



Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Πολυτεχνική Σχολή

# Αξιολόγηση ακρίβειας του μοντέλου μετασχηματισμού μεταξύ HTRS07 & ΕΓΣΑ87

*Χριστόφορος Κωτσάκης*

Τομέας Γεωδαισίας και Τοπογραφίας  
Τμήμα Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών, ΑΠΘ



ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ Α.Ε.

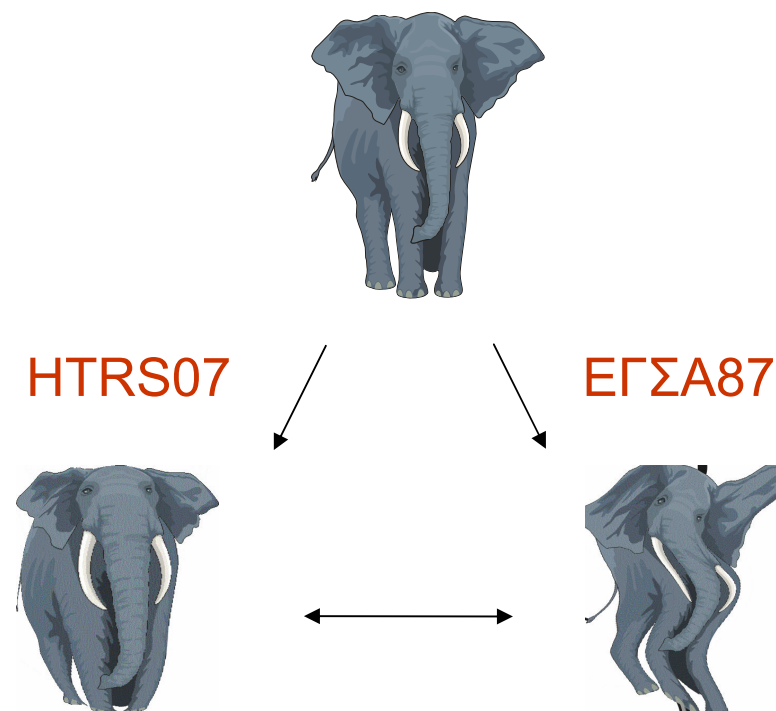


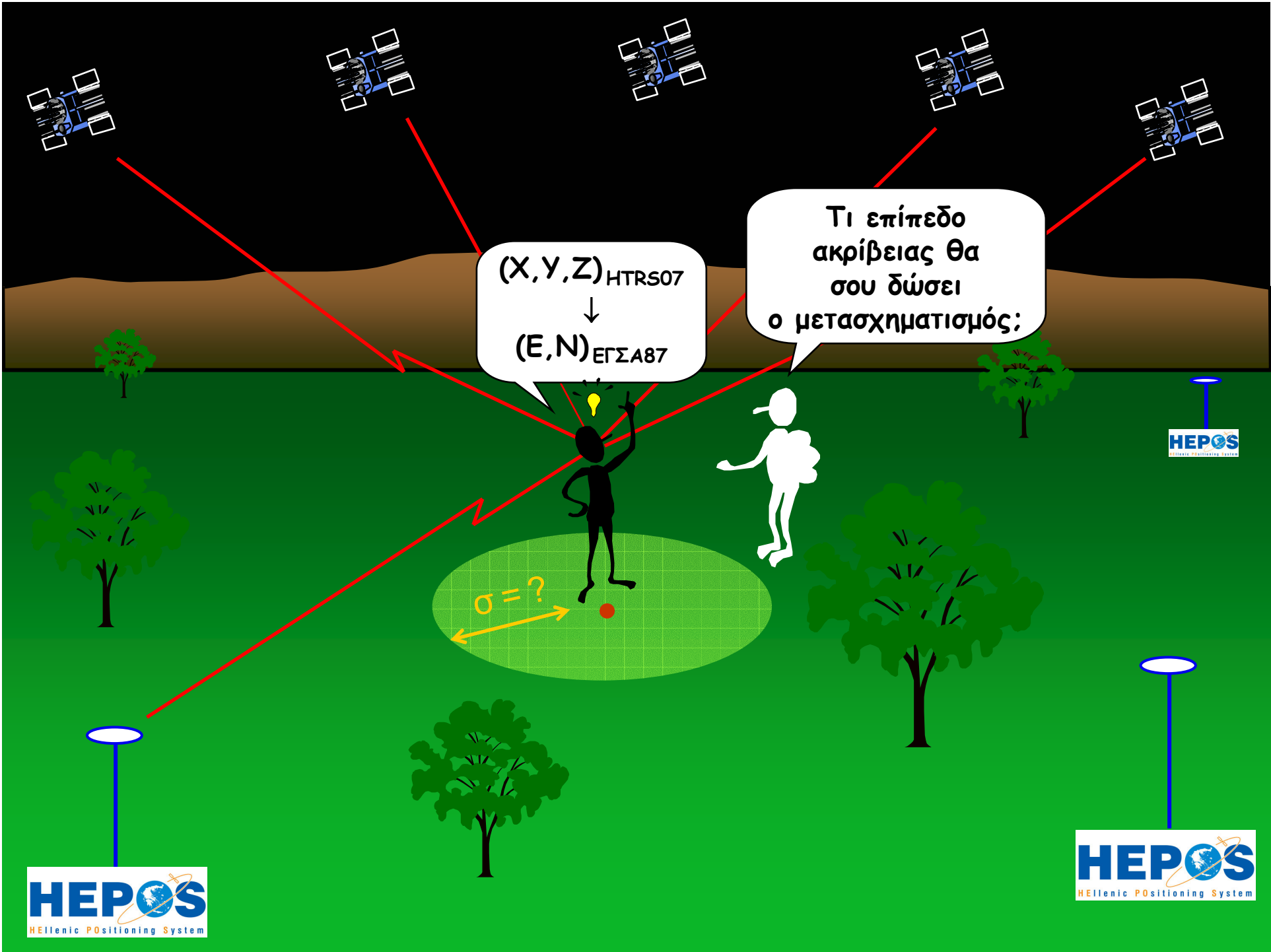
ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟΣ ΣΥΛΛΟΓΟΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΟΥΧΩΝ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ & ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
HELLENIC ASSOCIATION OF RURAL & SURVEYING ENGINEERS

*Ημερίδα για το HEPOS*

*Αμφιθέατρο Πολεμικού Μουσείου  
24 Φεβρουαρίου 2009, Αθήνα*

# Τι σημαίνει ‘ακρίβεια του μετασχηματισμού’ HTRS07 → ΕΓΣΑ87;





$(X, Y, Z)_{\text{HTRS07}}$   
↓  
 $(E, N)_{\text{EGSA87}}$

Τι επίπεδο ακρίβειας θα σου δώσει ο μετασχηματισμός;

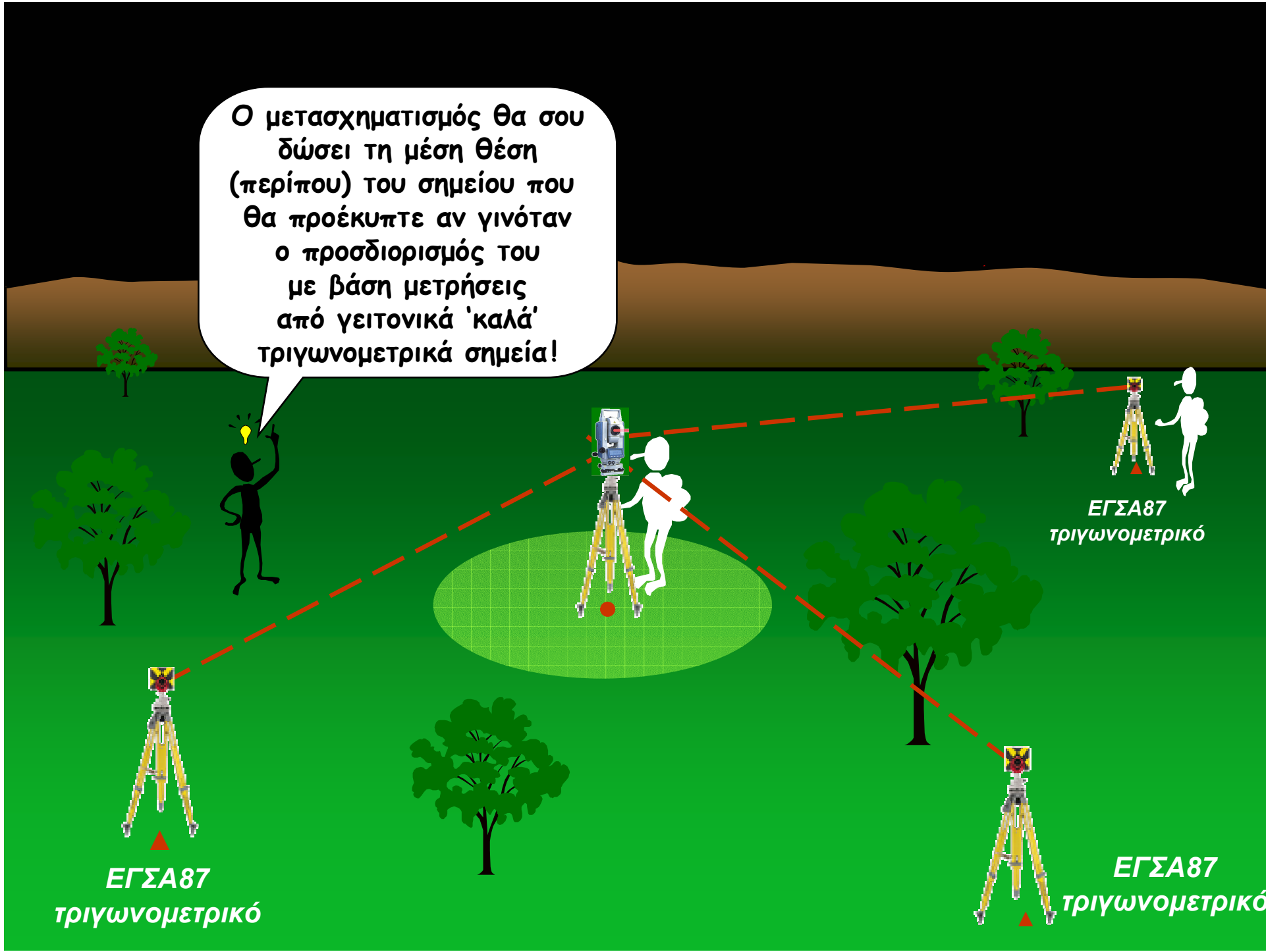
$\sigma = ?$

HEPOS  
Hellenic Positioning System

HEPOS  
Hellenic Positioning System

HEPOS  
Hellenic Positioning System

Ο μετασχηματισμός θα σου δώσει τη μέση θέση (περίπου) του σημείου που θα προέκυπτε αν γινόταν ο προσδιορισμός του με βάση μετρήσεις από γειτονικά 'καλά' τριγωνομετρικά σημεία!



