

# Η ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΗ ΑΛΤΙΜΕΤΡΙΑ ΩΣ ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΟ ΕΡΓΑΛΕΙΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΤΟΥ ΘΑΛΑΣΣΙΟΥ ΓΕΩΕΙΔΟΥΣ. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΟΝ ΕΛΛΑΔΙΚΟ ΘΑΛΑΣΣΙΟ ΧΩΡΟ.

Υ.Δ. Ι.Μιντουράκης  
Σχολή Αγρονόμων & Τοπογράφων Μηχανικών  
Ε.Μ.Π



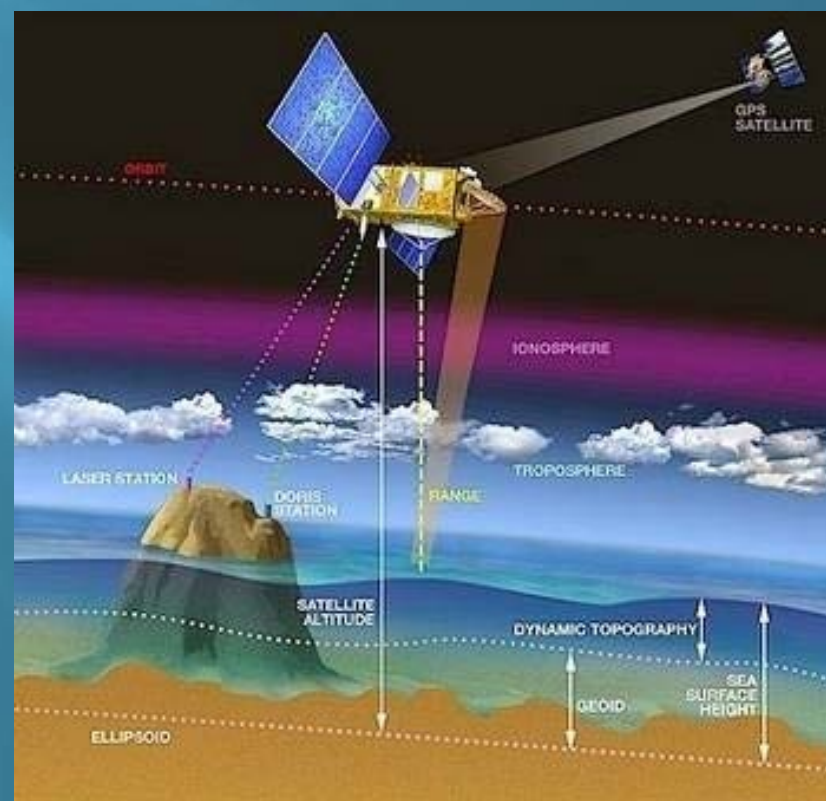
# Η Δορυφορική Αλτιμετρία ως Γεωδαιτικό εργαλείο

## □ Τι είναι η δορυφορική αλτιμετρία

Η δορυφορική αλτιμετρία αφορά τη μέτρηση της απόστασης ενός δορυφόρου από τη στάθμη της θάλασσας με τη χρήση ενός RADAR ή LASER αλτιμέτρου. Η απόσταση αυτή συνδυασμένη με τον προσδιορισμό της θέσης του δορυφόρου με μεγάλη ακρίβεια (GPS, DORIS, SLR) οδηγεί σε παρατηρήσεις της στάθμης της θάλασσας ως προς κάποιο ελλειψοειδές αναφοράς.

$$\text{Range} = \frac{t \cdot c}{2}$$

$$\text{SSH} = h_{\text{satellite}} - \text{Range}$$

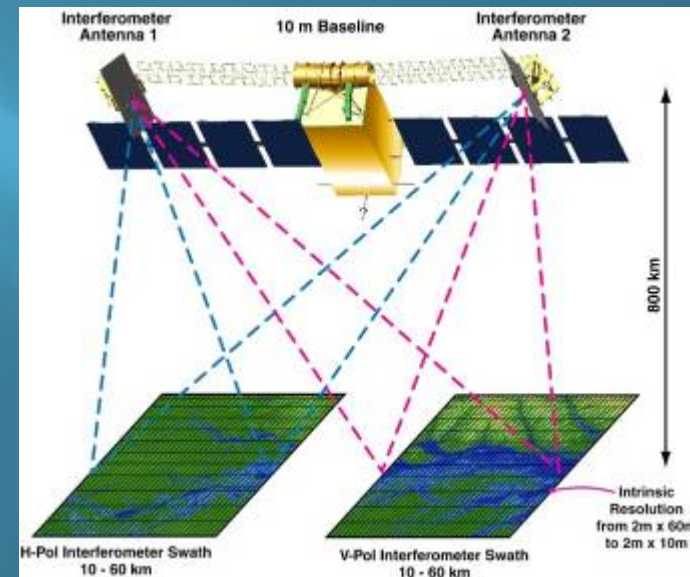
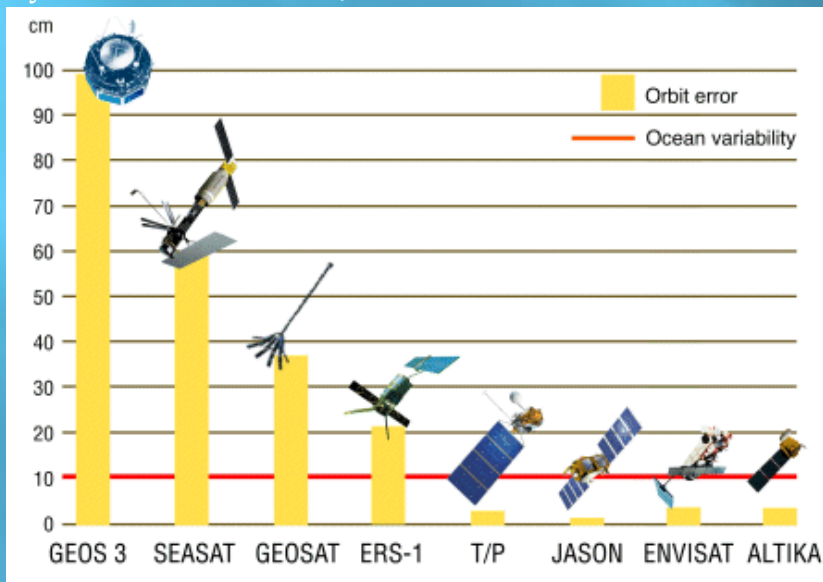


## ▣ Αλτιμετρικές αποστολές: παρελθόν παρόν & μέλλον

Παρούσες αλτιμετρικές αποστολές σε εξέλιξη:  
Jason-1&2, ERS-2, Envisat

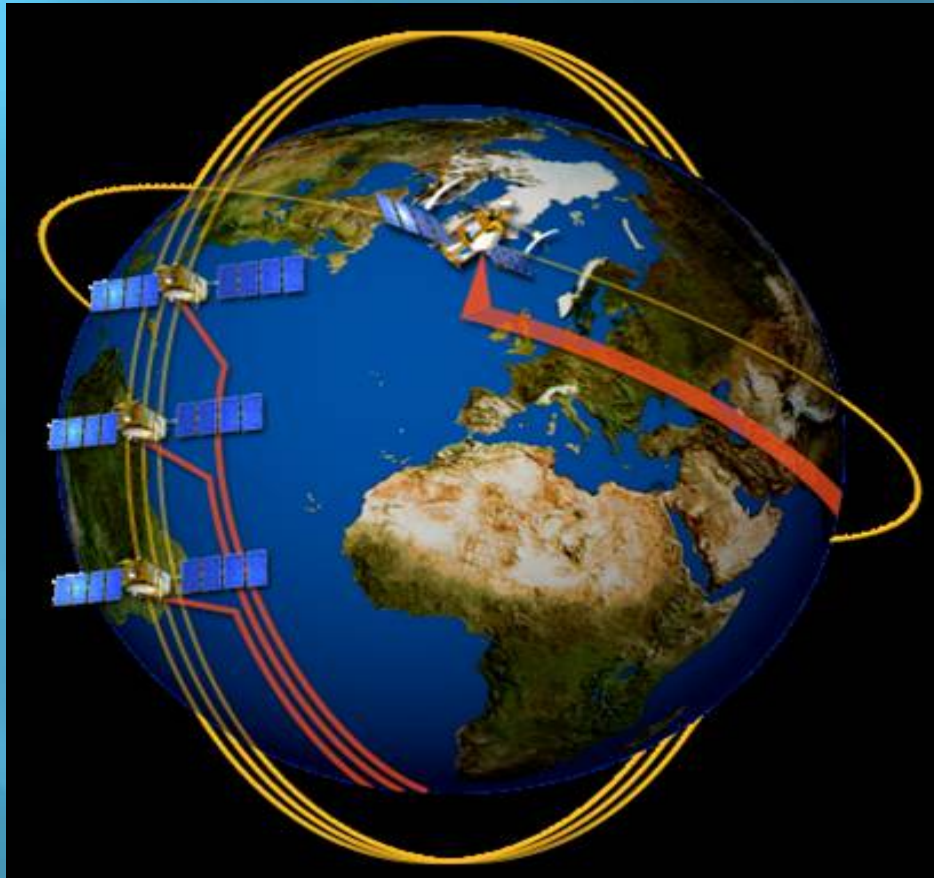
& πλήθος παρατηρήσεων παρελθόντων αποστολών:  
Geosat, ERS-1, Topex/Poseidon, GFO, ICESat

Μελλοντικά σχεδιάζεται η υλοποίηση αλτιμετρικών αποστολών:  
Cryosat, Saral, HY-2, Jason-3, ALTIKA, Sentinel-3, SWOT



Κύριο χαρακτηριστικό στην εξέλιξη της αλτιμετρίας είναι η βελτίωση στην ακρίβεια των παρατηρήσεων αλλά και η εισαγωγή νέων τεχνολογιών (RADAR συμβολομετρίας & συνθετικού διαφράγματος) όπως και δημιουργία ‘αστερισμών’ αλτιμετρικών αποστολών.

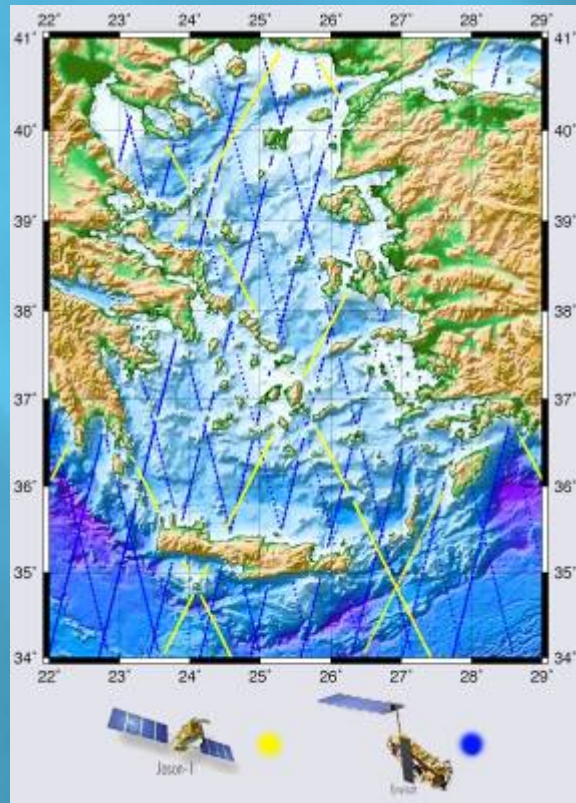
Ι.Μιντουράκης, Σχολή Αγρονόμων &  
Τοπογράφων Μηχανικών Ε.Μ.Π.



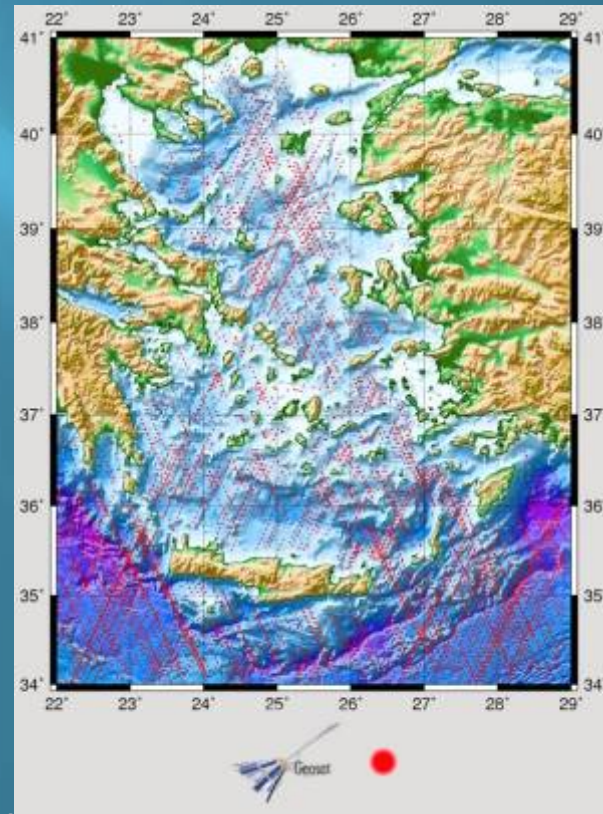
## ▣ Αλτιμετρικές αποστολές: επιδιωκόμενα αποτελέσματα & τροχιακά χαρακτηριστικά

Οι αλτιμετρικές αποστολές μπορούν να χωριστούν σε δύο κύριες κατηγορίες, τις ακριβώς επαναληπτικές αποστολές (**Exact Repeat Mission**) και τις γεωδαιτικές αποστολές (**Geodetic Mission**). Τα επιδιωκόμενα αποτελέσματα (περίοδος, γεωγραφική κάλυψη κλπ) κάθε αλτιμετρικής αποστολής καθορίζουν τα τροχιακά χαρακτηριστικά της, όπως την εκκεντρότητα, την κλίση και το ύψος της τροχιάς.

Exact  
Repeat  
Mission



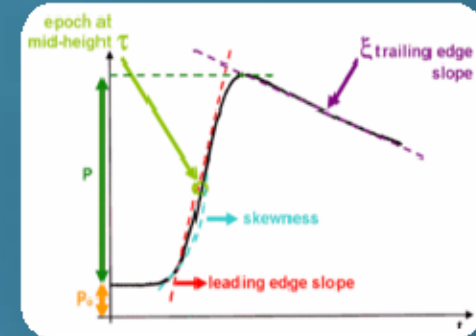
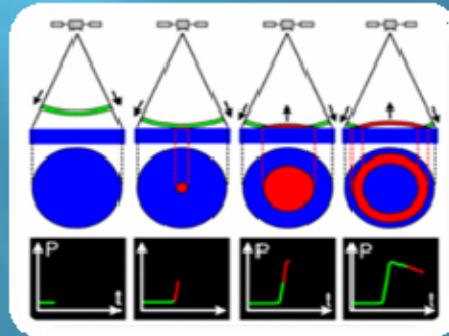
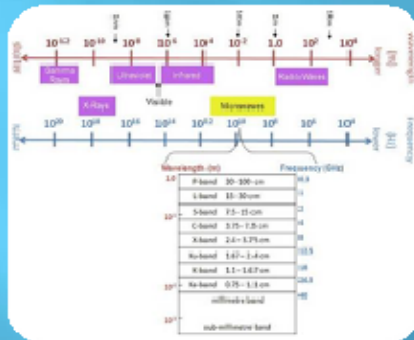
Geodetic  
Mission



Ι.Μιντουράκης, Σχολή Αγρονομων &  
Τοπογράφων Μηχανικών Ε.Μ.Π.

