



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Τμήμα Μηχανικών Τοπογραφίας και Γεωπληροφορικής

# **ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ**

## **ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ**

**Βασίλης Δ. Ανδριτσάνος**

Δρ. Αγρονόμος - Τοπογράφος Μηχανικός ΑΠΘ

Αναπληρωτής Καθηγητής

Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής

3ο εξάμηνο

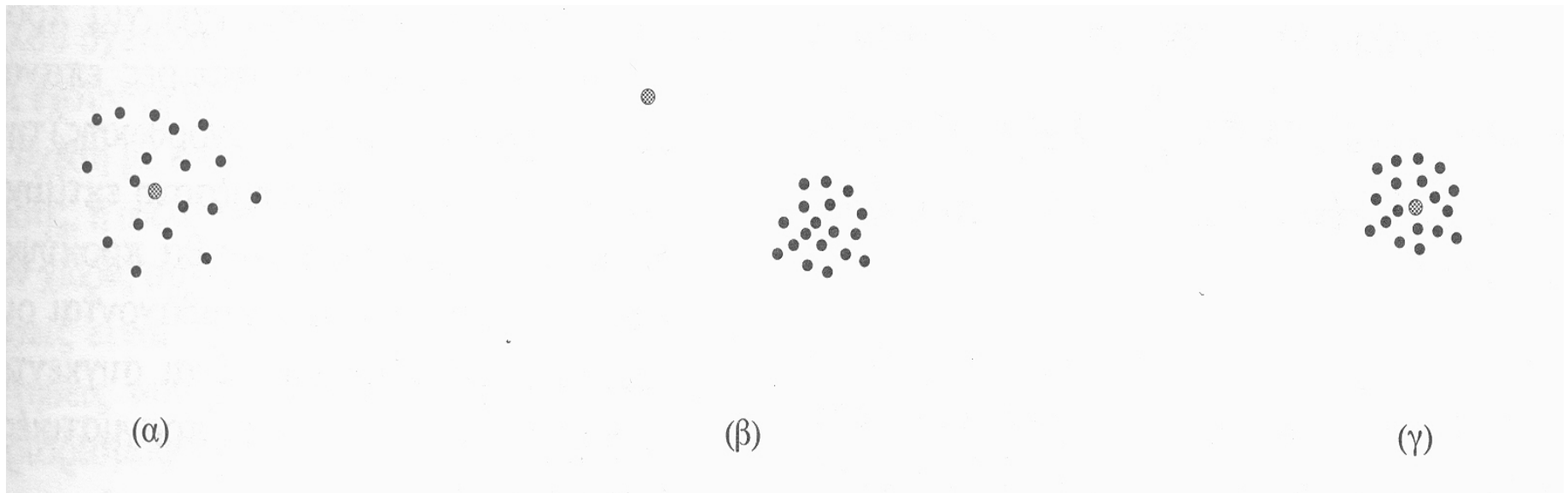
**<http://eclass.uniwa.gr>**

## **Τοπογραφικά Δίκτυα και Υπολογισμοί**

**Παρουσιάσεις, Ασκήσεις, Σημειώσεις, Έντυπα,  
Προδιαγραφές, Κανονισμοί, Αμοιβές**

## ΠΟΙΟΤΗΤΑ = ΑΚΡΙΒΕΙΑ + ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ

- Συνόρθωση: μέθοδος περιορισμού των τυχαίων σφαλμάτων των παρατηρήσεων
- Εκτός από την εκτίμηση της θέσης των κορυφών συμβάλλει και στον έλεγχο της **ποιότητας** του δικτύου



## ΠΟΙΟΤΗΤΑ = ΑΚΡΙΒΕΙΑ + ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ

**Ακρίβεια:** η επίδραση των τυχαίων σφαλμάτων στις μετρήσεις και στις εξαγόμενες από αυτές ποσότητες

**Αξιοπιστία:** η επίδραση των χονδροειδών και συστηματικών σφαλμάτων και η ικανότητα περιορισμού τους

## ΠΟΙΟΤΗΤΑ = ΑΚΡΙΒΕΙΑ + ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ

**Ακρίβεια = εσωτερική ακρίβεια:** πόσο κοντά μεταξύ τους είναι η επαναλαμβανόμενες μετρήσεις για το ίδιο μέγεθος

**Αξιοπιστία = εξωτερική ακρίβεια:** πόσο κοντά στην πραγματική τιμή βρίσκονται οι επαναλαμβανόμενες μετρήσεις

## ΠΟΙΟΤΗΤΑ = ΑΚΡΙΒΕΙΑ + ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ

- **Ακρίβεια:** Παρατηρήσεις  $\rightarrow$  Στοχαστικές ποσότητες (ποσότητα της οποίας η τιμή επηρεάζεται από τυχαία σφάλματα)  $=>$  Συντεταγμένες  $\rightarrow$  στοχαστικές ποσότητες
- Ο στοχαστικός χαρακτήρας εκφράζεται στον πίνακα συμμεταβλητοτήτων όπου και περιγράφονται οι δυνατές θέσεις των κορυφών του δικτύου
- **Περιοχές εμπιστοσύνης:** προκύπτουν από τη στοχαστική συμπεριφορά των παρατηρήσεων με την εφαρμογή του νόμου μετάδοσης των σφαλμάτων.

