



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΑΝΟΙΧΤΑ
ΑΚΑΔΗΜΑΙΚΑ
ΜΑΘΗΜΑΤΑ



Αναλυτική Φωτογραμμετρία

Ενότητα # 6: Βασικά Φωτογραμμετρικά προβλήματα II

Καθηγήτρια Όλγα Γεωργούλα
Τμήμα Αγρονόμων & Τοπογράφων Μηχανικών



Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΑΝΟΙΧΤΑ
ΑΚΑΔΗΜΑΙΚΑ
ΜΑΘΗΜΑΤΑ



Βασικά Φωτογραμμετρικά προβλήματα II

Ενότητα 6

Περιεχόμενα 6^{ης} ενότητας

Το πρόβλημα του Σχετικού και του Απόλυτου προσανατολισμού σε βήματα

- i. Γεωμετρία λήψης στερεοζεύγους
- ii. Επεξεργασία ζεύγους λήψεων
- iii. Το πρόβλημα του Σχετικού και απόλυτου προσανατολισμού σε βήματα
 - Σχετικός προσανατολισμός
 - Απόλυτος προσανατολισμός
- iv. Αναλυτική επίλυση του προβλήματος του Σχετικού προσανατολισμού ζεύγους εικόνων
 - Προσδιορισμός παραμέτρων Σχετικού προσανατολισμού
 - Προσδιορισμός συν/νων στερεομοντέλου
- v. Αναλυτική επίλυση του προβλήματος του Απόλυτου προσανατολισμού μοντέλου
 - Προσδιορισμός παραμέτρων 3D μετασχηματισμού
 - Μετασχηματισμός του στερεομοντέλου

Στόχοι ενότητας

- Η κατανόηση του βασικού προβλήματος του σχετικού προσανατολισμού ζεύγους επικαλυπτόμενων εικόνων (στερεοζεύγους) μέσω διαδικασίας συνόρθωσης
- Η κατανόηση του βασικού προβλήματος του απόλυτου προσανατολισμού μοντέλου μέσω διαδικασίας συνόρθωσης

Λέξεις κλειδιά

- Σχετικός προσανατολισμός εικόνων
- Απόλυτος προσανατολισμός μοντέλου



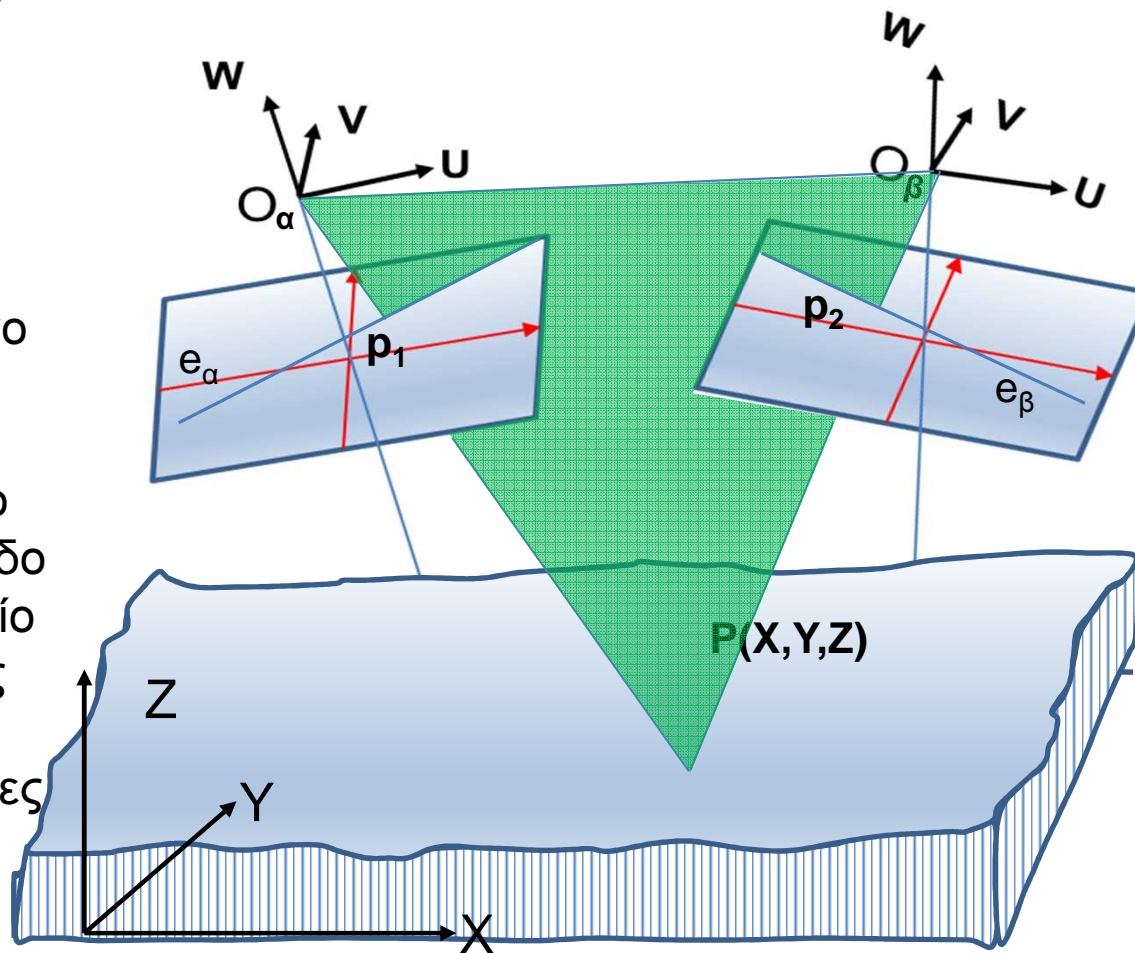
ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

i. Γεωμετρία λήψης στερεοζεύγους

Γεωμετρία λήψης στερεοζεύγους (1/2)

Όπως ήδη αναφέρεται στην 4^η Ενότητα κατά τη λήψη στερεοζεύγους:

Σε κάθε φωτογραφούμενο σημείο P του χώρου δημιουργείται το επιπολικό επίπεδο ($O_\alpha O_\beta P$), το οποίο τέμνει τις εικόνες κατά τις επιπολικές ευθείες (e_α) και (e_β)



ΕΠΙΠΟΛΙΚΗ
ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ



Γεωμετρία λήψης στερεοζεύγους (2/2)

Κατά τη λήψη στερεοζεύγους:

1. Από σημείο του χώρου P δύο ακτίνες, μέσω των κέντρων προβολής K_1 και K_2 , δίνουν τα ομόλογα σημεία p_1 και p_2 στα επίπεδα των εικόνων,
2. Τα σημεία P , K_1 , K_2 είναι συνεπίπεδα και ορίζουν το επιπολικό επίπεδο (e)
Το επιπολικό επίπεδο (e) τέμνει τις εικόνες κατά τις επιπολικές ευθείες e_1 και e_2

→ **ΕΠΙΠΟΛΙΚΗ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ**

3. Οι δύο λήψεις πραγματοποιούνται:

