



Επιμορφωτικά Σεμινάρια ΑΤΜ

Μοντέλο μετασχηματισμού μεταξύ του ΕΓΣΑ87 και του συστήματος αναφοράς του ΗΕΡΟΣ

Χριστόφορος Κωτσάκης

Τμήμα Αγρονόμων & Τοπογράφων Μηχανικών
Πολυτεχνική Σχολή, ΑΠΘ

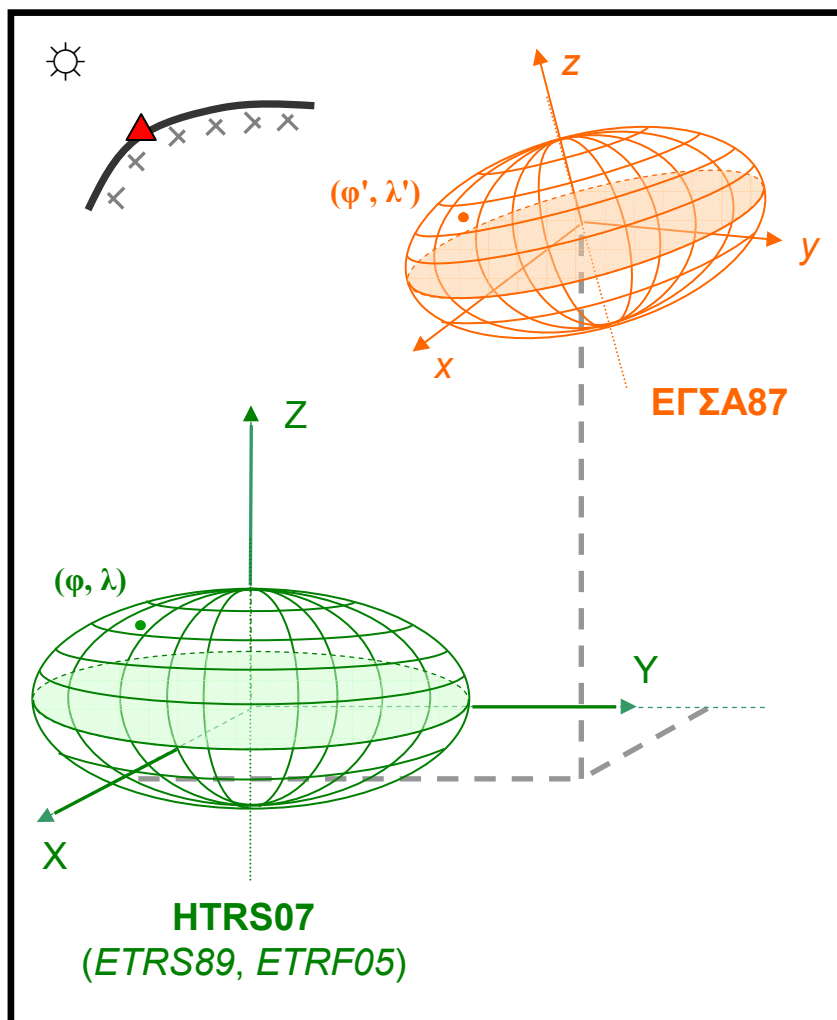


Βασικές Εφαρμογές

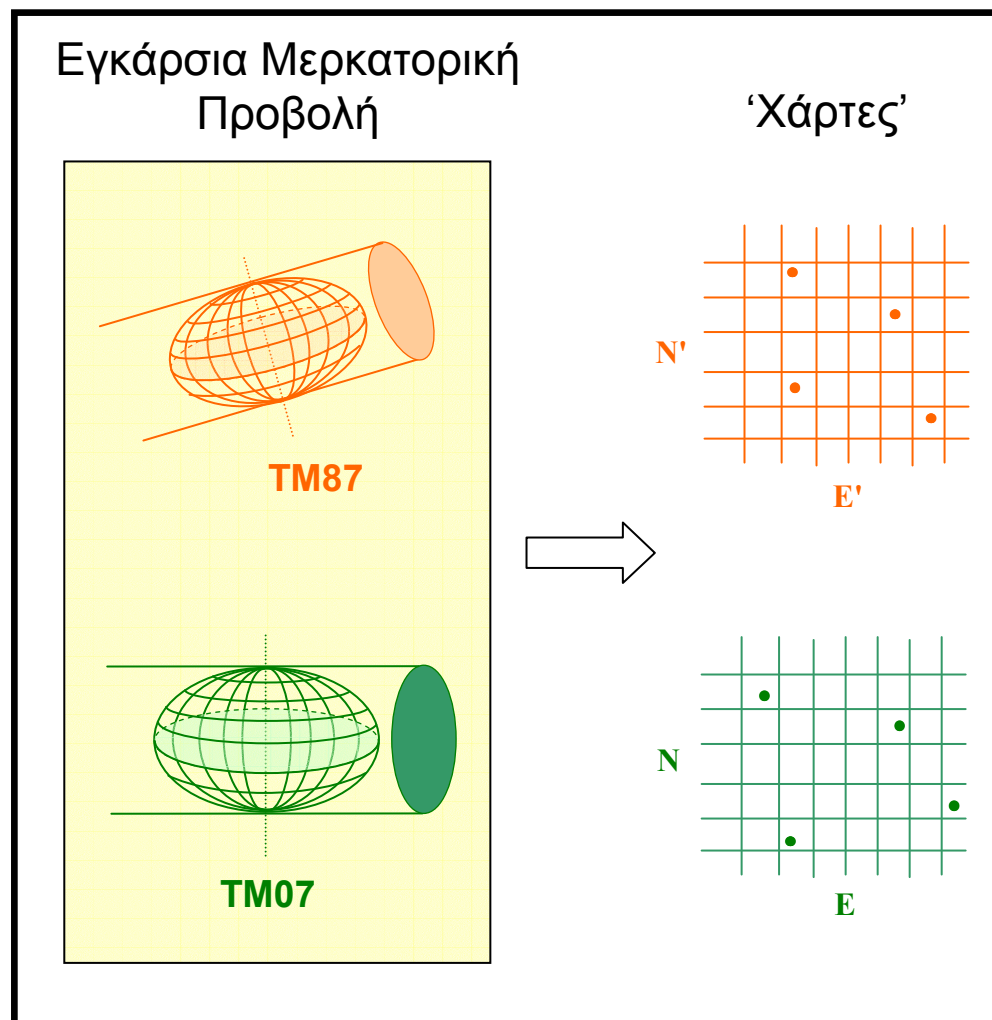
Τα μοντέλα μετασχηματισμού συντεταγμένων που 'συνοδεύουν' το HEPOS θα πρέπει να δρουν υποστηρικτικά για τις εξής **βασικές λειτουργίες**:

- Μετασχηματισμός της υπάρχουσας *Υποδομής Χωρικών Πληροφοριών* από το ΕΓΣΑ87 στο σύστημα αναφοράς του HEPOS
- Χρήση του HEPOS για την εκτέλεση και ένταξη γεωδαιτικών και άλλων εργασιών στο ΕΓΣΑ87

HTRS07 vs. ΕΓΣΑ87



Οριζοντιογραφία

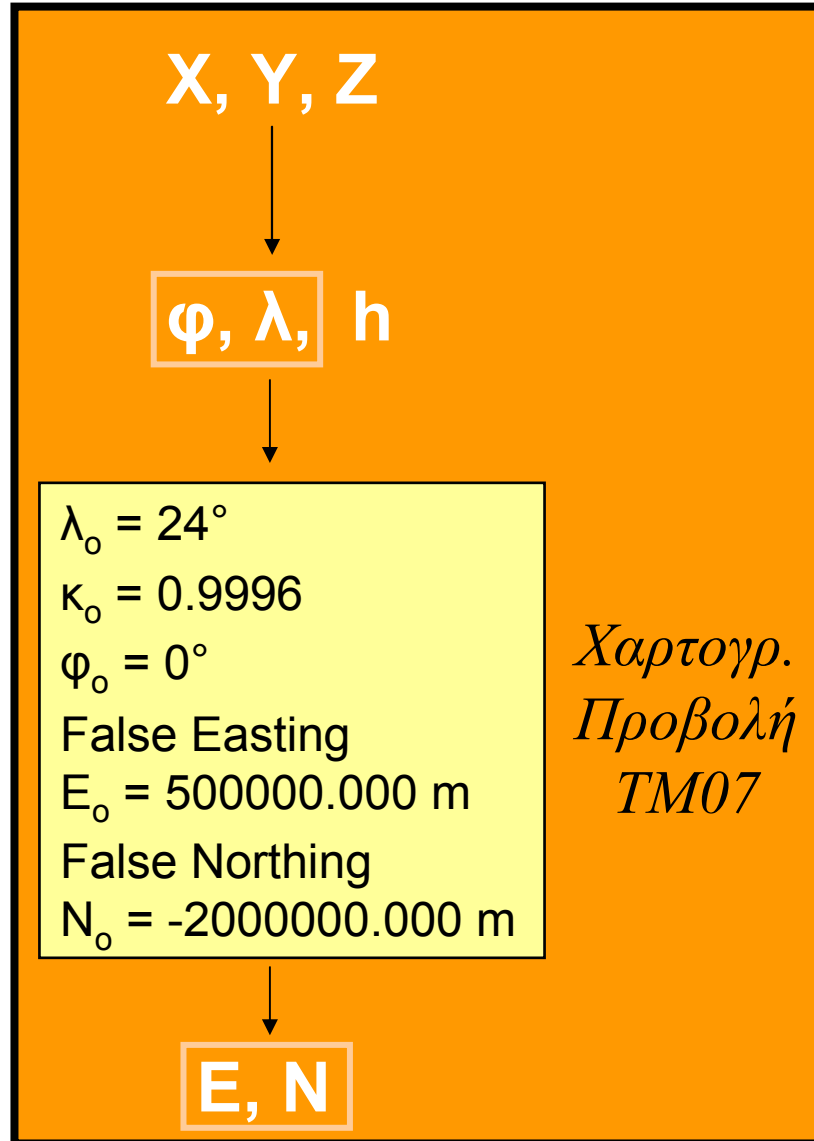


(* Το **ΕΕΠ αναφοράς** είναι (και στις δύο περιπτώσεις) το **GRS80**

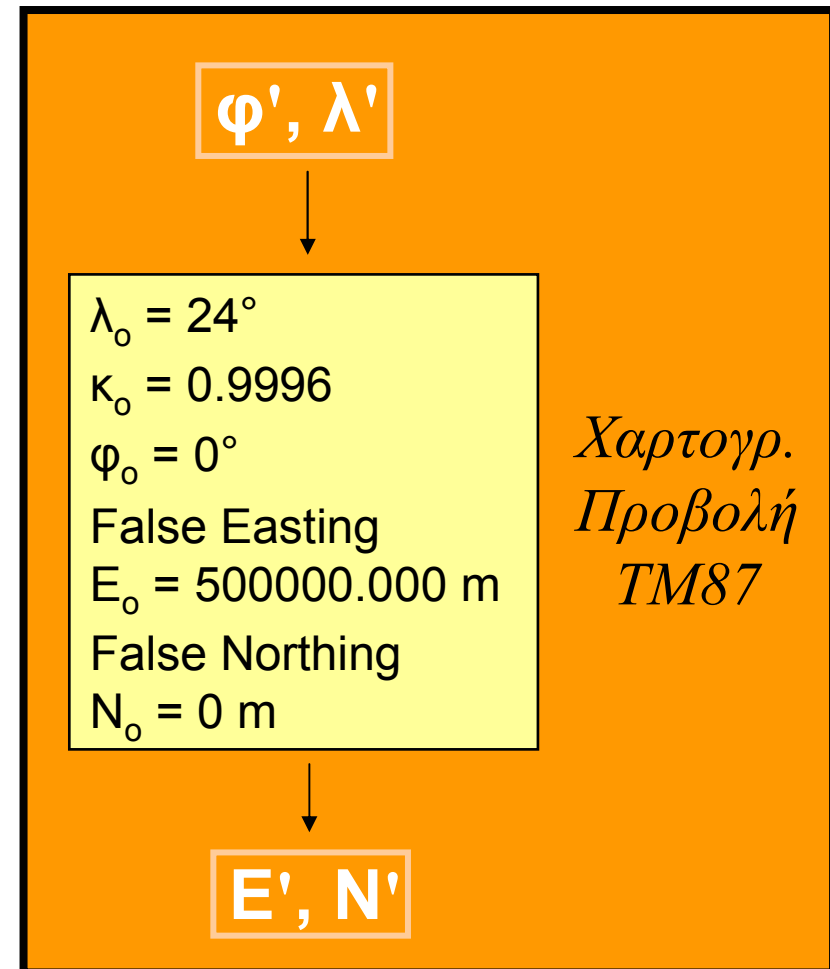


‘Διπλή ταυτότητα’
οριζόντιας θέσης σημείου

HTRS07 (HEPOS)