## ▣ Λειτουργία του αλιμέτρου

Το αλιόμετρο του δορυφόρου εκπέμπει ηλεκτρομαγνητικούς παλμούς σε πολύ μεγάλη συχνότητα οι οποίοι ανακλώνται στην επιφάνεια της θάλασσας και μέρος της ισχύς τους επιστρέφει στο δορυφόρο.



Κύριες συχνότητες αλιμέτρων

Διαδοχικά στάδια της ανάκλασης ενός παλμού

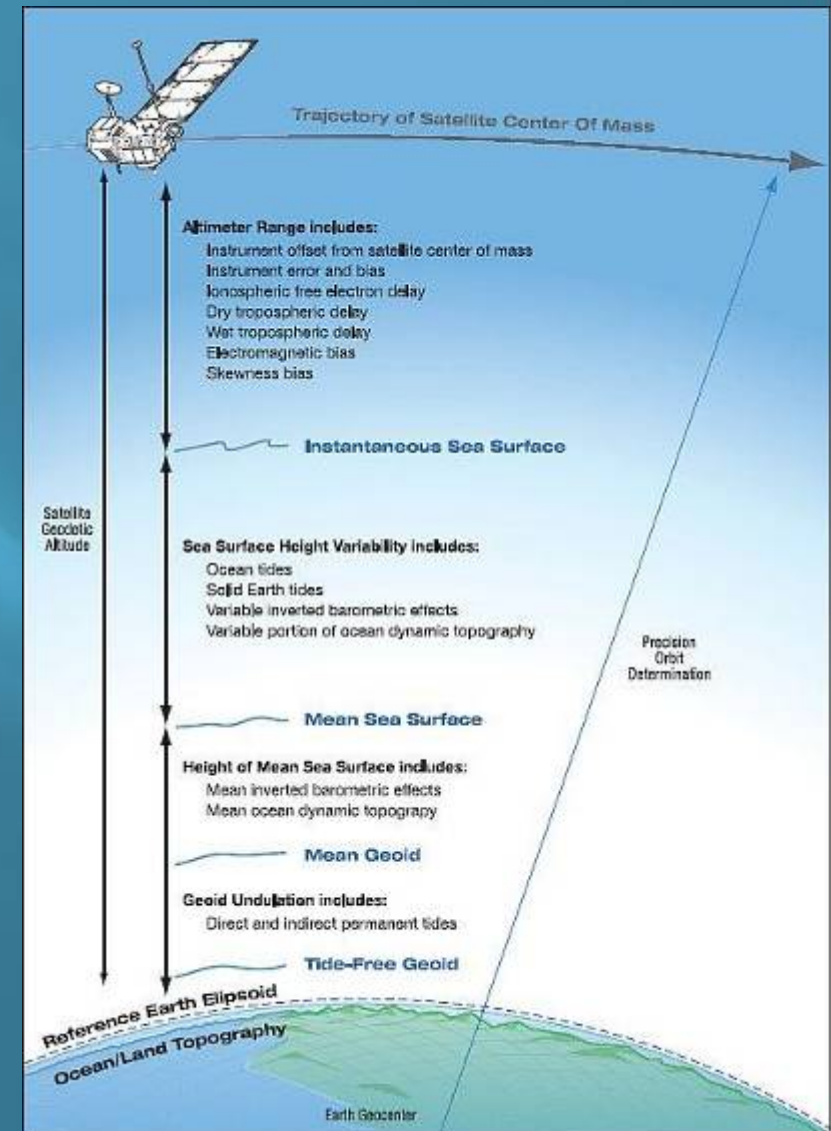
Χαρακτηριστικά επιστρεφόμενου παλμού σε διάγραμμα χρόνου - ισχύος

## ▣ Αρχές μέτρησης της δορυφορικής αλτιμετρίας

- Φαινόμενα τα οποία επηρεάζουν τις αλτιμετρικές παρατηρήσεις

Οι αλτιμετρικές παρατηρήσεις επηρεάζονται από ένα πλήθος σφαλμάτων και φαινομένων τα οποία θα πρέπει να αναλυθούν, παραμετροποιηθούν και να εξαλειφθούν.

- σφάλματα γεωμετρίας εκπομπής/στόχευσης παλμού
- ατμοσφαιρικές διορθώσεις (τροποσφαιρικές, ιονοσφαιρικές)
- δυναμικά φαινόμενα που επηρεάζουν τη στάθμη της θάλασσας (παλίρροια, ατμοσφαιρική πίεση).



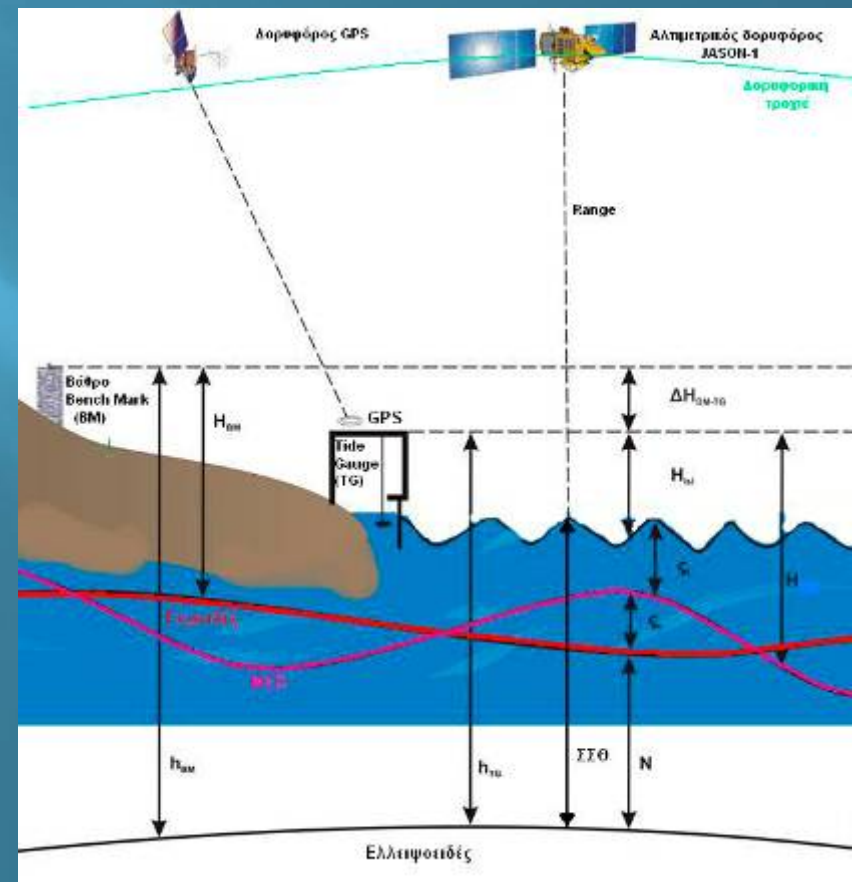
## □ Δορυφορική αλτιμετρία και προσδιορισμός του γεωειδούς

- Στιγμαιαία Στάθμη Θάλασσας (ΣΣΘ), Μέση Στάθμη Θάλασσας (ΜΣΘ), Μέση Δυναμική Ωκεάνια Τοπογραφία (ΜΔΩΤ) και θαλάσσιο γεωειδές

Το γεωειδές προσεγγίζεται σε μεγάλο βαθμό από τη ΜΣΘ αλλά οι δύο αυτές επιφάνειες απέχουν μεταξύ τους  $\pm 1\text{m}$  σε παγκόσμιο επίπεδο.

$$N = M\sigma\Theta - s_c$$

Η αποχή αυτή  $s_c$  αντιστοιχεί στη **Μέση Δυναμική Ωκεάνια Τοπογραφία (ΜΔΩΤ)** η οποία σχετίζεται με δυναμικά ωκεάνια φαινόμενα (αλατότητα, θερμοκρασία, ρεύματα κλπ).

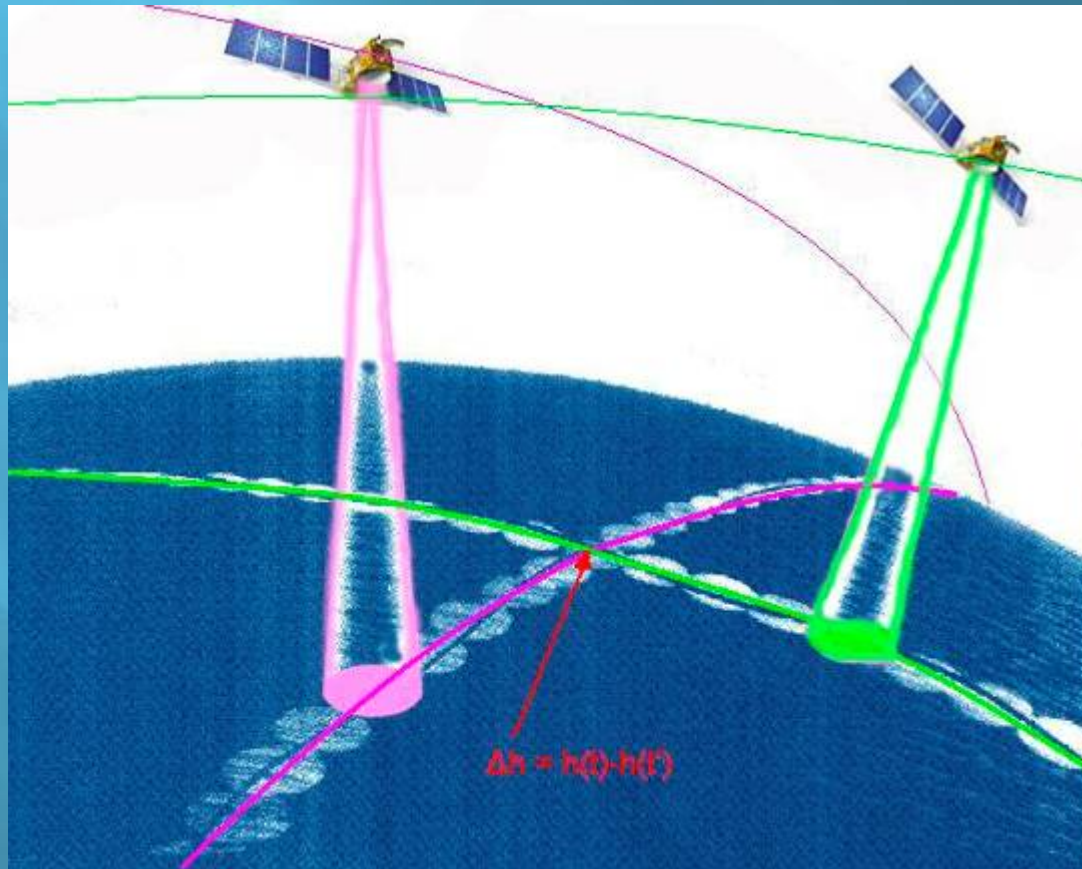




## ▣ Δορυφορική αλτιμετρία και προσδιορισμός του γεωειδούς

- Απαλοιφή διαχρονικών διακυμάνσεων – προσέγγιση ΜΣΘ

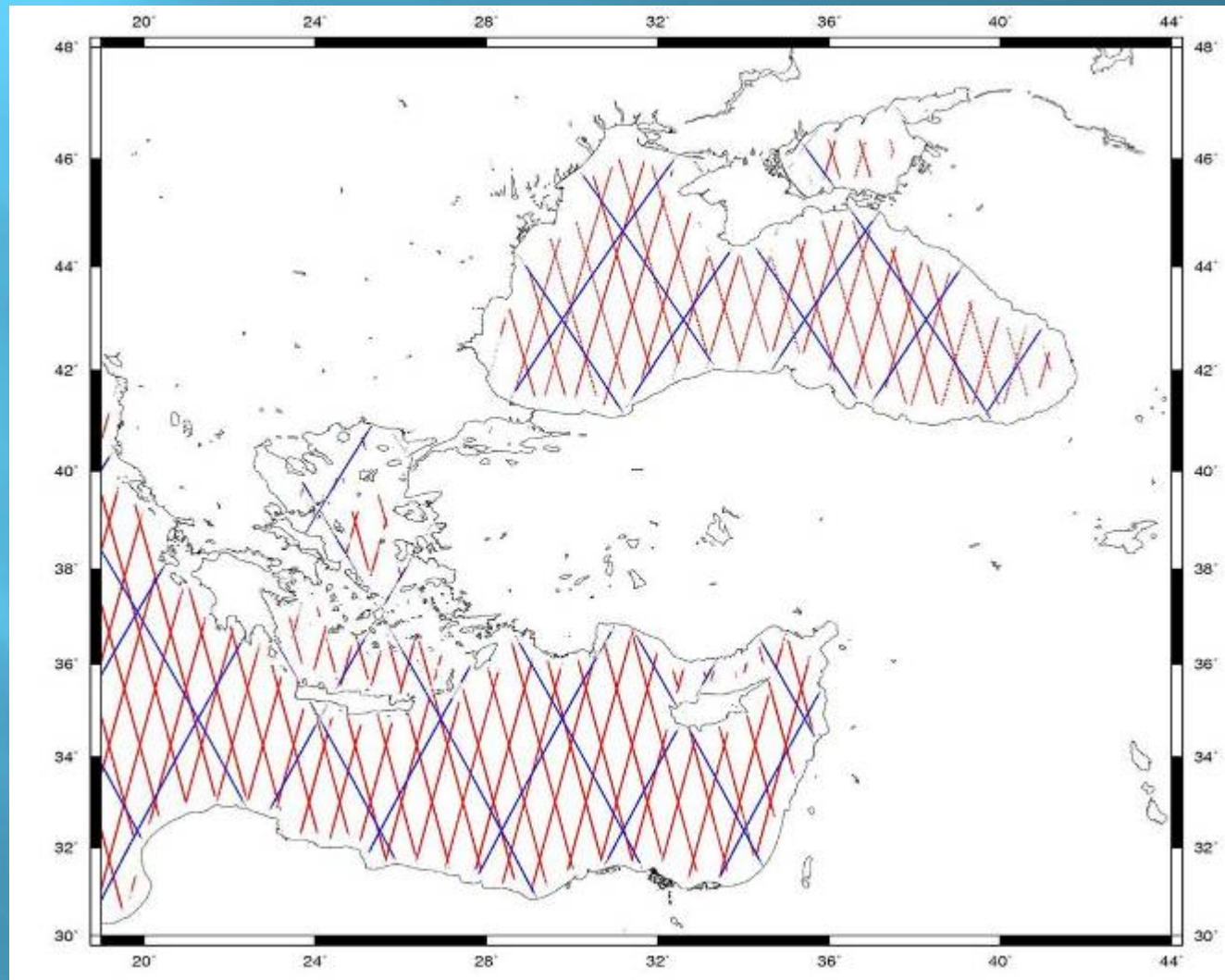
Μεταξύ δύο διαφορετικών χρονικά παρατηρήσεων της ΣΣΘ για το ίδιο σημείο παρατηρούνται διαφορές οι οποίες οφείλονται σε δυναμικά φαινόμενα και υπολειπόμενα σφάλματα στις παρατηρήσεις.