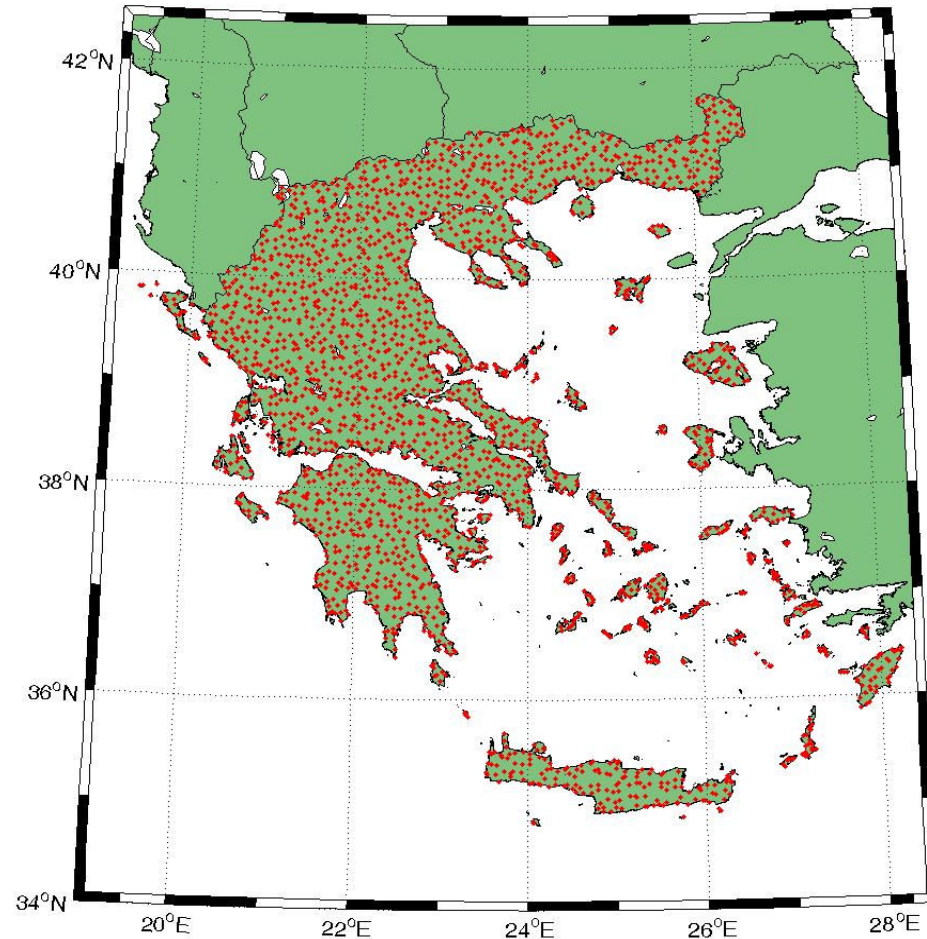
EGSA87  
τριγωνομετρικό

EGSA87  
τριγωνομετρικό

EGSA87  
τριγωνομετρικό

# Δίκτυο κοινών σημείων (ΠΜΣ)

- 2466 σημεία (!)
- $(\varphi, \lambda)_{\text{EGSA87}}$
- $(E, N)_{\text{EGSA87}}$
- $(X, Y, Z)_{\text{HTRS07}}$
- $H_{\text{ΓΥΣ}}, N_{\text{EGM08}}$



# Δίκτυο κοινών σημείων (ΠΜΣ)

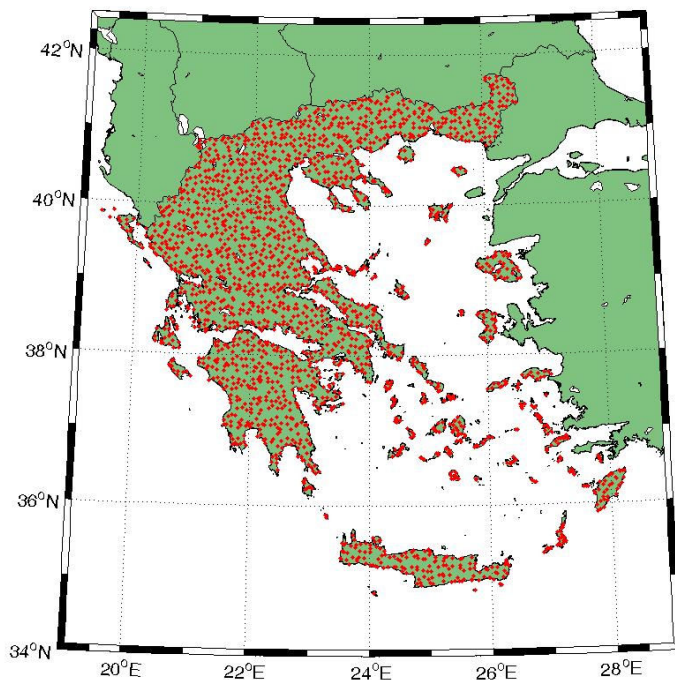
Τάξη	Πλήθος σημείων
I	14
II	39
III	328
IV	2085

Υψόμετρο (m)	Πλήθος σημείων
0 – 200	989
200 – 500	681
500 – 800	404
800 – 1200	258
1200 – 1800	120
> 1800	14

36 'προβληματικά' σημεία

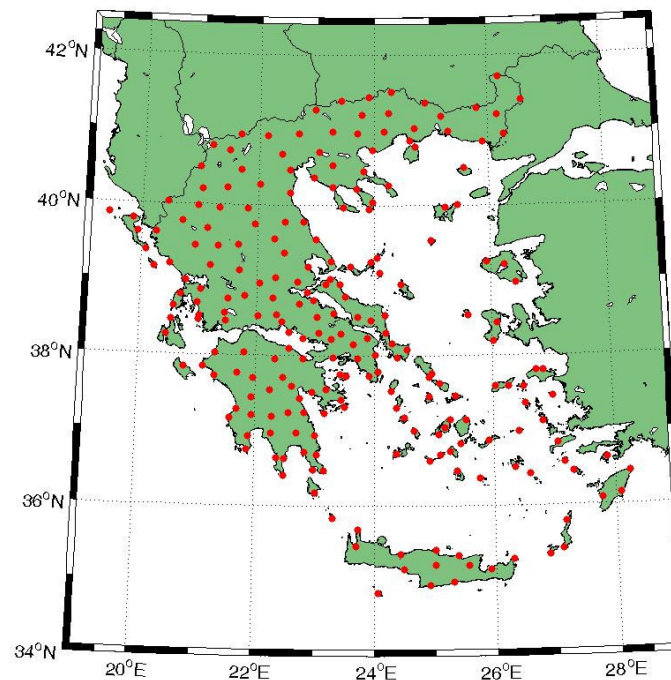
2430 'μη-προβληματικά' σημεία

# 2430 ‘μη-προβληματικά’ σημεία



**2199 κοινά σημεία**

(\*) βάση των οποίων θα προσδιοριστεί το αμφίδρομο μοντέλο μετασχηματισμού μεταξύ HTRS07 & ΕΓΣΑ87



**231 κοινά σημεία**

(\*) βάση των οποίων θα ελεγχθεί ‘εξωτερικά’ η ακρίβεια του αμφίδρομου μοντέλου μετασχηματισμού μεταξύ HTRS07 & ΕΓΣΑ87

# Μοντέλο συνόρθωσης

Υπολογισμός παραμέτρων για τον 3Δ μετασχηματισμό ομοιότητας ΕΓΣΑ87 ↔ HTRS07 μέσω συνόρθωσης του γραμμικοποιημένου μοντέλου:

$$\begin{bmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \end{bmatrix}_{ΕΓΣΑ87} = \begin{bmatrix} t_x \\ t_y \\ t_z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} (1 + \delta s) & \varepsilon_z & -\varepsilon_y \\ -\varepsilon_z & (1 + \delta s) & \varepsilon_x \\ \varepsilon_y & -\varepsilon_x & (1 + \delta s) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{HTRS07}$$

## (\*) 'Τρισδιαστατοποίηση του ΕΓΣΑ87'

πως θα υπολογίσω τις 3Δ Καρτεσιανές συντ/νες (ως προς το ΕΓΣΑ87) στο δίκτυο των κοινών σημείων, αφού δεν γνωρίζω το γεωμετρικό υπόμετρο ως προς το ΕΓΣΑ87;



# Εκτιμήσεις των παραμέτρων

Με βάση τα αποτελέσματα της συνόρθωσης  
στο δίκτυο των 2199 κοινών σημείων

(HTRS07 ↔ ΕΓΣΑ87)

$$t_x = 203.437 (\pm 0.265) \text{ m}$$

$$t_y = -73.461 (\pm 0.285) \text{ m}$$

$$t_z = -243.594 (\pm 0.244) \text{ m}$$

$$\varepsilon_x = -0''.170 (\pm 0''.007)$$

$$\varepsilon_y = -0''.060 (\pm 0''.009)$$

$$\varepsilon_z = -0''.151 (\pm 0''.009)$$

$$\delta s = -0.294 (\pm 0.031) \text{ ppm}$$

# Αξιολόγηση ακρίβειας του 3Δ μετασχηματισμού ομοιότητας

Στατιστικά στοιχεία για το μέγεθος του 'οριζοντιογραφικού σφάλματος' κατά τον 3Δ μετασχηματισμό ομοιότητας  
HTRS07 → ΕΓΣΑ87