ΕΓΣΑ87



Βασικά 'προβλήματα' για τον προσδιορισμό του μετασχηματισμού HTRS07 ↔ ΕΓΣΑ87

- Απαιτήση για ένα **ενιαίο** και **αμφίδρομο** μοντέλο μετασχηματισμού για όλη την Ελλάδα
- Το πλαίσιο αναφοράς του HEPOS είναι **πρωτογενώς 3Δ** ενώ το ΕΓΣΑ87 είναι **πρακτικά 2Δ**
- Είναι αναγκαίο να γίνει, με κάποιο τρόπο, η γεωδαιτική «προσεγγιστική 3Δ-ποίηση» του ΕΓΣΑ87 στο δίκτυο των κοινών σημείων
- Ύπαρξη **συστηματικών παραμορφώσεων** στο πλαίσιο αναφοράς του ΕΓΣΑ87

Περί μετασχηματισμού συντεταγμένων...

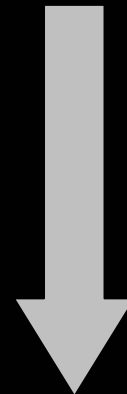
Φυσική
πραγματικότητα

Μετρήσεις – Δεδομένα

(γωνίες, αποστάσεις, υψομετρ.
διαφορές, μετρήσεις GPS, κλπ.)

Συστήματα Αναφοράς

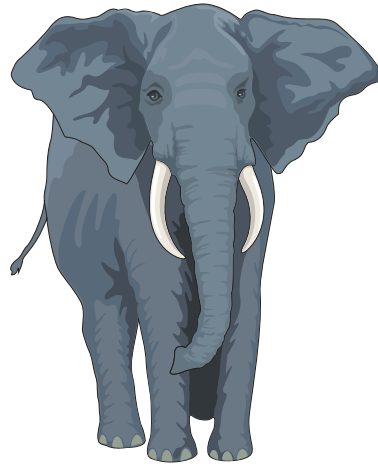
(& άλλα μαθηματικά μοντέλα
επεξεργασίας μετρήσεων)



Γεωμετρική περιγραφή

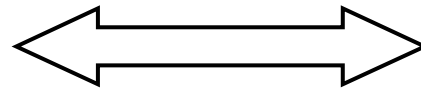
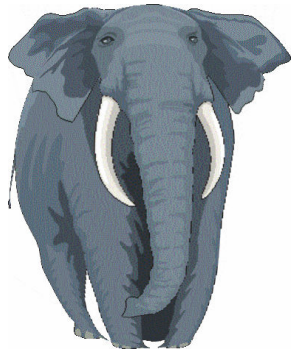
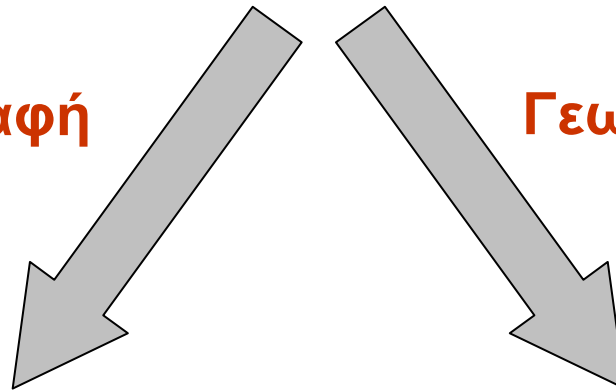
- συντεταγμένες
- ορθοφωτοχάρτες
- τοπογραφικοί χάρτες
- ψηφιακά μοντέλα εδάφους

.....

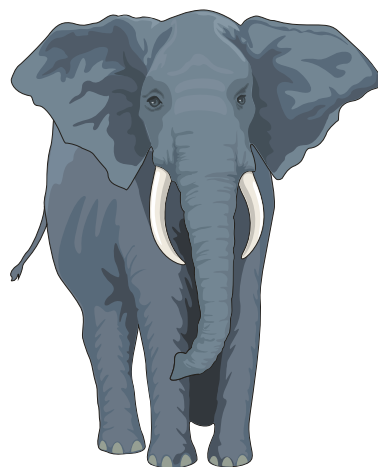


**Γεωμετρική περιγραφή
'Α'**

**Γεωμετρική περιγραφή
'Β'**



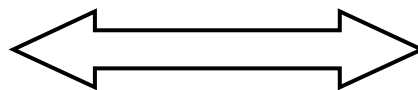
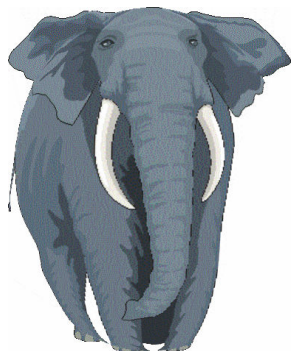
**Μοντέλο
μετασχηματισμού**



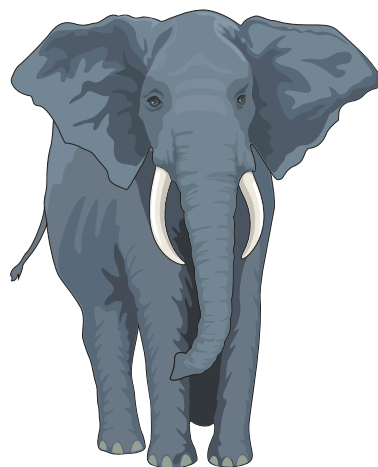
Πότε θεωρείται ένας
μετασχηματισμός
'πετυχημένος' ;

Τι σημαίνει 'ακριβής'
μετασχηματισμός ;

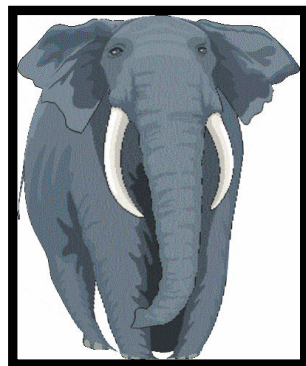
Τι είδους μοντέλο
χρειάζομαι για ένα 'καλό'
μετασχηματισμό ;



**Μοντέλο
μετασχηματισμού**

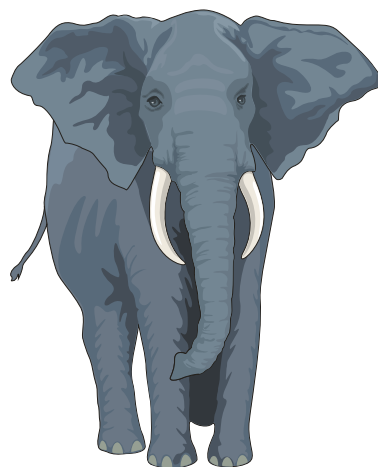


Μετασχηματισμός
ομοιότητας

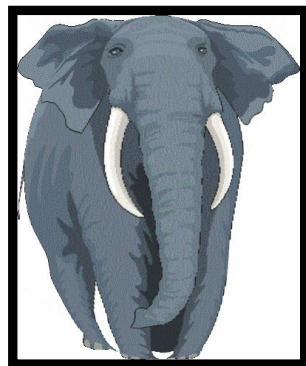


Μοντέλο
μετασχηματισμού



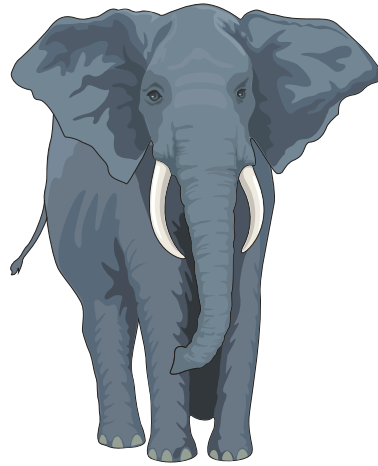


Μετασχηματισμός
αφινικός

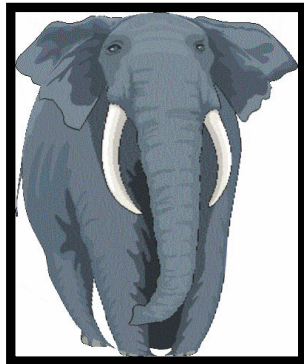


Μοντέλο
μετασχηματισμού





Μετασχηματισμός
?