## ΠΟΙΟΤΗΤΑ = ΑΚΡΙΒΕΙΑ + ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ

- **Αξιοπιστία:** μη ορθότητα των υποθέσεων για το στοχαστικό και το μαθηματικό μοντέλο των παρατηρήσεων
- Η σημαντικότερη αιτία στα τοπογραφικά δίκτυα είναι πιθανή ύπαρξη χονδροειδών και συστηματικών σφαλμάτων
- **Αξιοπιστία:** εκφράζει το βαθμό εμπιστοσύνης στα αποτελέσματα της συνόρθωσης
- Σύγχρονα δίκτυα: πολλές παρατηρήσεις → εντοπισμός χονδροειδών και συστηματικών σφαλμάτων

## ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ

- Πληροφορίες για την ακρίβεια → πίνακες συμμεταβλητοτήτων
- Κριτήρια → ανάλυση των πινάκων συμμεταβλητοτήτων
- Σύνηθες κριτήριο → δημιουργία περιοχών εμπιστοσύνης
- Μονοδιάστατα δίκτυα → διαστήματα εμπιστοσύνης

$$P(\hat{x}_i - \hat{\sigma}(\hat{x}_i)t_f^{a/2} < x_i \leq \hat{x}_i + \hat{\sigma}(\hat{x}_i)t_f^{a/2}) = 1 - a$$

- Οριζόντια δίκτυα → ελλειψεις εμπιστοσύνης - σφάλματος
- Η τιμή της αντίστροφης συνάρτησης πυκνότητας της κατανομής  $t$  (Student) για βαθμούς ελευθερίας  $f$  και επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha/2$

$$t_f^{\alpha/2}$$

## ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ

- Μη ορθότητα αρχικών υποθέσεων σχετικά με το μαθηματικό και στοχαστικό μοντέλο των παρατηρήσεων
- **Σφάλμα μοντέλου:** το μαθηματικό μοντέλο αδυνατεί να περιγράψει την πραγματικότητα (ακατάλληλες εξισώσεις, μη εφαρμογή διορθώσεων και αναγωγών στις πρωτογενείς παρατηρήσεις)
- **Σφάλματα γραμμικοποίησης:** “Κακές” προσεγγιστικές τιμές των αγνώστων
- **Χονδροειδή και συστηματικά σφάλματα:** στατιστικοί έλεγχοι
- **Έλεγχος στοχαστικού μοντέλου:** Μη ορθή επιλογή του πίνακα βαρών των παρατηρήσεων

## ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ

- Πρακτική εμπειρία: Στα τοπογραφικά δίκτυα τα αναξιόπιστα αποτελέσματα οφείλονται κυρίως στην ύπαρξη χονδροειδών ή συστηματικών σφαλμάτων και στη μη ορθή επιλογή του πίνακα των βαρών των παρατηρήσεων
- Η ύπαρξη μη τυχαίων σφαλμάτων στις παρατηρήσεις → στατιστικοί έλεγχοι αξιοπιστίας
- Η μη ορθή επιλογή του πίνακα των βαρών ελέγχεται στα αποτελέσματα της συνόρθωσης → **εκτίμηση συνιστωσών μεταβλητότητας**

## ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ

- **Ολικός έλεγχος αξιοπιστίας:** Ελέγχεται η μηδενική υπόθεση  $H_0$  έναντι μίας εναλλακτικής  $H_a$

$$H_0 : \sigma^2 = \sigma_0^2$$

$$H_a : \sigma^2 \neq \sigma_0^2$$

- $\sigma_0^2$  είναι μία αρχική τιμή της μεταβλητότητας αναφοράς (μεταβλητότητα κατασκευαστή)

$$F_{f,\infty}^{1-a/2} \leq \frac{\hat{\sigma}^2}{\sigma_0^2} \leq F_{f,\infty}^{a/2}$$