- με συγκεκριμένους εξωτερικούς προσανατολισμούς ως προς ένα ορισμένο σύστημα αναφοράς, π.χ επίγειο σύστημα
- με ένα συγκεκριμένο **σχετικό προσανατολισμό** (= θέση και προσανατολισμό της 2^{ης} λήψης σε σχέση με την 1^η)

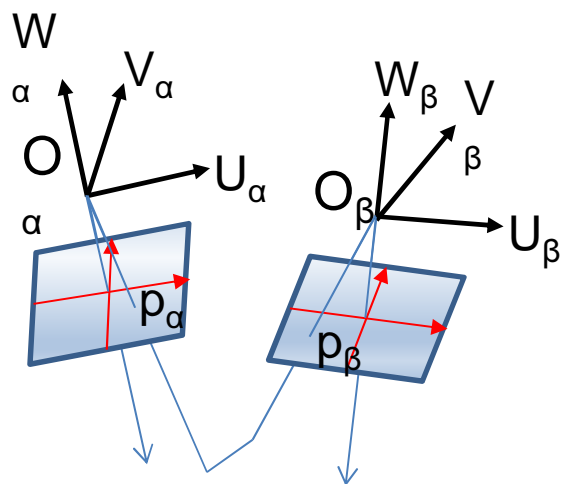


ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

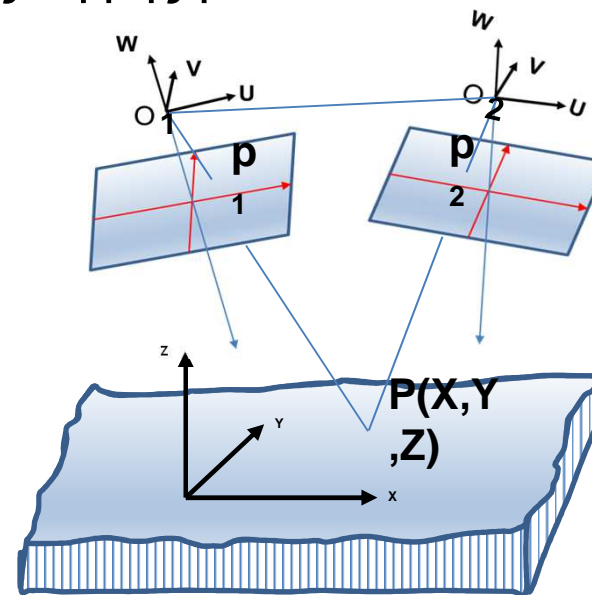
ii. Επεξεργασία ζεύγους λήψεων

ii. Επεξεργασία ζεύγους λήψεων

Ζητούμενο η αποκατάσταση της γεωμετρίας λήψης με σκοπό τον προσδιορισμό σημείων στο χώρο



Εικόνες σε τυχαία θέση στο χώρο \rightarrow αδυναμία προσδιορισμού σημείου στο χώρο



Εικόνες στην ίδια σχετική και απόλυτη θέση που είχαν κατά τη στιγμή της λήψης (αποκατάσταση της γεωμετρίας λήψης του ζεύγους των εικόνων) \rightarrow δυνατότητα προσδιορισμού σημείου στο χώρο

Αποκατάσταση της Γεωμετρίας λήψης στερεοζεύγους(1)

1.1 Οι απόλυτοι εξωτερικοί προσανατολισμοί των δύο λήψεων ως προς το εδαφικό σύστημα αναφοράς είναι δυνατό να προσδιορισθούν μέσω φωτογραμμετρικών οπισθοτομιών, εφόσον διατίθενται γνωστά σημεία

1.2 Ο σχετικός προσανατολισμός των δύο λήψεων είναι δυνατό να προσδιοριστεί χωρίς να απαιτούνται γνωστά σημεία → ΣΥΝΘΗΚΗ ΣΥΝΕΠΙΠΕΔΟΤΗΤΑΣ- ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΣΧΕΤΙΚΟΥ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ

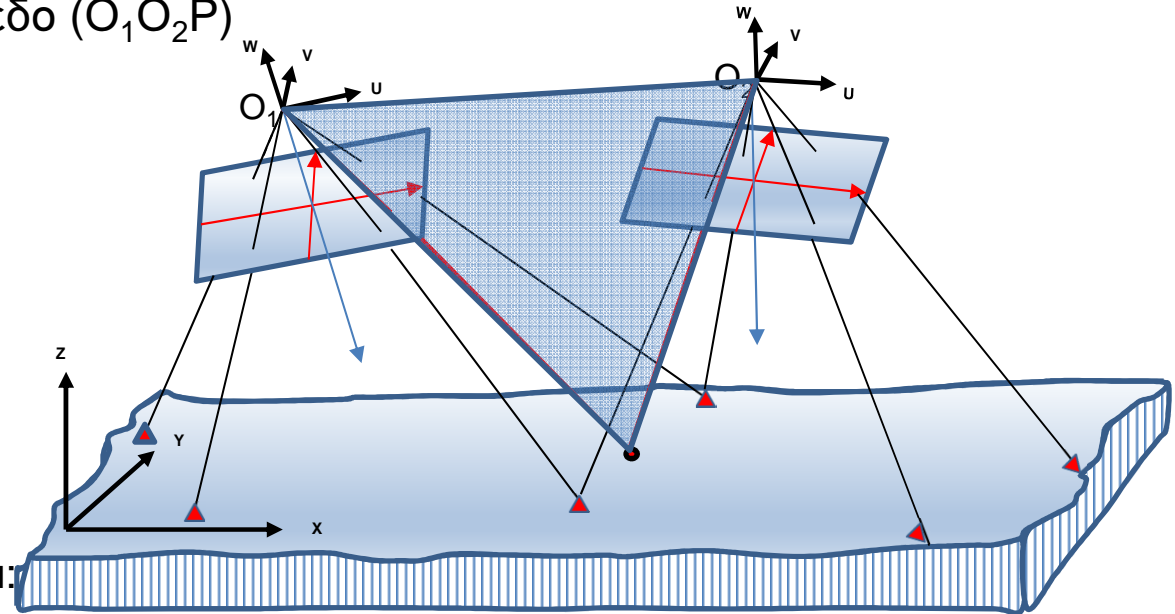
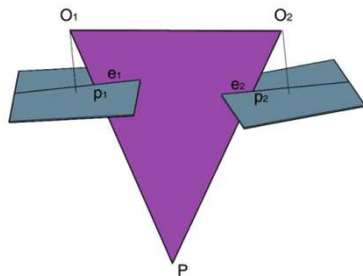
1.3. Όταν οι εικόνες αποκατασταθούν στην ίδια σχετική θέση και προσανατολισμό, που είχαν κατά τη στιγμή των λήψεων δημιουργείται το ΣΤΕΡΕΟΜΟΝΤΕΛΟ →.