Ι.Μιντουράκης, Σχολή Αγρονόμων &  
Τοπογράφων Μηχανικών Ε.Μ.Π.

Προκειμένου να προσεγγιστεί η ΜΣΘ από παρατηρήσεις ΣΣΘ της αλτιμετρίας θα πρέπει να παραμετροποιηθούν & να ελαχιστοποιηθούν οι παραπάνω διαφορές.

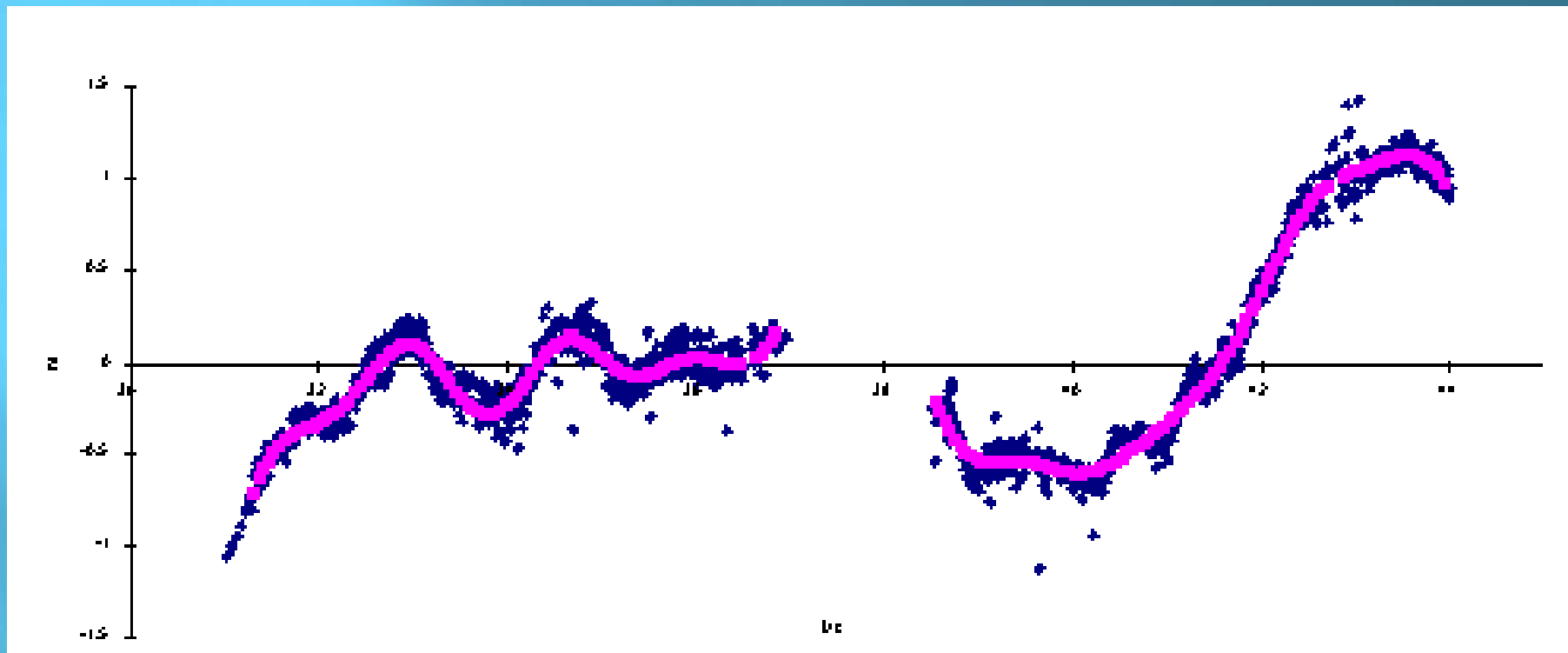
### Συνόρθωση στις διασταυρώσεις των τροχιακών ιχνών (cross over adjustment)



Ι.Μιντουράκης, Σχολή Αγρονόμων &  
Τοπογράφων Μηχανικών Ε.Μ.Π.

Προκειμένου να προσεγγιστεί η ΜΣΘ από παρατηρήσεις ΣΣΘ της αλτιμετρίας θα πρέπει να παραμετροποιηθούν & να ελαχιστοποιηθούν οι παραπάνω διαφορές.

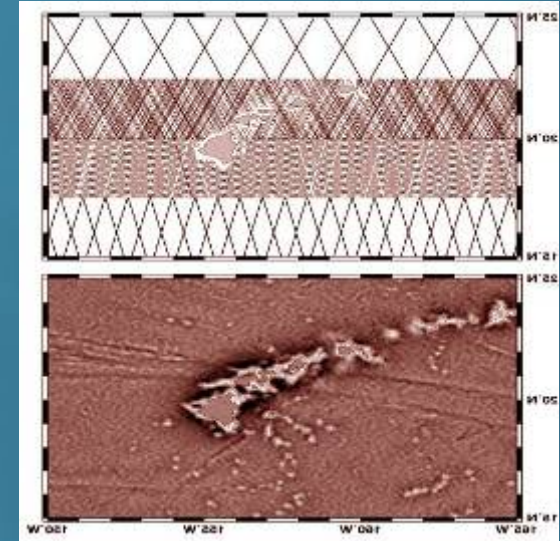
### Μεθοδολογία της ενοποίησης (stacking procedure).



## ▣ Δορυφορική αλτιμετρία και προσδιορισμός του γεωειδούς

- Αλτιμετρικό γεωειδές & θαλάσσιο γεωειδές

Η αξιοποίηση του πλήθους αλτιμετρικών αποστολών μέσα από μια διαδικασία κοινής συνόρθωσης όλων των αλτιμετρικών παρατηρήσεων μπορεί να αποδώσει μοντέλα αλτιμετρικού 'γεωειδούς' υψηλής ανάλυσης και ακρίβειας για το θαλάσσιο χώρο. Ουσιαστικά το αλτιμετρικό 'γεωειδές' αναπαριστά τη ΜΣΘ και μόνο σε συνδυασμό με τη γνώση της ΜΔΩΤ  $s_c$  μπορεί να αποδώσει μια αυστηρή προσέγγιση του γεωειδούς στο θαλάσσιο χώρο.



Η τιμή της  $s_c$  μπορεί να προσδιοριστεί:

- άμεσα μέσα από ωκεανογραφικές παρατηρήσεις (αλατότητας, θερμοκρασίας, πυκνότητας, ταχύτητας ρευμάτων & ανέμων, ατμοσφαιρικής πίεσης) και περίπλοκα ωκεανογραφικά μοντέλα (όπως το Princeton Oceanographic Model - POM). Προϋποθέτει συνεχή και σε βάθος χρόνου ύπαρξη ωκεανογραφικών παρατηρήσεων.
- έμμεσα μέσα από τη γνώση ενός βαρυτημετρικού μοντέλου γεωειδούς (το οποίο έχει προέλθει από παρατηρήσεις βαρύτητας) μέσα από τον υπολογισμό της διαφοράς αλτιμετρικού 'γεωειδούς' και βαρυτημετρικού γεωειδούς,  $s_c = N^{alt} - N^{grav}$ . Προϋποθέτει επαρκή & ομοιόμορφη γεωγραφική κάλυψη με ομογενή (ίδιας ποιότητας και ακρίβειας) δεδομένα.

# Εφαρμογή στον Ελλαδικό θαλάσσιο χώρο

## ▣ Σκοπός της μελέτης

Σκοπός της μελέτης είναι η προσέγγιση της ΜΣΘ & του θαλάσσιου γεωειδούς στον Ελλαδικό χώρο. Η γνώση της ΜΣΘ & του θαλάσσιου γεωειδούς με υψηλή ακρίβεια μπορεί να συνδράμει σε θέματα:

- Γεωδαιτικού ενδιαφέροντος, όπως στην ενοποίηση του πλήθους των ανεξάρτητων κατακόρυφων Datum του νησιωτικού χώρου, στη σύνδεση παλιρροιογράφων τόσο στον ηπειρωτικό κορμό όσο και στο νησιωτικό χώρο,
- Ωκεανογραφικού ενδιαφέροντος, πχ. ως επιφάνεια αναφοράς αλτιμετρικών παρατηρήσεων και εξαγωγή πληροφορίας στις μεταβολές της θαλάσσιας τοπογραφίας  $s = SSH^{alt} - N$  με ενσωμάτωση της νέας πληροφορίας σε υπολογιστικά μοντέλα (assimilation).
- Γεωφυσικού ενδιαφέροντος μέσα από την μελέτη του πεδίου τιμών ανωμαλιών βαρύτητας

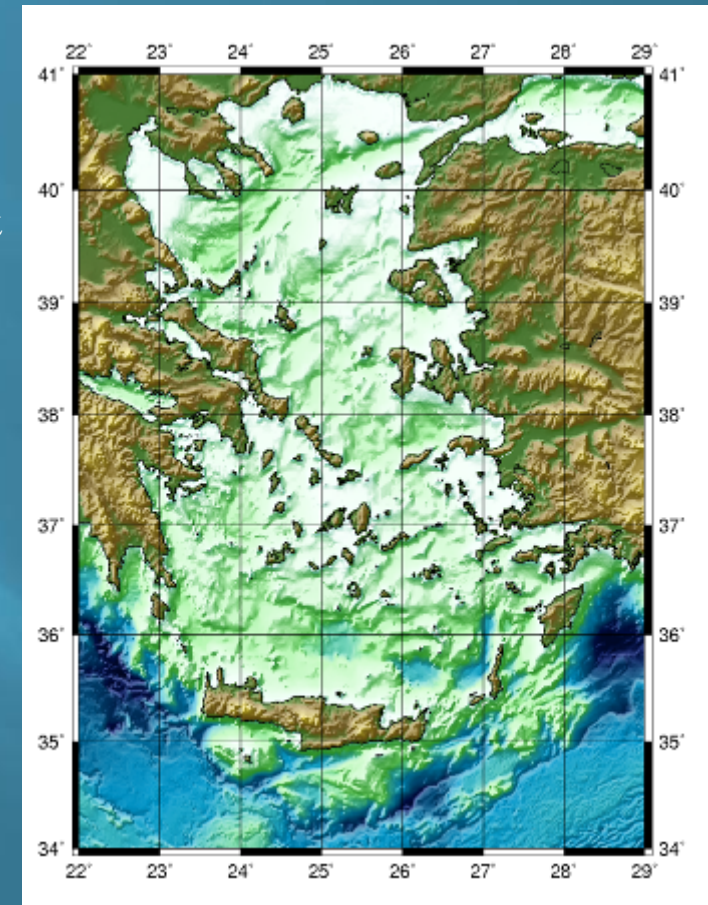
## ▣ Ιδιαιτερότητες της περιοχής μελέτης

Χαρακτηριστικά περιοχής μελέτης

- πλήθος από νησιά και βραχονησίδες
- τρεις κύριες λεκάνες (Β.Αιγαίο, μεταξύ Κυκλάδων & Κρήτης και Νότια της Κρήτης)
- ρεύματα μικρού γεωγραφικού αναπτύγματος.

Αποτέλεσμα:

- Οι αλιμετρικές παρατηρήσεις κυριαρχούνται από έντονο θόρυβο στο παράκτιο περιβάλλον.
- Επιβάλλεται η μελέτη της συμπεριφοράς των παρατηρήσεων σε σχέση με τις ακτές και η προσεκτική επεξεργασία των αλιμετρικών δεδομένων.



## ▣ Δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στη μελέτη

### ▣ Δεδομένα για τη δημιουργία των μοντέλων ΜΣΘ & θαλάσσιου γεωειδούς

#### ➤ 4 Αλτιμετρικές αποστολές:

1. Jason-1 (Ιαν. 2002 έως και Σεπ. 2009)
2. EnviSat (Οκτ. του 2002 έως και τον Αυγ. 2009)
3. Geosat Geodetic Mission (30 Μαρτίου του 1985 έως και τις 30 Σεπτεμβρίου 1986)
4. ICESat (22 Φεβ. 2003 έως και 22 Ιουν. 2005)

#### ➤ Ωκεανογραφικά δεδομένα:

1. Μέσες μηνιαίες τιμές 10 παλιρροιογράφων (Ιαν. 2002 έως και Δεκ. 2009)
2. POSEIDON II POM SSH 6ωρες λύσεις (Ιαν. 2008 έως και Δεκ. 2009)