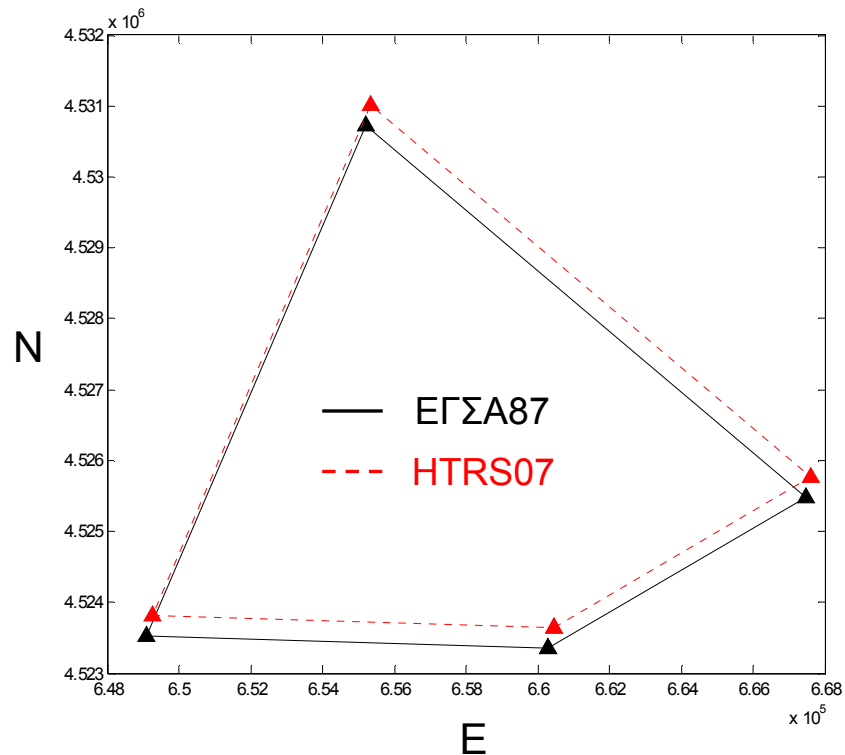


Μοντέλο
μετασχηματισμού



Παράδειγμα

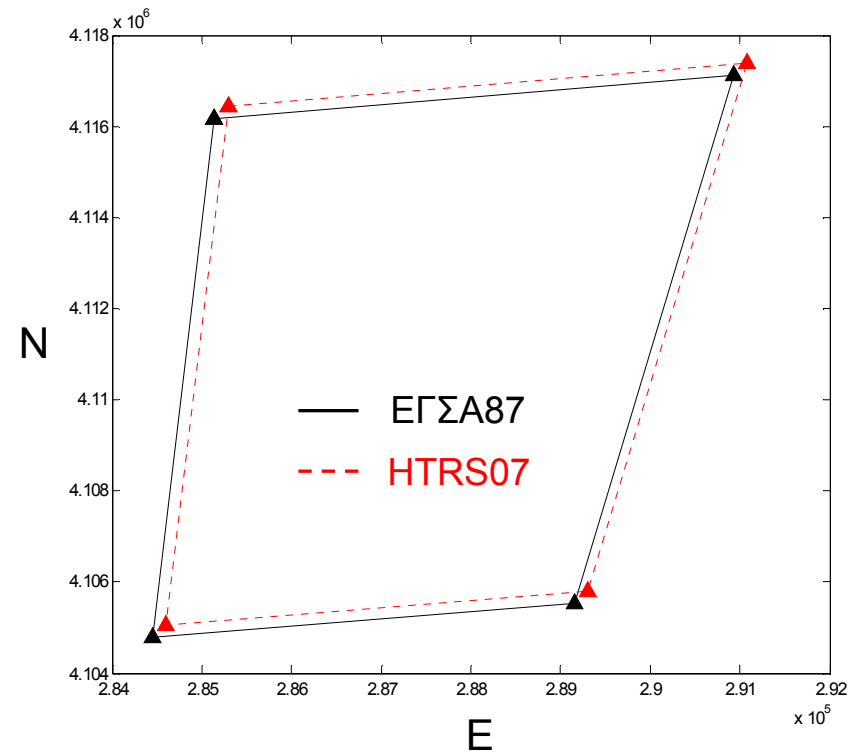
Φ.Χ. 27
(ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΙΣ)



18.4 km \times 7.4 km

Mean point-offset: **322.056 m**

Φ.Χ. 370
(ΦΙΛΙΑΤΡΑ)

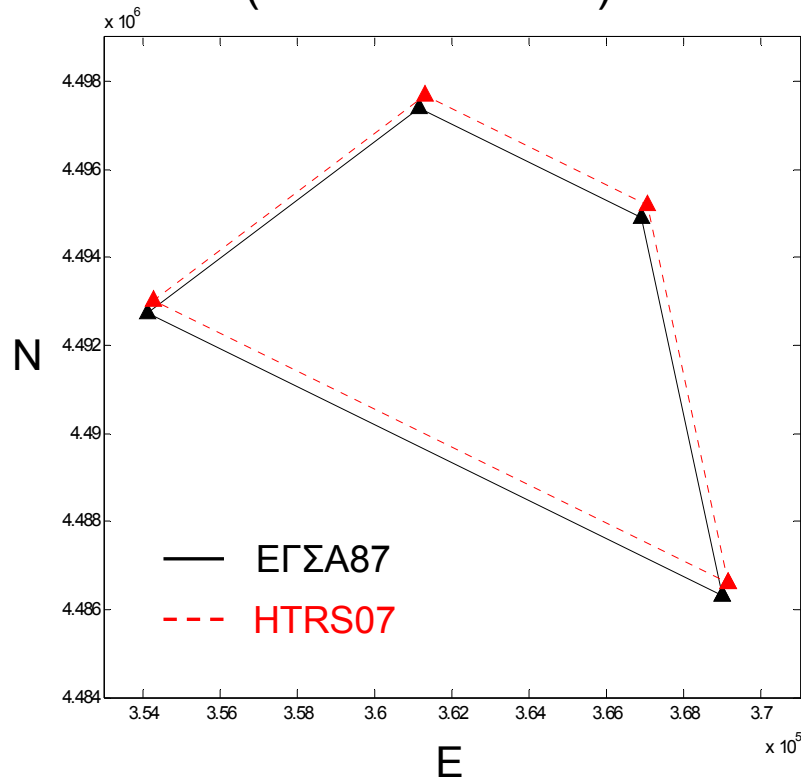


6.5 km \times 12.3 km

Mean point-offset: **324.322 m**

Παράδειγμα

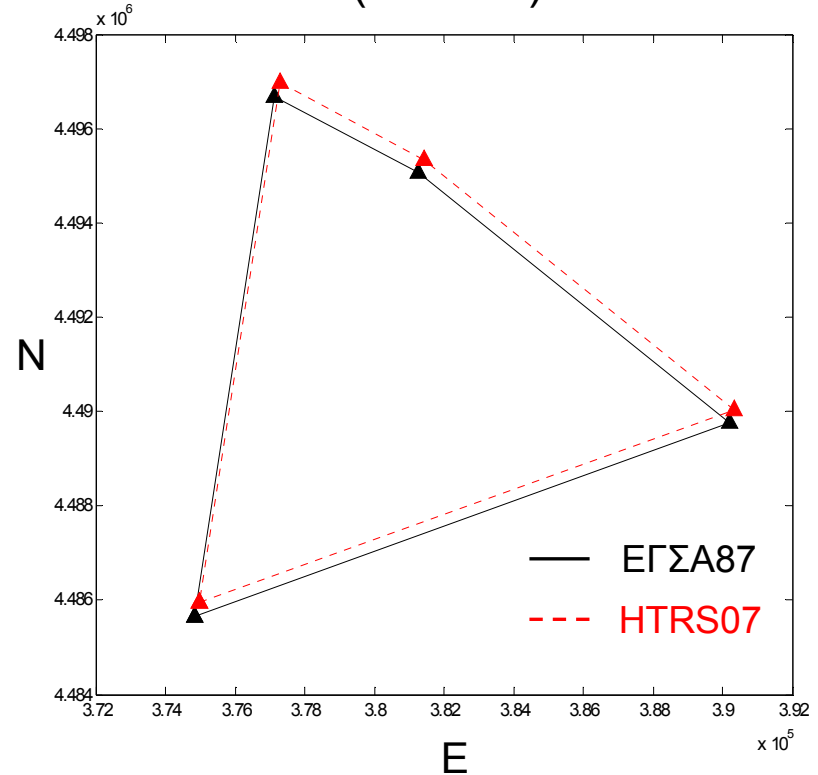
Φ.Χ. 26
(ΑΛΕΧΑΝΔΡΕΙΑ)



14.8 km \times 11.1 km

Mean point-offset: **327.326 m**

Φ.Χ. 303
(ΠΛΑΤΥ)