η υπό κλίμακα και σε “τυχαίο σύστημα αναφοράς” 3D αναπαράσταση-αναπαραγωγή του αντικειμένου, το οποίο απεικονίζεται σε ζευγάρι επικαλυπτόμενων εικόνων

1.4. Το στερεομοντέλο μετασχηματίζεται από το (x, y, z) σύστημα μοντέλου σε επίγειο σύστημα (X, Y, Z) με τη διαδικασία του ΑΠΟΛΥΤΟΥ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ

Προσδιορισμός σημείου P στο έδαφος (X,Y,Z) σε βήματα

- **Οπισθοτομίες** (απαιτήση για γνωστά σημεία εδάφους, τουλάχιστον 4 ▲ σε κάθε λήψη)
- **Εμπροσθοτομία** Κατά τον εμπροσθοτομικό προσδιορισμό σημείου, ουσιαστικά υλοποιείται το επιτολικό επίπεδο (O_1O_2P)



Οι δύο λήψεις πραγματοποιούνται:

- με συγκεκριμένους εξωτερικούς προσανατολισμούς ως προς ένα ορισμένο σύστημα αναφοράς, π.χ επίγειο σύστημα (Οπισθοτομίες)
- με ένα συγκεκριμένο **σχετικό προσανατολισμό** (= θέση και προσανατολισμό της 2^{ης} λήψης σε σχέση με την 1^η)

Αποκατάσταση της Γεωμετρίας λήψης στερεοζεύγους (2)

1.1 Οι απόλυτοι εξωτερικοί προσανατολισμοί των δύο λήψεων ως προς το εδαφικό σύστημα αναφοράς είναι δυνατό να προσδιορισθούν μέσω φωτογραμμετρικών οπισθοτομιών, εφόσον διατίθενται γνωστά σημεία

1.2 Ο σχετικός προσανατολισμός των δύο λήψεων είναι δυνατό να προσδιοριστεί χωρίς να απαιτούνται γνωστά σημεία → **ΣΥΝΘΗΚΗ ΣΥΝΕΠΙΠΕΔΟΤΗΤΑΣ- ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΣΧΕΤΙΚΟΥ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ**

1.3. Όταν οι εικόνες αποκατασταθούν στην ίδια σχετική θέση και προσανατολισμό, που είχαν κατά τη στιγμή των λήψεων δημιουργείται το **ΣΤΕΡΕΟΜΟΝΤΕΛΟ** →.

η υπό κλίμακα και σε “τυχαίο σύστημα αναφοράς” 3D αναπαράσταση-αναπαραγωγή του αντικειμένου, το οποίο απεικονίζεται σε ζευγάρι επικαλυπτόμενων εικόνων

1.4. Το στερεομοντέλο μετασχηματίζεται από το (x, y, z) σύστημα μοντέλου σε επίγειο σύστημα (X, Y, Z) με τη διαδικασία του **ΑΠΟΛΥΤΟΥ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ**



iii. Το πρόβλημα του Σχετικού και Απόλυτου προσανατολισμού σε βήματα

Σχετικός και Απόλυτος Προσανατολισμός σε βήματα

Σχετικός και Απόλυτος προσανατολισμός σε βήματα με τελικό ζητούμενο τον προσδιορισμό σημείου $P(X,Y,Z)$

1. Σχετικός προσανατολισμός → Η επίλυση του προβλήματος του Σ.Π αφορά σε **ένα ζευγάρι επικαλυπτόμενων λήψεων** και ολοκληρώνεται σε δύο βήματα.

1.1 Υπολογισμός των απαραίτητων παραμέτρων για την αποκατάσταση της γεωμετρίας λήψης που ίσχυε κατά τη φωτογράφιση

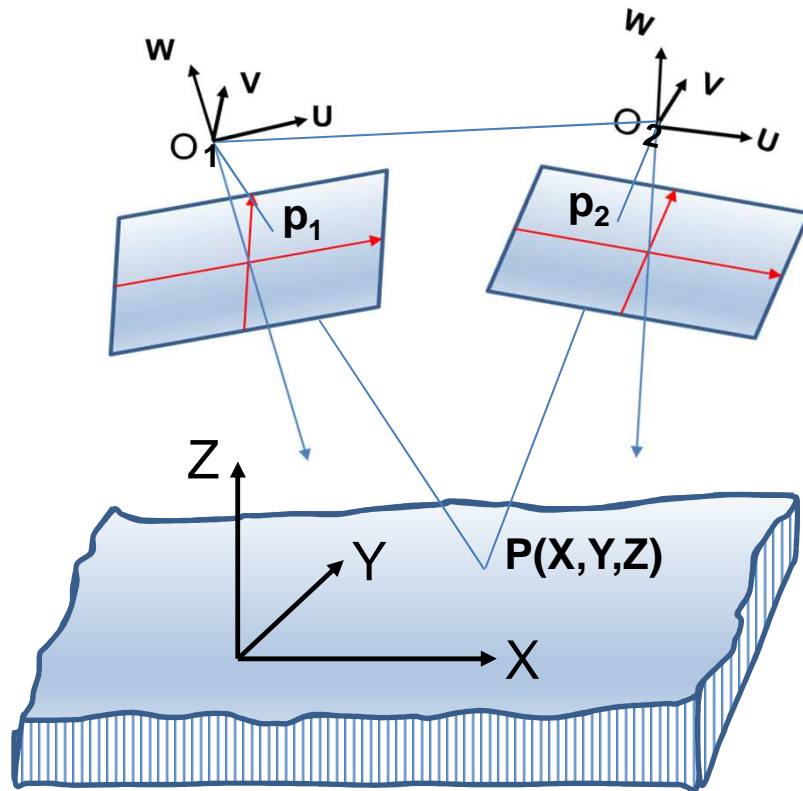
1.2 Δημιουργία του στερεομοντέλου

2. Απόλυτος προσανατολισμός → Η επίλυση του προβλήματος του Α.Π, αφορά σε ένα **στερεομοντέλο** και ολοκληρώνεται σε δύο βήματα.

2.1 Προσδιορισμός παραμέτρων 3D μετασχηματισμού από το σύστημα (x,y,z) του μοντέλου στο εδαφικό σύστημα (X,Y,Z)

2.2 Μετασχηματισμός του στερεομοντέλου στο έδαφος βάσει του γνωστού πλέον μετασχηματισμού

Σχετικός προσανατολισμός



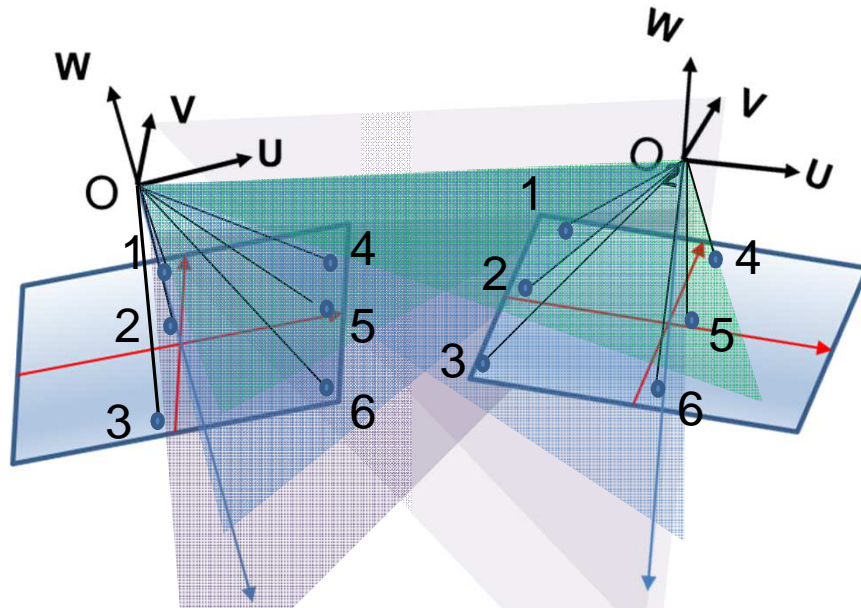
Πρόβλημα σχετικού προσανατολισμού :

