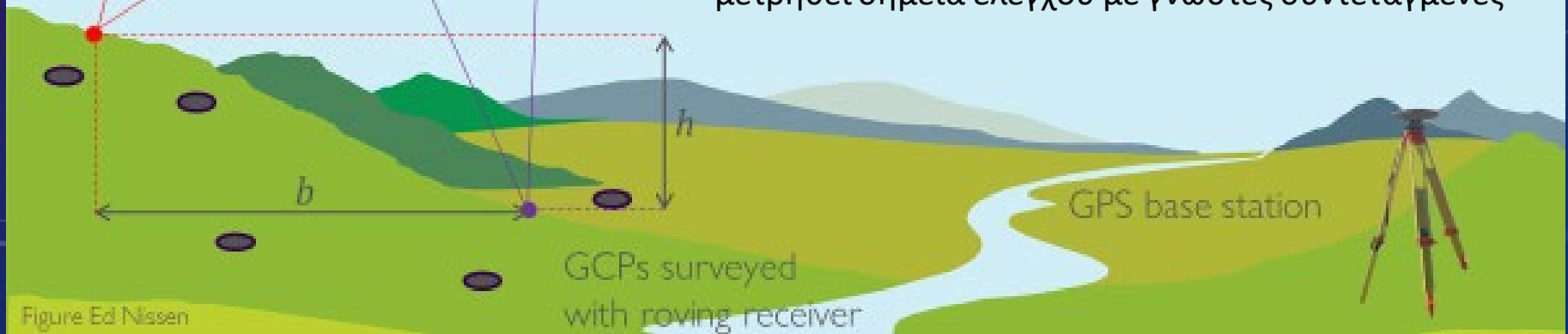
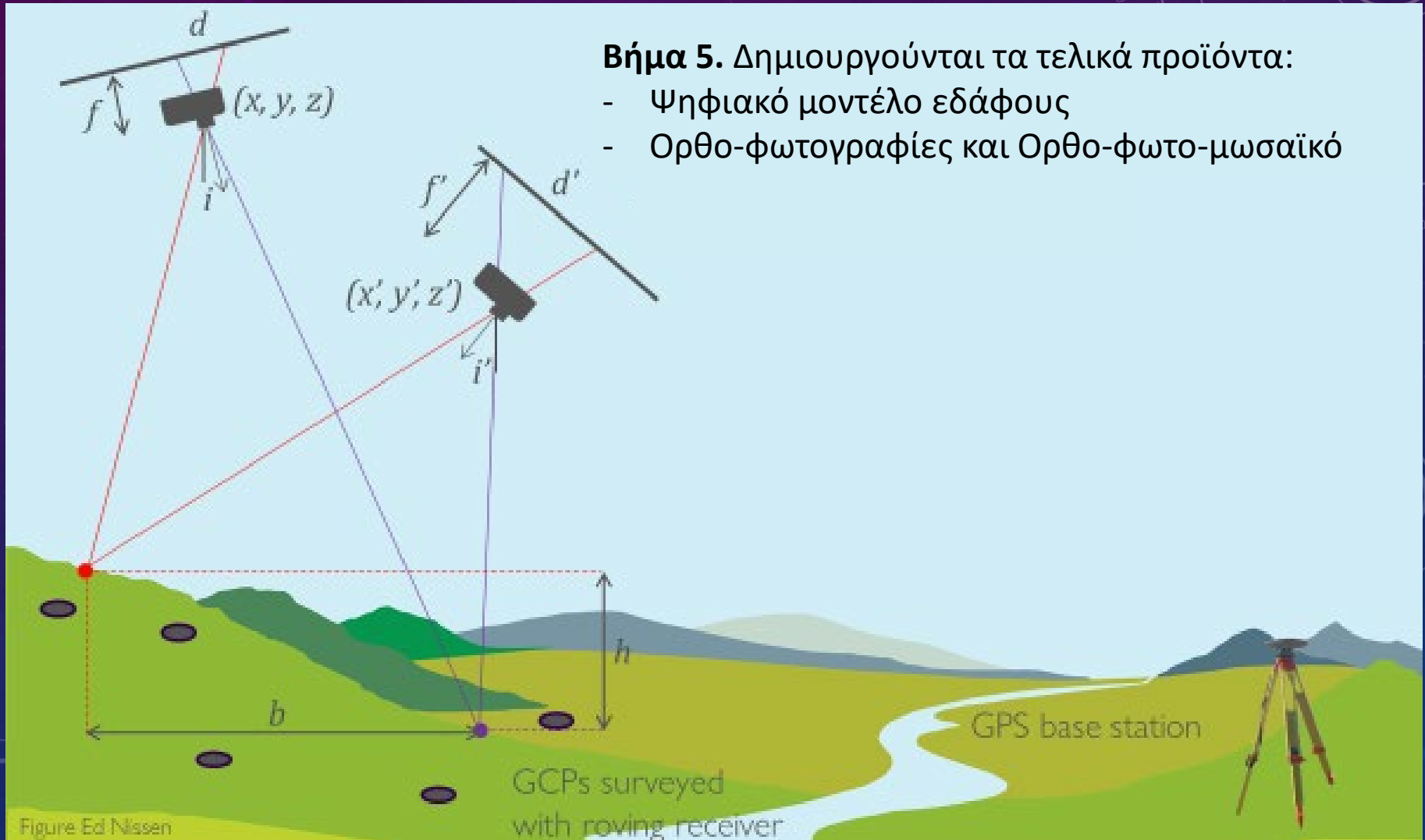