#### ➤ Βαθυμετρικά & Υψομετρικά δεδομένα:

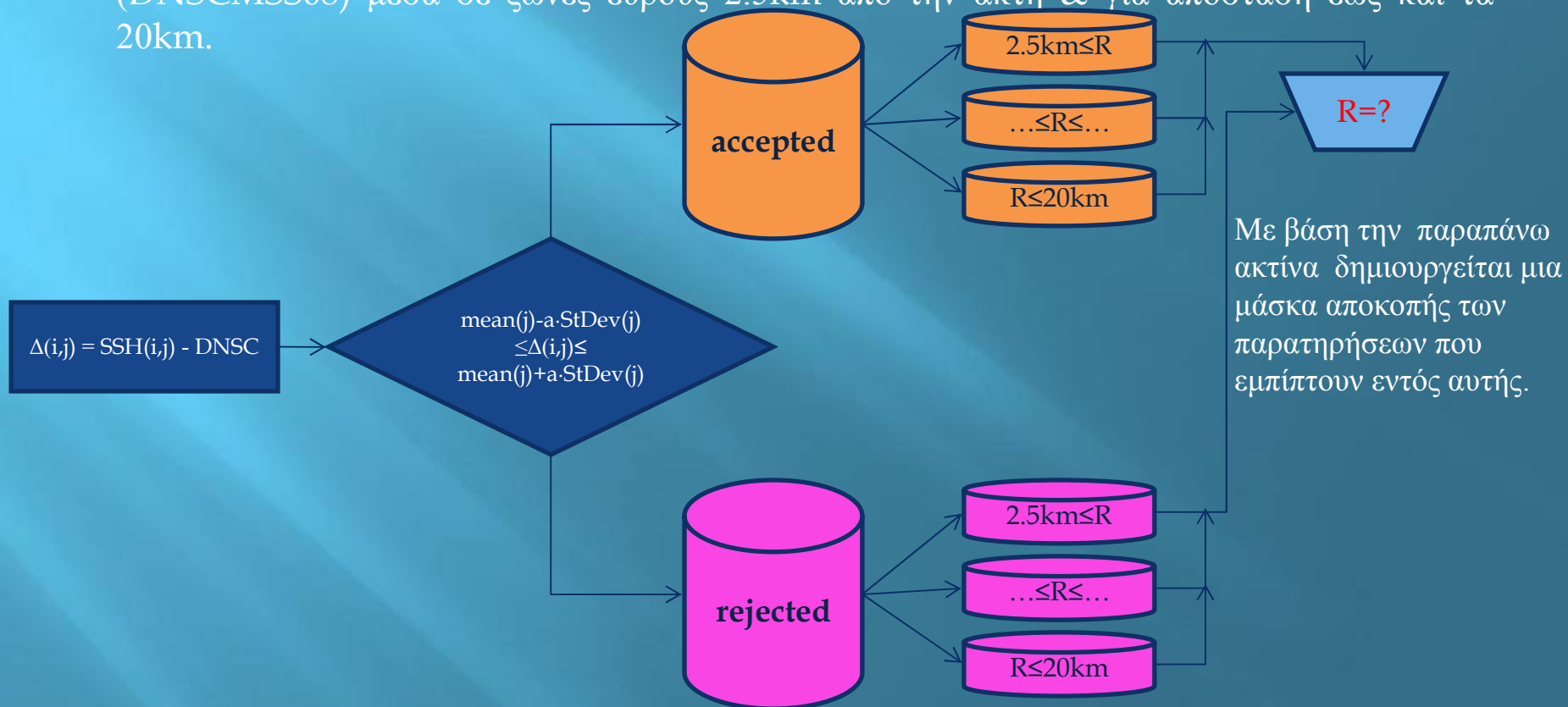
1. ASTER30 DTM, Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους ανάλυσης 1"  $\approx$  30m
2. IFREMER MEDIMAP, Ψηφιακό Μοντέλο Βαθυμετρίας από ηχοβολιστικά πολλαπλής δέσμης (multibeam sonar) ανάλυσης 1000μ
3. SRTM30 Bathymetry Ψηφιακό Μοντέλο Βαθυμετρίας από συλλογές δεδομένων ανάλυσης 30"  $\approx$  1000m

### ▣ Δεδομένα ελέγχου των μοντέλων

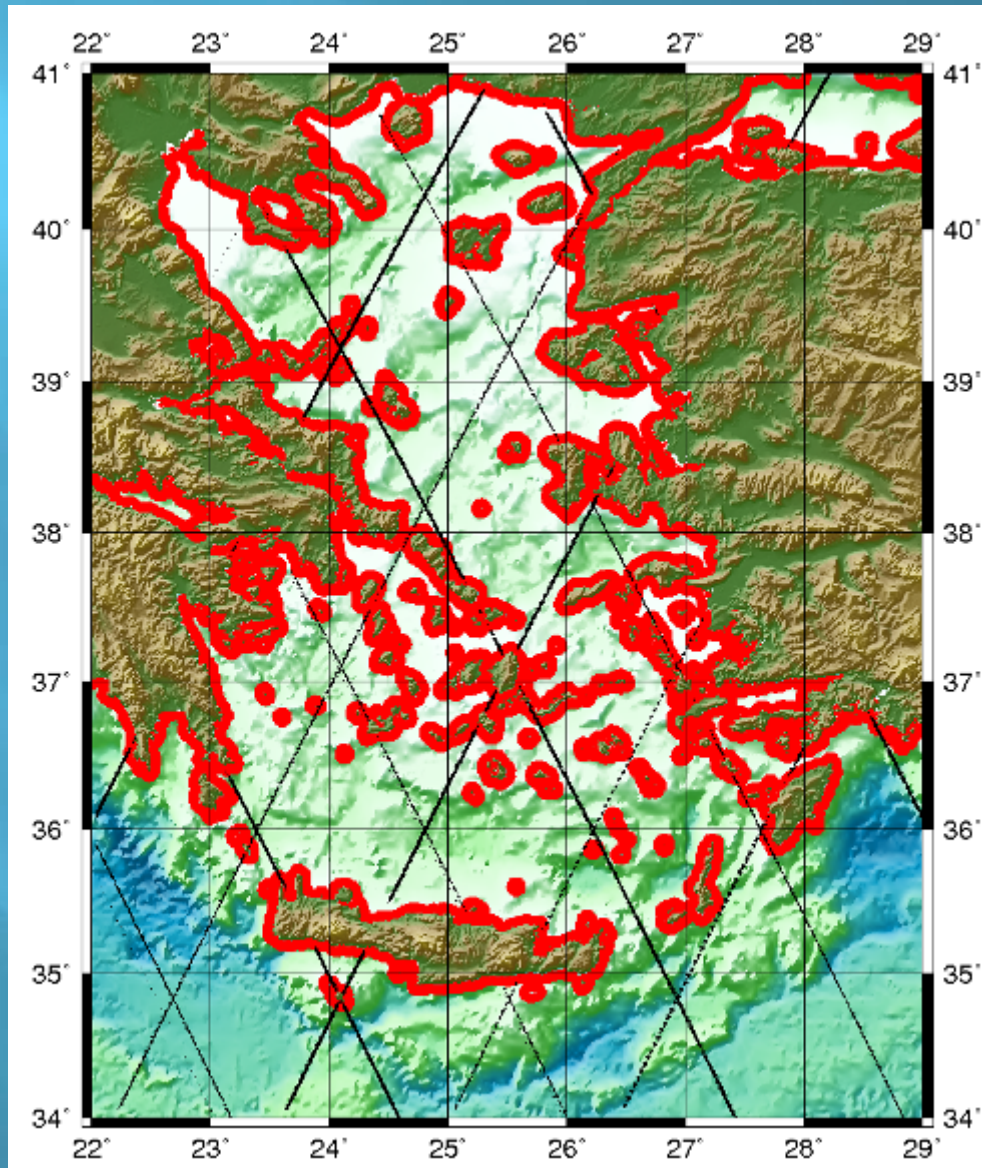
1. Marine GPS, Αλτιμετρικά δεδομένα από πλωτά GPS
2. GPS/leveling points, γεωμετρικά GPS/ορθομετρικά υψόμετρα σε βάθρα
3. Danish National Space Center Mean Sea Surface model 2008 (DNSCMSS08)
4. Earth Gravity Model 2008 (EGM08)

## ▣ Μεθοδολογία επεξεργασίας αλιμετρικών παρατηρήσεων

Προκειμένου να μελετηθεί η συμπεριφορά των αλιμετρικών αποστολών με RADAR αλτίμετρο (Jason-1, Envisat, Geosat) πραγματοποιήθηκαν συγκρίσεις των διαφορών των παρατηρήσεων ΣΣΘ σε σχέση με ένα μοντέλο υψηλής ακρίβειας & ανάλυσης (DNSCMSS08) μέσα σε ζώνες εύρους 2.5km από την ακτή & για απόσταση έως και τα 20km.







## ▣ Μεθοδολογία ομογενοποίησης & συνόρθωσης αλτιμετρικών παρατηρήσεων

Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκε μια σύνθετη μεθοδολογία ομογενοποίησης των αλτιμετρικών αποστολών:

1. **Ενοποίηση** (stacking) των δεδομένων της μεγαλύτερης σε χρονική διάρκεια αποστολής (Jason-1) - αποστολή αναφοράς.

2. **Υπολογισμός των διαφορών στις διασταυρώσεις** των υπόλοιπων αποστολών με την αποστολή αναφοράς και **αφαίρεση** της υπολογιζόμενης διαφοράς.

3. Δημιουργία μιας **Προσεγγιστικής επιφάνειας Μέσης Στάθμης Θάλασσας (ΠΜΣΘ)**.

4. **Αναγωγή** εξ αρχής όλων των αλτιμετρικών παρατηρήσεων με χρήση **ελαχίστων τετραγώνων** και εφαρμογή **πολυωνύμου 2<sup>ου</sup> βαθμού**:

$$\Delta(t,j) = SSH(t,j) - ΠΜΣΘ \quad (\text{διαφορά παρατήρησης})$$

$$\Delta(t,j) = a_j + b_j \cdot t + c_j \cdot t^2 \quad (\text{πολυώνυμο 2ου βαθμού})$$

$$SSH'(t,j) = SSH(t,j) - \Delta(t,j) \quad (\text{αναγωγή})$$

## ▣ Μεθοδολογία ομογενοποίησης & συνόρθωσης αλτιμετρικών παρατηρήσεων

(m)	mean	stdev	min	max	range
Jason-1	-0.0103	0.2657	-25.7347	3.7182	29.4529
ENVIsat	-0.3608	0.3340	-19.4925	3.9927	23.4852
GEOsat	-0.2463	0.1492	-0.9717	2.7124	3.6841
ICESat	-0.1649	0.1680	-1.0000	1.6741	2.6741

Στατιστική συμπεριφορά των διαφορών των καταγραφών ΣΣΘ αλτιμετρικών αποστολών με την επιφάνεια ΠΜΣΘ πριν από κάθε επεξεργασία.

(m)	mean	stdev	min	max	range
Jason-1	-0.0051	0.0472	-0.1939	0.2578	0.4517
ENVIsat	0.0004	0.0524	-0.2017	0.2753	0.4770
GEOsat	0.0000	0.0589	-0.2677	0.2998	0.5675
ICESat	-0.0013	0.0710	-0.6081	0.5812	1.1893

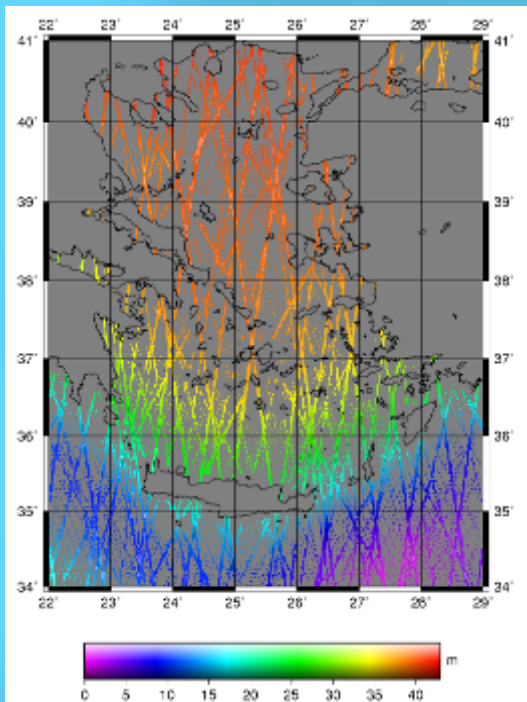
Στατιστική συμπεριφορά των διαφορών των καταγραφών ΣΣΘ αλτιμετρικών αποστολών με την επιφάνεια ΠΜΣΘ μετά από την επεξεργασία και την αναγωγή των διαβάσεων (τελικές ανοιγμένες παρατηρήσεις ΣΣΘ).

## ▣ Δημιουργία αλτιμετρικού μοντέλου ΜΣΘ NTUAMSS10

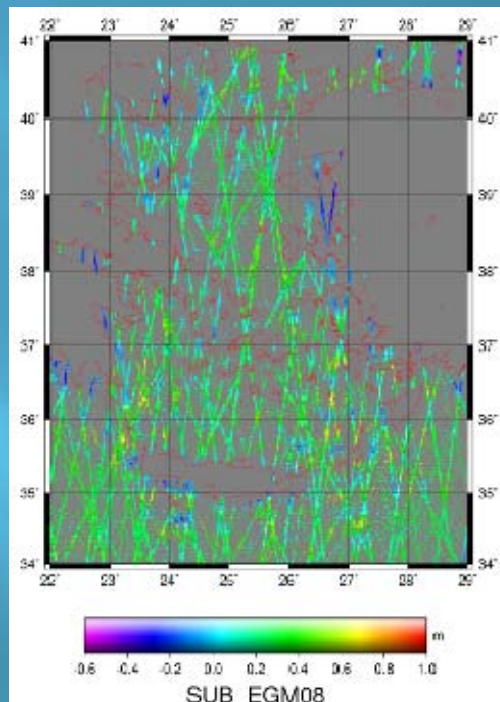
Για τη δημιουργία του αλτιμετρικού μοντέλου ΜΣΘ από τα ομογενοποιημένα και ανοιγμένα αλτιμετρικά δεδομένα θα πρέπει να προβλεφθούν τιμές της ΜΣΘ σε πλέγμα καννάβου για όλη την περιοχή. Η επιθυμητή υψηλή ανάλυση (1' της μοίρας) επιβάλλει μια πιο σύνθετη διαδικασία από απλή παρεμβολή οπότε ακολουθήθηκε μια μεθοδολογία πρόβλεψης τιμών ΜΣΘ αναλύοντας το σήμα της σε επιμέρους τμήματα κατά τα πρότυπα της μεθόδου **αφαίρεσης-υπολογισμού-επαναφοράς (Remove-Compute-Restore RCR)**.