προσδιορισμός της σχετικής θέσης και προσανατολισμού των δύο εικόνων όπως ήταν τη στιγμή της λήψης

Όταν προσδιορισθούν οι παράμετροι σχετικού προσανατολισμού οι ακτίνες O_1p_1 και O_2p_2 είναι συνεπίπεδες και επομένως τέμνονται στο σημείο P στο χώρο

Το σημείο P είναι σημείο του στερεομοντέλου

1. Υπολογισμός των απαραίτητων παραμέτρων

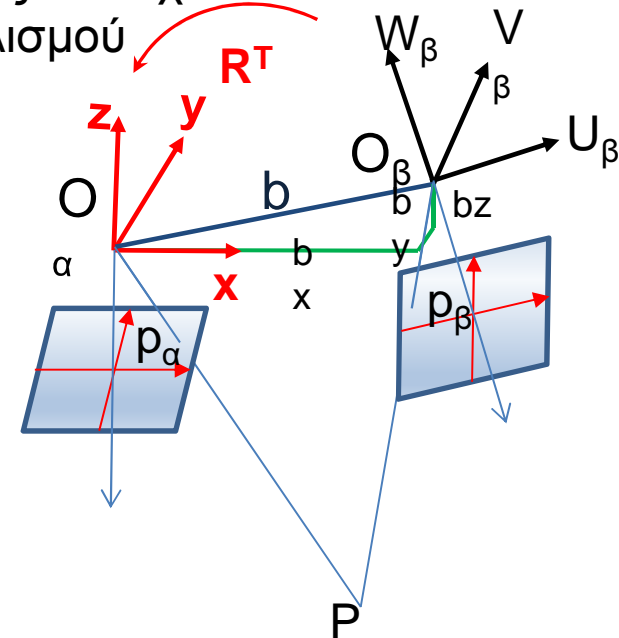


Υπολογισμός των απαραίτητων παραμέτρων για την αποκατάσταση της γεωμετρίας λήψης που ίσχυε κατά τη φωτογράφιση

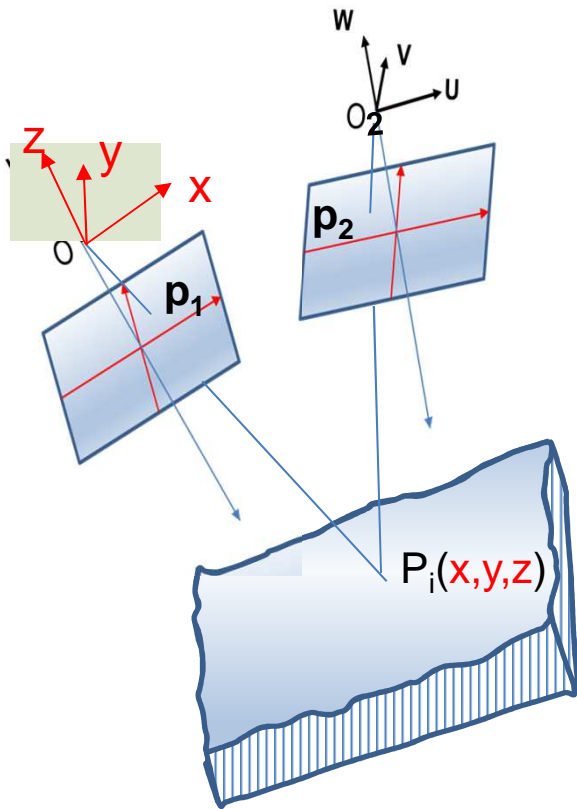
- Ζεύγη ομολόγων σημείων, τα οποία παρατηρούνται για την επίλυση του προβλήματος του Σχετικού Προσανατολισμού

Προκειμένου να αποκατασταθεί ο σχετικός προσανατολισμός ζευγούς εικόνων, οι προβαλλόμενες ακτίνες μέσω ζευγών ομολόγων σημείων “εξαναγκάζονται” να τμηθούν στο χώρο δημιουργώντας τα επιπολικά επίπεδα (ικανοποίηση συνθήκης συνεπιπεδότητας)

Όταν αυτό συμβεί, τότε οι δύο εικόνες “τοποθετούνται” στο χώρο με την ίδια σχετική θέση και προσανατολισμό, που είχαν τη στιγμή της λήψης



2. Δημιουργία του στερεομοντέλου Φωτογραμμετρική εμπροσθοτομία

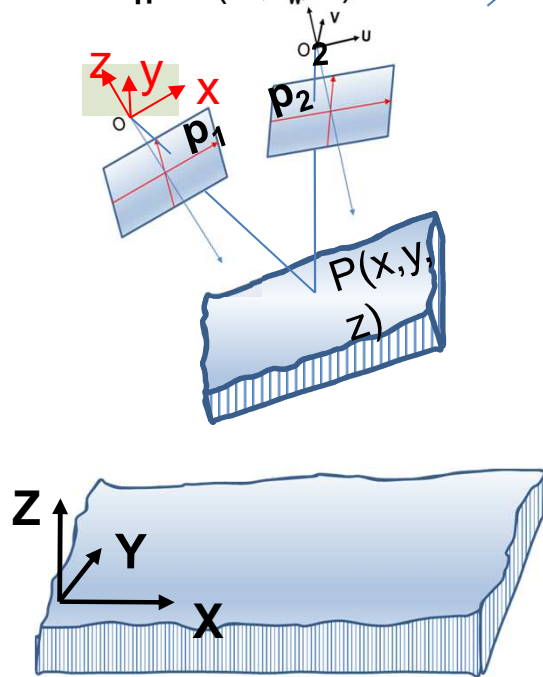


Έχοντας αποκαταστήσει το σχετικό προσανατολισμό των δύο λήψεων, δημιουργείται το στερεομοντέλο, δηλαδή το αντίστοιχο 3D αντικείμενο, σε τυχαία κλίμακα, θέση και προσανατολισμό