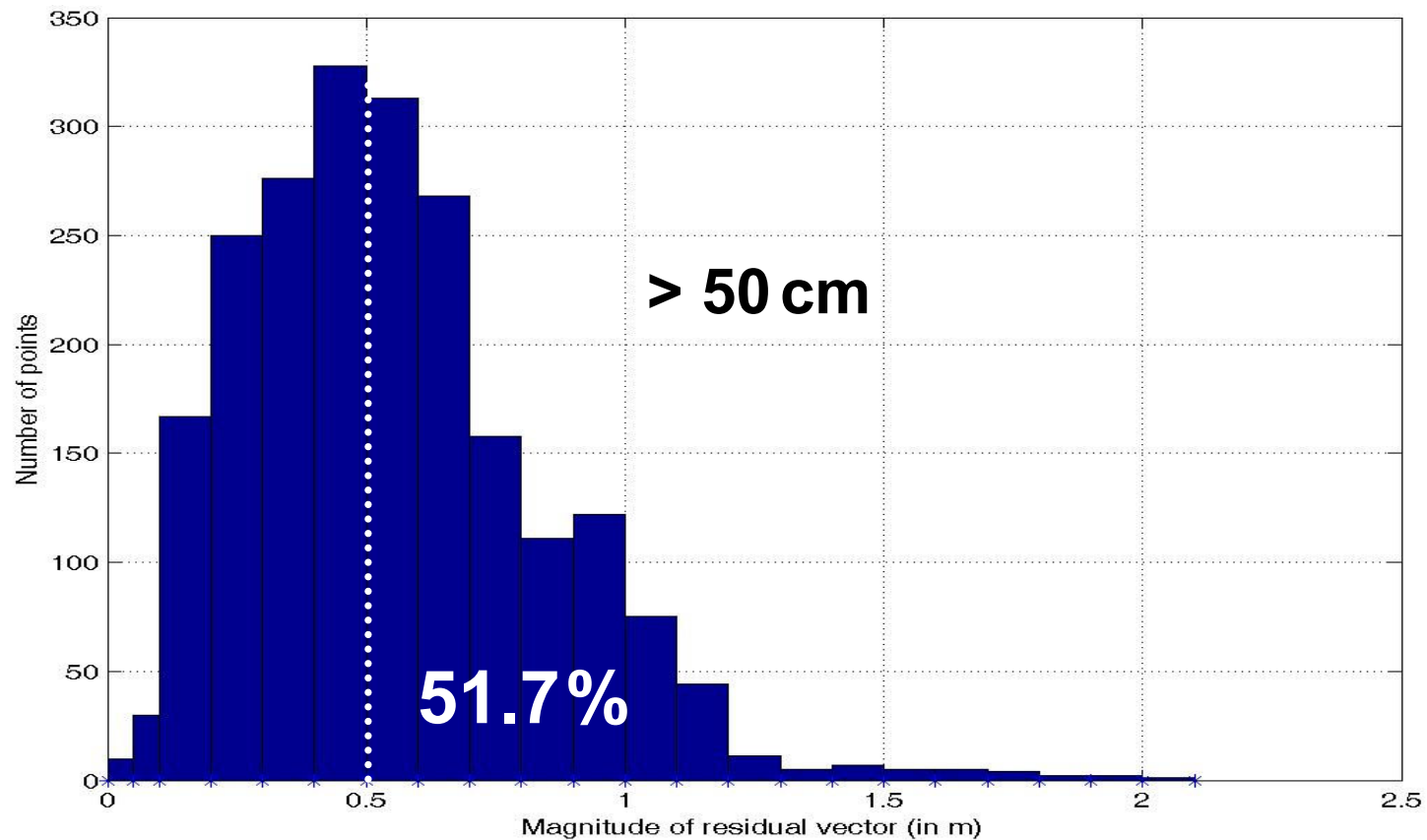
	Max	Min	Mean	σ	RMS
Δίκτυο <b>2199</b> κοινών σημείων ( <i>internal validation</i> )	2.342	0.010	0.550	0.301	<b>0.627</b>
Δίκτυο <b>231</b> κοινών σημείων ( <i>cross validation</i> )	2.585	0.019	0.584	0.350	<b>0.680</b>

(\* ) όλες οι τιμές σε m

$$\delta r = \sqrt{(E_{ΕΓΣΑ87} - E'_{ΕΓΣΑ87})^2 + (N_{ΕΓΣΑ87} - N'_{ΕΓΣΑ87})^2}$$

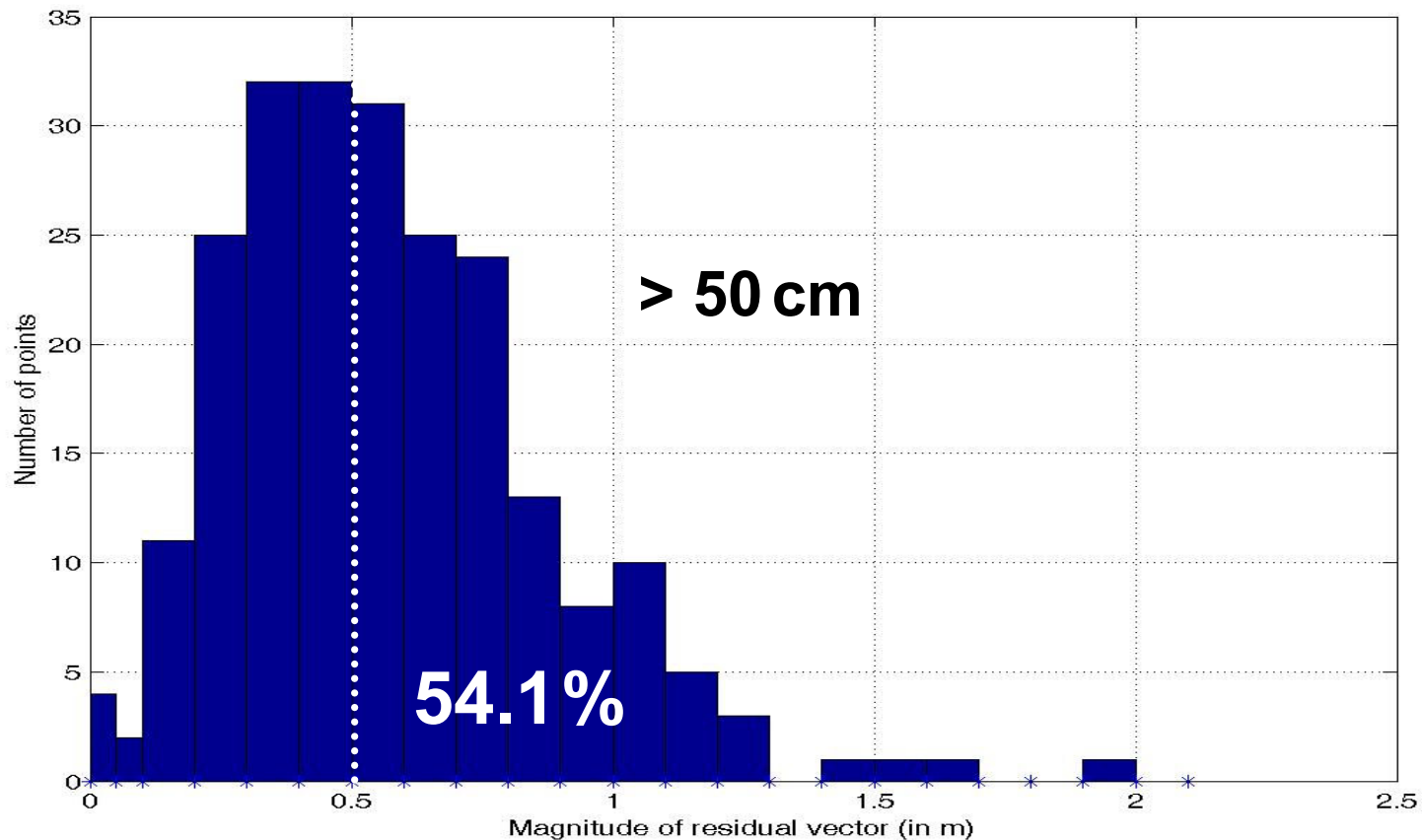
# Ιστόγραμμα οριζοντιογραφικών σφαλμάτων $\delta r$

(στο δίκτυο των 2199 κοινών σημείων)