15.4 km \times 11.0 km

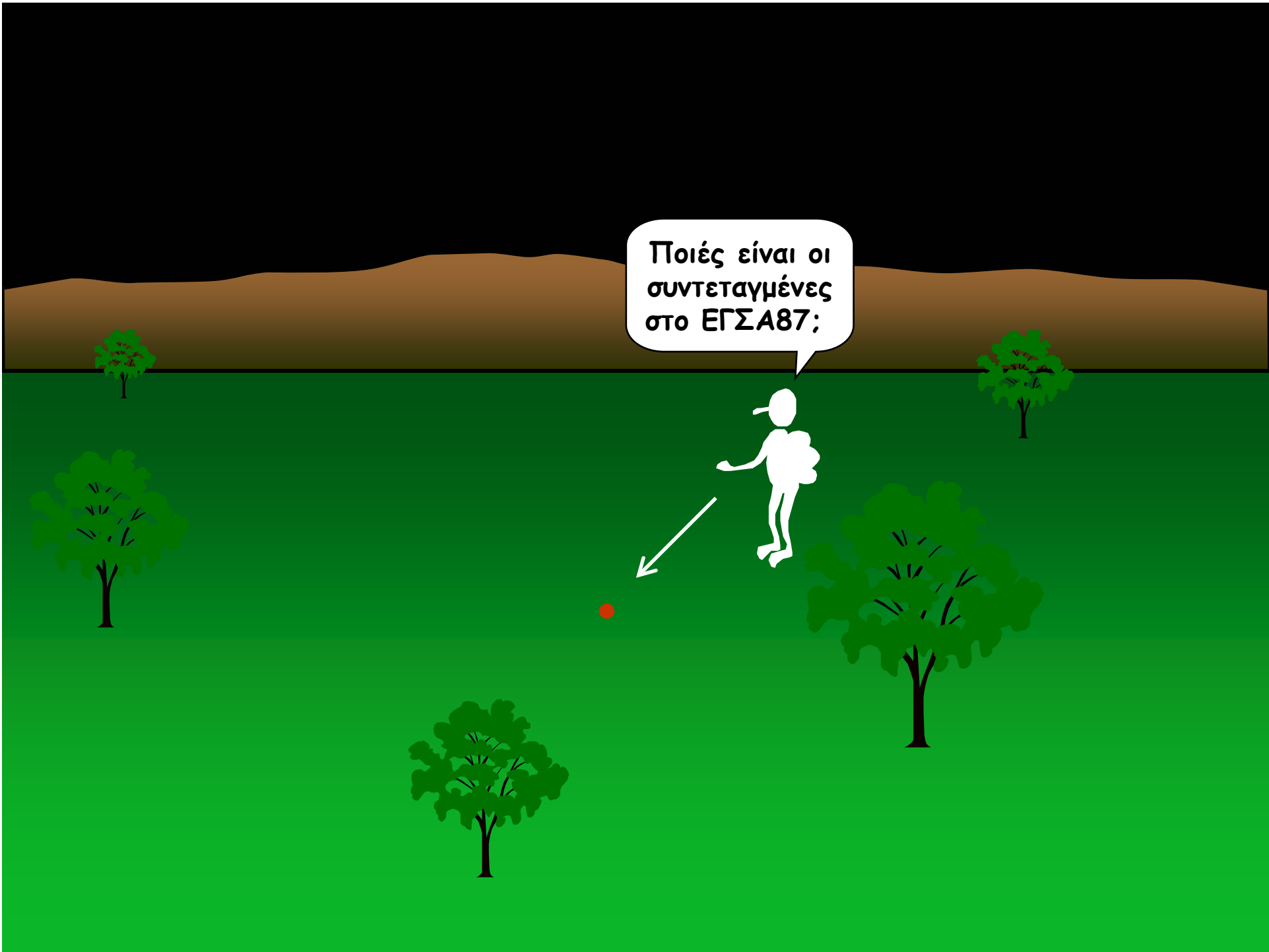
Mean point-offset: **323.191 m**

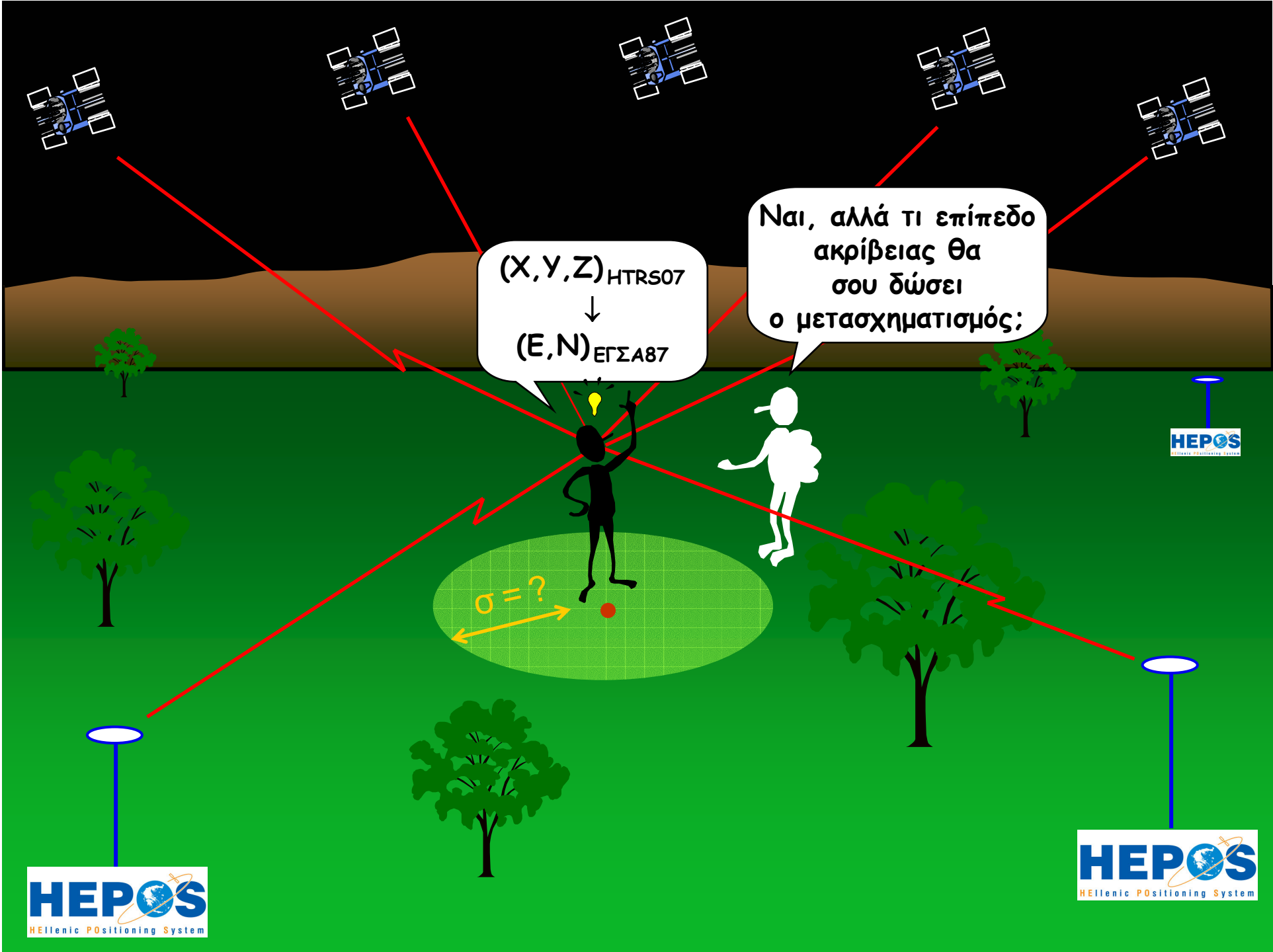
ΗΤΡS07 ↔ ΕΓΣΑ87

Για να πετύχουμε τη βέλτιστη δυνατή (οριζοντιογραφική) προσαρμογή μεταξύ του ΕΓΣΑ87 και του συστήματος αναφοράς του ΗΕΡΟΣ, σε **όλη την Ελλάδα** με ένα **ενιαίο μοντέλο**, θα πρέπει να συνδυάσουμε τους εξής μετασχηματισμούς:

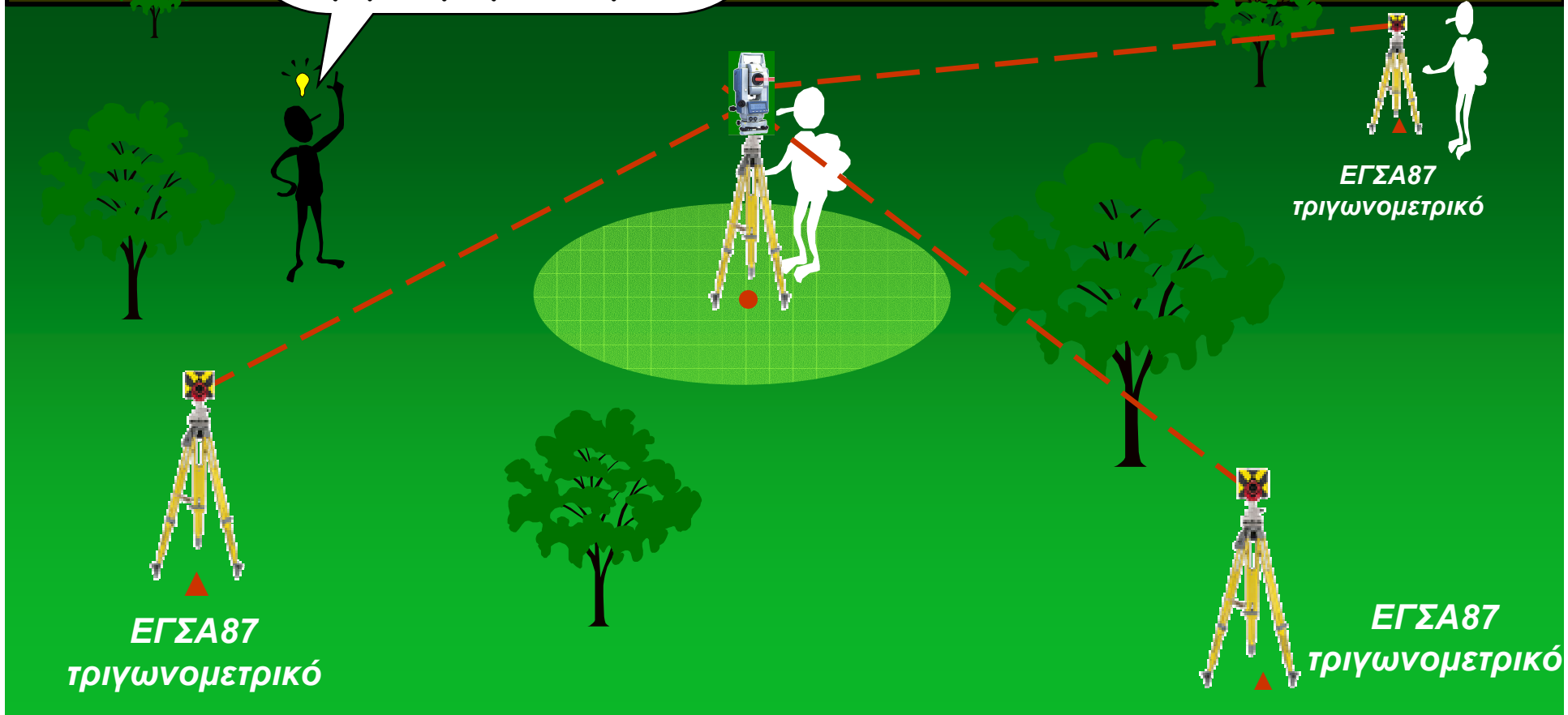
- **3Δ μετασχηματισμό ομοιότητας**
(3 μεταθέσεις, 3 στροφές, 1 συντελεστής κλίμακας)
- **2Δ ‘παραμορφωτικό’ μετασχηματισμό**
(μέσω καννάβων οριζόντιων διορθώσεων – shift grids)

Ποιές είναι οι
συντεταγμένες
στο ΕΓΣΑ87;

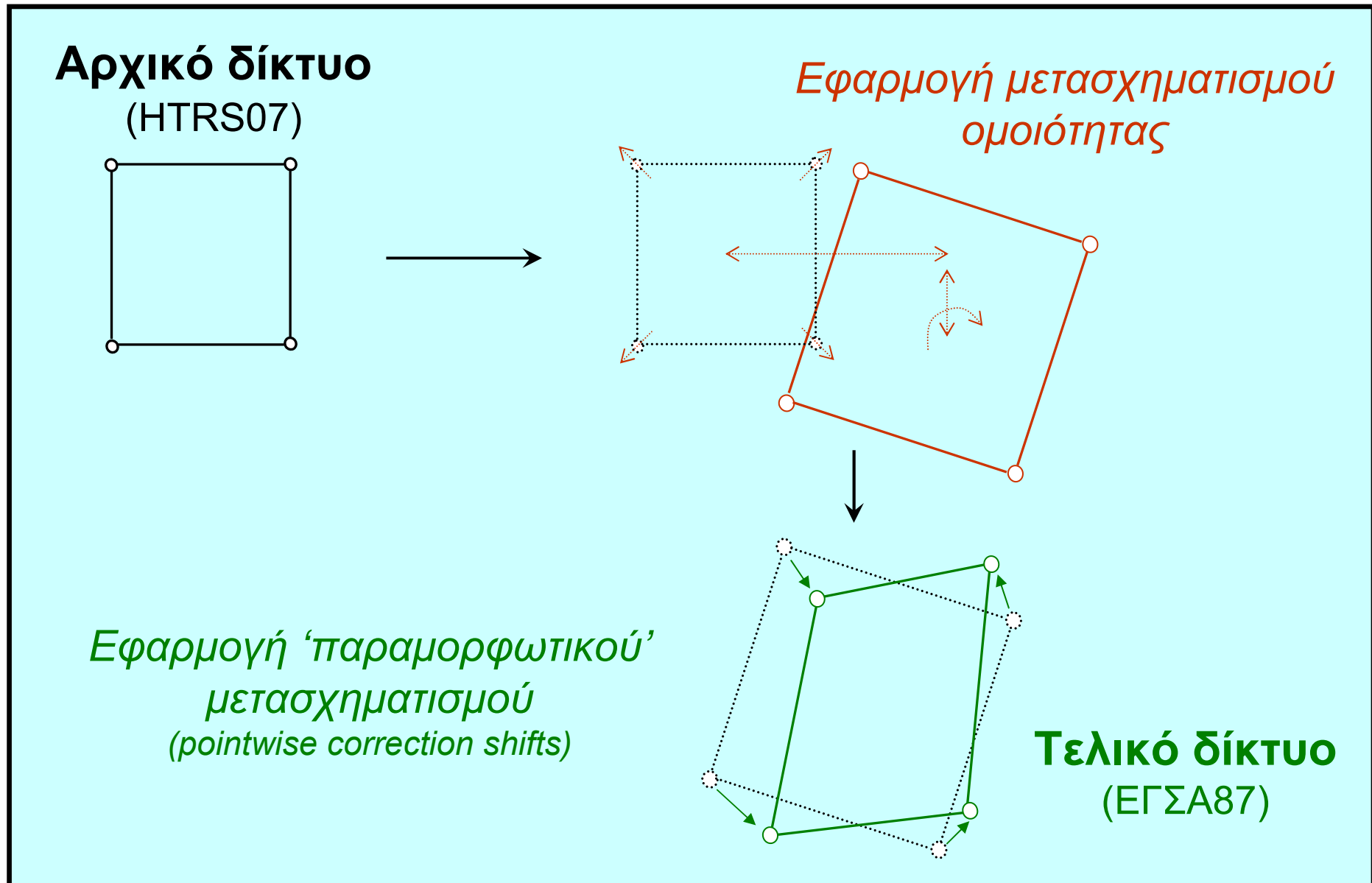




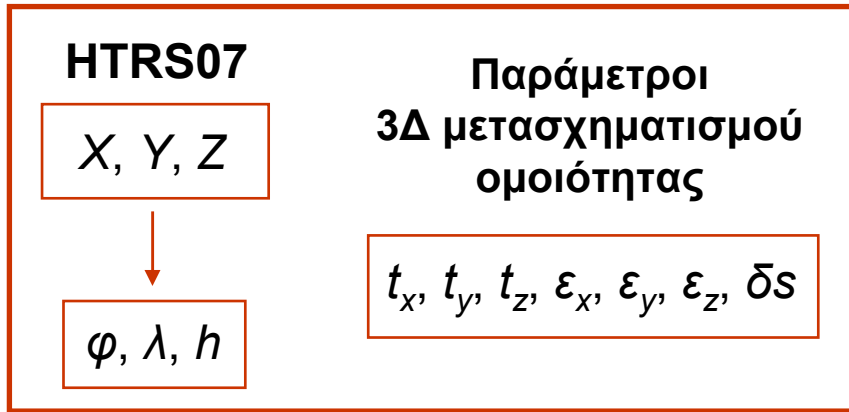
Ο μετασχηματισμός θα σου δώσει (περίπου) τη μέση θέση του σημείου που θα προέκυπτε αν γινόταν ο προσδιορισμός του με βάση μετρήσεις από γειτονικά 'καλά' τριγωνομετρικά σημεία!