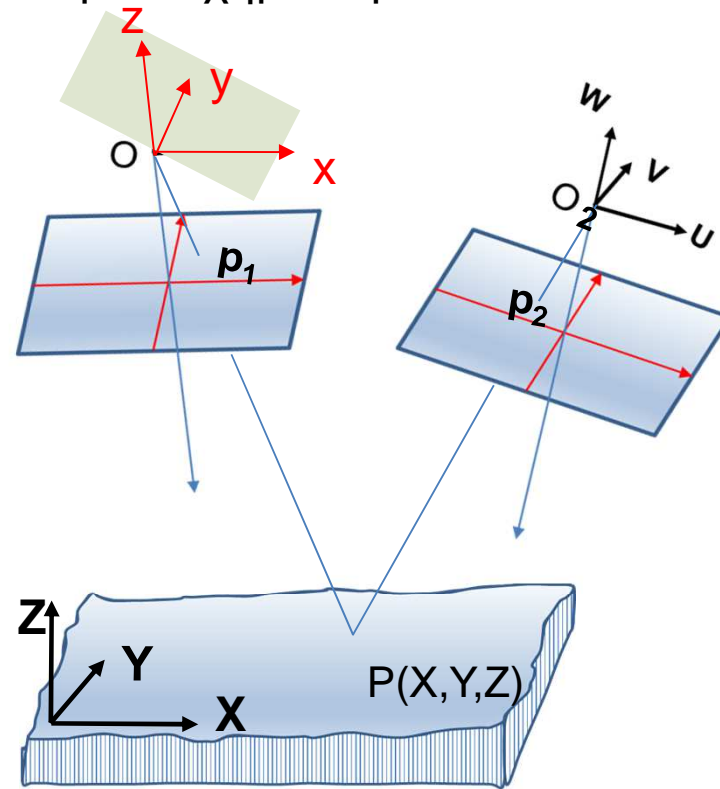
1. Για το κάθε σημείο P_i του στερεομοντέλου, είναι δυνατός ο υπολογισμός των συντεταγμένων (x, y, z) στο σύστημα αναφοράς του μοντέλου
2. Το στερεομοντέλο είναι δυνατό να παρατηρηθεί στερεοσκοπικά με τη βοήθεια των κατάλληλων διατάξεων

Απόλυτος προσανατολισμός

1. Προσδιορισμός παραμέτρων 3D μετασχηματισμού από το σύστημα (x,y,z) του μοντέλου στο εδαφικό σύστημα (X,Y,Z)



2. Μετασχηματισμός του στερεομοντέλου στο έδαφος βάσει του γνωστού πλέον μετασχηματισμού





iv. Αναλυτική επίλυση του προβλήματος του Σχετικού προσανατολισμού ζεύγους εικόνων

Προσδιορισμός παραμέτρων Σχετικού προσανατολισμού
Προσδιορισμός συν/νων στερεομοντέλου

Επίλυση (1/2)

- Η επίλυση του προβλήματος του σχετικού προσανατολισμού **αφορά ένα ζεύγος λήψεων** και ορίζεται ως εξής:

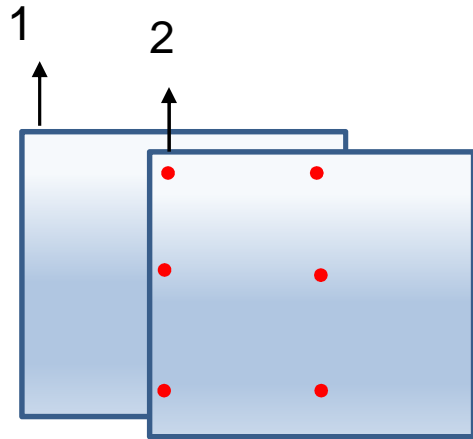
- Από τις παρατηρήσεις των συντεταγμένων (x', y') των εικόνων N σημείων του εδάφους σε στερεοζεύγος, προσδιορίζονται οι παράμετροι του σχετικού προσανατολισμού $(\beta_y, \beta_z, \kappa, \varphi, \omega)$ των δύο λήψεων

- Μαθηματικό μοντέλο: εξίσωση συνεπιπεδότητας
- Επίλυση μέσω συνόρθωσης με τη μέθοδο των μικτών εξισώσεων

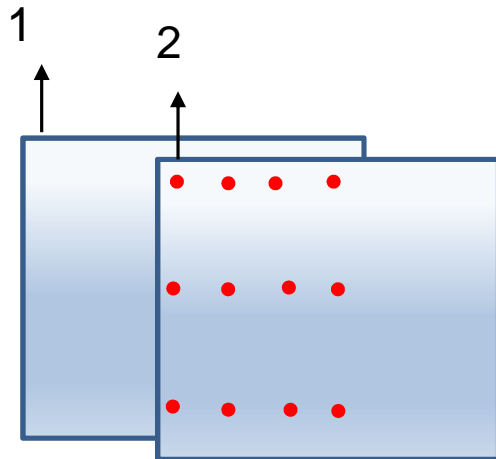
$$w_i + a_i^T x - b_{\alpha i}^T v_{\alpha i} - b_{\beta i}^T v_{\beta i} = 0$$

- Για $N \geq 6$ δημιουργούνται αντίστοιχα εξισώσεις $\geq 6 > 5$ αγνώστους αυξάνονται δηλαδή οι βαθμοί ελευθερίας

Επίλυση (2/2)



Σημεία Gruber : Τυπική διάταξη 6 σημείων (ελάχιστος αριθμός) σε επικαλυπτόμενες εικόνες, τα οποία παρατηρούνται κατά τον Σχετικό Προσανατολισμό.



Συνήθως παρατηρούνται $N > 6$ σημεία, στις θέσεις του σχήματος

Δεδομένα εισόδου ΣΧ

Δεδομένα εισόδου για τον προσδιορισμό των παραμέτρων σχετικού προσανατολισμού

- Παρατηρήσεις $y^b = \begin{matrix} j=1,2 \\ i=1,2,\dots,N \end{matrix} N$
- Προσεγγιστικές τιμές παραμέτρων σχετικού προσανατολισμού x^0
- Θεωρούμε επίσης ότι είναι γνωστά τα στοιχεία εσ. προσανατολισμού (x_0, y_0, f) της μηχανής λήψης και έχει προηγηθεί η αποκατάσταση του εσ. προσανατολισμού

Υπολογίζονται (1/2)

1. Με βάση τις τιμές των παρατηρήσεων $y^b = [x' \quad y']_{ji}^T$ σημείου στις λήψεις α και β και των προσεγγιστικών τιμών των παραμέτρων Σχ. Π. υπολογίζονται:
2. W_i
3. Τα στοιχεία των πινάκων \mathbf{a}_i^T , $\mathbf{b}_{\alpha i}^T$ και $\mathbf{b}_{\beta i}^T$
4. $m_i = \mathbf{b}_{\alpha i}^T \mathbf{C}_{\alpha i} \mathbf{b}_{\alpha i} + \mathbf{b}_{\beta i}^T \mathbf{C}_{\beta i} \mathbf{b}_{\beta i}$
5. Τα στοιχεία των υποπινάκων \mathbf{N}_i και \mathbf{u}_i σύμφωνα με τις σχέσεις

$$\mathbf{N}_i = \frac{1}{m_i} \mathbf{a}_i \mathbf{a}_i^T \text{ και } \mathbf{u}_i = \frac{w_i}{m_i} \mathbf{a}_i$$

6. Η τελική κανονική εξίσωση

$$-\mathbf{N} \mathbf{x} = \mathbf{u} \rightarrow -(\mathbf{A}^T \mathbf{M}^{-1} \mathbf{A}) \mathbf{x} = (\mathbf{A}^T \mathbf{M}^{-1} \mathbf{w})$$