ΤΕ.ΒΟ ΑΠΘ, ΗΕΡΟΣ

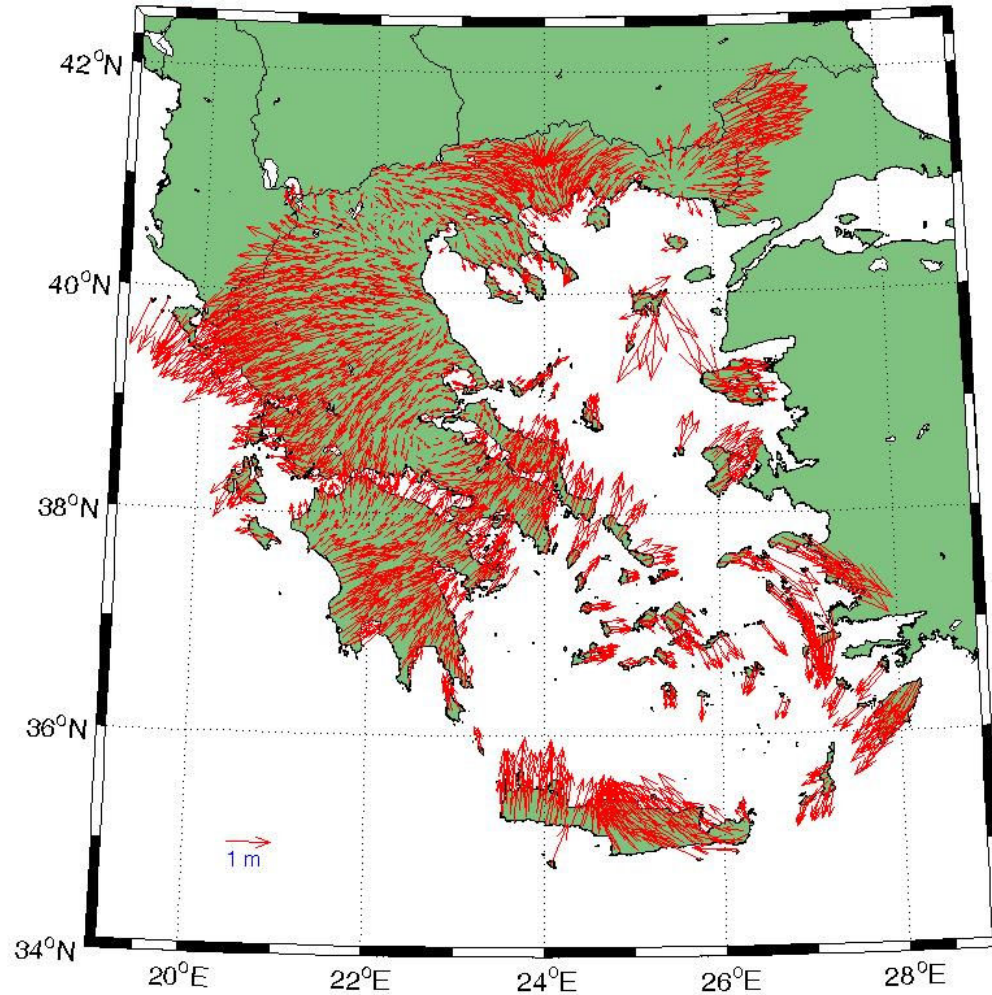
# Ιστόγραμμα οριζοντιογραφικών σφαλμάτων $\delta r$ (στο δίκτυο των 231 κοινών σημείων)



ΤΕ.ΒΟ ΑΠΘ, ΗΕΡΟΣ

# Χάρτης οριζοντιογραφικών σφαλμάτων $\delta r$

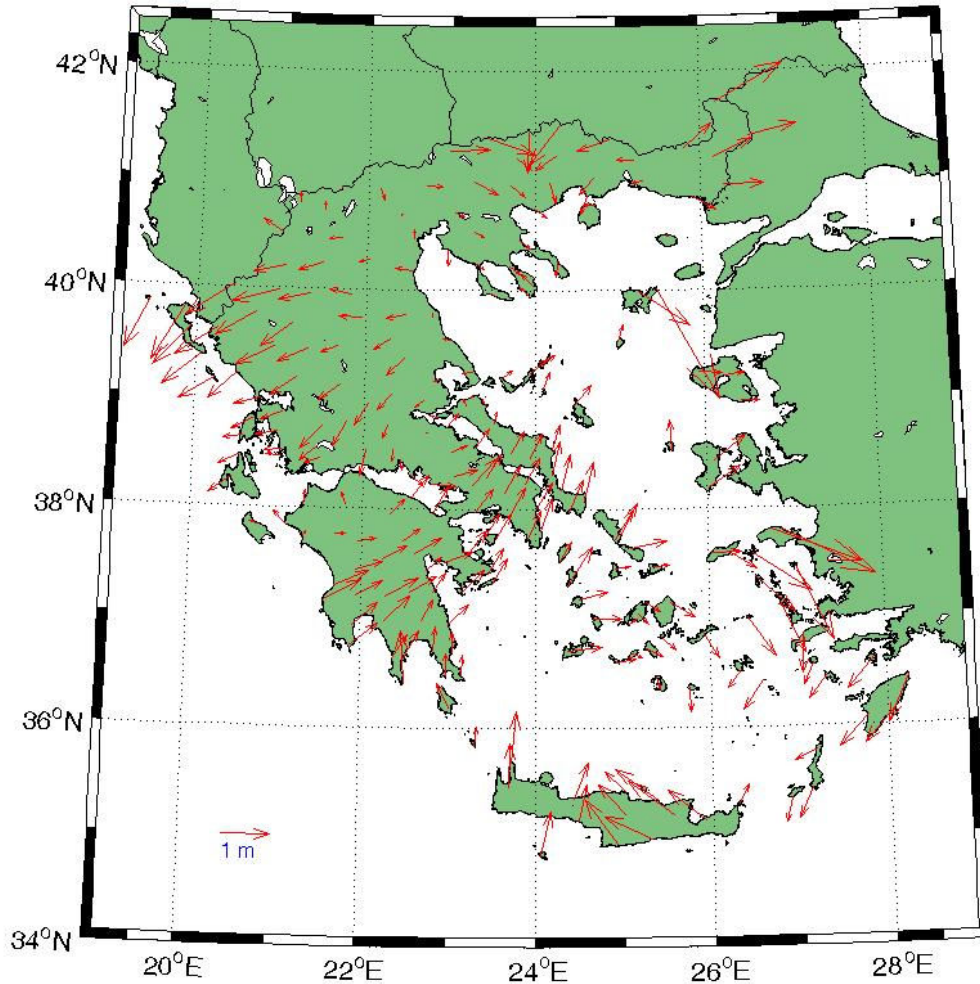
(δίκτυο 2199 κοινών σημείων)



Έντονες συστηματικές  
παραμορφώσεις  
στο ΕΓΣΑ87!

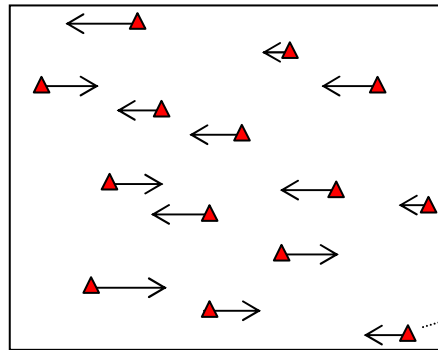
# Χάρτης οριζοντιογραφικών σφαλμάτων $\delta r$

(δίκτυο 231 κοινών σημείων)

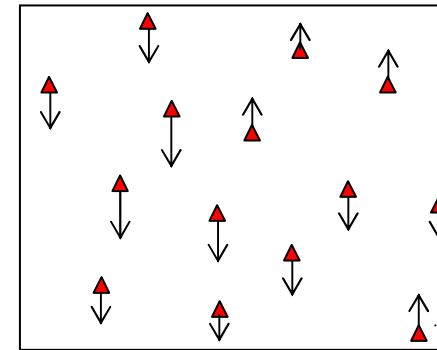


Έντονες συστηματικές  
παραμορφώσεις  
στο ΕΓΣΑ87!

# Προσδιορισμός καννάβων



$\delta E'_i$



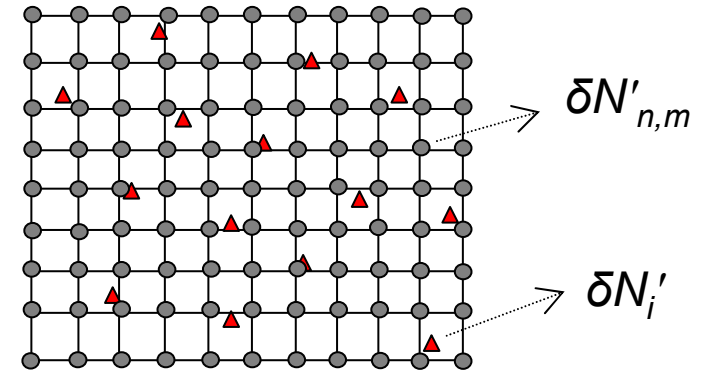
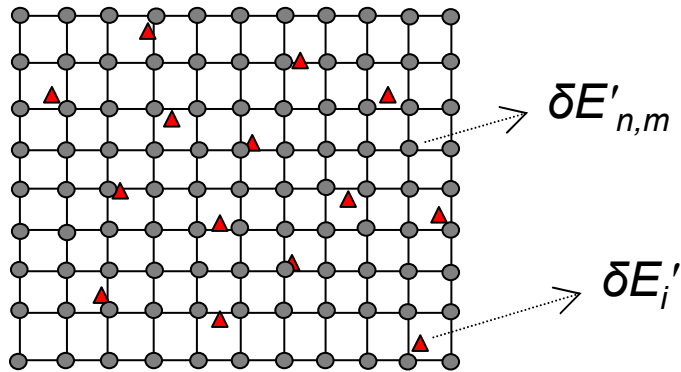
$\delta N'_i$

Σε κάθε κορυφή του δικτύου των 2199 'κοινών σημείων' υπολογίζουμε τις εξής τιμές (residuals):