Η «λογική» του μετασχηματισμού



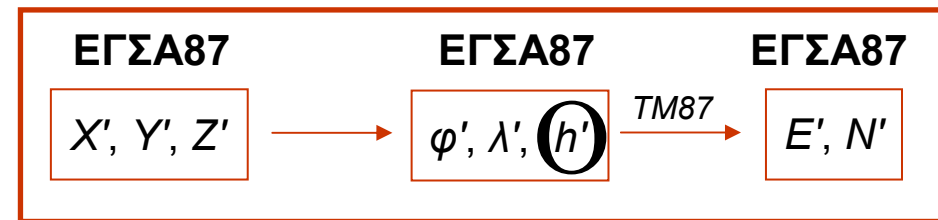
ΕΥΘΥΣ μετασχηματισμός (HTRS07 → ΕΓΣΑ87)



3Δ μετασχηματισμός ομοιότητας

$$\begin{bmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} t_x \\ t_y \\ t_z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \delta s & \varepsilon_z & -\varepsilon_y \\ -\varepsilon_z & \delta s & \varepsilon_x \\ \varepsilon_y & -\varepsilon_x & \delta s \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}$$

Η μέση ακρίβεια της οριζοντιογραφικής σύνδεσης είναι της τάξης του ~ **0.6 m** για όλη την Ελλάδα



'παραμορφωτικός' μετασχηματισμός

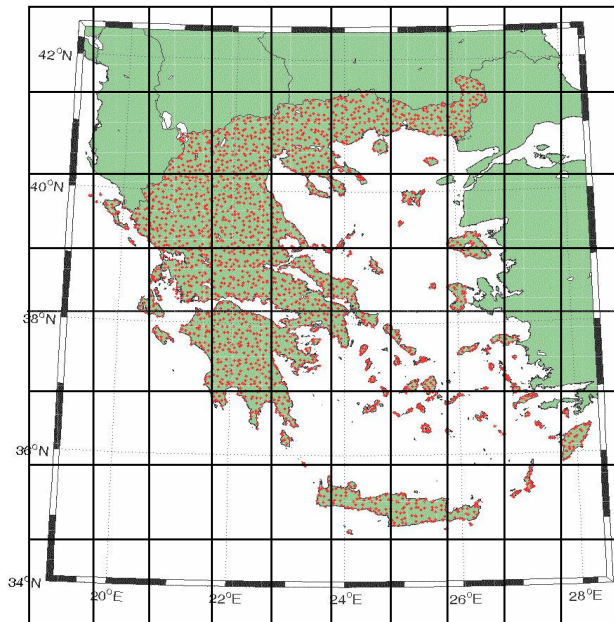
Η μέση ακρίβεια της οριζοντιογραφικής σύνδεσης είναι καλύτερη από **0.1 m** για όλη την Ελλάδα

$$\begin{aligned} E'' &= E' + \delta E \\ N'' &= N' + \delta N \end{aligned}$$

**Τελικές συντεταγμένες
στο ΕΓΣΑ87**

όπου οι όροι δE και δN λαμβάνονται μέσω 2Δ σημειακής παρεμβολής από κατάλληλους καννάβους οριζόντιων διορθώσεων αναφοράς

Κάνναβοι οριζόντιων διορθώσεων (HTRS07 → ΕΓΣΑ87)

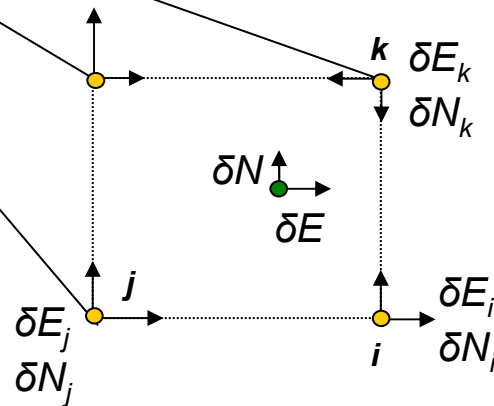
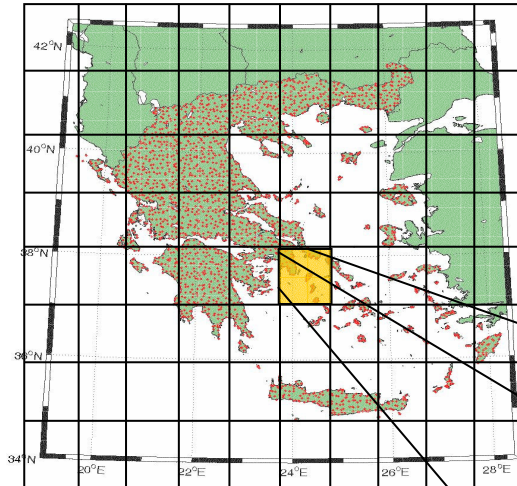


Datum: HTRS07
Προβολή: TM07
 E_{min} : 41600.00 m
 N_{min} : 1845619.00 m
Resolution: 2 km × 2 km
Grid size: 408 γραμμές
422 στήλες

(*) Υπάρχουν δύο κάρτες με τα παραπάνω χαρακτηριστικά:

- ένας κάρτα με 172166 τιμές δE
- ένας κάρτα με 172166 τιμές δN

Κάνναβοι οριζόντιων διορθώσεων (HTRS07 → ΕΓΣΑ87)



‘παραμορφωτικός’
μετασχηματισμός

$$E''_{ΕΓΣΑ87} = E'_{ΕΓΣΑ87} + \delta E$$

$$N''_{ΕΓΣΑ87} = N'_{ΕΓΣΑ87} + \delta N$$

Οι τιμές δE και δN υπολογίζονται μέσω 2Δ σημειακής παρεμβολής:

$$\delta E = f(\delta E_i, \delta E_j, \delta E_k, \dots)$$

$$\delta N = f(\delta N_i, \delta N_j, \delta N_k, \dots)$$

(*) Βασικό πλεονέκτημα

Η ύπαρξη ενός επίσημου & ενιαίου μοντέλου μετασχηματισμού επιτρέπει την εύκολη και σωστή **ένταξη τοπογραφικών εργασιών** (που εκτελούνται με τη βοήθεια του HEPOS οπουδήποτε στην Ελλάδα) **στο ΕΓΣΑ87**

χωρίς την ανάγκη να γίνουν μετρήσεις από/προς γνωστά σημεία του Εθνικού Τριγωνομετρικού Δικτύου!



HTRS07 ↔ ΕΓΣΑ87

Συμπερασματικά, για την εφαρμογή του μετασχηματισμού μεταξύ του ΕΓΣΑ87 και του συστήματος αναφοράς του ΗΕΡΟΣ χρειάζονται:

- **οι επίσημες τιμές των 7 παραμέτρων ενός 3Δ μετασχηματισμού ομοιότητας (3 μεταθέσεις, 3 στροφές, 1 συντελεστής κλίμακας)**
- **οι κάρτες των επίσημων οριζόντιων διορθώσεων αναφοράς (δE , δN) για όλη την Ελλάδα (ως προς δεδομένο γεωγραφικό/προβολικό υπόβαθρο)**

Καστελόριζο...

Η προηγούμενη διαδικασία μετασχηματισμού **δεν ισχύει** για την περιοχή του Καστελόριζου.

Ο μετασχηματισμός HTRS07 \leftrightarrow ΕΓΣΑ87 για την περιοχή του Καστελόριζου περιλαμβάνει μόνο **ένα απλό μοντέλο 3Δ μετάθεσης**.

(*) Οι τιμές των παραμέτρων t_x , t_y , t_z είναι **σημαντικά διαφορετικές** από τις τιμές των αντίστοιχων παραμέτρων που ισχύουν για την υπόλοιπη Ελλάδα.

Προσεχώς...

**ΜΟΝΤΕΛΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ
ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ
ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΤΟΥ ΗΕΡΟΣ
& ΤΟΥ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΟΥ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ (ΕΓΣΑ87)**

Βασική μεθοδολογία και αριθμητικά παραδείγματα

Σύνταξη τεύχους

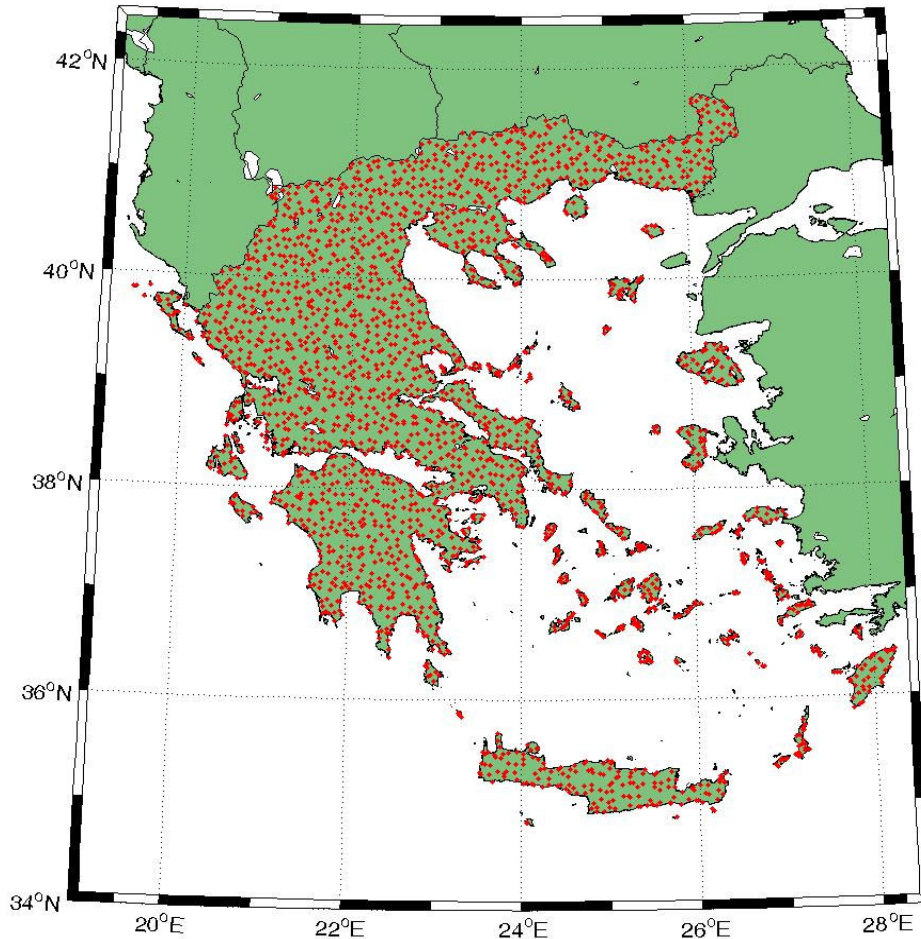
Χ. Κοτσάκης, Επικ. Καθηγητής ΤΑΤΜ/ΑΠΘ

Κ. Κατσάμπλος, Καθηγητής ΤΑΤΜ/ΑΠΘ

Μ. Γιαννίου, Τεχνικός Σύμβουλος ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ/Α.Ε.