σχηματίζεται με το θεώρημα άθροισης των κανονικών εξισώσεων

$$\mathbf{N} = \mathbf{N}_1 + \mathbf{N}_2 + \dots + \mathbf{N}_N$$

$$\mathbf{u} = \mathbf{u}_1 + \mathbf{u}_2 + \dots + \mathbf{u}_N$$

Επανάληψη των βημάτων 1,2,3,4,5 και 6 για όλες τις παρατηρήσεις και ολοκλήρωση του σχηματισμού των όρων της εξίσωσης -
 $\mathbf{N} \mathbf{x} = \mathbf{u}$

7. Επίλυση $\mathbf{x} = -\mathbf{N}^{-1} \mathbf{u}$

$$5 \times 1 \quad 5 \times 5 \quad 5 \times 1$$



Υπολογίζονται (2/2)

8. Εκτίμηση $\mathbf{x} = [\delta\beta_y \ \delta\beta_z \ \delta\kappa \ \delta\varphi \ \delta\omega]_i^T$ των διορθώσεων των αρχικών προσεγγιστικών τιμών
 $\mathbf{x}^0 = [\beta_y^0 \ \beta_z^0 \ \kappa^0 \ \varphi^0 \ \omega^0]^T$

9. Προκύπτει ένα νέο διάνυσμα προσεγγιστικών τιμών παραμέτρων

$$\mathbf{x}^0 = [(\delta\beta_y + \beta_y^0) \ (\delta\beta_z + \beta_z^0) \ (\delta\kappa + \kappa^0) \ (\delta\varphi + \varphi^0) \ (\delta\omega + \omega^0)]^T$$

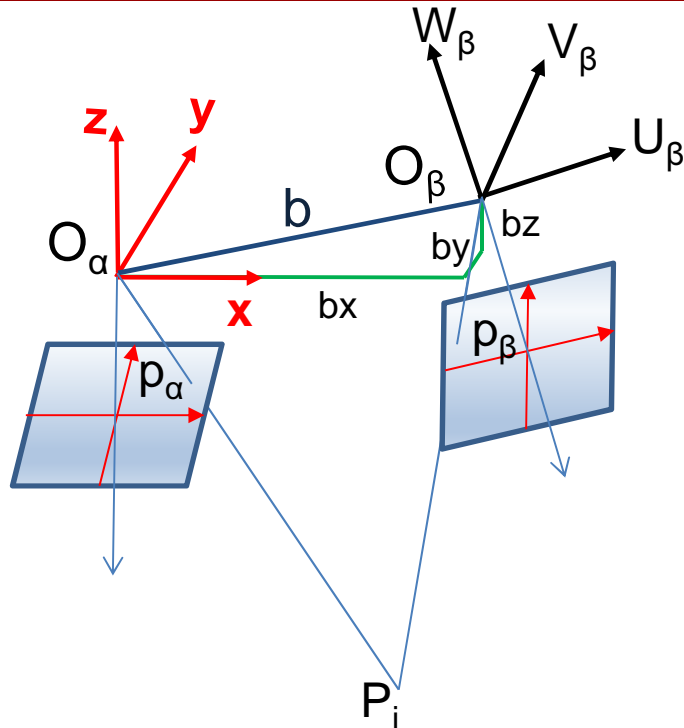
και πραγματοποιείται η 2^η επανάληψη (βήματα 1-8)

10. Οι επαναλήψεις τελειώνουν όταν ικανοποιηθεί το κριτήριο σύγκλισης το οποίο αρχικά έχει τεθεί

11. Υπολογίζεται το διάνυσμα των εκτιμήσεων των αγνώστων παραμέτρων σχετικού προσανατολισμού

$$\mathbf{x} = [\beta_y \ \beta_z \ \kappa \ \varphi \ \omega]^T$$

Προσδιορισμός συν/νων στερεομοντέλου



Λήψη O_α

$$X_{O_\alpha} = Y_{O_\alpha} = Z_{O_\alpha} = 0$$

$$\omega_\alpha = \varphi_\alpha = \kappa_\alpha = 0$$

Λήψη O_β

$$\text{Θέτοντας } bx = 1 = X_{O_\beta}$$

$$by = \frac{\beta_y}{bx} \rightarrow by = \beta_y = Y_{O_\beta}$$

$$bz = \frac{\beta_z}{bx} \rightarrow bz = \beta_z = Z_{O_\beta}$$

$$\omega = \omega_\beta$$

$$\varphi = \varphi_\beta$$

$$\kappa = \kappa_\beta$$

Οι συν/νες μοντέλου $(x, y, z)_i$ ενός σημείου P_i προσδιορίζονται με εφαρμογή εμπροσθοτομίας από τις παρατηρήσεις $p_{\alpha i}$, $p_{\beta i}$ και τις γνωστές τιμές παραμέτρων εξ.προσανατολισμού των λήψεων O_α και O_β ως προς το σύστημα (x, y, z) , οι οποίες αναλυτικά είναι:

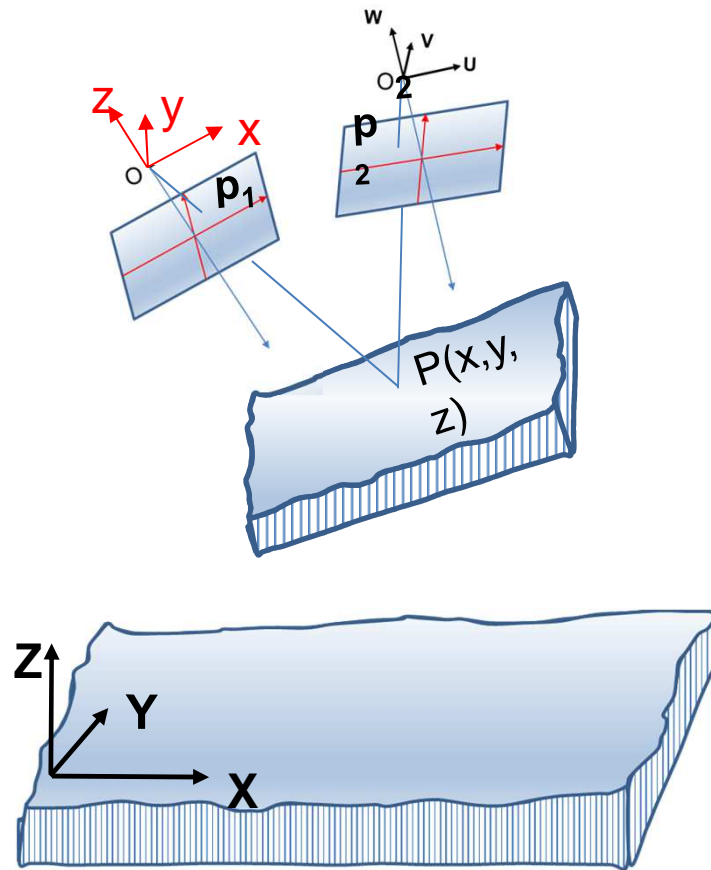


ν. Αναλυτική επίλυση του προβλήματος του Σχετικού προσανατολισμού ζεύγους εικόνων

Προσδιορισμός παραμέτρων 3D μετασχηματισμού
Μετασχηματισμός του στερεομοντέλου

Επίλυση προβλήματος

Η επίλυση του προβλήματος του απόλυτου προσανατολισμού αφορά **ένα στερεομοντέλο** και ολοκληρώνεται σε δύο βήματα.