$$\delta E'_i = E_{EGSA87} - E'_{HTRS07 \rightarrow EGSA87}$$

$$\delta N'_i = N_{EGSA87} - N'_{HTRS07 \rightarrow EGSA87}$$

# Προσδιορισμός καννάβων

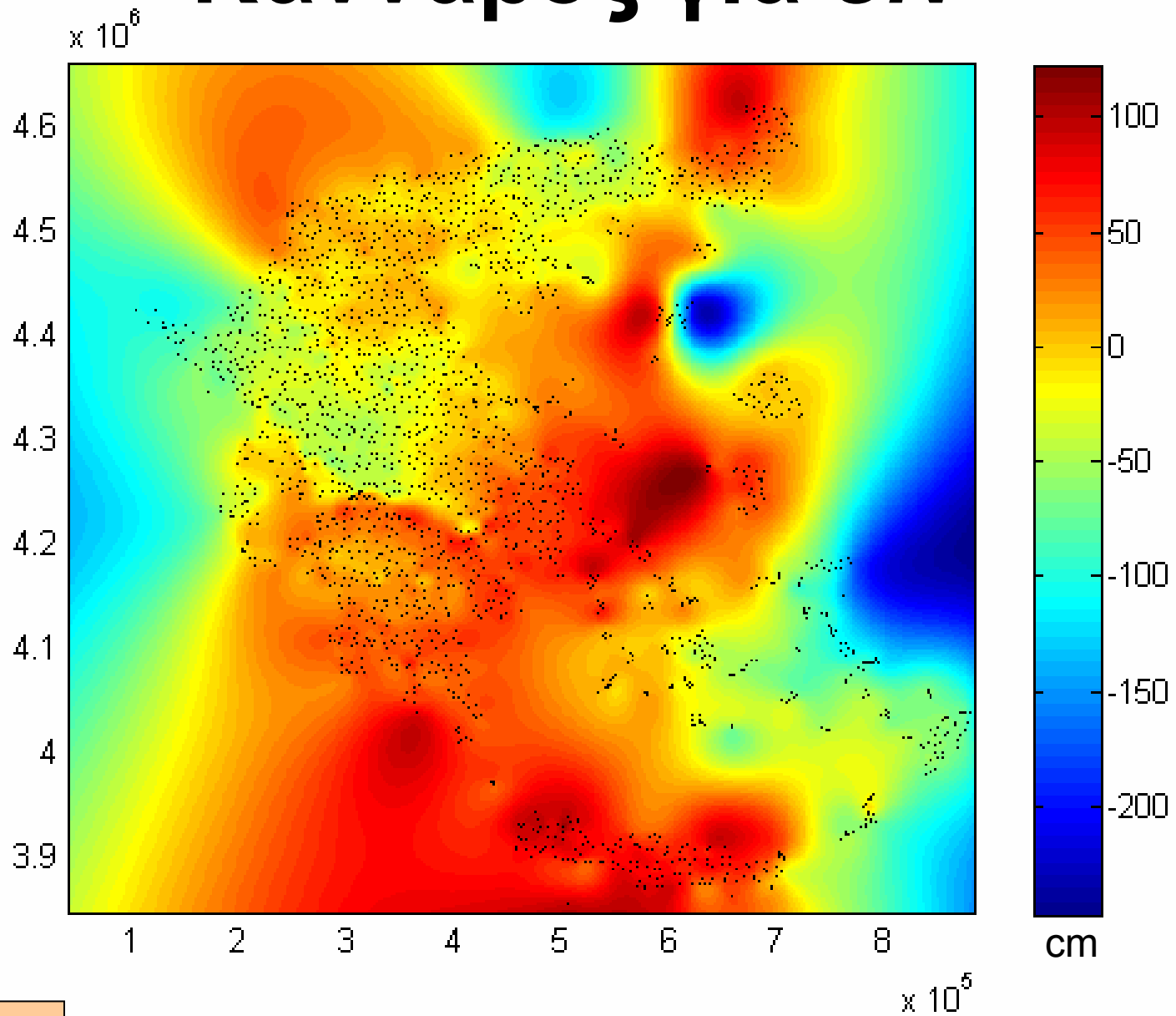


Μέσω των διαθέσιμων τιμών  $\Delta E'_i$ ,  $\Delta N'_i$  δημιουργούμε δύο ορθογωνικούς καννάβους  $\Delta E'_{n,m}$  και  $\Delta N'_{n,m}$  με χρήση κατάλληλου αλγόριθμου gridding:

*Sandwell D.T. "Biharmonic Spline Interpolation of GEOS-3 and SEASAT Altimeter Data", Geophysical Research Letters, 2, 139-142, 1987.*

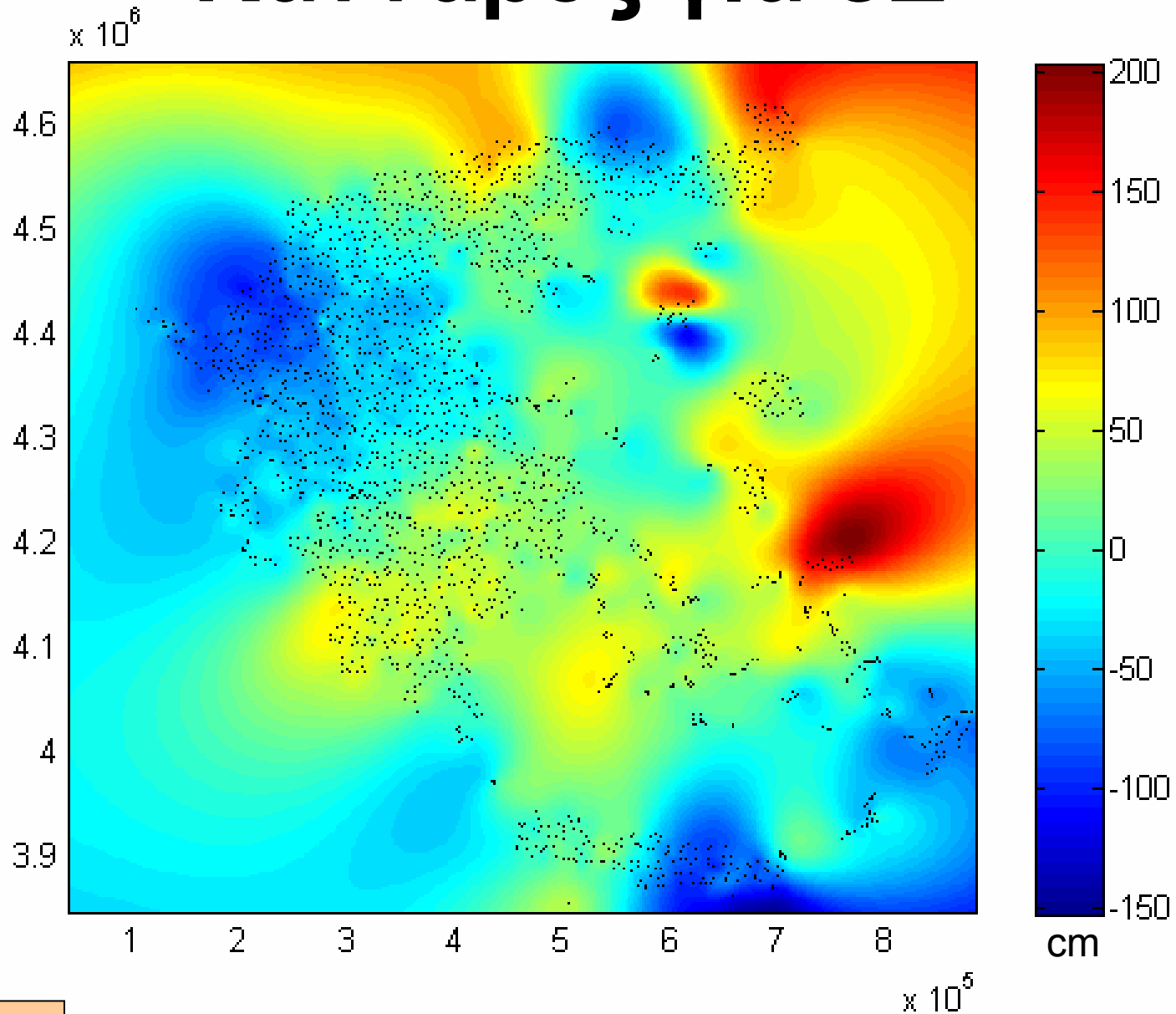


# Κάνναβος για $\delta N$



ΤΕ.ΒΟ ΑΠΘ, ΗΕΡΟΣ

# Κάνναβος για $\delta E$



ΤΕ.ΒΟ ΑΠΘ, ΗΕΡΟΣ

# Αξιολόγηση ακρίβειας του μοντέλου μετασχηματισμού

Στατιστικά στοιχεία για το μέγεθος του 'οριζοντιογραφικού σφάλματος' κατά τον πλήρη μετασχηματισμό  
HTRS07 → ΕΓΣΑ87

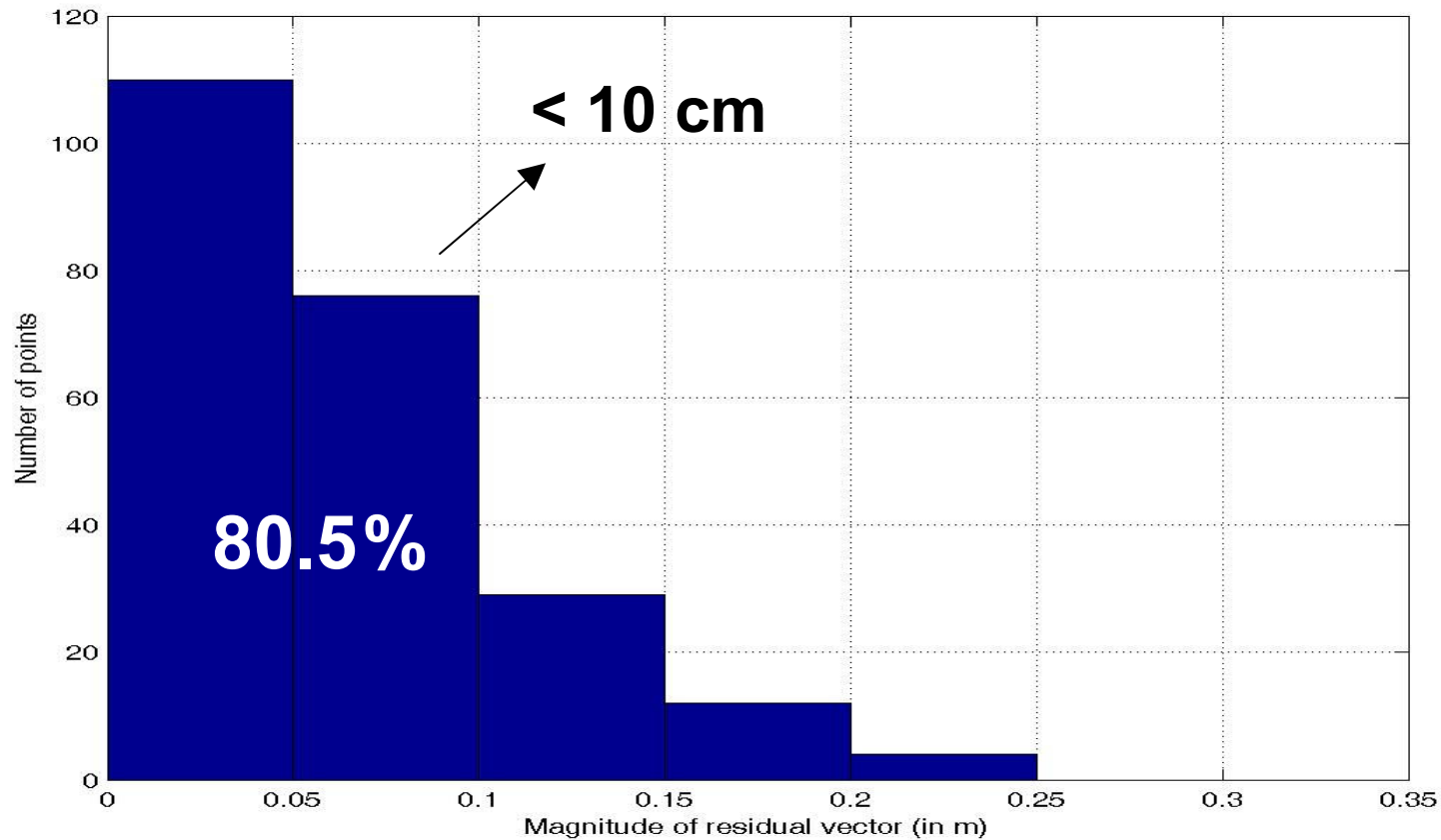
	Max	Min	Mean	$\sigma$	RMS
Δίκτυο 2199 κοινών σημείων (internal validation)	0.049	0.000	0.007	0.004	<b>0.008</b>
Δίκτυο 231 κοινών σημείων (cross validation)	0.244	0.006	0.068	0.047	<b>0.082</b>