Figure Ed Nissen

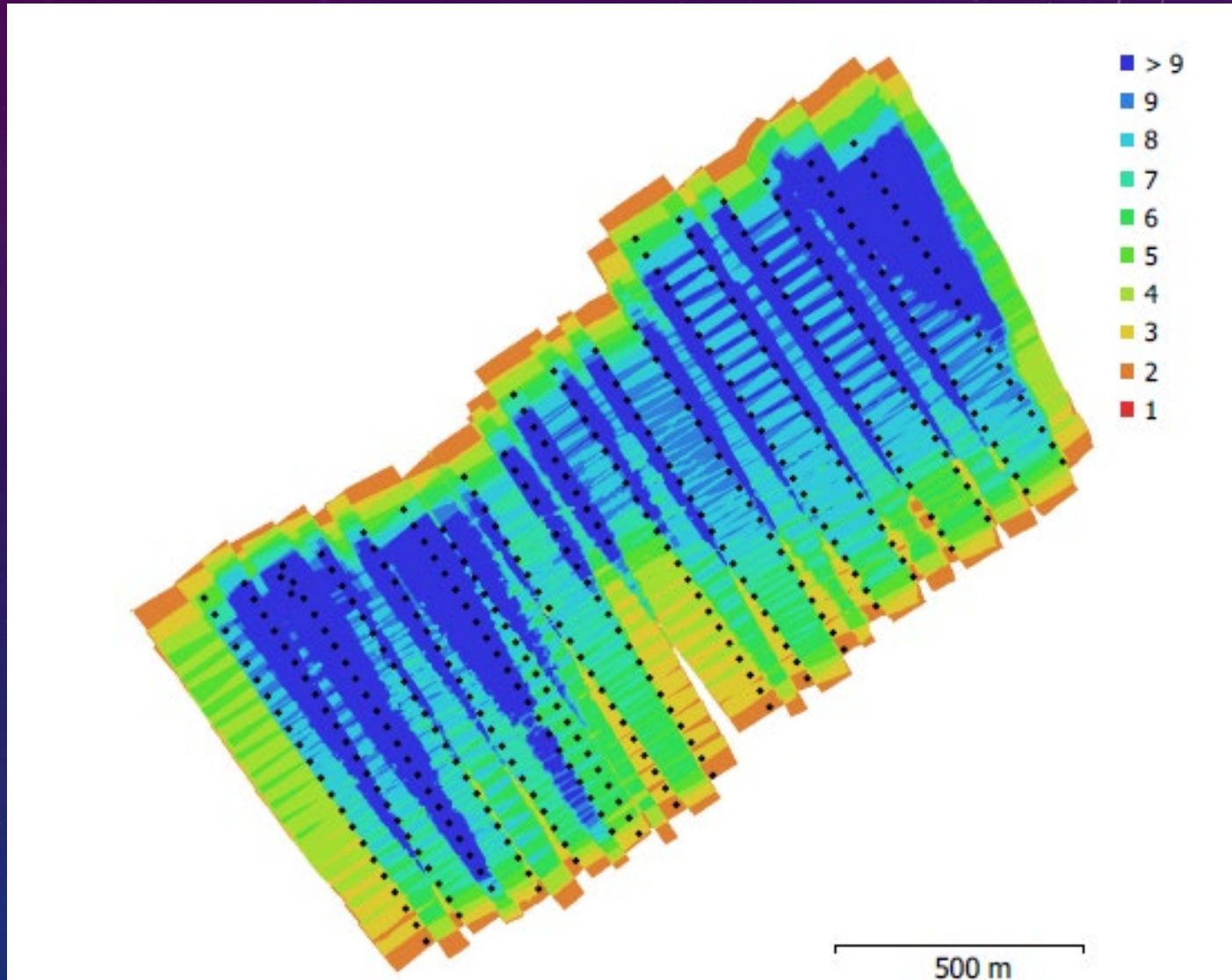
GCPs surveyed
with roving receiver

GPS base station

ΣΤΑΔΙΑ ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΕΤΡΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ



ΣΤΑΔΙΑ ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΕΤΡΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ



Κάλυψη περιοχής από αεροφωτογραφίες

ΣΤΑΔΙΑ ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΕΤΡΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ



Ορθο-φωτο-μωσαϊκό

ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΕΤΡΙΑ

- Πως χρησιμεύει?
- Που χρησιμοποιείται?
- Είναι ακριβή?
- Είναι πολύπλοκη?
- **Γιατί είναι σημαντική?**