### Ανάλυση σήματος:

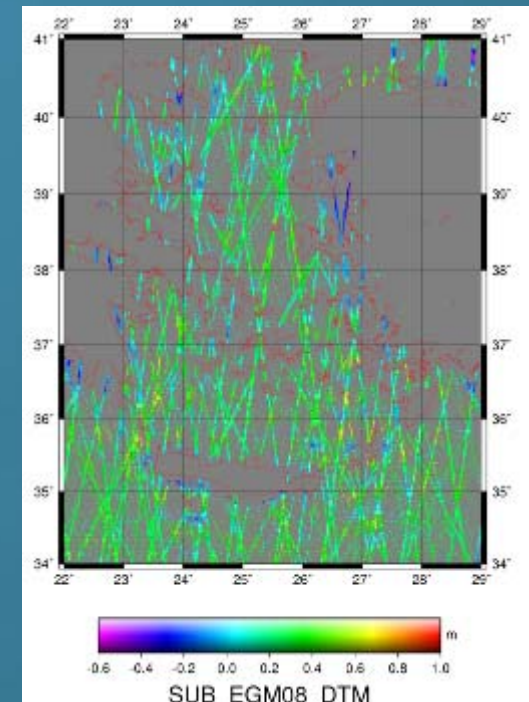
$$\left. \begin{array}{l} M\Sigma\Theta = \text{γεωειδές} + M\Delta\Omega T \\ \text{γεωειδές} = h_{\text{EGM}} + h_{\text{DTM}} + h_{\text{residual}} \end{array} \right\} M\Sigma\Theta = h_{\text{EGM}} + h_{\text{DTM}} + (h_{\text{residual}} + M\Delta\Omega T)$$



-EGM  
part



-DTM  
part



Αφαίρεση:

$$M\Sigma\theta(i) - h_{EGM}(i) - h_{DTM}(i)$$

$$h_{res}(i)$$

Παρεμβολή με χρήση αλγορίθμου επιφάνειας συνεχούς προσαρμοζόμενης τάσης

Φίλτρο αποκοπής υψηλών συχνοτήτων

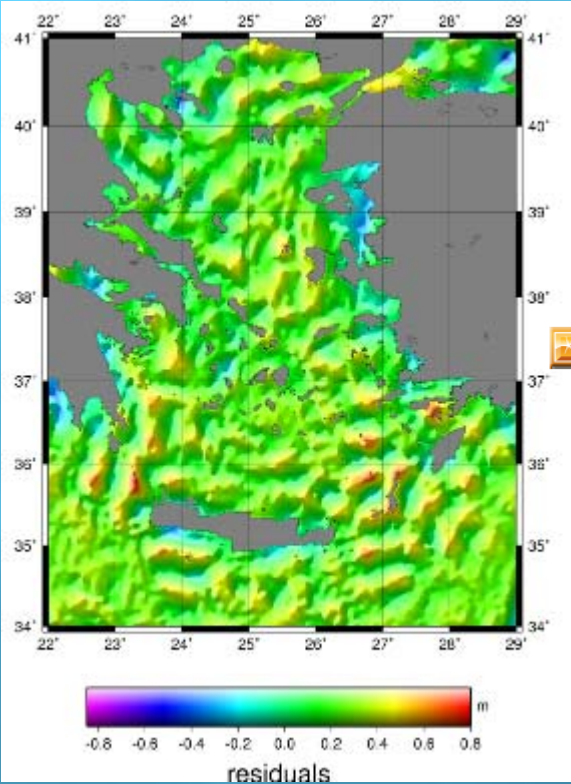
$$h_{res}(grid)$$

Ι.Μιντουράκης, Σχολή Αγρονόμων &  
Τοπογράφων Μηχανικών Ε.Μ.Π.

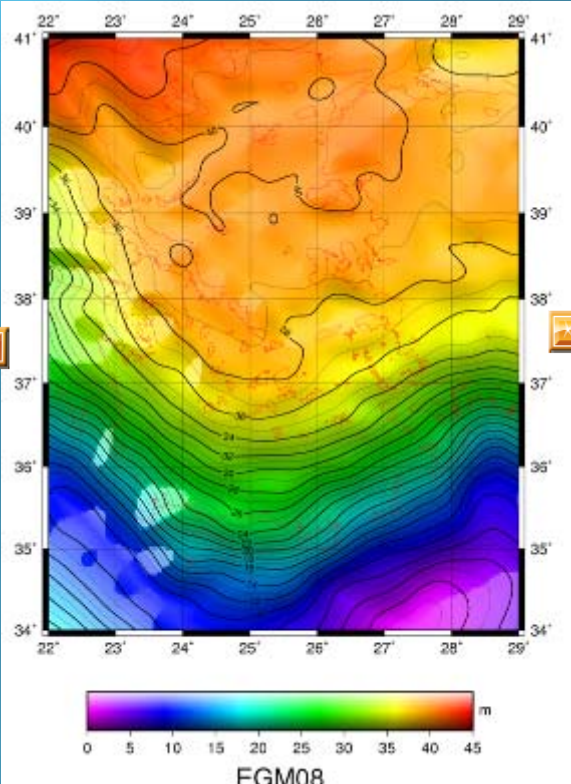


Επιαναφορά:  
**gridded**  
 $M\Sigma\Theta = h_{res} + h_{EGM} + h_{DTM}$

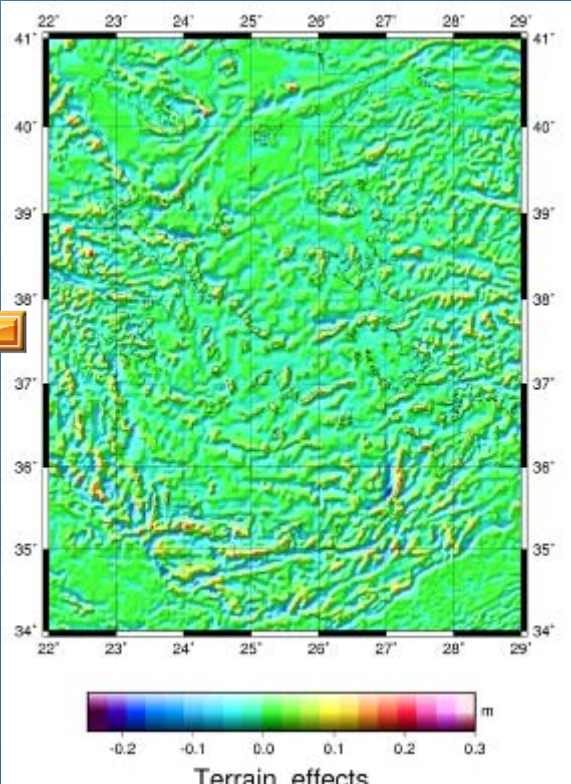
Gridded residual part

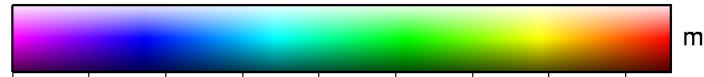
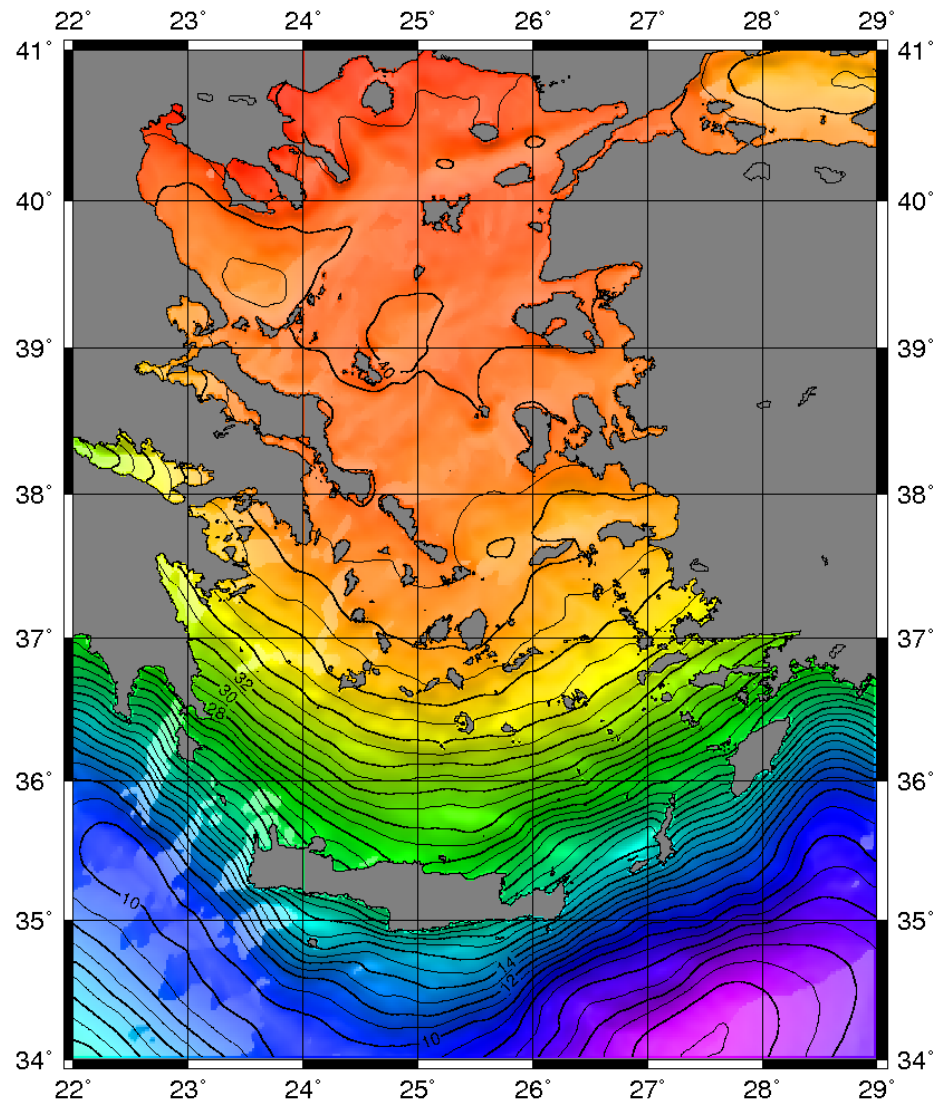


Gridded EGM part



Gridded DTM part





0 5 10 15 20 25 30 35 40

MSS

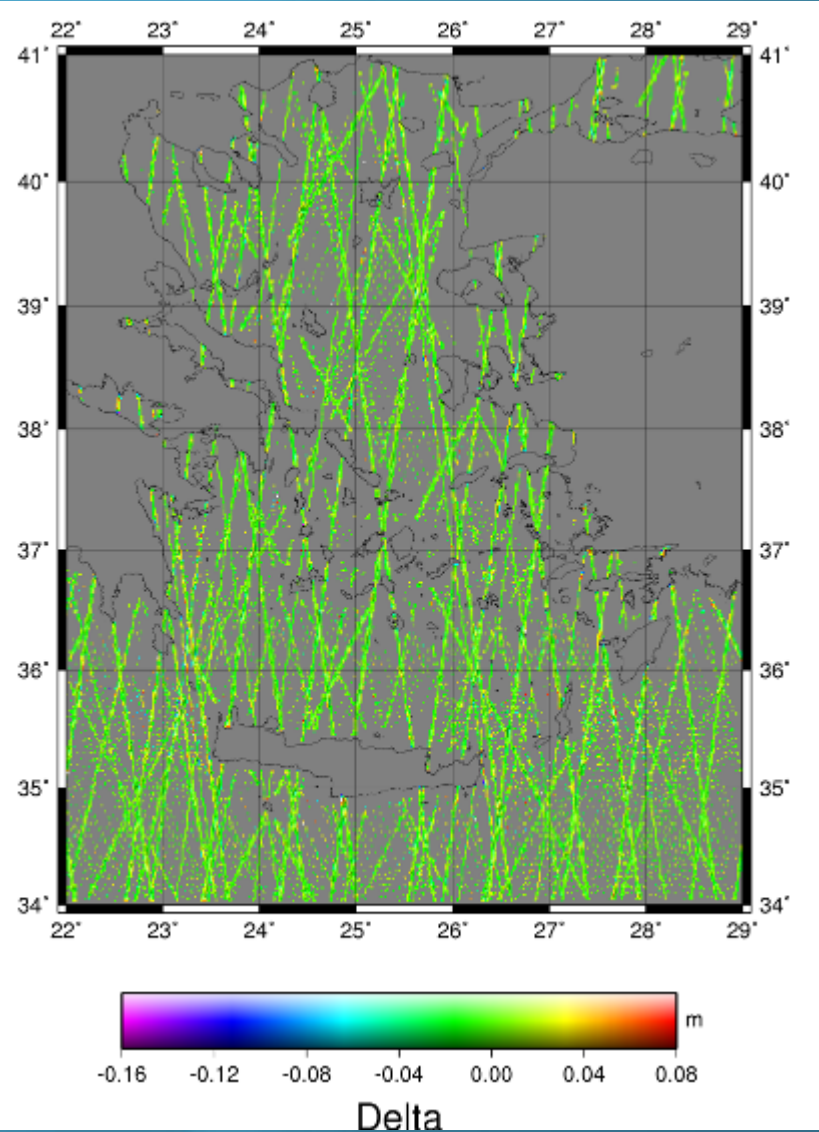
▣ Στατιστική αξιολόγηση μεθοδολογίας δημιουργίας αλτιμετρικού μοντέλου ΜΣΘ NTUAMSS10

(m)	$MSL_{obs}$	residual $MSL_{obs}$	residual $MSL_{obs}$ surface	filtered residual $MSL_{obs}$ surface	NTUAMSS10
Mean	25.3781	0.2307	0.2191	0.2191	26.6730
stdev	13.3666	0.1439	0.1449	0.1446	13.1438
min	0.9075	-0.5088	-0.5084	-0.4879	0.9086
max	42.0372	0.7940	0.7864	0.7659	42.2691
range	41.1297	1.3028	1.2948	1.2539	41.3605

Εκτίμηση της εσωτερικής ακρίβειας της μεθοδολογίας

(m)	$MSL_{obs} - NTUAMSS10$
mean	0.0002
stdev	0.0106
min	-0.1553
max	0.0727
range	0.2280





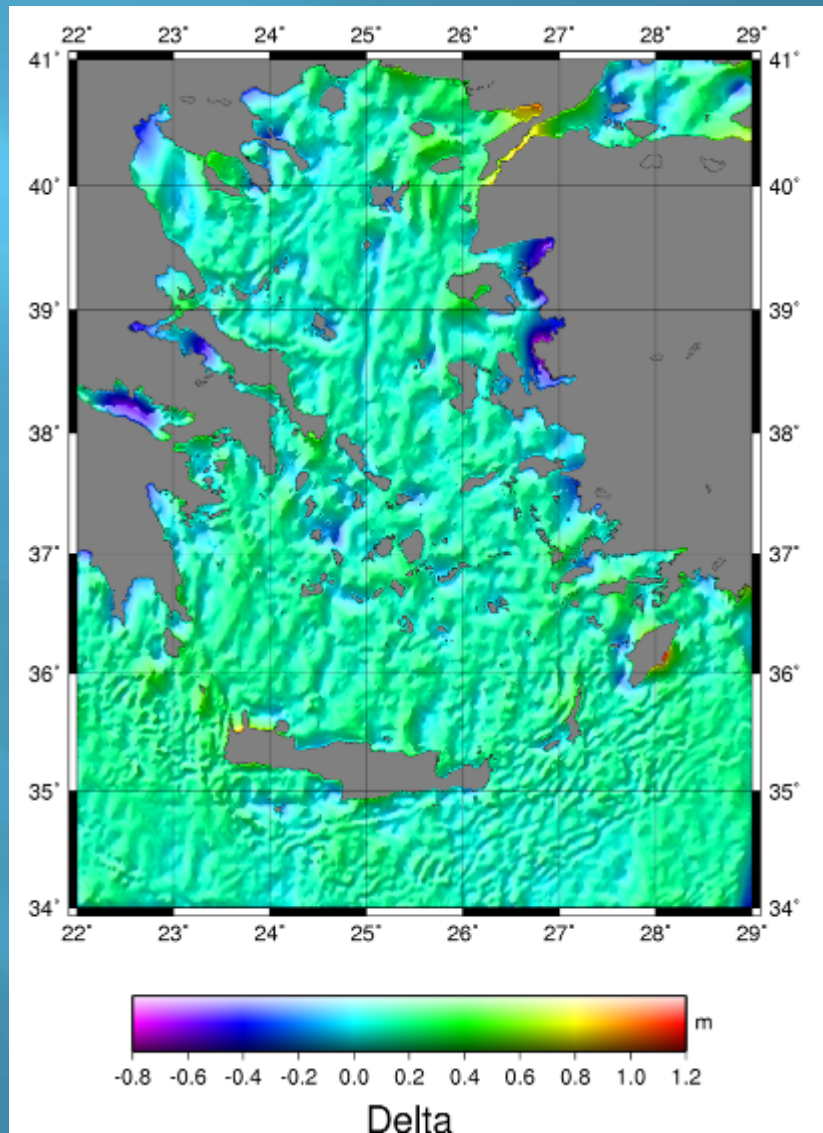
## □ Συγκρίσεις αλτιμετρικού μοντέλου ΜΣΘ NTUAMSS10