(\*) όλες οι τιμές σε m

$$\delta r = \sqrt{(E_{ΕΓΣΑ87} - E'_{ΕΓΣΑ87})^2 + (N_{ΕΓΣΑ87} - N'_{ΕΓΣΑ87})^2}$$

# Ιστόγραμμα οριζοντιογραφικών σφαλμάτων $\delta r$

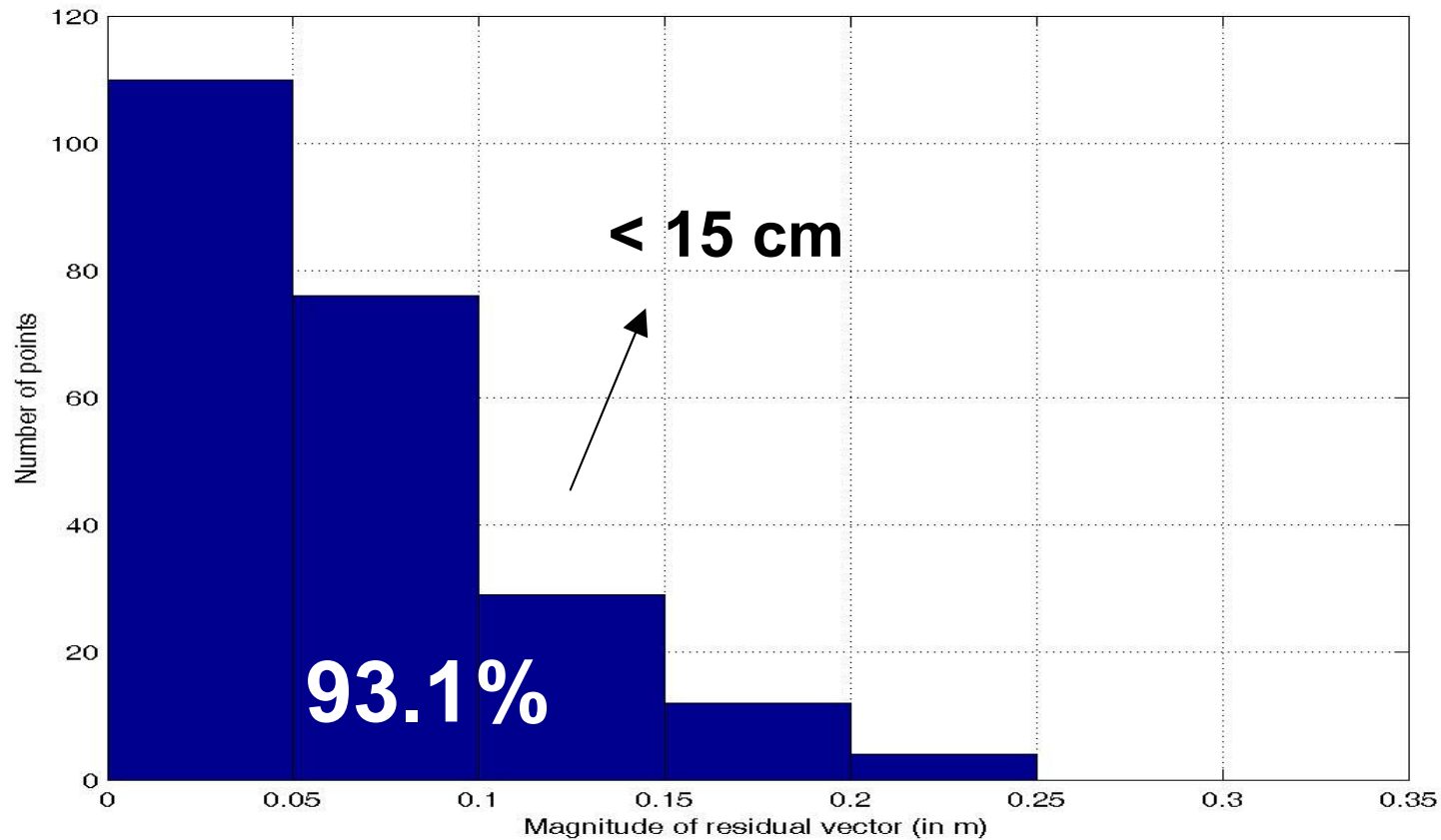
(στο δίκτυο των 231 κοινών σημείων)



ΤΕ.ΒΟ ΑΠΘ, ΗΕΡΟΣ

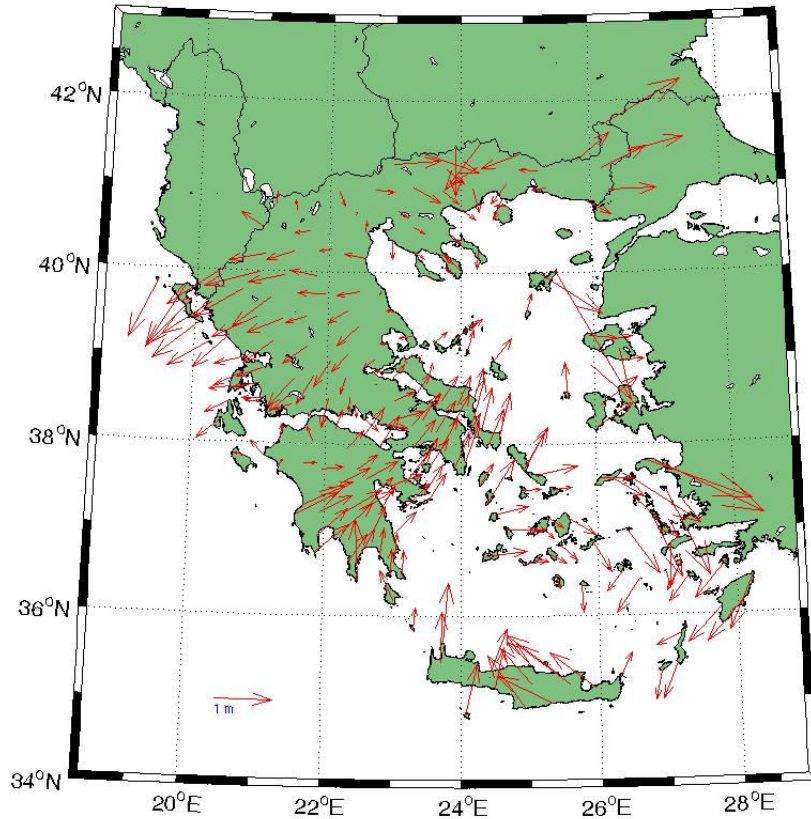
# Ιστόγραμμα οριζοντιογραφικών σφαλμάτων $\delta r$

(στο δίκτυο των 231 κοινών σημείων)