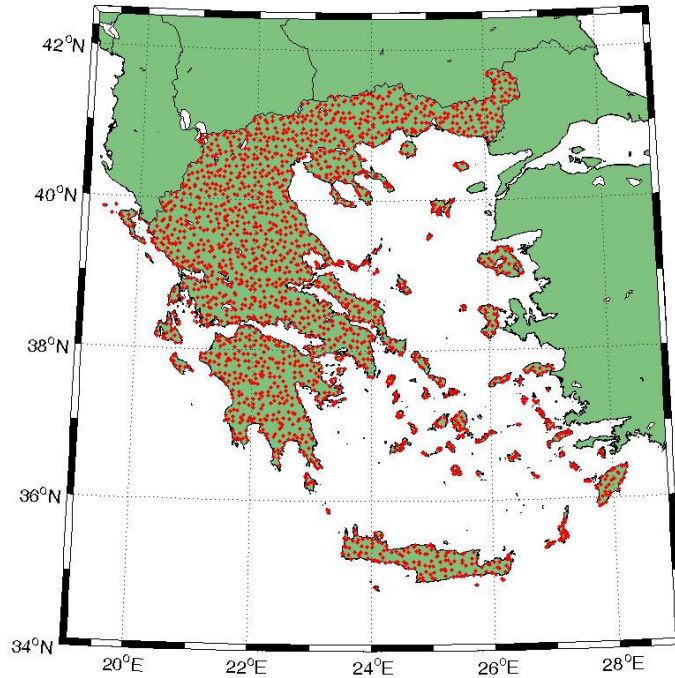


Δίκτυο κοινών σημείων



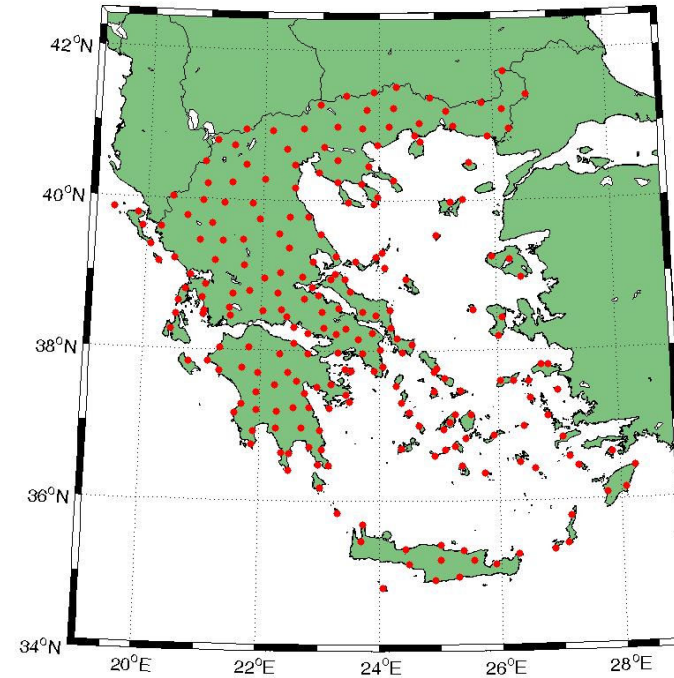
- 2466 σημεία (!)
- $(\varphi, \lambda)_{\text{EGSA87}}$
- $(E, N)_{\text{EGSA87}}$
- $(X, Y, Z)_{\text{HTRS07}}$
- $H_{\text{ΓΥΣ}}, N_{\text{EGM08}}$

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

Αξιολόγηση ακρίβειας του 3Δ μετασχηματισμού ομοιότητας

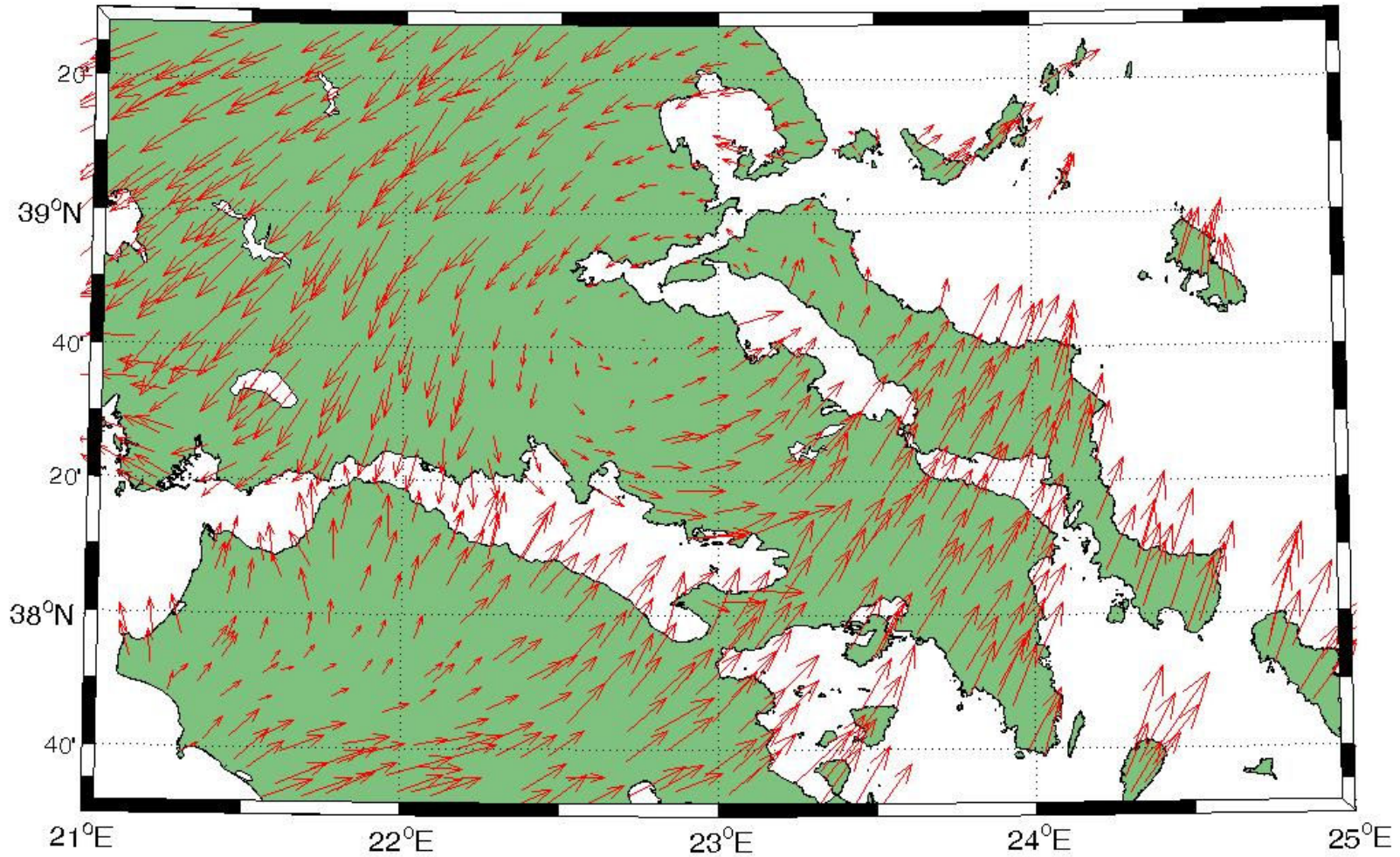
Στατιστικά στοιχεία

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

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

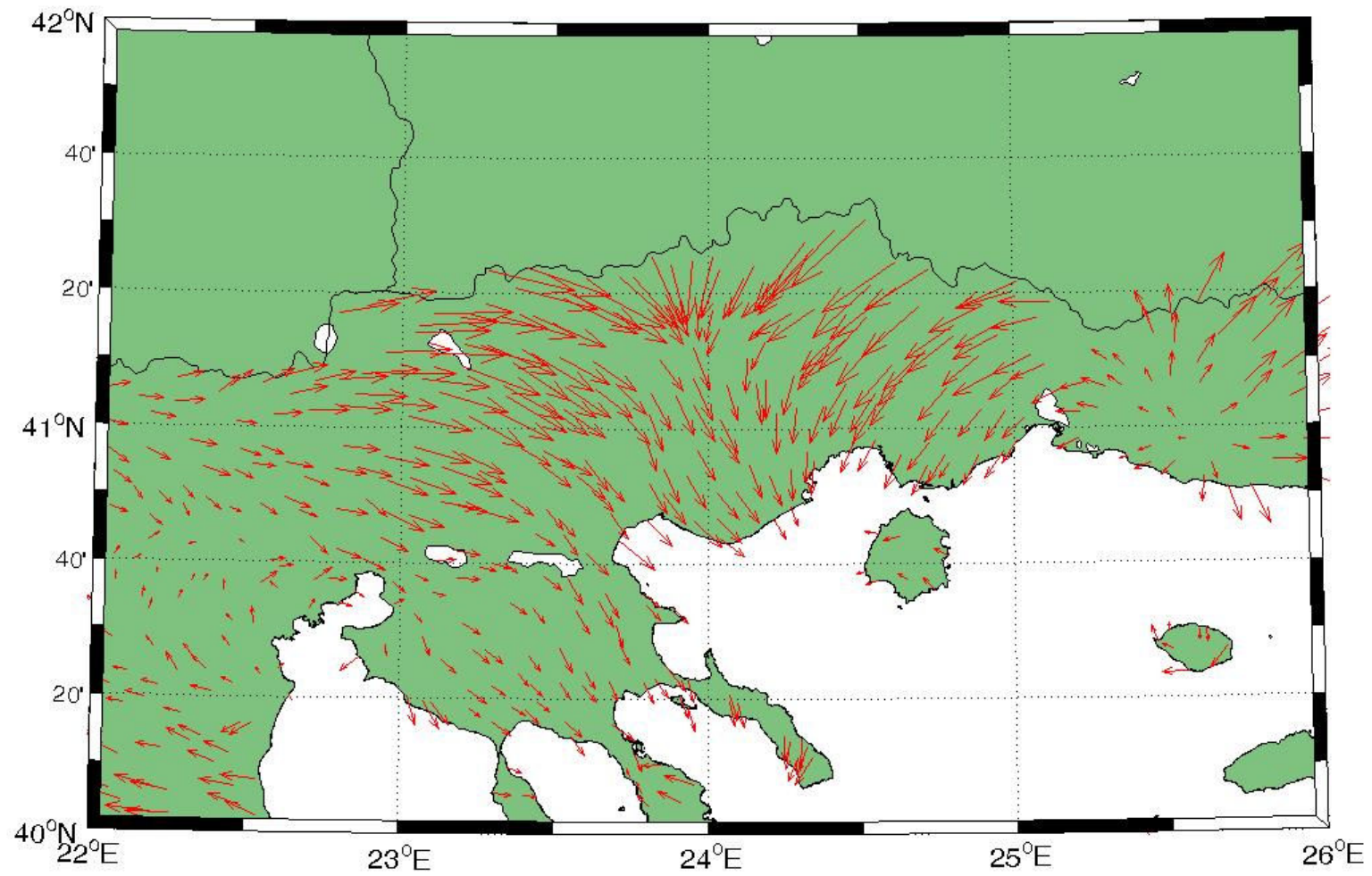
(*) όλες οι τιμές σε m

(1)