Σύγκριση με το μοντέλο DNSC08MSS:

(m)	NTUAMSS10	DNSC08MSS	$\Delta_{\text{NTUA-DNSC}}$	$\Delta_{\text{MSLobs-NTUA}}$	$\Delta_{\text{MSLobs-DNSC}}$
mean	26.6730	26.6060	0.1163	0.0002	0.1224
stdev	13.1438	13.1405	0.1096	0.0106	0.0900
min	0.9086	0.8170	-0.7558	-0.1553	-0.6903
max	42.2691	42.4080	1.1633	0.0727	1.0164
range	41.3605	41.5910	1.9191	0.2280	1.7067

Σύγκριση με το μοντέλο DNSC08MSS & με 105 GPS/leveling γεωμετρικά GPS/ορθομετρικά υψόμετρα σε βάθρα:

(m)	Delta NTUAMSS10	Delta DNSC08MSS	Delta NTUAMSS10 rejected 5 or 4.76%	Delta DNSC08MSS rejected 7 or 6.67%
mean	-0.0048	-0.5818	-0.0125	-0.6033
stdev	0.2058	0.2781	0.1787	0.2158
min	-0.4294	-1.4006	-0.3499	-1.0781
max	0.5840	0.2533	0.4035	-0.0365
range	1.0134	1.6539	0.7534	1.0416



## ▣ Συγκρίσεις αλτιμετρικού μοντέλου ΜΣΘ NTUAMSS10

Σύγκριση με το μοντέλο DNSC08MSS & με συνορθωμένες παρατηρήσεις marine GPS

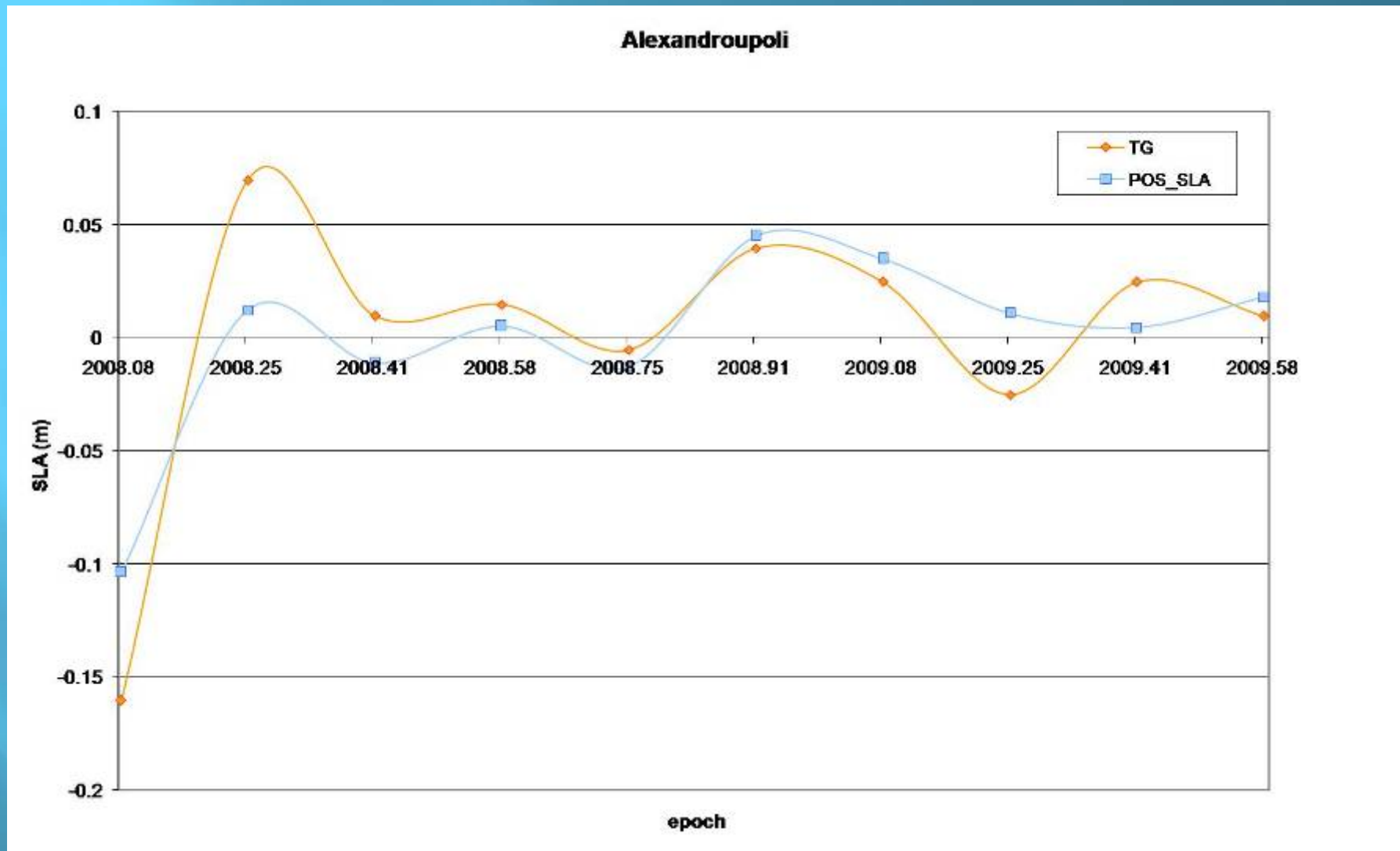
	NTUA	DNSC08	NTUA	DNSC08	NTUA	DNSC08
(m)	Σέριφος	Σέριφος	Σκύρος	Σκύρος	Κάσσος	Κάσσος
mean	-0.1391	-0.0342	-0.1294	0.0169	-0.1875	-0.0152
stdev	0.0821	0.0756	0.1179	0.1110	0.1168	0.1109
min	-0.3174	-0.1978	-0.3797	-0.2243	-0.4727	-0.2839
max	0.0400	0.1296	0.1359	0.2597	0.1236	0.2514
range	0.3574	0.3274	0.5156	0.4840	0.5963	0.5353

## ▣ Προσδιορισμός της ΜΔΩΤ

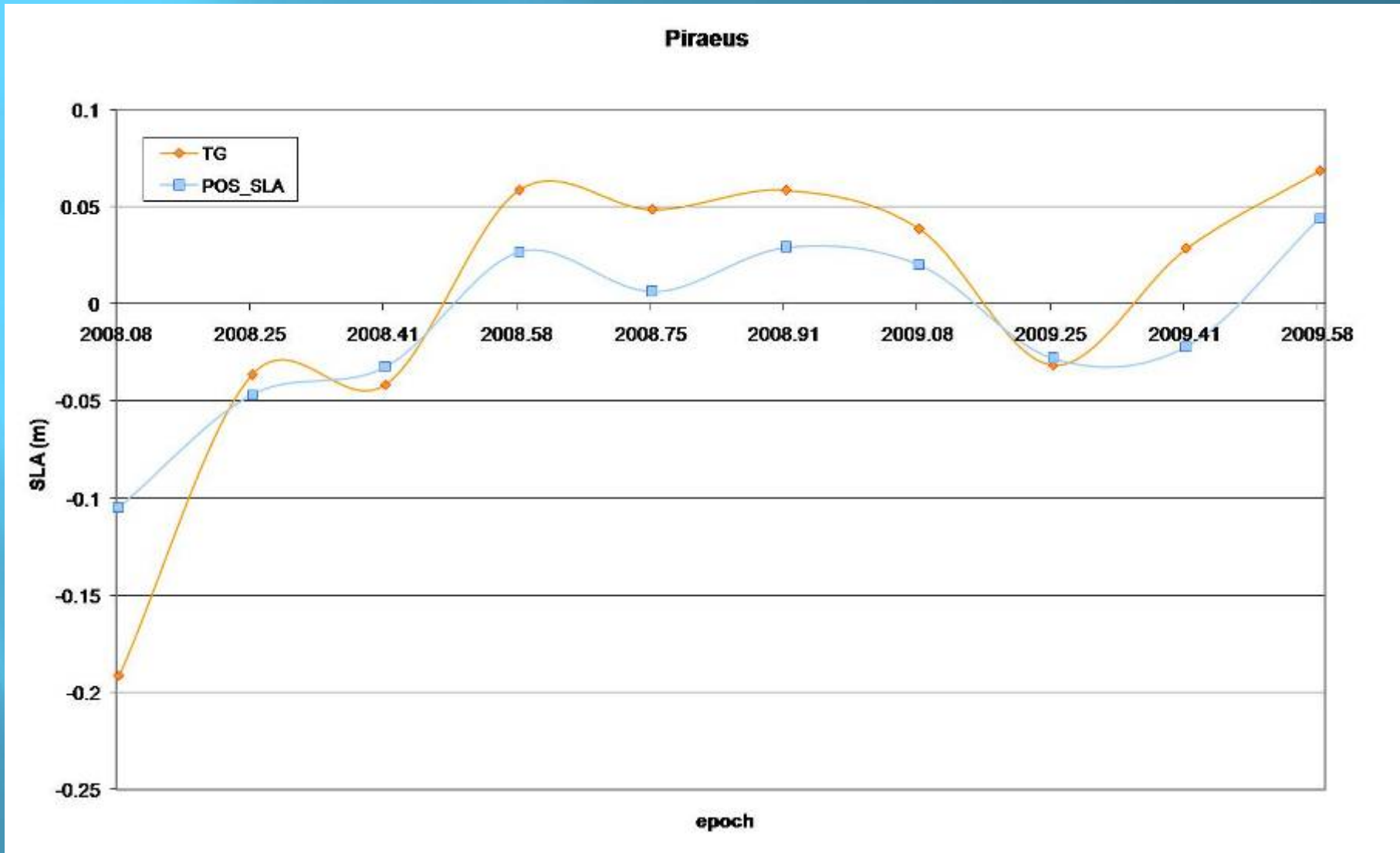
Για το προσδιορισμό της ΜΔΩΤ ακολουθήθηκε η **Ωκεανογραφική προσέγγιση** χρησιμοποιώντας τις **6ωρες λύσεις του συστήματος POSEIDON II του ΕΛΚΕΘΕ**, οι οποίες αποτελούν μια τοπική προσαρμογή του μοντέλου POM για τον Ελλαδικό χώρο. Προκειμένου να ελεγχθεί η ακρίβεια των λύσεων αυτών πραγματοποιήθηκαν συγκρίσεις με μέσες μηνιαίες τιμές σε 10 παλιρροιογράφους της Υδρογραφικής Υπηρεσίας.

$\Delta_{TG}(i) = TG_i - \text{ΜΣΘ}_{TG}^{epoch}$	(m)	TG – POS
	mean	0.010
$\Delta_{POS}(i) = POS_i - \text{ΜΔΟΤ}_{POS}^{epoch}$	stdev	0.036
	min	-0.119
$\Delta(i) = \Delta_{TG}(i) - \Delta_{POS}(i)$	max	0.108
	range	0.226