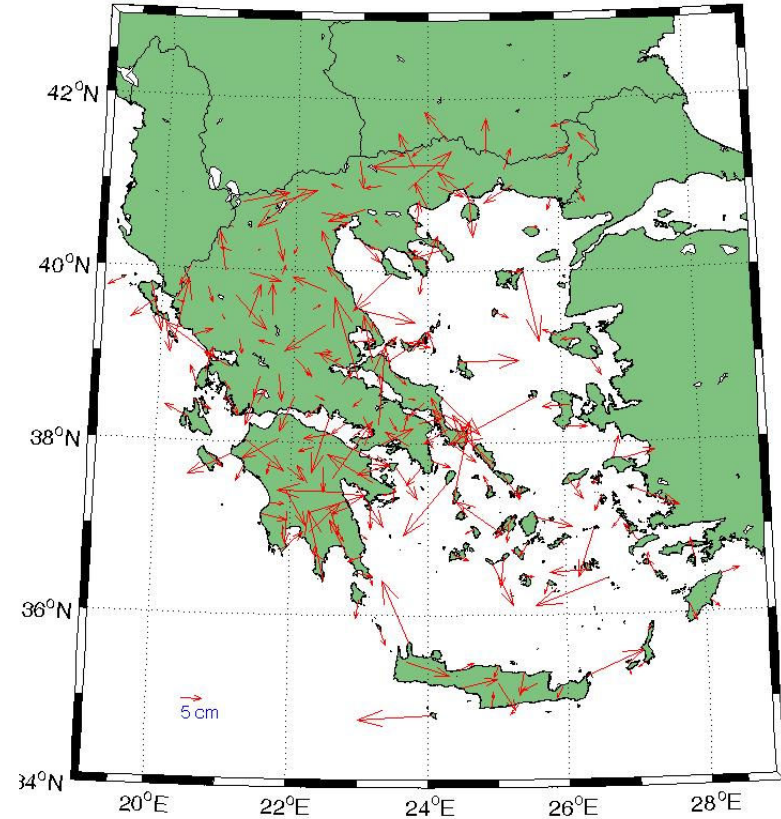


ΤΕ.ΒΟ ΑΠΘ, ΗΕΡΟΣ

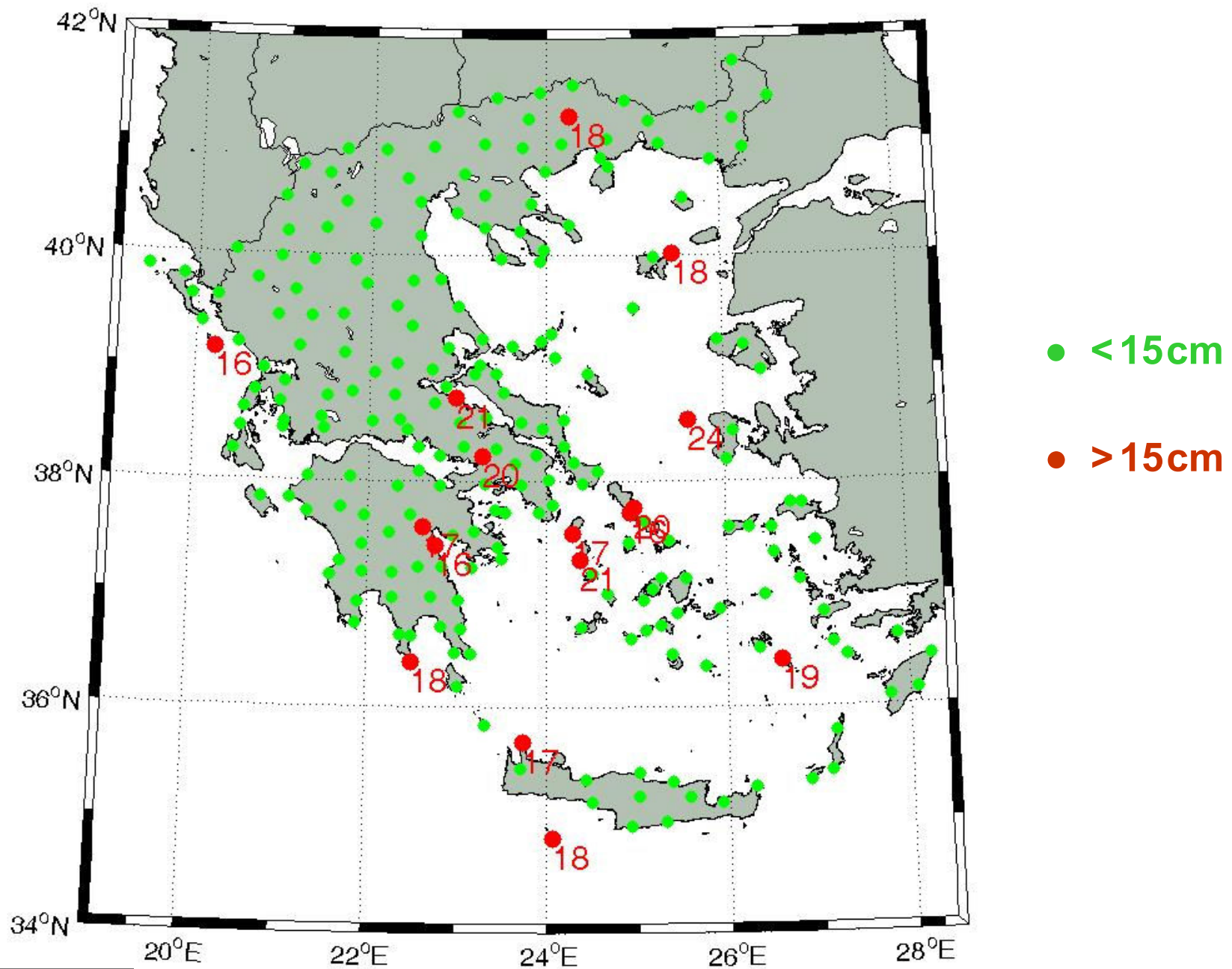
# Residuals $\delta r$



**μετά από τον 3Δ  
μετασχηματισμό  
ομοιότητας**

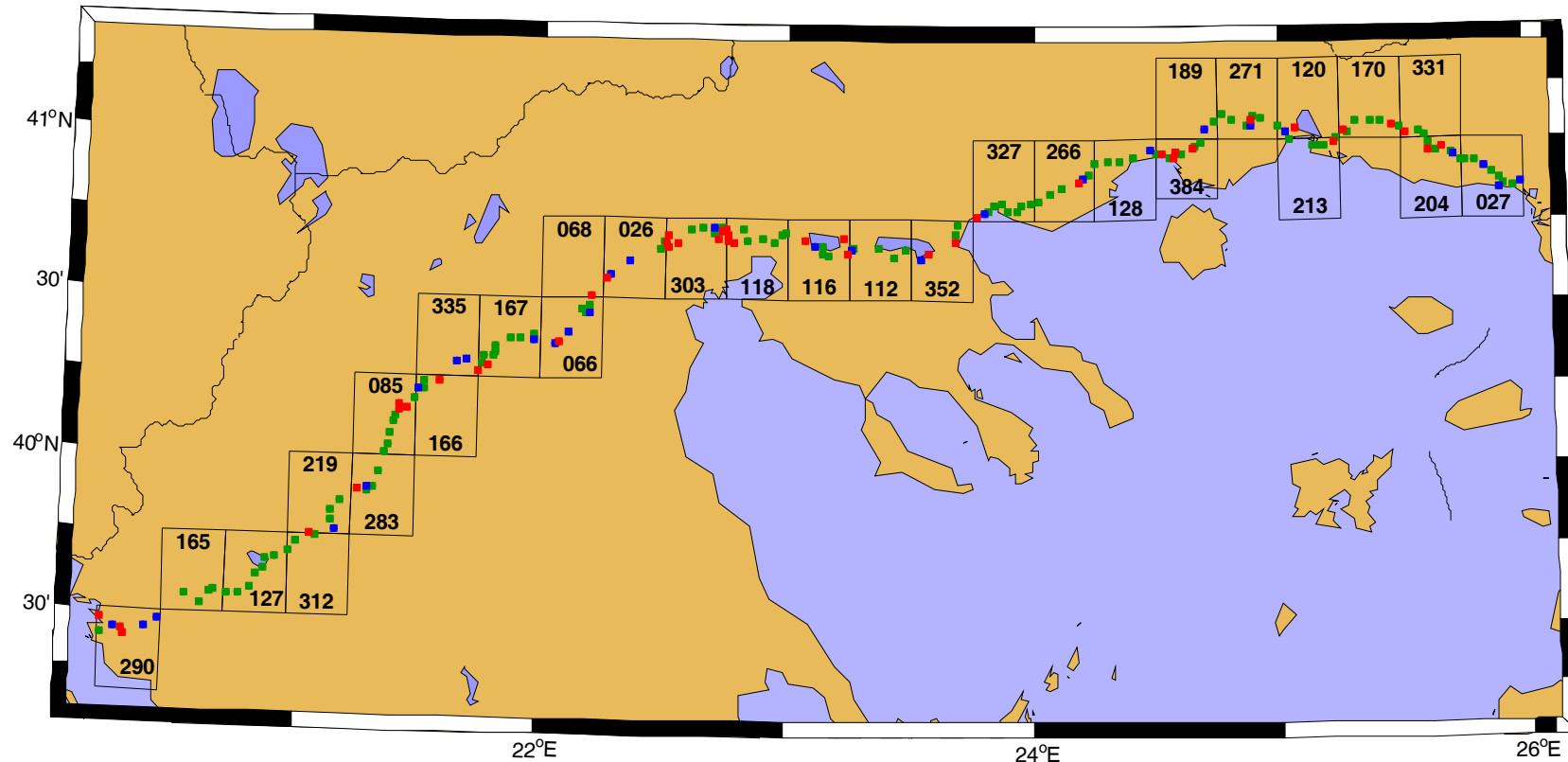


**μετά από τον πλήρη  
μετασχηματισμό**



ΤΕ.ΒΟ ΑΠΘ, ΗΕΡΟΣ

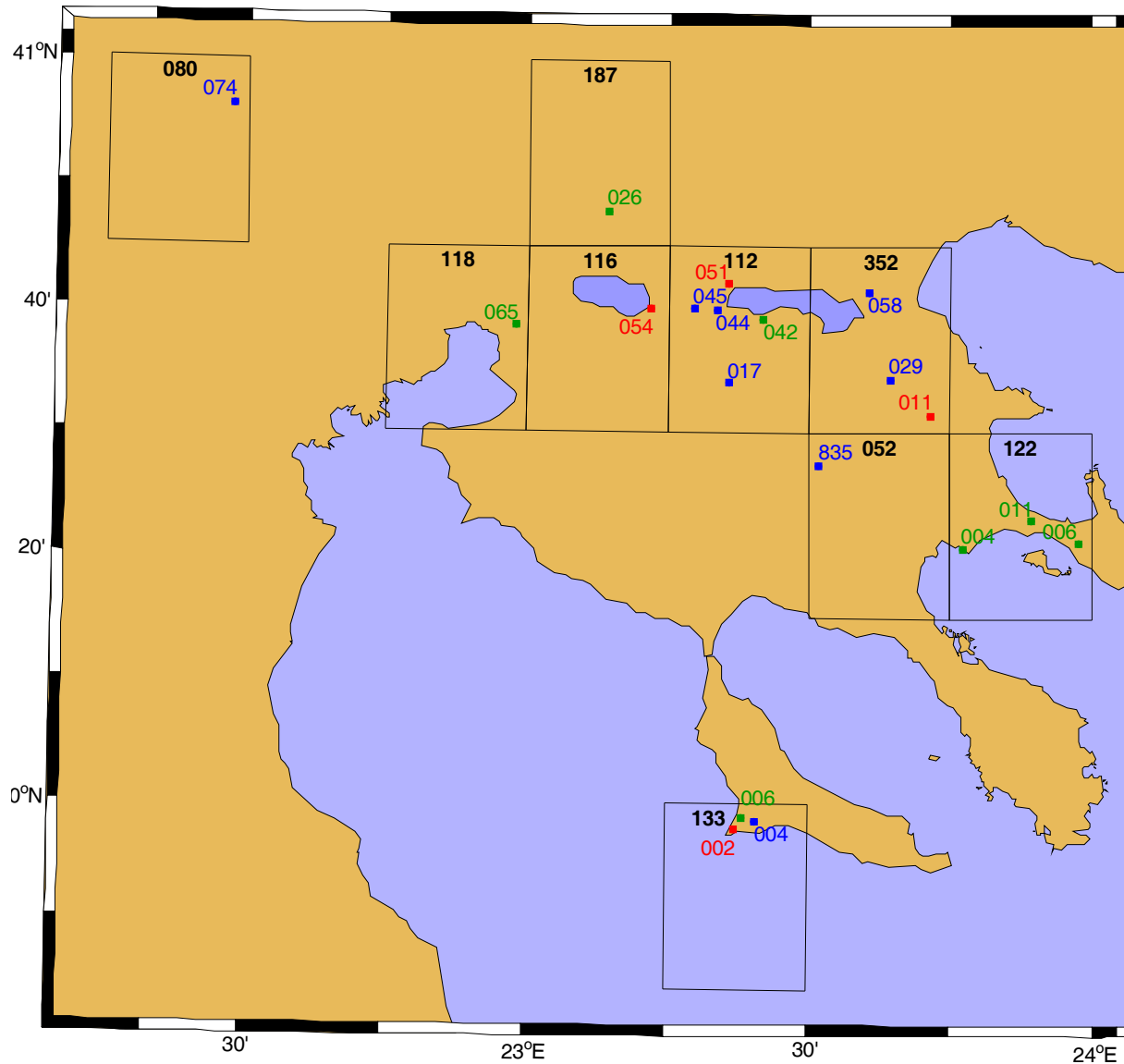
# Έλεγχος του μοντέλου μετασχηματισμού HTRS07 ↔ ΕΓΣΑ87 σε άλλα τριγωνομετρικά σημεία



- Αλεξανδρούπολη – Ηγουμενίτσα (~518 km!!!)
- 30 Φ.Χ., 138 σημεία (110 ΝΕΑ + 28 ΠΜΣ), 43 καταστροφές
- Επίλυση από γειτονικούς σταθμούς HEPOS



# Έλεγχος του μοντέλου μετασχηματισμού HTRS07 ↔ ΕΓΣΑ87 σε άλλα τριγωνομετρικά σημεία



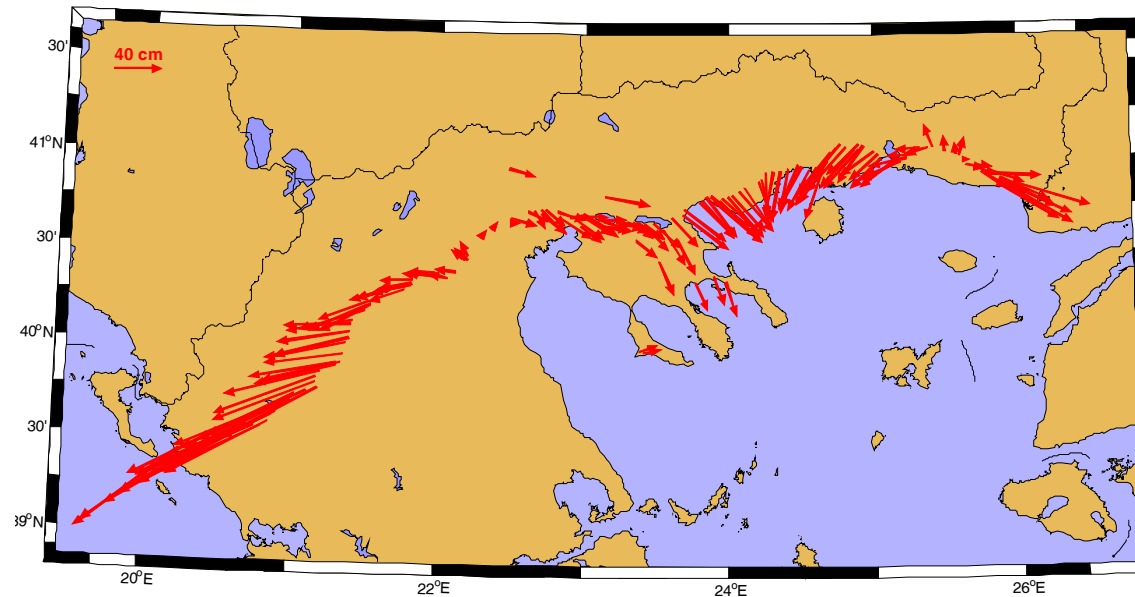
- 9 Φ.Χ., 15 σημεία  
(7 ΝΕΑ + 8 ΠΜΣ),  
4 καταστροφές

- Επίλυση από το μόνιμο  
σταθμό ΑΥΤ1

# Στατιστικά στοιχεία για το μέγεθος του 'οριζοντιογραφικού σφάλματος' κατά τον 3Δ μετασχηματισμό ομοιότητας HTRS07 → ΕΓΣΑ87

	Max	Min	Mean	$\sigma$	RMS
Δίκτυο <b>151</b> κοινών σημείων	1.095	0.057	0.425	0.257	<b>0.496</b>
Δίκτυο <b>115</b> κοινών σημείων (ΝΕΑ ΣΗΜΕΙΑ)	1.095	0.057	0.437	0.257	<b>0.507</b>

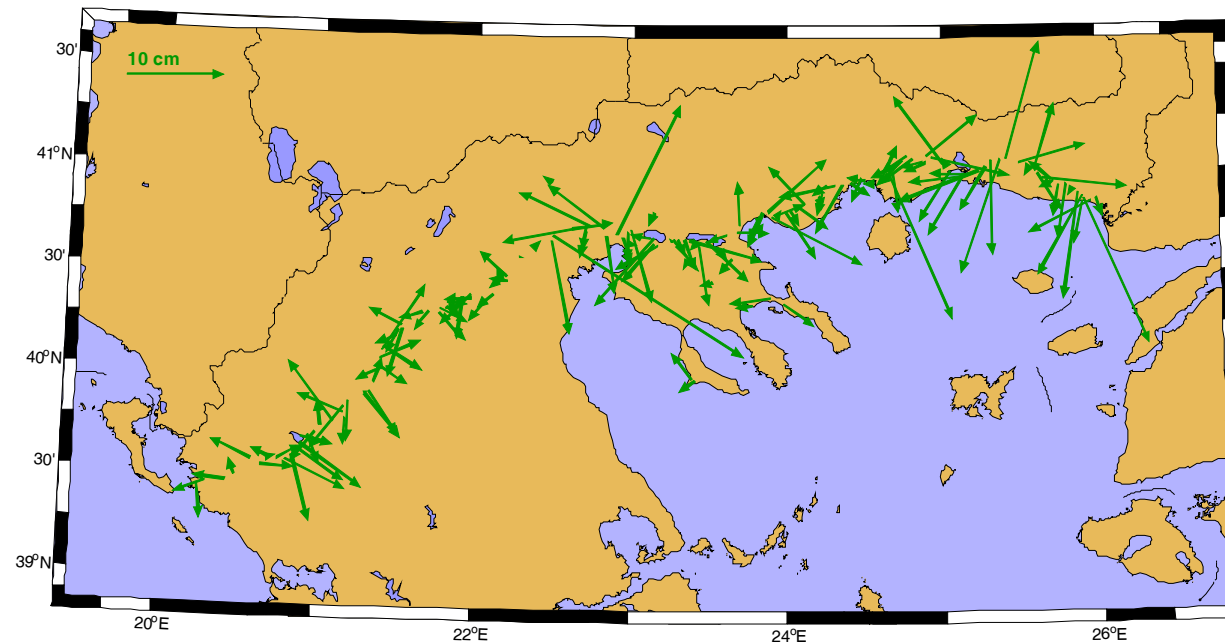