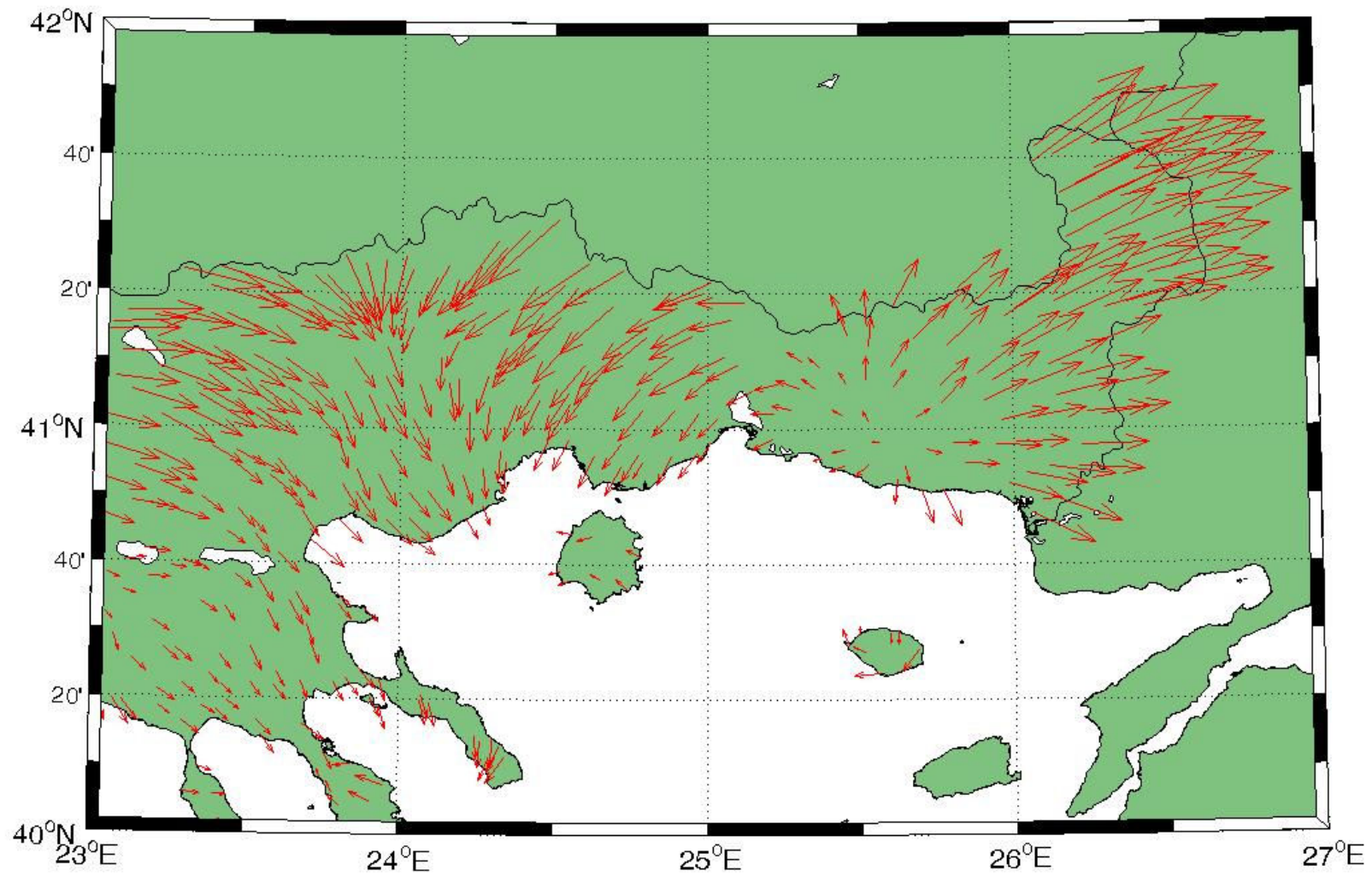
ΤΕ.ΒΟ ΑΠΘ, ΗΕΡΟΣ

(2)



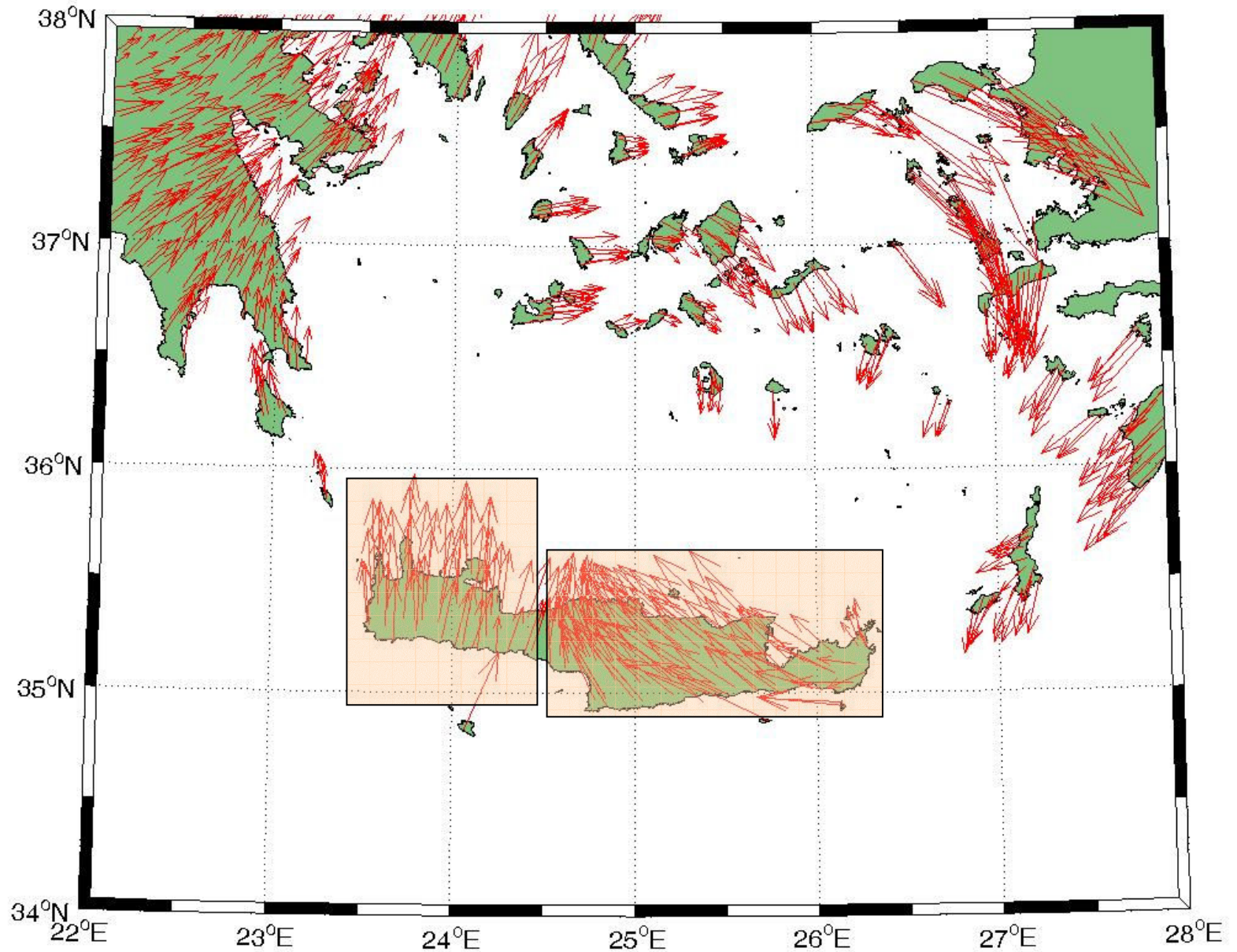
ΤΕ.ΒΟ ΑΠΘ, ΗΕΡΟΣ

(3)



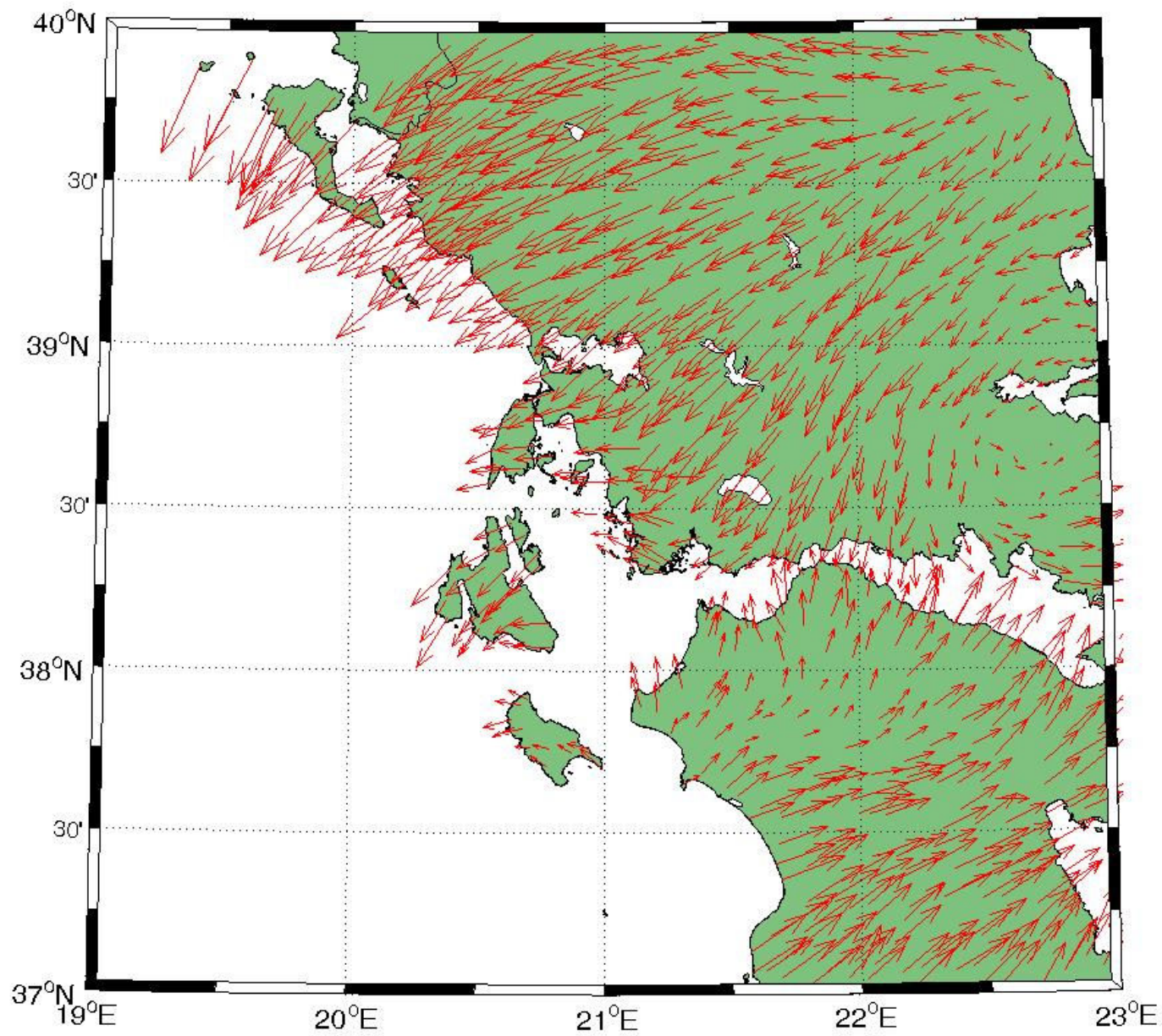
ΤΕ.ΒΟ ΑΠΘ, ΗΕΡΟΣ

(4)