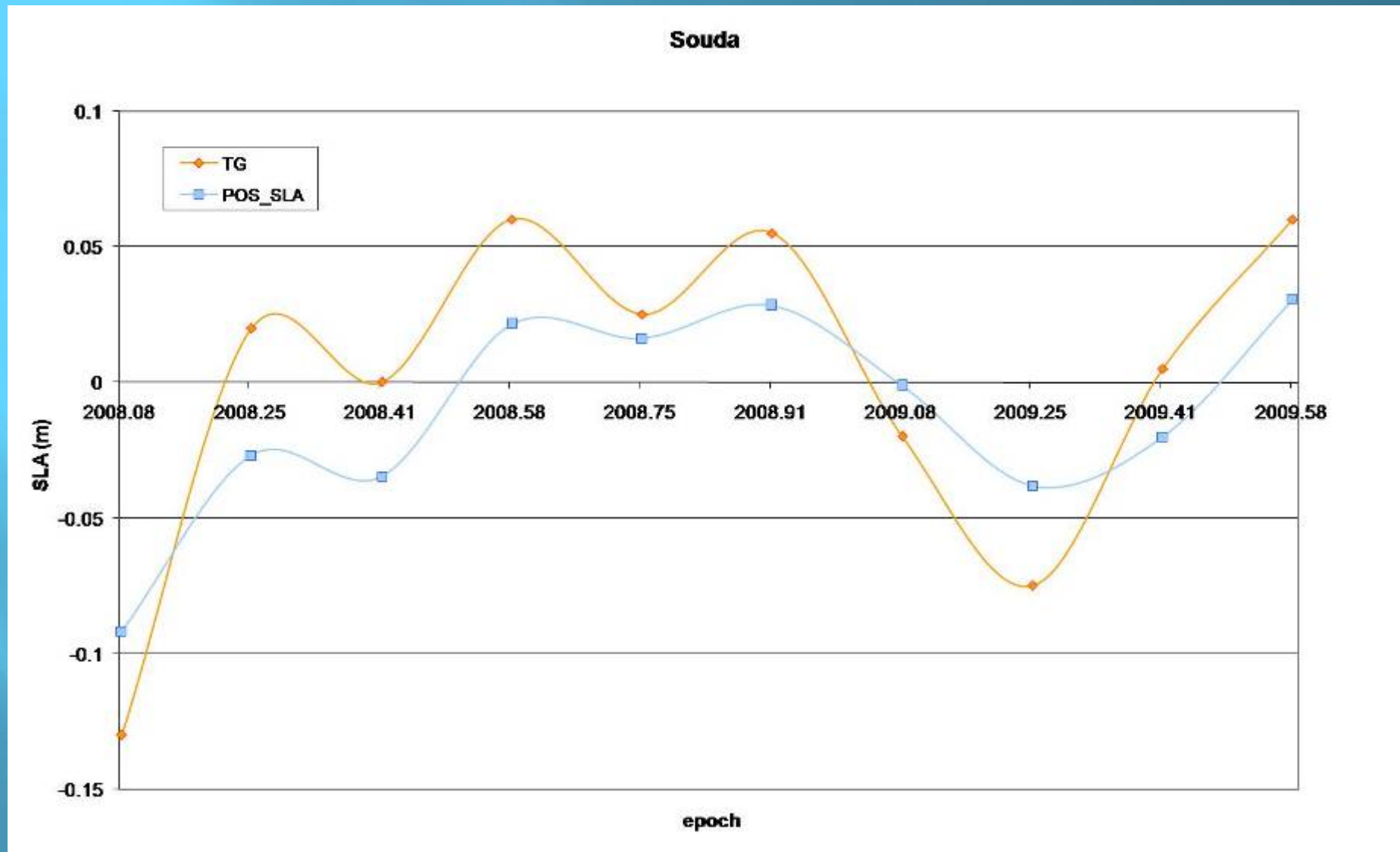
## □ Προσδιορισμός της ΜΔΩΤ



# ▣ Προσδιορισμός της ΜΔΩΤ



# ▣ Προσδιορισμός της ΜΔΩΤ



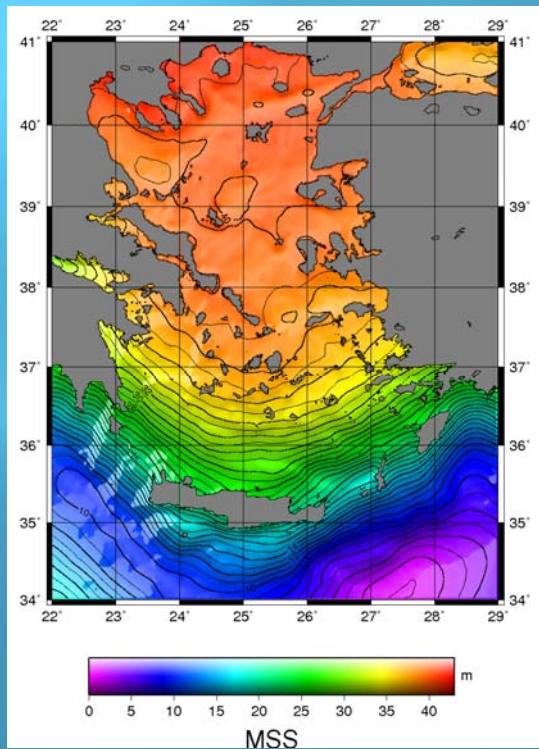


# □ Δημιουργία μοντέλου θαλάσσιου γεωειδούς NTUAGM10

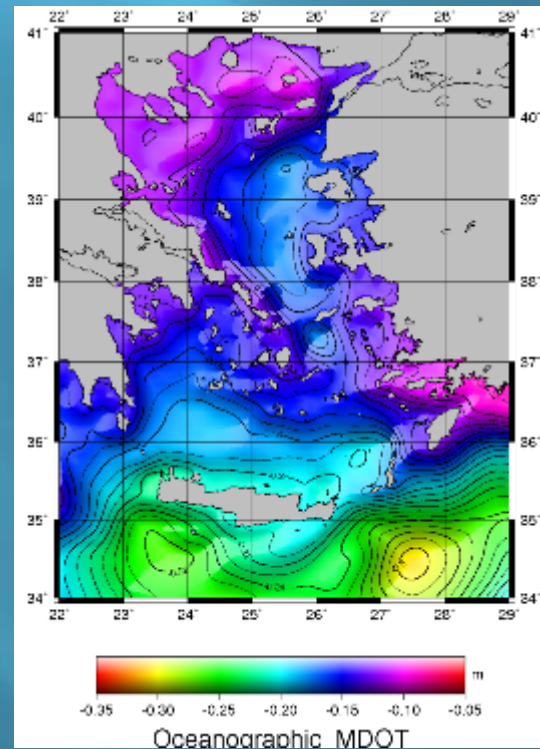
Κατόπιν της αναγωγής της ΜΔΩΤ στην ίδια εποχή με το μοντέλο ΜΣΘ που δημιουργήθηκε υπολογίζεται μια αλτιμετρική-ωκεανογραφική λύση του θαλάσσιου γεωειδούς NTUAMG10:

$$N = MΣΘ - MΔΩΤ$$

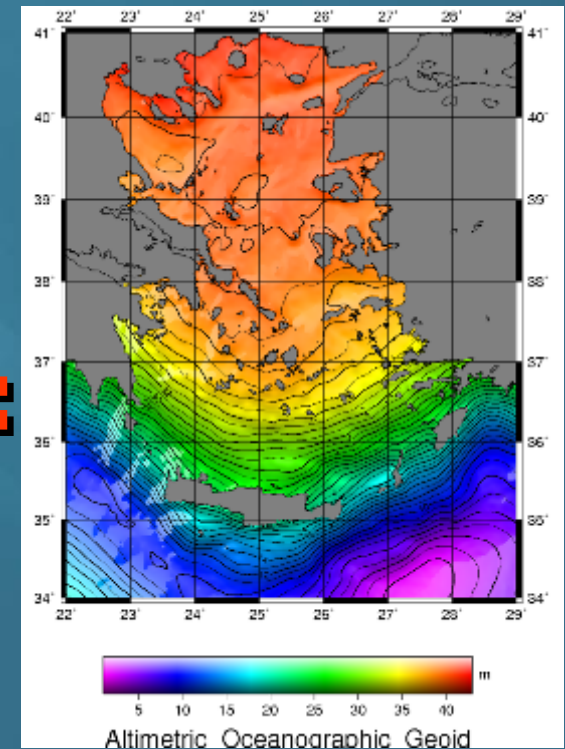
### NTUAMSS10



### ΜΔΩΤ



### NTUAMG10



## ▣ Δημιουργία μοντέλου θαλάσσιου γεωειδούς NTUAGM10

Για να ελεγχθεί η ακρίβεια του παραπάνω μοντέλου πραγματοποιήθηκαν οι παρακάτω συγκρίσεις:

➤ **Έμμεση σύγκριση:** Για πλήθος 11 αλτιμετρικών κύκλων (Ιαν.-Φεβ. & Ιουλ.-Αυγ. 2008) της αποστολής Jason-1 της κατερχόμενης διάβασης 094 υπολογίζονται τιμές ανωμαλιών θαλάσσιας στάθμης (Sea Level Anomalies, SLA)

$$SLA = SSH_{Jason} - geoid_{NTUA}$$

Οι οποίες συγκρίνονται με την πλησιέστερη χρονικά εξάωρη λύση του POM του POSEIDONII

➤ **Στατιστική αξιολόγηση** σε σύγκριση με το παγκόσμιο μοντέλο EGM08

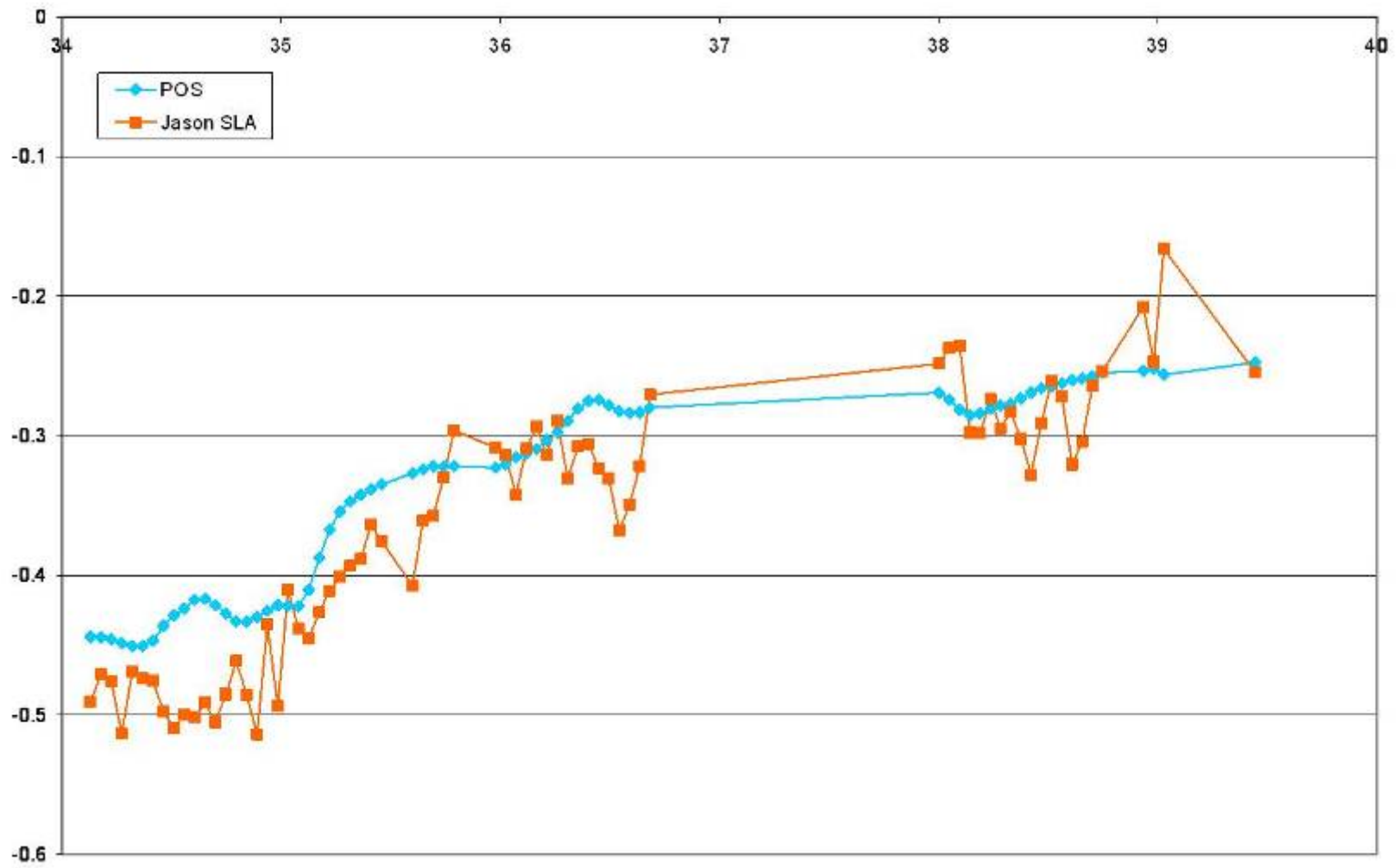
# ▣ Αξιολόγηση μοντέλου θαλάσσιου γεοειδούς NTUAGM10