(\* ) όλες οι τιμές σε m



# Στατιστικά στοιχεία για το μέγεθος του 'οριζοντιογραφικού σφάλματος' κατά τον πλήρη μετασχηματισμό HTRS07 → ΕΓΣΑ87

	Max	Min	Mean	$\sigma$	RMS
Δίκτυο <b>151</b> κοινών σημείων	0.234	0.003	0.045	0.035	<b>0.057</b>
Δίκτυο <b>115</b> κοινών σημείων (ΝΕΑ ΣΗΜΕΙΑ)	0.234	0.008	0.053	0.036	<b>0.064</b>

(\* ) όλες οι τιμές σε m



# Ευχαριστίες

Στους μεταπτυχιακούς φοιτητές του ΤΑΤΜ/ΑΠΘ

*Βασίλη Βλαχάκη*

*Τάσο Γκανίλα*

*Γιάννη Παπούδα*

που εκτέλεσαν τις μετρήσεις πεδίου & την αξιολόγηση του μοντέλου μετασχηματισμού ΕΓΣΑ87 ↔ ΗΤΡS07 στα 153 σημεία της Β. Ελλάδας

**Ευχαριστώ για την προσοχή σας !**  
(και την υπομονή σας...)

**Χ. Κωτσάκης**

✉: [kotsaki@topo.auth.gr](mailto:kotsaki@topo.auth.gr)

# Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο του έργου της Τεχνικής Βοήθειας (ΤΕ-ΒΟ) που παρέχει το ΤΑΤΜ/ΑΠΘ στην Κτηματολόγιο ΑΕ για την ολοκλήρωση του συστήματος ΗΕΡΟΣ



Το έργο της Τεχνικής Βοήθειας για το ΗΕΡΟΣ εντάσσεται στο μέτρο 5.3 του Ε.Π. 'Κοινωνία της Πληροφορίας' και συγχρηματοδοτείται σε ποσοστό 80% από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης και 20% από Εθνικούς Πόρους.