- i. Προσδιορισμός παραμέτρων 3D μετασχηματισμού από το σύστημα (x, y, z) του μοντέλου στο εδαφικό σύστημα (X, Y, Z)
- ii. Μετασχηματισμός του στερεομοντέλου στο έδαφος βάσει του γνωστού πλέον μετασχηματισμού

Το πρόβλημα (1/2)

Η επίλυση του προβλήματος του απόλυτου προσανατολισμού αφορά ένα στερεομοντέλο j και ορίζεται ως εξής:

Από τις παρατηρήσεις των συντεταγμένων $(x', y', z')_i$ για $i=1,2,\dots,N$ σημείων στο μοντέλο των οποίων οι συν/νες $(X, Y, Z)_i$ είναι απόλυτα γνωστές στο έδαφος να υπολογιστούν οι παράμετροι μετασχηματισμού $k, \theta_x, \theta_y, \theta_z, x_0, y_0, z_0$ των συντεταγμένων μοντέλου σε εδαφικές συν/νες

Μαθηματικό μοντέλο: 3D μετασχηματισμός ομοιότητας

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}_i = k R_{1(-\theta_x)} R_{2(-\theta_y)} R_{3(-\theta_z)} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_i + \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \end{bmatrix}$$

Επίλυση μέσω συνόρθωσης με τη μέθοδο των εξισώσεων παρατηρήσεων βάσει της γραμμικοποιημένης εξίσωσης

$$b_{ji} = A_{ji} x_j + v_{ji}$$

$3 \times 1 \quad 3 \times 7 \quad 7 \times 1 \quad 3 \times 1$

Για $N \geq 3$ δημιουργούνται αντίστοιχα εξισώσεις $\geq 9 > 7$ αγνώστους

Το πρόβλημα (2/2)

Οι όροι της εξίσωσης $\mathbf{b}_{ji} = \mathbf{A}_{ji} \mathbf{x} + \mathbf{v}_{ji}$ αναλυτικά είναι

$$\begin{bmatrix} x' - x^0 \\ y' - y^0 \\ z' - z^0 \end{bmatrix}_i = \begin{bmatrix} \frac{\partial x}{\partial k} & \frac{\partial x}{\partial \theta_x} & \frac{\partial x}{\partial \theta_y} & \frac{\partial x}{\partial \theta_z} & \frac{\partial x}{\partial x_0} & \frac{\partial x}{\partial y_0} & \frac{\partial x}{\partial z_0} \\ \frac{\partial y}{\partial k} & \frac{\partial y}{\partial \theta_x} & \frac{\partial y}{\partial \theta_y} & \frac{\partial y}{\partial \theta_z} & \frac{\partial y}{\partial x_0} & \frac{\partial y}{\partial y_0} & \frac{\partial y}{\partial z_0} \\ \frac{\partial z}{\partial k} & \frac{\partial z}{\partial \theta_x} & \frac{\partial z}{\partial \theta_y} & \frac{\partial z}{\partial \theta_z} & \frac{\partial z}{\partial x_0} & \frac{\partial z}{\partial y_0} & \frac{\partial z}{\partial z_0} \end{bmatrix}_{ji} \begin{bmatrix} \delta k \\ \delta \theta_x \\ \delta \theta_y \\ \delta \theta_z \\ \delta x_0 \\ \delta y_0 \\ \delta z_0 \end{bmatrix}_j + \begin{bmatrix} v_x \\ v_y \\ v_z \end{bmatrix}_i$$

Η παραγωγή των εξισώσεων του 3D μετασχηματισμού ομοιότητας και η αναλυτική έκφραση όλων των στοιχείων του πίνακα \mathbf{A}_{ji} δίνονται στο Δερμάνης Α. (1990)

Ενδεικτικά δίνεται το στοιχείο

$$\frac{\partial x_i}{\partial \theta_y} = -\sin \theta_x (y_i - y_0) + \cos \theta_x (z_i - z_0)$$

Δεδομένα εισόδου ΑΠ

Δεδομένα εισόδου για τον προσδιορισμό των παραμέτρων απόλυτου προσανατολισμού

1. Παρατηρήσεις $y^b = [x' \ y' \ z']_i^T \quad i=1,2, \dots, N$
2. Απόλυτα γνωστές συν/νες $(X, Y, Z)_i \quad i=1,2, \dots, N$
3. Προσεγγιστικές τιμές παραμέτρων απόλυτου προσανατολισμού $x^0 = [k^0 \ \theta_x^0 \ \theta_y^0 \ \theta_z^0 \ x_o \ y_o \ z_o]^T$

Υπολογίζονται (1/3)

1. Με βάση τις προσεγγιστικές τιμές των παραμέτρων του Α.Π. υπολογίζεται ο προσ. πίνακας στροφής R^0
2. Με βάση τις τιμές των παρατηρήσεων $y^b = [x' \quad y' \quad z']_i^T$ του σημείου p_i στο μοντέλο j και των γνωστών εδαφικών συν/νων X, Y, Z του σημείου P_i στη βασική εξίσωση παρατήρησης

$$b_{ji} = A_{ji} x_j + v_{ji} \quad \text{υπολογίζονται}$$

1. Ανηγμένες παρατηρήσεις $b_{ji} = (y^b - y^0)_{ji}$

2. Πίνακας σχεδιασμού $A_{ji} = \begin{bmatrix} \frac{\partial x}{\partial k} & \frac{\partial x}{\partial \theta_x} & \frac{\partial x}{\partial \theta_y} & \frac{\partial x}{\partial \theta_z} & \frac{\partial x}{\partial x_0} & \frac{\partial x}{\partial y_0} & \frac{\partial x}{\partial z_0} \\ \frac{\partial y}{\partial k} & \frac{\partial y}{\partial \theta_x} & \frac{\partial y}{\partial \theta_y} & \frac{\partial y}{\partial \theta_z} & \frac{\partial y}{\partial x_0} & \frac{\partial y}{\partial y_0} & \frac{\partial y}{\partial z_0} \\ \frac{\partial z}{\partial k} & \frac{\partial z}{\partial \theta_x} & \frac{\partial z}{\partial \theta_y} & \frac{\partial z}{\partial \theta_z} & \frac{\partial z}{\partial x_0} & \frac{\partial z}{\partial y_0} & \frac{\partial z}{\partial z_0} \end{bmatrix}_j$

3. Υπολογίζονται τα αντίστοιχα στοιχεία $N_{ji} = A_{ji}^T P A_{ji}$ και $u_{ji} = A_{ji}^T P b_{ji}$ των πινάκων της τελικής κανονικής εξίσωσης $N_j x_j = u_j$

Υπολογίζονται (2/3)