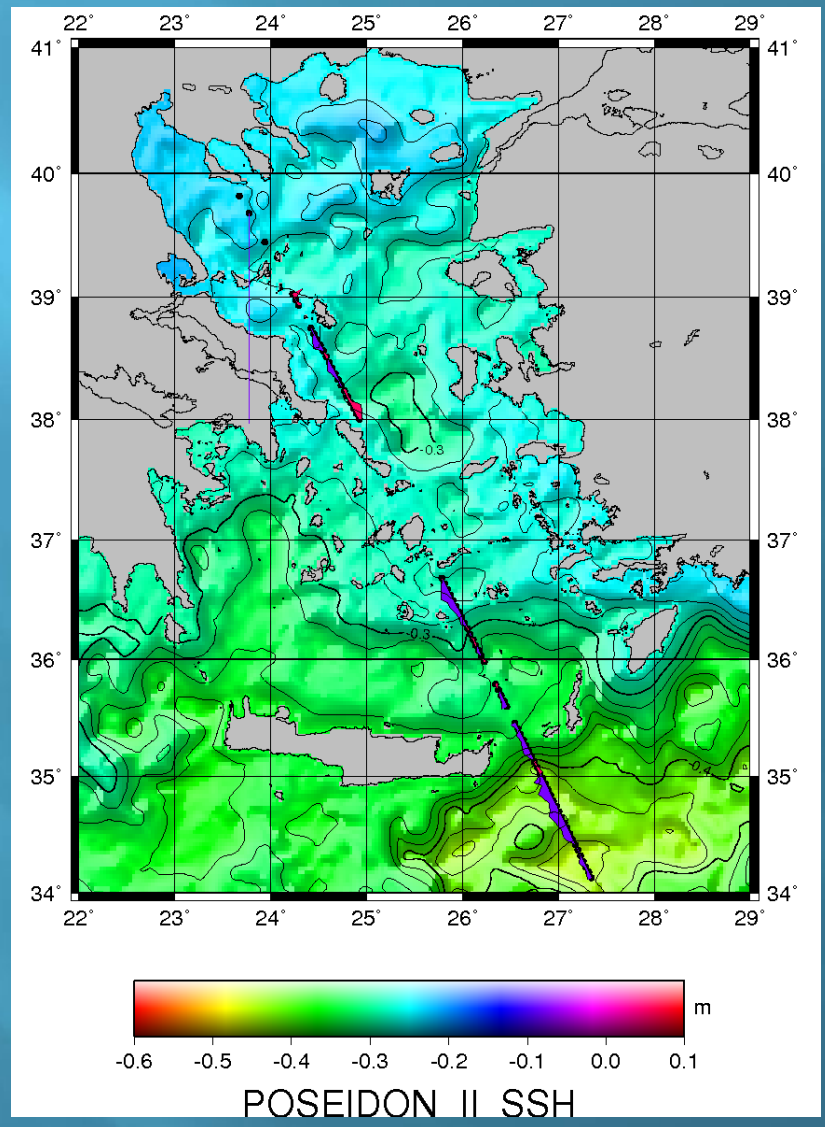
➤ Έμμεση σύγκριση

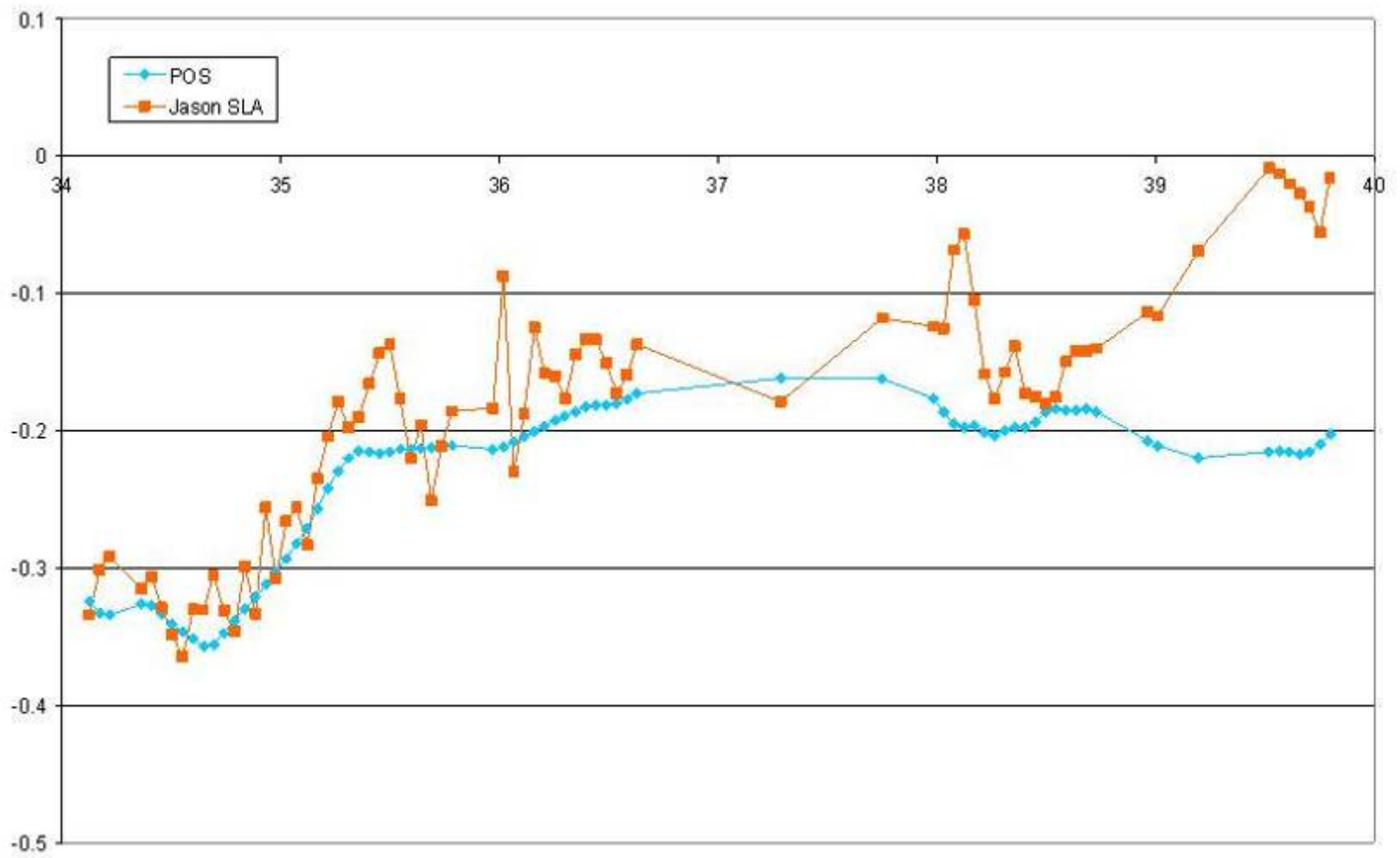
$$SLA = SSH_{Jason} - geoid_{NTUA}$$

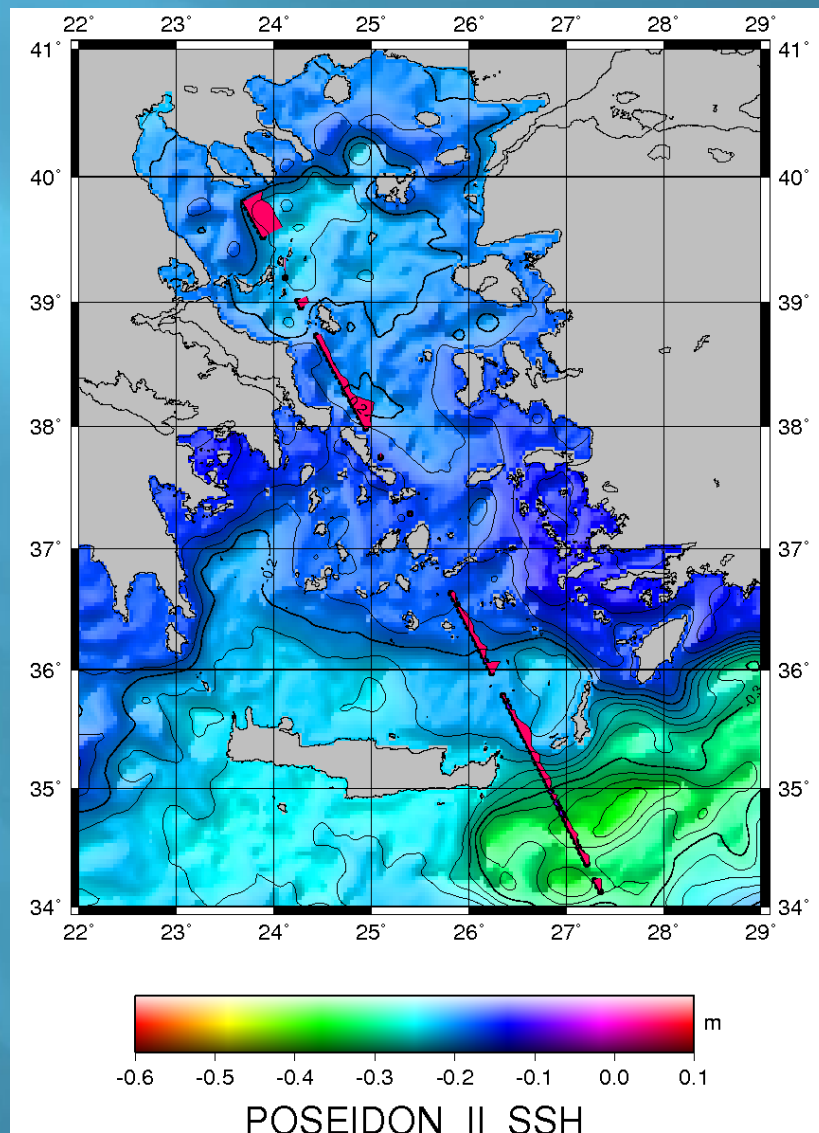
overall	POS	Jason1 SLA	Delta
mean	-0.2485	-0.2463	-0.0021
stdev	0.0950	0.1095	0.0780
min	-0.4541	-0.5603	-0.2756
max	-0.0473	0.0356	0.1636
range	0.4068	0.5959	0.4392

Lat < 36°	POS	Jason1 SLA	Delta	Lat > 36°	POS	Jason1 SLA	Delta
mean	-0.2859	-0.3024	0.0165	mean	-0.2133	-0.1937	-0.0196
stdev	0.0805	0.0945	0.0596	stdev	0.0943	0.0958	0.0886
min	-0.4541	-0.5603	-0.1376	min	-0.4506	-0.4314	-0.2756
max	-0.1552	-0.1114	0.1386	max	-0.0473	0.0356	0.1636
range	0.2989	0.4489	0.2762	range	0.4033	0.4670	0.4392





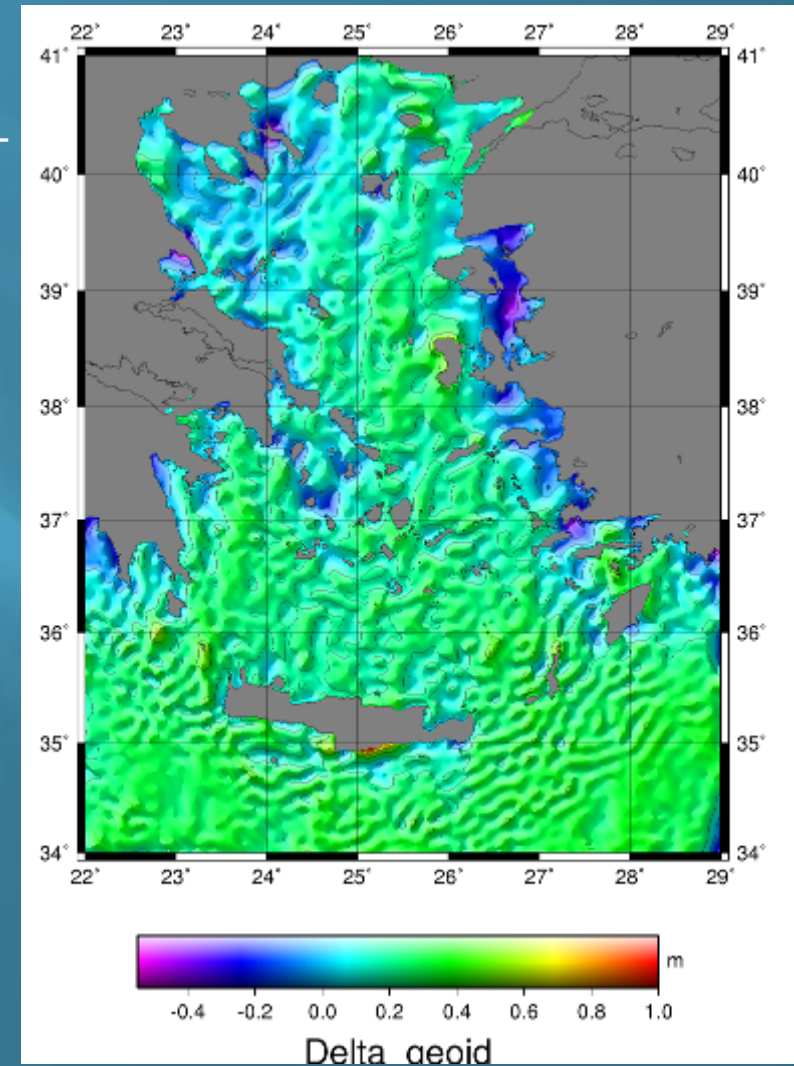




# ▣ Αξιολόγηση μοντέλου θαλάσσιου γεωειδούς NTUAGM10

➤ Στατιστική αξιολόγηση σε σύγκριση με το παγκόσμιο μοντέλο EGM08

	NTUAMG10 - EGM08
(m)	
mean	0.1868
stdev	0.1246
min	-0.5165
max	0.9806
range	1.4970





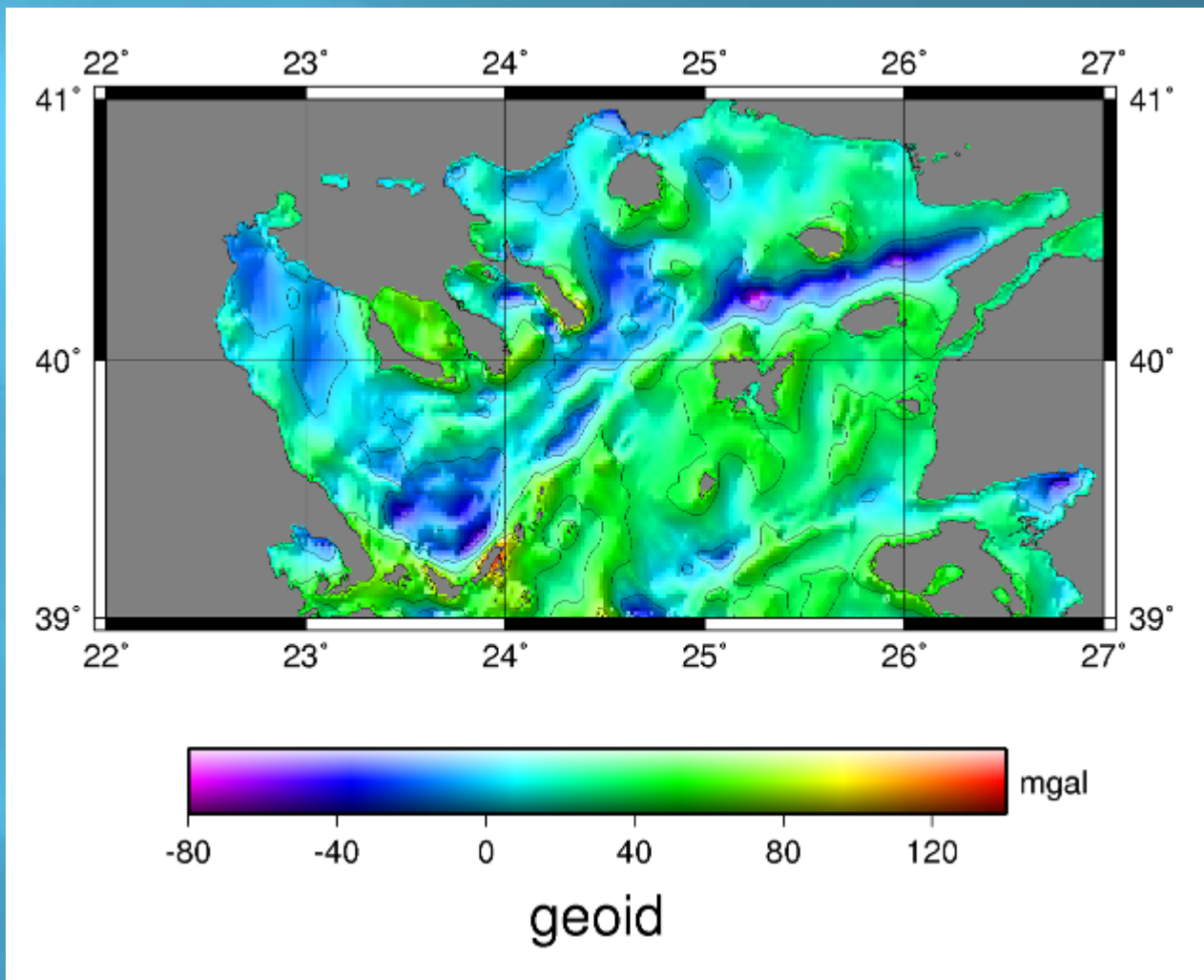
## ▣ Συμπεράσματα – Προτάσεις για το μέλλον

Συμπεράσματα:

- Το νέο μοντέλο ΜΣΘ (NTUAMSS10) φαίνεται να **εμφανίζει καλύτερα αποτελέσματα στις συγκρίσεις σε βάθρα** με γεωμετρικά/ορθομετρικά υψόμετρα κοντά στις ακτές. Πιθανή αιτιολογία, η χρήση της αποστολής αλτιμετρίας με LASER ICESat καθώς και η μεθοδολογία RCR αντί της συμπλήρωσης τιμών από το EGM08 (όπως στο DNSCMSS08)
- Η συμπεριφορά των δύο μοντέλων ΜΣΘ είναι **σχεδόν πανομοιότυπη** στις συγκρίσεις με marine-GPS παρατηρήσεις (ανεπαίσθητη υπεροχή του DNSCMSS08 της τάξης των 0.6cm σε επίπεδο τυπικής απόκλισης των διαφορών).
- Η σύγκριση των νέων μοντέλων ΜΣΘ & γεωειδούς με τα μοντέλα DNSCMSS08 και EGM08 παρουσιάζει τις μεγαλύτερες διαφορές **σε πολύ κλειστούς κόλπους** (Κορινθιακός, Ευβοϊκός, Αδραμυτίου-Σμύρνης). Πιθανή αιτιολογία, η αξιοποίηση της αποστολής ICESat επέτρεψε την **αποκάλυψη σήματος** που δεν είναι εμφανές στα μοντέλα που δεν κάνουν χρήση του.

Προτάσεις:

- Ενσωμάτωση παρατηρήσεων βαρύτητας  $\approx 8000$  σταθμών για το ηπειρωτικό τμήμα της χώρας
- Σύγκριση της ωκεανογραφικής προσέγγισης ΜΔΩΤ με μια γεωδαιτική προσέγγισή της.



Ευχαριστώ

Ι.Μιντουράκης, Σχολή Αγρονόμων &  
Τοπογράφων Μηχανικών Ε.Μ.Π.