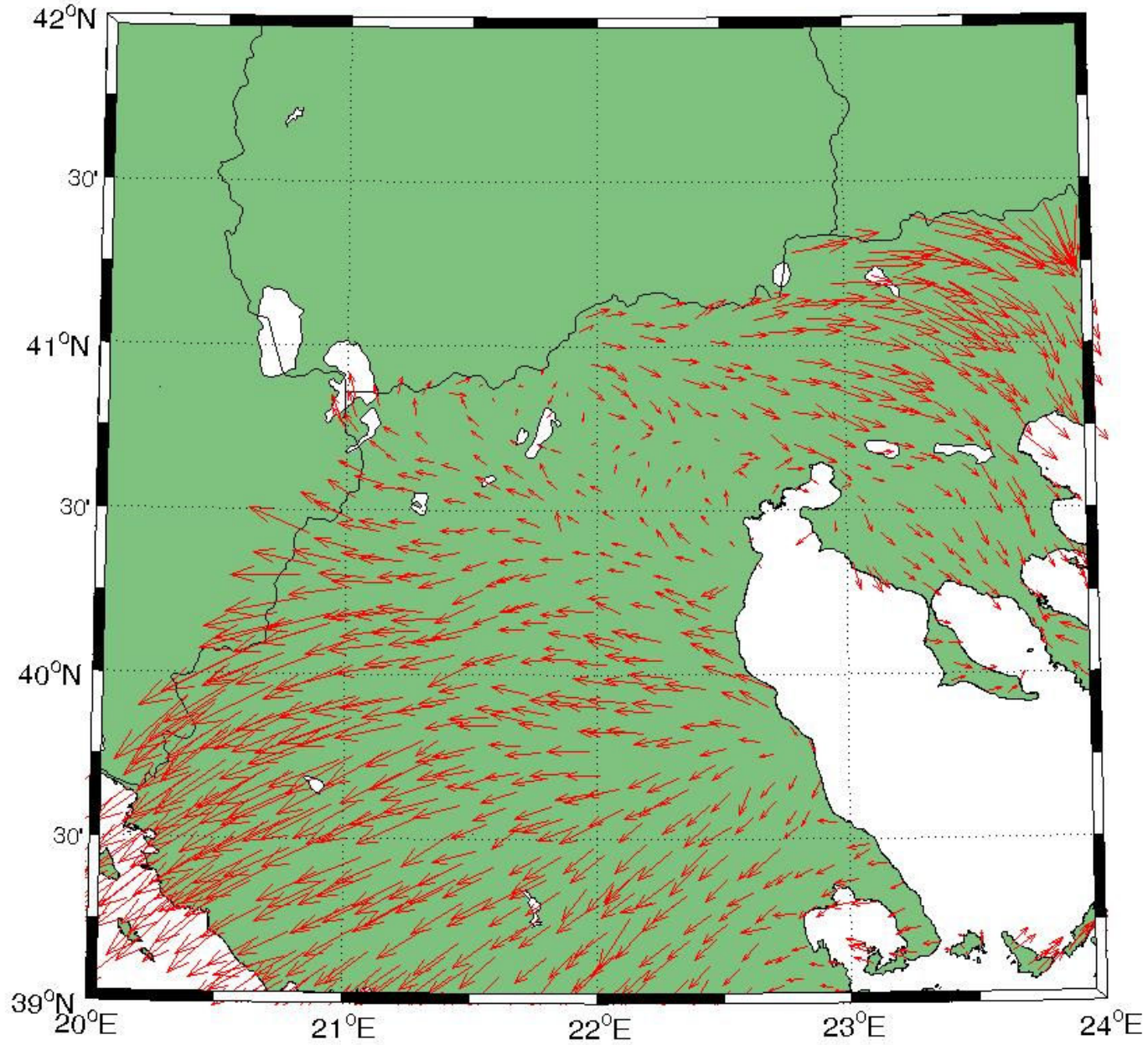
ΤΕ.ΒΟ ΑΠΘ, ΗΕΡΟΣ

(5)



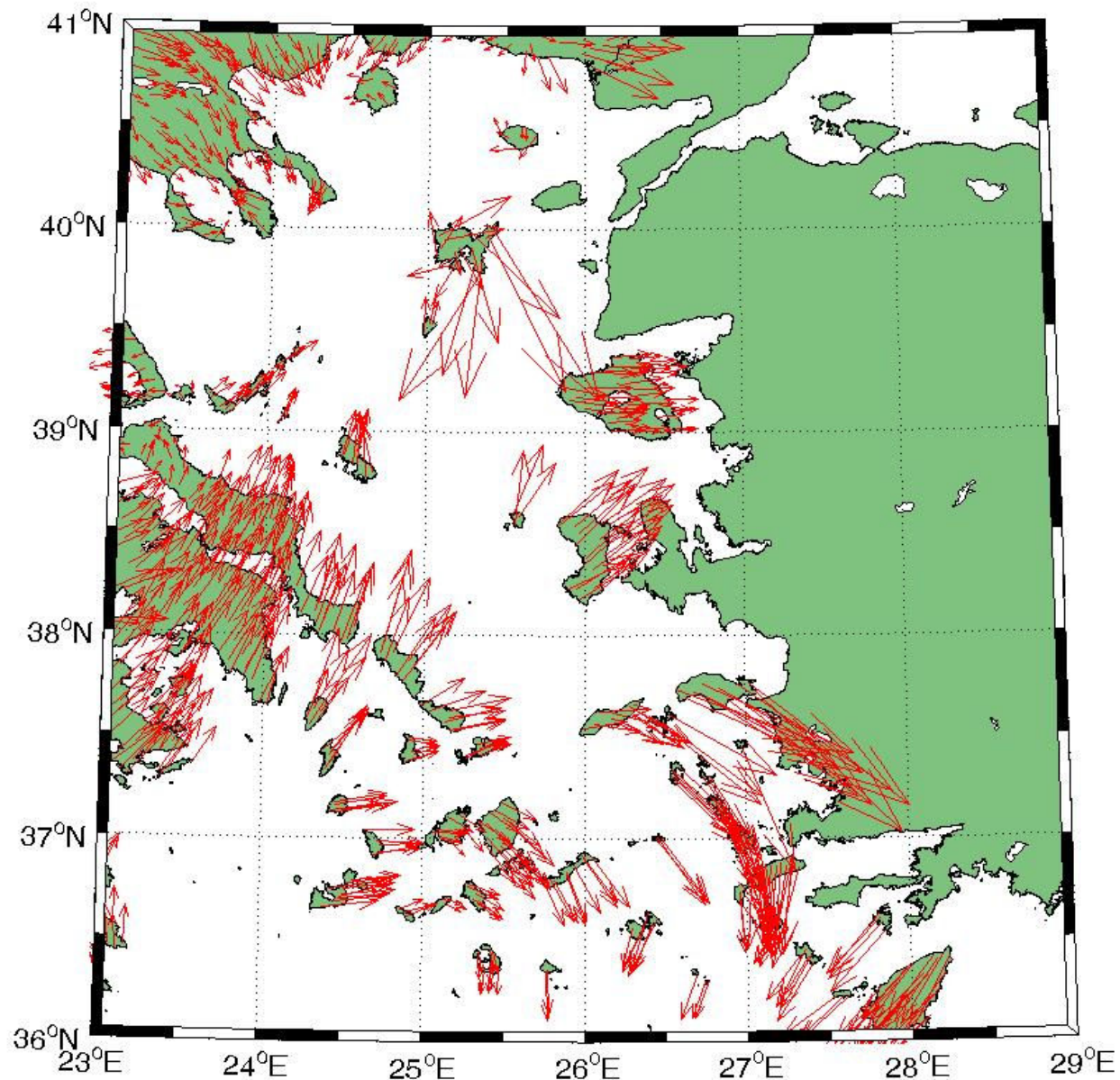
ΤΕ.ΒΟ ΑΠΘ, ΗΕΡΟΣ

(6)



ΤΕ.ΒΟ ΑΠΘ, ΗΕΡΟΣ

(7)



ΤΕ.ΒΟ ΑΠΘ, ΗΕΡΟΣ

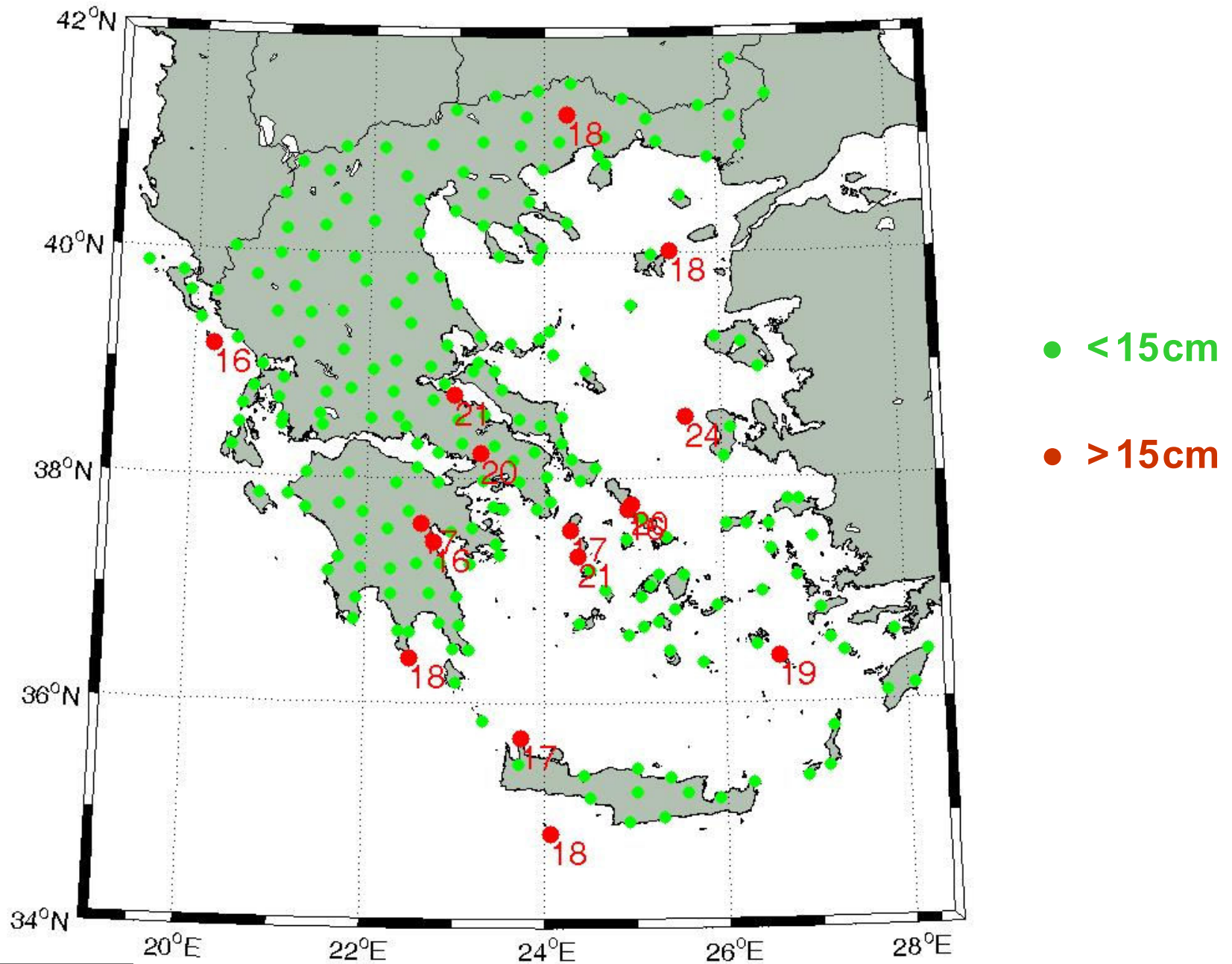
Αξιολόγηση ακρίβειας του μοντέλου μετασχηματισμού

Στατιστικά στοιχεία για το μέγεθος
του 'οριζοντιογραφικού σφάλματος' δr
κατά τον πλήρη μετασχηματισμό HTRS07 \rightarrow ΕΓΣΑ87

	Max	Min	Mean	RMS
Δίκτυο 2199 κοινών σημείων (internal validation)	0.049	0.000	0.007	0.008
Δίκτυο 231 κοινών σημείων (cross validation)	0.244	0.006	0.068	0.082

(*) όλες οι τιμές σε m

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



TE. BO APΘ, HEPOS