4. Η τελική κανονική εξίσωση $\mathbf{N}_j \mathbf{x}_j = \mathbf{u}_j$ σχηματίζεται με το θεώρημα άθροισης των κανονικών εξισώσεων

$$\mathbf{N}_j = \mathbf{N}_{j1} + \mathbf{N}_{j2} + \dots + \mathbf{N}_{jN}$$

$$\mathbf{u}_j = \mathbf{u}_{j1} + \mathbf{u}_{j2} + \dots + \mathbf{u}_{jN}$$

5. Επανάληψη των βημάτων 2,3,4 για όλα τα σημεία και ολοκλήρωση του σχηματισμού των όρων της εξίσωσης $\mathbf{N}_j \mathbf{x}_j = \mathbf{u}_j$

6. Επίλυση $\mathbf{x}_j = \mathbf{N}_j^{-1} \mathbf{u}_j$

$$7 \times 1 \quad 7 \times 7 \quad 7 \times 1$$

7. Εκτίμηση $\mathbf{x}_j = [\delta k \quad \delta \theta_x \quad \delta \theta_y \quad \delta \theta_z \quad \delta x_o \quad \delta y_o \quad \delta z_o]^T$

των διορθώσεων των αρχικών προσεγγιστικών τιμών

$$\mathbf{x}^0 = [k^0 \quad \theta_x^0 \quad \theta_y^0 \quad \theta_z^0 \quad x_o^0 \quad y_o^0 \quad z_o^0]_j^T$$

Υπολογίζονται (3/3)

8. Προκύπτει ένα νέο διάνυσμα προσεγγιστικών τιμών

$$\mathbf{x}^0 = [(\delta k + k^0)(\delta\theta_x + \theta_x^0)(\delta\theta_y + \theta_y^0)(\delta\theta_z + \theta_z^0)(\delta x_0 + x_0^0)(\delta y_0 + y_0^0)(\delta z_0 + z_0^0)]^T$$

και πραγματοποιείται η 2^η επανάληψη (βήματα 1 – 8)

9. Οι επαναλήψεις τελειώνουν όταν ικανοποιηθεί το κριτήριο

σύγκλισης, το οποίο μπορεί να αφορά:

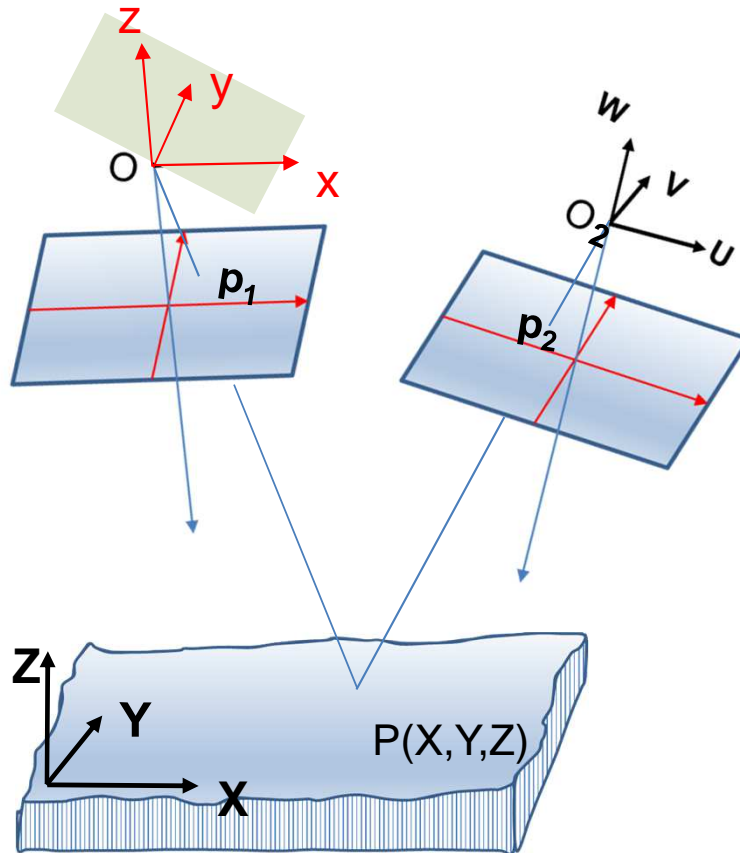
στον αριθμό των επαναλήψεων ή/και

στην τάξη μεγέθους των διορθώσεων

10. Υπολογίζεται το διάνυσμα των εκτιμήσεων των αγνώστων

$$\mathbf{x} = [k \ \theta_x \ \theta_y \ \theta_z \ x_0 \ y_0 \ z_0]_j^T$$

Μετασχηματισμός



Μετασχηματισμός του στερεομοντέλου στο έδαφος βάσει του γνωστού πλέον μετασχηματισμού

Ερωτήσεις 6^{ης} ενότητας (1/2)

1. Δώστε τον ορισμό του προβλήματος του Σχετικού Προσανατολισμού
2. Σε ποιά συνθήκη βασίζεται η επίλυση του προβλήματος του Σ.Π. Ποιά η φυσική σημασία
3. Ποιές είναι οι φωτογραμμετρικές παράμετροι οι οποίες εμπλέκονται στην εξίσωση συνεπιπεδότητας
4. Πόσα ζεύγη ομολόγων σημείων παρατηρούνται για την επίλυση του Σ.Π και γιατί
5. Έχοντας προσδιορίσει τα στοιχεία του ΣΠ, με ποιά διαδικασία υπολογίζονται οι συν/νες σημείων στο στερεομοντέλο
6. Πώς καθορίζεται η κλίμακα του στερεομοντέλου
7. Ποια είναι τα δεδομένα εισόδου προκειμένου να εκτελεστεί ένα λογισμικό επίλυσης Σ.Π
8. Τι ονομάζουμε επιπολικό επίπεδο, επιπολικές ευθείες και επίπολα. Δώστε σχήμα
9. Ποιά η χρησιμότητα της επιπολικής γεωμετρίας στη Φωτογραμμετρία
10. Ποιά είναι η σχέση η οποία συνδέει τον πίνακα R^T του Σ.Π με τους πίνακες $R_{\kappa\alpha}$ και $R_{\kappa\beta}$ των Ε.Π των δύο λήψεων ως προς το εδαφικό σύστημα αναφοράς

Ερωτήσεις 6^{ης} ενότητας (2/2)

11. Δώστε τον ορισμό του προβλήματος του Απόλυτου Προσανατολισμού
12. Ποιές παράμετροι προσδιορίζονται κατά την επίλυση του Απόλυτου προσανατολισμού μοντέλου
13. Ποιό είναι το μαθηματικό μοντέλο βάσει του οποίου επιλύεται το πρόβλημα του Α.Π
14. Ποιός είναι ο ελάχιστος αριθμός N γνωστών σημείων (X, Y, Z) ο απαραίτητος για την επίλυση του προβλήματος του Α.Π και γιατί
15. Ποιά διαδικασία ακολουθεί την επίλυση του Α.Π
16. Ποιά είναι τα δεδομένα εισόδου προκειμένου να εκτελεστεί ένα λογισμικό επίλυσης Α.Π



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΑΝΟΙΧΤΑ
ΑΚΑΔΗΜΑΙΚΑ
ΜΑΘΗΜΑΤΑ



Τέλος Ενότητας

Επεξεργασία: Βασιλική Φραγκουλίδου
Θεσσαλονίκη, Χειμερινό Εξάμηνο 2013-14