- Το επίπεδο σημαντικότητας που χρησιμοποιείται συνήθως είναι 0.05

## ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ

- **Σάρωση δεδομένων:** Ελέγχεται αν μία συγκεκριμένη παρατήρηση δεν παρουσιάζει συστηματικό ή χονδροειδές σφάλμα
- Υπολογίζεται για κάθε παρατήρηση το “εσωτερικά ομαλοποιημένο σφάλμα”

$$r_i = \frac{\hat{v}_i}{\hat{\sigma}(\hat{v}_i)}$$

- Ακολούθως υπολογίζεται το “εξωτερικά ομαλοποιημένο σφάλμα”

$$t_i = r_i \sqrt{\frac{f-1}{f-r_i^2}}$$

- Ελέγχεται:

$$|t_i| \leq t_{f-1}^{a/2}$$

## ΣΥΝΟΡΘΩΣΗ ΣΤΑΘΜΟΥ - ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ

- Υπολογισμός συνορθωμένης διεύθυνσης

$$\hat{\delta}_i = \frac{1}{r} \sum_{k=1}^r \delta_{ik}^b, \quad i = 1, 2, \dots, m$$

- Υπολογισμός εκτιμήσεων σφαλμάτων παρατηρήσεων

$$\hat{v}_{1k} = -\frac{1}{m} \sum_{i=2}^m (\delta_{ik}^b - \hat{\delta}_i)$$

$$\hat{v}_{ik} = \delta_{ik}^b - \hat{\delta}_i + \hat{v}_{1k}$$

$$i = 2, 3, \dots, m, \quad k = 1, 2, \dots, r$$

## ΣΥΝΟΡΘΩΣΗ ΣΤΑΘΜΟΥ - ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ

- Υπολογισμός της μεταβλητότητας της κάθε μη συνορθωμένης παρατήρησης (εκτίμηση της μεταβλητότητας αναφοράς)

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{1}{(m-1)(r-1)} \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^r \hat{v}_{ik}^2$$

- Βαθμοί ελευθερίας  $(m-1)(r-1)$   
 $m$ : αριθμός διευθύνσεων,  $r$ : αριθμός περιόδων
- Υπολογίζεται το σφάλμα σταθμού

$$\hat{\sigma}^2(\hat{\delta}) = \hat{\sigma}^2(\hat{\delta}_i) = \frac{\hat{\sigma}^2}{r}$$

## ΣΥΝΟΡΘΩΣΗ ΣΤΑΘΜΟΥ - ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ

- Υπολογισμός της μεταβλητότητας κάθε σφάλματος

$$\hat{\sigma}^2(\hat{v}) = \hat{\sigma}^2 \frac{mr - m - r + 5}{mr}$$

- Ελέγχεται η μηδενική υπόθεση έναντι της εναλλακτικής για τη μεταβλητότητα αναφοράς (“έγιναν οι μετρήσεις με την ακρίβεια που δίνει ο κατασκευαστής;”)

$$F_{f,\infty}^{1-a/2} \leq \frac{\hat{\sigma}^2}{\sigma_o^2} \leq F_{f,\infty}^{a/2}$$

- Όταν δεν ισχύει η ανισότητα πιθανολογείται η ύπαρξη συστηματικών ή χονδοειδών σφαλμάτων στις παρατηρήσεις → **Σάρωση δεδομένων**

## ΣΥΝΟΡΘΩΣΗ ΣΤΑΘΜΟΥ - ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ

- Υπολογίζεται για κάθε παρατήρηση το “εσωτερικά ομαλοποιημένο σφάλμα”

$$r_{ik} = \frac{\hat{V}_{ik}}{\hat{\sigma}(\hat{V})}$$

- Ακολούθως υπολογίζεται το “εξωτερικά ομαλοποιημένο σφάλμα”

$$t_{ik} = r_{ik} \sqrt{\frac{f-1}{f-r_{ik}^2}}$$

- Ελέγχεται:

$$|t_{ik}| \leq t_{f-1}^{a/2}$$

## ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ

- Όποιες παρατηρήσεις δεν ικανοποιούν την ανισότητα είναι ύποπτες για χονδροειδές σφάλμα
- Ελέγχονται για σφάλματα πληκτρολόγησης ή λάθος στις αναγωγές και διορθώσεις των αρχικών παρατηρήσεων
- Απομακρύνονται οι ύποπτες παρατηρήσεις και πραγματοποιείται επανάληψη της συνόρθωσης
- Πρόβλημα οι χαμηλοί βαθμοί ελευθερίας και η ύπαρξη περισσότερων του ενός χονδροειδών σφαλμάτων
- Νέες μελέτες για την ύπαρξη πολλαπλών χονδροειδών σφαλμάτων (Knight, Wang, Rizos, 2010, Proszynski, 2010 – Journal of Geodesy)